



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Laura Lahti

# Aurinkoenergian mahdollisuudet Vaasan yleiskaavassa 2040

Hiilineutraali yhteiskunta YAMK  
2024

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Lahti Laura
Opinnäytetyön nimi	Aurinkoenergian mahdollisuudet Vaasan yleiskaavassa 2040
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	86 + 1 liitettä
Ohjaaja	Toni Lustila

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia aurinkoenergian käytön laajentamismahdollisuuksia Vaasassa sekä selvittää, miten aurinkoenergia tulisi ottaa huomioon eri mittakaavatasoilla kaupungin suunnittelussa. Työssä käsiteltiin teoriaosuudessa aurinkoenergiaa yleisesti, sen tuotantoprosesseja, liiketoimintamahdollisuuksia ja teknologian kehitystä. Lisäksi teoriaosassa tarkasteltiin aurinkoenergian roolia maankäytön suunnittelussa, erityisesti Vaasan kontekstissa.

Tutkimusmetodeina käytettiin kirjallisuuskatsausta ja teemahaastatteluja, joilla kerättiin tietoa aurinkoenergian nykytilasta ja sen potentiaalista eri maankäyttömuodoissa. Maankäyttömuodot jaettiin kuuteen kategoriaan niiden potentiaaliperusteella, ja kussakin kategoriassa syvennyttiin aiempiin tutkimuksiin aiheista. Viittä aurinkoenergia-alan asiantuntijaa haastateltiin täydentämään kirjallisuuskatsauksen avoimeksi jättämiä kysymyksiä. Haastattelutulosten pohjalta laadittiin nelikenttäänalyysi, joka auttoi hahmottamaan eri näkökulmia ja potentiaalisia toimenpiteitä.

Tutkimuksen perusteella aurinkoenergia voi merkittävästi edistää Vaasan hiilineutraaliustavoitteita, mutta sen tehokas hyödyntäminen edellyttää kattavaa suunnittelua ja kaavoitusta. Aurinkoenergiateollisuuden nopea kehitys asettaa haasteita kaupungin pitkän aikavälin suunnittelulle, koska se vaatii jatkuvaa päivittämistä ja mukautumista uusiin innovaatioihin.

## ABSTRACT

Author	Laura Lahti
Title	The Possibilities of Solar energy in Vaasa General Plan
Year	2024
Language	Finnish
Pages	86 + 1 Appendices
Name of Supervisor	Toni Lustila

---

The aim of the thesis was to explore the possibilities for expanding the use of solar energy in Vaasa and to determine how solar energy should be considered at various planning scales within the city. The theoretical section of the thesis covers solar energy in general, its production processes, business opportunities, and technological development. Additionally, the role of solar energy in land use planning, particularly within the context of Vaasa, was examined.

Research methods included a literature review and thematic interviews, which gathered information on the current state of solar energy and its potential in various land use forms. The land use forms were divided into six categories based on their potential, and each category was explored in-depth through previous studies on the topics. Five solar energy industry experts were interviewed to address questions left open by the literature review. Based on the results of the interviews, a four-quadrant analysis was developed, which helped to outline different perspectives and potential actions.

The research concluded that solar energy can significantly contribute to Vaasa's carbon neutrality goals, but its effective utilization requires comprehensive planning and zoning. The rapid development of the solar energy industry presents challenges for the city's long-term planning, necessitating ongoing updates and adaptations to new innovations.

---

Keywords                      Solar energy, renewable energy, urban planning, land use

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	TUTKIMUKSEN METODOLOGIA .....	10
	2.1 Tutkimuksen tausta ja lähtökohdat .....	10
	2.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	11
	2.3 Tutkimusmenetelmät.....	11
	2.4 Tutkimuksen merkitys.....	12
3	AURINKOVOIMA ENERGIANTUOTANTOMUOTONA .....	13
	3.1 Yleistä aurinkoenergiasta.....	13
	3.2 Aurinkoenergian tuotannon lähtökohdat.....	14
	3.3 Aurinkoenergian liiketoimintamahdollisuudet.....	16
	3.4 Teollisen aurinkoenergian tuet ja verotus.....	18
	3.5 Aurinkoenergian lisäämisen poliittiset ohjauskeinot .....	20
	3.6 Aurinkoenergian tuotanto kansainvälisesti .....	22
	3.7 Aurinkoenergian tuotanto Suomessa .....	25
4	AURINKOENERGIA MAANKÄYTÖN SUUNNITTELUSSA .....	27
	4.1 Uusiutuva energia kaupunkisuunnittelussa.....	27
	4.2 Aurinkoenergia maankäytännöllisenä kysymyksenä.....	28
	4.3 Aurinkovoimaloiden sijoittelu.....	29
	4.4 Aurinkoenergian ympäristövaikutukset .....	32
	4.5 Esimerkkejä aurinkoenergiasta yleiskaavoissa .....	34
	4.6 Aurinkoenergia Pohjanmaalla.....	37
	4.7 Vaasan yleiskaava 2040 .....	39
5	AURINKOENERGIAN ERITYISKYSYMYKSET ERI MAANKÄYTÖN MUODOILLA .	41
	5.1 Menetelmä ja toteutus .....	41
	5.2 urbaani tiivis kaupunkiympäristö .....	42
	5.3 Väljä pientaloasuminen .....	44
	5.4 Maa- ja metsätalous alueet .....	47

5.5	Teollisuusalueet .....	48
5.6	Vesialueet.....	49
5.7	Tiealueet .....	51
6	HAASTATTELUTUTKIMUS .....	54
6.1	Menetelmä ja toteutus .....	54
6.2	Aurinkovoima yleisesti .....	56
6.3	Aurinkovoiman sijoittelu rakennetussa ympäristössä.....	58
6.4	Aurinkovoiman ympäristövaikutukset.....	62
6.5	Aurinkovoima kaavoituksessa.....	65
6.6	Aurinkovoiman tulevaisuus .....	67
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	71
7.1	Haastatteluaineiston nelikenttäanalyysi .....	71
7.2	Aurinkoenergian mahdollisuudet Vaasassa.....	72
7.3	Suosituksset maankäytön suunnitteluun .....	73
7.4	Epävarmuustekijät .....	74
8	POHDINTA.....	76
	LÄHTEET .....	78
	LIITTEET .....	87

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Teollisen kokoluokan aurinkovoimalan komponentit (Lumby, 2015). ....	15
<b>Kuva 2.</b> Aurinkopaneelien, säilytysakkujen, tuuliturbiinien ja sähköajoneuvoakkujen hintakehitys vuosina 2015–2023. Kuvaajassa pystyrivillä hintayksikkö milj. USD/MW (IEA, 2023).....	17
<b>Kuva 3.</b> Globaali aurinkoenergian kapasiteetti vuosina 2000–2022 (SolarPower Europe, 2023b).....	22
<b>Kuva 4.</b> Aurinkoenergian lisäys EU:ssa vuosina 2000–2023. (SolarPower Europe, 2023a). ....	23
<b>Kuva 5.</b> Aurinkoenergiainvestointien määrä lämpökartalla kuvattuna jokaisessa EU:n jäsenmaassa (SolarPower Europe, 2023a). ....	24
<b>Kuva 6.</b> Aurinkoenergian ennustettu kasvu EU:ssa vuosina 2023–2030 (SolarPower Europe, 2023a).....	25
<b>Kuva 7.</b> Suomen aurinkoenergian tuotanto vuosina 2010–2022 (Energy Institute, 2023). ....	26
<b>Kuva 8.</b> Kukkuroinmäen ja Konnunsuon osayleiskaavan kaavakartta luonnoksen osa (Lappeenrannan kaupunki, 2024).....	36
<b>Kuva 9.</b> Vaasan yleiskaavan 2040 suunnittelualueet (Vaasan kaupunki, 2023)...	39
<b>Kuva 10.</b> Kuvaus tutkimuksessa käytetyistä korttelien typologioista (Kanters & Horvat, 2012). ....	43
<b>Kuva 11.</b> Kelluvan aurinkovoimalan yleispiirteinen suunnitelma (Patil Sujay ja muut, 2017).....	50
<b>Kuva 12.</b> Erilaisia aurinkopaneelien ja melusteiden yhdistelmiä (Poe ja muut, 2017). ....	52
<b>Kuva 13.</b> Saksassa sijaitseva aurinkoenergiameluvalli (Netzker, n.d.). ....	53
<b>Taulukko 1.</b> Tiedot haastatteluista asiantuntijoista. ....	55
<b>Taulukko 2.</b> Haastatteluaineiston nelikenttäanalyysi.....	71

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Haastattelututkimuksen runko

## 1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos on yksi suurimmista globaaleista haasteista, jonka torjuntaan maailman valtiot ovat sitoutuneet Pariisin ilmastopöytäkirjalla ja muiden kansainvälisten sopimusten myötä. Näiden sopimusten tavoitteena on pitää globaali lämpötilan nousu selvästi alle kahdessa asteessa esiteolliseen aikaan verrattuna, mikä vaatii nopeaa siirtymistä fossiilisista polttoaineista uusiutuviin energianlähteisiin. (Ympäristöministeriö, 2024b.)

Uusiutuva energia, kuten tuuli-, vesi- ja aurinkovoima, tarjoaa mahdollisuuden vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Teknologisen kehityksen myötä erityisesti aurinkoenergian käyttö on kasvanut merkittävästi viime vuosikymmeninä, mikä on tehnyt aurinkopaneeleista aiempaa tehokkaampia ja edullisempia. Globaalisti aurinkoenergia on yksi nopeimmin kasvavista uusiutuvan energian muodoista. (Child ja muut, 2020.)

Suomessa aurinkoenergian potentiaali on herättänyt kasvavaa kiinnostusta, huolimatta maan pohjoisesta sijainnista ja siitä johtuvista haasteista, kuten lyhyestä päivän pituudesta talviaikaan. Kesäisin aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää tehokkaasti, sillä pohjoisessa sijainnissa aurinko paistaa pitkään ja lähes ympäri vuorokauden. Tutkimukset ovat osoittaneet, että aurinkoenergian hyödyntäminen Suomessa on taloudellisesti kannattavaa ja teknisesti mahdollista, ja se voisi kattaa osan maan energiantarpeesta kesäaikaan. Näin ollen aurinkoenergia tarjoaa potentiaalisen ratkaisun paitsi ilmastonmuutoksen hillintään myös energiavarmuuden parantamiseen Suomessa. (Child ja muut, 2020.)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan Vaasan yleiskaavan mahdollisuuksia integroida aurinkoenergia osaksi kaupungin tulevaisuuden energiaratkaisuja. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää entistä tehokkaammin Vaasan alueella ja kuinka eri mittakaavatasoilla tapahtuva maankäytön suunnittelu voi tukea tämän uusiutuvan energian lähteen laajempaa käyttöönottoa. Työssä tarkastellaan, mitkä tekijät vaikuttavat aurinkoenergian hankkeiden



onnistumiseen maankäytön näkökulmasta ja millaisia maankäytöllisiä kriteereitä tulisi asettaa näiden projektien mahdollistamiseksi.

Työ sisältää kirjallisuuskatsauksen, jossa analysoidaan kuuden eri maankäyttömuodon potentiaalia aurinkoenergian tuotannolla. Tämä tarkastelu auttaa ymmärtämään, mitkä alueet ja maankäyttötyypit tarjoavat parhaat edellytykset aurinkoenergian hyödyntämiselle. Opinnäytetyössä tutkitaan myös, miten aurinkoenergia voidaan integroida kaavoitukseen ja kuinka se voi tukea Vaasan tavoitteita kestävän kehityksen saavuttamisessa ja hiilineutraaliuden tavoittelemisessa 2020-luvulla.

Kerätyn aineiston perusteella opinnäytetyössä esitetään johtopäätöksiä ja ehdotuksia aurinkoenergian lisäämisen keinoista rakennetussa ympäristössä. Tämä sisältää strategioita aurinkovoimaloiden sijoitteluun ja suunnitteluperiaatteita, jotka mahdollistavat aurinkoenergian tehokkaan ja esteettisen integroinnin osaksi Vaasan kaupunkirakennetta. Työ tarjoaa näin ollen näkökulmia ja työkaluja suunnittelijoille, jotka pyrkivät edistämään uusiutuvan energian käyttöä ja parantamaan kaupungin energiatehokkuutta ja -omavaraisuutta.

## 2 TUTKIMUKSEN METODOLOGIA

### 2.1 Tutkimuksen tausta ja lähtökohdat

Uusiutuvan energian tuotantoon ja kehittämiseen on investoitu viime vuosina runsaasti ja tullaan investoimaan myös tulevaisuudessa. Yksi uusiutuvan energian muodoista on aurinkoenergia. Aurinkovoimalan kannattavuus riippuu säteilyn määrästä, siitä kuinka hyvin säteily saadaan hyödynnettyä, investointikustannuksista sekä sähkön markkinahinnasta. (International Renewable Energy Agency, 2023; Lumby, 2015.)

Aurinkosähkön tuotantoa kannattaa edistää niin ilmastollisesta kuin elinkeinotoiminnan näkökulmasta. Erikokoiset aurinkoenergiajärjestelmät voivat toimia kehitysalustana ja kotimarkkinareferenssinä uusille aurinkoenergiaratkaisujen vientituotteille. Sähkön varastointiratkaisujen kehittyminen, yksikkökustannusten aleneminen ja älykkäät sähköverkot edistävät sekä suurteen että pienten aurinkoenergiajärjestelmien rakentamista. (Lumby, 2015.)

Vaasan yleiskaavan laadinta on tullut vireille vuonna 2023. Vaasassa tällä hetkellä voimassa oleva yleiskaava 2030 on jo paikoin vanhentunut ja siitä puuttuu tärkeitä alueita, kuten Vaasan saaristo ja Vähäkyrö. Nykyinen yleiskaava on valmistunut ennen Vaasan ja Vähäkyrön kuntaliitosta. Yleiskaavassa määritellään kaupungin kasvusuunnat ja tiivistämisalueet. Lisäksi määritellään, kuinka kaupungin eri toiminnot tulisi sijoittaa sekä miten ne tulisi sovittaa yhteen mahdollisimman toimivasti. Kaupungin toimintoja on esimerkiksi asuminen, palvelut, työpaikat sekä viher- ja virkistysalueet. Yleiskaava on kunnan pitkän aikavälin maankäyttösuunnitelma, jossa luodaan perusta ja edellytykset yhdyskuntarakenteellisten tavoitteiden toteutumiselle. Yleiskaava pohjautuu kaupungin strategiaan ja on näin ollen yksi kunnan keskeisimmistä asiakirjoista. Yleiskaavassa määritetään suuret linjat ja se ohjaa tarkemman tason eli asemakaavojen suunnittelua. Yleiskaava esitetään

kartalla ja siihen kuuluvat myös kaavamerkinnot ja -määräykset. Yleiskaavan ohjaustarkkuus voi vaihdella strategisesta yksityiskohtaiseen aluevarausyleiskaavaan. (Vaasan kaupunki, 2023.)

Tässä tutkimustyössä on tarkoituksena tutkia, miten Vaasan yleiskaavan 2040 laadintatyössä voidaan huomioida aurinkoenergian tuottamisen mahdollisuudet ja minkälaisia mahdollisuuksia aurinkoenergian tuottamiseen on eri mittakaavatasoilla. Tarkoitus on myös tutkia, mitkä kriteerit ohjaavat aurinkoenergia hankkeita niin kunnan kuin toimijoidenkin osalta.

Tutkimuksen keskeisimpiä käsitteitä ovat aurinkoenergia, aurinkovoimala, yleiskaava, kaavoitus ja maankäyttö.

## **2.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset**

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää aurinkoenergian lisäämisen mahdollisuuksia yleiskaavassa. Tavoitteena on myös tutkia ja löytää reunaehdot erikokoisten aurinkovoimaloiden mahdollistamisen suunnitteluun.

Tutkimuskysymyksiä ovat:

1. Mitkä kriteerit ohjaavat aurinkovoimaloiden sijoittelua?
2. Kuinka eri mittakaavojen aurinkovoimalat huomioidaan yleiskaavassa?

Näiden kysymysten avulla saadaan kokonaisnäkemys siitä, miten yleiskaavassa aurinkovoimaloiden sijoittelua voidaan ohjata ja millä periaattein.

## **2.3 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimus on luonteeltaan teoreettinen ja laadullinen. Tutkittavaa teemaa tarkastellaan kirjallisuuskatsauksen tavoin alueellisia, kansallisia ja kansainvälisiä tietolähteitä hyödyntäen. Kirjallisuuskatsauksen avulla pyritään löytämään keinoja hyödyntää aurinkoenergiaa eri maankäytön muodoilla. Tutkimuksessa tehdään myös haastattelututkimus, jonka tavoitteena on syventää kirjallisuuskatsauksen

perusteella tehtyjä havaintoja ja tutkia kirjallisuuskatsauksessa avoimeksi jääneitä kysymyksiä. Haastattelututkimuksen menetelmästä ja toteutuksesta kerrotaan tarkemmin luvussa 6.1.

Tutkimus kokoaa jo olemassa olevaa tutkittua tietoa aurinkoenergia järjestelmistä, niiden tehokkaasta sijoittelusta ja sijoittelun reunaehdoista. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään eri mittakaavatasoilla aurinkovoimaloiden vaikutuksia ja vaikutusten arviointia. Lisäksi tärkeänä asiana on koota ajankohtainen tieto siitä, mitkä kriteerit tulee täyttyä sekä toimijan että kunnan puolelta, jotta hanke on mahdollinen. Työssä pohditaan myös mahdollisia synergiaetuja maankäytön suunnittelussa ja saadaan pohjatietoaineistoa yleiskaavaa varten.

#### **2.4 Tutkimuksen merkitys**

Aurinkoenergian tuotannon ohjaamiseen liittyvät kaavamerkinnot ja lupakäytännöt vaihtelevat kunnittain, eikä yhtenäistä, valtakunnallista käytäntöä toistaiseksi ole olemassa. Ympäristöministeriössä laaditaan parhaillaan aurinkovoimaloiden kaavoitusta ja lupamenettelyä koskevaa opasta. Oppaan on tarkoitus valmistua keväällä 2024. Oppaan tarkoituksena on pääosin tukea suurten aurinkovoimaloiden kaavoitusta ja lupamenettelyä. Yleiskaavassa tulee huomioida myös pienemmät aurinkovoimalat ja pohtia kunnan itse rajaamia kriteerejä aurinkovoimaloille. Aurinkoenergieselvityksiä yleiskaavoja varten ei ole juurikaan tehty, ja näin ollen teoreettinen tutkimus aiheesta on hyödyllinen työkalu yleiskaavojen laadinnassa. Näistä lähtökohdista katsoen on tärkeää löytää maankäyttöä ohjaavat kriteerit aurinkoenergian sijoitteluun eri mittakaavatasoille. Tutkimuksen perusteella kaavan laatijat saavat arvokasta tietoa aurinkoenergian mahdollisuuksista suunnittelun tausta-aineistoksi sekä parametrejä tulevaan paikkatietotarkasteluun.

### 3 AURINKOVOIMA ENERGIANTUOTANTOMUOTONA

#### 3.1 Yleistä aurinkoenergiasta

Aurinkoenergia on loppumaton, luotettava ja kestävä energianlähde, jota ei voida ylikuluttaa ja jonka tuotto on hyvin ennustettavaa. Aurinkoenergian hyödyntäminen vähentää riippuvuutta uusiutumattomista energialähteistä. Aurinkoenergiaa on saatavilla lähes kaikkialla maailmassa, päiväntasaajalta pohjolaan saakka. Auringon säteilyn sisältämä energiamäärä on niin suuri, että maapallolle osuu noin tunnissa sen koko vuotuista energiankulutusta vastaava määrä säteilyenergiaa. Auringon säteilyteho maanpinnalla on 170 000 TW, mutta siitä ei käytännössä hyödynnetä kuin aivan pieni osa. (Auringosta energiaa, 2023; Aurinkoenergiayhdistys n.d.; Energiamaailma, 2024; Vattenfall, n.d.)

Auringosta tuotetaan sähköä kennoista koostuvilla aurinkopaneeleilla. Aurinkopaneelien toiminta perustuu auringon säteilyyn, valosähköiseen ilmiöön ja muun muassa puolijohdemateriaalien ominaisuuksiin. Aurinkopaneelien tuottaman virran määrä on riippuvainen auringonsäteilyn voimakkuudesta. Paneelit tuottavat sähköä suorasta auringon säteilystä sekä hajasäteilystä. Suomessa merkittävä osa auringon säteilystä on hajasäteilyä, joten on tärkeää, että myös hajasäteilyä voidaan hyödyntää. Tuotantomäärään vaikuttaa myös pilvisyys sekä paneelien asennuskulma. (Energiamaailma, 2024.)

Auringosta saadaan myös aurinkokeräimien avulla talteen lämpöä. Aurinkokeräin on laite, joka muuttaa auringon säteilyä lämmöksi. Lämmön määrä riippuu muun muassa auringon säteilytehosta ja lämpötilasta. Aurinkolämpö soveltuu parhaiten läpi vuoden melko tasaisena pysyvään kuormaan, kuten esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen. Aurinkolämpökeräimet hyödyntävät myös hajasäteilyä ja keräävät lämpöä myös pilvisellä säällä. Talvisissa olosuhteissa lämpöä ei juurikaan saada talteen. (Energiamaailma, 2024.)

Aurinkoenergian tuotannosta ei synny melua tai välkettä, kuten esimerkiksi tuuli-voiman tuotannossa. Aurinkopaneelit eivät myöskään edellytä aktiivista kunnossapitoa, joten ylläpitokustannukset ovat pienet. Paneelien käyttöikä on noin 20–30 vuotta. Aurinkoenergia-ala on voimakkaasti kehittyvä ala, jossa jatkuvasti otetaan uusia teknisiä edistysaskeleita. Uudet innovaatiot nanoteknologiassa ja kvanttifysiikassa voivat kolminkertaistaa aurinkopaneelien sähköntuotannon. (Auringosta energiaa, 2023; Vattenfall, n.d.)

Positiivisten ilmastovaikutusten ohella aurinkovoimahankkeet tuovat alueilleen myös elinvoimaa. Esimerkiksi maanomistajat saavat maanvuokratuloja ja kunnat kiinteistöverotuloja. Aurinkovoima lisää energiaomavaraisuutta ja vahvistaa huoltovarmuutta. (Auringosta energiaa, 2023; Ympäristöministeriö c, 2024.)

### **3.2 Aurinkoenergian tuotannon lähtökohdat**

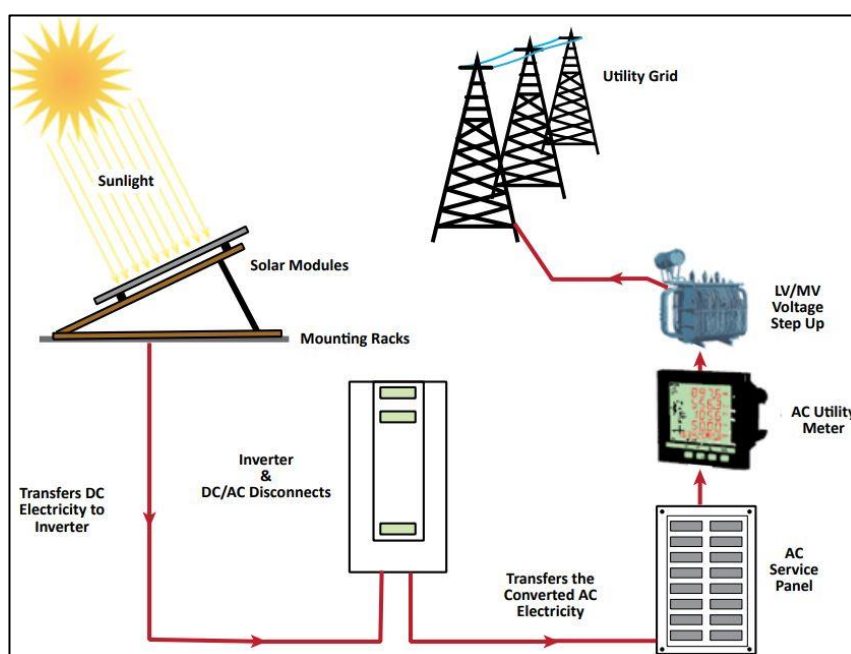
Aurinkopaneelien tuottama tasavirtasähkö muutetaan inverttereillä eli vaihtosuuntaajalla 230 voltin sähköverkkoon sopivaksi vaihtovirraksi. Aurinkosähköä tuottaessa yli oman tarpeen voidaan ylijäämä sähkö syöttää valtakunnan verkkoon. (Lumby, 2015.)

Aurinkoenergiainhankkeet voidaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen mukaan jakaa kolmeen karkeaan kategoriaan. Eri kategorian hankkeet tarvitsevat erilaisia lupia ja muita hallinnollisia menettelyjä. Teollisen kokoluokan aurinkovoimaloista puhutaan silloin kun kyseessä on yli 1000 kW (1MW) kokoinen järjestelmä. Jotkin aiemmin toteutetut pienemmän kokoluokan hankkeet kuitenkin lasketaan teollisiksi, vaikka teho on pienempi. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2022.)

Teollisia aurinkovoimaloita pienemmät järjestelmät jaetaan keskikokoisiin (10 – n.1000 kW) ja pieniin (alle 10 kW) hankkeisiin. Keskikokoisissa hankkeissa sähköä tai lämpöä tuotetaan pääasiassa omaan kulutukseen kerrostaloissa, teollisuus-,

kauppa- tai toimistorakennuksissa. Pienillä hankkeilla tarkoitetaan kotitalouskäyttöä, joissa sähkö tai lämpö tuotetaan pääasiassa omaan kulutukseen omakotitaloissa, kesämökeillä tai muissa pienissä rakennuksissa. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2022.)

Suuren kokoluokan aurinkosähköjärjestelmät sisältävät yksinkertaistettuna yhteen kytketyt aurinkopaneeliryhmät, paneeliryhmäkohtaiset invertterit sekä jakelumuuntajat. Aurinkopaneeliryhmä voi voimalan koon mukaan sisältää paneeleita jopa yhteen megawattiin asti. Kuvassa 1 on havainnollistettu teollisen kokoluokan aurinkovoimalan komponentit. (Lumby, 2015.)



**Kuva 1.** Teollisen kokoluokan aurinkovoimalan komponentit (Lumby, 2015).

Tekniset vaatimukset täyttävällä sähköä tuottavalla aurinkovoimalalla on oikeus tulla liitetyksi alueensa sähköverkkoon. Fingrid, joka hallitsee kantaverkkoa Suomessa, velvoittaa, että kaikki energiantuotantolaitokset, kuten aurinkovoimalat, jotka täyttävät tarvittavat tekniset vaatimukset, tulee liittää sähköverkkoon. Liittämisen ehdot vaihtelevat voimalan tehon mukaan ja voivat vaikuttaa verkon sähkön laatuun, mikä voi rajoittaa erityisesti pienjänniteverkkoihin liitettävän aurinkosähköntuotannon määrää. (Fingrid, n.d.)

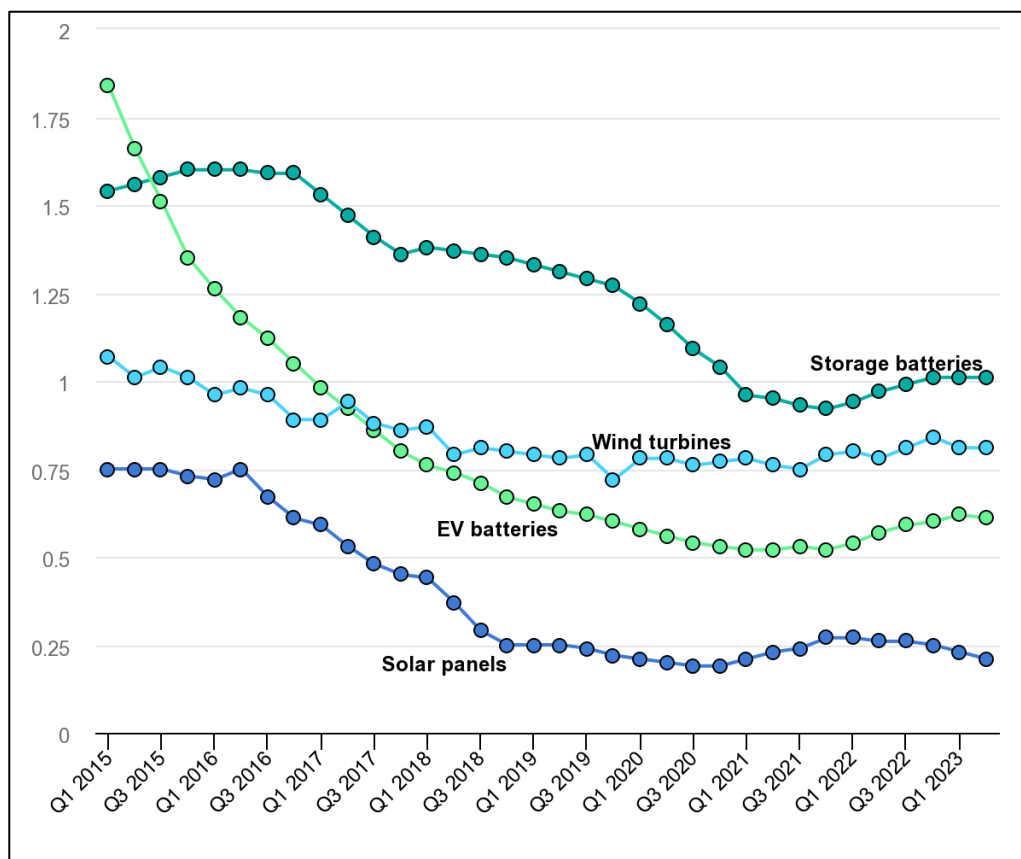
Aurinkovoimaloiden vaikutus koko sähköverkon rakenteeseen riippuu niiden tehokkuudesta ja sähköverkon nykyisestä kapasiteetista. Aurinkoenergian tuotannon vaihtelevuuden vuoksi on tärkeää, että voimalat sopeutuvat verkon jännitteen ja taajuuden vaihteluihin. Suurjännitejohtojen rakentaminen vaatii erityisluoppia, ja laajempitehoisten aurinkovoimaloiden liittäminen kantaverkkoon voi vaatia merkittäviä muutoksia olemassa olevaan infrastruktuuriin. (Fingrid, n.d.)

Aurinkoenergian varastointi on olennainen osa aurinkoenergiajärjestelmää, sillä aurinkoenergian tuotanto vaihtelee, eikä näin ollen aina vastaa ajallisesti kulutusta. Energianvarastoinnilla voidaan tasata tuotannon ja kulutuksen vuorokaudenaikaisia ja vuodenaikojen aiheuttamia vaihteluja. Energianvarastointi varmistaa myös tuotannon ja kulutuksen tasapainon verkossa silloin, kun aurinkovoimala ei tuota energiaa. (Uudenmaan liitto, 2017.)

### **3.3 Aurinkoenergian liiketoimintamahdollisuudet**

Aurinkoenergian liiketoimintamahdollisuudet ovat laajentuneet merkittävästi viime vuosina mikä johtuu aurinkosähkön kustannuksien laskusta niin globaalisti kuin Suomessakin vajaan kymmenen vuoden aikana (kuva 2). Samalla sähkön hinta on noussut sekä Suomessa että globaalisti. Nämä tekijät ovat yhdessä parantaneet aurinkovoimaloiden kannattavuutta. Teollisen kokoluokan aurinkovoimalaprojekteissa kannattavuuteen vaikuttavat merkittävästi asennuksen, verkkoon liittämisen, rakennustöiden sekä hankekehityksen kustannukset. Poliittiset ohjauskeinot, kuten verotus, energiatuet ja päästökauppa ovat myös tärkeitä tekijöitä, jotka voivat joko edistää tai hidastaa aurinkoenergian investointeja. (IEA, 2023; Lumby, 2015.)





**Kuva 2.** Aurinkopaneelien, säilytysakkujen, tuuliturbiinien ja sähköajoneuvoakkujen hintakehitys vuosina 2015–2023. Kuvaajassa pystyrivillä hintayksikkö milj. USD/MW (IEA, 2023).

Teollisen aurinkoenergian liiketoiminnan kannattavuuteen vaikuttavat myös alueen soveltuvuus aurinkoenergian tuotantoon, infrastruktuurin saatavuus ja kustannukset sekä sähköverkon läheisyys, jotka kaikki vaikuttavat tuotannon tehokkuuteen ja kustannuksiin. Esimerkiksi alueet, joilla on hyvä säteilytuotto ja vähäiset infrastruktuurikustannukset, ovat erityisen houkuttelevia investointikohteita. (Lumby, 2015.)

Markkinaympäristön osalta Pohjoismaiden ja Baltian yhteinen sähköpörssi Nord Pool Spot tarjoaa aurinkosähkötuottajille pääsyn laajaan ja likvidiin markkinaan, jossa sähkön hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan. Tämä mahdollistaa aurinkoenergian tuottajien tehokkaan kilpailun ja paremman tuoton sijoituksilleen. Avomien sähkömarkkinoiden olemassaolo Suomessa mahdollistaa sen, että

sähkötuottajat voivat myydä tuottamansa sähkön suoraan markkinoille ilman välittäjiä, mikä parantaa kannattavuutta ja vähentää toiminnan monimutkaisuutta. (Energiateollisuus, n.d.; Uudenmaan liitto, 2017.)

EU-maissa on ollut sähkön sisämarkkinat 1990-luvulta asti siten, että energia voi liikkua vapaasti jäsenmaasta toiseen. Valtaosassa Eurooppaa sähkö liikkuu kysynnän ja tarjonnan mukaan. Silti kansalliset energiapolitiikan ratkaisut vaikuttavat edelleen markkinoiden toimintaan. Sähkön hinta määräytyy fyysisillä tukku-markkinoilla, joissa käydään kauppaa huomisen päivän tai lähituntien sähköstä. Sähkömarkkinoilla hinta muodostuu yhteisesti suureen osaan Eurooppaa ja nämä Euroopan maat osallistuvat samaan huutokauppaan. Sähkön hinta eriytyy fyysisten siirtorajoitusten takia eri hinta-alueille. (Energiateollisuus, n.d.)

### **3.4 Teollisen aurinkoenergian tuet ja verotus**

Erilaiset tuet voivat parantaa aurinkosähkön kannattavuutta merkittävästi, etenkin silloin, kun sähkön hinta on alhainen. Suomessa aurinkosähkölle ei ole olemassa takuuhintaa eli syöttötariffia, mitä maksetaan esimerkiksi tuulivoimalla tuotetusta energiasta. Tuulivoimalla tuotetun energian takuuhintaa maksetaan vuosina 2011–2017 rakennetuille ja järjestelmässä mukana oleville tuulivoimaloille. Tuotantotukijärjestelmään liittyneet tuulivoimalat saavat tukea 12 vuoden ajan liittymishetkestä alkaen. Viimeisten järjestelmään hyväksytyjen tuulivoimalaitosten tuki päättyy vuonna 2030. Tavoitehinta tuotannolle on 83,5 €/MWh ja tukea maksetaan tavoitehinnan ja sähkön markkinahinnan erotuksen mukaisesti. (Motiva, 2024; Tuulivoimayhdistys n.d.)

Järjestelmään mukaan päässeet hankkeet saavat tukea 12 vuoden ajan siitä lähtien kun ne pääsivät mukaan järjestelmään. Viimeisten järjestelmän piiriin hyväksytyjen tuulivoimalaitosten tuki päättyy 2030.

Aurinkosähköhankkeisiin on mahdollista hakea Business Finlandin myöntämää energiatukea. Energiatukea myönnetään ensisijaisesti sellaisille hakkeille, joilla

edistetään uutta teknologiaa ja sen kaupallista hyödyntämistä sekä toissijaisesti energiatehokkuuteen liittyviin investointeihin. Etusijalla tuen saajaksi on sellaiset hankkeet, jotka ovat jo pitkälle valmistellut, joilla voidaan edistää kustannustehokkaasti energiatukiohjelman mukaisia tavoitteita ja joilla ei arvioida olevan merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. (Finlex, 262/2023.)

Energiatukea myönnetään hankekohtaisella harkinnalla. Energiatuen osuus hyväksyttävistä kustannuksista voi investointihankkeessa olla enintään 30 prosenttia ja selvityshankkeissa enintään 40 prosenttia hankkeen kokonaiskustannuksista. Energiatukea voi saada, kun hankkeen hyväksyttävät kustannukset ovat vähintään 30 000 euroa. Euromääräistä enimmäisrajaa hankerahoitukselle ei ole, mutta jos hankkeen hyväksyttävät kustannukset ylittävät 5 000 000 euroa, niin tuen myöntämisestä päättää työ- ja elinkeinoministeriö. (Finlex, 262/2023; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2023c.)

EU:ssa on käynnistetty uudenlainen hankerahoitushaku – uusiutuvan energian teknologiakohtainen rahoitusmekanismi (RENEWFM). Tässä kyseisessä rahoitusmekanismissa EU tarjoaa jäsenvaltioille komission hallinnoiman väylän yhteishankkeiden toteuttamiseen. RENEWFM antaa EU-maille myös mahdollisuuden tehdä tiiviimpää yhteistyötä uusiutuvien energialähteiden käyttöönotossa ja edistämässä, investointien tehostamisessa, resurssien yhdistämisessä ja julkisen ja yksityisen rahoituksen oikean yhdistelmän löytämisessä. Tämä helpottaa uusiutuvien energialähteiden kustannustehokkaampaa käyttöönottoa kaikkialla EU:ssa, mutta erityisesti sellaisilla alueilla, joilla on paremmat mahdollisuudet käyttää luonnonvaroja tai jotka soveltuvat niihin maantieteellisesti paremmin. (Euroopan komissio, 2023.)

Käytännössä toinen EU-maa (maksaja) maksaa rahoitustukea toiselle EU maalle (isäntävaltio) ja saa vastineeksi tilastollisina siirtoina 80 prosenttia mekaniismista rahoitettavien hankkeiden tuotannosta 15 vuoden ajan. Isäntävaltio sallii mekaniismista rahoitettavien hankkeiden rakentamisen maalleen ja saa näin investoinnit ja tuotetun energian. Suomessa ensimmäinen tämän mallin rahoitushaku oli

vuonna 2023, jolloin Luxemburg tarjosi 40 miljoonalla eurolla rahoitusta Suomen aurinkoenergiaan. Hyväksyttäviä rahoitushakemuksia tuli yhteensä kahdeksan, yhteisrahoitukseltaan 40 miljoonaa ja tuotantokapasiteetiltaan 282,77 MW. (European comissio, 2023; Euroopan komissio, 2023; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2023a.)

Aurinkosähkön teolliseen tuotantoon ei ole varsinaisia veroetuja. Laki kuitenkin rajaa sähköverotuksen ja huoltovarmuusmaksun ulkopuolelle kiinteistökohtaiset järjestelmät, joiden nimellisteho ei ylitä 100 kVA:n tehoa tai 800 000 kWh:n vuosituotantoa. Tämä mahdollistaa teollisuudelle ja isoille kiinteistöille jopa 900 kWp:n tehosen aurinkosähkövoimalan rakentamisen kulutuspisteeseen siten, ettei omaan käyttöön tuotetusta aurinkosähköstä tarvitse maksaa sähköveroa tai huoltovarmuusmaksua. (FinSolar, 2016.)

### **3.5 Aurinkoenergian lisäämisen poliittiset ohjauskeinot**

EU:n ilmastopolitiikalla ohjataan sekä alueen yhteisiä että jäsenmaiden toimia ilmaston muutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. EU:n ilmastopolitiikan pohjalle on laadittu YK:n ilmastosopimus, Kioton pöytäkirja sekä Pariisin ilmastosopimus. (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d.)

Siirtymistä uusiutuviin energianlähteisiin säädellään RED II direktiivillä. Direktiivi annettiin joulukuussa 2018. RED II säädettiin sitovasta EU:n yleistavoitteesta, jonka mukaan uusiutuvien energianlähteiden osuus energian tuotannosta tulee olla vähintään 32 prosenttia EU:n energian loppukulutuksesta vuonna 2030. RED III asetettiin joulukuussa 2023 ja se tulee ottaa voimaan 18 kuukauden kuluessa. RED III nostettiin uusiutuvan energian yleistavoitetta 32 prosentista 42,5 prosenttiin vuodelle 2030. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2023b.)

Suomessa Orpon hallituksen ohjelmassa tavoitellaan uusituvan energian osuuden lisäämistä siten, että fossiilista polttoaineista luovutaan kokonaan sähkön ja lämmöntuotannossa viimeistään 2030-luvulla. Hallitusohjelmassa mainitaan myös

erikseen aurinkovoima siten, että aurinkovoimainvestointeja edistetään maankäytön kannalta sopiville paikoille yhtenä keinona tasapainottaa uusiutuvan sähkön tuotannon ajallista vaihtelua. Aurinkovoimarakentamista ohjataan rakennettuun ympäristöön, turvetuotannosta vapautuneille alueille ja joutomaille pyrkien välttämään tuotannossa olevien peltojen ja metsämaan merkittävä käyttö aurinkovoimaan. Hallitus aikoo myös edistää sitä, että aurinkoenergiapuistojen sääntely- ja lupaprosessit ovat yhtenäisiä, joustavia ja ennustettavia koko maassa. (Valtioneuvosto, 2023.)

Suomen kansallinen ilmasto- ja energiastrategia – Hiilineutraali Suomi 2035 on julkaistu vuonna 2022. Ilmasto- ja energiastrategiassa linjataan poliittisia toimia jolla Suomi täyttää EU:n vuoden 2030 ilmastotavoitteet. Strategiassa uusiutuvan energian ja aurinkosähkön tuotantoon liittyviä tavoitteita on muun muassa valmistella uusi energiatukiasetus, joka kohdentaa 150 miljoonaa euroa vuosittain uuden teknologian demonstraatiohankkeille ja varmistaa riittävän tukivaltuuden pienemmillä uusiutuvan energian sekä energiatehokkuushankkeille. Uusiutuvan energian teknologioiden kaupallistuessa tulisi tuet suunnata uusiin innovaatioihin tukien samalla kaupallisten rahoitusinstrumenttien kehittämistä. Tavoitteena on myös tutkia energiayhteisömallien sekä hajautetun energiantuotannon kannustimia, mukaan lukien pienten ja keskisuurten yritysten osallistumista sähkönostosopimuksiin. Lisäksi kehitetään kustannustehokkaita ratkaisuja uusiutuvan energian ja hukkalämpöjen integroimiseksi kaukolämpöverkkoon. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022.)

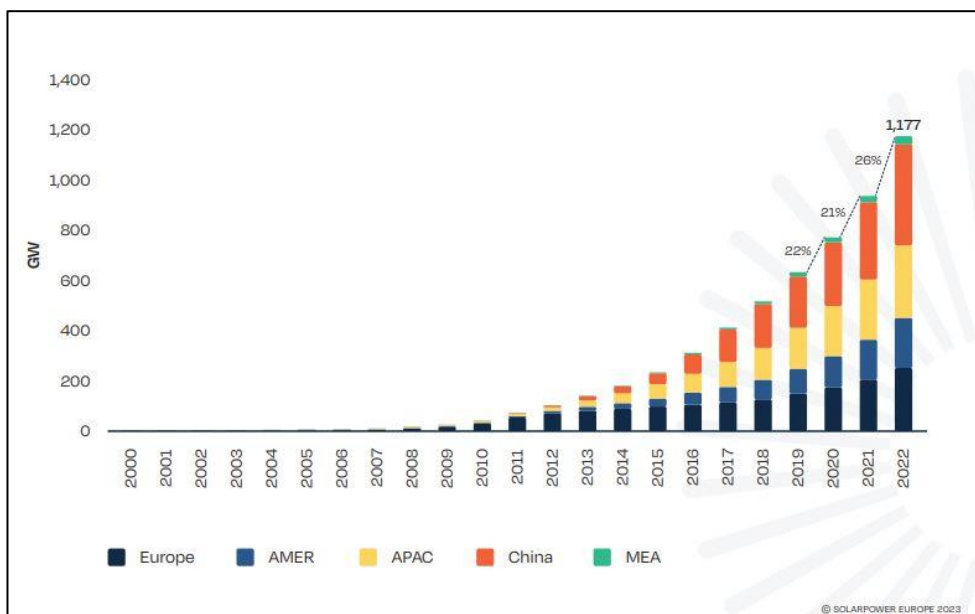
Lupamenettelyjä vihreän siirtymän investoinneille nopeutetaan resurssien lisäämisellä lupaviranomaisiin. Tavoitteena on lyhentää lupakäsittelyn enimmäiskesto 12 kuukauteen. Kunnille ja maakunnille ohjataan avustuksia vihreän siirtymän kaavoitusmenettelyjen ja tuulivoimarakentamisen tehostamiseksi. Lisäksi valmistellaan valtion lainatakausmallia kotitalouksille ja asunto-osaakeyhtiöille tukemaan ilmastoystävällisiä investointeja, kuten lämmitysjärjestelmien uusimista uusiutuille energialähteille. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022.)

### 3.6 Aurinkoenergian tuotanto kansainvälisesti

Ilmastonmuutos ja kestävämmän yhteiskunnan rakentaminen ovat kansainvälisesti merkittäviä syitä uusiutuvan energian tuotannossa. Uusiutuvan energian tuotantoon ja kehittämiseen investoidaan koko ajan enemmän. (SolarPower Europe, 2023b.)

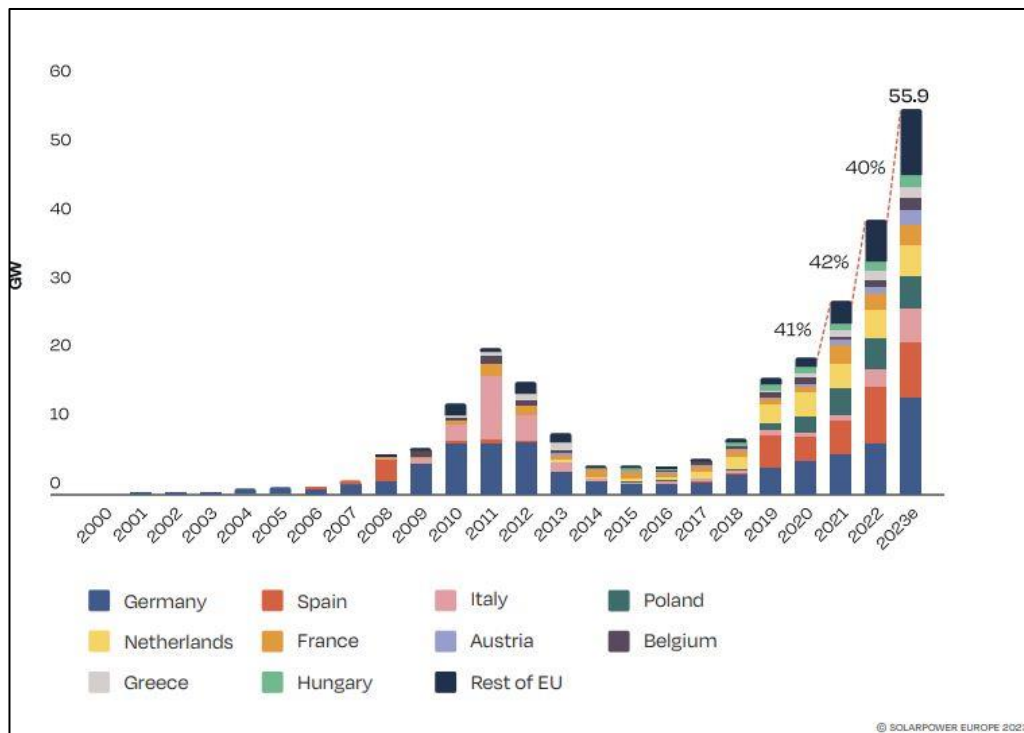
Aurinkovoima lisääntyy globaalisti valtavan nopeasti. Vuonna 2022 aurinkovoimakapasiteetti lisääntyi 239 GW, mikä on tähän mennessä kaikkien aikojen ennätys. Vuotuinen kasvu oli näin ollen 45 prosenttia. 1,2 terawatin kynnyks ylittyi vuoden 2022 alussa. Vuoden 2023 lukuja ei ollut vielä saatavilla tätä raporttia tehdessä. (SolarPower Europe, 2023b.)

Kiina on suurin yksittäinen aurinkoenergian tuottajamaa, jolla oli vuonna 2022 lähes 100 GW lisäys vuoteen 2021. Kuvassa 3 esitetään aurinkoenergian kokonaiskapasiteetti vuosina 2000–2022. Kuvasta voidaan nähdä viime vuosien voimakas kasvu. Tulevina vuosina aurinkoenergian on arvioitu kasvavan vähintään yhtä vahvasti. (SolarPower Europe, 2023b.)



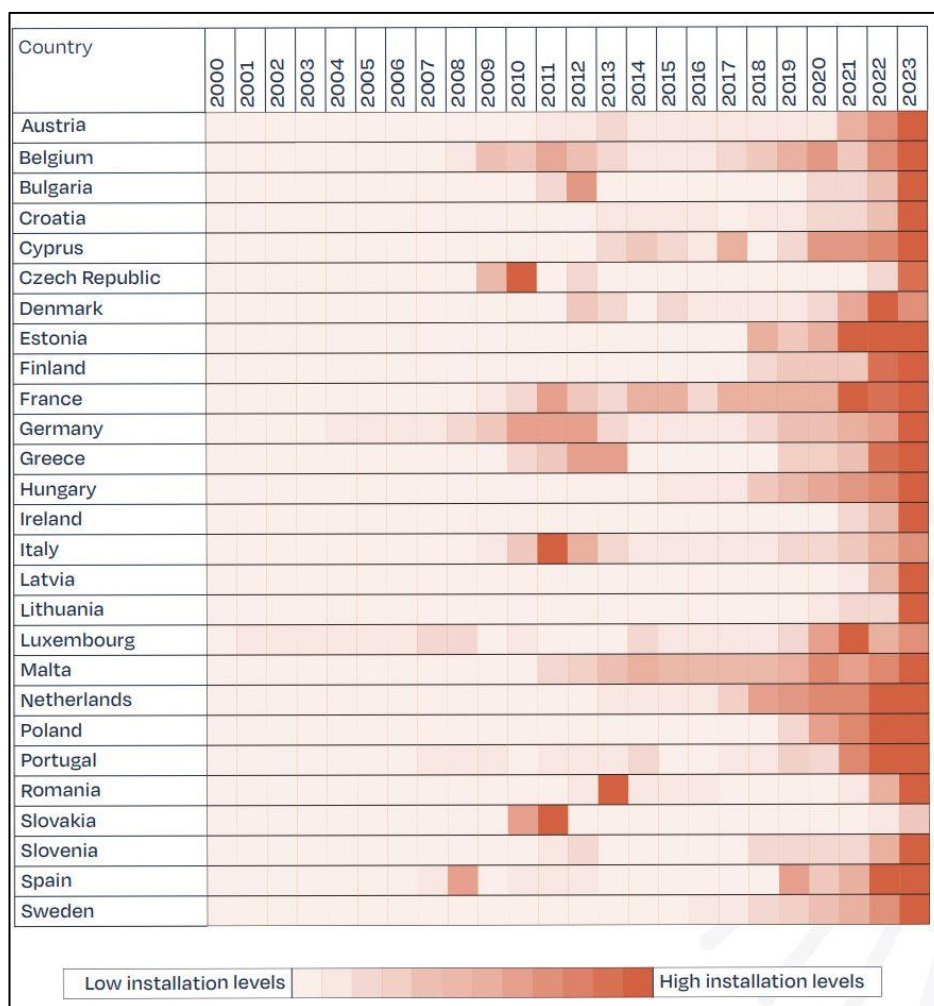
**Kuva 3.** Globaali aurinkoenergian kapasiteetti vuosina 2000–2022 (SolarPower Europe, 2023b).

EU:ssa aurinkoenergia on lisääntynyt 40 % vuosivauhtia jo kolme vuotta peräkkäin. Vuosi 2023 on myös kuudes vuosi, kun EU:n aurinkoenergiamarkkinat ovat kasvaneet perätysten. Kuvassa 4 nähdään asennettu aurinkoenergiakapasiteetti vuodesta 2000, jolloin tuotantoa ei käytännössä ollut. Vuoden 2023 luku on arvioitu marraskuussa 2023. (SolarPower Europe, 2023a.)



**Kuva 4.** Aurinkoenergian lisäys EU:ssa vuosina 2000–2023. (SolarPower Europe, 2023a).

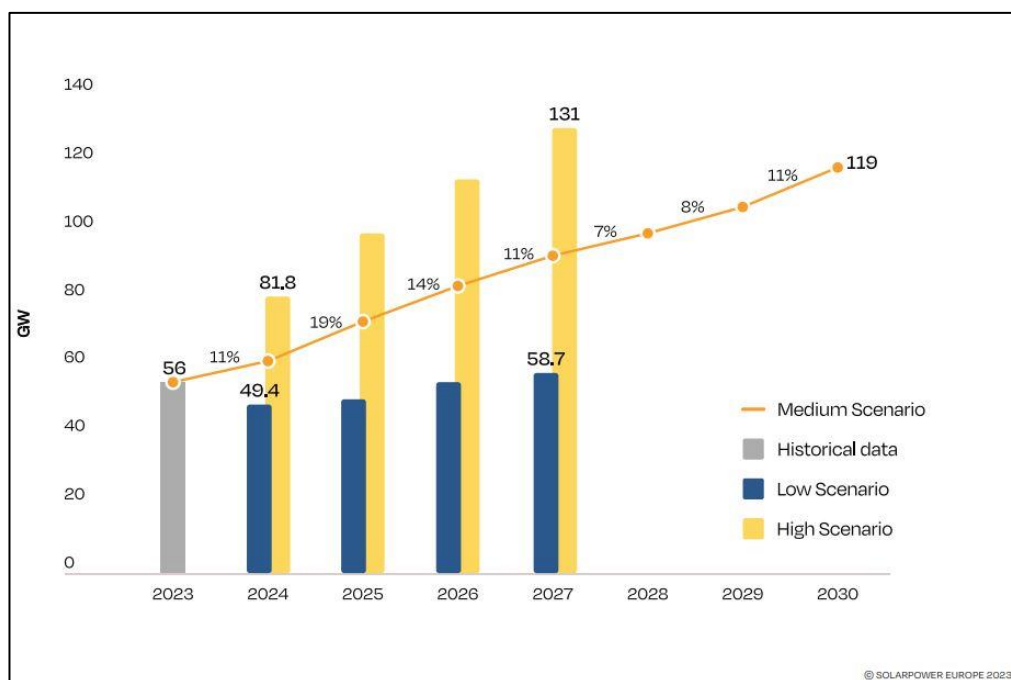
Kuvassa 5 esitetään lämpökarttana vuosittaiset aurinkoenergian asennukset kussakin maassa. Tummat sävyt osoittavat korkeampia vuosittaisia asennuksia verrattuna kansalliseen historialliseen keskiarvoon vuodesta 2000 lähtien. Kartta korostaa huomattavaa kasvua Euroopan maissa viimeisen kolmen vuoden aikana. EU maista 20:ssä vuosi 2023 oli paras aurinkoenergian kasvulle ja 17:lle vuosi 2022. Yleisesti voidaan todeta, että vuosi 2023 oli mille tahansa EU:n jäsenvaltiolle kaikkien aikojen kolmen parhaan vuoden joukossa. (SolarPower Europe, 2023a.)



**Kuva 5.** Aurinkoenergiainvestointien määrä lämpökartalla kuvattuna jokaisessa EU:n jäsenmaassa (SolarPower Europe, 2023a).

SolarPower Europe (2023) on arvioinut, että EU:n vuosittaiset aurinkosähkömarkkinat kasvavat yli 67 prosenttia vuoteen 2027 mennessä (kuva 6). Vuosina 2028–2030 kasvun odotetaan jatkuvan edelleen uusien parempien poliittisten keinojen sekä aurinkoteknologian hinnan alenemisen takia. Vuosina 2023–2030 aurinkoenergian ennustetaan kasvavan yhteensä 113 %.





**Kuva 6.** Aurinkoenergian ennustettu kasvu EU:ssa vuosina 2023–2030 (SolarPower Europe, 2023a).

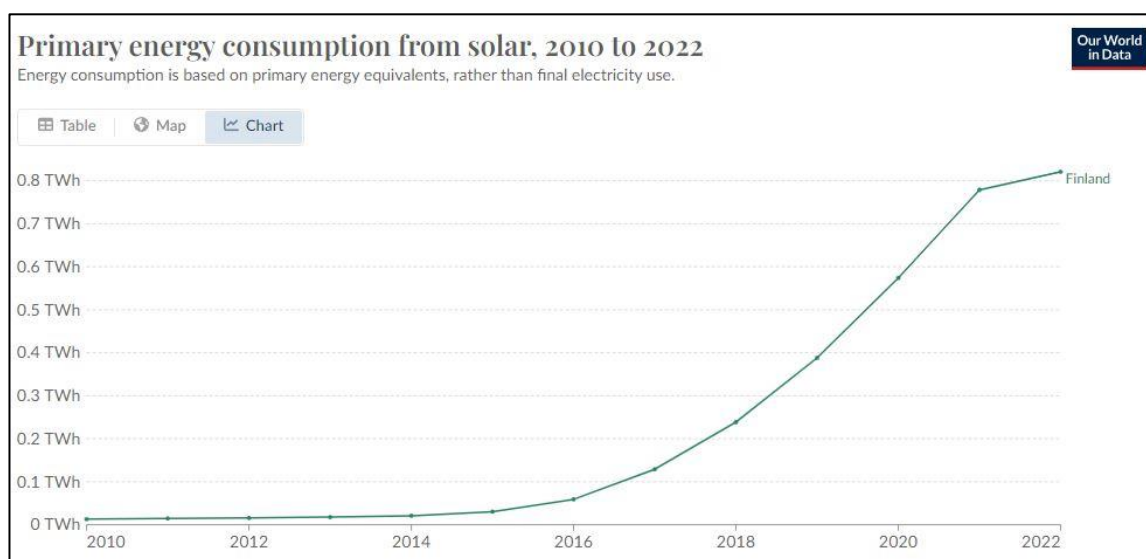
### 3.7 Aurinkoenergian tuotanto Suomessa

Aurinkosähköä on Suomessa aiemmin hyödynnetty lähinnä kesämökeillä. Viime vuosina aurinkosähkölaitteistoja on kuitenkin asennettu laajasti myös asuintaloihin, maataloille sekä liike- ja toimistorakennuksien katoille. Aurinkosähkötuotanto oli vuonna 2022 yli 700 MWh ja sen määrä kasvaa edelleen kohtuullisella tahdilla. (Energiamailma, 2024; Energiateollisuus, 2024.)

Suomessa hyödynnetään myös aurinkolämpöä, jota tyypillisesti käytetään osana muuta lämmitysjärjestelmää. Aurinkolämpöä hyödynnettäessä auringolla lämmitetään tavallisimmin käyttövetä, mutta aurinkolämpö voidaan liittää myös muihin vesikiertosiin lämmitysjärjestelmiin. Suomessa aurinkokeräimillä ei saada hyödynnettyä aurinkolämpöä keskitalvella, ja myös keväällä ja syksyllä tuotanto on kesää pienempää. Aurinkolämmön tuotto on parhaimmillaan kesällä, jolloin lämmön kulutus on matalimmillaan. Aurinkolämpöä voidaan tuottaa joko hajautetusti eli kiinteistökohtaisesti asennetuilla keräimillä tai keskitetysti, jolloin isommalla keräinalueella tuotetaan lämpöä kaukolämpöverkkoon. (Energiamailma, 2024.)

Aurinkoenergian käyttöä rajoittavat enimmäkseen säteilyn vuodenaikavaihtelut. Etelä-Suomessa auringon vuosittaiset säteilymäärät ovat samaa suuruusluokkaa kuin Pohjois-Saksassa (Energiamailma, 2024). Helsingin leveysasteella säteilyn määrä on vuositasolla noin 1100 kWh/m<sup>2</sup>, Keski-Suomessa 900 kWh/m<sup>2</sup> ja Sodankylän korkeudella noin 850 kWh/m<sup>2</sup> (Vattenfall, n.d.). Auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut ovat kuitenkin Suomessa suuremmat kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa. Etelä-Suomessa 90 prosenttia säteilyenergiasta saadaan maalisi-syyskuun välisenä aikana. Vuodenaikavaihtelut kasvavat pohjoiseen päin mentäessä entisestään. (Energiamailma, 2024.)

Kuvassa 7 on esitetty Suomen aurinkoenergian tuotanto vuosilta 2010–2022. Vuosina 2021–2022 aurinkoenergian kasvu on hiljentynyt, mutta odotettavissa ei ole aurinkoenergian kasvun taantumista. (Energy Institute, 2023.)



**Kuva 7.** Suomen aurinkoenergian tuotanto vuosina 2010–2022 (Energy Institute, 2023).

## 4 AURINKOENERGIA MAANKÄYTÖN SUUNNITTELUSSA

### 4.1 Uusiutuva energia kaupunkisuunnittelussa

Ilmastonmuutos ja sen hillitseminen on muuttanut energiamääräyksiä sekä asettanut energiankäytön ja päästöjen vähentämisen tavoitteet kunnianhimoiselle tasolle. Ilmastonmuutos ja vähenevät energiavarat edellyttävät uusiutuvien energialähteiden voimakasta hyödyntämistä ja käytön mahdollistavien teknologioiden ja palveluiden kehittämistä. Käsite energiategokkuudesta on laajentunut koskemaan myös yhdyskuntia, eikä vain yksittäisiä rakennuksia. Yhdyskuntien suunnittelu on nyt tärkeässä asemassa energiategokkuuden lisäämisessä ja ilmastonmuutoksen hillinnässä. (Ahonen ja muut, 2013.)

Suomen ja kuntien kunnianhimoiset hiilineutraaliustavoitteet vaativat merkittävää vähäpäästöisen energiantuotannon lisäämistä, mikä vaatii runsaasti myös tilaa. Asemakaava-alueiden ulkopuolisille alueille on mahdollista suunnitella enemmän tilaa vievää energiantuotantoa, kuten tuulivoimaa tai isoja aurinkovoimapuitoja. Tiiviillä kaupunkialueella energiantuotantoon voidaan hyödyntää yleisiä alueita, kuten puistoja, mutta myös tiiviimmin rakennettuja kortteleita ja kiinteistöjen tontteja. (Energiaviisaat kaupungit, 2020.)

Kaavoituksessa on tärkeää huomioida uusiutuvan energian ison kokoluokan tilavaraukset, minkä vuoksi uusituvan energian sijoituspaikkoja tulisi kartoittaa yleiskaavan laatimisen yhteydessä. Tuulivoima on varmasti yksi eniten tilaa vievistä uusiutuvan energian muodoista, mutta myös esimerkiksi aurinkovoiman, vesistöjen, maaperän ja ilman lämpöenergian hyödyntäminen lämpöpumppujen avulla tarvitsee tilaa. Tilan tarpeeseen on varauduttava kaupunkisuunnittelussa ja kuntatekniikassa. (Energiaviisaat kaupungit, 2020.)

Kaavoitettaessa uusia alueita on runsaasti mahdollisuuksia ja vaihtoehtoja arvioida energiantuotannon sijoittamista yleisille alueille ja kiinteistöjen tonteille.

Nämä mahdollisuudet tulisi ottaa huomioon jo alueen suunnittelun alussa. Vanhoilla alueilla mahdollisuudet ovat vähäisemmät, mutta näissäkin energiaremontit ja täydennysrakentamisen tuomat mahdollisuudet ovat mittaluokaltaan merkittävät. (Energiaviisaat kaupungit, 2020.)

Kaupunkisuunnittelu on prosessi, jossa monilla tekijöillä on merkittävä rooli. Uusiutuva energia ja aurinkoenergia on vain yksi näistä tekijöistä, joka kaupunkisuunnittelijan on otettava huomioon. Ihannetilanteessa aurinkoenergiapotentiaali huomioitaisiin jo kaavoitusvaiheessa, tehden tarvittavat simulaatiot ja laskelmat kaavoituksen tueksi. Mitä aikaisemmassa vaiheessa aurinkoenergia otetaan suunnittelussa huomioon, sitä kattavampi analyysi voidaan tehdä. (Kanters & Horvat, 2012.)

Aurinkoenergian tehokkaaseen hyödyntämiseen on mahdollista vaikuttaa kaavoituksen avulla sekä alue- että rakennustasolla. Kaavoissa voidaan määritellä alueet, joilla suurien aurinkosähkökenttien rakentaminen on sallittua varmistuen aurinkoenergian mahdollisimman tehokas käyttö. Asemakaavamääräyksillä ja rakentamistapaohjeilla voidaan ohjata aurinkoenergian kannalta suotuisaa rakennussuunnittelua. Rakentamistapaohjeiden laatimisessa on olennaista olla perillä olemassa olevista teknologioista, kuten aurinkopaneelien ominaisuuksista, eri tyypeistä, asennustavoista ja asennuskulman vaikutuksesta laitteiden tuottoon. Rakennusten suuntaus, vesikattojen muoto ja kattolappeiden kaltevuus ovat myös keskeisiä tekijöitä, jotka mahdollistavat ja helpottavat sekä aktiivisen että passiivisen aurinkoenergian hyödyntämistä. Lisäksi on tärkeää tutkia varjostusta asemakaavatasolla aurinkoenergian tehokkaan käytön varmistamiseksi. (Rodriguez-Gabriel, 2016.)

#### **4.2 Aurinkoenergia maankäytännöllisenä kysymyksenä**

Maankäyttö- ja rakennuslain yleisenä tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen siten, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edis-

tetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurillisesti kestävää kehitystä. Aurinkoenergian kannalta ekologisesti kestävä kehitys tarkoittaa kestävää energian ja luonnonvarojen käyttöä, ympäristökuormituksen sopeuttamista luonnon sietokykyyn, kestävää materiaalitaloutta sekä biologisen monimuotoisuuden säilyttämistä. Taloudellisesti kestävä kehitys edellyttää, että ratkaisujen tulee olla sekä taloudellisesti että ekologisesti järkeviä ja tehokkaita. (Finlex, 5.2.1999/132.)

Ympäristöministeriö on tilannut vuonna 2015 selvityksen ilmastotavoitteita edistävästä kaavoituksesta. Selvityksessä todetaan, että yhtä näkökulmaa ilmastotavoitteita edistävään kaavoitukseen ei ole, sillä jokainen kaava paikallisine tavoitteineen ja ominaisuuksineen on aina omanlaisensa. Alueidenkäytön ilmastotavoitteet toteutuvatkin parhaiten, silloin kun ne otetaan huomioon jokaisella suunnittelun tasolla. (Ympäristöministeriö, 2015.) Ympäristöministeriössä on tällä hetkellä valmistelussa opas aurinkovoimaloiden kaavoituksen ja lupamenettelyn tueksi. Oppaan tavoitteena on yhtenäistää suurten aurinkovoimaloiden kaavoitusta ja rakentamista. Lisäksi se pyrkii selvittämään aurinkovoimaloiden merkittävimmät ympäristövaikutukset. Opas antaa myös näkemyksensä kaavoitus- ja lupamenettelyn soveltamisesta, kun voimaloita sijoitetaan erilaisiin kohteisiin. (Ympäristöministeriö, 2023.)

### **4.3 Aurinkovoimaloiden sijoittelu**

Aurinkovoimaloiden rakentamisen ohjaus tähtää yleisesti siihen, että hyödynnetään joko aiemmin intensiivisessä käytössä olleita alueita tai nykyisiä laajoja katopinta-aloja. Toiminnan sijoittaminen ihmisen jo muokkaamille ja käytössä olleille alueille tehostaa jo rakennetun ympäristön käyttöä ja näin ollen säästää luonnonalueita. (Lumby, 2015.)

Aurinkoenergian tuotantoalueen suunnittelussa on huomioitava tarvittava säteilymäärä ja pinta-ala tavoitellun tuotannon saavuttamiseksi. Aurinkosähköhankkeessa on lisäksi otettava huomioon liittymiskapasiteetiltaan sopiva verkkoliityn-

täpiste kustannusten optimoimiseksi. Tyypillisesti 1 megawatin aurinkosähkölaitos vaatii noin 1–3 hehtaarin alueen aurinkopaneeleille, riippuen muun muassa säteilyn määrästä, maastonmuodoista ja paneelien ryhmittelytavasta. (Lumby, 2015.)

Teollisen kokoluokan aurinkovoimaloita ei tulisi sijoittaa alle 200 metrin etäisyydelle asuinalueista asukkaiden viihtyvyyden turvaamiseksi. Maisemallisesti arvokkaille alueille tulisi välttää aurinkovoimaloiden rakentamista kokonaan. (Satakuntaliitto, 2016; Ympäristöministeriö, 2024a.)

Maapohjaisen aurinkoenergiailaitoksen rakentamiseen tarvitaan paitsi hyvät säteilyolosuhteet ja riittävä pinta-ala, myös avoin, yhtenäinen ja tasainen maasto ilman varjostuksia sekä helposti perustettavissa oleva maaperä. Aurinkovoimaloiden sijoittelussa on otettava huomioon paitsi riittävän sähköverkon läheisyys myös olemassa olevan tieverkon saatavuus. Aurinkoenergian tuotantoalueet eivät edellytä vesi- tai viemärijohtoja eivätkä asfaltointia. Alueen soveltuvuuteen vaikuttavat myös mahdolliset riskitekijät, kuten tulva- tai suurten tuulikuormien vaara. (Lumby, 2015.)

Pohjanmaan liiton vuonna 2022 laatimassa aurinkoenergiaselvityksessä ”Aurinkoenergian tuotanto maankäytön ja aluesuunnittelun kysymyksenä Pohjanmaalla” tunnistetaan tiettyjä maankäytön alueita teollisen aurinkoenergiantuotantoon soveltuviksi. Tällaisia alueita ovat:

- Teollisuusalueet ja niiden lähiympäristö
- Rakentamattomat ja saneerattavat/kehitettävät teollisuusalueet, satamien konttialueet
- Tuulivoimaloiden alueet
- Käytöstä poistetut, peitetyt kaatopaikat ja jätteenkäsittelyalueet
- Läjitys- ja täyttöalueet
- Jätevedenpuhdistamoiden alueet
- Voimajohtokäytävät

- Vanhat lentokentät ja lentotukikohdat
- Lentokenttä, lentomelualueet
- Puolustusvoimien entiset alueet
- Julkisivut
- Tienvarsialueet
- Meluvallit
- Moottoritien varret, liittymäalueet ja suojavaoähykkeet
- Rautatien varret
- Maatalousalueet: käytöstä poistuneet tai huonotuottoiset peltoalueet
- Maakaasuputken suoja-alue
- Entiset tai alle 10 vuoden kuluessa käytöstä poistuvat turvetuotantoalueet tai soranottoalueet
- Kaivosalueet
- Vanhat huoltamoalueet
- Kävely- ja pyörätiet
- Vesialueet

Aurinkopaneeleita voidaan sijoittaa monipuolisesti eri paikkoihin, kuten rakennusten katoille, julkisivuihin, maahan tai veteen kelluville perustuksille. Käytännössä kuitenkin suuret teollisen kokoluokan aurinkovoimapuistot vaativat erityisiä olosuhteita, kuten 100 kV sähköverkon liittymän enintään 15 kilometrin etäisyydellä, kantavan ja etelään päin kaltevan tontin. Lisäksi on otettava huomioon asutuksen etäisyys. Suunnittelussa on huomioitava asukkaiden viihtyisyys sekä varmistettava, ettei paneelien häikäisy vaaranna esimerkiksi lentoliikennettä. (Gaia Consulting, 2023; Lumby, 2015.)

Sopivien alueiden kartoituksen apuna voidaan laatia paikkatietoanalyysi. Esimerkiksi Satakuntaliitto (2019) on laatinut soveltuvien alueiden paikkatietoanalyysin teollisen kokoluokan aurinkovoimaloiden sijoituspaikoiksi. Analyysiin valittiin maakuntakaavassa määritellyt alueet, jotka täyttivät tietyt kriteerit: sähköasemat, jotka kuuluvat vähintään 110 kV:n sähköverkkoon ja sijaitsevat viiden kilometrin

säteellä sekä taajamatoimintojen alueet viiden kilometrin etäisyydellä sekä teollisuus-, varastotoimintojen ja työpaikka-alueet yhden kilometrin etäisyydellä. Analyysiin oli otettu mukaan myös vielä rakentamattomat teollisuus- ja varastotoimintojen alueet sekä työpaikka-alueet. Lisäksi oli huomioitu maakuntakaavassa maanesten ottoon osoitetut alueet yhden kilometrin etäisyydellä potentiaalisina sijoituspaikkoina. Analyysin perusteella muodostuneista alueista karsittiin pois aurinkoenergian tuotantoon soveltumattomat alueet, kuten:

- Maastotietokannan mukaiset asuin- ja lomarakennukset 200 m:n lähietäisyydellä
- Maakuntakaavassa osoitetut luonnonsuojelualueet, suojelualueet, virkistysalueet, erityisiä ympäristöarvoja sisältävät maa- ja metsätalousvaltaiset alueet sekä maa- ja metsätalousvaltaiset alueet, joilla on erityistä ulkoilun ohjaamistarvetta
- Maakuntakaavassa osoitetut valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet, valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt, maakunnallisesti merkittävät kulttuuriympäristöt, maisemallisesti arvokkaat peltoalueet ja perinnemaisemat
- Natura 2000 -verkostoon kuuluvat alueet, kansainvälisesti tärkeät lintualueet (FINIBA ja IBA) sekä maakunnallisesti merkittävät lintualueet (MAALI)
- Corine-maanpeiteaineiston maankäyttöluokat: Liikenteen alueet, teollisuusalueet (jo rakennetut alueet), satamat, lentokentät, golfkentät, raviradat, muut viljelmät, kosteikot, joet, järvet, meri

#### **4.4 Aurinkoenergian ympäristövaikutukset**

Aurinkoenergiainkkehiden vaikutukset ja niiden merkitys vaihtelevat sijoituspaikan luonnon ja ympäristön erityispiirteiden takia. Hankkeen koko ei ole merkittävä tekijä vaikutusten luonteeseen nähden vaan vaikutusten merkittävyys voi muuttua riippuen alueen ominaispiirteistä. (Ympäristöministeriö, 2024a.)



Aurinkoenergia ei sellaisenaan tuota kasvihuone- tai pienhiukkaspäästöjä toimiesaan vaan päästöt syntyvät paneelien tuotannossa tarvittavista materiaaleista, tuotantoon sitoutuneesta energiasta, kuljetuksesta sekä asennuksesta. Aurinkokennojen valmistuksessa myös käytetään harvinaisia materiaaleja, jotka kuluttavat maapallon rajallisia resursseja. (Auringosta energiaa, 2023; Vattenfall, n.d.)

Aurinkopaneelien vaikutuksesta lämpösaarekeilmiöön ei ole tarkkaa tietoa, mutta teoriassa aurinkopaneelit voivat joko lisätä tai vähentää tätä ilmiötä kahdella tavalla. Ne voivat vähentää ilmiötä sitomalla auringonvaloa ja muuttamalla sen sähköenergiaksi, mikä johtaa siihen, että vähemmän valoa muuntuu lämmöksi. Toisaalta ne voivat myös lisätä ilmiötä, jos paneelit keräävät lämpöä ja vapauttavat sitä ympäröivään ilmaan. Näiden vaikutusten merkitys on kuitenkin vähäinen verrattuna muihin tekijöihin, kuten rakennusmateriaalien kykyyn sitoa lämpöä. (Sun-paneeli, 2023.)

Ympäristöministeriössä (2024) valmisteilla olevan aurinkovoimaloiden kaavoitus ja lupamenettelyjen opasaineiston taustaselvityksen mukaan teollisen kokoluokan aurinkovoimaloiden YVA-ohjelmissa on esitetty selvitettäväksi ympäristövaikutuksiksi esimerkiksi seuraavia asioita:

- Vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen sekä elinkeinoihin
- Vaikutukset rakennuspaikkojen luonnonympäristöön
- Vaikutukset pesimä- ja muuttolinnustoon
- Vaikutukset riistalajeihin, liito-oravaan, lepakoihin ja viitasammakkoon
- Vaikutukset lähialueiden Natura-alueisiin ja muihin luonnonsuojelualueisiin
- Vaikutukset maisemaan ja merkittäviin maisema-alueisiin
- Vaikutukset maankäyttöön
- Vaikutukset muinaisjäänneisiin ja rakennettuun kulttuuriympäristöön
- Vaikutukset virkistyskäyttöön ja metsästyksen
- Vaikutukset pinta- ja pohjavesiin
- Paloturvallisuus

- Vaikutukset tutka- ja viestintäjärjestelmiin
- Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa

Ympäristövaikutukset voivat olla joko kielteisiä tai myönteisiä, eivätkä kaikki vaikutukset ole olennaisia kaikissa hankkeissa. Mahdollisen YVA-ohjelman ja muiden vaikutusten arviointien yhteydessä onkin tärkeää arvioida, mitkä vaikutukset ovat oleellisia kulloisellekin hankkeelle. Vaikutuksia arvioidaan YVA-prosessin lisäksi myös osana mahdollista kaavaprosessia sekä muita lupaprosesseja. Kaavan tulee perustua kaavan merkittävät vaikutukset arvioivaan suunnitteluun ja sen edellyttämiin tutkimuksiin ja selvityksiin. Kaavan vaikutuksia selvitetessä otetaan huomioon kaavan tehtävä ja tarkoitus. Vaikutuksia arvioitaessa onkin tärkeää tunnistaa hankkeen merkittävät ympäristövaikutukset, ei kaikkia vaikutuksia. (Ympäristöministeriö, 2024a.)

Teollisen mittakaavan aurinkovoimalat eivät automaattisesti edellytä ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA-menettely). Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain (2017/252) mukaan YVA-menettelyä sovelletaan aurinkovoimahankkeisiin, joissa energian ja aineiden siirto ja varastointi tapahtuvat maanpäällisillä voimajohdoilla, joiden teho on vähintään 220 kilovolttia ja pituus yli 15 kilometriä. Aurinkovoimala voi olla YVA-velvollinen myös, jos sen katsotaan todennäköisesti aiheuttavan laadultaan ja laajuudeltaan merkittäviä ympäristövaikutuksia, myös kun huomioidaan eri hankkeiden yhteisvaikutukset. Yksittäistapauksissa päätöksen YVA-menettelyn soveltamistarpeesta tekee toimialueen Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus. (Ympäristöministeriö, 2024c.)

#### **4.5 Esimerkkejä aurinkoenergiasta yleiskaavoissa**

Lappeenrannan kaupunki on parhaillaan laatimassa Kukkuroinmäen ja Konnun-suon osayleiskaavaa. Tämän osayleiskaavan päätavoitteena on edistää kiertotaloutta ja uusiutuvaa energiaa, tukea luonnon monimuotoisuutta sekä mahdollistaa entisen turvetuotantoalueen uudelleenkäyttö. Tavoitteena on myös osaltaan

edistää Lappeenrannan kaupungin ilmastotavoitteiden saavuttamista. Yleiskaava-työssä tutkitaan muun muassa teollisen mittakaavan aurinkoenergiatuotannon mahdollisuuksia entisillä turvetuotantoalueilla. Lisäksi osayleiskaava pyrkii tukemaan Kukkuroinmäen käsittelyalueen kehittämistä kiertotalouden keskittymänä. Osayleiskaava laaditaan oikeusvaikutteisena, ja se ohjaa suoraan rakentamista asumiseen ja energiantuotantoon osoitetuilla alueilla. (Lappeenrannan kaupunki, 2024.)

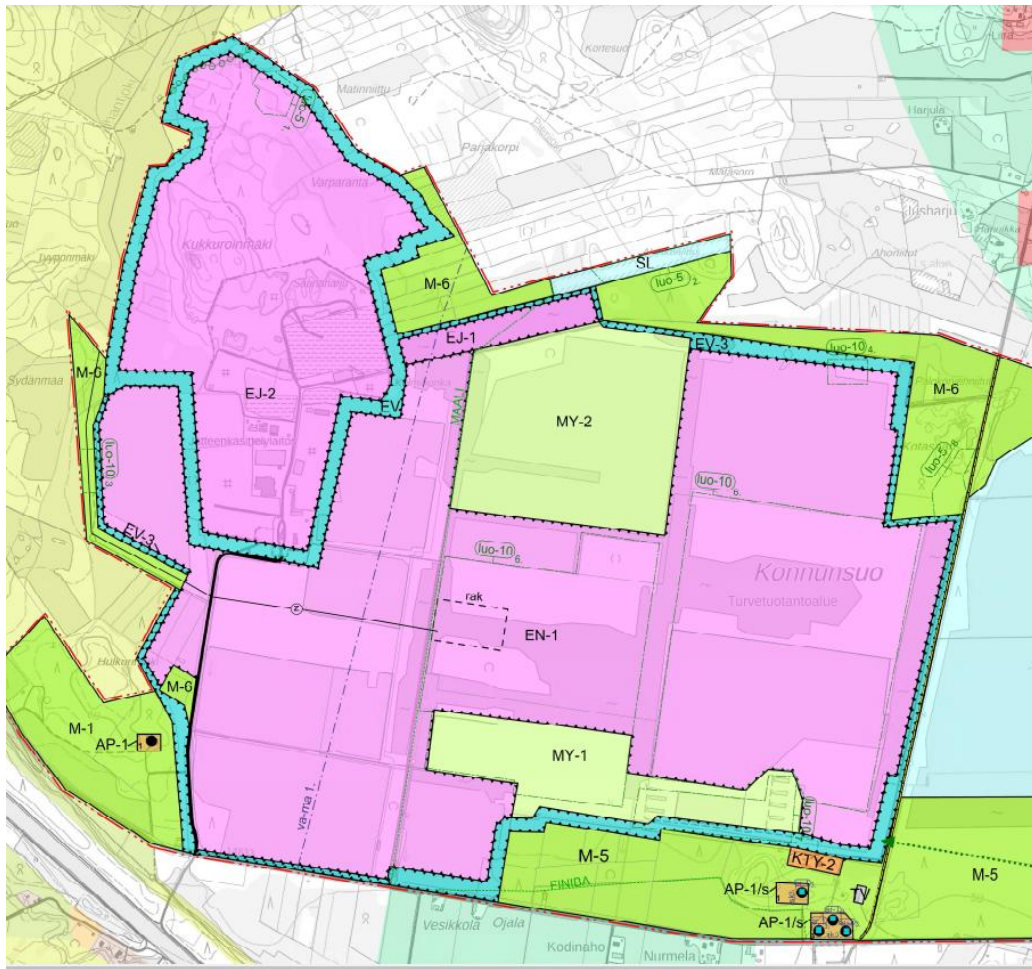
Kukkuroinmäen ja Konnunsuon osayleiskaavan luonnos on ollut nähtävillä helmikuussa 2024. Luonnoksessa aurinkoenergian tuotannolle varatut alueet on osoitettu merkinnällä EN-1, energihuollon alue. Merkintä tarkoittaa seuraavaa:

Alue varataan aurinkoenergian tuotantoon. Alueelle saa sijoittaa aurinkoenergian tuotantoa palvelevia rakennuksia, rakennelmia ja laitteita, kuten aurinkopaneeleja, huoltoteitä, muuntamoita, akustoja, varastoja ja voimajohtoja. Aurinkopaneelialue tulee pitää kasvipeitteisenä. Aurinkovoimala-alueen rakennusoikeus on 5000 k-m<sup>2</sup>. (Lappeenrannan kaupunki, 2024.)

Luonnoksessa energihuollon aluetta ympäröi suojaviheralue ja alueella on tunnistettu myös luontoarvoja. EN-1 alueen sisällä on rajattu alue luo-10 merkinnällä, joka tarkoittaa seuraavaa:

Alue on luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue. Se on alueen osa, jolla sijaitsee luonnonsuojelulailla suojeltujen lajien lisääntymisen ja lepäilyn kannalta tärkeitä kosteikkoja ja avo-ojia. Alueen käyttöä suunniteltaessa ja toteutettaessa on otettava huomioon luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeiden elinympäristöjen, eliölajienesiintymien ja luontokohteiden säilyttämisedellytykset. Numerotunnus viittaa osayleiskaavaselostuksen liitteenä olevan luontoselvityksen kohdeluetteloon. (Lappeenrannan kaupunki, 2024.)

Kuvassa 8 on ote kaavakartta luonnoksesta. (Lappeenrannan kaupunki, 2024.)



**Kuva 8.** Kukkuroinmäen ja Konnunsuon osayleiskaavan kaavakartta luonnoksen osa (Lappeenrannan kaupunki, 2024).

Hausjärven kunta on laatinut vuonna 2023 lainvoiman saaneen Hikiän ja Kirkonkylän osayleiskaavan. Osayleiskaavan tavoitteena oli tutkia Hikiän ja Kirkonkylän alueiden kasvumahdollisuuksia ja tukea kylien kehittymistä. Osayleiskaavan taustaselvityksinä ei laadittu aurinkoenergiaa koskevia selvityksiä. Hikiän ja Kirkonkylän osayleiskaavassa aurinkoenergian tuotanto on huomioitu yleismääräyksissä. Yleismääräyksissä on merkintä energia: M (maa- ja metsätalousvaltainen alue) - ja MT (maatalousalue) – alueille voidaan suunnittelutarveratkaisulla sijoittaa YVA-kynnyksen alittavia aurinkoenergian tuotantolaitoksia. Suunnittelutarveratkaisun tulee perustua riittäviin selvityksiin. Sijoittelussa tulee huomioida alueiden kulttuuriarvot sekä maisema- ja luontoarvot sekä pyrkiä suosimaan arvonsaisia alueita. (Hausjärven kunta, 2023.)

#### 4.6 Aurinkoenergia Pohjanmaalla

Pohjanmaan liitolla on ollut hanke Vihreän siirtymän investointien vauhdittamisesta Pohjanmaalla. Hankkeen tavoitteena oli paikantaa Pohjanmaan alueilla potentiaaliset kohteet vihreän siirtymän teknologiainvestoinneille. Lisäksi pyrittiin löytämään tehokkaita suunnittelukäytäntöjä, jotka edistävät vihreän siirtymän investointihankkeita virtaviivaistaen suunnitteluprosesseja ja lupakäsittelyä. Tavoitteena oli myös edistää viranomaisten välistä vuoropuhelua ja ymmärrystä sekä selventää eri viranomaisten rooleja suunnitteluprosessien ja lupakäsittelyn sujuvoittamiseksi. (Gaia Consulting, 2023.)

Hankkeen loppuraportista selviää, että Pohjanmaalla on hyvät edellytykset vihreän siirtymän laitosinvestointien sijoittamiselle, sillä kaikille analysoiduille teknologioille löytyi sijoituskohteita. Yksi tarkastelluista teknologioista oli 1 MW:n aurinkovoimapuisto. Aurinkosähkön osalta Pohjanmaan todettiin olevan topografialtaan sekä aurinkosäteilyn määrältä aurinkosähkön tuotannon osalta Suomen suosituimpia alueita. Analyysissa pyrittiin löytämään alueita, jotka ovat mahdollisimman lähellä olemassa olevaa tai vireillä olevaa voimajohtoa sekä ovat pinta-alaltaan yli 50 hehtaaria. Analyysin mukaan aurinkosähkön osalta parhaiten soveltuvat alueet ovat Pedersöressä, Mustasaressa, Närpiössä ja Kristiinankaupungissa. (Gaia Consulting, 2023.)

Pohjanmaan liitto on tehnyt Pohjanmaan maakunnan alueelle paikkatietoanalyysin, jonka tavoitteena on tunnistaa laajoja aurinkoenergian tuotantoon soveltuvia alueita. Analyysi keskittyi erityisesti käytöstä poistettujen brownfield-alueiden tunnistamiseen. Paikkatietoanalyysin pohjana käytettiin Maanmittauslaitoksen maastotietokantaa, joka sisälsi muun muassa varastoalueet, vanhat kaatopaikat, louhokset ja lentokenttäalueet. Analyysin alkuvaiheissa tunnistettiin 64 potentiaalista aluetta, joista karsittiin pienemmät kuin 30 hehtaarin alueet ja vielä käytössä olevat varastoalueet sekä tärkeät pohjavesialueet. Maanmittauslaitoksen ilmakuvien ja NOTTO-rekisterin avulla arvioitiin maa-ainestenottoalueiden nykytilaa. (Pohjanmaan liitto, 2022.)

Pohjanmaan liiton tekemän aurinkoenergiaselvityksen perusteella voidaan todeta, että Pohjanmaalla on merkittävä määrä potentiaalista aluetta aurinkoenergian tuotantoon, kun huomioidaan teknistaloudelliset tekijät kuten olemassa olevat sähkönsiirtoverkot ja sähköasemat. Joutomaita ja brownfield-alueita on kuitenkin rajoitetusti, joten on suositeltavaa laajentaa alueanalyysi kattamaan myös muita sekundääriseen käyttöön soveltuvia alueita, kuten tuulivoima-alueita. Lisäksi aurinkoenergian tuotantoalueiden suunnittelussa tulisi huomioida rakennettavuus, infrastruktuurin saavutettavuus ja mahdolliset synergiaedut tuuli- ja aurinkovoimaloiden yhteissijoittamisesta. Näiden hybridipuistojen potentiaali kannattaa selvittää tarkemmin suunnitteluvaiheessa. (Pohjanmaan liitto, 2022.)

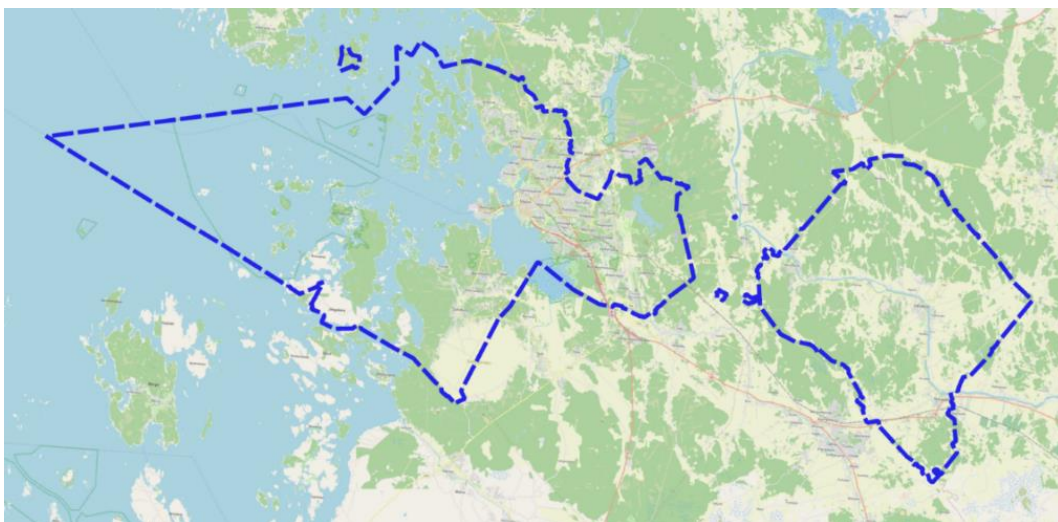
Pohjanmaan maakuntakaavaa 2050 varten on laadittu myös Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050- selvitys, jossa on tarkasteltu energiantuotannon ja järjestelmien kehitysvaihtoehtoja. Selvityksessä todettiin aurinkosähkön olevan valmiusasteeltaan, kustannustasoltaan ja tuotantovaiheen CO<sub>2</sub>-päästötasoltaan maatuulivoiman jälkeen potentiaalisin tulevaisuuden energiantuotantoteknologia. Selvitys myös osoitti, että sähköpaneelien tekninen kehitys ja positiivinen hintakehitys voi muuttaa aurinkoenergian roolia hyvin nopeasti tulevaisuuden energiajärjestelmässä. Maaperustaisten aurinkovoimaloiden kasvua arvioitiin tulevaisuudessa rajoittavan etenkin kilpailu muiden maankäyttömuotojen kanssa, minkä vuoksi aurinkoenergian tuotannon tarkastelu on perusteltua erityisesti maankäyttökysymysten osalta. (Ramboll Finland Oy, 2021.)

Pohjanmaan maakuntakaavassa 2040 on aurinkoenergian osalta yleismääräys: ”Suunniteltaessa laajoja aurinkoenergian tuotantoalueita tulee ne ensisijaisesti sijoittaa tarvittavan infrastruktuurin läheisyyteen. Alueen suunnittelussa on otettava huomioon asumiseen, virkistykseen ja alkutuotantoon sekä maisema-, kulttuuriympäristö- ja luontoarvoihin kohdistuvat vaikutukset.” (Pohjanmaan liitto, 2022.)

#### 4.7 Vaasan yleiskaava 2040

Vaasassa on meneillään yleiskaavan laatimistyö. Työ tuli vireille 2023, kun käynnistettiin suunnittelun perustan selvittäminen ja tarvittavien tutkimusten tekeminen. Taustaselvitysten on tarkoitus valmistua vuoden 2024 aikana. Tavoitteena on saattaa kaavaluonnos nähtäville vuonna 2025. Kaavaehdotus esitellään julkisesti, kun kaavaluonnosta ja siitä saatua palautetta on käsitelty ja muokattu suunnitelmaksi, mikä tapahtuu tavoitteen mukaan vuoden 2026 aikana. (Vaasan kaupunki, 2023.)

Vaasassa on voimassa tai osittain voimassa tällä hetkellä 14 yleiskaavaa. Uusin yleiskaavoista on Vaskiluodon osayleiskaava vuodelta 2022, ja vanhimmat yleiskaavat ovat 1980-luvulta. Haasteena monessa erillisessä yleiskaavassa on niiden suuri määrä sekä suhteellisen pienet kaava-alueet. Osayleiskaavojen kautta on haastavaa tutkia ja käsitellä laajempia, esimerkiksi verkostollisia kysymyksiä. Tulevassa yleiskaavassa onkin tarkoituksena tutkia ja kehittää kokonaisuutena, miten esimerkiksi asuminen, liikenne, palvelut ja virkistysmahdollisuudet jakautuvat Vaasan eri osa-alueiden välillä. Kuvassa 9 on havainnollistettu tulevan yleiskaavan suunnittelualueet. (Vaasan kaupunki, 2023.)



**Kuva 9.** Vaasan yleiskaavan 2040 suunnittelualueet (Vaasan kaupunki, 2023).

Vaasan yleiskaava 2040 on tarkoitus laatia oikeusvaikutteisena aluevarauskaavana sekä strategisena yleiskaavana, joka koskee koko kuntaa. Strategisen yleiskaavan tehtävä on toteuttaa ja edistää kaupungin strategisten tavoitteiden ja kestävän kehityksen mukaista yhdyskuntarakennetta. Yleiskaava tulee olemaan yleispiirteinen suunnitelma, jonka keskiössä on toimintojen yhteensovittaminen ja jako eri-kaupunginosien kesken. (Vaasan kaupunki, 2023.)

Yleiskaavan päätavoitteena on kehittää Vaasaa neljällä pääteemalla, joita ovat kestävän energian pääkaupunki, energinen ja vetovoimainen kaupunki, 15 minuutin kaupunki sekä merellinen kaupunki. Jokaiseen päätavoitteeseen liittyy lyhyt visio sekä lista tavoitteita, miten yleiskaavalla tulee edistää vision toteutumista. Visioissa mainitaan aurinkoenergian osalta esimerkiksi, että yleiskaavassa varataan riittävästi tilaa vähähiilisten energiantuotannon investointeihin sekä edistetään vihreää siirtymää. (Vaasan kaupunki, 2023.)

Tämä opinnäytetyö on yksi yleiskaavaa varten laadittavista taustaselvityksistä ja sen tavoitteena on tuottaa taustatietoa kaavaan laadinnan pohjaksi. Kaavan laadinnassa pyritään huomioimaan aurinkoenergian sekä muiden kestävien energiamuotojen lisäämisen mahdollisuudet ja näin ollen edistää muun muassa kaupungin hiilineutraaliustavoitetta sekä kaavan päätavoitteita. Vaasan aurinkoenergian potentiaalin määrittely perustuu aiemmin muun muassa maakuntakaavaa varten tehtyihin selvityksiin ja yleiskaavaa varten tulisikin harkita paikkatietotarkastelun tekemistä kartoittamaan mahdollisesti potentiaalisista aurinkovoimala-alueita.



## 5 AURINKOENERGIAN ERITYISKYSYMYKSET ERI MAANKÄYTÖN MUODOILLA

### 5.1 Menetelmä ja toteutus

Aurinkoenergian hyödyntämisen mahdollisuuksia eri maankäytön muodoilla tutkittiin kirjallisuuskatsauksen avulla. Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on tarkastella erilaisia aiheeseen liittyviä tutkimuksia ja koostaa niistä yhteenveto. Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin kuvailevaa kirjallisuuskatsausta, joka on yleisin kirjallisuuskatsausten tyypeistä. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus tarjoaa mahdollisuuden laaja-alaiseen katsaukseen ilman tiukkoja ja tarkkoja sääntöjä. Käytetyt lähteet voivat olla monipuolisempia ja tutkimuskysymykset väljempiä verrattuna muihin kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin. (Salminen, 2011.)

Kirjallisuuskatsauksen kirjallisuushaku suoritettiin maaliskuu- huhtikuussa 2024. Aineistoa ja alkuperäistutkimuksia etsittiin Finna- ja Google Scholar -tietokannoista vuosien 2010–2024 väliltä. Lähdeaineiston valinnassa sovellettiin sisäänotto- ja poissulkukriteerejä. Aineiston sisäänottokriteereinä olivat seuraavat: Julkaisu on suomen- tai englanninkielinen, julkaisu käsittelee hakusanoja vastaavaa aineistoa, julkaisusta on saatavana koko teksti ilman lisäkustannuksia sekä julkaisu on aikaväliltä 2010 – 2024. Poissulkukriteereitä olivat: Julkaisu on muun kuin suomen- tai englanninkielinen, julkaisu ei vastaa hakusanoja, julkaisusta ei ole koko tekstiä saatavilla, julkaisu on yli 14 vuotta vanha. Hakusanoja muokattiin kunkin maankäyttömuodon mukaan. Hakusanoina olivat muun muassa ”solar power urban planning”, ”solar power industrial site”, ”photovoltaics industrial area”, ”floating photovoltaics systems”, ”agricultural photovoltaics systems” ja ”photovoltaics road”. Aineistohaku suoritettiin useilla kerroilla hakusanoja vaihdellen, jotta pystyttiin löytämään sopivimmat artikkelit kirjallisuuskatsausta varten. Otsikkotasolla sopivista julkaisuista luettiin tiivistelmät ja arvioitiin soveltuvuus tähän tutkimukseen. Kir-

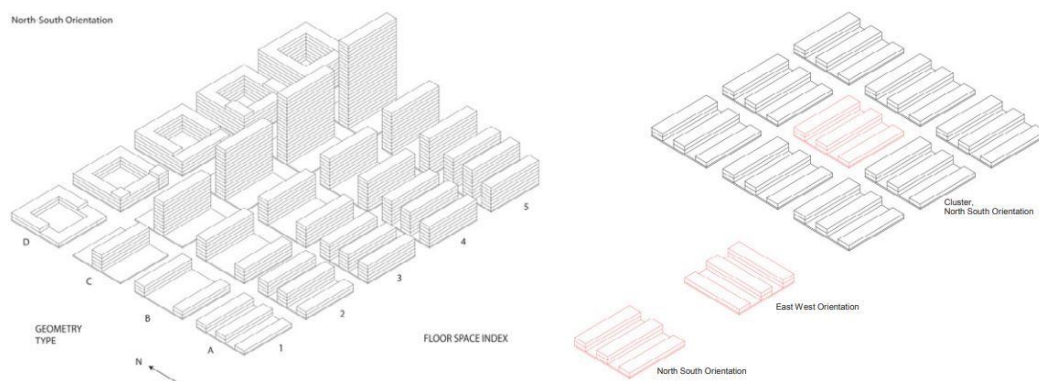
jallisuuskatsaukseen valittiin mahdollisimman monipuoliset ja hyödylliset artikkelit maankäytön näkökulmasta tarkasteltuna. Lopulliseksi lähdeaineistoksi valikoitui 11 englanninkielistä tieteellistä tutkimusta.

Jokaisesta tieteellisestä artikkelista laadittiin tiivistelmät, jotka koostuivat kahdesta kappaleesta. Ensimmäisessä kappaleessa kerrottiin millainen tutkimus oli tehty, mitä oli tutkittu ja miten tutkimus oli toteutettu. Olennaista oli myös tarjota lukijalle kuvaus siitä, miten tutkimus oli rakennettu ja mikä sen tavoitteena oli. Toisessa kappaleessa keskityttiin tutkimusten tulosten esittelyyn. Tässä kappaleessa kuvattiin, mitä havaintoja tai tuloksia tutkimus oli tuottanut. Tarkoituksena oli myös tarjota lukijalle selkeä yhteenveto siitä, mitä kyseinen tutkimus oli saavuttanut ja millaisia johtopäätöksiä siitä voitiin tehdä.

## **5.2 Urbaani tiivis kaupunkiympäristö**

### **Esimerkki 1.**

Vuonna 2012 tehdyssä tutkimuksessa "Evaluation of Energy Supply and Demand in Solar Neighborhoods" keskityttiin arvioimaan aurinkoenergian tarjontaa ja kysyntää erilaisissa kaupunkiympäristöissä. Tutkimuksessa käytettiin parametrissa tutkimusmallia, jossa analysoitiin neljää erilaista kaupunkikorttelityyppiä, niiden tiheyksiä ja niiden energian tuotanto- ja kulutuspotentiaalia. Tutkimuksessa käytettiin Ecotect-simulointiohjelmaa ja tutkittiin neljää erilaista urbaania korttelia eri tiheyksillä (FSI/Plot Ratio 1–5) sekä eri suuntaisuuksilla (pohjois-etelä ja itä-länsi). Analyysiohjelma mittasi aurinkosäteilyn määrää rakennusten julkisivuilla Lundin kaupungissa Ruotsissa. Tutkimuksessa tarkasteltiin, miten eri korttelien massoitelu ja suuntaaminen vaikuttivat aurinkoenergian saatavuuteen ja hyödyntämiseen. Kuvassa 10 on esitetty tutkimuksessa vertailtujen rakennusmassojen sijoittelutyyppit. (Kanters & Horvat, 2012.)



**Kuva 10.** Kuvaus tutkimuksessa käytetyistä korttelien typologioista (Kanters & Horvat, 2012).

Tulokset osoittavat, että korttelien geometrinen muoto ja sijoittelu vaikuttavat merkittävästi aurinkoenergian tuotantopotentiaaliin. Joissakin tapauksissa geometrian muoto voi kaksinkertaistaa saatavilla olevan aurinkoenergian määrän. Kun korttelit sijoitettiin tiheästi rakennettuihin ympäristöihin, aurinkoenergian panos väheni 10–75 % riippuen korttelin sijainnista ja tiheydestä. Tutkimuksessa todettiin kuvassa 10 esitellyn A muotoisten rakennusmassojen olevan aurinkoenergiapotentiaailta parhaiten soveltuva kaupunkiympäristöön. Talojen suuntauksissa etelä-pohjoissuuntainen rakennuksen sijoittelu todettiin parhaimmaksi. Tutkimuksessa korostettiin, että kaupunkisuunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon aurinkoenergian integroiminen varhaisessa suunnitteluvaiheessa. Tällä tavoin voidaan kehittää esteettisesti miellyttäviä ja energiatehokkaita ratkaisuja, jotka maksimoivat paikallisesti tuotetun uusiutuvan energian. Aurinkoenergian huomioiminen tiiviissä kaupunkiympäristössä on monimutkainen prosessi, jonka on otettava huomioon monien tekijöiden ja muuttujien välinen vuorovaikutus. (Kanters & Horvat, 2012.)

### **Esimerkki 2.**

Vuonna 2019 Euroopassa tehdyssä tutkimuksessa "A cross-country perspective on solar energy in urban planning: Lessons learned from international case studies"

tarkasteltiin aurinkoenergian integrointia kaupunkisuunnitteluun 34 kansainvälisen tapaustutkimuksen kautta. Tutkimukset tehtiin 10 maassa. Tutkittavissa maissa olivat mukana muun muassa Norja ja Ruotsi, ja tutkijat olivat pääosin Norjasta, Ruotsista ja Italiasta. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia aurinkoenergiajärjestelmien käyttöönottoon liittyviä haasteita, esteitä ja mahdollisuuksia ottaen huomioon tekniset ja ei-tekniset näkökohdat. Analyysi jakautui kolmeen kategoriaan: olemassa olevat kaupunkialueet, uudet kaupunkialueet ja aurinkomaisemat, keskittyen aurinkoenergiastrategioiden hyväksymiseen, aurinkoenergian tuotannon arviointiin ja arkkitehtoniseen laatuun. (Lobaccaro ja muut, 2019.)

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että onnistuneessa aurinkoenergian integroinnissa kaupunkisuunnitteluun tulee yhdistää monialainen lähestymistapa ja välttää yleisiä virheitä, kuten puutteellista osapuolten osallistumista tai teknisen potentiaalın aliarviointia. Erityisesti havaittiin, että aurinkoenergian strateginen hyödyntäminen vaatii tietoisuutta kaupunkialueiden erityispiirteistä ja niiden mahdollisista vaikutuksista aurinkoenergian tuotantoon. Esimerkiksi aurinkosäteilyn, päivänvalon saatavuuden ja arkkitehtonisten ratkaisujen yhteensovittaminen vaikuttavat merkittävästi aurinkoenergiajärjestelmien tehokkuuteen ja estetiikkaan. Tutkimus korosti myös, kuinka kriittistä aurinkoenergiastrategioiden varhainen integrointi on suunnitteluprosessissa, jotta voidaan maksimoida energian tuotto ja minimoida visuaalinen häiritsevyys kaupunkiympäristössä. (Lobaccaro ja muut, 2019.)

### **5.3 Väljä pientaloasuminen**

#### **Esimerkki 1.**

Vuonna 2012 laadittu tutkimus "Evaluation of Energy Supply and Demand in Solar Neighborhood" keskittyi arvioimaan aurinkoenergian tuotantoa ja energiankulutusta asuinalueilla, joilla on integroituja aurinkoenergiaratkaisuja. Tutkimuksessa keskityttiin aurinkoenergian käytön potentiaalın arviointiin asuinalueilla sekä lämmitys- ja jäähdytysenergiankulutuksen analysointiin. Tutkimuksessa tarkasteltiin

120 m<sup>2</sup> kahden kerroksen omakotitaloasuntojen muotoja, tiheyttä naapurustossa sekä tonttien asettelua pohjoisen keskilatitudin ilmastossa. Simulaatioiden avulla vertailtiin erilaisten asuntojen massojen muotoja ja niiden sijoittelua naapurustossa perinteisiin suorakaiteen muotoisiin kortteleihin ja suorien teiden varrella olevien rakennusten sijoitteluun. Tutkimuksessa keskityttiin myös energiatehokkuuden yhdistämiseen aktiivisen energiantuotannon tekniikoihin, kuten aurinkokennoihin ja aurinkokeräimiin, nettonollaenergiatalojen suunnittelussa. Tutkimuksessa käsiteltiin erilaisia energiansäästötoimenpiteitä, kuten rakennusvaipan ilmatiiviyttä ja eristystä, lämpöpumppujen käyttöä sekä aurinkoenergian passiivista hyödyntämistä lämmityksessä ja päivänvalon maksimoinnissa. Lisäksi tutkimuksessa arvioitiin aurinkoenergian keräämisen tehokkuutta eri kattopintojen suuntausten ja kulmien perusteella sekä niiden vaikutusta sähkön ja lämmön tuotantoon. (Hachem ja muut, 2012.)

Tulokset osoittivat, että aurinkoenergian hyödyntäminen passiiviseen lämmitykseen voi vähentää merkittävästi ostettua lämmitysenergiaa. Lisäksi integroidut aurinkopaneelijärjestelmät voivat potentiaalisesti kattaa suuren osan asuinrakennusten kokonaisenergiatarpeesta. Tulokset osoittivat myös, että aurinkopaneelijärjestelmien integrointi rakennuksiin voi lisätä merkittävästi sähköntuotantoa tietyillä muoto- ja tonttikonfiguraatioilla. Esimerkiksi L- muotoiset rakennukset mahdollistavat katon pinta-alan optimoinnin annetulle kerrosalalle. Lisäksi havaittiin, että yksiköiden tiheys tontilla vaikutti merkittävästi niiden jäähdytys- ja lämmitystarpeisiin. Tutkimus tarjoaa arvokasta tietoa aurinkoenergian hyödyntämisen mahdollisuuksista asuinalueiden energiantarpeen tyydyttämisessä ja energiatehokkaan suunnittelun periaatteista. Lisäksi se korostaa erilaisten asuntojen geometrisen muodon ja niiden sijoittelun vaikutusta energiankulutukseen ja -tuotantoon. (Hachem ja muut, 2012.)

## **Esimerkki 2.**

Vuonna 2023 tehdyssä tutkimuksessa "Solar neighborhoods: the impact of urban layout on a large-scale solar strategies application" tarkasteltiin kaupunkien asuinalueiden suunnittelun vaikutusta aurinkoenergian strategioiden käyttöönottoon. Tutkimus keskittyi erilaisten asuinalueiden rakenteen ja katujen asettelun vaikutukseen energiatehokkuuteen ja aurinkoenergian tuotantoon. Menetelmänä käytettiin kolmivaiheista monialueista työnkulkua, joka sisälsi energiatehokkuustoimenpiteiden implementoinnin, korkean suorituskyvyn rakennuskuoren käytön ja aurinkostrategioiden yhdistämisen materiaalien optimoinnin kanssa saavuttaakseen nettonollatilan. (Singh ja muut, 2023.)

Tutkimuksen tulokset paljastivat, että rakennusten ulkovaipan muutokset johtivat merkittäviin energiansäästöihin, jopa 60 prosenttiin. Tulokset osoittivat lisäksi, että optimaalinen aurinkostrategioiden yhdistelmä vaihteli suuresti riippuen asuinalueen rakenteesta, kuten katujen asettelusta ja rakennusten tyypistä. Tutkimuksessa havaittiin, että perinteisesti suunniteltu katuverkosto, jossa on suorat ja optimaalisesti suunnatut kadut, olivat tehokkaimpia aurinkoenergian hyödyntämisessä. Säteittäinen katujen asettelu tuotti myös lupaavia tuloksia. Sen sijaan umpikujat ja kaarevat kadut osoittautuivat vähemmän tehokkaiksi aurinkoenergian kannalta. Erityisesti pientaloalueilla tulisi ottaa huomioon useita tekijöitä rakennusten sijoittelussa. On tärkeää sijoittaa rakennukset optimaalisesti suhteessa auringonvaloon ja huomioida rakennusten keskinäinen varjostus, tiheys sekä katuverkoston suunnittelu, jotka kaikki vaikuttavat aurinkoenergian hyödyntämiseen. Tutkimus korosti, kuinka tärkeää on ottaa huomioon nämä tekijät asuinalueiden suunnittelussa, jotta voidaan saavuttaa energiatehokkuus ja pyrkiä kohti nettonollaenergiatilaa. (Singh ja muut, 2023.)

## 5.4 Maa- ja metsätalous alueet

### Esimerkki 1.

Vuonna 2021 tehty tutkimus "Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics" selvitti agrivoltaisten järjestelmien, eli yhteiskäyttöisten aurinkoenergia- ja maatalousalueiden, mahdollisuuksia ja haasteita. Tutkimuksessa haastateltiin aurinkoenergiateollisuuden ammattilaisia, joiden näkemyksiä analysoitiin tavoitteena löytää käsityksiä markkinoiden hyväksynnästä, yhteisön asenteista ja sosiaalipolitiikasta liittyen maatalouden ja aurinkoenergian yhdistämiseen. Tutkimusmetodinä käytettiin laadullista haastattelua, jossa haastateltavien vastaukset koottiin induktiivisella koodausmenetelmällä ilman ennalta määriteltyä teoreettista viitekehystä. (Pascaris ja muut, 2021.)

Tulokset paljastivat, että maatalouden ja aurinkoenergian yhdistämisellä on merkittävä potentiaali lisätä yhteisön hyväksyntää aurinkoenergian hankkeille, erityisesti alueilla, joissa maankäyttö kilpailee maatalouden ja energiantuotannon välillä. Maatalouden ja aurinkoenergian yhdistäminen voivat tukea maatalouden säilymistä, mikä lisää paikallisen yhteisön tukea aurinkoenergiahankkeille. Tutkimus korosti, että yhdistelmähankeet edellyttävät markkinoiden, yhteisön ja sosiaalipolitiikan välisten vuorovaikutusten ymmärtämistä ja huomioimista, jotta ne voivat menestyä ja laajentaa aurinkoenergian käyttöä. Tuloksissa myös tunnistetaan, että maatalouden ja aurinkoenergian yhdistävät hankkeet tarjoavat innovatiivisen mahdollisuuden säilyttää maan maatalouskäyttöä samalla kun lisätään aurinkoenergian tuotantokapasiteettia. Tämä antaa sekä kehittäjille että päättäjille syyn pohtia maankäyttömuotojen yhdistämistä. (Pascaris ja muut, 2021.)

### Esimerkki 2.

Vuonna 2021 tehty tutkimus "Economic Implications of Agricultural Land Conversion to Solar Power Production" tutki maatalousmaan muuttamisen taloudellisia

vaikutuksia aurinkovoiman tuotantoon. Tutkimuksessa mallinnettiin maanviljelijöiden päätöstä muuttaa maankäyttöä maataloudesta aurinkovoimatuotantoon rajoitetun voiton maksimointiongelmana, joka huomioi maan määrän, tuotantokustannukset ja maankäytön vaihtoehdot. Tutkimus sisälsi myös yhteiskunnallisen hyvinvoinnin maksimointiongelman, joka ottaa huomioon ekologiset ja esteettiset arvot kilpailevissa maankäyttömuodoissa. (Farja ja muut, 2021.)

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että maanomistajat todennäköisesti valitsevat aurinkovoiman tuotannon maallaan, ellei maataloustuotanto tuota epätavallisen korkeaa nettotuloa. Lisäksi ei-markkina-arvoisten palveluiden, kuten maatalousmaan tarjoamien ekosysteemipalveluiden, huomioon ottaminen ei muuta tätä tulosta. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen huomioiminen lisää yhteiskunnallista hyvinvointia aurinkovoimakentistä. Tutkimus tukee ajatusta, että aurinkovoimaloiden sijoittaminen maatalousmaalle voi olla taloudellisesti järkevää ja yhteiskunnallisesti hyödyllistä, erityisesti kun otetaan huomioon aurinkovoiman tuotannon ja maatalouden väliset synergiaedut. (Farja ja muut, 2021.)

## **5.5 Teollisuusalueet**

### **Esimerkki 1.**

Vuonna 2015 tehdyssä tutkimuksessa "A Study on leasing space to install solar power systems Economic Evaluation" keskityttiin aurinkoenergiajärjestelmien taloudellisen kannattavuuden arviointiin, jossa aurinkopaneeleita asennettiin teollisuuskiinteistöjen, kuten tehtaiden ja logistiikkakeskusten kattoihin. Tutkimusmenetelminä käytettiin simulointia ja erilaisia taloudellisia analyysityökaluja, jotta voitiin arvioida aurinkoenergiajärjestelmien taloudellista toteutettavuutta näissä vuokratiloissa. Tutkimuksen aikana tarkasteltiin aurinkoenergiajärjestelmien rakennuskustannuksia, käyttökustannuksia ja niiden vaikutuksia energian tuotantoon. (Mi-Ja ja muut, 2015.)

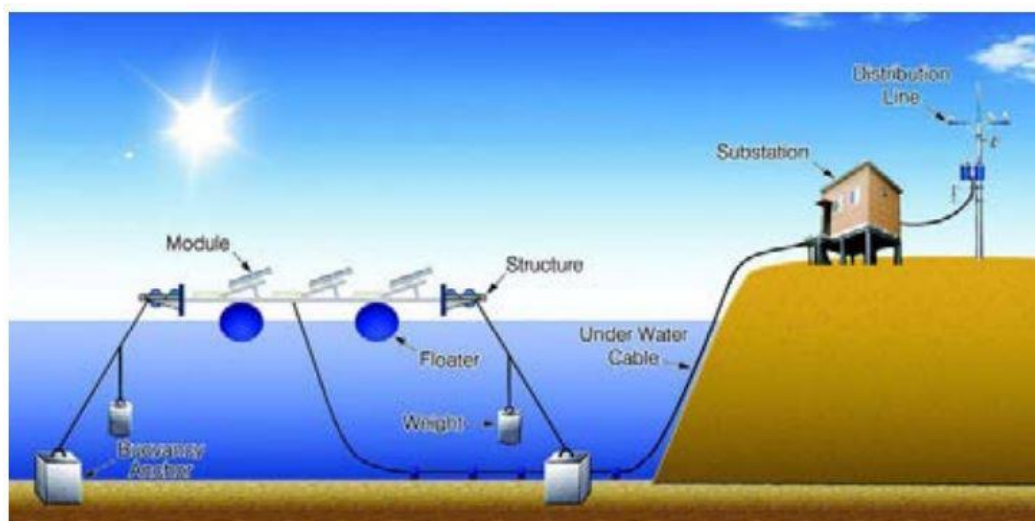


Tutkimuksen tulokset osoittivat, että aurinkoenergiajärjestelmien asentaminen teollisuusalueiden vuokrattuihin tiloihin voi olla taloudellisesti kannattavaa. Analyysi paljasti, että huolimatta alkuperäisistä investoinneista, järjestelmien pitkän aikavälin tuotot olivat myönteisiä, kun otettiin huomioon energiantuotannon kasvu ja operatiivisten kustannusten väheneminen. Johtopäätöksenä tutkimus suositteli aurinkoenergiajärjestelmien laajempaa käyttöönottoa teollisuusalueilla, erityisesti vuokrattuihin tiloihin asennettuna, koska se tarjoaa kestävänsä tavan vähentää energiakustannuksia ja parantaa ympäristön kestävyttä. (Mi-Ja ja muut, 2015.)

## **5.6 Vesialueet**

### **Esimerkki 1.**

Vuonna 2017 tehty tutkimus "A Review on Floating Solar Photovoltaic Power Plants" käsitteli kelluvien aurinkovoimaloiden kehitystä ja niiden merkitystä uusiutuvan energian tuotannossa. Tutkimus esitteli, miten kelluvat aurinkovoimalat ovat innovatiivinen ratkaisu maapohjaisen tilan puutteeseen ja kuinka ne auttavat vähentämään veden haihtumista ja parantamaan paneelien tehokkuutta viilentämällä niitä. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös erilaisia kelluvia rakenteita ja asennustekniikoita eri maissa, arvioiden niiden taloudellisia ja ympäristöllisiä vaikutuksia. Kuvassa 11 on havainnollistettu kelluvien aurinkovoimaloiden pääperiaate. (Patil Sujay ja muut, 2017.)



**Kuva 11.** Kelluvan aurinkovoimalan yleispiirteinen suunnitelma (Patil Sujay ja muut, 2017).

Tutkimustulokset osoittavat, että kelluvat aurinkovoimalat tarjoavat useita etuja verrattuna perinteisiin maapohjaisiin järjestelmiin. Ne eivät ainoastaan säästä maata, vaan myös vähentävät veden haihtumista ja alentavat paneelien lämpötilaa, mikä lisää niiden tehokkuutta. Kelluvat voimalat osoittautuivat erityisen hyödyllisiksi alueilla, joilla maa on kallista tai rajoitetusti saatavilla. Lisäksi tutkimus korostaa, että kelluvilla aurinkovoimaloilla on potentiaalia laajentua globaalisti, tarjoten kestävä ratkaisun energiantuotannon haasteisiin. (Patil Sujay ja muut, 2017.)

### **Esimerkki 2.**

Vuonna 2021 tehty tutkimus "Challenges and opportunities towards the development of floating photovoltaic systems" keskittyi kelluvien aurinkovoimaloiden (FPV) kehittämiseen. Tutkimus tarkasteli FPV-järjestelmien suunnittelua, rakennetta, aurinkovoimateknologioita, suorituskyvyn mallinnusta ja taloudellista arviointia. Siinä käsiteltiin myös kelluvien aurinkovoimaloiden eri teknologisia moduuleja, niiden suorituskykyä vesistöjen ilmastossa sekä niiden taloudellista ja ympäristöllistä vaikutusta. (Kumar ja muut, 2021.)

Tutkimuksen tulokset korostivat kelluvien aurinkovoimaloiden potentiaalia sekä niiden haasteita ja mahdollisuuksia. FPV-järjestelmät voivat vähentää veden haihtumista ja tarjota taloudellisesti kilpailukykyisen vaihtoehdon energiantuotantoon maankäyttöä säästäen. Tulokset osoittivat myös, että FPV-teknologia on kehittyvässä nopeasti ja laajentumassa maailmanlaajuisesti. Tutkimus painottaa kuitenkin, että FPV-järjestelmien kestävä kehitys vaatii jatkuvaa teknistä innovaatiota ja taloudellisten sekä ympäristöllisten vaikutusten huolellista arviointia. (Kumar ja muut, 2021.)

## 5.7 Tiealueet

### Esimerkki 1.

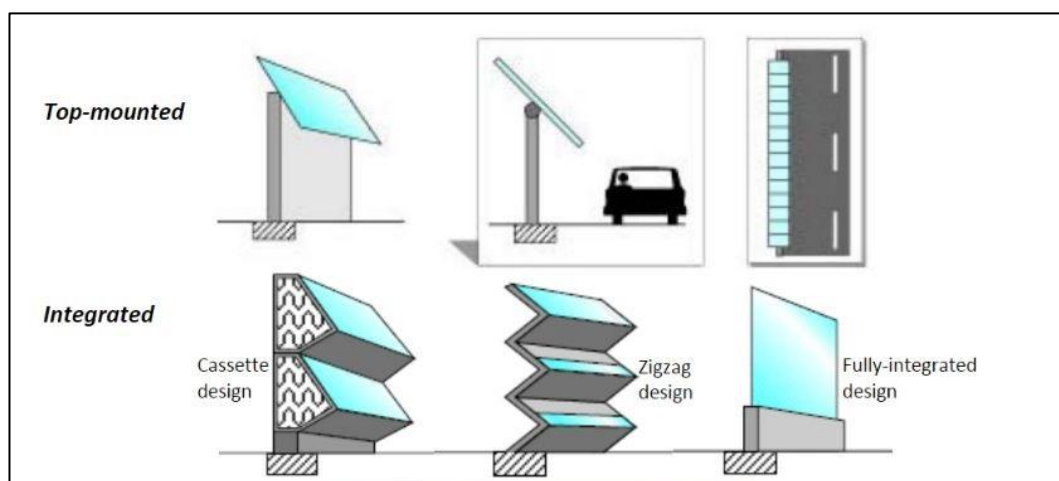
Vuonna 2021 on tehty tutkimus "Solar pavements: A critical review" tarkasteli aurinkokadut-teknologiaa. Tämä teknologia on yksi uusimmista lähestymistavoista uusiutuvan energian hyödyntämiseksi tieinfrastruktuurissa. Aurinkokaduilla käytetään aurinkopaneelipintaista päällystettä tien pinnassa. Tutkimuksessa tarkasteltiin aurinkokadujen toimintaperiaatteita, niiden rakenteellisia ominaisuuksia ja kustannustehokkuutta erilaisten aurinkokadujärjestelmien kautta. Tämä kattava kirjallisuuskatsaus esitteli erilaisia aurinkokadujen rakenteita ja niiden vahvuuksia sekä heikkouksia. Siinä esitettiin tapaustutkimus olemassa olevasta tiestä Italiassa, jossa vertaillaan neljän erityyppisen aurinkokaturakenteen potentiaalia sähkön tuotannon ja kustannustehokkuuden näkökulmasta. (Hu ja muut, 2021.)

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että aurinkokadut voivat tarjota merkittäviä etuja, kuten energian tuotantoa, ympäristön lämpötilan alentamista ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Siitä huolimatta aurinkokadut eivät ole vielä taloudellisesti kannattavia niiden korkeiden alkukustannusten ja käytännön toteutuksen haasteiden vuoksi. Tutkimus korosti, että aurinkokadujen teknologian kehitys on vielä alkuvaiheessa, ja monia teknisiä ja taloudellisia esteitä on vielä ratkaistava ennen kuin aurinkokadut voivat olla laajalti käytössä. Erityisesti korostettiin

tarvetta kehittää kestävämpiä ja kustannustehokkaampia materiaaleja ja rakenteita, jotka kestävät liikenteen kuormituksen ja ympäristön vaikutukset. (Hu ja muut, 2021.)

### **Esimerkki 2.**

Vuonna 2017 tehdyssä tutkimuksessa "Highway Renewable Energy: Photovoltaic Noise Barriers" tarkasteltiin aurinkoenergialla toimivien meluaitojen (PVNBs) hyödyntämistä valtateillä yhdistämällä melunvaimennus ja uusiutuvan energian tuotanto. Tutkimus perustui kirjallisuuskatsaukseen ja haastatteluihin, joissa on selvitetty PVNBs-järjestelmien teknisiä, turvallisuuteen liittyviä ja taloudellisia näkökohtia. Tutkimuksessa käsitellään myös PVNBs-järjestelmien suunnittelua, toiminnallisuutta ja niiden vaikutuksia melun vähentämisessä. Tutkimuksessa esiteltiin myös aurinkoenergiameluvallien tyypit ja rakenteet sekä esiteltiin 12 maan aurinkoenergiameluvallia, niiden toteutusta ja kokemuksia. Kuvassa 12 on havainnollistettu erilaisia aurinkoenergiameluvallia. Tutkimuksen tekohetkellä Saksassa oli eniten aurinkopaneelien ja meluvallien yhdistelmiä, yhteensä 18 kohdetta, joista varhaisin oli rakennettu 1992. Saksassa oleva aurinkomeluvalli on esitetty kuvassa 13. (Poe ja muut, 2017.)



**Kuva 12.** Erilaisia aurinkopaneelien ja melusteiden yhdistelmiä (Poe ja muut, 2017).

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että aurinkoenergialla toimivat meluaidat tarjoavat tehokkaan tavan tuottaa uusiutuvaa energiaa samalla kun ne vähentävät liikenteen aiheuttamaa melua. PVNB-meluaidat ovat käytössä useissa maissa ja niiden on dokumentoitu tuottavan energiaa ilman, että se vaarantaa niiden kykyä vähentää melua. Taloudellinen kannattavuus riippuu usein saatavilla olevista tukimuodoista tai muista kannustimista, jotka edistävät uusiutuvan energian markkinoita. (Poe ja muut, 2017.)



**Kuva 13.** Saksassa sijaitseva aurinkoenergiameluvalli (Netzker, n.d.).

## 6 HAASTATTELUTUTKIMUS

### 6.1 Menetelmä ja toteutus

Teemahaastattelu kuuluu puolistrukturoitujen haastattelumenetelmien joukkoon. Siinä kysymykset eivät ole tarkasti määriteltyjä, vaan keskittyvät tiettyihin keskeisiin teemoihin. Tämä menetelmä ottaa huomioon sen, että haastattelun osallistujien tulkinnoilla ja merkityksillä on merkittävä rooli. Teemahaastattelussa merkitykset muotoutuvat vuorovaikutuksessa. (Hirsjärvi & Hurme, 2015.)

Haastattelututkimuksen toteutustavaksi valittiin teemahaastattelu, koska se mahdollistaa haastateltavien erilaisten asiantuntemusten huomioon ottamisen haastattelun aikana. Jokaisen haastateltavan kanssa pyrittiin tunnistamaan kunkin erityisasiantuntemukseen liittyviä näkökulmia, painotuksia ja aihepiirejä, joihin haastatteluissa erityisesti keskityttiin. Vaikka kaikille haastateltaville esitetyt kysymykset olivat samat, niiden avoin luonne mahdollisti jokaisen vastaavan omista lähtökohdistaan ja näkökulmistaan.

Haastattelun teemat suunniteltiin siten, että tutkimuskysymyksiä lähestyttiin aluksi yleiseltä tasolta ja siirryttiin sitten vähitellen syvemmälle aiheeseen. Teemojen muodostamisessa otettiin huomioon aihepiirit, jotka koettiin kirjallisuuskatsauksen perusteella tärkeiksi. Jokaiseen teemaan suunniteltiin ennakkoon apukysymyksiä, joiden avulla varmistettiin keskustelun luonnollinen eteneminen ja monipuolinen näkökulma. Teemat ja apukysymykset tarkistettiin etukäteen opinnäytetyön ohjaajien toimesta.

Haastatteluteemoiksi muodostuivat:

- aurinkovoima yleisesti,
- aurinkovoiman sijoittelu rakennetussa ympäristössä,
- aurinkovoiman ympäristövaikutukset,
- aurinkovoima kaavoituksessa sekä
- aurinkovoiman tulevaisuus.

Haastattelututkimuksen kohdehenkilöiksi valittiin teollisen aurinkovoima-alan keskeisessä roolissa toimivia asiantuntijoita, jotka edustivat erityyppisiä organisaatioita ja erilaisia asiantuntijarooleja. Teollisen aurinkovoiman tuotantoa on Suomessa ollut vasta lyhyen aikaa, joten pitkän kokemuksen omaavia asiantuntijoita ei vielä ole. Haastattelut sovittiin sähköpostitse, jossa haastateltaville kerrottiin tutkimusaiheesta ja kysyttiin mahdollisuutta osallistua haastatteluun. Haastattelussa haastateltavan kanssa keskusteltiin tutkimusaiheesta ennalta suunniteltujen teemojen kautta. Haastatteluteemat ja apukysymykset lähetettiin haastateltaville tiedoksi sähköpostitse vähintään viikko ennen haastattelua. Haastateltavilta pyydettiin lupa käyttää henkilötietoja opinnäytetyössä. Haastattelututkimukseen osallistuneiden tiedot löytyvät alla olevasta taulukosta 1.

**Taulukko 1.** Tiedot haastatteluista asiantuntijoista.

Nimi	Annamari Kauhanen	Jussi Telaranta	Ari Soinen	Sanna Andersson	Lauri Vierto
Tehtävänimike	Yleiskaava-insinööri	Ylitarkastaja	Kehitysryhmäpäällikkö ja toimitusjohtaja	Ympäristöneuvos	Tiiminvetäjä
Organisaatio	Lappeenrannan kaupunki	Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus	EPV Aurinkovoima Oy	Ympäristöministeriö	Ilmatar energia Oy
Koulutus	Kiinteistö-talouden maisteri	Hallintotieteiden- ja filosofian maisteri	Diplomi-insinööri	AMK, BA Pg Cert MA (kaupunkisuunnittelu)	Filosofian ja kauppatieteiden maisteri
Ammatillinen työkokemus	9 v	10 v	23 v	24 v	10 v
Kokemus aurinkovoimasta	2 v	1 v	8 v	4 v	2 v

Haastattelut toteutettiin helmikuussa 2024 videoneuvotteluina. Haastattelut dokumentoitiin nauhoittamalla, minkä jälkeen tallennettu ääniraita muutettiin tekstiksi Microsoft Word -ohjelman litterointi toiminnolla. Seuraavaksi automaattisen litteroinnin laatu tarkistettiin kuuntelemalla haastattelut uudelleen ja vertaamalla nauhoitusta litteroituun aineistoon. Litterointiaineistosta myös poistettiin täytesanat sekä sujuvoitettiin tekstiä. Tarkastuksen jälkeen alkuperäiset nauhoitukset

poistettiin. Haastatteluaineiston keskeisimmät tulokset sekä huomionarvoiset nostot poimittiin sisällönanalyysin avulla.

## 6.2 Aurinkovoima yleisesti

Ensimmäisenä teemana oli aurinkovoima yleisesti. Haastattelu aloitettiin kysymällä, millaisena haastateltava näkee aurinkovoiman maineen Suomessa. Haastateltavat arvioivat aurinkovoiman maineen yleisesti hyväksi ja se koettiin myönteisenä verrattuna muihin energiantuotantomuotoihin. Haastateltavat vertasivat aurinkovoiman mainetta useasti maatuulivoimaan, ja aurinkovoiman maine nähtiin huomattavasti parempana kuin tuulivoiman, sillä aurinkovoima koetaan vähemmän häiritsevänä ja sen vaikutukset ympäristöön vähäisempinä esimerkiksi melun ja maisemavaikutusten osalta. Suuret aurinkovoimahankkeet herättävät kuitenkin huomiota asukkaissa, mutta nekin nähdään pääasiassa maineeltaan positiivisina. Aurinkovoiman käytössä todettiin olevan vielä kysymyksiä ja epäilyjä käytännön toteutuksen suhteen, minkä todettiin mahdollisesti vaikuttavan maineeseen myöhemmin joko positiivisesti tai negatiivisesti. Ympäristöministeriössä työskentelevä Sanna Andersson myös nosti esiin aurinkovoiman maineen luomisen.

*Kysymys siitä mikä aurinkovoiman maine Suomessa on niin, nythän aurinkovoiman maine luodaan, ja nyt pitäisi luoda se hyvä maine. (Andersson, 2024.)*

Haastateltavilta kysyttiin aurinkovoiman roolista ilmastonmuutoksen torjunnassa ja sopeutumisessa. Aurinkovoiman rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa nähtiinkin ensisijaisen tärkeänä ja merkittävänä osana puhtaiden energiamuotojen käyttöönottoa. Vastaajat korostivat aurinko- ja tuulivoiman yhteishankkeiden tasapainottavan energiantuotantoa vaihtelevissa sääolosuhteissa, mikä tekee aurinkovoimasta tärkeän osan energiantuotannon kokonaisuutta. Vaikka aurinkovoiman käyttö on tällä hetkellä vielä marginaalista, sitä pidettiin tärkeänä välineenä siirtymisessä vähähiiliseen energiantuotantoon. Erilaisten tuotantomuotojen tarpeen koettiin korostuvan, ja aurinko- ja tuulivoiman toimintaprofiilien nähtiin tukevan



hyvin toisiaan, joka vahvistaa aurinkovoiman merkitystä osana energiantuotantojärjestelmää. Vaikka aurinkovoiman parhaat tuotantoajankohdat ovat Suomessa lyhyet, sitä voidaan käyttää hyödyksi energiantuotannon vaihtelussa esimerkiksi ydinvoimaloiden huoltokausien aikana sekä tuulivoimatuotannon vähäisempinä jaksoina kesäaikana. Vastaajien mukaan aurinkovoiman käyttöön liittyvät luonnon monimuotoisuuskysymykset ovat huomioitavia tekijöitä, ja siksi aurinkovoiman yhteensovittamista pidettiin tärkeänä haasteena aurinkovoiman laajemmassa hyödyntämisessä. Aurinkovoima voi vaikuttaa negatiivisesti tai positiivisesti luonnonmonimuotoisuuteen, riippuen suunnittelun laadusta sekä siitä mitä maankäyttömuotoa alueella on aiemmin ollut. Aurinkovoiman rooli nähtiin tärkeänä osana vihreää siirtymää ja päästöjen vähentämistä energia-alalla. Aurinkovoimaa ja sen kehitystä ja hyödyntämistä tuettiin niin paikallisesti kuin laajemmassakin mitta-kaavassa. ELY- keskuksessa työskentelevä Jussi Telaranta myös näki aurinkovoiman tärkeyden kasvavan.

*Aurinkovoima on yksi osa siitä paletista, miten energiantuotannossa voidaan hillitä ilmastonmuutosta... Sillä tavalla aurinkovoima tulee varmasti olemaan tärkeä osa sitä, mutta tällä hetkellä se on vielä aika marginaalista. (Telaranta, 2024.)*

Haastateltavat totesivat aurinkovoima-alan kehittymiseen vaikuttavan moninaiset tekijät, jotka kattavat sekä taloudelliset että teknologiset näkökulmat. Teknologisen kehityksen näkökulmasta aurinkovoiman tehokkuus ja yksikkökustannuksien todettiin olevan keskeisiä. Tehokkaiden aurinkopaneelien valmistamisen ja yksikkökustannusten laskun todettiin olevan olennaisia tekijöitä, jotka voivat tehdä aurinkovoimasta houkuttelevamman vaihtoehdon. Lisäksi ilmastotavoitteiden ja vihreän siirtymän edistämisen todettiin asettavan paineita perinteisille energiantuotantomuodoille ja kannustavan aurinkovoiman kehittämiseen.

Viranomaisten rooli nähtiin tärkeänä mahdollistajana ja ohjaajana aurinkovoiman kehittämisessä. Vaikka ala kehittyikin vauhdilla riippumatta viranomaistoimista, niiden rooli aurinkovoiman sijoittamisessa ja lupamenettelyssä nähtiin tärkeänä.

Ilmatar Energyllä työskentelevä Lauri Vierto totesi osaamisen saatavuuden olevan myös merkittävä tekijä, kun tarvittavaa osaamista on haastavaa löytää. Viranomaisten rooli ja prosessien selkeyttäminen nähtiin tärkeinä alan kehittämisessä ja investointien edistämisessä. (Vierto, 2024). Telaranta pohti myös viranomaisten roolia aurinkovoima-alan kehittämisessä.

*Luulen että aurinkovoima-alan kehittyminen tulee suurimmalta osin sieltä teknologiasta ja muusta toimintaympäristöstä. Sitten tavallaan viranomaispuoli voi tietysti jollakin tavalla sitä joustavoittaa ja vauhdittaa. Ala kehittyy joka tapauksessa riippumatta meistä viranomaisista ja se kulkee aikamoista vauhtia eteenpäin.. Meidän kuuluu jollakin tavalla olla siinä mahdollistamassa, mutta myös ohjaamassa ja valvomassa. (Telaranta, 2024.)*

Vierto näki investointipäätösten viivästymisen olevan osittain seurausta pääomakustannusten ja rakentamiskustannusten noususta. Vaikka aurinkopaneelien hinta onkin laskenut, investointien toteutuminen odottaa pääomakustannusten vähenemistä ja rakentamisen kustannusten alenemistä. Vierto katsoi, että tulevaisuudessa investointien odotetaan kasvavan, mikäli kustannukset laskevat ja aurinkovoiman luvittamis- ja kaavoitusprosessit selkiytyvät. (Vierto, 2024.)

### **6.3 Aurinkovoiman sijoittelu rakennetussa ympäristössä**

Toisessa teemassa syvennyttiin aurinkovoiman sijoitteluun. Haastatteluissa keskusteltiin erityisesti aurinkovoiman sijoittamisesta rakennettuun ympäristöön, mutta myös yleisesti sijoittamisen kriteereistä. Ensimmäisenä kysymyksenä kysyttiin millaisia alueita aurinkovoiman suunnittelussa tulisi suosia.

Kaikkien haastateltavien mielestä aurinkovoiman suunnittelussa tulisi ensisijaisesti suosia alueita, joilla on vähäisiä maankäytön paineita, ovat vajaakäytöllä ja soveltuvat aurinkovoimaloiden rakentamiseen. Yleisesti ottaen entisiä turvetuotantoalueita ja joutomaita pidettiin hyvinä vaihtoehtoina, koska ne ovat usein jo

ihmisen muokkaamia ja niillä ei sijaitse merkittäviä luontoarvoja. Myös teollisuus-alueita ja muunlaisia alueita, joilla ei ole enää muuta käyttötarkoitusta, pidettiin potentiaalisina aurinkovoiman sijoituskohteina.

*Kyllähän kaikkein parhaita alueita olisi tietenkin sellaiset alueet, jotka on ikään kuin vajaakäytöllä, jossa se ehkä edellinen maankäyttömuoto on päättynyt. Ollaan jonkinlaisessa murroksessa ja sitten alue pitää saada sitten uudestaan hyötykäyttöön. (Vierto, 2024.)*

Haastateltavat eivät pitäneet rakennettua ympäristöä houkuttelevana teollisen kokoluokan aurinkovoiman sijoituspaikkana. Rakennettu ympäristö nähtiin kuitenkin mahdollisuutena pienemmän mittakaavan aurinkoenergian hyödyntämisessä esimerkiksi yksittäisissä talokohteissa. Lappeenrannan kaupungilla yleiskaavainsinöörinä toimiva Kauhanen, Ilmatar Energyllä työskentelevä Vierto ja EPV aurinkovoimalla työskentelevä Ari Soininen painottivat, että alueiden valinnassa ylipäätään otetaan huomioon useita tekijöitä kuten maaperä, topografia, maankäyttö, sähköverkon ja tieyhteyksien saatavuus sekä maanomistusasiat. Kolme vastaajaa myös korostivat, että aurinkovoimahankkeet eivät saa kilpailla muiden käyttötarkoitusten kuten asutuksen, virkistykseen tai luontoarvojen kanssa. Kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että on tärkeää välttää sellaisia alueita, joilla aurinkovoiman rakentaminen aiheuttaisi merkittävää luontokatoa tai muita haitallisia vaikutuksia. Maanomistusasioiden lisäksi on huomioitava myös luonnon monimuotoisuus ja riittävien viljelyalueiden säilyttäminen. Soininen pohti myös pienemmän mittakaavan aurinkovoiman yleistymistä laajemmalla näkökannalta. (Kauhanen, 2024; Vierto, 2024; Soininen, 2024; Telaaranta, 202; Andersson, 2024.)

*Rakennusten katot tulee Suomessakin yleistymään aurinkoenergian hyödyntämisessä. Ne ovat tuommoiseen turvesoille rakennettavaan aurinkovoimalan mittakaavaan verrattuna tietysti yksittäisissä kohteissa paljon pienempi... Varmasti Suomessa on kuitenkin kohtuu paljon tällaisia pientaloja, talokohteita ja vastaavia missä on potentiaalia sijoittaa aurinkopaneelleja. Niin varmasti aurinkovoiman hyödyntäminen tulee yleistymään. Ja*

*tietenkin tämä sähköhinnan vaihtelu innostaa monia yksityisiäkin investoimaan. (Soininen, 2024.)*

Haastateltavilta kysyttiin, mitä hyötyjä ja haittoja he kokevat aurinkovoiman sijoittelussa rakennettuun ympäristöön. Haastateltavat kokivat, että etuja ei juurikaan ollut, mutta etuina nähtiin kuitenkin valmiiksi olemassa oleva infrastruktuuri sekä se, ettei se vaikuta ruokatuotantoon tai luonnonympäristöön. Haittoina nähtiin muun muassa visuaaliset muutokset maisemassa, mahdollinen vastustus asukkailta sekä tarpeeksi suurien alueiden puute.

Seuraavaksi haastateltavilta kysyttiin, mitkä kriteerit ovat tärkeimpiä, kun miettään aurinkovoiman sijoittelua. Tärkeimmiksi kriteereiksi koettiin alueen koko ja yhtenäisyys, luontoarvot, suunnittelun rajoitteet ja alueen maankäyttöhistoria sekä muut käyttötarkoitukset. Soininen painotti maanomistamisen tärkeyttä siten että, kehittäjät priorisoivat omistamiaan alueita ja Vierto painotti maanomistuksen rakennetta siten, että maanomistus olisi mahdollisimman yhtenäistä. Kriteereistä keskusteltaessa painotettiin myös ympäristövaikutusten minimointia ja energiantuotannon hyötyjen suuremmaksi osoittautumista kuin haittojen. Viranomaisten näkökulmasta oli keskeistä poissulkemisen kautta toimiminen, kun taas hanketoimijoiden kannalta on tärkeää löytää taloudellisesti tehokkaita alueita. Alueen koon merkitys myös korostui haastatteluissa ja vähimmäiskokona pidetään 50 hehtaaria. Alueen tulisi myös soveltua energiantuotantoon ja olla joillakin tavoin helposti saavutettavissa. Maiseman ja kulttuuriympäristön pilaamattomuus nähtiin myös tärkeinä kriteereinä, vaikka alue olisi jo käytössä esimerkiksi turvetuotannossa.

Haastateltavilta kysyttiin myös, mitä kriteereitä he pitävät vähiten tärkeinä aurinkoenergian sijoittamisen suhteen. Kysymys koettiin haastavaksi, koska mitään kriteeriä ei koettu vähiten tärkeänä. Vierto kiteytti kriteerien merkitystä kuvaavasti seuraavassa sitaatissa.

*Hankkeiden kehittäminen on vähän semmoista nollasummapeleä, että kun yhden kriteerin poistaa, niin sitten sakkaa koko kuvio. (Vierto, 2024.)*

Soininen ja Vierto kuitenkin mainitsivat joitain asioita mitkä eivät ole kovin tärkeitä aurinkovoiman sijoittamisen suhteen. Tällaisia asioita oli esimerkiksi viemäri- ja vesiverkon läheisyys, asutuksen läheisyys sekä asiat, joihin on olemassa tekninen ratkaisu. Myöskään infrastruktuurin toimivuutta ei pidetty keskeisenä aurinkovoimaloiden sijoittelussa, vaan sen sijaan haittojen ehkäiseminen ja yhteensopivuus muiden infrastruktuurielementtien kanssa koettiin olennaisimpina. Vierto painotti, että aurinkovoimahankkeiden kehittämisessä on tärkeää tunnistaa varhaisessa vaiheessa, mikä alue soveltuu aurinkovoiman tuotantoon parhaiten. Tämä vähentää tarpeetonta resurssien käyttöä ja mahdollistaa tehokkaamman hankkeiden suunnittelun. (Vierto, 2024; Soininen, 2024.)

Teeman viimeisenä aiheena oli aurinkovoiman synergiaetu. Kysymyksen tavoitteena oli selvittää mitä synergiaetuja aurinkovoimalla on tai mihin aurinkovoiman tuotantoa voisi yhdistää.

Kaikki haastateltavat mainitsivat ensimmäisenä aurinkovoiman tarjoaman synergiaedun muiden energiantuotantomuotojen, kuten tuulivoiman kanssa. Aurinko- ja tuulivoiman tuotanto jakautuu eri vuodenaikoina ja sääolosuhteiden mukaan, mikä tasoittaa energiantuotantoa ja parantaa toimitusvarmuutta. Esimerkiksi aurinkovoima tuottaa eniten energiaa kesäkuukausina, kun taas tuulivoima korkeapaineen aikana. Ydinvoimalaitokset myös ajoittavat huoltonsa kesäkuukausille.

Toisena nostona todettiin synergiaetu aurinkovoiman sijoittelun suhteen. Aurinkovoimalat voidaan sijoittaa olemassa olevien energiainfrastruktuurien, kuten voimalinjojen ja teollisuuslaitosten läheisyyteen. Tämä mahdollistaa energiavarantojen tehokkaamman jakelun ja hyödyntämisen sekä luo synergiaa eri energiantuotantomuotojen välille. Esimerkiksi aurinkovoimaloiden sijoittaminen tuulivoimainfrastruktuurien yhteyteen voi parantaa alueen energiatehokkuutta ja hyödyntää olemassa olevaa infrastruktuuria.

Vierto nosti esiin myös aurinkovoiman ja maatalouden yhteensovittamisen mahdollisuuden. Vielä Suomessa ei tätä ole juurikaan hyödynnetty, mutta siinä nähdään tulevaisuuden mahdollisuuksia. (Vierto, 2024; Kauhanen, 2024.)

Kauhanen korosti myös imagollista synergiaa esimerkiksi muiden kestävien energiaratkaisuiden ja kiertotalouden osalta. Kauhanen myös näki mahdollisen positiivisen synergiaedun luonnon monimuotoisuuden kannalta. (Kauhanen, 2024.)

#### **6.4 Aurinkovoiman ympäristövaikutukset**

Kolmantena teemana oli aurinkovoiman ympäristövaikutukset. Teeman ympäristövaikutukset rajattiin koskemaan rakentamisen ja käytön aikaisia ympäristövaikutuksia. Haastattelun ulkopuolelle jäivät ympäristövaikutuksista esimerkiksi aurinkopaneelien valmistamiseen tarvittavien materiaalin louhiminen, valmistus ja kuljetus. Nämä ympäristövaikutukset jäivät haastattelun ulkopuolelle, koska niihin ei katsottu voivan vaikuttaa maankäytön suunnittelulla. Ensimmäisenä haastateltavilta kysyttiin mitä ympäristövaikutuksia he kokevat aurinkovoimalla olevan.

Haastateltavat kokivat aurinkovoiman ympäristövaikutukset moninaisiksi, mutta maiseman muutos nousi keskeiseksi vaikutukseksi erityisesti suurissa aurinkovoi-mahankkeissa. Muita esiin nousseita vaikutuksia ympäristöön olivat esimerkiksi vaikutukset vesistöön, kasvillisuuteen ja eläimistöön sekä maaperään.

Kokonaisuudessaan aurinkovoiman ympäristövaikutusten koettiin vaihtelevan alueittain ja hankkeittain. Merkittävimiksi vaikutuksiksi koettiin usein maiseman muutokset, vesistövaikutukset sekä kasvillisuuden ja eläimistön muutokset. Andersson huomautti, että ympäristövaikutuksia syntyy pienistäkin asioista, mutta on tärkeää tunnistaa merkittävät vaikutukset.

*Aina rakentaessa on ympäristövaikutuksia. Vaikka rakennettaisiin puucee jonnekin, niin silläkin on ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutuksiaahan on ihan valtavasti, mutta pitäisi osata haarukoida mitkä on ne merkittävimmät vaikutukset. (Andersson, 2024.)*

Haastateltavilta kysyttiin myös tehokkainta keinoa minimoida ympäristövaikutuksia. Kaikki haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että tehokkain keino ympäristövaikutusten minimointiin on alueen valinta ja suunnittelu. Haastateltavien mielestä on tärkeää valita alueet, jotka eivät ole herkkiä maiseman muutoksille ja jotka sijaitsevat kauempana asutuksesta. Haastateltavien mielestä myös huolellinen suunnittelu ja ympäristövaikutusten arviointi ovat keskeisiä osatekijöitä, ja hankkeita tulisi sijoittaa alueille, joissa ympäristövaikutukset jäävät mahdollisimman pieniksi.

*Sijoittelu tietyissä tapauksissa on semmoinen asia, millä voidaan esimerkiksi rakennusluvan yhteydessä vaikuttaa siihen maisemavaikutukseen, mutta kyllä kaikki lähtee siitä, että valitaan sellaisia alueita, mitkä eivät ole maisemallisesti niin herkkiä. (Vierito, 2024.)*

Haastateltavat nostivat esiin, että sijoittelussa on tärkeää ottaa huomioon vesien hallintaan liittyvät seikat, kuten kosteikot sekä suojavyöhykkeiden merkitys. Maankäytön tehokkuuden kannalta olisi harkittava tarkkaan, mitä maankäyttöä aurinkovoimahankkeen tieltä syrjäytetään, erityisesti hiilinielujen säilyttämiseksi.

Andersson totesi, että on tärkeää tunnistaa, etteivät kaikki alueet sovellu aurinkovoimahankkeille ja joskus on tarpeen kieltäytyä hankkeesta, jos se ei sovi alueen realiteetteihin tai maanomistusolosuhteisiin. Andersson ja Telaranta olivat yhtä mieltä siitä, että tiedon lisääntyessä pyritään oppimaan virheistä ja tekemään kestävämpiä päätöksiä ympäristön suojelun ja kestävän kehityksen edistämiseksi. (Andersson, 2024; Telaranta, 2024.)

Viimeisenä kysymyksenä tästä temasta haastateltavilta kysyttiin olisiko heidän mielestään ympäristövaikutusten arviointimenettely tarpeellinen kaikille aurinkovoima hankkeille.

Kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että nykyinen ympäristövaikutusten arviointimenettely ei ole tarpeellinen kaikille aurinkovoima hankkeille. Haastateltavat

kokivat nykyisen luvitusmenettelyn riittäväksi ja toimivaksi. Tietyissä tapauksissa ympäristövaikutusten arviointimenettely koettiin kuitenkin tarpeelliseksi esimerkiksi luontoarvojen tai erityisen laajojen hankkeiden kohdalla.

Haasteltavat toivat ilmi, että kunnilla on merkittävä rooli päätöksenteossa. Kaa-voituksella sekä suunnittelutarveratkaisun avulla voidaan hallita hankkeiden vaikutuksia tehokkaasti. YVA-menettelyn soveltuvuutta tulisi harkita tapauskohtaisesti ja YVA kynnyksen alittavia alle 200 hehtaarin alueita tulisi tarkastella alueen luonteen perusteella.

Vierto nosti esiin, että yleisön osallistuminen ja keskustelu hankkeista nähdään tärkeänä ja vaikka YVA-menettelyä ei käytettäisi, keskustelu voi auttaa ratkomaan hankkeiden haasteita. Haastateltavien mielestä järjestelmän tulisi tarjota johdonmukaisuutta ja mahdollistaa vaikutusten arviointi myös ilman YVA-menettelyä. (Viertto, 2024.)

Viertto, Kauhanen, Soininen ja Telaranta kannattivat harkintaa tapauskohtaisesti sen sijaan, että asetettaisiin yleinen vaatimus kaikille aurinkovoimahankkeille. He katsoivat, että hankkeiden luonne ja alueen ominaisuudet tulisi ottaa huomioon arvioitaessa ympäristövaikutusten arvioinnin tarvetta. Andersson piti nykyistä linjauksesta hyvänä, jossa ympäristövaikutusten arviointi laaditaan yli 200 hehtaarin alueille. Viertto nosti esiin, että on ensiarvoisen tärkeää ympäristönäkökulmasta saada hankkeita toteutumaan, sen sijaan että byrokratia lisääntyisi. (Viertto, 2024; Kauhanen, 2024; Soininen, 2024; Telaranta, 2024; Andersson, 2024.)

*”Sellainen kategorinen tapa, että X hehtaarin kokoinen hanke vaatii aina YVAN ei ole mielestäni järkevää. Silloin tullaan tekemään paljon turhaa työtä ja kuormittamaan viranomaisia ja ennen kaikkea myöhästyttämään näitä hankkeita. Hankkeet ovat kuitenkin vihreän siirtymään osalta keskeisen tärkeitä ja se, että nämä hankkeet toteutuvat ja, että hankkeet toteutuvat pi-*



*kaisesti. Jos hankkeet jumiutuvat tuonne päätöksentekomenettelyyn ja prosesseihin vuosikausiksi ihan vaan byrokratian lisäämisen takia, niin se ei varmasti palvele yhtään ketään. (Vierto, 2024.)*

## **6.5 Aurinkovoima kaavoituksessa**

Neljäntenä teemana oli aurinkovoiman huomioiminen kaavoituksessa. Ensimmäisenä haastateltavilta kysyttiin, miten heidän mielestään asema- tai yleiskaavoituksella voidaan edistää aurinkovoiman lisäämistä eri mittakaavoissa.

Haastateltavat eivät nähneet asemakaavan olevan kovin tehokas keino lisätä teollisen kokoluokan aurinkovoimaloita, vaan enemmän hankaloittavan. Asemakaava-alueet sijaitsevat yleensä asutuksen läheisyydessä mikä hankaloittaa teollisen kokoluokan sijoittamista alueelle. Asemaakaavalla kuitenkin tunnistettiin olevan potentiaalia pienen mittakaavan aurinkovoiman hyödyntämisessä, esimerkiksi talojen sijoittelun ja kattokulmien suhteen.

Yleiskaavoituksen nähtiin olevan hyödyllinen väline aurinkovoiman tuotannon edistämässä, erityisesti suurempien hankkeiden osalta. Yleiskaavat tarjoavat mahdollisuuden osoittaa aurinkovoimalle soveltuvia alueita, antavat perustan rakennuslupien myöntämiselle ja mahdollistavat laajan osallisuusprosessin.

*Teollisen luokan suuret aurinkovoimalat ovat Lappeenrannassa sijoittuneet taajaman ulkopuolelle ja näemme, että yleiskaava on se väline millä ne ratkaistaan koska siinä on vaikutusten arvioinnit ja osallisuusprosessi. Vuorovaikutus- ja vaikuttamisprosessi on ihan toisenlainen kuin suunnittelutarveratkaisuissa. (Kauhanen, 2024.)*

Yleiskaavoituksen aikataulu ja prosessi koetaan hitaaksi ja haasteellisiksi useamman haastateltavan mielestä, ja Vierto näkeekin mahdollisia oikopolkuja, kuten kaavaluonnoksen ja osallistumis- ja arviointisuunnitelman samanaikaista nähtä-

ville asettamista. Lisäksi haastateltavat mainitsivat tarpeen lainsäädännön muutokselle mahdollistaakseen aurinkovoimahankkeiden suoran rakennusluvan myöntämisen yleiskaavan perusteella, vastaavasti kuin tuulivoimahankkeissa.

Vierto nosti esiin epäilyn siitä, onko kunnilla aina riittävää liiketaloudellista ymmärrystä aurinkovoimahankkeiden tarpeiden arvioimiseksi ja alueiden osoittamiseksi. Vierto ehdottikin, että kaavoituksen tarve tulisi aina hankkeen kehittäjältä eikä kunnan varautumisena aurinkovoima-alueisiin. (Vierto, 2024.)

Telaranta mainitsee tarpeen aktiivisemmalle kuntien roolille aurinkovoiman tuotannon edistämässä, jotta päätökset perustuisivat laajempaan yhteiseen hyötyyn eikä vain yksityisiin intresseihin. (Telaranta, 2024.)

Seuraavana kysyttiin miten haastateltavan mielestä yleiskaavoituksessa tulisi huomioida aurinkovoima eri mittakaavoissa.

Haastatteluissa nousi esiin, että yleiskaavoituksessa tulisi huomioida aurinkovoima mahdollistamalla sen strateginen sijoittaminen ja houkuttelemalla tutkimaan alueita tarkemmin aurinkovoimahankkeiden näkökulmasta. Tärkeäksi koettiin myös, että yleiskaava voisi mahdollistaa rakennusluvan myöntämisen suoraan yleiskaavan perusteella. Vierron ja Telarannan mukaan aurinkovoiman poissulkemisen sijaan tulisi lähteä positiivisen kautta, kartoittamalla aurinkovoimatuotantoon soveltuvia alueita ja antamalla kaavamääräyksissä ohjeistusta esimerkiksi maisema-alueiden huomioimisesta ja etäisyyksistä muihin kohteisiin. Yleiskaava voisi myös antaa ohjeistusta aurinkovoimaloiden sijoittamiseen ja lupamenetelyyn (Vierto, 2024; Telaranta, 2024.)

Teeman viimeisenä kysymyksenä oli, onko kaavoitus haastateltavan mielestä tehokas keino lisätä aurinkovoimaa. Haastatteluiden perusteella kaavoitus nähtiin tehokkaana keinona lisätä aurinkovoiman käyttöä, erityisesti suurten hankkeiden osalta, sillä se mahdollistaa hankkeiden suunnittelun ja toteutuksen kokonaisvaltaisesti. Ennalta varautuvaa yleiskaavoitusta ei kuitenkaan nähty hyödyllisenä.

Suomessa maankäyttö- ja rakennuslaki antaa selkeät puitteet kaavoitukselle ja kaavoittaminen antaa kunnille mahdollisuuden toimia innovaattoreina ja kehittäjinä alueiden käytössä. Tärkeänä tunnistettiin myös löytää oikea tapa ratkaista kunkin hankkeen tarpeet yhteistyössä kuntien ja viranomaisten kanssa.

Telarannan mukaan kaavoitus voisi olla vielä tehokkaampi keino, jos kunnat asettavat tavoitteita aurinkovoiman käytön lisäämiseksi ja ohjaavat hankkeita oikeille alueille. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi määrittelemällä aurinkovoimalle sopivia alueita ja asettamalla tavoitteita aurinkovoiman osuudesta energiantuotannossa. Näin kaavoitus voisi lähteä liikkeelle ylhäältä alas -periaatteella, jossa valtakunnalliset tavoitteet konkretisoituisivat kuntien tasolla. Soininen myös totesi kaavoituksen luovan mahdollisuuksia. (Telaranta, 2024; Soininen, 2024.)

*Kaavoitus luo mahdollisuuksia. Eihän hankkeet tietysti pelkällä kaavoittamisella lähde liikkeelle, mutta se antaa mahdollisuuksia. Sitten jos muuten kaikki palaset loksahtavat kohdalleen, niin sitten mahdollistaa hankkeen.* (Soininen, 2024)

Kauhasen mielestä erityisesti teollisten aurinkovoimaloiden osalta osayleiskaavat ovat tärkeitä, kun suunnittelutarveratkaisut ja asemakaavoitus eivät välttämättä ole optimaalisia suurten aurinkovoimahankkeiden kannalta. (Kauhanen, 2024.)

## **6.6 Aurinkovoiman tulevaisuus**

Haastattelun päättävänä teemana oli aurinkovoiman tulevaisuus. Ensimmäisenä haastateltavilta kysyttiin, millaisena he näkevät aurinkovoiman tulevaisuuden Suomessa.

Kaikki haastateltavat näkivät aurinkovoiman tulevaisuuden Suomessa pääasiassa positiivisena, vaikka tulevaisuuden ennustaminen nähtiinkin haastavana. Haastateltavat näkivät, että tulevaisuudessa alkukankeuksien jälkeen aurinkovoimahankkeiden lupaprosessia on sujuvoitettu ja hankkeiden lisääntyessä nähdään myös

niiden vaikutukset. Aurinkovoiman käytön nähtiin lisääntyvän, erityisesti sähkönkulutuksen lisääntyessä ja uusien teollisten kulutustarpeiden myötä. Aurinkovoiman merkitys energiantuotannossa nähtiin myös lisääntyvän huomattavasti.

Aurinkovoiman teknologisen kehityksen nähtiin jatkuvan, mikä todennäköisesti johtaa entistä tehokkaampiin aurinkopaneeleihin. Tulevaisuudessa aurinkoenergian yhdistäminen energian varastointiin, kuten vetyhankkeisiin, nähtiin tärkeänä osana Suomen energiantuotantoa. Aurinkovoiman ei todettu yksinään ratkaisevan energiatarpeita, mutta se on osa kokonaisuutta tulevaisuuden energiantuotannossa.

Toisena kysymyksenä esitettiin, kuinka merkittäväksi energiantuotantomuodoksi haastateltava arvelee aurinkovoiman Suomessa muodostuvan.

Haastateltavat näkivät aurinkovoiman merkityksen energiantuotantomuotona Suomessa kasvavana ja merkittävämpänä tulevaisuudessa. Kauhanen nosti esiin erityisesti Itä-Suomen, missä tuulivoima ei ole yhtä suotuisa vaihtoehto ja aurinkovoima voi tarjota tärkeän energia vaihtoehdon. Aurinkovoiman nähtiin osana uusiutuvan energian kokonaisuutta, vaikka sen ei odoteta nousevan yhtä merkittäväksi kuin tuulivoiman. Aurinkovoiman ei nähty yksin ratkaisevan energiantuotannon tarpeita, mutta se nähtiin tärkeänä osana energiapolitiikkaa ja taloutta. Energian varastointi aurinkovoiman yhteydessä nähtiin myös tärkeänä kehitysuuntana tulevaisuudessa, ja aurinkovoiman integrointiin osana energiapolitiikkaa odotetaan panostettavan entistä enemmän.

*”Aurinkovoima varmaankin pitkällä aikavälillä nousee seuraavaksi merkittävimmäksi tuulivoiman tuotannon jälkeen ja jos mietitään ilmastovaikutuksiltaan hiilineutraalia tuotantoa, joita on ydinvoima, tuulivoima ja aurinkovoima, niin kyllä varmaan se on se paketti mikä meillä tulevaisuudessa tulee olemaan. (Telaranta, 2024.)*

Seuraavaksi haastateltavilta tiedusteltiin heidän mielestään merkittävintä aurinkovoimaa edistävää tekijää.

Haastateltavat nostivat esiin useita aurinkovoimaa edistäviä tekijöitä, näitä olivat muun muassa kaupunkien tahtotila ja suhtautuminen aurinkovoimaan, ilmastonmuutoksen torjunnan toimeenpano, tekniikan kehitys, yhteistyö sähköverkon kehittäjän kanssa sekä aurinkopaneelien hintojen lasku. Sähkömarkkinoiden tilanteen Suomessa katsottiin vaikuttavan myös aurinkovoimahankkeiden toteutuskelpoisuuteen. Selkeiden pelisääntöjen ja ohjauskeinojen luomisen katsottiin voivan edistää aurinkovoiman kehittymistä. Kokonaisuudessaan aurinkovoiman edistämiseen katsottiin tarvittavan monipuolista yhteistyötä eri toimijoiden välillä sekä selkeitä ja kannustavia toimintamalleja.

Vierron mukaan merkittävin tekijä on kuitenkin se, että aurinkovoimahankkeille saadaan investointipäätöksiä. Tähän vaikuttavat ensisijaisesti tällä hetkellä kustannusten laskeminen pääoman ja rakentamisen osalta. (Vierro, 2024.)

Neljäntenä kysymyksenä haastateltavilta kysyttiin mitkä asiat heidän mielestään eniten hidastavat tai estävät aurinkovoiman lisäämistä Suomessa.

Haastateltavien mielestä aurinkovoiman lisäämistä hidastavat ja estävät tekijät koostuvat useista osatekijöistä. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi byrokratia ja lupaprosessit, aurinkovoiman tuotannon epäsäännöllisyys, aurinkovoiman tuottajien ja kuluttajien välinen epävarmuus, paikkojen sopivuus aurinkovoimaloille ja niiden ympäristöhyväksyttävyyys, sähköverkon kapasiteetin riittävyys, siirtohintojen kustannukset sekä mahdollinen vastustus paikallisväestön keskuudessa.

Haastattelun viimeisenä kysymyksenä haastateltavilta kysyttiin heidän mielipidettään Euroopan komission aurinkopaneelialoitteeseen. Aurinkopaneelialoitteessa on ehdotettu, että vuodesta 2026 alkaen kaikissa uusissa yli 240 m<sup>2</sup> rakennuksissa tulisi olla aurinkopaneelit. Seuraavaan vuoteen mennessä myös vanhojen yli 250

neliöisten julkisten rakennusten ja liiketilojen katoille tulisi sijoittaa aurinkopaneelit. Vuoteen 2029 mennessä velvoitus ulottuisi kaikkiin uusiin rakennuksiin.

Kukaan haastateltavista ei osannut suoraan ottaa kantaa aloitteeseen tai ollut siitä hyvin tietoinen. Kysymystä käsiteltiin enemmän vaihtoehdoisen kysymyksen kautta ”Onko pakkokeino hyvä keino lisätä aurinkovoimaa”.

Haastateltavat olivat samaa mieltä siitä, että aurinkovoiman lisääminen tulisi nähdä mahdollisuutena pikemminkin kuin pakollisena veloitteena, ja että sen tulisi olla harkittu päätös hyötyjen ja haittojen punnitsemisen jälkeen. Haastateltavat katsoivat aurinkovoiman keskittyvän tulevaisuudessa enemmän teollisen mitatakaan voimaloihin ja että aurinkopaneelien asentaminen pakollisesti katoille voi olla ongelmallista monilla tasoilla, kuten kulttuuriympäristöjen ja rakennuskustannusten näkökulmasta.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1 Haastatteluaineiston nelikenttäanalyysi

Haastatteluaineistosta laadittiin haastattelututkimuksen sisällönanalyysin yhteydessä teemakohtainen nelikenttäanalyysi. Nelikenttäanalyysissä tulokset tiivistettiin SWOT-taulukkaan, johon sijoitettiin kunkin teeman sisäiset heikkoudet ja vahvuudet sekä ulkoiset uhat ja mahdollisuudet. Teemakohtaisen SWOT-analyysin tulokset esitetään alla olevassa taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Haastatteluaineiston nelikenttäanalyysi.

Teema	Vahvuudet	Heikkoudet	Mahdollisuudet	Uhat
<b>Aurinkovoima yleisesti</b>	Loppumaton energiavaro, hyvä maine, vähäpäästöinen	Vähäinen kokemus, käytännön toteutus, lyhyt tuotanto-ajankohta	Tuulivoima, vetytalous, energiavarastot, teknologinen kehitys, yksikkökustannusten lasku	Kilpaileva maankäyttö, inflaatio, korkeat pääomakulut, rakentamisen korkeat kustannukset
<b>Aurinkovoiman sijoittelu</b>	Ei vaikutusta kaukomaisemaan, synergia tuulivoiman ja teollisuuden kanssa, imagohyöty	Nykyinen maankäyttö, maanomistusasiat, muutokset maisemaan	Vanhat turvetuotantoalueet, joutomaat, teollisuusalueet, maatalouden yhteensovittaminen	Sähköverkon saatavuus, tieyhteyksien puute, asukkaiden vastustus, tarpeeksi laajojen alueiden puute
<b>Aurinkovoiman ympäristövaikutukset</b>	Vähäpäästöinen, äänetön, vähäinen huoltotarve	Lähimaiseman muutos, vaikutus vesistöön, kasvillisuuteen, eläimistöön ja maaperään, pinta-ala tarve	Ympäristövaikutusten arviointiprosessi, luonnon monimuotoisuuden lisääminen, vesistöjen tilan parantaminen	Ilmaston muutos, tulvat, metsäpalot, tiestön ja sähkölinjojen rakentamisen ympäristövaikutukset
<b>Aurinkovoima kaavoituksessa</b>	Kokonaisvaltainen näkemys ja osallistamisprosessi, kaavamääräyksen ja kaikkien alueiden huomioiminen, tavoitteet	Hidas ja jäykkä prosessi, liiketaloudellinen ymmärrys, eriävät mielipiteet	Lainsäädännön muutos, laajempi yhteinen hyöty, suora rakennuslupa	Yksityiset intressit, lainsäädäntö, kuntapäätäjät
<b>Aurinkovoiman tulevaisuus</b>	Teknologinen kehitys, hyvä maine, vihreä siirtymä, ilmastotavoitteiden toteutuminen	Byrokratia, epäselvät lupaprosessit, tuotannon epäsuorallisuus, sopivien paikkojen puute, työvoiman saatavuus	Lupaprosessin uudistaminen, synergiaedut energian varastointiin ja vetyhankkeisiin, viranomaisyhteistyö	Tuottajien ja kuluttajien välinen epävarmuus, sähköverkon saatavuus ja siirtohintojen kustannukset, investointipäätösten puute, ympäristöhyväksyttävyys,

## 7.2 Aurinkoenergian mahdollisuudet Vaasassa

Tämä tutkimus osoittaa, että aurinkoenergian soveltaminen Vaasan alueella voi tukea kaupungin tavoitteita hiilineutraaliuden saavuttamiseksi, ja sen sisällyttäminen yleiskaavan suunnitteluun on mahdollista. Aurinkoenergian hyödyntäminen vaatii kuitenkin huolellista suunnittelua ja kaavoitusta, jotta teknologian tarjoama potentiaali voidaan täysin hyödyntää kaupunkiympäristössä. Vaasan sijainti ja topografia tarjoavat hyvät olosuhteet aurinkoenergian tuotannolle varsinkin kesäkuukausina.

Pohjanmaan liiton Vihreän siirtymän investointien vauhdittamisesta Pohjanmaalla -hanke ei tunnistanut alueelta suuria teollisen mittakaavan aurinkovoimaloiden potentiaalisia sijoituskohteita. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö sellaisia alueita voisi olla. Paikkatietotarkastelu mahdollisista sijoituskohteista tulisi toteuttaa tulevan yleiskaavan tausta-aineistoksi. Luvusta 4.3 saa tarvittavia parametrejä paikkatietotarkastelun toteuttamiseksi. Mahdollisia sijoituskohteita voisi olla esimerkiksi Vähäkyrön peltoalueilla tai meressä. Vanhoja turvetuotantoalueita tai laajoja vajaakäytöllä olevia alueita ei Vaasassa ole.

Kirjallisuuskatsauksessa esitellyt menetelmiä aurinkoenergian hyödyntämiseen tulisi arvioida Vaasan kaupungin yleiskaavan tavoitteiden ja paikallisten olosuhteiden kannalta. Kirjallisuuskatsauksen mukaan esimerkiksi aurinkoenergiameluvallit voisivat olla sovellettavissa myös Suomen ilmastoon. Vesistöön sijoitettu aurinkoenergia voisi olla mahdollisesti toteutettavissa Vaasassa, kun taas aurinkokadut eivät ole realistinen vaihtoehto. Aurinkoenergian yhdistäminen maatalouteen voisi olla hyvä ratkaisu, mutta aloite tulisi ensisijaisesti tulla maanviljelijöiltä. Teollisuusrakennusten ja suurten kauppayksiköiden osalta aurinkoenergian integroiminen tulisi mahdollistaa ja pohtia keinoja, joilla tähän voidaan kannustaa.

Tiiviisti rakennetussa ympäristössä, kuten Vaasan keskustassa, ei ole mahdollista sijoittaa teollisen kokoluokan voimaloita, mutta pienimuotoinen aurinkoenergian tuotanto on toteutettavissa esimerkiksi rakennusten katoilla ja julkisivuissa.



### 7.3 Suositukset maankäytön suunnitteluun

Tämän tutkimuksen perusteella Vaasan yleiskaavassa ei ole välttämätöntä määrittellä erikseen aurinkoenergialle soveltuvia alueita, vaan aurinkoenergian sijoittaminen voidaan mahdollistaa yleismääräysten kautta. Yleismääräyksissä voidaan esimerkiksi sallia teollisenkokoluokan aurinkovoimaloiden sijoittamisen M (maatalous) ja MT (maa- ja metsätalous) sekä teollisuusalueille, mikäli kyseiset voimat alittavat YVA (ympäristövaikutusten arviointi) kynnyksen, alue ei ole kulttuurihistoriallisesti merkittävää maisema-aluetta, ja alueen luontoarvot tämän sallivat.

Aurinkoenergia voidaan ottaa huomioon sekä asemakaavoissa että yleiskaavoissa, ja suunnittelussa tulisi hyödyntää eri mittakaavoja. Aurinkoenergia-alan nopea kehitys asettaa haasteita ennustettavuudelle. On vaikea ennustaa aurinkoenergian tuotannon tilaa vuonna 2040, joka on yleiskaavan toteuttamisen tavoitevuosi. Tästä syystä kaavamääräykset tulisi laatia joustavasti, niin että ne mahdollistavat myös tulevien teknologioiden hyödyntämisen.

Yleiskaavassa tulisi ottaa huomioon pienen ja keskikokoisen mittakaavan aurinkoenergian hyödyntäminen siten, että uusien alueiden suunnitteluprosessiin sisällytetään aurinkoenergian tarkastelu. Lisäksi yleiskaavan tulisi edellyttää, että uusilla asunto-, keskustatoimintojen-, palvelujen-, työpaikka-, erityis-, ja teollisuus- ja varastoalueilla selvitetään aurinkoenergian hyödyntämispotentiaalin mahdollisuudet. Nämä voidaan toteuttaa paikkatietopohjaisesti arvioimalla talojen optimaaliset suuntaukset ja sovittamalla rakennusmassat siten, että aurinkoenergiasta saadaan mahdollisimman suuri hyöty, ottaen huomioon muut suunnittelun rajoitukset. Alueiden suunnittelussa tulisi varmistaa, että asuinrakennuksissa voidaan tehokkaasti hyödyntää uusiutuvaa energiaa.

Haastattelututkimusten perusteella suositan, että yleiskaavassa ei varata erityisiä aurinkoenergia-alueita tiukalla kaavamääräyksellä, vaan käytetään mahdollistavaa merkintää. Hanketoimijoiden tarkat kriteerit sijoituspaikoille ja kaupungin räjälliset resurssit alueiden tarkan arvioinnin suhteen tukevat tätä lähestymistapaa.

Aurinkoenergian teknologian nopean kehityksen vuoksi on epärealistista olettaa, että vuonna 2040 aurinkoenergian hyödyntäminen olisi samanlaista kuin nykyään. On myös mahdollista, että tulevaisuudessa aurinkoenergia tarvitsee huomattavasti pienempiä pinta-aloja tuottaakseen samaa energiamäärää kuin nykytekniikalla, tai että esimerkiksi aurinkovoimaloiden sijoittaminen vesistöihin on muuttunut arkipäiväiseksi. Kelluvissa aurinkovoimaloissa on vielä haasteita ja alueelle sijoittaminen tulisi mahdollistaa vasta, kun alueelle on tiedossa potentiaalinen hanke ja käytettävä teknologia.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Vaasan yleiskaavan laadinnassa tulisi ottaa huomioon aurinkoenergian mahdollisuudet ja niiden vaikutukset kaupungin energiatehokkuuteen ja ympäristövaikutuksiin. Kaavoituksessa, muussa maankäytön suunnittelussa ja rakennussuunnittelun ohjaamisessa tulisi myös varmistaa, että aurinkoenergiajärjestelmät integroidaan esteettisesti ja toiminnallisesti kaupunkikuvaan sopivalla tavalla.

#### **7.4 Epävarmuustekijät**

Tämän työn tuloksiin liittyy joitakin epävarmuustekijöitä, jotka voivat vaikuttaa tutkimuksen tulosten pitkäaikaiseen relevanssiin ja soveltuvuuteen. Teknologinen kehitys aurinkoenergian alalla etenee erittäin nopeasti. Tämän vuoksi on mahdollista, että tämän tutkimuksen tulokset saattavat joiltakin osin vanhentua nopeasti, kun uusia teknologioita ja tehokkaampia ratkaisuja kehitetään jatkuvasti.

Aurinkovoima-ala on Suomessa vielä varsin uusi, eikä alalla ole vielä kattavasti kerättyä kokemusta tai laajoja referenssikohteita. Tämä tarkoittaa, että alalla ei ole vielä kertynyt paljon "erehdyksen kautta" oppimista, mikä on olennaista uusien teknologioiden kehittämisen ja soveltamisen kannalta. Tämä voi rajoittaa kykyä ennustaa aurinkovoimaloiden tehokkuutta ja integraatiota eri ympäristöihin Suomessa.

Tämän tutkimuksen puitteissa ei myöskään ollut mahdollista tehdä kattavia arvioita yksittäisten maankäyttömuotojen ympäristövaikutuksista, koska tällaiset vaikutukset ovat erittäin tapauskohtaisia ja sijaintisidonnaisia. Jokaisen potentiaalisen sijoituspaikan ympäristövaikutukset tulisi arvioida erikseen, mikä rajoittaa yleistettävien johtopäätösten tekemistä tässä tutkimuksessa.

Tutkimusta tehdessä ympäristöministeriön aurinkoenergiaan liittyvä kaavoitus ja lupamenettelyopas oli vasta valmisteilla, joten siitä saatava tieto ei ollut käytettävissä. Tämä rajoitti mahdollisuutta hyödyntää oppaasta saatavaa tietoa aurinkoenergian soveltamisesta ja parhaista käytännöistä kaavoitukseen ja lupamenettelyyn liittyen, mikä olisi voinut tarjota arvokasta tietoa opinnäytetyöni kannalta.

Tutkimuksen aikana myös uusi rakentamislaki on tekeillä ja tulee voimaan 1.1.2025. Uusi rakentamislaki korvaa vanhan maankäyttö- ja rakennuslain (MRL). Uusi laki pyrkii vähentämään hallinnollista taakkaa ja byrokratiaa. Lain tavoitteena on myös selkiyttää valitusoikeuden perusteita ja täsmentää vastuukysymyksiä. Lisäksi lain tavoitteena on torjua ilmastonmuutosta, edistää kiertotaloutta, parantaa rakentamisen laatua, sujuvoittaa rakentamisprosesseja ja tukea rakennetun ympäristön digitalisaation kehitystä. Uudessa laissa rakennuslupa ja toimenpide yhdistetään rakentamisluvaksi. Hakijan toiveesta voidaan tehdä erikseen päätös sijoittamisluvasta (esimerkiksi vanhentunut kaava, ei kaavaa lainkaan tai kun hanke poikkeaa kaavasta). Sijoittamislupa on tarkoitettu erityisesti vihreän siirtymän hankkeille, pois lukien tuulivoima. Lupa antaa mahdollisuuden aloittaa vihreän siirtymän hankkeita pelkällä sijoittamisluvalla ilman kaavamenettelyä. Uusi laki näin ollen mahdollistaa myös aurinkovoimaloiden sijoittelun kaavan vastaisesti. Tämä on sekä uhka että mahdollisuus kaikenkokoisten aurinkovoimaloiden suhteen. (Ympäristöministeriö, 2024d.)

Nämä epävarmuustekijät korostavat tarvetta jatkotutkimuksille ja päivityksille, jotta voidaan pysyä ajan tasalla nopeasti kehittyvällä aurinkoenergia-alalla ja varmistaa, että suunnitteluratkaisut ovat kestäviä pitkällä tähtäimellä.

## 8 POHDINTA

Tämä opinnäytetyön tutkimuskysymyksiä olivat: ”Mitkä kriteerit ohjaavat aurinkovoimaloiden sijoittelua?” ja ”Kuinka eri mittakaavojen aurinkovoimalat huomioidaan yleiskaavassa”. Näihin tutkimuskysymyksiin pyrittiin löytämään vastaukset kirjallisuuskatsauksen sekä haastattelututkimuksen perusteella. Tutkimuskysymykset muotoituivat yleiskaavan tarpeen mukaan.

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli tunnistaa aurinkovoimaloiden sijoittelukriteereitä. Aurinkovoimaloiden sijoittelukriteerit ovat monimutkaisia sekä paikkasidonnaisia ja ne vaihtelevat eri toimijoiden välillä. Tutkimuksessa havaittiin tiettyjä peruskriteereitä, jotka ovat merkityksellisiä yleiskaavatyön näkökulmasta. On todennäköistä, että nämä kriteerit muuttuvat osittain tulevaisuudessa esimerkiksi teknologisen kehityksen vaikutuksesta.

Toisessa tutkimuskysymyksessä pyrittiin löytämään keinoja huomioida eri mittakaavojen aurinkovoimalat yleiskaavassa. Tähän tutkimuskysymykseen pystyttiin vastaamaan hyvin kirjallisuuskatsauksen avulla. Yleiskaava on yleispiirteinen suunnitelma, joten esimerkiksi keskikokoisten aurinkovoimaloiden huomioiminen yleiskaavan avulla koettiin hankalaksi. Tämä tutkimus tarjoaa myös hyödyllisiä näkökulmia asemakaavan suunnittelun toteuttamiseen, joka voi olla tarpeen yleiskaavaa yksityiskohtaisemman suunnittelun osalta.

Mielestäni tutkimuksessa onnistuttiin vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Kirjallisuuskatsauksessa keskityttiin arvioimaan aurinkoenergian potentiaalia eri maankäyttömuodoissa. Tutkimusartikkeleiden valinta suoritettiin huomioiden erilaiset maankäyttömuodot ja niiden valinta pohjautui pääasiassa yleiskaava-alueen hallitseviin maankäyttömuotoihin. Tarkoituksena oli löytää tuoreinta ja relevanttia tieteellistä kirjallisuutta, joka tukisi tutkimuksen tavoitteita parhaiten. Kirjallisuuskatsauksen perusteella tunnistettiin haastavat aihealueet, joiden syvällisempää tarkastelua varten suoritettiin teemahaastatteluja.

Teemahaastattelut toteutettiin viiden asiantuntijan avulla, mikä tarjosi hyvän käsityksen aurinkoenergian optimaalisesta sijoittamisesta, soveltuvista kriteereistä sekä kaavoituksen merkityksestä aurinkovoiman edistämisessä. Haastattelut toivat myös tärkeää tietoa aurinkoenergian ympäristövaikutuksista ja niiden huomioimisesta suunnittelussa. Tutkimus osoitti, että tehokkain keino vähentää ympäristövaikutuksia ja varmistaa hankkeen onnistuminen on huolellinen sijainnin valinta.

Koin opinnäytetyöni aiheen hyvin ajankohtaiseksi sekä merkitykselliseksi. Aurinkovoimahankkeet lisääntyvät Suomessa jatkuvasti ja kokemusta suurista teollisuusmittakaavan aurinkovoimaloista ei juurikaan ole. Aurinkoenergian huomioiminen kaavoituksessa on toistaiseksi vähäistä, erityisesti koskien laajoja yleiskaavoja. Erityisesti koko kunnan kattavia yleiskaavoja, joissa aurinkoenergia olisi otettu huomioon ei juurikaan ole. Aurinkoenergian huomioiminen rajoittuu usein erityisesti "aurinkokaavoihin", jotka on suunniteltu pääasiassa aurinkoenergiavoimaloiden sijoittamista varten tai kun tiedossa on ollut, että alueelle sijoitetaan aurinkovoimaloita. Aurinkoenergian huomioiminen kaupunkisuunnittelussa on kuitenkin keskeistä, kun pyritään tukemaan vihreää siirtymää ja vähentämään kaupunkien hiilijalanjälkeä.

Mielestäni valittu opinnäytetyön aihe ja sen rajaus olivat sopivia ylemmän ammatikorkeakoulun opinnäytetyön tavoitteiden ja vaatimusten kannalta. Tutkimusprosessi edisti erityisesti omaa työ- ja ammattialaosuamistani sekä kykyäni kriittiseen ajatteluun. Opinnäytetyö prosessin aikana taitoni kehittyivät ja mikäli suorittaisin saman työn uudelleen, se voisi todennäköisesti muotoutua erilaiseksi, mutta olennaiset näkökulmat säilyisivät samoina. Toivon, että opinnäytetyöni ansioista aurinkoenergian mahdollisuudet Vaasassa olisivat hiukan aurinkoisemmat.

## LÄHTEET

Ahonen, A-M. & Nuorkivi, A. 2013. Energia yhdyskuntasuunnittelussa – Rohkeita ratkaisuja kestävämpään tulevaisuuteen. Aalto-yliopiston julkaisusarja Crossover 3/2013.

Andersson, S. 2024. Ympäristöneuvos. Ympäristöministeriö. Haastattelu 19.2.2024

Aurinkoenergiayhdistys. n.d. Aurinkoenergia faktoina. Noudettu 10.12.2023 osoitteesta <https://www.sary.fi/aurinkoenergia/mita-on-aurinkoenergia/aurinkoenergia-faktoina>

Auringosta energiaa. 2023. 17 yritystä, 10 miljardin investoinnit aurinkoenergiin – näin uusi koalitio edistää aurinkovoiman kehitystä ja energiamurrosta Suomessa. Noudettu 12.2.2024 osoitteesta <https://aurinkopuistot.fi/nain- uusi-koalitio-edistaa-aurinkovoiman-kehitysta/>

Child M., Bogdanov D., Aghahosseini A., Breyer C. 2020. The role of energy prosumers in the transition of the Finnish energy system towards 100 % renewable energy by 2050. *Futures* 124 (2020) 102644. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102644>

Euroopan komissio. 2023. Unionin uusiutuvan energian rahoitusmekanismi (RENEWFM). Noudettu 19.12.2023 osoitteesta [https://tem.fi/documents/1410877/157883284/Hakudokumentti\\_+RENEWFM\\_2022.pdf/7ee8c097-89e3-5cb5-35c6-8d6cb6c7babf/Hakudokumentti\\_+RENEWFM\\_2022.pdf?t=1682325226426](https://tem.fi/documents/1410877/157883284/Hakudokumentti_+RENEWFM_2022.pdf/7ee8c097-89e3-5cb5-35c6-8d6cb6c7babf/Hakudokumentti_+RENEWFM_2022.pdf?t=1682325226426)

European Commission. 2023. Renewable Energy Financing Mechanism Technology specific - Solar PV. Noudettu 19.12.2023 osoitteesta <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic->

details/renewfm-2022-tech-spec;callCode=null;freeTextSearchKeyword=;match-WholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501;programmePeriod=null;programCcm2Id=43253967;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=sortStatus;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicList-Key=topicSearchTablePageState

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. n.d. Uusiutuvan energian lupaneuvonta. Noudettu 25.11.2023 osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/aurinkoenergia>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 2022. Uusiutuvan energian tuotantolaitosten lupamenettelyt ja muut hallinnolliset menettelyt. Menettelykäsikirja hakijoille. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Energiamaailma. 2024. Aurinkoenergia. Noudettu 10.2.2024 osoitteesta <https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/aurinkovoima/>

Energiateollisuus. n.d. Energiamarkkinat. Noudettu 10.12.2023 osoitteesta <https://energia.fi/energiatietoa/energiamarkkinat/>

Energiateollisuus. 2024. Energiavuosi 2023, Sähkö. Noudettu 10.4.2024 osoitteesta [https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023\\_paivitetty.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023_paivitetty.pdf)

Energiaviisaat kaupungit. 2020. Näin rakennat energiaviisaan alueen hiilineutraalissa kaupungissa. 6Aika Energiaviisaat kaupungit- hankkeen opit alueiden energiaratkaisuihin.

Energy Institute. 2023. Statistical Review of World Energy – with major processing by Our World in Data. Primary energy consumption from solar power –

Using the substitution method. Energy Institute, Statistical Review of World Energy. Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://ourworldindata.org/grapher/primary-energy-consumption-from-solar>

Farja Y., Maciejczak M. 2021. Economic Implications of Agricultural Land Conversion to Solar Power Production. *Energies* 2021. 14(19) 6063. <https://doi.org/10.3390/en14196063>

Fingrid. n.d. Liittyminen kantaverkkoon. Noudettu 24.4.2024 osoitteesta <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/>

Finlex, 262/2023. Valtioneuvoston asetusenergiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista vuosina 2023–2027.

Finlex, 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki MRL.

FinSolar. 2016 Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa (liiketoimintaympäristö, investointien kannattavuus, rahoitus- ja hankintamallit, politiikkasuositukset), Aalto-yliopiston julkaisusarja Kauppa+talous 1/2016

Gaia Consulting. 2023. Vihreän siirtymän investointien vauhdittaminen Pohjanmaalla.

Hachem C., Athienitis A., Fazio P. 2012. Evaluation of energy supply and demand in solar neighborhood. *Energy and Buildings* 49 (2012) 335-347. doi:10.1016/j.enbuild.2012.02.021

Hausjärven kunta. 2023. Hikiän ja Kirkonkylän osayleiskaava 2023. Noudettu 12.4.2024 osoitteesta <https://www.hausjarvi.fi/asuminen-ja-rakentaminen/kaavoitus/yleiskaavat/voimassa-olevat-osayleiskaavat/hikian-ja-kirkonkylan-osayleiskaava-2023/>

Hirsjärvi, S. & Hurme H. 2015. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki. Gaudeamus Helsinki University Press.



Hu H., Vizzari D., Zha X., Roberts R. 2021. Solar pavements: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 152 (2021) 111712.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111712>

International Energy Agency, IAE. 2023. Average producer price for selected technologies, Q1 2015 to Q2 2023. Noudettu 15.12.2023 osoitteesta

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/average-producer-price-for-selected-technologies-q1-2015-to-q2-2023>

International Renewable Energy Agency. 2023 – processed by Our World in Data. Solar energy capacity. International Renewable Energy Agency, Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics. Noudettu 24.4.2024 osoitteesta

<https://ourworldindata.org/grapher/installed-solar-pv-capacity>

Kanters J. & Horvat M. 2012. Solar energy as a design parameter in urban planning. *Energy Procedia*. Volume 30, 2012, sivut 1143-1152

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.11.127>

Kauhanen, A. 2024. Yleiskaavainsinööri. Lappeenrannan kaupunki. Haastattelu 20.2.2024.

Kumar M., Niyaz H., Gupta R. 2021. Challenges and opportunities towards the development of floating photovoltaic systems. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 233 (2021) 111408. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2021.111408>

Lappeenrannan kaupunki. 2024. Kukkuroinmäen ja Konnunsuon osayleiskaava.

Noudettu 12.4.2024 osoitteesta <https://www.lappeenranta.fi/fi/asuminen-ja-rahentaminen/kaavoitus/yleiskaavoitus/vireilla-olevat-yleiskaavat/kukkuroinmaen-ja-konnunsuon-osayleiskaava>

Lobaccaro G., Groce S., Lindkvist C., Munari Probst M.C., Scognamiglio A., Dahlberg J. 2019. A cross-country perspective on solar energy in urban planning: Lessons learned from international case studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 108 (2019) 209 – 237. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.041>

Lumby, B. 2015. *Utility-scale solar photovoltaic power plants : a project developer's guide*. Washington, D.C. World Bank Group.

Maa- ja metsätalousministeriö, n.d. EU:n ilmasto- ja energiapolitiikka. Noudettu 1.12.2023 osoitteesta <https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/energia-ja-ilmastopolitiikka/eu-energia-ja-ilmastopolitiikka>

Mi-Ja S., Jae-Hwan L., Tae-Won S., Myung-Hee H., Je-Teak W. 2015. A Study on leasing space to install solar power systems Economic Evaluation. *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*. Volume 10 Issue 12. Pages 1373-1380. <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2015.10.12.1373>

Motiva. 2024. Syöttötariffi eli takuuhintajärjestelmä. Noudettu 15.1.2024 osoitteesta [https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/syottotariffi\\_eli\\_takuuhintajarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/syottotariffi_eli_takuuhintajarjestelma)

Netzker J. Jochen Netzker portfolio. Noudettu 10.3.2024 osoitteesta [https://stock.adobe.com/fi/contributor/205833148/jochen-netzker?load\\_type=author&prev\\_url=detail](https://stock.adobe.com/fi/contributor/205833148/jochen-netzker?load_type=author&prev_url=detail)

Pascaris A.S., Schelly C., Burnham L., Perace J.M. 2021. Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics. *Energy Research & Social Science* 75 (2021) 102023. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102023>

Patil Sujay S., Wagh M. M., Shinde N.N. 2017. A Review on Floating Solar Photovoltaic Power Plants. *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 8, Issue 6, June 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.051>

Pohjanmaan liitto. 2022. Aurinkoenergian tuotanto maankäytön ja aluesuunnittelun kysymyksenä Pohjanmaalla. Pohjanmaan liitto.

Poe C., Plovnick A., Hodges T., Hastings A., Dresley S. 2017. Highway Renewable Energy: Photovoltaic Noise Barriers. U.S. Department of Transportation.

Ramboll Finland Oy. 2021. Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050. Etelä-Pohjanmaan liitto.

Rodriguez-Gabriel A. 2016. Aurinkoenergiaa Suomessa – seminaari. Noudettu 1.2.2024 osoitteesta [https://sary.fi/images/2016/pdf/1030-Aurinkoenergia\\_kaavoituksessa-Ana\\_Rodriguez-12102016.pdf](https://sary.fi/images/2016/pdf/1030-Aurinkoenergia_kaavoituksessa-Ana_Rodriguez-12102016.pdf)

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? – Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston opetusjulkaisuja 62. Vaasan yliopisto.

Satakuntaliitto. 2016. Esiselvitys aurinkoenergian tuotantoalueista. Noudettu 10.12.2023 osoitteesta [https://satakunta.fi/wp-content/uploads/2021/05/101001204\\_Satakuntaliitto\\_Esiselvitys\\_aurinkoenergian\\_tuotantoalueista\\_20160428\\_LOPPURAPORTTI.pdf](https://satakunta.fi/wp-content/uploads/2021/05/101001204_Satakuntaliitto_Esiselvitys_aurinkoenergian_tuotantoalueista_20160428_LOPPURAPORTTI.pdf)

Satakuntaliitto. 2019. Satakunnan vaihemaakuntakaava 2. Selostus, osa A. Satakuntaliitto.

Singh, K, Hachem-Vermette, C, D’Almeida, R. 2023. Solar neighborhoods: the impact of urban layout on a large-scale solar strategies application. Scientific Reports 13, article number 18843 (2023). <https://doi.10.1038/s41598-023-43348-8>

Soininen, A. 2024. Kehitysryhmäpäällikkö ja toimitusjohtaja. EPV Aurinkovoima Oy. Haastattelu 12.2.2024

SolaPower Europe. 2023a. EU Market Outlook for Solar Power 2023 – 2027. Noudettu 18.12.2023 osoitteesta [https://api.solarpowereurope.org/uploads/Solar\\_Power\\_Europe\\_EU\\_Market\\_Outlook\\_2023\\_v03\\_deca570a83.pdf](https://api.solarpowereurope.org/uploads/Solar_Power_Europe_EU_Market_Outlook_2023_v03_deca570a83.pdf)

SolarPower Europe. 2023b. Global Market Outlook for solar power 2023–2027. Noudettu 18.12.2023 osoitteesta [https://api.solarpowereurope.org/uploads/Global\\_Market\\_Outlook\\_2023\\_2027\\_report\\_18b86a4568.pdf](https://api.solarpowereurope.org/uploads/Global_Market_Outlook_2023_2027_report_18b86a4568.pdf)

Sunpaneeli. 2023. Vaikuttaako aurinkopaneelit lämpösaarekeilmiöön? Noudettu 8.2.2024 osoitteesta <https://sunpaneeli.fi/vaikuttaako-aurinkopaneelit-lamposaarekeilmioon/>

Telaranta, J. 2024. Ylitarkastaja. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. Haastattelu 21.2.2024.

Tuulivoimayhdistys, n.d. Uusiutuvan energian tukeminen. Noudettu 30.4.2024 osoitteesta <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/taloudellisuus/uusiutuvan-energian-tukeminen>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2023a. Luxemburg tukee Suomeen sijoittuvia aurinkoenergiaprojekteja 40 miljoonalla eurolla EU-mekanismin kautta. Noudettu 19.12.2023 osoitteesta <https://tem.fi/-/luxemburg-tukee-suomeen-sijoittuvia-aurinkoenergiaprojekteja-40-miljoonalla-eurolla-eu-mekanismin-kautta>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2023b. Uusiutuvan energian RED III -direktiivi voimaan marraskuussa – Työryhmä selvittämään bioenergian kestävyteen liittyvän lainsäädännön muutostarpeita. Noudettu 19.12.2023 osoitteesta <https://tem.fi/-/uusiutuvan-energian-red-iii-direktiivi-voimaan-marraskuussa-tyoryhma-selvittamaan-bioenergian-kestavyyteen-liittyvan-lainsaadannon-muutostarpeita>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2023c. uusiutuvan-energian-direktiivista-saavutettukunnianhimoinen-sopu-eu-n-trilogineuvotteluissa. Noudettu 19.12.2023 osoitteesta <https://tem.fi/-/uusiutuvan-energian-direktiivista-saavutettu-kunnianhimoinen-sopu-eu-n-trilogineuvotteluissa>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2022. Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. Noudettu 19.12.2023 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-811-0>

Uudenmaan liitto. 2017. Uudenmaan aurinkoenergiaselvitys- Aurinkoenergian tuotannon edistämisen mahdollisuudet Uudellamaalla.

Vaasan kaupunki. 2023. Vaasan yleiskaava 2040 Osallistumis- ja arviointisuunnitelma. Noudettu 16.2.2023 osoitteesta <https://www.vaasa.fi/uploads/2023/05/92048f46-vaasan-yleiskaavan-2040-oas-9.5.2023.pdf>

Valtioneuvosto. 2023. Vahva ja välittävä Suomi – Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:58

Vattenfall. n.d. Aurinkovoima. Noudettu 10.2.2024 osoitteesta <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/aurinkovoima/>

Vierto, L. 2024. Tiiminvetäjä. Ilmatar Energia Oy. Haastattelu 19.2.2024

Ympäristöministeriö. 2023. Aurinkovoimaloiden kaavoituksen ja lupamenettelyn tueksi valmistellaan opas. Noudettu 22.12.2023 osoitteesta <https://ym.fi/-/aurinkovoimaloiden-kaavoituksen-ja-lupamenettelyn-tueksi-valmistellaan-opas>.

Ympäristöministeriö. 2024a. Aurinkovoimaloiden kaavoitus ja lupamenettelyjen opasaineiston taustaselvitys. Noudettu 1.4.2024 osoitteesta [https://api.hankeikuna.fi/asiakirjat/8cd9eaa5-a3cd-46a9-87a8-e86990ece186/34712720-ddd8-44e7-8fb4-8edcfc0ab046/JULKAISU\\_20240130115646.pdf](https://api.hankeikuna.fi/asiakirjat/8cd9eaa5-a3cd-46a9-87a8-e86990ece186/34712720-ddd8-44e7-8fb4-8edcfc0ab046/JULKAISU_20240130115646.pdf)

Ympäristöministeriö. 2024b. Kansainvälinen ilmastopolitiikka. Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://ym.fi/kansainvalinen-ilmastopolitiikka>

Ympäristöministeriö. 2024c. Aurinkovoimarakentaminen. Noudettu 8.2.2024 osoitteesta <https://ym.fi/aurinkovoimarakentaminen>

Ympäristöministeriö. 2024d. Rakentamislaki. Noudettu 25.4.2024 osoitteesta <https://ym.fi/rakentamislaki>

## LIITTEET

### LIITE 1 Haastattelukysymykset Haastattelukysymykset

#### Perustiedot:

Nimi?

Ammatti / tehtävänimike?

Organisaatio?

Koulutus?

Ammatillinen työkokemus vuosina?

Miten kauan olet työskennellyt aurinkovoiman parissa?

#### Teema: Aurinkovoima yleisesti

Millaisena näet aurinkovoiman maineen Suomessa?

Mitä ajattelet aurinkovoimasta osana ilmastonmuutoksen torjuntaa?

Millaiset tekijät mielestäsi vaikuttavat aurinkovoima-alan kehittymiseen?

#### Teema: Aurinkovoiman sijoittelu rakennetussa ympäristössä

Millaisia alueita aurinkovoiman suunnittelussa tulisi mielestäsi suosia?

Jos ajatellaan aurinkovoimaa rakennetussa ympäristössä, niin mitä hyötyjä/haittoja siinä näet?

Mitkä kriteerit mielestäsi ovat tärkeimmät, kun mietitään aurinkovoiman sijoittelua?

Mitkä kriteerit ovat mielestäsi vähiten tärkeitä, kun mietitään aurinkovoiman sijoittelua?

Mitä synergiaetuja aurinkovoimalla on?

#### Teema: Aurinkovoiman ympäristövaikutukset

Mitä ympäristövaikutuksia koet aurinkovoimalla olevan?

Mikä on mielestäsi aurinkovoiman merkittävin ympäristövaikutus?

Mikä on mielestäsi tehokkain keino minimoida ympäristövaikutuksia?

Olisiko mielestäsi ympäristövaikutusten arvio tarpeellinen kaikille aurinkovoima hankkeille?

#### Teema: Aurinkovoima kaavoituksessa

Miten mielestäsi asema/yleiskaavoituksella voidaan edistää aurinkovoiman lisäämistä eri mittakaavoissa?

Miten mielestäsi yleiskaavoituksessa tulisi huomioida aurinkovoima eri mittakaavoissa?

Onko kaavoitus mielestäsi tehokas keino lisätä aurinkovoimaa?