



Uudenmaan liitto  
Nylands förbund



# UUDENMAAN AURINKOENERGIASELVITYS

Aurinkoenergian tuotannon edistämisen  
mahdollisuudet Uudellamaalla

**Uudenmaan liiton julkaisu E 193 - 2017**  
**ISBN 978-952-448-483-1**  
**ISSN 2341-8885**

Verkojulkaisu  
Helsinki 2017

**Uudenmaan liitto // Nylands förbund**  
**Helsinki-Uusimaa Regional Council**

Esterinportti 2 B • 00240 Helsinki • Finland  
+358 9 4767 411 • [toimisto@uudenmaanliitto.fi](mailto:toimisto@uudenmaanliitto.fi) • [uudenmaanliitto.fi](http://uudenmaanliitto.fi)

# KUVAILULEHTI

## Julkaisun nimi

Uudenmaan aurinkoenergiaselvitys – Aurinkoenergian tuotannon edistämisen mahdollisuudet Uudellamaalla

## Julkaisija

Uudenmaan liitto

## Tekijä

Uudenmaan liitto ja Ramboll Finland Oy

**Julkaisusarjan nimi ja sarjanumero** Uudenmaan liiton julkaisuja E 193  
**Julkaisu-aika** 2017

**ISBN** 978-952-448-483-1  
**ISSN** 2341-8885

**Kieli** suomi  
**Sivuja** 74

## Tiivistelmä

Uusiutuvan energian tuotantoon ja sen kehittämiseen investoidaan nyt enemmän kuin koskaan aiemmin. Kansainvälistä uusiutuvan energian tuotannon kasvua hallitsevat aurinko- ja tuulienergia. Vuonna 2016 yli puolet maailman uudesta sähköntuotantokapasiteetista oli uusiutuvaa energiaa ja verkkoon liitetyn aurinkosähkön tuotanto kasvoi 50 % verrattuna edelliseen vuoteen. Aurinkoenergian tuotantoa lisättiin maailmassa vuonna 2016 ensimmäistä kertaa enemmän kuin tuulivoiman.

Tämän selvitystyön tavoitteena on kartoittaa teollisen mittakaavan aurinkosähkön tuotannon nykytilaa Suomessa ja Uudellamaalla sekä käsitellä aurinkoenergiarakentamisen ohjaustarvetta ja -keinoja eri suunnittelutasoilla. Työ rajataan useamman sadan kilowatin ja sitä suurempien aurinkoenergiajärjestelmien ja -voimaloiden tarkasteluun. Näistä puhutaan teollisen mittakaavan laitoksina, vaikka järjestelmällä tuotettaisiin sähköä vain kiinteistön omaan käyttöön.

Valtaosa Suomen aurinkoenergiajärjestelmistä on kattoasenteisia ja kokoluokaltaan alle 1 MW laitoksia suurin osa pieniä alle 100 kW järjestelmiä. Aurinkovoimalalla tarkoitetaan järjestelmiä, joista sähkö syötetään verkkoon. Esimerkkejä voimalakäytöstä kattoasenteisissa järjestelmissä ovat mm. Helenin Kivikon (0,853 MW) ja Suvilahden (0,340 MW) voimalaitokset. Maaperusteinen aurinkosähkön tuotanto on Suomessa vielä suhteellisen uutta. Ensimmäinen maaperusteinen voimala oli Keravan energian aurinkovoimala (0,250 MW, 2016). Rakenteilla ja suunnitteilla on yhä enemmän ja yhä suuremman kokoluokan tuotantolaitoksia. Suomessa suurimman kokoluokan laitoksia on rakenteilla muun muassa Nurmossa (6 MW) ja suunnitteilla Raumalla (8,7 MW).

Aurinkovoimalan kannattavuus riippuu pitkälti säteilyn määrästä, siitä kuinka hyvin säteily saadaan hyödynnettyä, sähkön hinnasta ja investointikustannuksista. Kannattavuutta on viime vuosina parantanut paneelien hintojen laskeminen ja heikentänyt sähkön matala hinta. Kymmenessä vuodessa aurinkoenergian tuotantokustannukset ovat laskeneet noin 75 %. Investointikustannukset energiayksikköä kohti ovat markkinan ja teknologian kehittymisen myötä laskeneet viidesosaan viimeisen 5–10 vuoden aikana. Aurinkoenergiainvestointien taloudellisuuteen vaikuttavat myös poliittiset ohjauskeinot, kuten eri energiamuotojen verotus, energiatuet, syöttötariffi ja päästökauppa. Viime vuosien matalilla sähkönhinnoilla taloudellisesti kannattavinta on ollut tuottaa aurinkosähköä samassa kiinteistössä käytettäväksi.

Teollisen mittakaavan aurinkosähkön tuotanto on Suomessa taloudellisesti kannattavaa, jos aurinkoenergialla korvataan ostoenergiaa, investointien kannattavuuden laskenta-aikana käytetään riittävän pitkää aikajaksoa (esim. takuu-aika 25 v.) ja investoinnille saadaan energiatukea tai vastaavaa tukea tasolla 25-30 %. Isoimpien hankkeiden käynnistymiseen on vaikuttanut niiden saama hallituksen kärkihankerahoitus, joka on ollut enimmillään 40 % kustannuksista.

Elinkeinotoiminnan näkökulmasta aurinkosähkön tuotantoa kannattaa edistää; erikokoiset aurinkoenergiajärjestelmät voivat toimia kehitysalustana ja kotimarkkinareferenssinä uusille aurinkoenergiaratkaisujen vientituotteille. Yksikkökustannusten aleneminen, älykkäät sähköverkot ja sähkön varastointiratkaisujen kehittyminen (mukaan lukien sähköautojen akustojen hyödyntäminen) edistävät sekä suurten että pienten aurinkoenergiajärjestelmien rakentamista.

Uudellamaalla pyritään Uusimaa-ohjelmaan kirjatus hiilineutraaliustavoitteen mukaisesti vauhdittamaan ilmastoviisaan, monimuotoisen ja kestäväan maakunnan kehittämistä. Uudellamaalla tehtävät ratkaisut vaikuttavat merkittävästi koko Suomen päästöihin. Uudellemaalle ei ole toistaiseksi rakennettu suuria maaperusteisia aurinkoenergian tuotantolaitoksia. Fossiilista polttoaineista irtautumiseksi tarvitaan pitkäjänteistä energiajärjestelmän muutosta sekä ajoneuvokannan ja palveluinfran muuntamista tukemaan hiilineutraaliustavoitetta. Uudellamaalla on hyvät edellytykset lisätä aurinkoenergian käyttöä sekä tuottaa aurinkosähköä ja -lämpöä.

Aurinkoenergiatankkeet ovat yleensä luvitukseltaan kevyempiä ja nopeampia kuin esimerkiksi tuulivoima- tai biovoimalaitostankkeet. Kysymys siitä, pitäisikö aurinkovoimaloiden tai muiden suuren mittakaavan aurinkoenergiajärjestelmien suunnitteluun varautua maakuntakaavoituksessa kytkeytyä ennen muuta siihen, katsotaanko näillä olevan ylikunnallista suunnittelutarvetta tai ylikunnallisia ympäristövaikutuksia, ja onko perusteltua osoittaa aluevarauksia mahdollisille tuleville tankkeille pitkän aikavälin oikeudellisesti velvoittavassa suunnitelmassa. Tässä raportissa esitetään, että aurinkoenergian tuotantoa voidaan toteuttaa joustavasti erilaisille kaava-alueille, tyyppisesti paljon energiaa käyttävien kiinteistöjen yhteyteen. Erillistä kaavoituksellista ohjaustarvetta ei tunnistettu.

Kuntia aurinkoenergian hyödyntämiseen ohjaavat monet vapaaehtoiset energia- ja ilmastositoumukset, joissa asetetaan tavoitteet ilmastovaikutusten vähentämiseksi. Kunta-alan aurinkoenergian hyödyntämiseen ohjaavia sitoumuksia ovat mm. kuntien ilmasto- ja energiastrategiat, energiatehokkuussopimus, HINKU (hiilineutraalit kunnat), FISU-verkosto, kuntien ilmastokampanja, Covenant of Mayors ja useat muut. Vaikka monet Uudenmaan kunnat ovat mukana useimmissa näissä sitoumuksissa, on niiden realisoituminen usein myös poliittinen päätös.

Kuntien aktiivisuus ja tahtotila ilmastotavoitteiden osalta vaikuttaa myös aktiivisuuteen aurinkoenergiatankkeiden edistämiseksi. Konkreettisesti kunta voisi toimia esimerkinnäyttäjänä aurinkoenergian lisäämiseksi omissa kiinteistöissään. Kunnan rooli voisi olla aktiivisempi myös elinkeinoelämän ja tulevien asukkaiden suuntaan. Myös seudullisten ja valtakunnallisten toimijoiden roolia aurinkoenergiatankkeiden edistämiseksi tulisi kehittää. Tällainen toimija voisi esimerkiksi teettää selvityksen tavoitteista ja sitoutumisesta aurinkoenergiassa Uudenmaan kunnissa. Lisäksi kunnille voisi tarvittaessa tarjota apua aurinkoenergiatankkintojen kilpailuttamisessa. Tankkeiden käytännön edistämisen kannalta olennaista on saada aurinkoenergiatankkamisesta neutraalia ja puolueetonta tietoa, jota voisi tarjota esimerkiksi kuntien yhteinen energianeuvoja.

Aurinkoenergian tuotantoa voidaan maakuntakaavoituksessa edistää osana muuta uudistuvaa ja kehittyvää elinkeinoelämää. Maakuntakaavassa voidaan varmistua siitä, että teollisuudelle ja tuotannolle on riittävästi aluevarauksia ja aluevaraukset sallivat erityyppisen, monipuolisen elinkeinotoiminnan toteuttamisen. Tämä jättää suunnitteluvaraa tuleville tarpeille ja tarkemmalle suunnittelulle. Tärkeää on myös löytää hyviä sijainteja teollisuus- ja energiantuotantoalueille, jotka soveltuvat myös aurinkoenergian tuotantoon. Mahdollisia sijoituspaikkoja on Uudellamaalla runsaasti, koska tulevaisuuden tankkeista merkittävä osa voi olla niin sanottuja päällekkäiskäyttötankkeita. Vaihtoehtoiset sijaintipaikat konkretisoivat elinkeinoelämälle seudun energialiiketoiminnan mahdollisuuksia.

Selvityksen on laatinut Iris Broman (projektipäällikkö), Jukka Jalovaara, Mirja Mutikainen ja Risto Larmio Ramboll Finland Oy:stä ja se on toimitettu julkaisuksi yhdessä Uudenmaan liiton (Kaarina Rautio, Simo Haanpää, Liisa Hyttinen) kanssa. Vuorovaikutuksen osalta työhön osallistuivat myös Pasi Rajala ja Anne Vehmas Ramboll Finland Oy:stä.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Aurinkoenergia, aurinkosähkö, uusiutuva energia, Uusimaa, teollinen mittakaava

### **Huomautuksia**

Julkaisun pdf-versio löytyy verkkosivuiltamme [www.uudenmaanliitto.fi/julkaisut](http://www.uudenmaanliitto.fi/julkaisut).



# PRESENTATIONSBLAD

## Publikation

Uudenmaan aurinkoenergiaselvitys – Aurinkoenergian tuotannon edistämisen mahdollisuudet Uudellamaalla  
(Utredning av solenergin i Nyland – Möjligheterna att främja produktionen av solenergi i Nyland)

## Utgivare

Nylands förbund

## Författare

Nylands förbund, Ramboll Finland Oy

## Seriens namn och nummer

Nylands förbunds publikationer E 193

## Utgivningsdatum

2017

## ISBN

978-952-448-483-1

## ISSN

2341-8885

## Språk

finska

## Sidor

74

## Sammanfattning

I dagens läge investeras det mer än någonsin i förnybar energiproduktion och att utveckla den. Sol- och vindenergi dominerar den ökande produktionen av förnybar energi på internationell nivå. År 2016 utgjorde förnybar energi mer än hälften av världens elproduktionskapacitet och produktionen av solet som anslutits till elnätet ökade med 50 procent i förhållande till föregående år. År 2016 ökade produktionen av solenergi för första gången mer än vindkraften.

Syftet med denna utredning är att kartlägga den nuvarande produktionen av solet i industriell skala i Finland och Nyland och behandla styrningsbehovet och -metoderna för solenergibyggande på olika planeringsnivåer. Arbetet har avgränsats till att omfatta solenergisystem och solkraftverk med en effekt på flera hundra kilowatt eller mer. Dessa behandlas som kraftverk i industriell skala även om systemet endast skulle producera el för fastighetens eget bruk.

En majoritet av solenergisystemen i Finland är takinstallationer med en produktion på mindre än 1 MW – största delen är små system med en effekt på under 100 kW. Med ett solkraftverk avses system som matar in el på elnätet. Exempel på solkraftverk som fungerar med takanläggningar är till exempel Helens kraftverk i Stensböle (0,853 MW) och Södervik (0,340 MW). Solenergiproduktion med markanläggningar är fortfarande relativt nytt i Finland. Det första kraftverket med markanläggningar var Keravan energias solkraftverk (0,250 MW, 2016). Nu byggs och planeras allt flera och större produktionsanläggningar. Finlands största anläggningar byggs för närvarande i Nurmo (6 MW) och är under planering i Raumo (8,7 MW).

Hur lönsamt ett solkraftverk är beror till stor del på mängden strålning och hur väl strålningen kan tas till vara, samt på elpriset och investeringskostnaderna. Under de senaste åren har lönsamheten förbättrats till följd av att priset på solpaneler har sjunkit och försämrats i och med att elen är så förmånlig. Under tio års tid har kostnaderna för att producera solenergi sjunkit med ungefär 75 procent. Investeringskostnaderna per energienhet har i och med marknadens och teknologins utveckling sjunkit med en femtedel under de senaste fem till tio åren. Hur ekonomiskt lönsamma investeringar i solenergi är beror också på de politiska styrningsformerna, såsom beskattningen av olika energiformer, energistöd, inmatningstariffer och utsläppshandel. Under de senaste åren då elpriserna varit låga har det varit mest ekonomiskt lönsamt att producera solet som används i samma fastighet.

Solelproduktion i industriell skala lönar sig i Finland om den köpta energin ersätts med solenergi, en tillräckligt lång tidsperiod används för att beräkna investeringarnas lönsamhet (till exempel en garantitid på 25 år) och investeringarna får energistöd eller motsvarande som utgör 25–30 procent av kostnaderna. De största projekten har kunnat påbörjas med hjälp av spetsprojektfinansiering som beviljats av regeringen och som har utgjort högst 40 procent av kostnaderna.

Ur näringsverksamhetens perspektiv lönar det sig att främja produktionen av solenergi; solenergisystem av olika storlek kan fungera som utvecklingsplattformar och en hemmamarknadsreferens då det kommer till nya exportprodukter för solenergilösningar. Bygandet av såväl stora som små solenergisystem främjas med lägre enhetspriser, smarta elnät och utvecklade lösningar för lagring av el (inkluderar utnyttjande av elbilarnas batterier).

I Nyland strävar man i enlighet med målet om kolneutralitet som slagits fast i Nylandsprogrammet efter att påskynda utvecklingen av ett klimatsmart, mångsidigt och hållbart landskap. De beslut som tas i Nyland har stor betydelse för utsläppen i hela Finland. I Nyland finns tills vidare inga stora markanläggningar för solenergiproduktion. För att frigöra sig från fossila bränslen krävs en långsiktig förändring i energisystemet och att fordonsbeståndet och serviceinfrastrukturen förändras så att den stöder målet om kolneutralitet. I Nyland finns det goda förutsättningar för att öka användningen av solenergi och producera solenergi och -värme.

Tillståndsförfarandena i anslutning till solenergiprojekt är ofta enklare och snabbare än till exempel vad gäller vindkrafts- eller biokraftverksprojekt. Huruvida planeringen av solkraftverk eller andra stora solenergisystem ska tas i beaktande i planläggningen på landskapsnivå hänger framför allt ihop med om det anses finnas ett kommunöverskridande planeringsbehov angående dessa eller om de anses ha kommunöverskridande miljökonsekvenser och om det är motiverat att ange områdesreserveringar för eventuella framtida projekt i en långsiktig plan med rättsverkningar. I denna rapport framförs att solenergiproduktion kan förverkligas smidigt på olika planområden, vanligtvis i samband med fastigheter med hög energiförbrukning. Man identifierade inte något särskilt behov av att styra produktionen i planläggningen.

Det finns många frivilla energi- och klimatförbindelser som styr kommunernas användning av solenergi och som ställer upp mål för att minska klimatkonsekvenserna. Förbindelser som styr användningen av solenergi inom kommunsektorn är till exempel kommunernas klimat- och energisamarbetsavtal, kolneutrala kommuner HINKU, FISU-nätverket, kommunernas klimatkampanj, Covenant of Mayors och flera andra. Även om flera nyländska kommuner medverkar i dessa förbindelser behövs det ofta också ett politiskt beslut för att förverkliga dem.

Kommunernas aktivitet och strategiska avsikter vad gäller klimatmålen inverkar också på hur aktivt solenergiprojekt främjas. Rent konkret kan kommunen föregå som ett exempel och använda solenergi i sin egen fastighet. Kommunen kunde ha en mer aktiv roll också vad gäller näringslivet och blivande invånare. De regionala och riksomfattande aktörernas roll i främjandet av solenergiprojekt borde också utvecklas. En sådan här aktör kunde till exempel göra en utredning av de nyländska kommunernas solenergi- och förbindelser. Kommunerna kunde också erbjudas stöd med konkurrensutsättningen av solenergiupphandlingar. För att i praktiken kunna främja solenergiprojekt är det viktigt att få neutral och objektiv information om solenergibyggande. Det kunde erbjudas till exempel av en för kommunerna gemensam energirådgivare.

I planläggningen på landskapsnivå kan solenergiproduktionen främjas som en del av det övriga näringslivet som förnyas och utvecklas. Med landskapsplanen kan man försäkra sig om att det finns tillräckligt med områdesreserveringar för industri och produktion och att områdesreserveringarna möjliggör olika slags mångsidig näringsverksamhet. Det ger utrymme för kommande behov och noggrannare planering. Det är också viktigt att hitta bra områden för industri- och energiproduktion som också lämpar sig för solenergiproduktion. Det finns gott om potentiella förläggningsplatser i Nyland eftersom en betydande andel av de framtida projekten kan vara projekt med överlappande användningsändamål. De alternativa förläggningsplatserna ger näringslivet konkreta möjligheter för regionens energiförbrukning.

Utredningen har gjorts av Iris Broman (projektchef), Jukka Jalovaara, Mirja Mutikainen och Risto Larmio från Ramboll Finland Oy och den har sammanställts som en publikation i samarbete med Nylands förbund (Kaarina Rautio, Simo Haanpää, Liisa Hyttinen). I växelverkan kring arbetet medverkade också Pasi Rajala och Anne Vehmas från Ramboll Finland Oy.

### **Nyckelord (ämnesord)**

Solenergi, solenergi, förnybar energi, Nyland, industriell skala

### **Övriga uppgifter**

Publikationen finns i pdf-version på vår webbplats [www.uudenmaanliitto.fi/julkaisut](http://www.uudenmaanliitto.fi/julkaisut).

## Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	8
2. Aurinkoenergian tuotannon tekniset ja taloudelliset lähtökohdat .....	10
2.1 Aurinkovoimalan liittäminen sähköverkkoon .....	11
2.2 Energian varastointi osana aurinkosähkökonseptia .....	12
2.3 Aurinkoenergian tuotantokustannukset ja tuotannon kannattavuus .....	14
3. Liiketoiminnallinen näkökulma – teollisen mittakaavan aurinkosähkötuotannon kannattavuus .....	17
3.1 Aurinkosähkötuotannon liiketoimintapotentiaaliin vaikuttavat tekijät .....	17
3.2 Tukien ja verotuksen merkitys tuotannon kannattavuuteen.....	20
3.3 Teollisen mittakaavan tai suurempia aurinkovoimalaitoksia puoltavia tekijöitä .....	21
4. Aurinkoenergia tuotannollisena ja energiapoliittisena kysymyksenä.....	23
4.1 Kansainvälinen kehitys .....	23
4.2 Aurinkoenergian tuotanto Suomessa .....	26
5. Aurinkovoimalan ympäristövaikutukset ja sijoittumista ohjaavat kriteerit.....	30
5.1 Aurinkoenergian tuotannon reunaehdot ja tuotantoon soveltuvat alueet .....	30
5.2 Teollisen mittakaavan aurinkoenergian tuotantoalueen ympäristövaikutukset .....	34
6. Aurinkoenergia maankäytöllisenä kysymyksenä.....	41
6.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet .....	41
6.2 Aurinkoenergia maakunnan suunnittelussa.....	42
6.3 Esimerkkejä aurinkoenergian huomioimisesta muissa maakunnissa ja seudullisessa suunnittelussa.....	45
6.4 Aurinkoenergiarakentamisen ohjaus kuntien maankäytön suunnittelussa .....	52
6.5 Esimerkkejä aurinkoenergiahankkeiden kaavoituksesta ja lupamenettelyistä .....	54
7. Uudenmaan aurinkoenergiapotentiaali .....	61
7.1 Aurinkoenergia osana maakunnan ilmastotavoitteita .....	61
7.2 Uudenmaan soveltuvuus aurinkoenergian tuotantoalueeksi .....	63
7.3 Toteutuneet ja tiedossa olevat aurinkovoimalahankkeet Uudellamaalla .....	67
7.4 Johtopäätökset: Miten aurinkoenergiahankkeisiin tulisi Uudenmaan maankäytön suunnittelussa ja aluekehittämisessä suhtautua?.....	71
Lähdeluettelo .....	74

# 1. Johdanto

Uudenmaan liitossa on käynnissä Uusimaa-ohjelman (2018-2021) laatiminen ja koko Uudenmaan maakunnan kattavan maakuntakaavan, Uusimaa-kaava 2050:n valmistelu. Yksi Uusimaa-ohjelman sekä kaavan päätavoitteista on ilmastomuutokseen vastaaminen sekä luonnon ja luonnonvarojen kestävä käyttö. Kaavalla pyritään edistämään muun muassa Hiilineutraali Uusimaa 2050 -tiekartassa esitetyjä toimenpiteitä, joita on esitetty myös aurinkoenergian osalta. Valmisteilla olevassa Uusimaa-ohjelmassa pyritään kohti kunnianhimoisempaa hiilineutraaliustavoitetta.

Tiekartassa todetaan, että aurinkosähkön hyödyntäminen on monen yksityisen toimijan, kuten energiayhtiön, vastuulla. Paikallisella tasolla rakennusten katoille asennettavilla aurinkopaneeleilla voidaan merkittävästi lisätä aurinkosähkön määrää ja sitä kautta vähentää hiilidioksidipäästöjä. Maakunnan tasolla voidaan ottaa huomioon alueelle mahdollisesti syntyvän suuren kokoluokan aurinkovoimalan tarpeita muun muassa aluevarausten ja suunnittelumääräysten kautta. Lisäksi Uusimaa-ohjelmaan voidaan etsiä ja koota tavoitteita ja toimenpiteitä, joilla edistetään aurinkovoiman käyttöä.

Nyt laadittu selvitys palvelee Uusimaa-ohjelman 2.0 ja kokonaismaakuntakaavan 2050 valmistelua. Selvitystyön tavoitteena on kartoittaa teollisen mittakaavan aurinkoenergiatuotannon nykytilaa Suomessa ja Uudellamaalla sekä käsitellä aurinkoenergiarakentamisen ohjaustarvetta ja -keinoja eri suunnittelutasoilla. Selvityksessä pohditaan myös Uudenmaan erityispiirteitä tuotantoalueena ja erityisesti maaperusteiselle tuotannolle soveltuvia niin sanottuja sekundääriseen käytön alueita. Lisäksi selvityksessä tuodaan esiin aurinkoenergian tuotannon edistämisen keinoja ja haasteita tuotannon kannattavuuden ja aurinkoenergiatoimijoiden välisen yhteistyön näkökulmasta.

Aurinkoenergialla tarkoitetaan tässä raportissa aurinkosähkön tuotantoa (erotukseksi aurinkolämmön tuotannosta) ja aurinkoenergian tuotantolaitoksella tai aurinkovoimalalla aurinkosähkön tuotantolaitosta, tyypillisesti aurinkopaneelikenttää. Teollisen mittakaavan laitoksilla työssä tarkoitetaan useamman sadan kilowatin ja sitä suurempien aurinkoenergiajärjestelmiä, huomioimatta sitä, tuotetaanko järjestelmällä sähköä valtakunnan verkkoon vai vain kiinteistön omaan käyttöön. Järjestelmistä, joiden koko tuotanto syötetään sähköverkkoon, puhutaan aurinkovoimaloina.

Osana selvitystyötä järjestettiin kuntien ja energiatoimijoiden yhteinen asiantuntijaseminaari hyvien käytäntöjen ja kokemusten jakamiseksi. Seminaarissa käsiteltiin aurinkoenergiateeman merkitystä maakuntakaavoituksessa ja alueidenkäytön suunnittelussa sekä koottiin näkemyksiä siitä, millaisilla tekijöillä on vaikutusta aurinkoenergian tuottamisen kannattavuuteen nyt ja tulevaisuudessa ja miten aurinkoenergiahankkeiden toteuttamista voitaisiin parhaiten edistää.

Aurinkoenergian asiantuntijaseminaariin lähetettiin laajasti kutsuja – edustettuina paikan päällä olivat seuraavat tahot:

#### **Uudenmaan kunnat:**

Espoon kaupunki  
Hangon kaupunki  
Kirkkonummen kunta  
Mäntsälän kunta  
Nurmijärven kunta  
Raaseporin kaupunki  
Tuusulan kunta

#### **Ministeriöt:**

Työ- ja elinkeinoministeriö  
Ympäristöministeriö

#### **Virastot, aluehallinto, kuntayhtymät:**

Energiavirasto  
Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY)  
Uudenmaan ELY-keskus  
Uudenmaan liitto

#### **Yliopistot, tutkimus:**

Aalto-yliopisto  
Aurinkoteknillinen yhdistys ry

#### **Kehittämissyhtiöt:**

Novago Yrityskehitys Oy (Länsi-Uusimaa)  
Posintra Oy (Itä-Uusimaa)

#### **Energiayhtiöt:**

Fortum Oyj  
Helen Oy  
Nivos Energia Oy

#### **Laitte- ja järjestelmätoimittajat sekä maahantuojat:**

Naps Solar System Oy  
Putkipiste Oy



**Verkkoyhtiöt:**

Fingrid  
Caruna Oy  
Nurmijärven Sähköverkko Oy

**Muut asiantuntijayhtiöt:**

Motiva Oy  
Soleco Oy  
Ramboll Finland Oy

Asiantuntijaseminaarissa haettiin eri näkökulmista vastuksia seuraavaan ydinkysymykseen: Tulisiko maakunnan suunnittelussa ja kaavoituksessa varautua teollisen mittakaavan aurinkosähkön tuotantoon? Miten ja miksi?

Työryhmätyöskentelyn pohjustukseksi seminaarissa kuultiin Fortumilta (Jan Loikkanen), Heleniltä (Atte Kallio), Aalto-yliopistolta (Karoliina Auvinen) sekä Hangon kaupungilta (Denis Strandell) puheenvuorot aurinkoenergian hyödyntämisen tilanteesta ja mahdollisuuksista niin kansainvälisellä tasolla kuin kansallisella tasolla Suomessa ja Uudellamaalla. Työryhmissä jatkettiin keskustelua aiheen parissa syventyen kolmeen eri katsantokantaan:

Alueidenkäytön näkökulma – Aurinkoenergian tuotantolaitoksen ympäristövaikutukset ja sijoittumiskriteerit

- Millaiset alueet lähtökohtaisesti soveltuvat teollisen mittakaavan maaperustaisen aurinkoenergian tuottamiseen?
- Tarvitaanko aluevarauksia aurinkoenergiatuotantoa varten vai voiko tuotannon sijoittaa muille alueille?
- Millaisia ympäristövaikutuksia on teollisen mittakaavan aurinkoenergian tuotantolaitoksella? Miten ympäristövaikutukset rajoittavat tuotantoalueiden sijoittamista?
- Miten Uusimaa nähdään aurinkoenergian tuotantoalueena? Mikä puoltaa hankkeen sijoittumista Uudellemaalle?

Liiketoiminnallinen näkökulma – Milloin teollisen mittakaavan aurinkoenergiantuotanto lyö leiville?

- Ovatko teollisen mittakaavan aurinkovoimalaitokset Suomessa ja Uudellamaalla tulevaisuutta? Miksi? Miksi ei?
- Mitkä ovat aurinkoenergian tuotannon hankekokoja ohjaavat tekijät?
- Mitkä ovat tärkeimmät aurinkosähkötuotannon liiketoimintapotentiaaliin (kannattavuuteen) vaikuttavat tekijät?

Tiedon ja yhteistyön näkökulma – Miten aurinkoenergiainhankkeiden toteutusta voitaisiin Uudellamaalla edistää?

- Tarvitaanko uudentyypisiä toimijaverkostoja ja toimintamalleja?
- Millaisia julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyömuotoja pitäisi olla?
- Mikä on maakunnan ja kuntien rooli aurinkoenergian edistämässä?
- Voidaanko julkisten hankintojen uusia toimintamalleja hyödyntää?
- Onko hankkeita kariutunut yhteistyöongelmiin?

Asiantuntijaseminaarin tulokset on hyödynnetty selvityksen sisällössä, erityisesti luvussa 3, jossa käsitellään teollisen mittakaavan aurinkoenergiatuotannon edistämisen tavoitteita, keinoja ja haasteita.

## 2. Aurinkoenergian tuotannon tekniset ja taloudelliset lähtökohdat

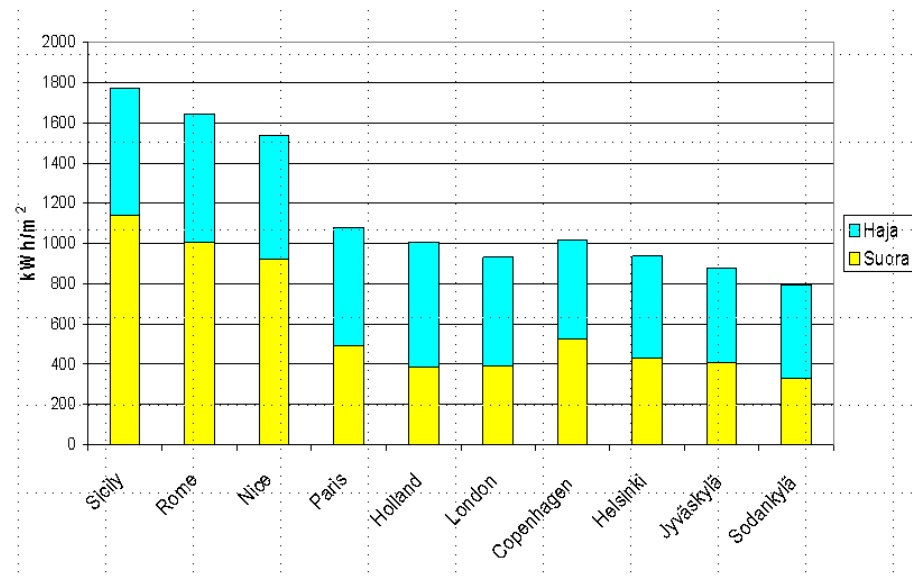
Aurinkoenergiasta tuotetaan sähköä aurinkopaneeleilla, joilla auringonsäteilyä voidaan muuttaa sähköksi noin 15–20 prosenttia. Parhailla tekniikoilla päästään jopa lähes 50 prosentin hyötysuhteeseen, mutta toistaiseksi halvemman tekniikan paneeleilla saavutetaan parempi kustannustehokkuus.

Aurinkopaneelien tuottama tasavirtasähkö muutetaan vaihtosuuntaajalla eli inverttereillä 230 voltin sähköverkkoon sopivaksi vaihtovirraksi. Jos aurinkoenergiaa tuotetaan yli oman tarpeen, voidaan ylijäämäsähkö syöttää valtakunnanverkkoon. Tällä hetkellä on vielä sähköyhtiökohtaista, maksetaanko kyseisestä ylijäämäsähköstä korvausta.

Aurinkopaneelin huippu- ja nimellisteholla (MWp = MWpeak) tarkoitetaan sähkötehoa, jonka paneeli tuottaa, kun auringon säteily kohtaa paneelin +25°C asteen lämpötilassa, 35° kulmassa auringon säteilytehon ollessa 1000 W/m<sup>2</sup>. Paneelin todellinen teho riippuu aurinko-olosuhteista, asennuspaikasta ja suuntauksesta. Tässä raportissa mainitut teholut (MW, kW) ovat aina huipputehoja, ellei toisin mainita.

Suomessa säteilyn määrä vuositasolla vaihtelee Helsingin leveysasteen noin 1100 kWh/m<sup>2</sup>:stä aina Sodankylän noin 850 kWh/m<sup>2</sup>.

Helsingin säteilymäärissä vaakasuoralle pinnalle jäädyän lähes puoleen Etelä-Euroopan säteilymääristä (kuva alla). Suomen aurinkoenergian tuotantopotentiaalia suhteessa Etelä-Eurooppaan kuitenkin parantaa hieman se, ettei paneeleja asenneta vaakasuoraan vaan ne kallistetaan hyödynnettävän säteilymäärän optimoimiseksi.



Kuva 1. Vuotuinen auringon kokonaissäteily vaakasuoralle pinnalle. (Lähde: Fortum Oyj)

Aurinkopaneeleja on asennettu katoille, rakennusten julkisivuihin, maahan tai kelluville perustoille. Maakuntakokoluokan voimalaitokset ovat tyypillisesti maaperusteisia.

Valtaosa Suomen aurinkovoimasta on kattoasenteisia ja kokoluokaltaan alle 1 MW laitoksia – suurin osa on pieniä alle 100 kW järjestelmiä. Pienet nimellistehoaltaan alle 100 kVA järjestelmät on vapautettu energiaverosta, mikäli tuotettu sähkö käytetään itse. Aurinkosähkön voimalakäytöllä tarkoitetaan järjestelmiä, joista sähkö syötetään verkkoon. Esimerkkejä voimalakäytöstä kattoasenteisissa järjestelmissä ovat mm. Helenin Kivikon (0,853 MW) ja Suvilahden (0,340 MW) voimalaitokset.

Maaperusteinen aurinkosähkön tuotanto on Suomessa vielä suhteellisen uutta. Ensimmäinen maaperusteinen voimala oli Keravan energian aurinkovoimala (0,250 MW, 2016). Tämän jälkeen maaperusteisia voimalaitoksia on rakennettu kaksi, rakenteilla on kolme ja suunnitella kaksi. Maaperusteinen ratkaisu onkin tyypillistä suuremman kokoluokan tuotantolaitoksille, eli varsinaisille teollisuusmittakaavan voimalaitoksille.

Taulukko 1. Maaperusteisia tuotantolaitoksia Suomessa.

		Huipputeho (MWp)	Pinta-ala (ha)
<b>Rauma Solar Park</b>	suunnitteilla	8,7	40
<b>Nurmon Aurinko Oy</b>	rakenteilla (2018)	6	4-6 (osa katoille)
<b>Lempäälän Energia Oy</b>	rakenteilla (2019)	4	8-10
<b>Salo Energia Oy</b>	rakenteilla (2017)	1-2,5	3
<b>Sallila Energia Oy, Loimaa</b>	valmis (2016)	0,735	N/A
<b>Suomen Voima Oy, Hamina</b>	valmis (2016)	0,720	N/A
<b>Etelä-Savon Energia Oy, Mikkeli</b>	valmis (2017)	0,300	N/A
<b>Keravan Energia Oy</b>	valmis (2016)	0,250	N/A

## 2.1 Aurinkovoimalan liittäminen sähköverkkoon

Tekniset vaatimukset täyttävällä sähköä tuottavalla voimalaitoksella on oikeus tulla liitetyksi alueen sähköverkkoon. Sähköverkonhaltijalla on liittämisvelvollisuus toiminta-alueellaan. Aurinkosähkön liityntätapa sähköverkkoon riippuu paljon järjestelmän tehosta. Järjestelmän liittämällä saattaa, etenkin verkon pienjännitteisissä osissa olla vaikutusta sähkön laatuun. Tämä rajoittaa aurinkosähkötuoannon lisäämistä pienjänniteverkkoihin.

Suuremmat teollisuuskokoluokan aurinkovoimalat voivat vaikuttaa koko sähköverkon rakenteeseen. Aurinkoenergian tuotanto on vaihtelevaa ja se tulee huomioida tuotantoa verkkoon liitettäessä. Voimalan tulee pystyä toimimaan verkon jännitteen ja taajuuden vaihdellessa. Sähköverkon haltijalta tulee aina varmistaa voimassaolevat sähköverkon liittymis- ja turvallisuusvaatimukset.

Energiateollisuus ry on julkaissut ohjeet sähköntuotantolaitoksen liittämisestä jakeluverkkoon ja liittymistehokapasiteetit tulee aina varmistaa tapauskohtaisesti verkonhaltijalta. Satakuntaliiton teettämässä esiselvityksessä aurinkoenergian tuotantoalueista (Energiateollisuus ry, 2011 ja Pöyry, 2016) esitettiin aurinkoenergian tuotantolaitosten verkkoliitynnän suuntaa-antavat periaatteet seuraavasti:

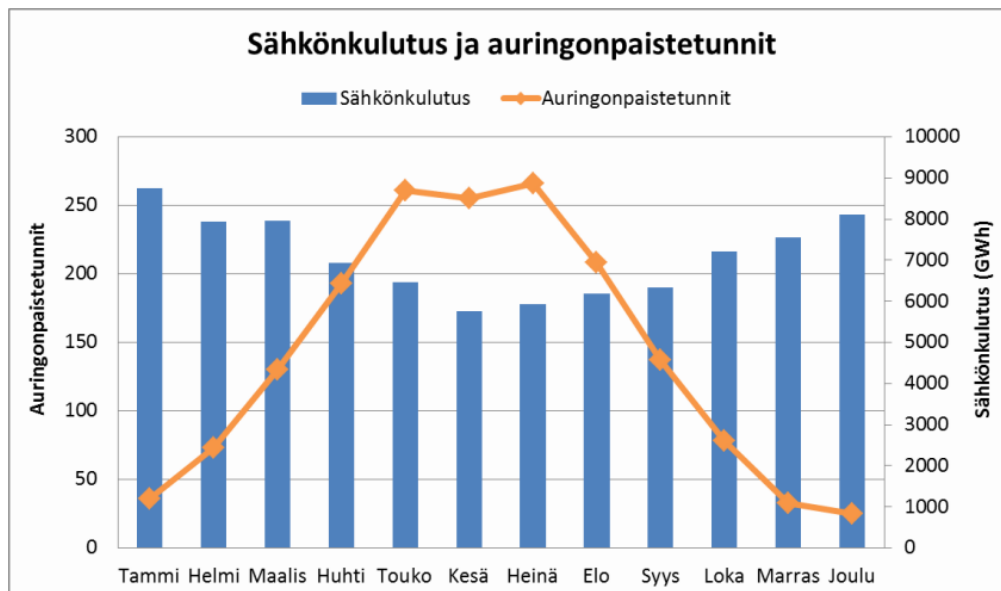
- Noin 0,1–2 MW tuotantolaitokset voidaan tapauskohtaisesti liittää 20 kV verkkoon tai haarajohtoihin.
- 2–15 MW tuotantolaitokset voidaan tapauskohtaisesti liittää 20 kV sähköasemaan.
- Noin 10–15 MW tuotantolaitokset voidaan tapauskohtaisesti liittää joko 20 kV:n sähköasemaan tai 110 kV:n suurjänniteverkkoon. Verrattuna keskijännitteeseen liityntään, liittyminen 110 kV:n verkkoon olisi kalliimpi ratkaisu ja nostaisi aurinkosähkön €/MWh -tuotantokustannusta noin 10 %. Tämä johtuu mm. 110 kV suurjänniteverkon tyypillisesti korkeammasta liittymismaksusta sekä liityntään tarvittavista 110 kV kytkinlaitteistoista. Mikäli liityntä on teknisesti mahdollinen, kannattaa 10–15 MW tuotantolaitokset liittää keskijänniteverkon sähköasemaan.

- Mikäli liityntä keskijänniteverkkoon on 10–15 MW tuotantolaitokselle teknisesti mahdollinen, on tuotantolaitoksen teknistaloudellisesti järkevä maksimietäisyys liittymispisteeseen noin 10–15 km. Tällöin voimalaitoksen teho voidaan siirtää tuotantolaitokselta liittymispisteeseen yhdellä keskijännitemaakaapelilla.
- Yli 15 MW tuotantolaitokset on lähtökohtaisesti liitettävä 110 kV:n verkkoon. Noin 15–25 MW kokoluokan laitokset, jotka liitetään 110 kV suurjänniteverkkoon, on suositeltavaa rakennuttaa mahdollisimman lähelle liittymispistettä, jotta liittymistä varten ei tarvitsisi rakentaa erillistä 110 kV liittymisilmajohtoa.
- Noin kokoluokkaa 50 MW olevilla tuotantolaitoksilla 110 kV liittymisjohdon rakennuttaminen nostaa tuotantokustannusta prosentuaalisesti huomattavasti vähemmän kuin pienempien tuotantolaitosten tapauksessa. Noin 50 MW tuotantolaitoksen teknistaloudellisesti kohtuullinen maksimietäisyys liittymispisteeseen on noin 15 kilometriä.
- Kokoluokkaa 100 MW olevilla tuotantolaitoksilla liittymisjohdon pituuden kasvattaminen vaikuttaa tuotantokustannukseen vain marginaalisesti. Tämänkokoiset tuotantolaitokset olisivatkin teoriassa mahdollista liittää jopa 30 km päähän.

## 2.2 Energian varastointi osana aurinkosähkökonseptia

Energian varastointi on oleellinen osa aurinkoenergiajärjestelmää ja energian varastoinnin haasteet ovat olleet tärkein este aurinkovoiman lopulliselle läpilyönnille. Kuukausittaista auringonpaistetuntien ja sähkönkulutuksen määrää tarkasteltaessa (kuva alla) havaitaan auringon paistavan eniten silloin, kun sähkönkulutus on pienintä.

Aurinkoenergian tuotanto on vaihtelevaa eikä vastaa aina ajallisesti kulutusta. Varastoinnilla voidaan tasata kulutuksen ja tuotannon vuorokaudenaikaisia vaihteluja sekä varmistaa tuotannon ja kulutuksen hetkellinen tasapaino verkossa silloin, kun aurinkovoimala ei tuota energiaa. Varastointi tarjoaakin ratkaisun moniin vaihtelevan ja sääriippuvan energiatuotannon haasteisiin. Perinteisesti sähköjärjestelmissä tuotanto on sopeutunut kulutuksen tarpeisiin, mutta aurinkovoimala tuottaa silloin, kun aurinko paistaa huolimatta siitä onko kulutusta vai ei. Aurinko- ja tuulienergian osuuden kasvamisen myötä koko energiajärjestelmään tarvitaan lisää joustavuutta. Varastoinnin lisääminen parantaa myös alueellista energiaomavaraisuutta vähentämällä tuontienergian tarvetta.



Kuva 2. Kuukausittainen sähkönkulutus ja auringonpaistetunnit Suomessa. Sähkönkulutustilasto edustaa keskimääräistä kuukausittaista kokonaiskulutusta Suomessa ajanjaksolla 12/2006-11/2015 (Energiateollisuus ry 2015). Auringonpaistetunnit ovat kuukausittaisia keskiarvoja Jokioisten sääaseman 30 vuoden havaintotilastoista 1981-2010 (Pirinen ym. 2012). Kuvalähde: Pöyry Finland Oy, 2016.

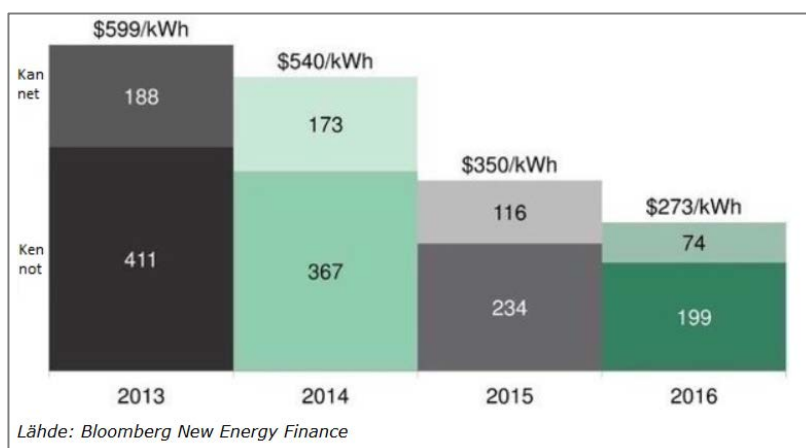
Pienissä kiinteistökohtaisissa järjestelmissä lyhytaikainen varastointi on yleistä ja se toteutetaan joko sähköakulla tai lämminvesivaraajalla. Vaihtelevan sähköntuotannon lisääntyessä varastoinnin merkitys osana energiajärjestelmää on kasvanut. Aurinko- ja tuulivoiman lisääntyessä lisääntyvät myös tuotantohuiput, jolloin tarjolla on edullista tai jopa ilmasta energiaa. Tämä on lisännyt varastoinnin kannattavuutta sekä kiinnostusta varastointiteknologioiden kehittämiseen.

## Varastointiteknologiat

### Sähköakku

Sähköakku on sähkökemiallinen varasto. Maailmalla suosituimmat energiavarastointiin käytetyt sähköakku tyypit ovat natrium-rikki-, litium-ion-, lyijy-happo-, nikkeli-kadmiumakku (NiCd) ja virtausakku.

Akkuteknologia sähkön säilömiseksi on kehittynyt hämmäyttävän hitaasti, mutta hintakehitys on ollut lupaavaa. Esimerkiksi sähköautojen akkujen hinnat ovat laskeneet 40 % vuodesta 2010 ja litiumakkujen hinnat ovat lähes puolittuivat vuosina 2014–2016. Akkujen tuotannon kaksinkertaistuksessa on hintojen arvioitu laskevan 20 %. (Tulevaisuuden energia 2030...2050, Tekes / Bloomberg New Energy Finance)



Kuva 3. Akkujen hinnat laskevat nopeasti.

Sähköakkuja on Uudellamaalla mm. Helsingin Suvilahdessa (Helen) ja Järvenpäässä (Fortum). Nämä ratkaisut on toteutettu merikonttiin.



Kuva 4. Helen Suvilahden sähköakku (teho: 1,2 MW, Energiakapasiteetti 600 kWh, koko 12x2x2 metriä, investointikustannus noin 2 miljoonaa euroa) (kuva: [www.helen.fi](http://www.helen.fi))

Sähköautoilun lisääntyessä ja infrastruktuurin kehittyessä lataukseen kytkettyjä sähköautojen akkuja on ajateltu käytettävän tilapäisenä energiavarastona lataamalla niitä matalan kuormituksen

aikana ja syöttämällä tehoa verkkoon korkean kulutuksen aikana. Sähköautojen hyödyntäminen verkon varavoimana vaatii vielä lisäkehitystä ja sähköautojen suosion lisääntymistä.

### **Sähköstä kaasuksi -tekniikka**

Sähköstä kaasuksi on tekniikka, jossa sähköenergialla vedestä tehdään vetyä tai metaania. Haasteena energiamuodosta toiseen vaihtamisessa on järjestelmän kokonaishyötysuhteen pieneneminen. Menetelmällä on merkitystä eri energijärjestelmien integraatiossa mahdollistamalla aurinkosähkön hyödyntämisen esimerkiksi kaasuautoissa. Tulevaisuudessa polttokennoilla voidaan varastoida esimerkiksi auringosta saatua sähköä pitkäaikaisesti kaasumaiseen muotoon.

Eräs lupaavimmista varastoinnin kehityslinjoista on ollut ylimääräisen aurinkosähkön käyttäminen vedyn valmistamiseen. (power-to-gas). Vety käy sellaisenaan polttoaineeksi esimerkiksi sähkön tuottamiseen polttokennoissa. Se sopii siten myös liikennepolttoaineeksi. Nykyisin vety valmistetaan teollisesti pääosin fossiilista hiilivedyistä, mikä ei tee siitä kovin fiksua polttoainetta. Valmistaminen vedestäkin onnistuu, mutta vaatii kalliita katalyyttejä kuten platinaa. Katalyyttinä toimiva platina on onnistuttu korvaamaan noin tuhat kertaa edullisemmalla koboltilla. Lisäksi tarvitaan fosforia ja rikkiä, jotka ovat yleisiä ja halpoja alkuaineita.

### **Pumppuvoimalaitos**

Pumppuvoimalaitoksella sähköenergia varastoidaan ylä-altaaseen veden potentiaalienergiaksi pumpaamalla vettä takaisin vesivoimalaitoksen ala-altaaseen. Pumppuvoimalaitoksen ideana on hyödyntää energiantuotantohiippujen aikaan halpaa sähköä pumppaukseen, ja kun sähkö on kallista, varastoitunut energia käytetään sähköntuotantoon. Pumppuvoimalaitokset ovat selvästi varastokapasiteetiltaan merkittävin varastoinnin muoto maailmalla. Pumppuvoimalaitoksen hyödyntämismahdollisuudet ovat tilan infrastruktuuritarpeiden takia rajalliset Suomessa.

### **Paineilmavarastot**

Paineilmavarastoinnissa energia varastoidaan korkeaan paineeseen puristettuun ilmaan. Ilma puristetaan paineeseen sähkön ollessa halpaa ja puretaan kun sähkön hinta korkea. Paineilmavarastona voi toimia esimerkiksi vanhat kaivokset, suolakiviesiintymät tai varastoksi suunnitellut säiliöt. Säiliöratkaisu lisää varastoinnin kustannuksia huomattavasti. Paineilmavarastoinnin etuja ovat nopea käynnistys ja pitkä elinikä.

## **2.3 Aurinkoenergian tuotantokustannukset ja tuotannon kannattavuus**

Aurinkovoimalan kannattavuus riippuu pitkälti säteilyn määrästä, siitä kuinka hyvin säteily saadaan hyödynnettyä, sähkön hinnasta ja investointikustannuksista. Kannattavuutta on viime vuosina parantanut paneelien hintojen laskeminen ja heikentänyt sähkön matala hinta.

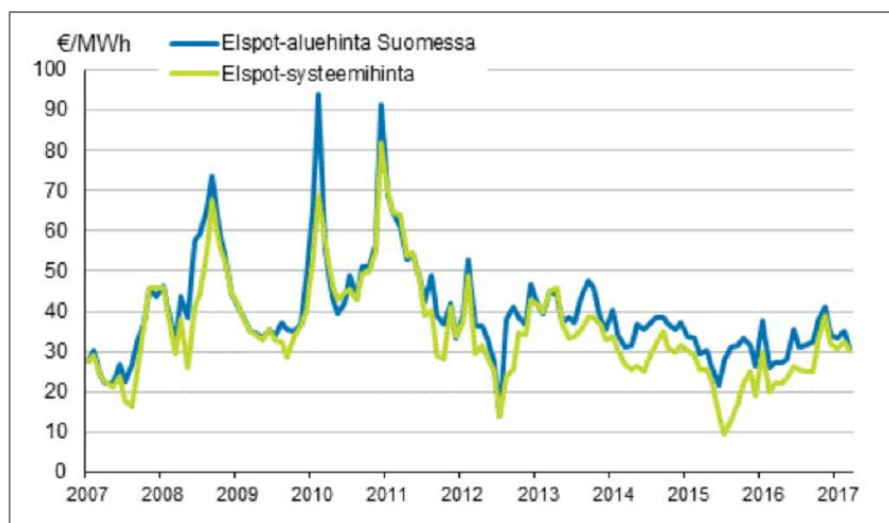
Kymmenessä vuodessa aurinkoenergian tuotantokustannukset ovat laskeneet noin 75 %. Investointikustannukset energiayksikköä kohti ovat markkinan ja teknologian kehittymisen myötä laskeneet viidesosaan viimeisen 5–10 vuoden aikana. Aurinkopaneelien hinta on laskenut viime vuosina merkittävästi. Esimerkiksi Saksassa tarjottujen aurinkoenergiajärjestelmien hinta on laskenut vuodesta 2015 vuoden 2017 helmikuuhun yli 28 % (Solar Power Europe). Osaltaan hintojen laskusta johtuen sähköverkkoon kytketyt aurinkosähkøjärjestelmät ovat yleistymässä ja Energiaviraston verkkoyhtiöille tekemän kyselyn mukaan (31.12.2016 tilanne) verkkoon kytketty alle 1 MW tuotanto kolminkertaistui vuodessa.

Maakuntakokoluokan aurinkovoimalan investoinnissa kannattavuuteen vaikuttavat myös asennuksen, verkkoon liittäminen ja muiden rakennustöiden sekä hankekehityksen kustannukset. Aurinkoenergiainvestointien taloudellisuuteen vaikuttavat myös poliittiset ohjaukset, kuten eri energiamuotojen verotus, energiatuet, syöttötariffi ja päästökauppa.

Sähkön hinta on yksi aurinkoenergiainvestoinnin kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Viime vuosien matalilla sähkönhinnoilla taloudellisesti kannattavinta on ollut tuottaa aurinkosähköä samassa kiinteistössä käytettäväksi, jolloin voidaan korvata koko ostosähköön liittyvä kustannus (energia+siirto+verot). Sähkön hinta on laskenut 2010 vuodesta tasolta 40-60 €/MWh noin 30 €/MWh tasolle. Yleisesti 50-60 €/MWh sähkönhintaa pidetään vähimmäisvaatimuksena



kannattavalle perinteisen sähköntuotannon investoinnille. Alhainen sähkön hinta on viime vuodet vähentänyt merkittävästi investointihalukkuutta sähköntuotantoon.



Kuva 5. Tukkusähköenergian hinnan kehitys, Nord Pool Spot-sähköpörssin kuukausikeskiarvot, €/MWh. (Vakkilainen 2017). Sähkön hintakehityksen trendi on ollut laskeva vuodesta 2010.

## Verotus ja sähkömarkkinat

Sähköveroa maksavat ennen kaikkea verkonhaltijat (jakeluverkkoyhtiöt) ja joiltain osin myös sähköntuottajat, joiden on rekisteröidyttävä Verohallinnolle. Sähkön ostajat, myyjät tai maahantuojat eivät yleensä ole verovelvollisia, elleivät ole myös sähköntuottajia tai verkonhaltijoita. Verkonhaltija lisää sähköveron perimäänsä hintaan (siirto+vero), joten loppukäyttäjä maksaa sen viime kädessä. Verotonta on sähkö, joka käytetään voimalaitoksen sähkön- tai yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon omakäyttölaitteissa (omakäyttösähkö).

Myös sähkön pientuotannolla on verohelpotuksia. Valmisteveroa (sähköveroa) ja huoltovarmuusmaksua ei tarvitse maksaa sähköstä, jota on tuotettu alle 800 MWh alle 2 MVA:n tehoisessa generaattorissa eikä sitä siirretä sähköverkkoon. Vuonna 2015 voimaantulleiden helpotusten jälkeen sähköntuottajat jakaantuvat sähköverotuksessa kolmeen kategoriaan sähkötehon ollessa alle 2 MVA:

- Mikrovoimalaitokset, nimellisteholtaan alle 100 kVA, jotka jäävät kokonaan verotuksen ulkopuolelle.
- Pienvoimalaitokset, nimellisteholtaan yli 100 kVA, mutta vuosituotanto enintään 800 000 kWh, jotka rekisteröityvät verovelvollisiksi ja antavat koko vuodelta yhden veroilmoituksen tuottamastaan sähkön määrästä. Sähköveroa siitä ei tarvitse suorittaa.
- Sähköntuottaja, voimalaitos, jonka nimellisteho on yli 100 kVA ja vuosituotanto yli 800 000 kWh. Antaa normaalin veroilmoituksen (verolliset ja verottomat toimitukset) kuukausittain riippumatta siitä, syöttääkö sähköä sähköverkkoon vai ei.

Näistä kategorioista on esitetty yhteenveto seuraavassa taulukossa.

Taulukko 2. Sähköverotuksen kategoriat.

Järjestelmän koko	Alle 100 kW	100–2 000 kW	100–2 000 kW
Vuotuinen tuotantomäärä		alle 800 MWh	yli 800 MWh
Rekisteröityminen Tulliin		x	x
Veroilmoitus		Kerran vuodessa	Kuukausittain
Verovapaus	x	x	

Edellä kuvatut sähkön vuosituotannon rajat ovat voimalakohtaisia, käytännössä laitosliittymäkohtaisia. Laitoksen omistajan on rekisteröidyttävä jokaisesta voimalastaan erikseen Tullille sähköverovelvolliseksi ennen voimalaitoksen käyttöönottoa. Rekisteröityminen koskee kaikkia yli 100 kVA:n nimellistehoisia voimalaitoksia, myös varavoimakoneita ja generaattoreita. Tehorajan osalta ei ole merkitystä, syöttääkö voimala sähköä verkkoon vai ei.

Jos sähköntuottaja ei kuluta itse sähköä, niin hän ei ole velvollinen maksamaan sähköveroa tai huoltovarmuusmaksua. Sähkön loppukäyttäjä (kuluttaja) maksaa kyseiset kustannukset. Jos sähköntuottaja käyttää itse tuottamaansa sähköä muuhun kuin laitoksen omakäyttösähkönä, on hän velvollinen maksamaan sähköveroa ja huoltovarmuusmaksua yllä esitettyyn tapaan laitoksen koosta ja tuotannosta riippuen.

Sähkömarkkinalaki ei aseta esteitä aurinkovoiman liittämiseksi verkkoon. Teknisten vaatimusten täyttyessä tulee verkonhaltijan liittää toiminta-alueensa voimalaitokset verkkoon ja myytävä siirtokyvyn rajoissa kohtuullista korvausta vastaan siirto- ja jakelupalveluja niitä tarvitseville (sähkömarkkinalaki 20§ ja 21§). Keskeisenä muutoksena sähkömarkkinalakiin on mm. kirjattu 24 a §:n ja 24 b §:n, että verkkopalvelujen hinnoittelussa ja myyntiehdossa ei saa olla ehtoja, jotka ovat haitallisia sähkön tuotannon, siirron, jakelun ja toimituksen kokonaistehokkuudelle ja energiatehokkuudelle tai voivat estää sähkönkulutuksen jouston tarjoamisen.

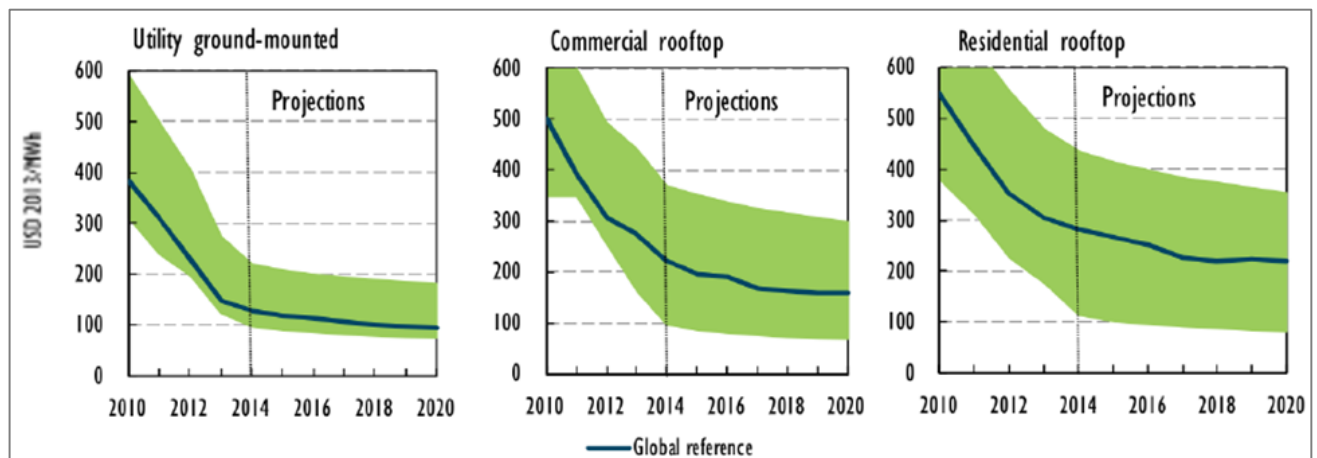
## 3. Liiketoiminnallinen näkökulma – teollisen mittakaavan aurinkosähkötuotannon kannattavuus

### 3.1 Aurinkosähkötuotannon liiketoimintapotentiaaliin vaikuttavat tekijät

Aurinkosähkön laajamittaisen liiketoiminnan keskeinen markkinaympäristö on Pohjoismaiden ja Baltian yhteinen sähkön tukkumarkkina (sähköpörssi) Nord Pool Spot; sähkön johdannaiskauppaa käydään Nasdaq OMX Commodities -kaupankäyntipaikalla. Aurinkosähkön kilpailukyvyyn ja kannattavuuden sähkömarkkinalla määrittää aurinkosähkötuotannolle muodostuva keskimääräinen tuotantokustannus, mikä riippuu investointikustannuksista, asennuskustannuksista sekä auringon säteilytehosta (tuotantovolyymista) sekä hyödynnetyistä taloudellisista tukimekanismeista.

FinSolarin vuonna 2016 tehdyssä selvityksessä 'Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa' laskettiin aurinkosähköjärjestelmien LCOE (levelized cost of energy) tuotantohintoja olettamalla vuosituotoksi 850 kWh/kWp, järjestelmän käyttöikäksi 30 vuotta ja korkokulukuksi 0 %. Pienille järjestelmille saatiin aurinkosähkön tuotantokustannukseksi 73-116 €/MWh (ilman tukia) ja keskisuurille 33-53 €/MWh (oletuksena investointituki 30 %). Muissa lähteissä on aurinkosähkön tukematon tuotantokustannus Suomessa arvioitu olevan välillä 100-150 €/MWh pienasennuksissa. Samaa suuruusluokkaa indikoivat IEA:n arviot (seuraava kuva). Kuvan mukaan aurinkosähkön tuotantokustannus on edelleen laskusuunnassa, ja maaperusteisen tuotannon arvioidaan olevan kustannuksiltaan pienintä.

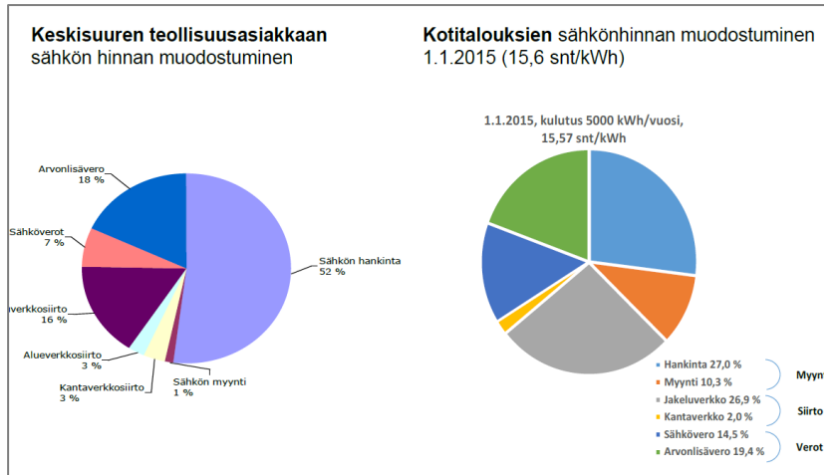
Aurinkosähkön tuotantokustannuksen vertailukohta on esimerkiksi biopolttoaineella tuotetun sähkön kustannus, joka on tasoa 50 €/MWh (CHP) ja 80 €/MWh (lauhdetuotanto) sekä tuulivoimatuotanto, jonka kustannustaso on 60-70 €/MWh (maatuulivoima) ja 110-120 €/MWh (merituulivoima).



Kuva 6. IEA:n arvioita aurinkoenergian hinnan kehitykselle.

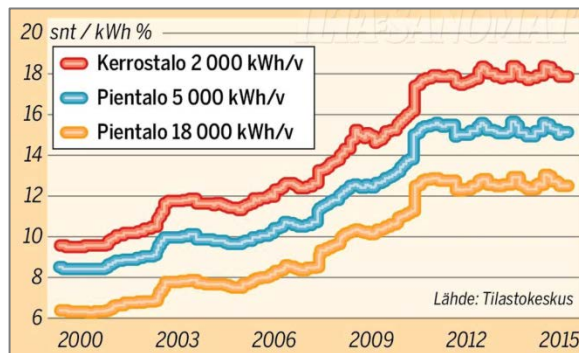
Aurinkosähkön tuotantokustannus muodostaa minimihinnan, jolla aurinkosähköä kannattaa myydä sähkömarkkinalle. Raportin tekohetkellä ja siitä muutama vuosi taaksepäin markkinasähkön tukkuhinta eli se hinta, millä sähkömarkkinalla Nordpoolissa käydään sähköstä kauppaa, on vaihdellut välillä 30-40 €/MWh (esitetty luvussa 1), ja keskimäärin markkinasähkön hinta oli Suomessa vuonna 2016 tasolla 32.5 €/MWh (lähde: Energiategollisuus ry), joten ilman tukia tuotettu aurinkosähkö ei ole ollut kilpailukykyistä tästä näkökulmasta.

Kun katsotaan sähkönkäyttäjän sähköstään maksamaa hintaa, niin siihen sisältyy edellä kuvatun sähköenergian hinnan lisäksi siirtohintaa ja verot. Tätä on havainnollistettu seuraavassa kaaviossa. Osuus "Hankinta" kuvaa sähkömarkkinan tukkuhintaa, ja jos sille annetaan edellä mainittu arvo 32.5 €/MWh, niin teollisuusasiakkaan sähköhinnaksi muodostuu 62.5 €/MWh ja kotitalouksien sähköhinnaksi 120 €/MWh (12 snt/kWh). Energiategollisuus ry:n mukaan suomalaiset sähkön kuluttaja-asiakkaat (kulutus 2500-5000 kWh vuodessa) ovat maksaneet sähköstä vuonna 2016 keskimäärin 150 €/MWh (15 snt/kWh), EU:n keskiarvon ollessa 200 €/MWh (20 snt/kWh).



Kuva 7. Sähkön hinnan muodostuminen sähkön käyttäjän näkökulmasta. Lähde: LUT Partanen 2016)

Sähkön hinta on pysynyt varsin vakaana vuodet 2012-2016, mikä on luettavissa seuraavasta kaaviosta.



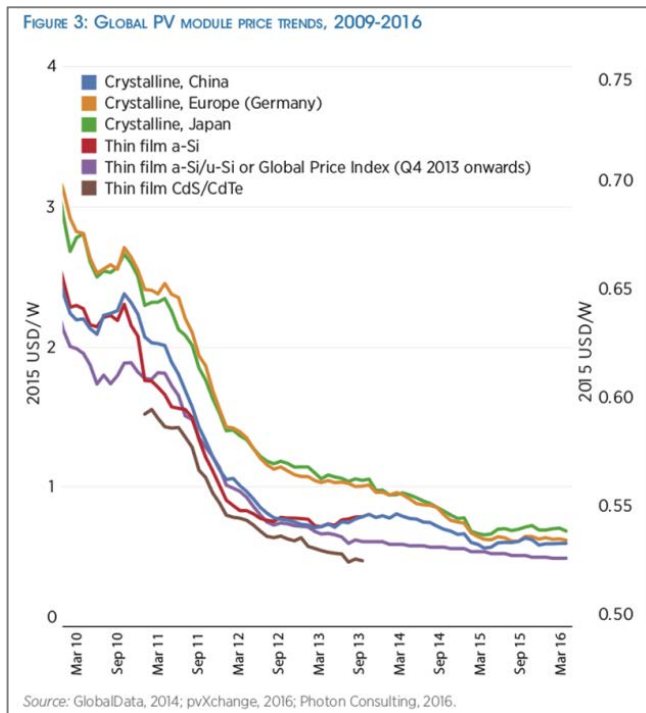
Kuva 8. Sähkön kuluttajahinnan kehitys, sisältäen siirtomaksut ja verot (Lähde: Ilta-Sanomat/Tilastokeskus)

Edellisen tarkastelun pohjalta aurinkosähkön tuotanto on kannattavaa, jos aurinkosähkö käytetään itse niin että sillä korvataan markkinalta ostettua sähköä, jolloin vertailukustannuksena ei ole sähköenergian hinta vaan kokonaishinta sähköenergia+siirtomaksut+verot.

Tuotettua aurinkosähköä voi lähtökohtaisesti käyttää omaan kulutukseensa tai myydä sähkömarkkinalle. Sähkömarkkinalaki takaa kaikille sähkökäyttäjille periaatteellisen oikeuden liittää aurinkosähköjärjestelmänsä sähköverkkoon. Potentiaalisen kannattavan käytön näkökulmasta haasteena on käytetyn aurinkosähkön muuttuminen verolliseksi. Käyttäjän maksamaan hintaan on lisättävä sähkövero ja huoltovarmuusmaksu siirrettäessä aurinkosähköä kiinteistörajan yli (ellei kysymys ole pientuotannosta), ja tällöin käyttäjän aurinkosähköstä maksamaan hintaan tulee lisäksi mukaan sähkön siirrosta perittävä siirtomaksu.

Koska sähkönsiirto on paikallisen jakeluverkkoyhtiön yksinoikeus, sähkön jakelu kiinteistönsirjan ulkopuolelle verkkoyhtiön verkossa vaatii siltä suostumuksen. Poikkeuksena on jakelu kiinteistöverkossa, joka on sähköverkkotoimintaa, jolla hoidetaan kiinteistön tai kiinteistöryhmän sisäistä sähköntoimitusta. Tällöin kiinteistöjen ja verkon tulee olla saman toimijan hallinnassa, hallinnalla tarkoitetaan omistusta tai vuokrausta. Kiinteistöjen tulee rajoittua toisiinsa ja kiinteistöissä tehtävällä toiminnalla on oltava jonkinlainen yhteys keskenään. Kiinteistöverkko ei ole luvanvaraista eikä reguloitua toimintaa. Toinen mahdollisuus jakeluverkkoyhtiön ulkopuoliseen siirtoverkkoon on suljettu jakeluverkko, jolla voidaan hoitaa maantieteellisesti rajatun teollisuus- tai elinkeinoalueen sähköverkkotoiminta, eli jakeluverkkoinfra ja siihen liittyvät toiminnot. Suljettu jakeluverkko on luvanvaraista ja taloudeltaan reguloitua toimintaa, tosin kevyemmällä mallilla kuin niin sanottu tyypillinen jakeluverkko.

Tekninen kehitys parantaa aurinkosähkön kilpailukykyä koko ajan, koska paneelien energiantuotantokyky suhteessa niiden hintaan kasvaa koko ajan ja nopeasti. Tätä kehitystä kuvaa seuraava kaavio.



Kuva 9. Aurinkokennojen (joista paneelit muodostuvat) hintakehitys 2010-2016. Lähde: GlobalData, Photon Consulting.

Yksi sähkön hintaan vaikuttava tekijä on päästökauppajärjestelmä, joka parantaa päästöttömien tuotantomuotojen, kuten aurinkoenergian, kilpailukykyä, vaikuttamalla nostavasti fossiilisen sähkön hintaan. Päästöoikeuden hinta on tosin pysynyt erittäin alhaalla viime vuodet, kuten seuraava kaavio osoittaa. Päästöoikeusmekanismia suunniteltaessa ennakoitiin, että hinta asettuu tasolle 15-20 €/tCO<sub>2</sub>. Päästökaupan suhteellinen vaikutus pienenee koko ajan, koska kivihiilen, maakaasun ja turpeen käyttö energiantuotannossa vähenee suhteellisesti.



Kuva 10. Päästöoikeuden hintakehitys (Lähde SKM Syspower)

Teollisen mittakaavan ja sitä suuremman aurinkosähkötuotannon kannattavuuteen vaikuttavat lisäksi seuraavat tekijät:

- Infrastruktuurikustannukset eli aurinkovoimala-alueen olemassa oleva infrastruktuuri (tai sen puute), esimerkiksi tiet rakentamista ja huoltoa varten

- Alueen soveltuminen luontevasti aurinkoenergian tuotannolle esim. säteilytuoton ja paneelien sijoittelun osalta; veden läheisyydessä säteilymäärät ovat hieman suurempia
- Sähköverkkoinfran läheisyys, erityisesti etäisyys sähköasemaan, jonka kautta aurinkosähkötuotanto liitetään verkkoon
- Sähkön käyttökohteiden läheisyys: yleisesti ottaen kustannukset pienenevät, jos sähköä ei tarvitse siirtää verkossa, vaikkakaan siirtoetäisyys ei suoraan vaikuta käyttäjän maksamaan siirtomaksuun. Sähköverkon kuormittavuuteen on vähemmän vaikutuksia, jos paikallinen tuotanto kohtaa paikallisen kulutuksen.

Aurinkovoimalan käyttökustannukset ovat pienet, sillä aurinkopaneeleissa ei juuri ole huoltoa vaativia liikkuvia ja kuluvia osia. Paneelien tehoa ja ikää voi rajoittaa liasta tai lumesta aiheutuva rasitus. Tyypillinen aurinkopaneelien takuu-aika on 25 vuotta, mutta todellisena käyttöikä on laskelmissa usein 30 vuotta.

Kannattavuuteen vaikuttavia epävarmuustekijöitä ovat

- Tukien kehittyminen (tätä on kuvattu tarkemmin seuraavassa luvussa)
- Maan hinnan ajalliset ja paikalliset vaihtelut – Uudellamaalla on tässä suuria eroja eri paikkakuntien välillä
- Projektien keston ennakoimattomuus esim. Rahoituksen haun takia – pitkän projektin aikana paneelien hinta voi pudota merkittävästi, mikä aiheuttaa epävarmuutta hankinnan ajoittamisessa
- Aurinkopaneelien hankintahintaan vaikuttavat mahdolliset tullit tai muut vastaavat maksut

Yhteenvedon voidaan todeta että teollisen mittakaavan aurinkosähkön tuotanto on Suomessa taloudellisesti kannattavaa, jos aurinkoenergialla korvataan kalliimpaa ostoenergiaa, investointien kannattavuuden laskenta-aikana käytetään riittävän pitkää aikajaksoa (esim. takuu-aika 25 v.) ja investoinnille saadaan energiatukea tai vastaavaa tukea tasolla 25-30 %.

### 3.2 Tukien ja verotuksen merkitys tuotannon kannattavuuteen

Tuet voivat parantaa aurinkosähkön kannattavuutta merkittävästi. Aurinkosähköhankkeille voi saada investointitukea työ- ja elinkeinoministeriöltä (TEM). TEM:n ohjeellinen tukiprosentti hyväksyttävistä kustannuksista on 25 %, kun kyseessä on yritysten tai julkisten toimijoiden uusiutuvan energian investoinnit. Aurinkoenergia voi olla osa innovatiivista investointia, jonka investointi kustannuksille TEM voi myöntää maksimissaan 40 %:n tuen. Maatilat voivat saada 35 % tuen uusiutuvan energian tuotantolaitoksiin. Asukassektori on rajattu tuen ulkopuolelle.

Sipilän hallitus on ohjelmassaan toteuttanut uusiutuvan energian ja uuden energiateknologian investointihankkeiden kärkihanketuen. Tukea myönnettiin vuoden 2017 alussa Nurmon Aurinko Oy:n aurinkovoimalaprojektille, tuen määrän ollessa 2.72 miljoonaa euroa. Lisäksi Lempäälän Energian Energiaomavarainen Lempäälä-hankkeelle Marjamäen teollisuusalueelle myönnettiin tukea yhteensä 4.74 M€; hankkeeseen sisältyy aurinkopaneelikenttä, polttokennoja, kaasumootorit ja akusto, jolla turvataan aurinkosähkötuotannon hetkelliset tehoaihtelut. Uusimmissa kärkihankerahoitushakemuksissa (Energiäkärkihankerahauksen toisen kierroksen uudet hakemukset, TEM 13.2.2017) oli mukana kuusi selkeästi aurinkoenergiaa keskittävää hanketta, mahdollisesti muissakin oli mukana aurinkoenergiaa.

Sähkön pientuotannon verottomuutta on kuvattu luvussa 1. Laki sähkön valmisteverosta rajaa sähköverotuksen ja huoltovarmuusmaksun ulkopuolelle kiinteistökohtaiset järjestelmät, joiden nimellisteho ei ylitä 100 kVA:n tehoa tai 800 000 kWh:n vuosituotantoa. Teollisuudelle ja isoille kiinteistöille 800 000 kilowattitunnin tuotantoraja mahdollistaa jopa 900 kWp:n tehoisen aurinkosähkövoimalan rakentamisen kulutuspiesteeseen siten, ettei omaan käyttöön tuotetusta aurinkosähköstä tarvitse maksaa sähköveroä ja huoltovarmuusmaksua (Lähde: Finsolar).

Suomessa aurinkosähkölle ei ole muun muassa tuulivoimalle toteutettua takuuhintaa (syöttötäriiffia). Tuulivoimalle maksetaan takuuhintaa, joka on 83,5 €/MWh. Tukea saa 12 vuoden



ajan, tarkoittaen että tuulivoimatuottaja saa myymästään sähköstä markkinahinnan päälle tuen, joka on markkinahinnan ja takuuhinnan erotus. Syöttötariffin piiriin on pääsemässä tuulivoimahankkeita yhteensä 2500 MW:n edestä. Syöttötariffilla tuetaan tuulivoiman lisäksi myös metsähakkeeseen, biokaasuun ja puupolttoaineeseen perustuvaa sähkön tuotantoa.

Tukijärjestelmää ollaan uusimassa. TEM on lähettänyt syyskuussa 2017 lausuntokierrokselle luonnoksen hallituksen esitykseksi uusiutuvan energian tarjouskilpailuun perustuvasta preemiojärjestelmästä. Preemiojärjestelmän kustannustehokkuus varmistetaan teknologianeutraaleilla tarjouskilpailuilla. Preemiojärjestelmä on tarkoitettu ylimenokauden ratkaisuksi 2018-2020. Tarkoituksena on kilpailuttaa yhteensä 2 terawattituntia (TWh) sähkön vuosituotantoa. On esitetty, että jos aurinkovoimalan tuotanto ylittää 800 MWh/a (800 000 kWh/a), niin se on edellä kuvatun syöttötariffikilpailutuksen (preemiokilpailutuksen) piirissä, jos alle, niin TEMin tukien piirissä.

### 3.3 Teollisen mittakaavan tai suurempia aurinkovoimalaitoksia puoltavia tekijöitä

Teollisen mittakaavan aurinkovoimalaitoksia puoltavia tekijöitä ovat hankintakustannusten skaalaedut, jotka pienentävät investointikustannuksia per rakennettu/tuotettu energiayksikkö. FinSolarin tuottamassa selvityksessä vuodelta 2016 pienen mittakaavan aurinkosähköjärjestelmissä investointikustannukset vaihtelivat välillä 1.6-2.5 €/Wp ja suuremman mittakaavan järjestelmissä (keskisuuret järjestelmät 40-400 kWp) 1-1.6 €/Wp. Kasvavat paneelien ja muiden komponenttien toimitusvolyymit pienentävät myös toimitusketjun yksikkökustannuksia.

Mittakaavaltaan isompia laitoksia toteuttavat tyypillisesti yritykset ja kunnat, jotka voivat saada Työ- ja elinkeinoministeriön energiainvestointiavustusta tai kärkihankerahoitusta.

Isommissa laitoksissa investointiin osallistujat saavat enemmän imagohyötyjä laajemmasta näkyvyydestä. Isommalla laitoksella voidaan ratkaista useamman käyttäjän tarve, esim. teollisuus- ja asuinalueella. Jos alueilla syntyy yhteishankintakäytäntöjä ja lisäksi sähkö voidaan siirtää alueen sisällä verottomana, ilman siirtomaksua tai pienellä siirtomaksulla, voidaan hankkia isompikin aurinkovoimala. On kuitenkin huomioitava, että jollakin teollisuusalueella sähkön käyttöprofiili voi olla aurinkoenergialle epäsovelias (toimintaa ympäri vuorokauden, lomakausi kesällä). Kaupallinen alue (kauppakeskusalue) voisi kesään osuvan suuremman jäähdytystarpeen osalta olla optimaalinen laajemman mittaluokan aurinkovoimalalle.

Teollisen mittakaavan laitoshankinnassa on mahdollista käyttää useampia rahoitusmalleja. Voimalahankinnan voi toteuttaa esimerkiksi seuraavilla rahoitusmalleilla: oma pääoma, markkinaehtoinen laina eli rahavelka, rahoitusleasing, joukkorahoitus tai pitkäaikainen ostosopimus (jota vastaan saa lainaa). Kunnat voivat saada kiinteistöjen energiainvestointeihin hyvin edullista lainaa tai leasing-rahoitusta. Leasingosopimusten etuna on, että kunta tai yritys voi tehdä investointeja ilman erityisiä vakuuksia. Lisäksi niitä ei pääsääntöisesti käsitellä kunnan tai yrityksen taseessa velkana (tosin mainittava vastuissa), jolloin pääomarakenne säilyy "puhtaampana".

Joukkorahoitus kuvaa tapaa kerätä "suurelta yleisöltä" rahoitusta aurinkoenergiainvestointeihin. Kyseeseen voi tulla eräänlainen vastikkeellinen tuotelahjakortti tai piensijoitus aurinkovoimalahankkeeseen lainan muodossa, josta saa vastineeksi investoinnista syntyviä tuottoja korkotuottojen tai osinkojen muodossa.

Muita suuremman mittakaavan aurinkovoimaloita tukevia tekijöitä ovat:

- Älykkäät sähköverkot ja laajemman mittakaavan sähkön varastointiratkaisut kehittyvät koko ajan
- Energiayhtiöillä (sähkön myyjillä ja verkkoyhtiöillä) on koko ajan parantuvat mahdollisuudet ja välineet kysyntä- ja hintajoustoon tarjonnan mukaan sekä sähkön varastointiin (tässä auttaa mm. sähköautojen lisääntyminen) sekä tarvittaessa aurinkosähkön tuotantopiikin leikkaamiseen
- Laajemmasta verkkoyhtiön näkökulmasta paikallisella sähköntuotannolla voidaan korvata sähkön jakeluverkon maakaapelointitarvetta ja varautumista huonoihin sääolosuhteisiin (pienentää kaapelointikustannuksia)

- Aurinkosähköhankkeet ovat yleensä luvitukseltaan kevyempiä ja nopeampia kuin esimerkiksi tuulivoimala tai biovoimalaitoshankkeet
- Hankkeisiin tarvittavien palveluiden tarjonta ja osaaminen (laitteet, asentajat, ...) kasvaa, monipuolistuu ja tehostuu koko ajan
- Markkinalle tulee uudentyyppisiä toimijoita, jotka voivat ohjata ja hallita aurinkosähkötuotantoon tähtääviä investointihankkeita, esimerkiksi hankekehittäjiä sekä tähän erikoistuneita konsultteja ja rahoittajia

Usein paine paikallisen aurinkosähkötuotannon järjestämiseen tulee asiakkailta ja sidosryhmiltä, esim. tonttimaan vuokraajilta ("ilman vihreää sähköä ei sijoituta"), tai aurinkoenergiasta haetaan imagohyötyjä asiakkaiden ja sidosryhmien suuntaan. Tällöin taloudellisen kannattavuuden lisäksi tarkastellaan muitakin tekijöitä.

Vastaavasti seuraavat tekijät ohjaavat pienempään kokoluokkaan aurinkosähköjärjestelmien investoinneissa:

- Pienet järjestelmät ovat helpompia luvittaa ja nopeampia toteuttaa
- Pienemmällä investointikustannuksella vähennetään investointiriskiä ja helpotetaan rahoituksen saantia
- Verkkoyhtiön näkökulmasta voi olla, että pienempi järjestelmä on helpommin liitettävissä, koska se pitää sähköverkkovaikutukset (tuotannon "heilahtelun") pienempänä
- Pienessä järjestelmässä on usein kotimaisuusaste parempi – suuressa voimalassa hankinnat painottuvat suhteellisesti enemmän ulkomaille
- Älykkäät sähköverkot mahdollistavat/edistävät koko ajan myös aurinkosähkön pientuotantoa paremmin.

Yhteenvedon voidaan todeta, että aurinkovoimalan optimaalista kokoluokkaa on vaikea määritellä. Raportin tekohetkellä aurinkosähkö on kannattavinta siellä, missä sillä voidaan korvata markkinalta ostettavaa sähköä. Sähkön hintakehityksellä on kriittinen merkitys aurinkosähkön tuotannon kilpailukykyyn. Sähköenergian, siirtomaksujen ja verojen hinnannousu parantavat kiinnostusta omaan aurinkosähkötuotantoon. Myös kysyntäjousto tulee vaikuttamaan sähkömarkkinoihin tulevaisuudessa: kun tuotanto vaihtelee, myös kysynnän tulisi vaihdella. Kysyntäjouston mahdollisuudet paranevat koko ajan, ja aikanaan se vaikuttaa sähkön hinnoitteluun.

## 4. Aurinkoenergia tuotannollisena ja energiapoliittisena kysymyksenä

EU:n ympäristöpolitiikka tukee aurinkosähkön edistämistä. Euroopan strategisten energiateknologioiden suunnitelmassa (SET-plan), uusiutuvien energioiden integroiminen sähköverkkoon ja niiden kustannusten laskeminen ovat kaksi tärkeintä avaintoimenpidettä. Kaikki tulevaisuuden energiaskenaariot ennustavat aurinkosähkölle avainroolia. Aurinkosähkölle ennustetaan 15 % osuutta EU:n energian tuotannosta vuonna 2030.

Suomen tasolla Sipilän hallituksen ohjelmassa tavoitellaan uusiutuvan energian osuuden lisäämistä yli 50 prosenttiin loppukulutuksesta vuoteen 2030 mennessä. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategian (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030, 31.1.2017) tavoitteisiin ja linjauksiin on kirjattu muun muassa seuraavia kohtia, joista löytyy poliittista taustatukea aurinkosähkön kannattavan tuotannon edistämiseen:

- Kannustetaan julkista sektoria hiilineutraaleihin energiaratkaisuihin. Uusiutuvaan energiaan perustuvaa hajautettua sähkön ja lämmön tuotantoa edistetään.
- Sähkön pientuotannon osalta säilytetään nykyiset taloudelliset ohjaukeinot, ml. sähköveromalli, jossa alle 800 MWh vuosituotanto on vapautettu sähköverosta omassa käytössä.
- Yritysten pientuotannon investointeihin on edelleen perusteltua myöntää investointitukea, jotta kansalliset markkinat kehittyisivät. Tukitasoja alennetaan kustannustehokkuuden parantuuessa.
- Informaatio-ohjausta hajautetun ja pienimuotoisen uusiutuvan energian lisäämiseksi sähköntuotannossa ja lämmityksessä (esimerkiksi aurinkosähkö- ja lämpöratkaisut) vahvistetaan.
- On tarpeen ottaa käyttöön uusiutuvan sähkön tuotantotukijärjestelmä. Tuulivoimahankkeiden lisäksi teknologianeutraaleihin tarjouskilpailuihin voivat osallistua myös muita uusiutuvia energialähteitä hyödyntävät investointihankkeet. Tarjouskilpailut järjestettäisiin vuosina 2018–2020.
- Uuden energiateknologian kokeiluhankkeet (esim. sähkön varastointi, vaihtelevan tuotannon integrointi sähköjärjestelmään) sisältävät usein merkittäviä riskejä. Investointituki soveltuu parhaiten kokeiluhankkeiden edistämiseen. Energiakärkihankkeiden tukiohjelmaa 2016–2018 on siksi tarpeen jatkaa.

Strategiassa todetaan, että erityisesti aurinkosähkön hankintakustannukset ovat merkittävästi alentuneet, kehitys jatkuu ja aurinkosähkön tuotannosta voi tulla kannattavaa markkinaehtoisesti jo lähivuosina. Strategiassa esitelty markkinaehtoinen ja teknologianeutraali tuki ("takuuhinnan kilpailutus") sähkön tuotantoinvestoinneille voi kuitenkin ohjata tukea edelleen tuulivoimalle, koska se on toistaiseksi kilpailukykyisempää kuin aurinkovoima ja hankkeiden valmistelusta on enemmän kokemusta.

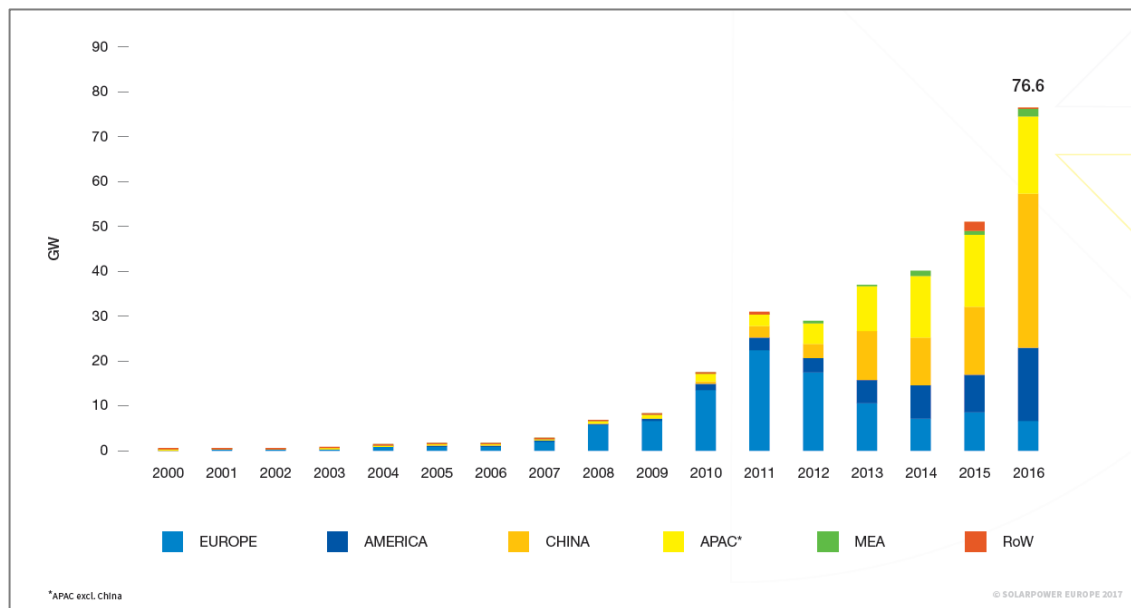
### 4.1 Kansainvälinen kehitys

Ilmastonmuutos ja kestävämmän yhteiskunnan rakentaminen ovat kansainvälisesti merkittäviä ajureita uusiutuvan energian tuotannossa. Uusiutuvan energian tuotantoon ja sen kehittämiseen investoidaan nyt enemmän kuin koskaan aiemmin.

Kansainvälistä uusiutuvan energian tuotannon kasvua hallitsevat aurinko- ja tuulienergia. Vuonna 2016 yli puolet maailman uudesta sähköntuotantokapasiteetista oli uusiutuvaa energiaa toista vuotta peräkkäin ja verkkoon liitetyn aurinkosähkön tuotanto kasvoi 50 % verrattuna edelliseen vuoteen. Aurinkovoiman tuotantoa lisättiin maailmassa vuonna 2016 ensimmäistä kertaa enemmän kuin tuulivoiman. Vuoden 2010 jälkeen tuulivoiman kokonaiskapasiteetti on noin kuusinkertaistunut.

Kiina hallitsee kansainvälisiä aurinkoenergian markkinoita ja uudesta aurinkoenergian tuotannosta 45 % asennettiin vuonna 2016 Kiinaan. Euroopassa uuden verkkoon liitetyn aurinkoenergian kapasiteetti laski 22 % vuonna 2016.

Aurinkoenergiamarkkinoiden odotetaan edelleen kasvavan vuonna 2017. Voimalakokoluokassa aurinkoenergian tuotantokustannukset (€/MWh) ovat jo kilpailukykyisiä ydinvoimalle, hiilivoimalle ja kaasuvoimalle. Useiden näkemysten mukaan aurinkovoima on lähiainkoina edullisin sähköntuotantomuoto monilla alueilla.



Kuva 11. Globaali vuosittainen asennettu aurinkovoimakapasiteetti. (Solar Power Europe Global Market Outlook 2017)

Suomessa suurimmat suunnitteilla olevat aurinkovoimalat ovat noin 10 MW luokkaa. Maailman suurimmat aurinkovoimalat ovat moninkertaisesti suurempia. Alla olevassa taulukossa on esitetty perustiedot maailman neljä suurimmasta aurinkovoimalasta.

Taulukko 3. Maailman neljä suurinta aurinkovoimalaa (Wikipedia)

Nimi	Maa	MWp	Alue km <sup>2</sup>	Rakennusvuosi
<b>Tengger Desert Solar Park</b>	Kiina	1 500	43	2016
<b>Datong Solar Power Top Runner Base (phase 1)</b>	Kiina	1 000	N/A	2016
<b>Kurnool Ultra Mega Solar Park</b>	Intia	950	24	2017
<b>Longyangxia Dam Solar Park</b>	Kiina	850	23	2015

## Aurinkosähkön tuotantolaitoksia muista Pohjoismaista ja Euroopasta

### Kalundborg, Tanska 61 MW (2015)

- Noin 80 hehtaarille levittyvän aurinkovoimalan vuotuinen tuotto on noin 61 000 MWh.

### Vardberg, Ruotsi 2,7 MW (2016)

- Kuuden hehtaarin alueella tienvarressa on 9300 maaperustaista paneelia, jotka tuottavat noin 9300 GWh energiaa vuodessa ja investointikustannus oli 23 miljoonaa kruunua.



Kuva 12. Vardbergin aurinkopuisto E6 tien varressa Ruotsissa. ([www.solkompaniet.se](http://www.solkompaniet.se))

### Eggebek. Saksa 83,6 MW (2011)

- Vanhan sotilastukikohdan alueelle rakennettu 160 hehtaarin maaperustainen aurinkovoimala.



Kuva 13. Eggebekin aurinkopuisto Saksassa. (Wikipedia 2017)

## 4.2 Aurinkoenergian tuotanto Suomessa

Suomessa verkkoon liitetty pientuotannon (alle 1 MW laitokset) aurinkosähkökapasiteetti oli vuoden 2016 lopussa 27 MW, joka on n. kolme kertaa enemmän kuin vuotta aiemmin.

Suomen aurinkovoimakapasiteetti koostuu pääosin alle 1 MW kokoluokan kattoasenteisista tuotantolaitoksista. Suomessakin on rakenteilla ja suunnitteilla yhä enemmän ja yhä suuremman kokoluokan tuotantolaitoksia. Yli 1 MW laitoksia on rakenteilla muun muassa Nurmossa (6 MW) ja Salossa (1-1,125 MW) sekä suunnitteilla Raumalla (8,7 MW).

Isoimpien hankkeiden käynnistymiseen on vaikuttanut niiden saama hallituksen kärkihankerahoitus, joka on ollut enimmillään 40 % kustannuksista. Esimerkiksi Nurmon Aurinko Oy:n rakenteilla olevaa hanketta ei olisi toteutettu ilman kärkihankerahoitusta (Rakennuslehti 8/2017).

Hallituksen kärkihankerahoituksella on lisätty energiatuen määrärahoja. Kärkihankkeiden suunnataan yritysten uusiutuvan energian investointeihin sekä suuriin uuden puhtaan energiateknologian demohankkeisiin.

Teollisuuskokoluokan aurinkovoimalan tuotantokustannukset (€/MWh) voivat olla neljänneksen edullisemmat kuin pienemmän kokoluokan laitoksen. Siirryttäessä kilowattikokoluokasta megawattiluokkaan investointikustannus per kWp saattaa jopa puolittua.

Pääsääntönä aurinkosähkön kannattavuudelle voidaan pitää sen tuottamista siellä, missä sillä voidaan korvata verkosta ostettavaa sähköä ja välttää näin siirtomaksu sekä verot.

### Aurinkoenergian tuotantoa ohjaavat tavoitteet

Ainoastaan aurinkoenergian edistämiseen tähtäviä tavoitteita tai tuotantovelvoitteita ei Suomessa ole. Aurinkoenergian lisäämisellä voidaan vaikuttaa muiden ilmasto- ja uusiutuvan energian tavoitteiden saavuttamiseen.

Marraskuussa 2016 hyväksyttiin kansallinen energia- ja ilmastostrategia, jossa asetetaan tavoitteita vuodelle 2030 ja linjataan konkreettisia toimia, joilla saavutetaan hallitusohjelmassa ja EU:ssa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet. Strategiassakaan ei esitetä toimia tai tavoitteita suoraan aurinkoenergian lisäämiseksi.

Uusiutuvan energian osuuden lisäämiseksi energia- ja ilmastostrategiassa linjataan useita toimia, jotka ohjaavat myös aurinkoenergian lisäämiseen. Mm. uusiutuvan energian osuus tulisi olla loppukulutuksesta yli 50 % 2030 mennessä ja pitkän aikavälin tavoitteena on energijärjestelmän muuttaminen hiilineutraaliksi. Tavoitteena on luopua hiilen käytöstä energiantuotannossa ja puolittaa tuontiöljyn käyttö 2020-luvun aikana. Strategian yhtenä tavoitteena on luopua tuulivoiman syöttötariffista ja siirtyä teknologianeutraalimpaan uusiutuvan energian tuotantotukeen.

Hallitusohjelma Ratkaisujen Suomi (29.5.2015) sisältää strategisia tavoitteita päästöttömän, uusiutuvan energian käytön lisäämiseksi Suomessa. Konkreettisia toimia ja tavoitteita, joilla Suomi saavuttaa hallitusohjelmassa ja EU:ssa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 mennessä, on esitetty kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa, jonka hallitus hyväksyi 24.11.2016. Linjausten mukaan toimittaessa uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta nousee yli 50 prosenttiin 2020-luvulla. Pitkän aikavälin tavoitteena on, että energijärjestelmä muuttuu hiilineutraaliksi ja perustuu vahvasti uusiutuviin energialähteisiin. Hiilen käytöstä energiantuotannossa luovutaan 2020-luvun aikana. Uusia voimalaitoksia tai korvausinvestointeja ei pidä tehdä kivihiihen polttoon perustuvaksi.

Hallituksen kärkihankkeilla vaikutetaan energia- ja ilmastostrategian tavoitteiden toteutumiseen. Muun muassa energiatuen määrärahoja kärkihankkeiden rahoittamiseen on lisätty 100 milj. euroa vuosille 2016-2018 ja energiatukeen (investointituki) varataan 2018 vuodelle 20 miljoonan euron lisämääräraha (yhteensä 55 miljoonaa euroa), joka on tarkoitettu erityisesti biokaasun liikennekäyttöön, aurinkosähkөөn ja energiatehokkuutta parantaviin ratkaisuihin. Hallitus myönsi tammikuussa 2017 lähes 40 milj. euroa energiakärkihankkeille, joista lähes 10 milj. euroa liittyi hankkeisiin, joissa aurinkoenergia on mukana merkittävässä roolissa.



## Tuet ja muut poliittiset ohjaukset

Aurinkosähkö ja -lämpöhankkeet voivat saada investointitukea Työ- ja elinkeinoministeriöltä, kun toteuttajana on yritys tai muu yhteisö. Ohjeellinen tukiprosentti on aurinkosähköhankkeille 30 % hyväksyttävistä kustannuksista. Tukea ei myönnetä asuinrakennuksille. Maatilojen on mahdollista hakea aurinkoenergiainvestointiin 35 %:in tukea Maaseutuvirastolta. Energiakärkihankkeilla tukiprosentit ovat vaihdelleet 30–40 % välillä.

Energiaverotuksella aurinkovoimaa edistetään pientuotannon verovapaudella. Mikrovoimalaitokset, nimellisteholtaan alle 100 kVA, ovat kokonaan verotuksen ulkopuolella. (tarkemmin käsitelty luvussa 1.3)

Syksyllä 2016 valmistuneen energia- ja ilmastostrategian mukaisesti tavoitteena on luopua nykyisenlaisesta tuulivoiman syöttötariffista ja siirtyä tulevaisuudessa markkinaehtoiseen hankkeiden toteutukseen. Ylimenokauden ajaksi otetaan käyttöön teknologianeutraalit tarjouskilpailut ja vuosina 2018-2020 kilpailutetaan korkeintaan kaksi terawattituntia tuotantoa. Tuotantotukea maksetaan kustannustehokkaimmille ja kilpailukykyisille uusiutuvan energian investointihankkeille. Tämä mahdollistaa syöttötariffin hakemisen myös aurinkovoimalalle.

## Maaperusteisia aurinkosähkön tuotantolaitoksia Suomessa

### **Rauma (Solar Park Rauma) 8,7 MW (2017), suunnitteilla**

Rauman Lakarin teollisuusalueelle on suunnitteilla noin 40 hehtaarin alueen kattavaa tuotantolaitosta, joka muodostuisi noin 26 800 aurinkopaneelista. Voimala on osoitettu alueelle, jonka hyödyntäminen muuhun maankäyttöön on vaikeaa.

### **Nurmon Aurinko Oy, Atrian Nurmon tehdas 6 MW (2017–2018), rakenteilla**

Teolliseen aurinkopuistoon asennetaan katto- ja maa-asennuksina 24 000 aurinkopaneelia. Vuotuinen sähköntuotanto on noin 5 600 MWh. Hankkeessa testataan auringon mukaan kääntyviä paneeleja, paneelien pakkasenkestävyyttä, energiansäästöä jäähdytyksessä, sähkön käytön kysyntäjoustoa, energianvarastointia ja kiinteistön sisäisen älykkään sähköverkon hyödyntämistä. Atrian Nurmon tehdas saa noin viisi prosenttia tarvitsemastaan sähköstä aurinkoenergiasta ilman siirtokustannuksia ja sähköyhtiötä.

Investoinnin on arvioitu maksavan itsensä takaisin noin 10 vuodessa. Kokonaiskustannukset ovat noin 6,8 miljoonaa euroa ja kärkihanketukea hankkeeseen myönnettiin noin 2,7 miljoonaa euroa.

### **Lempäälän Energia 4MW (2017–2019), rakenteilla**

Hankkeessa rakennetaan energiajärjestelmä, johon sisältyy aurinkopaneelikenttä 4 MW, polttokennot 116 kW, kaasumoottorit 8 MW ja akusto, jolla turvataan aurinkopaneelikentän hetkelliset tehomuutokset.

Tärkeä osa hanketta on sähkön laadun ja saatavuuden ylläpito uusiutuvan energian tuotannon vaihdellessa. Järjestelmään tulee noin 13 000 aurinkopaneelia ja sähköä aurinkopaneelien on arvioitu tuottavan 3600 MWh vuodessa.

### **Salon Energia 1-2,5 MW (2016–2017), rakenteilla**

Salo Energia rakentaa Salon lukion vierestä vuokraamalleen kolmen hehtaarin maa-alueelle aurinkopuiston. Laitoksen tuottama energia ohjataan ensisijaisesti Salon lukion käyttöön. Mikäli kaupunki ei kuluta kaikkea laitoksen tuottamaa sähköä, syötetään se yleiseen sähköverkkoon. Hankkeen tavoitteina ovat muun muassa kokemusten kerääminen aurinkoenergian hyödyntämisestä tulevaisuuden hankintoja silmällä pitäen sekä innovaatio- ja tuotekehityskumppanuus. Aurinkovoimalassa on runsaat 1400 paneelia, mutta voimala-alueella on laajennusvaraa 6000 paneeliin saakka.

**Sallila Energia Oy, Sallilan aurinkopuisto, Loimaa 0,735 MW (2016), valmis**

Elokuussa 2016 avatulle 2,4 hehtaarin aurinkopuistossa on noin 2400 paneelia. Aurinkopuisto on tuottanut ensimmäisen vuoden aikana noin 750 MWh energiaa.

**Suomen Voima Oy, Hamina (Mäkelänkangas) 0,720 MW (2016), valmis**

Haminassa Suomen Voima Oy on rakentanut Mäkelänkankaan tuulipuiston yhteyteen aurinkovoimalan. Voimala koostuu 2784 aurinkopaneelista, joiden yhteisteho on n. 745 kW ja vuotuinen energiantuotanto n. 680000 kWh. Voimala otettiin tuotantokäyttöön elokuussa 2016.

**Etelä-Savon Energia Oy, Mikkeli; 0,300 MW (2017), valmis**

Etelä-Savon Energia (ESE) on rakentanut 1132 aurinkopaneelia kattavan, teholtaan 300 kWp:n, aurinkovoimalan Pitkäjärvelle 5-tien varrelle. Kokoluokaltaan aurinkovoimala on 10 suurimman suomalaisen aurinkovoimalan joukossa. Kaksi kolmasosaa paneeleista on hankittu mikkeliiläiseltä Valoelta ja loput Finnwindiltä. Aurinkovoimalan tontti, 7447 m<sup>2</sup> on vuokrattu Mikkeliin kaupungilta. Voimalas valmistui Mikkeliin asuntomessuille kesällä 2017.

**Keravan Energia, Keravan aurinkovoimala, Kerava 0,250 MW (2016), valmis**

Vuonna 2016 Keravalle valmistui 774 aurinkopaneelin aurinkovoimala. Voimala sijaitsee Keravan vankilaa vastapäätä Lahdentien ja Lahden moottoritien välissä. Voimalan aurinkopaneelien huipputeho on 250 kWp, mikä tarkoittaa maksimitehoa auringon paistaessa otollisimmin. Yhden paneelin teho on 320 W ja keskimääräinen arvioitu vuotuinen tuotto on 304 kWh. Koko voimalan vuosituotto on noin 230 MWh.



*Kuva 14. Sallilan aurinkopuisto Loimaalla ([www.sallila.fi](http://www.sallila.fi))*

## Kattoasenteisia yli 0,5 MW aurinkosähkön tuotantolaitoksia Suomessa

- Lihavoituja Uudellamaalla sijaitsevia tuotantolaitoksia tarkastellaan lähemmin luvussa 2.
- K-Citymarket, Turku (Länsikeskus); 0,900 MW (2016)
- K-Citymarket, Turku (Kupittaa); 0,900 MW (2016)
- **Helen Oy, Kivikon aurinkovoimala, Helsinki; 0,853 MW (2016)**
- Porin Puuvilla, kauppakeskus, Pori; 0,601 MW (2017)
- K-Citymarket, Tampere (Linnainmaa); 0,550 MW (2017)
- **K-Citymarket, Vantaa (Tammisto); 0,503 MW (2016)**
- **Postin logistiikkakeskus, Vantaa (Viinikkala); 0,500 MW (2017)**
- **Citycon, Kauppakeskus Iso Omena, Espoo (Matinkylä); 0,500 MW (2017)**
- S-Voiman yhteensä 16 MW:n investoinnit useaan kohteeseen

## Hangon kaupungin aurinkosähkön leasing- ja PPA-sähkönostosopimukset

Yhteensä 12 kattoasenteista/ maaperusteista aurinkoenergiajärjestelmää, useita käyttäjiä, Hanko; yhteensä n. 676 kWp (2017)

Hangon kaupunki on hankkinut Forus Capitalilta ja Valoelta aurinkosähkövoimaloita yhdeksään kohteeseen, joiden joukossa on kouluja, päiväkotuja, kaupungintalo, kirjasto ja puhdistamo. Yritykset huolehtivat asennuksista, tarvittavista luvista ja rahoituksesta. Pitkäaikaisen ostosopimusmallin (PPA-sähkönostosopimus) mukaisesti kaupunki sitoutuu ostamaan voimaloiden tuottaman sähkön hieman jopa markkinahintaa alhaisemmalla hinnalla 10–15 vuoden ajan sähkön hinnasta riippuen. Kun takaisinmaksu on suoritettu, siirtyvät aurinkosähkövoimalat kaupungin omistukseen ja tuottavat kaupungille ilmaista sähköä elinkaarensa loppuun asti, laskennallisesti parikymmentä vuotta. Kaupungin energiakustannusten säästöjen arvioidaan olevan 1,5-5 miljoonan euron luokkaa sähkön tuolloisesta hinnasta riippuen.

Hanke on kaupungille kokonaistaloudellisesti edullinen; kaupungin investointeja ei ole tarvittu eikä hanke rasita kaupungin talousarviota, mikä on ollut keskeistä hankkeen toteuttamiselle. Kaupungin panostuksen ajankohta on suotuisa, koska aurinkoenergian hinta on laskenut. Hintakehityksen ja aurinkopaneelien saatavan valtionavustuksen johdosta investoinnin takaisinmaksuaika on 12-15 vuotta.

Hankkeen aurinkopaneelien yhteenlaskettu teho on 576 kilowattia. Suurin yksittäinen kohde on puhdistamo, jonka aurinkosähkövoimalan teho on 250 kilowattia. Puhdistamo on suotuisa kohde suuren ympärivuorokautisen kulutuksensa johdosta, ja siellä paneeleja asennetaan myös maahan.

Näiden lisäksi kunta on hankkinut aurinkoenergiajärjestelmän kolmeen kohteeseen Green Energy Finlandilta leasingratkaisuna. Näiden yhteenlaskettu teho on noin 100 kWp.

Hanko on mukana HINKU (hiilineutraali kunta) -hankkeessa ja sitoutunut vähentämään hiilijalanjälkeään 80 % vuoteen 2030 mennessä. Hangon aurinkoenergiainvestoinnit tukevat vahvasti kaupungin HINKU- tavoitteen saavuttamista. Aurinkoenergialla on myös imagomerkitystä Hangolle aurinkoenergian hyödyntämisen edelläkävijäkuntana.

## 5. Aurinkovoimalan ympäristövaikutukset ja sijoittumista ohjaavat kriteerit

### 5.1 Aurinkoenergian tuotannon reunaehdot ja tuotantoon soveltuvat alueet

Aurinkoenergian tuotantoalueen sijoittelussa on otettava huomioon tavoiteltavan tuotannon vaatima säteily määrä ja pinta-ala, sekä aurinkosähkön tapauksessa myös liittymiskapasiteetiltaan soveltuvan verkkoliityntäpisteen läheisyys kustannusten kohtuullistamiseksi. Aurinkosähkön tuotantolaitos, joka on kapasiteetiltaan noin 1 MW, tarvitsee tyypillisesti noin 1,5-3 hehtaarin tilan aurinkopaneelille, riippuen muun muassa maastonmuodoista sekä paneelien ryhmittelystä.

Hyvien säteilyolosuhteiden ja riittävän pinta-alan lisäksi maaperusteisen tuotantolaitoksen rakentamisen edellytyksenä on avoin (ei varjostuksia), yhtenäinen ja pinnanmuodoltaan tasainen ja rakentamiseen soveltuva maasto. Maapohjan tulisi olla helposti perustettavissa oleva, esimerkiksi hiekkapohjainen (1,5-2 m) tai muu kantava maa, johon helppoa upottaa rakenteita (Fortum, 2017). Sekä aurinkosähkö- että aurinkolämpölaitosten sijoittelussa pitää ottaa riittävän sähkö- tai kaukolämpöverkon lisäksi huomioon myös olemassa olevan tiestön läheisyys. Aurinkoenergian tuotantolaitokselle on rakennettava tieyhteys, joten olemassa olevan tieverkon läheisyys pienentää tieinfrastruktuurikustannuksia huomattavasti. Aurinkoenergian tuotantoalueet eivät vaadi vesi- tai viemärijohtoa, tai asfaltointia. Alueen soveltuvuuteen vaikuttavat myös mahdolliset riskit kuten tulvan vaara tai suuri tuulikuorma (peak wind load).

Aurinkopaneelit voidaan asentaa joko katolle, rakennuksen julkisivuun, maahan tai kelluville perustoille. Myös tiealueiden kattaminen aurinkopaneelilla on teknisesti mahdollista. Suuret aurinkopaneelikokonaisuudet, teollisen kokoluokan aurinkopuistot, ovat tyypillisesti maaperusteisia.

Kattoasenteissa aurinkoenergiajärjestelmissä tärkein aurinkoenergian hyödyntämiseen vaikuttava tekijä on katon soveltuvuus aurinkoenergian tuotantoon. Kattoa arvioitaessa tulee ottaa huomioon mm. katon kunto, materiaali, ilmansuunta ja kallistus. Katon ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka edullisesti aurinkoenergiajärjestelmän pystyy asentamaan ja kuinka tehokkaasti sillä pystyy tuottamaan aurinkoenergiaa. Jo pienikin varjostus laskee voimalan tuotantotehoa merkittävästi. Puiden, viereisten rakennusten ja muiden lähistön elementtien varjostus huomioidaan ennen investointipäätöksen tekemistä. (FinSolar, Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa)

Aurinkosähkøjärjestelmien käytönaikainen huoltotarve on vähäinen, sillä aurinkopaneelissa ei juuri ole huoltoa vaativia liikkuvia ja kuluvia osia. Paneelien suorituskykyä ja käyttöikä sen sijaan rajoittaa esimerkiksi liasta, roskista, lämpötilavaihteluista, tuulesta, lumesta ja jäästä aiheutuva ulkoinen mekaaninen rasitus. Tyypillinen takuu aika on 25 vuotta, mutta todellinen käyttöikä voi olla pidempi. (Pöyry, 2016) Tosin paneelien hyötysuhde pienenee ajan funktiona, mikä tulee ottaa huomioon kannattavuuslaskelmissa.

Suomen olosuhteissa tulee kiinnittää erityistä huomiota kylmään ja lumiseen talveen. Lumesta aiheutuvat haitat voidaan minimoida aurinkopaneelien asennuskulman ja -tavan avulla, sekä säännöllisellä lumenpoistolla. Kanadassa tehdyn selvityksen mukaan lumi heikensi maahan asennetun aurinkoenergiajärjestelmän tuotantotehoa vuodessa noin 1-3 % (Andrews ym. 2013). Viileän ilman on puolestaan osoitettu pienentävän sähköistä resistenssiä järjestelmässä ja siten parantavan aurinkopaneelien hyötysuhdetta. Lumen heijastus voi lisäksi lisätä hyödynnettävän hajasäteilyn määrää. Keräinten päälle kertyvä lumi voi paitsi vähentää tuotantoa, myös kasvattaa lumikuormaa katolla sijaitessa. (Pöyry, 2016)

#### Maaperusteiset tuotantolaitokset

Vaikka aurinkovoimalaitoksen ympäristövaikutukset koetaan melko vähäisiksi maisemavaikutuksia lukuun ottamatta, voidaan aurinkoenergian tuottamisen hyväksyttävyyttä edelleen parantaa sijoittamalla laitokset tarkoituksenmukaisesti. Pöyryn laatiman selvityksen (2016) mukaan teollisen kokoluokan aurinkopuistojen rakentamisen ohjaus ulkomailla tähtää yleisesti siihen, että

hyödynnetään aiemmin intensiivisessä käytössä olleita alueita. Toiminnan sijoittaminen ihmisen jo muokkaamille ja käytössä olleille alueille tehostaa jo rakennetun ympäristön käyttöä ja säästää luonnonalueita. Parhaimmillaan hyödynnetään tilaa, jolle ei ole muuta käyttöä tai jonka käyttö on rajoitettu pilaantuneisuuden tai ympäristöhäiriöiden vuoksi. Jo käyttöön otetuilla alueilla on myös useimmiten olemassa tekninen infrastruktuuri (tiet, sähköliittymä). Jos energian varastointikysymys pystytään ratkaisemaan, voi se tulevaisuudessa vähentää sähköverkkojen tarvetta.

Varsinaisten kaavassa osoitettujen energiahuollon alueiden (EN) lisäksi aurinkovoimalaitoksen sijoittumisalueista esillä on ollut eri yhteyksissä mm. seuraavat ns. sekundäärisen käytön alueet (osalle on jo toteutettu aurinkoenergian tuotantolaitos tai sellainen on vireillä, osa on pelkästään mahdollisuutena esille nostettu):

Taulukko 4. Aurinkoenergiatuotantoon soveltuvia alueita.

SEKUNDÄÄRISEN KÄYTÖN ALUE	ERITYISIÄ HUOMIOITA
<b>Rakentamattomat ja saneerautuvat/kehitettävät teollisuusalueet, satamien (tyhjä) konttialueet</b>	<p>Kannustimena älykäs ja energiaomavarainen toimintaympäristö. Teollisuusalueilla aurinkoenergia voi lisätä alueen energiaomavaraisuutta ja pienentää energiakustannuksia ostoenergiaa korvattaessa (siirtohinta ja veroja jää pois). Jo käytössä olevilla teollisuusalueilla on valmis infrastruktuuri. Mahdollisuus hyödyntää aurinkoenergiaa kiinteistössä täysimääräisesti silloin, kun tuotanto on suurinta (esim. teollisuushallit)</p>
<b>Tuulivoimaloiden alueet</b>	<p>Kannustimena valmis infrastruktuuri. Sähköliittymä on jo olemassa. Liittymän kapasiteetti parempaan käyttöön, sillä tuuli- ja aurinkoenergia täydentävät hyvin toisiaan. Verkonvahvistuskustannuksia saattaa jossain tapauksissa tulla. Myös huoltotiet valmiina. Myös tilan hyödyntäminen positiivista, tosin tällä ei Suomessa suurta merkitystä. Huonona puolena turbiinien aiheuttamat varjostukset, jotka heikentävät aurinkovoimalan tuotantoa. Jäiden tippuminen turbiineista talvella riski, joka on huomioitava. Esimerkkinä Haminan Mäkelänkangas</p>
<b>Käytöstä poistetut, peitetyt kaatopaikat/jätteenkäsittelyalueet</b>  <b>Läjitys- ja täyttöalueet</b>	<p>Esimerkkinä Rauman Lakari: Alueen monikäyttöisyyttä ajatellen kaavamerkinnäksi ei valittu jätteenkäsittelyaluetta (EJ) vaan erityisalue (E). Alueen mahdollisia käyttötarkoituksia ovat nykyisen käytön lisäksi mm. maa-ainespankki, maakaatopaikka, bioterminaali ja aurinkoenergian tuotanto.</p> <p>Käytöstä poistettujen kaatopaikkojen haasteena on pinnan kaasutiiveysvaatimus, jos maaperusteisen voimalan tukirakenteet on upotettava maahan. Kaatopaikkojen tilaa (mm. pohjavesi-, pintavesivaikutukset) myös seurataan näytteenotoilla, minkä pitää olla mahdollista käytön päätyttyäkin.</p> <p>Esimerkkinä Kujalan suljettu kaatopaikka aurinkosähkön asennuspaikkana:  Asennettaessa aurinkopaneeleja suljetun kaatopaikan päälle pitää huomioida useita asennusteknisiä seikkoja. Suljetun kaatopaikan painuminen voi vahingoittaa PV -järjestelmää tai aiheuttaa sen siirtymiä. Tämä voi edelleen aiheuttaa lisääntyneitä ylläpitokustannuksia, kun järjestelmän optimaalista toimintaa pyritään ylläpitämään. Ennen varsinaista kaatopaikka-asennusta tulee erikseen tehdä tarkempi selvitys painuman aiheuttamista riskeistä aurinkosähköjärjestelmään.</p> <p>Valoe Oyj:n asiantuntijoilta kysyttiin lisätietoja Kujalan suljetun kaatopaikan asennuspotentiaalin suhteen. He suosittelivat asennustavaksi ruuvipaaluasennusta, jossa paneeliliniheet kiinnitetään neljällä maahan upotettavalla paalulla. Jokaisen paalun korkeutta voidaan säätää yksilöllisesti, eikä niitä tarvitse upottaa yli metrin syvyyteen maanpinnan alle. Siten ei tarvitse</p>



	<p>puhkaista tiivistekerrosta, joka sijaitsee 1,5 m syvyydessä pinnan alla. Ruuvipaalut ovat kaatopaikan painuman kannalta turvallisempi vaihtoehto kuin painoperusteinen asennus. Ruuvipaaluilla voidaan asentaa paneeleja sekä tasaiselle lakiosuudelle että rinnealueille. *)</p>
<b>Jätevedenpuhdistamoiden alueet</b>	<p>Esimerkkeinä Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamo (Porvoon Energian hanke) sekä Hangon Puhdistamo (Hangon kaupunki). Sähkö tuotetaan silloin, kun kulutuskin on suurinta eli päiväsaikaan.</p>
<b>Voimajohtokäytävät</b>	<p>Fingrid ei pidä mahdollisena asentaa johtoalueelle aurinkopaneeleita (Fingridin kaavoitusohje) sähköteknisistä ja turvallisuussyistä. Johtoalueiden reunat ovat mahdollinen sijoituspaikka. Voimajohtokäytävien hyödyntämisestä aurinkoenergian tuotantoalueina ei ole kokemusta.</p>
<b>Vanhat lentokentät ja lentotukikohdat</b>	<p>Esimerkkinä Nellisin lentotukikohta Las Vegasin koillislaidalla, joka tuottaa keskimäärin neljänneksen sähköstään aurinkopaneelilla (Yhdysvaltain suurin aurinkopaneelivoimala, joka on rakennettu vuonna 2007).</p>
<b>Lentokenttä, lentomelualueet</b>	<p>Esimerkkinä Helsinki-Vantaan lentoasema, jossa Terminaali 2:n katolla on aurinkosähkövoimala. Järjestelmä on suunnattu kiitotiestä poispäin, millä on vältetty mahdolliset riskit lentoliikenteelle. Finaviolla on vireillä selvitys aurinkojärjestelmien heijastusvaikutuksista lentoliikenteelle. Lentomelu rajoittaa mahdollisuuksia sijoittaa häiriintyviä tai herkkiä toimintoja melualueille, jolloin alueita voisi hyödyntää muuhun tarkoitukseen.</p>
<b>Julkisivut</b>	<p>Julkisivuasenteiset aurinkoenergiajärjestelmät toimivat hyvin Pohjoismaissa, koska aurinko paistaa talvella erittäin matalalta eikä julkisivuasennuksiin kerry lunta. Seinäpaneelit tuottavat hyvin varsinkin kirkkaina talvipäivinä, etenkin maaliskuussa, kun aurinko paistaa jo hyvin ja lumen heijastus lisää valon säteilyä paneeleihin ja ne tuottavat enemmän. Aurinkopaneeli voi olla myös julkisivumateriaali.</p>
<b>Meluvallit</b>	<p>Aurinkopaneelitekniikka, esteettisyys ja meluntorjunta yhdistyvät. Esimerkkinä "Aurinkoaita" Tuusulan Rykmentinpuiston ja asuntomessualueen laidalla Kulloontien varressa (Asuntomessut 2020, nollaenergiapilotti). Aidan tuottamaa energiaa tullaan hyödyntämään eri tavoin (esim. sähköautojen latauspisteen kytkeminen aitaan).</p>
<b>Moottoritien varret + liittymäalueet + suojavaiohykkeet</b>	<p>Pöly ja hiekka tai saasteet eivät ole aurinkopaneelien tai -keräinten kannalta ongelma Suomen olosuhteissa. Siitepöly sen sijaan voi vaatia pesutoimenpiteitä osana paneelien kunnossapitoa. Huoltotarpeet pitää mahdollistaa. Pohdittavana suuntaukset, mahdolliset heijastukset ja varjostukset. Metsäosuudet eivät suotuisia aurinkovoimalle varjostusten takia.</p>
<b>Rautatien varret</b>	<p>Metsäosuudet eivät suotuisia aurinkovoimalle varjostusten takia.</p>
<b>Maatalousalueet: huonotuottoiset peltoalueet / kesantopellot</b>	<p>Paneelien näkyvyys ympäristössä korostuu, mutta teknistaloudellisesti voivat järkeviä aurinkopuiston sijoituspaikkoja (mm. tasaisuus, aurinkoisuus). Vuodesta 2015 alkaen huonotuottoiset pellot ovat voineet olla pysyvästi kesannolla (vrt. aiemmin 'määräaikaiset' kesannot). Toisaalta kesannot eivät saa tuottaa.</p> <p>Mikäli tuotantolaitos sijoitetaan viljelykäytössä olevalle alueelle, pidetään tärkeänä, että alue voidaan palauttaa maatalouskäyttöön energiantuotannon loputtua. Vaihtoehtoisesti selvittävää mahdollisuus luonnon monimuotoisuuden palauttamiseen. Haittapuolena, että tarvittavaa infraa (sähköliittymä) ei välttämättä ole valmiina.</p>

<b>Maakaasuputken suoja-alue</b>	Maanpäällisillä rakennelmissa on suojaetäisyydet. Maanpintaan ulottuvat varusteet tulee rakentaa niin, ettei maan routiminen, liikkuminen tai maanpäällinen kuorma aiheuta putkistoon haitallisia rasituksia. Putkilinjoilla ei kasva puita.
<b>Entiset turvetuotantoalueet</b>	Turvetuotantoa varten rakennettu kantava tiestö ja ympäröivät avonaiset alueet voivat tarjota mahdollisuuksia aurinkoenergian tuotantoon. Haittapuolena, että tarvittavaa infraa (sähköliittymä) ei välttämättä ole valmiina. Alaville turvetuotantoalueille nousee vesi usein luontaisesti, kun kuivatus lopetetaan.
<b>Kaivosalueet</b>	Esimerkkinä Wärtsilän toimittama Afrikan suurin hybridivoimala Burkina Fasoon. Aurinko- ja dieselvoimalan yhdistelmä tuottaa energiaa sähköverkon ulottumattomissa olevalle kultakaivokselle.
<b>Vanhat huoltamoalueet</b>	Öljylähteitä ja muuta pilaantunutta maa-aluetta
<b>Kävely- ja pyöräilytiet</b>	Tiealuetta voi hyödyntää aurinkosähkön tuottamiseen joko kattamalla tie aurinkopaneeleilla tai päällystämällä tienpinta aurinkopaneelipäällysteellä. Aurinkopaneelipäällyste on teknisesti toteutettavissa, ja sitä on kokeiltu mm. Alankomaissa. Suomessa raskaat auruskalustot sekä nastarenkaat tuovat haasteita tienpäällyspaneelien käyttöönotolle ajoneuvoliikenteen alueilla.
<b>Vesialueet</b>	Esimerkkejä vesialueille perustetuista aurinkoenergian tuotantoalueista löytyy mm. Japanista ja Englannista. Tyypillisesti hyödynnetään patoaltaan tai tekojärven selkeärajaista vesialuetta, mutta myös esimerkiksi tulvamaa on hyödynnettävissä kelluvalla perusratkaisulla. Kelluvan perustuksen ympäristövaikutukset voivat jäädä maaperustuksia pienemmiksi, koska niiden yhteydessä ei vaadita kaivauksia. Lisäksi ne voivat esimerkiksi kastelualtaan yhteydessä suojata allasta liialta haihtumiselta ja patopengertä puolestaan eroosiolta estämällä aallokoitumista. Kelluvia aurinkosähkön tuotantolaitoksia on myös menestyksekkäästi rakennettu alueille, joilla talvisin muodostuu jäätä, mm. Etelä-Koreassa ja Yhdysvalloissa. (Pöyry, 2016)



Kuva 15. Ruuvipaaluilla kiinnitettävät aurinkopaneelit. Kuvalähde: Finnwind.

\* ) Perinteisten aurinkopaneelien lisäksi on saatavilla ns. geomembraanisia aurinkopaneelleja, jotka muistuttavat rakenteeltaan joustavaa kumimattoa. Mattomaiset paneelit voisi olla helppo asentaa kaatopaikan päälle jolloin ne mukailisivat sen muotoja. Tällainen järjestelmä oli toteutettu esimerkiksi Georgiassa Yhdysvalloissa, Hickory Ridgessä. Suljetun kaatopaikan päälle levitettävä mattomainen paneeli voisi teoriassa toimia samalla sadeveden keräimenä, jonka päällä vedet valuisivat pois kasan pinnalta. Tämä voisi osaltaan tuottaa kustannussäästöjä. Tämän tyyppiset paneelit kestävät hyvin mekaanista rasitusta, esim. niiden päällä käveleminen ei vaikuta paneelin



toimintaan (Hicory Ridge Lanfill). Paneelien mekaaninen kestävyys ei siten olisi ongelma esim. lumikuorman kannalta. Joissakin kaupallisissa dokumenteissa (esim. MiaSole) esitellään joustavia paneeleja, joiden ominaisuuksiksi mainitaan hyvä lumenkestävyys.

Geomembraaniset paneelit ovat tekniikkaa, josta ei Suomessa löydy yhtä paljoa kokemusta ja osaamista kuin perinteisistä paneeleista. Usealta suomalaiselta aurinkosähkötoimittajalta (Valoe, Naps, Fortum, Finnwind) kysyttiin kokemuksia geomembraanisten paneelien toimituksista, mutta yhtään Suomessa toteutettua projektia ei löytynyt. Tämän tyyppinen tekniikka ei ole kaupallisesti vielä saapunut Suomeen, minkä vuoksi geomembraanisten paneelien kannattavuutta Kujalan alueelle ei tämän selvityksen yhteydessä tutkittu sen tarkemmin.



Kuva 16. Joustavan geomembraanisen aurinkopaneelin asentaminen. Lähde: <http://www3.epa.gov/lmop/documents/pdfs/conf/13th/hock.pdf>

## 5.2 Teollisen mittakaavan aurinkoenergian tuotantoalueen ympäristövaikutukset

Lähtökohtaisesti katoille ja rakenteisiin asennettavien aurinkovoimaloiden ympäristövaikutukset ovat vähäisiä. Siksi myös niiden asentaminen on mahdollista kevyellä lupa- tai ilmoitusmenettelyllä. Myös maaperusteisia aurinkoenergalaitoksia on toteutettu pelkästään toimenpidelupa perustuen, esimerkiksi Uudellamaalla Keravan aurinkovoimala.

Merkittävimmät aurinkoenergian tuotantoalueen ympäristövaikutukset liittyvät ison mittakaavan laitoksiin, joihin liittyvät suuren pinta-alatarpeen lisäksi mahdollisesti rakennettavat suurjännitejohdot. Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä sovelletaan hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla todennäköisesti on merkittäviä ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä sovelletaan esim. hankkeisiin, joihin liittyy energian ja aineiden siirto sekä varastointi (vähintään 220 kilovoltin maanpäälliset voimajohdot, joiden pituus on yli 15 kilometriä).

Arviointimenettelyä sovelletaan lisäksi yksittäistapauksessa sellaiseen hankkeeseen tai jo toteutetun hankkeen muutokseen, joka todennäköisesti aiheuttaa laadultaan ja laajuudeltaan, myös eri hankkeiden yhteisvaikutukset huomioon ottaen merkittäviä ympäristövaikutuksia. Tällöin on otettava huomioon hankkeen ominaisuudet ja sijainti sekä vaikutusten luonne.

Hankkeen ominaisuuksia on tarkasteltava ottaen huomioon erityisesti:

- Koko hankkeen koko ja suunnitelma;

- Yhteisvaikutus muiden olemassa olevien ja/tai hyväksytyjen hankkeiden kanssa;
- Luonnonvarojen, erityisesti maan, maaperän, veden ja luonnon monimuotoisuuden, käyttö;
- Jätteiden muodostuminen;
- Pilaantuminen ja haitat;
- Suuronnettomuus- ja/tai katastrofiriskit, jotka ovat varteenotettavia hankkeen kannalta, mukaan lukien ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit, tieteelliseen tietoon perustuen;
- Ihmisten terveydelle koituvat riskit (esimerkiksi veden tai ilman pilaantumisen johdosta)

Hankkeen vaikutusalueella olevan ympäristön herkkyyttä on tarkasteltava ottaen huomioon erityisesti (hankkeen sijainti):

- Nykyinen ja hyväksytyjen kaavojen mukainen maankäyttö;
- Alueen ja sen maanpinnan alaisten luonnonvarojen (myös maaperä, maa, vesi ja luonnon monimuotoisuus) suhteellinen runsaus, saatavuus, laatu ja uudistumiskyky;
- Luonnonympäristön sietokyky

Hankkeen todennäköisesti merkittäviä ympäristövaikutuksia on ottaen huomioon (vaikutusten luonne):

- Vaikutusten suuruus ja alueellinen laajuus, kuten vaikutusten todennäköinen maantieteellinen alue ja väestömäärä, johon vaikutukset todennäköisesti kohdistuvat;
- Vaikutusten yleinen luonne;
- Rajat ylittävä vaikutus;
- Vaikutusten voimakkuus ja monitahoisuus;
- Vaikutusten todennäköisyys;
- Vaikutusten odotettu alkamisaika, kesto, toistumistiheys ja palautuvuus;
- Yhteisvaikutus muiden olemassa olevien ja/tai hyväksytyjen hankkeiden vaikutusten kanssa;
- Mahdollisuus vähentää vaikutuksia tehokkaasti

Tiedossa ei ole, että Suomessa olisi toistaiseksi sovellettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä aurinkoenergiarakentamiseen. Sen sijaan kaavoituksen yhteydessä tulee arvioida kaavan vaikutukset maankäyttö- ja rakennuslain edellyttämällä tavalla.

## Laajojen tuotantoalueiden haittavaikutukset

Aurinkoenergiatuotannon rakennusvaiheen ja toiminnan aikaisia ympäristövaikutuksia pidetään vähäisinä, mutta kuten kaikella rakentamisella, myös aurinkoenergian tuotantoalueilla on vaikutusta alueen luonnonoloihin, maisemaan ja ihmisiin. Laajojen tuotantoalueiden aikaisemmissa selvityksissä (Pöyry, 2016) tunnistetut vaikutukset on tiivistetty ja koottu yhteenvedoksi alla olevaan taulukkoon.

Taulukko 5. Aurinkoenergian tuotannon vaikutuksia.

Materiaalit ja valmistus	Sekä aurinkosähkön että aurinkolämmön tuotanto on päästötöntä. Väliilliset päästöt ja pääasialliset ympäristövaikutukset aiheutuvat järjestelmien tarvitsemien materiaalien tuotannosta ja paneelien tai keräinten valmistusprosessista.
Luonnon monimuotoisuus	Tuotantoalueen sijoituspaikkaa valittaessa tulisi välttää luonnontilaisia ja luonnonarvoiltaan arvokkaita alueita sekä suojeltujen lajien elinpaikkoja tai levinneisyysalueita. Laajat tuotantoalueet ja niiden aitaaminen saattaa aiheuttaa elinympäristöjen pirstoutumista ja muutoksia eläinten kulkureitteihin ja ekologiisiin käytäviin.

Vesistöt ja pohjavedet	Aurinkopaneelikentän perustusratkaisulla voi olla vaikutusta alueen vedenkiertoon. Kun maanpintaa ei päällystetä, ja aurinkopaneelit sijoitetaan irti maasta, hulevesien, eli sade- ja sulamisveden, takia ei tarvita erikoisjärjestelyjä. Kelluvan perustuksen ympäristövaikutukset voivat jäädä maaperustuksia pienemmiksi, koska niiden yhteydessä ei vaadita kaivauksia. Painotettu teräs- tai betoniperustus ei vaadi myöskään maanpinnan läpäisemistä. Pohjavesialueilla ei voi käyttää kemiallisia ja synteettisiä tai muita ympäristölle myrkyllisiä aineita (esim. torjunta-aineet, ruosteen- ja jäänestokemikaalit).
Maaperä	Rakentaminen ja kasvillisuuden poistaminen alueelta voi edistää eroosiota sekä pölyn ja pienhiukkasten määrän lisääntymistä ilmassa. Myös maaperästä lähtöisin olevien patogeenein vapautuminen ilmaan on mahdollista, ja tunnistettu kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa yhdeksi huomioitavaksi ympäristövaikutukseksi, joita laajoilla aurinkopuistoilla voi sijaintialueesta riippuen olla. Laaja tuotantoalue vaikuttaa alle jäävän maan hiilensitomiskykyyn.
Kulttuuriperintö (arvokkaat maisema-alueet ja rakennetut kulttuuriympäristöt, rakennusperintö, perinnemaisemat, kiinteät muinaisjäännökset)	Tuotantoalueiden sijoittamista tulisi välttää maiseman tai kulttuuriympäristön kannalta arvokkaiksi luokitelluille alueille tai rakennusperintökohteiden välittömään läheisyyteen. Aurinkoenergiatuotannon vaikutuksia kulttuuriperintöön saattavat olla esimerkiksi rakennusperintökohteiden arvon aleneminen visuaalisten vaikutusten seurauksena tai maisema-alueiden ja kulttuuriympäristöjen erityispiirteiden häviäminen tai muuttuminen aurinkopaneelien tai -keräinten rakentamisen myötä.
Mikroilmasto	<p>Aurinkopaneelit varjostavat maata ja muuttavat paikallisesti sadannan jakautumista maahan. Varjostuksen vaikutus alueen olojen kannalta on sitä merkittävämpi mitä kuivemmasta ja lämpimämmästä alueesta on kyse. Aurinkopuiston rakentaminen aavikolle, voi paikallisesti nostaa lämpötilaa. Kaupunkiympäristössä puolestaan aurinkopuisto voi vaikuttaa paikallista ilmastoa jäähdyttävästi. (muutos aurinkopaneelien efektiivisen albedon eli sen heijastuskykyä ja säteilyn hyödyntämiskykyä kuvaavassa ominaisuudessa)</p> <p>Jos laajan aurinkopuiston tieltä kaadetaan metsää ja korkeaa kasvillisuutta, pinnan rosoisuus muuttuu alueella, mikä voi vaikuttaa tuulen ominaisuuksiin; tuulennopeuteen ja turbulentsuuteen. Turbulentsuuden ja tuulennopeuden muutoksilla voi olla paikallisesti vaikutuksia myös haihduntaan, mutta verrattuna paneelien varjostuksen aiheuttamaan muutokseen haihdunnassa, turbulentsuuden vaikutus jäänee hyvin vähäiseksi.</p>
Tutkat ja lentoturvallisuus	Lentoliikenteen tutka- ja viestintäjärjestelmiin voi aiheutua häiriötä joko sähköisen vaikutuksen tai fyysisen esteen takia. Aurinkoenergian tuotannosta ei ole todettu aiheutuvan sähköistä häiriövaikutusta lentokenttien järjestelmien käyttämillä taajuuksilla. Fyysiset esteet tai niiden välillisesti aiheuttamat heijastukset voivat vaikuttaa esimerkiksi tutkien toimintaan, mikä tulee huomioida aurinkopaneeli- tai -keräinalueiden sijoittelussa suhteessa tutkalähtimiin ja -vastaanottimiin. Nykyteknologialla aurinkopaneelit ovat vielä melko vahvasti heijastavia pintoja (vastaa veden heijastuskykyä). Myös pinnan tasaisuus ja kiilto vaikuttaa siihen, millainen heijastusvaikutus siitä aiheutuu, joten sileiden aurinkopaneelien tapauksessa heijastus on hyvin terävä. Heijastusvaikutusten minimoimiseksi (ja hyötysuhteen maksimoimiseksi) paneeliteknologiaa ollaan edelleen kehittämässä. Aurinkolämpöjärjestelmien tapauksessa heijastus voi aiheutua joko peileistä tai absorptioputkista, ja voi olla todella voimakas.
Sähkönsiirto	Aurinkosähkön siirto tuotantoalueelta liittymispisteeseen tapahtuu joko keskijännitemaakaapelein tai 110 kilovoltin ilmajohtolla. Vaadittava johto- tai kaapelityyppi riippuu aurinkopuiston tehokapasiteetista. Vaikutusten osalta aurinkosähkön siirtoon rakennettavan voimajohtodn arviointiin pätee samat asiat kuin muidenkin sähkölinjojen tapauksessa. Mikäli aurinkopuisto voidaan liittää keskijänniteverkkoon (puiston teho < 15 MW), voidaan teho tyypillisesti siirtää yksittäisillä keskijännitemaakaapeleilla. Keskijännitemaakaapeleiden ympäristövaikutukset ovat asentamisen jälkeen pienet, sillä ne voidaan asentaa usein olemassa olevien teiden varsiin noin 0,5-1 metrin syvyyteen. Kaapeliojan leveys on noin yksi metri.

	<p>Suuria tuotantolaitoksia varten (puiston teho &gt;15 MW) rakennetaan tarpeen vaatiessa 110 kV:n ilmajohto.</p> <p>Voimajohtojen rakentamisella on sekä lyhyt- että pitkäaikaisia ekologisia vaikutuksia. Vaikutukset voivat olla monenlaisia, ja niiden voimakkuus riippuu lukuisista tekijöistä. Ympäristön pirstoutuminen, kasvi- ja puupeatteen poistaminen sekä yleinen elinympäristön huonontuminen ovat vaikutuksia, joiden voimakkuus riippuu alueen aiemmasta maankäytöstä, topografiasta sekä kasvillisuustyypistä. Metsäalueella pirstoutuminen voi toisaalta ajaa lajeja pois, mutta toisaalta voimajohtokäytävä voi myös tarjota uudenlaisen elinympäristön ja edistää sitä kautta alueen monimuotoisuutta.</p> <p>Voimajohtojen aiheuttavat myös maisemavaikutuksia. Vaikutusten merkittävyys ja havaittavuus riippuvat voimajohtopylväiden korkeudesta, voimajohtoalueen leveydestä sekä voimajohtojen sijoittumisesta ympäröivään maisemaan. Luonnonalueille, avoimeen maisematilaan (esimerkiksi pellot, vesistöt, avoimet suoalueet) tai korkeille maastonkohdille sijoitetut uudet voimajohtojen ja johtopylväiden aiheuttavat maiseman luonteen muutoksia ja merkittäviä visuaalisia vaikutuksia. Peitteisessä maastossa, kuten esimerkiksi metsäisellä alueella tai rakennetussa ympäristössä, voimajohtojen maisemavaikutus saattaa olla hyvin paikallinen kohdistuen lähinnä johtoaukealle ja sen lähiympäristöön.</p>
<p>Sähkömagneettiset kentät</p>	<p>Sähkömagneettisia kenttiä aiheutuu sekä luonnollisesti että ihmistoiminnasta, erityisesti sähköntuotannosta ja jakelusta sekä sähkölaitteiden käytöstä. Jännite aiheuttaa sähköisen kentän, ja sähkövirta tuottaa magneettisen kentän. Kenttien voimakkuus riippuu suoraan sen aiheuttavien jännitteiden ja virran voimakkuudesta, ja heikkenee eksponentiaalisesti etäisyyden kasvaessa. EU-tasolla on määritetty suositusarvot enimmäisaltistukselle, jotka seuraavat merkittävän ajan kestävästä oleskelusta sähkö- ja magneettikenttien vaikutuspiirissä.</p> <p>Teollisen kokoluokan aurinkopuiston tapauksessa altistusta voi aiheutua mm. seuraavista kohteista:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aurinkopaneelisarjan aiheuttama tasasähkön luoma staattinen magneettikenttä ja aurinkopaneeliryhmien tasasähkön vaihtosähköksi muuttavat invertterit       <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Suositusarvot eivät ylity.</li> </ul> </li> <li>• Muuntoasema, joissa keskijännitteinen vaihtosähkö muunnetaan 110 kV suurjännitteelle       <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Alueet ovat aidattuja eikä yleisöllä ole niihin pääsyä.</li> </ul> </li> <li>• Verkkoliittymän mahdollistava 110 kV voimajohto tuottaa sähkömagneettisen kentän.       <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 110 kV:n voimajohtojen johtimet sijaitsevat korkealla, mistä johtuen merkittävän ajan altistumisarvo ei ylity edes suoraan voimajohtojen keskijännitealuetta. Myöskään magneettikentän vaikutuspiirissä tapahtuvan merkittävän oleskelun ohjearvo ei 110 kV:n johtojen tapauksessa ylity edes suoraan johdon alapuolella.</li> </ul> </li> </ul>
<p>Sosiaaliset vaikutukset</p>	<p>Mikäli ihmisten nykyinen elinympäristö ei merkittävästi muutu aurinkoenergian tuotantoalueen rakentamisen myötä, esimerkiksi laajamittaisten metsähakkuiden vuoksi, hankkeen sosiaaliset vaikutukset jäänevät pieniksi. Mahdollinen maiseman muutos sekä tuotantoalueen muotoilu ja ulkonäkö ovat pääasiallisia vaikutuksen aiheuttajia. Myös tuotantoalueen vaikutus paikalliseen virkistysaluekäyttöön tulee huomioida. Suurikapasiteettinen aurinkopuisto voi lisäksi vaatia voimalinjan rakentamisen, mikä voi olla merkittävämpi tekijä kuin itse tuotantoalueen rakentaminen.</p> <p>Aurinkovoiman kielteiset ympäristövaikutukset ovat vähäiset, minkä vuoksi asenteet sitä kohtaan ovat pääasiassa positiiviset tai neutraalit ulkomailla laadittujen tutkimusten mukaan.</p> <p>Paitsi paikalliset ja alueelliset näkökulmat, myös kansallisen tason poliittiset linjaukset, päätökset ja uusiutuvan energian näkyvyys poliittisella agendalla vaikuttavat asenteisiin. Esimerkiksi mahdollinen tuotantotukimekanismi voi herättää voimakkaita mielipiteitä. Myös lain ja säännösten läpinäkyvyys, selkeys ja se, kuinka hyvin ne mahdollistavat hajautetun uusiutuvan energian tuotannon, vaikuttavat ihmisten suhtautumiseen.</p> <p>Esimerkiksi verkkoyhtiöiden linjauksista, miten yksityisen tahon aurinkosähkön pientuotantoa voi alueella liittää verkkoon, voi ohjata ihmisten suhtautumista yleisemminkin aurinkoenergiaan.</p> <p>Ulkomailla toteutetuissa kyselytutkimuksissa aurinkoenergia on ollut hyväksytyin energiantuotantomuoto.</p>

**Maisemavaikutus** on laajojen tuotantoalueiden merkittävin ympäristövaikutus, mikäli järjestelmän rakentamisessa ja valituissa ratkaisuissa on muilta osin huomioitu alueen luonnonarvot. Maisemavaikutukset koostuvat maiseman rakenteen, luonteen ja laadun muutoksista. Muutosten kautta syntyy myös visuaalisia vaikutuksia.

Taulukko 6. Aurinkoenergian tuotannon maisemavaikutuksia.

<b>Maisemarakenne</b>	Aurinkoenergian tuotantoalueen rakentaminen voi aiheuttaa suoria vaikutuksia maisemarakenteeseen (maa- ja kallioperään, vesiolosuhteisiin ja kasvillisuuteen) erityisesti paneelienttien ja tiestön rakentamisen seurauksena. Maisemarakenteeseen kohdistuvat vaikutukset ovat pitkälti samantyyppisiä tuulivoimatuotannon aiheuttamiin vaikutuksiin nähden tiestön rakentamisen, perustusten vaatiman kentän sekä sähkönsiirron osalta.
<b>Visuaaliset vaikutukset</b>	Aurinkoenergian tuotantoalueen toiminnanaikaiset maisemavaikutukset ovat pääasiassa visuaalisia. Visuaalisten vaikutusten voimakkuus ja havaittavuus riippuu paljon alueen topografiasta ja peitteisyydestä (kasvillisuus) sekä tarkastelupisteestä ja vuorokauden- ja vuodenajasta. Ympäröivän maiseman ominaispiirteillä ja sietokyvyllä on merkitystä visuaalisten vaikutusten voimakkuuteen.  Aurinkopaneelien visuaalinen vaikutusalue voi jäädä hyvinkin paikalliseksi matalan rakenteen ansiosta. Toisaalta lähialueelta katsottuna laajan yhtenäisen maa-alan peittävä, geometrisista paneelimuodostelmista koostuva tuotantoalue voi olla maisemassa hyvinkin hallitseva.

Aurinkoenergian aiheuttamia visuaalisia vaikutuksia voidaan lieventää tuotantoalueiden sijoituspaikan suunnittelulla, valaistuksella ja aitauksella sekä paneelien tai keräinten ulkonäöllä. Selkeä yhtenäinen paneelien tai keräinten ryhmä on maisemassa rauhallisempi kuin useat, hajanaisesti sijoitetut yksittäiset paneelit tai keräimet. Järkevällä sijoittelulla voidaan vaikuttaa suotuisasti tuotantoalueen kokonaislaajuuteen.

Tuotantoalueiden valaistus tulisi pitää minimissään, ja aurinkopaneelien heijastusvaikutus tulisi huomioida mallin valinnassa. Tuotantoaluetta ympäröivä aita tulisi olla mahdollisimman huomaamaton tai muuten ympäristöönsä sopiva. Aurinkosähkön tuotantoalueet sekä niihin liittyvät voimajohdot voivat pirstoa yhtenäisiä metsäaloja tai maisemakokonaisuuksia, jolloin on suositeltavaa, että tuotantoalueet sijoitetaan ympäristöön, jossa on jo ennestään maisemahäiriöitä. Maiseman kannalta tuotantoalueiden sijoittamista korkeimmille selänteille ja rinnealueille tulisi välttää, samoin kuin selänteiden puuston hakkaamista.

Aurinkoenergian tuotantoalueen näkyvyyteen ympäröiville alueille ja yksittäisiin kohteisiin voidaan myös vaikuttaa seudulla tehtävillä metsänhoitotoimenpiteillä. Metsien käsittelytoimenpiteiden valinnalla voidaan vähentää tai jopa estää rakentamisesta aiheutuvat maisemanmuutokset. Tuotantoalueiden ympärille voidaan myös istuttaa näkymiä estävää tai rajaavaa kasvillisuutta. Tuotantoalueen lähiympäristössä olevat puut tulisi suojata rakennustöiden ajan. Useissa arvioinneissa myös ehdotetaan aurinkopaneelien alle jäävän maa-alueen hyödyntämistä esimerkiksi harvinaisten kasvilajien viljelyyn (ekosysteemi-hotelli-periaate).

Maisemassa tulisi säilyttää olemassa olevat näkymiä rajaavat kasvillisuusalueet ja muut luonnolliset esteet (kuten peltosaarekkeet). Tuotantoalueiden sijoittamisessa tulisi huomioida maiseman kauneusarvot.

Kaiken kaikkiaan aurinkoenergiarakentamisen haitalliset vaikutukset ovat vähemmän merkittäviä, jos tuotanto sijoittuu niin sanotuille brownfield-alueille tai sekundääriseen käytön alueille. Esimerkiksi aurinkopuisto voidaan kokea maisemassa vähemmän häiritsevänä teollisuus- ja voimalaitosympäristöissä kuin rakentamattomilla luonnonalueilla tai avoimessa viljelymaisemassa. Maisemavaikutukset voidaan minimoida välttämällä paljaita ja/tai luonnontilaisia alueita, joissa aurinkopaneelit tai keräinjärjestelmä dominoisivat maisemaa. Koska aurinkovoimalan vaikutukset brownfield-alueilla ovat vähäisemmät kuin lähtökohtaisesti aurinkovoiman tuotantoon suunnatuilla alueilla, rakentamista ja muuta alueen suunnittelua on voitu ohjata kevennetyllä prosessilla (ei esimerkiksi välttämättä kaavoitustarvetta).

## Laajojen tuotantoalueiden myönteiset vaikutukset

Taulukko 7. Aurinkoenergian tuotannon myönteisiä vaikutuksia.

<b>Ilmasto ja ilmanlaatu</b>	Aurinkovoimalla tuotettu sähkö ei aiheuta kasvihuonekaasu- tai muita savukaasupäästöjä. Jos aurinkoenergia korvaa fossiilisilla polttoaineilla tuotettua sähköä tai lämpöä, vaikutukset ovat ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta positiivisia. Myös paikallisesti ilmanlaatu voi parantua, jos hiukkaspäästöt vähenevät.
<b>Luonnon monimuotoisuus</b>	Erityisesti muuntomaa-alueilla (esim. entinen teollisuusalue, intensiivisessä maatalouskäytössä ollut alue, lajistoltaan köyhtynyt ja mahdollisesti myös saastunut varastointi- ja liikennealue) luonnon monimuotoisuus, maaperän vakaus ja hiilensitomiskyky voivat palautua paremmin, kun alue on aurinkoenergiakäytössä. Aurinkopaneelit ja -keräimet varjostavat ja suojaavat maata.
<b>Vesistöt</b>	Vesialueella kelluville perustuksille rakennettu aurinkopaneelikokonaisuus voi esimerkiksi kastelualtaan yhteydessä suojata allasta liialta haihtumiselta, rehevöitymiseltä ja patopengertä eroosiolta estämällä aallokoitumista.
<b>Maankäytön tehokkuus</b>	Maa-alue, jonka aurinkopuisto järjestelmineen ja välillisine vaikutuksineen vaatii, on puiston jalanjalki. Verrattuna muihin uusiutuvan energian tuotantomuotoihin – tuulivoimaan, vesivoimaan ja biomassan polttoon – sekä hiilikaivoksiin, maaperusteisilla aurinkopuistoilla on paras biomaankäytön tehokkuus.
<b>Sosiaaliset ja elinkeino- ja aluetalous- sekä imagovaikutukset</b>	Päästöttömän uusiutuvan energian tuotantoalue voi lisätä alueen vetovoimaa ja parantaa kaupungin imagoa. Kaupunkimarkkinointi ja alueen identiteetin rakentamisen tai kehittämisen yhteydessä tehtävät valinnat voidaan myös nähdä yhtenä merkittävänä tekijänä siinä, kuinka laajamittaisesti aurinkoenergian tuotanto leviää. Aurinkoenergian tuotantojärjestelmiä voidaan hyödyntää opetuskäytössä, mikäli omistaja mahdollistaa tuotantodatan seurannan. Aurinkoenergia voi myös piristää elinkeinoelämää ja luoda työpaikkoja mm. järjestelmien valmistuksen, hankekehityksen, maanomistajien vuokratulojen ja laitosten rakentamisen sekä huollon kautta. Aurinkoenergian elinkeinovaikutus voi näkyä seudulla jo ennen tuotantolaitosten rakentamista alueelle (esim. aurinkoenergiayritysten yhteenliittymät, jotka osaltaan pyrkivät luomaan ja kehittämään kansallista aurinkoenergiaosaamista sekä edesauttamaan klusteriin kuuluvien yritysten liiketoimintaedellytyksiä kansainvälisillä aurinkoenergiamarkeinoilla).





*Kuva 17. Etelä-Savon Energia Oy:n aurinkovoimala, josta on haluttu ekologisuudesta ja uusiutuvista energiamuodoista henkivä maamerkki 5-tien varteen. Kaksi eri toimittajaa tukee aurinkopuiston yhtä suurinta tarkoitusta, joka on kerätä ja analysoida dataa mm. energian tuottamiseen ja säätiloihin liittyen. Kahden eri toimittajan paneeleita voidaan jatkossa verrata ja käyttää niistä kerättyä dataa mm. tuotekehitykseen. Lisäksi aurinkovoimala tulee toimimaan uudenlaisena oppimisympäristönä eritasoisille oppilaitoksille ja korkeakouluille sekä yritysten TKI-toimintaa tukevana yksikkönä. Se tarjoaa mahdollisuuden paikallisten yritysten tuotekehitykselle ja innovoinnille, jolloin myös maakunnallisesti uusien työpaikkojen syntyminen mahdollistuu. Pitkäjärven aurinkovoimalan rakentamisessa on alusta asti huomioitu ympäristöasiat ja ekologisuus. Ennen rakennustöiden aloitusta huolehdittiin, että liito-oravien pesäpuita ei vahingoiteta. Maanrakennustöissä on tehty vain välttämättömimmät toimenpiteet ja esim. tontilla olevaan kalliota ei poisteta louhimalla, vaan vain pintamaa poistetaan aurinkopaneelitelineiden alta. (Ote ESE:n lehdistötilaisuudesta tammikuussa 2017) Kuvälähde: Etelä-Savon Energian Instagram-tili 19.7.2017.*



## 6. Aurinkoenergia maankäytöllisenä kysymyksenä

Maankäyttö- ja rakennuslain yleisenä tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen siten, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitys. Ekologisesti kestävä kehitys tarkoittaa kestävä energia ja luonnonvarojen käyttöä, ympäristökuormituksen sopeuttamista luonnon sietokykyyn, kestävä materiaalityöntä sekä biologisen monimuotoisuuden säilyttämistä. Taloudellisesti kestävä kehitys edellyttää, että ratkaisujen tulee olla yhtä aikaa sekä taloudellisesti että ekologisesti järkeviä ja tehokkaita.

Kaavoitusta on tarkasteltu erityisesti ilmastotavoitteiden näkökulmasta Ympäristöministeriön toimeksiannosta laaditussa selvityksessä vuodelta 2015. Siinä todetaan, että yhtä näkökulmaa ilmastotavoitteita edistävään kaavoitukseen ei ole mahdollista antaa, sillä jokainen kaava on paikallisine ominaisuuksineen ja tavoitteineen aina omanlaisensa. Alueidenkäytön ilmastotavoitteet toteutuvat parhaiten kun ne huomioidaan kaikilla suunnittelun tasoilla, maakuntakaavoituksesta yksittäiseen rakennushankkeeseen asti.

Aurinkoenergiajärjestelmien rakentamiseen ei Suomessa ole olemassa yhtenäistä valtakunnallista ohjeistoa, vaan velvollisuudet ja vastuut määräytyvät kuten muissakin rakennushankkeissa maankäyttö- ja rakennuslainsäädännön mukaisesti. Lainsäädännön puitteissa käytännöistä päätetään kuntakohtaisesti.

Euroopan Unionin direktiivi 2009/28/CE edellyttää (Artikla 13, §1(f)), että pienten uusiutuvan energian hankkeiden ja hajautettujen uusiutuvan energian tuotantolaitosten lupamenettelyä yksinkertaistetaan. Tämän perusteella jäsenmaat ovat kehittäneet edellä mainitun direktiivin mukaisia ohjeita lupamenettelyjen virtaviivaistamiseksi ja harmonisoimiseksi (Pöyry, 2016).

Suomessa tuli 1.5.2017 voimaan Maankäyttö- ja rakennuslain muutokset (230/2017), joista osa koskee aurinkoenergiarakentamista. Muutoksilla toteutetaan hallitusohjelman kaavoituksen ja rakentamisen lupien sujuvoittamista koskevia toimenpiteitä. Muutosten tavoitteena on vähentää kaavoitukseen ja rakentamiseen liittyvää sääntelyä, lisätä rakentamismahdollisuuksia sekä edistää elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä ja toimivan kilpailun kehittymistä.

### 6.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (VAT) täsmentävät ja syventävät maankäyttö- ja rakennuslain yleisiä tavoitteita ja niistä johdettuja kaavojen sisältövaatimuksia valtakunnallisesta näkökulmasta. Valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita on määritelty ainoastaan sellaisista valtakunnallisesti merkittävistä asioista, joihin maankäyttö- ja rakennuslaissa tarkoitettulla ohjausjärjestelmällä voidaan vaikuttaa. Näin ollen tavoitteet rajautuvat lain soveltamisalan mukaisesti asioihin, jotka koskevat alueidenkäyttöä ja alueidenkäytön suunnittelua. Tavoitteissa ei käsitellä alue-, energia- tai liikennepoliittisia kysymyksiä eikä määritellä niitä koskevia taloudellisia ratkaisuja.

Tavoitteilla pyritään vaikuttamaan energian tehokkaaseen käyttöön, energian säästöön ja uusiutuvien energialähteiden lisääntyvään käyttöön, jotka omalta osaltaan hidastavat ilmastonmuutosta. Yhteysverkostojen ja energiahuollon kannalta oleellista on valtakunnallisten tarpeiden turvaaminen siten, että edistetään toimivaa aluerakennetta ja kansainvälistä kilpailukykyä. Näillä ratkaisulla on ylimatekunnallista vaikutusta. Energiahuollon osalta valtakunnalliset tarpeet liittyvät tuotantolaitosten ja energian kuljetusten verkostojen sekä uusiutuvien energialähteiden alueidenkäytöllisten edellytysten turvaamiseen. Aurinkoenergiaa ei käsitellä valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteissa erikseen vaan osana uusiutuvia energialähteitä. Energiantuotantoon ja energiahuoltoon viitataan seuraavissa tavoitteiden sisältökohdissa:

Eheytyvä yhdyskuntarakenne ja elinympäristön laatu:

- Alueidenkäytössä tulee edistää energian säästämistä sekä uusiutuvien energialähteiden ja kaukolämmön käyttöedellytyksiä.

Toimivat yhteysverkotot ja energiahuolto:

- Alueidenkäytössä turvataan energiahuollon valtakunnalliset tarpeet ja edistetään uusiutuvien energialähteiden hyödyntämismahdollisuuksia.
- Maakuntakaavoituksessa on osoitettava ja muussa alueidenkäytön suunnittelussa on otettava huomioon valtakunnallisen energiahuollon kannalta merkittävät voimajohtojen linjaukset siten, että niiden toteuttamismahdollisuudet säilyvät. Suunnittelussa on otettava huomioon sekä tarpeelliset uudet linjaukset että vanhojen verkostojen parantamisen ja laajentamisen tarpeet. Voimajohtolinjauksissa on ensisijaisesti hyödynnettävä olemassa olevia johtokäytäviä.
- Alueidenkäytössä tulee varautua uusiutuvia ja jäteteräisiä polttoaineita käyttävien energialaitosten ja niiden logististen ratkaisujen aluetarpeisiin osana alueen energia- ja jätehuoltoa.
- Edellä mainittuja yhteys- ja energiaverkostoja koskevassa alueidenkäytössä ja alueidenkäytön suunnittelussa on otettava huomioon sään ääri-ilmiöiden ja tulvien riskit, ympäröivä maankäyttö ja sen kehittämistarpeet sekä lähiympäristö, erityisesti asutus, arvokkaat luonto- ja kulttuurikohteet ja -alueet sekä maiseman erityispiirteet.

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet on hyväksytty valtioneuvostossa 30.11.2000 ja tarkistettu 13.11.2008 tavoitteiden sisällön osalta. Ympäristöministeriö valmistelee parhaillaan valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden uudistamista. Tavoitteena on, että valtioneuvosto voisi päättää uudistetuista tavoitteista loppuvuodesta 2017. Tavoitteet uudistetaan, jotta ne vastaisivat mahdollisimman hyvin alueidenkäytön valtakunnallisiin haasteisiin. Ehdotus valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita koskevaksi valtioneuvoston päätökseksi valmistellaan maankäyttö- ja rakennuslain toimivuusarvioinnin ja hallitusohjelman linjausten mukaisesti siten, että tavoitteet koskevat nykyistä rajatummin keskeisimpiä valtakunnallisia näkökohtia ja ovat nykyistä täsmällisempiä ja konkreettisempia.

Uudistetut tavoitteet edistävät keskeisesti muun muassa Pariisin ilmastopöytäkirjan ja YK:n kestävän kehityksen Agenda 2030:n täytäntöönpanoa Suomessa. Uudistetuilla tavoitteilla pyritään kohti elinvoimaista aluerakennetta ja vähähiilistä yhteiskuntaa. Tärkeässä roolissa ovat etenkin kestävä yhdyskuntakehitys, tehokas liikennejärjestelmä ja uusiutumiskykyinen energiahuolto, luonto- ja kulttuuriympäristöt ja luonnonvarat sekä elinympäristön turvallisuus ja terveellisyys. Uudistustyössä on huomioitu useita suuria kehityssuuntia, kuten ilmastomuutos, kaupungistuminen ja väestön muutokset, elinkeinojen uusiutuminen ja digitalisaatio sekä luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen.

## 6.2 Aurinkoenergia maakunnan suunnittelussa

Maakunnan suunnittelu on maankäyttö- ja rakennuslain mukaan maakunnan liiton tehtävä. Maakunnan suunnitteluun kuuluvat maakuntasuunnitelma, muuta alueiden käytön suunnittelua ohjaava maakuntakaava ja alueellinen kehittämisohjelma. Maakunnan suunnittelussa otetaan huomioon valtakunnalliset tavoitteet sovittaen ne yhteen alueiden käyttöön liittyvien maakunnallisten ja paikallisten tavoitteiden kanssa. Maakuntasuunnitelmassa osoitetaan maakunnan tavoiteltu kehitys. Maakuntakaavassa esitetään alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen periaatteet ja osoitetaan maakunnan kehittämisen kannalta tarpeellisia alueita. Aluevarauksia osoitetaan vain siltä osin ja sillä tarkkuudella kuin alueiden käyttöä koskevien valtakunnallisten tai maakunnallisten tavoitteiden kannalta taikka useamman kuin yhden kunnan alueiden käytön yhteen sovittamiseksi on tarpeen. (MRL 19 § ja 25 §).

Maakuntakaavoitus on jatkuvasti täydentyvä prosessi, jossa uudet kaavat osin korvaavat ja osin täydentävät tai tarkentavat aiemmin laadittujen ja vahvistettujen maakuntakaavojen muodostamaa kokonaisuutta. Maakuntakaavoituksen sisältö peilaa muuttuvaa toimintaympäristöä ja sen haasteita, joihin kaavan avulla pyritään tarjoamaan yhteisiä ratkaisuja koko maakunnan osalta. (Uudenmaan 4. vaihemaakuntakaava).

Useissa vireillä olevissa maakuntakaavahankkeissa on käsitelty aurinkoenergiaa omana teemanaan tai osana uusiutuvaa energiaa. Maakunnat käsittelevät aihetta omista lähtökohdistaan, koska esimerkiksi maakunnallisesti merkittävästä aurinkovoimalaitoksen mittakaavasta ei ole yksiselitteistä määritelmää, jota voitaisiin pitää yleisenä lähtökohtana maakunnallisissa

suunnittelussa. On myös käyty keskustelua siitä, onko aurinkovoimala ylipäänsä maakunnallisesti merkittävä kysymys alueidenkäytön suunnittelussa – jopa riippumatta voimalan tuotantotehosta ja pinta-alavaatimuksesta.

Pitäisikö siis aurinkovoimaloiden tai muiden suuren mittakaavan aurinkoenergiajärjestelmien suunnitteluun varautua maakuntakaavoituksessa? Kysymys kytkeytyy ennen muuta siihen, katsotaanko näillä olevan ylikunnallista suunnittelutarvetta tai ylikunnallisia ympäristövaikutuksia, ja onko perusteltua osoittaa aluevarauksia mahdollisille tuleville hankkeille pitkän aikavälin oikeudellisesti velvoittavassa suunnitelmassa (maakuntakaavan viranomaistoimintaa ohjaava vaikutus).

## Maakunnallisen tai seudullisen merkittävyyden arviointi

Maakuntakaavassa tulisi käsitellä ensisijaisesti vain sellaisia ylikunnallisia suunnittelukysymyksiä, jotka merkittävyydeltään tai laajakantoisuudeltaan vastaavat maakuntakaavan muuta sisältöä. Arviotaessa alueidenkäyttökysymyksen käsitteilytarvetta maakuntakaavatasolla, tulisi huomiota kiinnittää kuntien yleiskaavalliseen suunnitteluvalmiuteen sekä alueidenkäyttöratkaisun vaikutusten laaja-alaisuuteen (YM. Maakuntakaavan sisältö ja esitystapa, 2002):

### Maakunnallisten ja seudullisten suunnittelutarpeiden tunnuspiirteitä

Alueiden käyttö voi olla maakunnallisesti tai seudullisesti merkittävää monesta eri syystä kuten:

- Alueiden käytön järjestäminen edellyttää samanaikaisia tai keskenään muuten yhteen sovitettuja ratkaisuja useamman kunnan alueella.
  - Tyypillisiä esimerkkejä ovat useamman kunnan alueelle sijoittuvat suuret tiehankkeet, radat, öljy- ja kaasuputket tai voimalinjat sekä luonnon monimuotoisuutta ja ekologisten verkostojen toimivuutta turvaavat alueidenkäyttöratkaisut.
  - → Aurinkoenergiainhankkeissa 10-15 MW tuotantolaitokset on tapauskohtaisesti liitettävä joko 20 kV:n sähköasemaan tai 110 kV:n suurjänniteverkkoon, jolloin ainakin voimansiirtokysymysten osalta liikutaan maakunnallisesti merkittävässä tuotannon mittakaavassa (Esiselvitys aurinkoenergian tuotantoalueista, Satakuntaliitto).
  - → Toisaalta aurinkoenergian tuotantolaitoksia pyritään lähtökohtaisesti sijoittamaan jo rakennetuille ja käytössä oleville alueille, joissa tarpeellinen infrastruktuuri on jo olemassa
- Alueidenkäyttöratkaisun vaikutukset tai usean alueidenkäyttöratkaisun yhteisvaikutukset ulottuvat merkittävässä määrin useamman kunnan alueelle.
  - Tyypillisiä esimerkkejä ovat suuret voimalaitokset, satamat, kaupan suuryksiköt yms. hankkeet, joiden ekologiset, terveydelliset, taloudelliset, sosiaaliset tai kulttuurivaikutukset ulottuvat selvästi myös varsinaisen sijaintikunnan ulkopuolelle. Usein tällaisilla hankkeilla voi myös olla ympäristökuntien alueiden käyttöön kuten liikennejärjestelyihin tai voimansiirtoverkoston rakentamiseen liittyviä vaikutuksia.
  - → Aurinkoenergian haitalliset ympäristövaikutukset ovat lähtökohtaisesti luonteeltaan paikallisia. Positiiviset vaikutukset koskien ilmastoa ja ilmanlaatua, elinkeino- ja aluetaloutta sekä alueen imagoa ja vetovoimaa voivat olla koko seutua tai maakuntaa koskevia.
  - → On eduksi miettiä valmiiksi sopivia ja hyviä sijaintia aurinkovoimaloille, jotta mahdollisen investoijan ilmaantuessa vaihtoehtoja voidaan osoittaa nopeasti. Hyviä sijainteja voi löytyä myös kuntien raja-alueilta.

- Pyrkimys alueellista omavaraisuutta tukeviin ratkaisuihin edellyttää useamman kunnan yhteisiä alueiden käytön ratkaisuja.
  - Tyypillisiä esimerkkejä ovat mm. suurten kaupunkiseutujen materiaali- ja energiahuoltoon tai niiden asukkaiden lähivirkistykseen liittyvät tarpeet, jotka saattavat edellyttää esim. laaja-alaisia maa-ainesten tai turpeen ottoalueita.
  - → Aurinkoenergian tuotanto on Suomessa vielä pitkälti kiinteistökohtaista, sillä isomittakaavaiset maaperusteiset voimalat eivät ole vielä taloudellisesti kannattavia Suomen olosuhteissa. Mahdollisuus käyttää tuotettua energiaa "viereisellä tontilla" lisää kannattavuutta ja mahdollistaa isompien järjestelmien yleistymisen Suomessakin. Asiantuntijoiden mukaan aurinkoenergian merkitys tuotantomuotona tulee kasvamään, mutta pysyy Suomessa kuitenkin pienehkönä osana kokonaisenergiatuotannosta.
  - → Suuret maaperusteiset voimalat varaavat suuria maa-alueita (Euroopasta löytyy useita esimerkkejä laajoista aurinkoenergian tuotantoalueista pinta-alaluokassa 150-400 ha ja kapasiteetiltaan 50-200 MW, Pohjoismaissa esim. Kalundborg, Tanska 80 ha, 61 MW). Tällöin alueelliset energiahuollon ratkaisut, yhteistyökysymykset, aluerakenne (esim. elinympäristöjen tai laajojen yhtenäisten metsäalueiden pirstoutuminen) ja eri maankäyttömuotojen kilpailu saattavat korostua myös ylikunnallisessa/seudullisessa merkityksessä.
- Alueiden käyttö, johon liittyvän kuntien välisen kilpailutilanteen ratkaiseminen edellyttää maakunnallisesti tai seudullisesti yhteen sovitettuja ratkaisuja.
  - Tyypillisiä esimerkkejä ovat suuret, merkittävässä määrin uusia työpaikkoja tai muuta taloudellista hyötyä synnyttävät elinkeinoelämän hankkeet. Näitä koskevan kuntien välisen kilpailutilanteen ratkaiseminen maakuntakaavassa on perusteltua, jos kyseisillä hankkeilla on myös merkittäviä alueidenkäytöllisiä tai yhdyskuntarakenteellisia vaikutuksia. Vastaavaa suunnittelutarvetta saattaa esiintyä myös tilanteissa, joissa kuntien erilaiset etunäkökohdat vaikeuttavat jonkin tarpeellisen toiminnan kuten esimerkiksi jätteenkäsittelyn sijoittamista alueelle.
  - → Aurinkoenergia on monimuotoinen tuotantomuoto ja aurinkoenergiaa voidaan tuottaa hajautetusti erikokoisina ratkaisuinä, jolloin lähtökohtaisesti yhteensovittaminen ei muodostu ongelmaksi. Aurinkoenergiaa voidaan kuntarajoista riippumatta tuottaa siellä, missä se on kannattavaa.

## Joustavuus ja paikallinen liikkumavara

Maakuntaohjelmat ovat keskipitkän aikavälin toimintasuunnitelmia, joita laaditaan ja tarkistetaan suhteellisen nopealla aikataululla kulloinkin ajankohtaisten tarpeiden ja mahdollisuuksien mukaisesti. Ne ovat joustavia ja uusiin kehittämistarpeisiin tarvittaessa nopeasti reagoivia suunnitelmia.

Maakuntakaava sitä vastoin on lähtökohdiltaan pitkän aikavälin oikeudellisesti velvoittava suunnitelma, jonka laatiminen on pitkäkestoinen ja perusteellinen prosessi. Tästä syystä sen mahdollisuudet reagoida nopeasti yllättäviin olosuhdemuutoksiin ovat rajalliset.

Jotta eri kaavatasojen välinen tehtäväjako säilyisi selkeänä ja kuntakaavoituksella riittävä paikallinen liikkumavara, on maakuntakaavalta edellytettävä tarkoitukseen sopivaa yleispiirteisyyttä. Maakuntakaavassa tutkitun ratkaisun on annettava kestävä alueidenkäytöllinen pohja maakunnan kehittämislle samoin kuin kuntien ja muiden viranomaisten alueiden käyttöä koskevalle suunnittelulle.

Maakuntatason alueiden käytön suunnittelun perusteena on tarve ohjata kuntatason kaavoitusta ja muuta alueiden käyttöä koskevaa suunnittelua silloin kun tehdään laajakantoisia, useamman kunnan alueelle vaikuttavia alueidenkäyttöratkaisuja.

## Maakuntakaavan viranomaistoimintaa ohjaava vaikutus

Maankäyttö- ja rakennuslain 32.2 §:n mukaisesti viranomaisten on suunnitellessaan alueiden käyttöä koskevia toimenpiteitä ja päättäessään niiden toteuttamisesta otettava maakuntakaava huomioon, pyrittävä edistämään kaavan toteuttamista ja katsottava, ettei toimenpiteillä vaikeuteta kaavan toteuttamista.

Tämä oikeusvaikutus kohdistuu vain viranomaisten toimintaan, eikä se koske yksityistä maankäytönsuunnittelua. Maakuntakaavan huomioon ottaminen ja edistämismääräys koskee kaikkia sellaisia valtion ja kuntien viranomaisia tai liikelaitoksia, jotka harjoittavat alueiden käyttöön liittyvää suunnittelua tai toteuttamista. Siten esimerkiksi maaseutupolitiikkaan liittyvät tuki- ja muut päätökset eivät ole riippuvaisia maakuntakaavaratkaisusta.

Maakuntakaavan huomioon ottaminen tarkoittaa toimimista tavalla, joka ei vähennä maakuntakaavantoteuttamismahdollisuuksia. Maakuntakaavan toteuttamisen edistäminen edellyttää puolestaan aktiivisempaa, maakuntakaavan toteuttamista palvelevaa toimintatapaa. Kuntien osalta säännös tarkoittaa lähinnä kaavoituksen suuntaamista maakuntakaavan tarkoituksenmukaista toteuttamista edistävälle alueelle.

## 6.3 Esimerkkejä aurinkoenergian huomioimisesta muissa maakunnissa ja seudullisessa suunnittelussa

### Satakunta

Satakunnassa on vireillä vaihemaakuntakaavan 2 laatiminen, jonka keskeisenä teemana on mm. energiantuotanto; turve, bioenergia, tuulivoimatuotanto ja aurinkoenergia. Aurinkoenergian tuotantoalueita koskevasta teemasta on laadittu erillinen selvitys (Esiselvitys aurinkoenergian tuotantoalueista, Pöyry Finland Oy 2016). Esiselvitystyössä keskeisintä oli aurinkoenergian tuotantolaitosten maakunnallisesti merkittävän kokoluokan määrittely, laajojen aurinkoenergian tuotantoalueiden vaikutusten arviointi, sijoittelukriteeristön kokoaminen sekä pohdinta mahdollisuuksista ja tarpeista osoittaa aurinkoenergiatuotantoon soveltuvia alueita maakuntakaavassa. Työhön sisältyi lisäksi laajoille aurinkoenergian tuotantoalueille soveltuvien alueiden määrittelyn kriteerit. Näitä kriteereitä hyödynnettiin Satakuntaliiton laatimissa paikkatietoanalyysissä.

Paikkatietoanalyysissä laajojen aurinkoenergian tuotantoon soveltuvien alueiden kriteereinä oli korkeintaan 5 kilometrin etäisyys sähköasemasta, korkeintaan 5 kilometrin etäisyys taajamasta sekä korkeintaan 1 kilometrin etäisyys teollisuusalueesta tai maa-aineksen ottoalueesta. Sähköasemat olivat maakuntakaavassa osoitettuja vähintään 110 kV:n sähköverkkoon kuuluvia sähköasemia. Taajama-aluejauksina käytettiin maakuntakaavassa osoitettuja taajamatoimintojen alueita, joiden ulkoreunasta 5 kilometrin etäisyys mitattiin. Teollisuusalueiden 1 kilometrin etäisyys laskettiin maakuntakaavassa osoitettujen teollisuus- ja varastotoimintojen sekä työpaikka-alueiden ulkoreunasta. Lisäksi soveltuviin alueisiin sisällytettiin vielä rakentamattomat edellä mainitut teollisuus- ja varastotoimintojen alueet sekä työpaikka-alueet. Maa-ainesten ottoalueiden osalta käytettiin maakuntakaavassa kyseiseen tarkoitukseen osoitettuja alueita, joiden reunoilta 1 kilometrin etäisyys laskettiin. Myös itse alueet sisällytettiin soveltuviin alueisiin. Edellä mainittujen kriteerien perusteella muodostettuja alueita supistettiin poistamalla alueet, jotka olemassa olevan maankäytön tai muun syyn perusteella eivät sovellu aurinkoenergian tuotantoalueiksi.

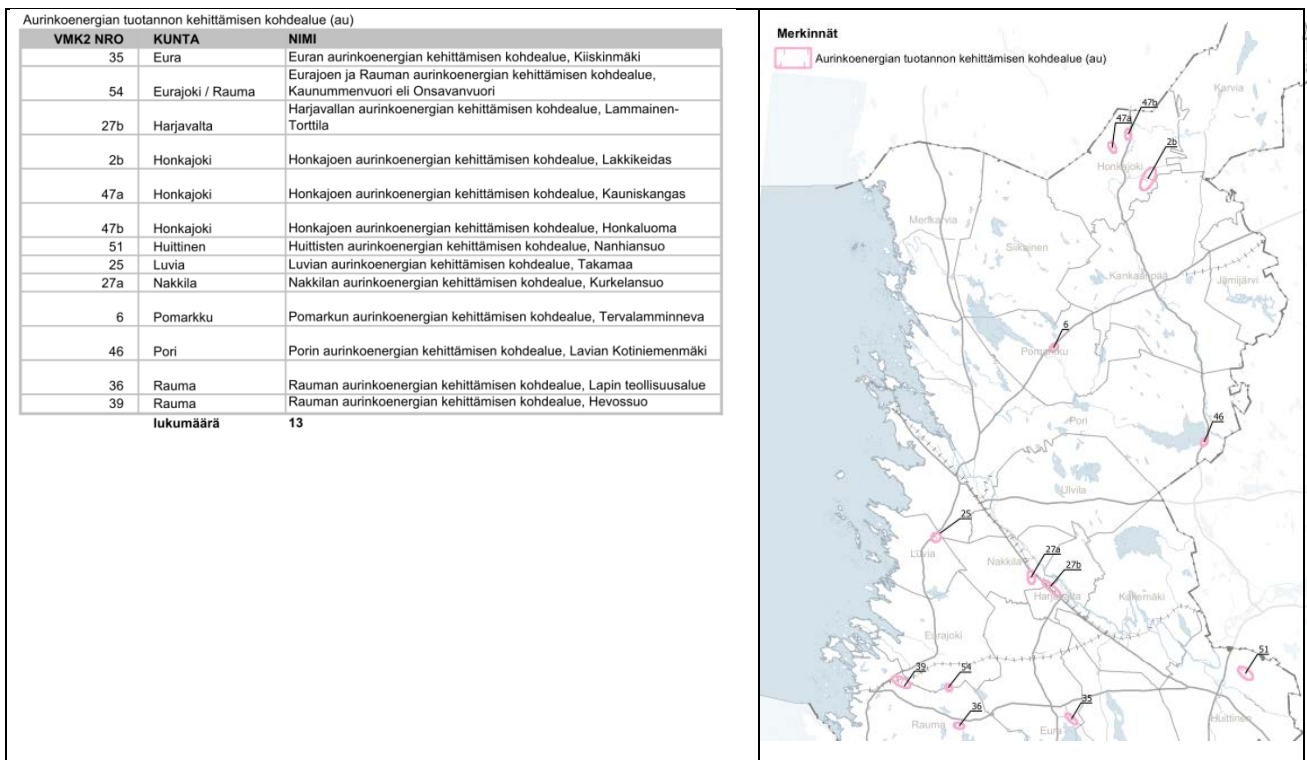
Soveltuvista alueista poistettiin:

- Maanmittauslaitoksen maastotietokannan mukaiset asuin- ja lomarakennukset lähietäisyydellä 200 m
- Maakuntakaavassa virkistysalueiksi osoitetut alueet
- Maakuntakaavassa osoitetut luonnonsuojelualueet ja suojelualueet

- Maakuntakaavassa osoitetut maa- ja metsätalousvaltaiset alueet, joilla on erityisiä ympäristöarvoja sekä maa- ja metsätalousvaltaiset alueet, joilla on erityistä ulkoilun ohjaamistarvetta
- Natura 2000 -verkostoon kuuluvat alueet
- Maakuntakaavassa osoitetut valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet, valtakunnallisesti merkittävät
- rakennetut kulttuuriympäristöt sekä maakunnallisesti merkittävät kulttuuriympäristöt
- Maakuntakaavassa osoitetut maisemallisesti arvokkaat peltoalueet ja perinnemaisemat
- Kansainvälisesti tärkeät lintualueet (FINIBA ja IBA) sekä maakunnallisesti merkittävät lintualueet (MAALI)
- Seuraavat Corine-maanpeiteaineiston maankäyttöluokat: Liikenteen alueet, teollisuusalueet (jo rakennetut alueet), satamat, lentokentät, golfkentät, raviradat, muut viljelmät, kosteikot, joet, järvet, meri


Suunniteltaessa Satakunnassa tuulivoimaloiden alueita ja aurinkoenergian tuotantoalueita lähtökohtana on sekä energianhuollon valtakunnallisten tarpeiden turvaaminen, uusiutuvien energialähteiden hyödyntämismahdollisuuksien edistäminen, että ympäröivän maankäytön ja lähiympäristön, asutuksen, arvokkaiden luonto- ja kulttuurikohteiden ja -alueiden sekä maiseman erityispiirteiden huomioon ottaminen.

Aurinkoenergian tuotannon kehittämisen kohdealue määritettiin sellaisille alueille, joilla katsottiin olevan eniten potentiaalia laajamittaisen aurinkoenergian tuotannolle. Alueiksi valittiin riittävän laajoja kokonaisuuksia eli jokaisella alueella tulisi olla potentiaalista aluetta vähintään 40 ha. Alueita valittiin luonnosvaiheessa 13 kpl. Aurinkoenergian tuotannon kehittämisen kohdealueiden sijoittaminen on pyritty suunnittelemaan siten, että ne sijoittuvat alueille, jotka ovat jo ihmistoimintojen käytössä tai joiden luonnontila on muuttunut. Lisäksi aurinkoenergian tuotannon kehittämiseen liittyvät alueet on pyritty sijoittamaan muun yhdyskuntarakenteen ja rakenteeseen liittyvien energiahuoltoverkostojen yhteyteen.



Kuva 18. Satakunnan vaihemaakuntakaavaluonnoksessa 2 esitetyt aurinkoenergiatuotannon kehittämisen kohdealueet.





**AURINKOENERGIAN TUOTANNON KEHITTÄMISEN KOHDEALUE**

Merkinnällä osoitetaan merkittävät aurinkoenergian tuotantoon soveltuvat kohdealueet.

*Suunnittelumääräys*

*Suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota laajamittaisen aurinkoenergia-tuotannon kehittämiseen ja ajoittamiseen suhteessa alueen muuhun maankäyttöön.*

*Suunnittelussa on otettava huomioon toteutettavien toimenpiteiden yhteensovittaminen kulttuuri-, maisema- ja luontoarvoihin sekä olemassa oleviin elinkeinoihin ja asutukseen.*

**Aurinkoenergia**

*Suunnittelumääräys*

*Suunniteltaessa laajoja aurinkoenergian tuotantoalueita tulee alueet ensisijaisesti pyrkiä sijoittamaan olemassa olevan yhdyskuntarakenteen ja sähköverkon liityntäpisteiden läheisyyteen. Suunnittelussa on otettava huomioon toteutettavien toimenpiteiden yhteensovittaminen kulttuuri-, maisema- ja luontoarvoihin sekä olemassa oleviin elinkeinoihin ja asutukseen.*

*Laajojen aurinkoenergian tuotantoalueiden suunnittelussa tulee huolehtia, että luonnonarvojen, virkistys- ja kulttuuriympäristön tai maiseman vaalimisen kannalta tärkeiden alueiden arvot säilyvät ja merkittävien haitallisten vaikutusten syntyminen ehkäistään.*

Kuva 19. Satakunnan vaihemaakuntakaavaluonnoksessa 2 käytetty kaavamerkintä ja määräys sekä kokosuunnittelualueutta koskeva määräys.

Vaihemaakuntakaava 2 ei estä tutkimasta pienempien aurinkoenergian tuotantoalueiden sijoittumista myös aurinkoenergian kehittämisen kohdealueiden ulkopuolelle. Kehittämisperiaatemerkintä mahdollistaa myös alueen muun käytön kehittämisperiaatemerkinnän kanssa mahdollisten päällekkäisten merkintöjen osoittamalla tavalla.

Aurinkovoima saattaa myös asettaa erityisiä ja uudenlaisia haasteita sähkönsiirtojärjestelmän ja kantaverkon mitoitukselle.

## Pohjanmaa

Vaasan yliopistossa on tutkittu aurinkoenergian saatavuutta ja hintaa (Pohjanmaan Aurinko, Vaasan yliopisto, 2017) sekä tuotu esille kaavoitukseen vaikuttavia näkökulmia (Aurinkoenergian kaavoitusvaikutukset, Vaasan Yliopisto, Levón-instituutti, 2017). Johtopäätökset energiantuotannon muutoksista Suomessa sekä kaavoitusvaikutuksista perustuvat 16:een asiantuntijahaastatteluun. Energia-alalla toimiville yrityksille ja organisaatioille suunnatussa kyselytutkimuksessa selvitettiin aurinkoenergian mahdollisia tulevaisuuden skenaarioita. Erityisesti keskityttiin pohtimaan kysymyksiä, joilla saattaa olla vaikutusta maakuntakaavoitukseen.

Asiantuntijoiden mukaan aurinkoenergian merkitys tuotantomuotona tulee kasvamaan, mutta pysyy Suomessa pienehkönä osana kokonaistuotantoa. Aurinkoenergia on kannattavaa siellä, missä sillä voidaan korvata verkosta ostettavaa sähköä. Siirtomaksuilla ja veroilla on ratkaiseva merkitys kannattavuuden osalta nyt ja tulevaisuudessa. Isossa mittakaavassa aurinkoenergian tuotanto ei vielä ole kannattavaa. Aurinkoenergia on monimuotoinen tuotantomuoto ja aurinkoenergiaa voidaan tuottaa hajautetusti erikokoisina ratkaisuin; olennaista on tuotetun energian käyttö suoraan kohteessa. Aurinkoenergiaa tulisi tuottaa ensisijaisesti kiinteistökohtaisina ratkaisuin rakennusten katoilla. Toissijaisesti tulisi hyödyntää ns. brownfield –alueet. Viimeinen vaihtoehto on sijoittaa aurinkoenergiaa ”neitseelliseen luontoon”. Aurinkoenergiatuotannon sosiaalinen hyväksyttävyyden on erittäin hyvä, varsinkin, jos tuotantolaitokset sijoitetaan harkitusti. Kaavoituksessa on hyvä huomioida aurinkoenergia lähinnä mahdollistavalla (ei rajoittavalla) tavalla.



Seuraavaan on koottu tarkemmin Vaasan yliopiston tekemien asiantuntijahaastatteluiden keskeisiä johtopäätöksiä aurinkoenergiahankkeiden suunnitteluun liittyen:

#### Aurinkoenergian sosiaalinen hyväksyttävyyys

- Aurinkoenergia hyväksytään huomattavasti tuulivoimaa paremmin suomalaisten keskuudessa. Kritiikki liittyy lähinnä taloudelliseen kannattavuuteen, mutta varsinaista vastustusta ei juuri ole.
- Aurinkopaneelit eivät liiku eivätkä melua, ne eivät myöskään näy kauas eivätkä pilaa ympäristöä (pieni häiritsevyys). Ne eivät haittaa myöskään lintuja tai lepakoita.
- Arkkitehtuuriset seikat ovat makuasioita-tulisi pyrkiä huomaamattomiin ja tyylikkäisiin ratkaisuihin. Rakennuksista tulisi valita sellaisia, joilla ei ole esim. kulttuurihistoriallista arvoa. Alueista pitäisi valita sellaisia, joilla ei ole erityistä arvoa tai muuta käyttöä. Sosiaalista hyväksyntää saattaa heikentää mm. aurinkopaneelien ja voimaloiden huono sijoittelu.
- Sosiaalista hyväksyntää lisää taloudelliset hyödyt (kotimaisuusaste ja työllistämisvaikutus).
- Aurinkoenergian tuotto-odotuksista tulee antaa realistinen kuva, sillä mahdolliset pettymykset saattavat heikentää uskottavuutta aurinkoenergian kannattavuuteen pitkälläkin tähtäimellä

#### Optimaalinen kokoluokka

- Aurinkovoimalan optimaalista kokoluokkaa on vaikea määritellä → paras vaihtoehto on kehittää ja tuottaa aurinkovoimaa "kaikkiolla, missä se kannattaa".
- Aurinkoenergia on kannattavinta siellä, missä sillä voidaan korvata verkosta ostettavaa energiaa.
- Kun aurinkoenergiaa tuotetaan hajautetusti pieniä määriä, sillä ei ole käytännön vaikutusta sähköverkkoon.
- Kiinteistökohtaista tuotantoa pidetään taloudellisesti parhaana vaihtoehtona. Ensin pitäisikin rakentaa aurinkovoimaa katoille (hyödyntää olemassa olevat rakenteet), vasta sitten rakentaa erillisiä voimaloita.
- Varsinaiset maavoimalat eivät vielä ole taloudellisesti kannattavia Suomen olosuhteissa, mutta niitäkin alkaa tulla enemmän. Mahdollisuus käyttää tuotettu energia "viereisellä tontilla" lisää kannattavuutta.

#### Aurinkoenergialle sopivimmat kiinteistöt

- Aurinkoenergian tuotantoon soveltuu "mikä tahansa" kiinteistö (omakotitalo, taloyhtiö, maatila, julkinen rakennus, yritys/teollisuus).
- Olennaista on mahdollisuus hyödyntää aurinkoenergiaa kiinteistössä täysimääräisesti silloin, kun tuotanto on suurinta, sähkökuorma on suuri ja kysyntä kohtaa tarjonnan oikea-aikaisesti (esimerkiksi kauppakeskukset ja teollisuushallit ovat hyviä).
- Kattopinta-ala sekä katon malli ja suuntaus olennaista.
- Erityisesti yritykset voivat hyödyntää myös imagoarvon.
- Uudisrakentamisessa mahdollisuus käyttää pintamateriaaleja, joihin aurinkoenergia on integroitu.

#### Aurinkoenergian tuotantoon soveltuvat alueet

- Kannattavuuteen vaikuttaa erityisesti olemassa oleva infrastruktuuri ja alueen soveltuminen aurinkoenergian tuotantoon.
- Sähkö- (ja/tai kaukolämpö) verkon läheisyys ("ei mihinkään takamaille"). Etäisyys voimajohtoon, etäisyys sähköasemaan (>30 MW voimaloissa) tulee selvittää.
- Energiankulutuksen läheisyys (kannattavampaa, jos ei sähköä tarvitse siirtää verkossa)
- Riittävä tiestö järjestelmän rakentamista ja huoltamista varten
- Auringon esteetön paistaminen paneeleihin: tasainen maasto, ei varjostuksia
- Paneelien sijoittelu niin, ettei mahdollinen heijastelu aiheuta haittoja

- Kylmä paneeli tuottaa sähköä paremmin kuin lämmin (tuulinen paikka hyvä?)
- Pölyävä paikka ei ole hyvä, mutta Suomessa tätä ei pidetä ongelmana
- Veden läheisyydessä säteilymäärät hieman suurempia
- Etelä-Suomessa säteilymäärät pohjoista suurempia
- Tärkeää valita alueet niin, että niille ei ole parempaa käyttöä (esim. virkistysalueet) → Ei turhaan kaadeta metsää tai tuhota luontoa eikä aiheuta haittaa tai harmia ihmisille

#### Aurinkoenergian ohjaaminen kaavoituksella

- On hyvä signaali huomioida aurinkoenergia myös kaavoituksessa → osoittaa, että asiaa pidetään tärkeänä ja tavoiteltavana. Etupainotteisuus positiivista!
- Välttämätöntä ei kuitenkaan ole huomioida aurinkoenergiaa maakuntakaavoituksessa, koska suuret voimalat (30 MW, 60 ha?) eivät ole toistaiseksi Suomen olosuhteissa taloudellisesti kannattavia, eikä pidetä todennäköisenä niiden lisääntymistä merkittävässä määrin. (tältä osin saatiin ristiriitaisia kommentteja; osa haastateltavista piti tärkeänä valmistautumisena tulevaan).
- Ei niin kriittistä kuin tuulivoimalla: vähäisempi vaikutus ympäristöön. Myös helpommin purettavissa ja siirrettävissä.
- On eduksi miettiä valmiiksi sopivia ja hyviä sijaintia aurinkovoimaloille, jotta mahdollisen investoijan ilmaantuessa vaihtoehtoja voidaan osoittaa nopeasti eikä hanke kaadu byrokratian rattaisiin.
- Asia tulisi huomioida maakuntakaavassa pikemminkin hyviä ja mahdollisia alueita osoittamalla, ei rajoittamalla ("jos ei ole kaavassa, ei saa rakentaa"). Todella tärkeänä pidetään sitä, ettei asioita vaikeuteta liikaa.
- Hankkeiden kaatuminen "viime metreillä" valitusten takia pitäisi estää.
- Kokonaissuunnittelu olennaista; jos samalla alueella toteutetaan useita puistoja eriaikaisesti, saatetaan joutua rakentamaan useita rinnakkaisia voimajohtoja.
- Asiaa tulisi tarkastella valtakunnan tasollakin; yhden maakunnan ei tarvitse kaavoittaa koko Suomen tarvetta.

## Kymenlaakso

Osana Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittamaa South-East Leveraging Livelihood (SELL) -hanketta selvitettiin vuonna 2016 Kotkan–Haminan seudun energiavahvuuksia ja -lähtökohтия suunnittelun ja investointien edistämisen tukemiseksi. Selvityksen tulokset huomioitiin Kotkan-Haminan seudun viiden kunnan strategisen yleiskaavan laatimisessa. Osana selvitystä käsiteltiin aurinkoenergiaa.

Seudun aurinkoenergiälähtökohdistä todettiin seuraavaa:

- Tällä hetkellä ohjaavat tekijät aurinkosähkövoimaloiden rakentamiselle ovat ekologisen ja itsenäisen sähkötuotannon mahdollisuus kiinteistönomistajien näkökulmasta sekä mahdollisuus myös myydä ylijäävä sähkö.
- Teknista-loudellisin kriteerein on toistaiseksi haastavaa perustella aurinkosähkön rakentamista, kyseessä on pääomapainotteinen ratkaisu, jonka takaisinmaksuaika on arvioitu 15-20 vuodeksi.
- Kannattavuusennuste on parempi suurvoimaloiden osalta: suhteelliset asennuskustannukset pienenevät, tilakustannukset kasvavat
- Energiayhtiöiden ja sähkön suurtuotannon näkökulmasta aurinkoenergia ei toistaiseksi ole käytännön merkittävä tekijä, tarjontaa voi toki harjoittaa, esim. Helen, jos ostajia löytyy.
- Sekä pien- että suurvoimaloille löytyy useimmiten asennustilaa, potentiaalia joko rakennusten katoilta tai joutomailta (rakennuskelpoiset joutomaat löydettävä). Suurvoimaloiden osalta tilojen järjestäminen kaavoituksella mahdollista, tällöin investoija sitoutuisi tilan käyttöön.

- Aurinkoenergian laajamittaiseen hyödyntämiseen liittyviä mahdollisia tulevaisuuden teknis-taloudellisia muutostekijöitä:
  - Mahdollinen tuotantotakuu/tariffihinta (kuten tuulivoimalle) voi tulla tuottajalle porkkanaksi (poliittinen ohjaus vs. markkinaehtoisuus).
  - Sähkön kokonaishinnan merkittävä nousu (+30 %) parantaisi selvästi aurinkosähkön teknistaloudellista kannattavuutta normaalikuluttajan näkökulmasta.
  - Alueella potentiaalisia kohteita aurinkoenergian laajamittaiselle hyödyntämiselle ovat mm. valtaväylien/suurten pysyvien aukoiden pohjoispuoliset alueet tai tasakattoiset kiinteistöt. Teollisuusalueilla aurinkoenergia voi lisätä alueen energiaomavaraisuutta ja pienentää energiakustannuksia ostoenergiaa korvattaessa (siirtohintaa ja veroja jää pois).

Haminassa Suomen Voima Oy on rakentanut Mäkelänkankaan tuulipuiston yhteyteen aurinkovoimalaitoksen. Selvityksen mukaan seudun muutkin teollisuusalueet, kuten Karhula ja Mussalo, voisivat olla potentiaalisia aurinkovoimalan sijoituskohteita, joiden tavoitteena olisi alueen omavaraisuuden lisääminen.

Seudun strategisessa yleiskaavassa pyritään toteuttamaan seudun elinkeinopoliittisia tavoitteita ja elinkeinostrategiaa viemällä selvityksissä todettuja tarpeita ja mahdollisuuksia käytännön toiminnan tasolle. Teollisuustoimintaan liittyvänä tavoitteena on ollut mm. uusien potentiaalisten teollisen mittakaavan uusiutuvan energiatuotannon alueiden osoittaminen ja tuulivoimatuotannon valmiuksien säilyttäminen.

Seudullisella yleiskaavalla on pyritty ennen kaikkea joustavuuteen, jolloin lähtökohtana on ollut rajoittaa ainoastaan alue- ja yhdyskuntarakenteen tarkoituksenmukaisen kehittämisen kannalta tai liiketoiminnan ympäristövaikutusten vuoksi tarpeellista sijoittumista oikeusvaikutteisien merkinnöin. Kaavaratkaisun joustavuus ja mukautuvuus parantaa seudun edellytyksiä houkutella alueelle monipuolista yritystoimintaa ja ottaa vastaan hyvinkin erityyppisiä toimi- ja tuotantotiloja tarvitsevia uusia toimijoita. Tämä tukee elinkeinostrategiaa mahdollistamalla jatkuvan uudistumisen ja toimijoiden vaihtuvuuden, muttei toisaalta sido alueen toimijoita seudun kilpailukyvyyn kannalta optimaalisimpaan sijaintiin. Joustavuus ja kaavamuutosten nopea läpiviemi korostui myös kaavatyöhön liittyvissä yrityshaastatteluissa, joissa painotettiin joustavuuden ja sujuvuuden merkitystä seudun elinkeinotoiminnalle ja sitä kautta alueen kilpailukyvyyn vahvistamiselle.

Kaavaratkaisussa on lisäksi haluttu tarkentaa alueiden tulevaisuuden profiloitumista, etenkin älykkään erikoistumisen sekä sitä kautta seudun kilpailukyvyyn ja siihen liittyvän myynti- ja markkinointitoiminnan kannalta. Selostuksen liitteenä olevassa kokonaisuunnitelmassa on tämän vuoksi esitetty myös elinkeinoelämään liittyviä informatiivisia profiilimerkintöjä, joihin ei liity oikeusvaikutuksia. Profiloivilla merkinnöillä on pyritty varmistamaan, että erityyppisille toiminnoille on riittävästi sijoittumismahdollisuuksia, erityisesti alueen keskeisten kasvutoimialojen osalta. Aurinkoenergiatuotantoalueita on osoitettu Haminan Mäkelänkankaan lisäksi yleiskaavan teollisuus-, logistiikka-, tilaa vaativien työpaikka- ja/tai satamatoimintojen alueelle Mussaloon, Summanlahteen ja Hietaseen.

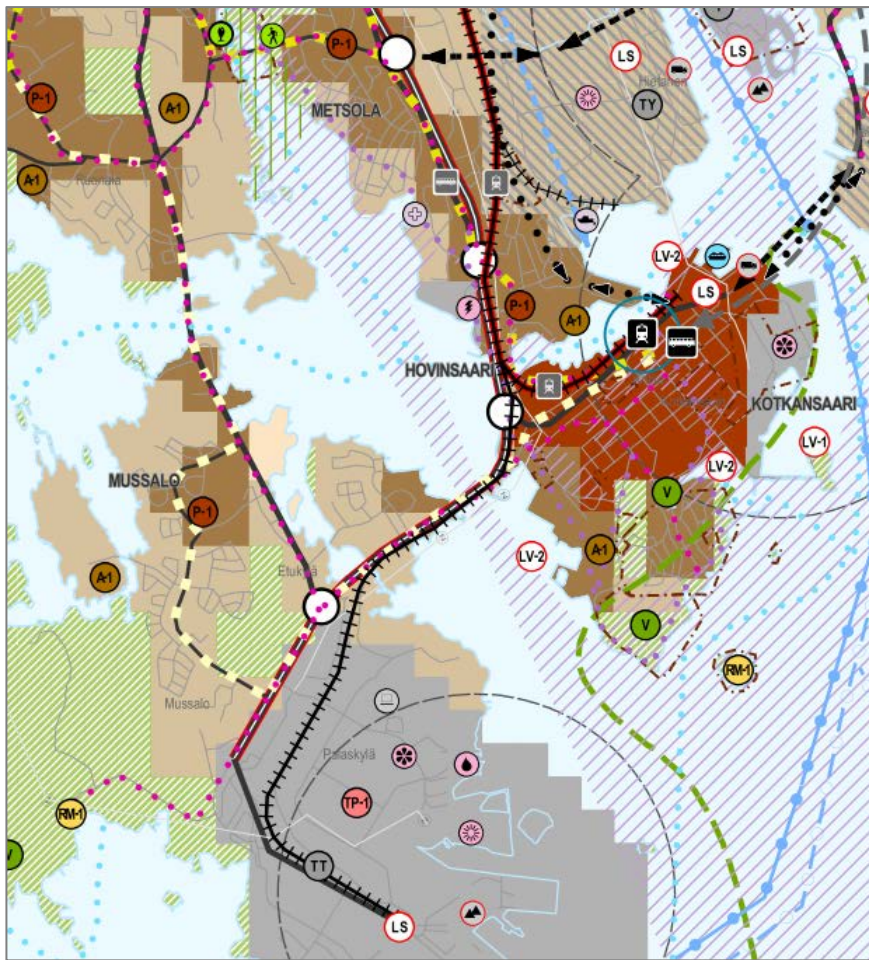
Profiloinnin tarkoituksena on myös konkretisoida elinkeinoelämän investointimahdollisuuksia osoittamalla valmiita paikkoja liiketoiminnan ekosysteemeistä, joihin uusien yritysten olisi edullista sijoittua. Maankäytön suunnittelua ja kaavoitusta on tehty jatkuvassa ja tiiviissä yhteistyössä seudun invest-in toiminnan kanssa, jotta on saatu synnytettyä portfoliosalkkua seudun mahdollisten ja potentiaalisten yritysinvestointikohteiden myyntiä ajatellen.

Profiloimismerkinnöillä on lisäksi pyritty suuntaamaan seudulle tulevaisuudessa sijoittuvia toimijoita niin, että uudet yritykset vahvistaisivat entisestään alueille jo muodostuneita tai muodostuvia elinkeinoelämän ekosysteemejä. Tavoitteena on ollut lisätä eri toimijoiden keskinäisiä synergioita esimerkiksi osaamisen jakamisen, yhteisen infrastruktuurin hyödyntämisen (yrityspuistot) ja sivutuotteiden hyödyntämisen helpottamiseksi.



*Kuva 20. Haminan Mäkelänkankaan tuulipuisto ja aurinkovoimala. Kuvälähde: Suomen Voima Oy.*





 Aurinkoenergiantuotantoalue

Kuva 21. Kotkan-Haminan seudun seudulliseen yleiskaavaan liittyvä ns. kokonaissuunnitelma, jossa on yleiskaavavarausten lisäksi osoitettu oikeusvaikutuksettomia, profiloivia merkintöjä, joilla on mm. pyritty suuntaamaan seudulle tulevaisuudessa sijoittuvia toimijoita niin, että uudet yritykset vahvistaisivat entisestään alueille jo muodostuneita tai muodostuvia elinkeinoelämän ekosysteemejä. Kuvälähde: Ramboll Oy.

## 6.4 Aurinkoenergiarakentamisen ohjaus kuntien maankäytön suunnittelussa

Aurinkoenergiarakentamisen käytännöistä päätetään kuntakohtaisesti lainsäädännön asettamien reunaehtojen puitteissa.

Aurinkoenergiakaavoitus käynnistyy pääasiassa kiinteistöliiketoiminnan tarpeista ja aloitteista. Kuntien maankäytön ohjausvälineet (yleiskaava, asemakaava, rakennus- ja toimenpidelupa sekä rakennusjärjestys) ovat yleensä riittäviä keinoja ohjata aurinkoenergian tuotantoalueiden rakentamista. Kiinteistökohtaiset järjestelmät saattavat edellyttää toimenpidelupaa, mutta kunnat ovat voineet rakennusjärjestyksessään vapauttaa tietyn tyyppiset rakennelmat toimenpidelupien alaisuudesta. Käytännöt vaihtelevat eri kunnissa. Laajemmat aurinkoenergiaprojektit mukaan lukien tuotantolaitos, tuotantolaitoksen tie- ja sähköinfrastruktuuri sekä muuntoasemien ja maakaapeliverkkojen suunnittelu, voivat edellyttää yleiskaavoitusta ja/tai asemakaavoitusta tai muutoksia voimassa oleviin kaavoihin sekä rakennuslupaa.

Suomen aurinkovoimakapasiteetti koostuu pääosin alle 1 MW kokoluokan kattoasenteisista tuotantolaitoksista, joiden rakentaminen on perustunut suoriin rakennus- tai toimenpidelupiin tai ilmoitusmenettelyyn.

Aurinkopaneelien ja -keräimien koko voi vaihdella hyvin pienestä talokohtaisesta hankkeesta laajaan voimala-alueeseen, joten myös luvan tarve vaihtelee. Erilaisten toimenpiteiden luvan tarve riippuu toimenpiteen tyypistä, koosta ja sijainnista sekä sen vaikutuksista. Luvan tarpeen määrittely on korostanut tapauskohtaisen harkinnan merkitystä. Kuntien välillä on ollut myös erilaisia tulkintoja siitä, minkälaisiin aurinkopaneelisiin ja -keräimiin tarvitaan lupa. Lisäksi kunnat ovat vaihtelevasti määränneet rakennusjärjestyksissään ilmoitusmenettelyn soveltamisesta aurinkopaneelien ja -keräimien asentamiseen ja rakentamiseen.

Rakennusluvasta säädetään maankäyttö- ja rakennuslain 125 §:ssä. Rakennuksen rakentamiseen on oltava rakennuslupa. Rakennuslupa tarvitaan myös sellaiseen korjaus- ja muutostyöhön, joka on verrattavissa rakennuksen rakentamiseen, sekä rakennuksen laajentamiseen tai sen kerrosalaan laskettavan tilan lisäämiseen. Muuta rakennuksen korjaus- ja muutostyötä varten tarvitaan rakennuslupa, jos työllä ilmeisesti voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin.

Toimenpideluvasta säädetään maankäyttö- ja rakennuslain 126 §:ssä. Rakentamiseen voidaan rakennusluvasta hakea toimenpidelupa sellaisten rakennelmien ja laitosten, kuten maston, säiliön ja piipun pystyttämiseen, joiden osalta lupa-asian ratkaiseminen ei kaikilta osin edellytä rakentamisessa muutoin tarvittavaa ohjausta. Toimenpidelupa tarvitaan myös sellaisen rakennelman tai laitoksen pystyttämiseen ja sijoittamiseen, jota ei pidetä rakennuksena, jos toimenpiteellä on vaikutusta luonnonoloihin, ympäröivän alueen maankäyttöön taikka kaupunki- tai maisemakuvaan. Lisäksi toimenpidelupa tarvitaan muuhun kuin rakennuslupaa vaativaan rakennuksen ulkoasua muuttavaan toimenpiteeseen sekä asuinrakennuksen huoneistojärjestelyihin.

Maankäyttö- ja rakennuslain 126 a §:ssä on lisäksi luettelo toimenpideluvanvaraisista toimenpiteistä. Kunta voi kuitenkin määrätä rakennusjärjestyksessään, että toimenpidelupaa ei kunnassa tai sen osassa tarvita luettelossa tarkoitettuun toimenpiteeseen, jos toimenpidettä voidaan pitää vähäisenä.

Ilmoitusmenettelystä säädetään maankäyttö- ja rakennuslain 129 §:ssä. Kunta voi rakennusjärjestyksessään määrätä, että merkitykseltään ja vaikutukseltaan vähäiseen rakentamiseen tai muuhun toimenpiteeseen voidaan ryhtyä ilman rakennus- tai toimenpidelupaa sen jälkeen, kun asianomainen on tehnyt tätä koskevan ilmoituksen kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle. Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen tulee ilmoituksen sijasta edellyttää rakennus- tai toimenpideluvan hakemista, jos se yleisen edun tai naapurien oikeusturvan kannalta on tarpeen. Rakentamiseen tai muuhun toimenpiteeseen voidaan ryhtyä, jollei rakennusvalvontaviranomainen 14 päivän kuluessa ilmoituksen vastaanottamisesta ole edellyttänyt luvan hakemista ilmoitettuun hankkeeseen.

Maankäyttö- ja rakennuslain 126 a §:n toimenpideluvanvaraisten toimenpiteiden luettelossa ei ole ennen 1.5.2017 voimaan astunutta maankäyttö- ja rakennuslain muutosta mainittu aurinkopaneelien ja -keräimien, joten niiden luvanvaraisuus on määräytynyt vain maankäyttö- ja rakennuslain 125 ja 126 §:n mukaan. Lakimuutoksen tavoitteena on selkeyttää sitä, että toimenpidelupa tarvitaan vain kaupunkikuvaan tai ympäristöön merkittävästi vaikuttavasta toimenpiteestä:

126 §:n mukainen toimenpidelupa tarvitaan sellaisen rakennelman tai laitoksen, jota ei ole pidettävä rakennuksena, pystyttämiseen tai sijoittamiseen taikka rakennuksen ulkoasun tai tilajärjestelyn muuttamiseen seuraavasti:

—

13) kaupunkikuvaan tai ympäristöön merkittävästi vaikuttavan aurinkopaneelin tai -keräimen asentaminen tai rakentaminen.

Jos 1 momentin 1–10, 12 tai 13 kohdassa tarkoitettu toimenpide perustuu oikeusvaikutteiseen kaavaan tai katusuunnitelmaan taikka maantielain tai yleisistä teistä annetun lain (243/1954) mukaiseen hyväksytyyn tiesuunnitelmaan toimenpidelupaa ei tarvita.

Kunta voi rakennusjärjestyksessä määrätä, että toimenpidelupaa ei kunnassa tai sen osassa tarvita 1 momentin 1–10, 12 tai 13 kohdassa tarkoitettuun toimenpiteeseen, jos toimenpidettä voidaan pitää vähäisenä.

Aurinkopaneelin tai -keräimen asentamisen tai rakentamisen vaikutukset kaupunkikuvaan tai ympäristöön riippuvat merkittävästi niiden yksityiskohtaisesta toteuttamisesta.

Aurinkopaneelin tai -keräimen asentaminen tai rakentaminen saattaa edelleen edellyttää toimenpidelupaa esimerkiksi silloin, kun kyseessä on rakennus tai rakennuspaikka, joka sijaitsee rakennushistoriallisesti, kaupunkikuvallisesti tai maisemallisesti arvokkaalla alueella. Tällaisia alueita ovat muun muassa valtakunnallisesti merkittävät rakennetun kulttuuriympäristön alueet. Myös muutokset suojellun rakennuksen julkisivulla tai katolla edellyttävät yleensä luvan hakemista. Merkittäviä kaupunkikuvallisia vaikutuksia saattaa syntyä myös esimerkiksi kaupunkien keskustoissa ja näiden katutilojen näkymissä. Tällaiset tilanteet vertautuvat lupaharkinnassa julkisivutoimenpiteeseen, kuten rakennuksen julkisivun muuttamiseen ja katukuvaan vaikuttavan markiisin asettamiseen.

Harvaan asutulla alueella keskeisenä tekijänä ovat vaikutukset naapurikiinteistöön. Toimenpidelupaa edellyttäviä tilanteita voi syntyä lähinnä aurinkopaneelin tai -keräimen valon heijastumisesta naapurikiinteistöön rakennuksiin tai suuren aurinkopaneeliryhmän asentamisesta lähelle naapurikiinteistön rajaa.

Suuren mittakaavan aurinkovoimalaitokset tai suurien paneeliryhmien muusta alueesta erotetut sijoitukset maastoon edellyttävät lähtökohtaisesti toimenpidelupaa. Laajat aurinkovoimalat saattavat toimenpideluvan sijasta edellyttää rakennuslupaa.

## 6.5 Esimerkkejä aurinkoenergiahankkeiden kaavoituksesta ja lupamenettelyistä

Suurimmat Suomessa rakenteilla ja suunnitteilla olevat tuotantolaitokset ovat 10 MW:n kokoluokassa. Ne ovat pääasiassa yhden kunnan alueelle toteutettavia hankkeita, joiden alueidenkäyttöä koskevat ratkaisut tehdään sillä suunnittelutasolla, jolla ne ovat ratkaisun sisältö ja vaikutukset huomioon ottaen parhaiten tehtävissä. Yleisemmin tuo suunnittelutaso on ollut yleiskaava.

### Lempäälän Marjamäen energiavoimaloiden järjestelmä, Lempäälän Energia

*4,0 MW (2017-), suunnitteilla/rakenteilla*

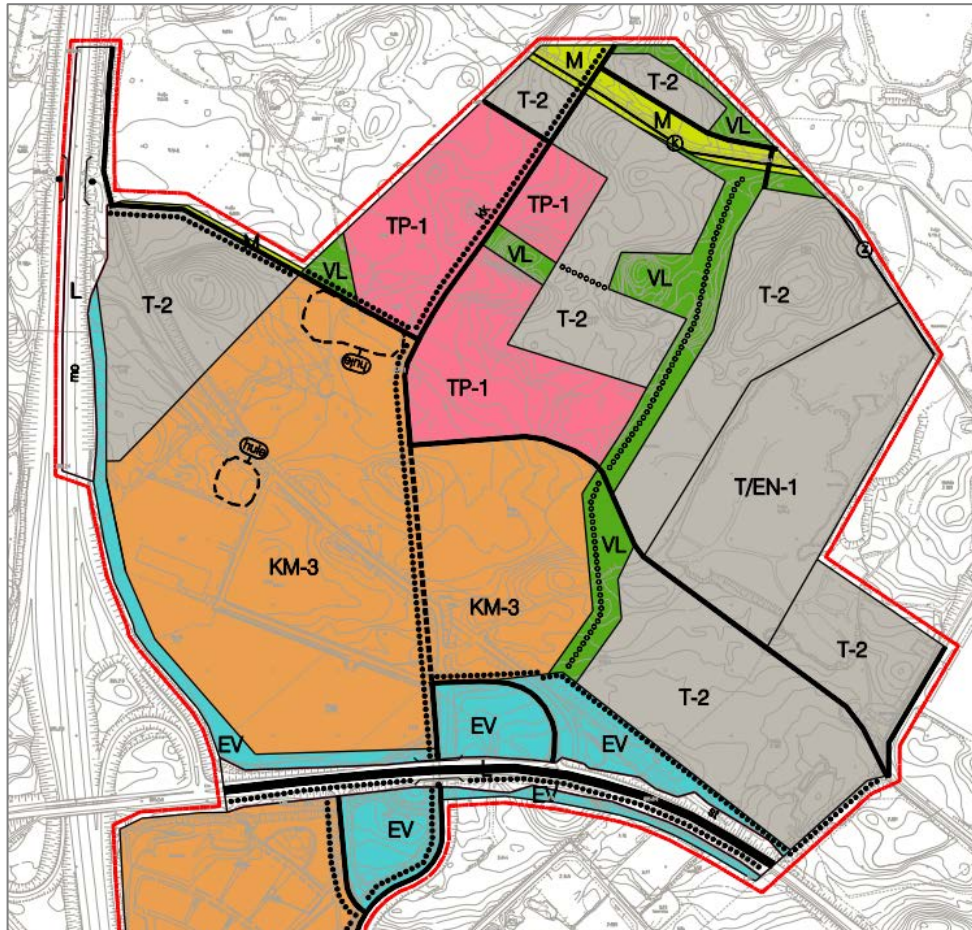
Lempäälään Marjamäkeen ollaan rakentamassa älykästä ja energiaomavaraista toimintaympäristöä yrityksiä varten. Hankkeen perusajatus on tuottaa laadukkaita kokonaisvaltaisia energiapalveluita alueella toimivien yritysten käyttöön; hyödyntäen uusiutuvia energialähteitä, vaihtoehtoisia sähköenergian tuotantomenetelmiä ja viimeisimpiä alan teknologioita. Pääasiallisina energialähteinä tullaan käyttämään aurinkoenergiaa ja kaasumaisia energialähteitä, esimerkiksi biokaasua. Lempäälän Energian Energiaomavaraisten Lempäälä-hanke Marjamäen teollisuusalueella on yksi (yhteensä 11:stä) vuonna 2017 tuettavista uusiutuvan energian ja uuden energiateknologian investointihankkeista. Kärkihankkeelle myönnetty tuki on 4,74 M€.

Marjamäkeen rakennetaan uudenlainen energiaomavaraisuuteen perustuva energijärjestelmä, johon sisältyy aurinkopaneelikenttä 4 MW, polttokennot 116 kW ja kaasumootorit 8 MW teollisuusalueen välittömään läheisyyteen. Aurinkopaneelikentän yhteyteen sijoitetaan keskitetty energiavarasto, superakku, tasaamaan tuotannon heilahteluja ja varmistamaan alueen tehotasapainoa. Sähköverkon ohjaus ja verkkorakenne toteutetaan älykkäänä sähköverkkona. Mikroverkon hallinnassa sovelletaan automaattioratkaisuja, jotka mahdollistavat mikroverkon toiminnan itsenäisenä saarekkeena, osana julkista sähkönjakeluverkkoa tai kantaverkon tehotasapainon hallintaa tukevana reservinä.

Tärkeä osa hanketta on sähkön laadun ja saatavuuden ylläpito uusiutuvan energian tuotannon vaihdellessa. Kaasumaisista energialähteistä jalostetaan yhteistuotannolla sähkö- ja lämpöenergiaa, jotka hyödynnetään alueen sähkö- ja kaukolämpöverkoissa. Yhteistuotannossa käytettävät tekniikat koostuvat kaasumootoreista ja polttokennoratkaisuista. Polttokennotekniikan hyödyntämisellä luodaan myös pohjaa "power to gas" hankkeelle, joka mahdollistaa tulevaisuudessa sähkön pitkäaikaisen varastoinnin kaasumaiseen muotoon.



Suunnittelualue sijaitsee Lempäälän keskustasta n. 7–8 km pohjoiseen sijaitsevalla Marjamäen yritysalueella. Kaava-alueen pinta-ala on noin 136 hehtaaria. Aluetta tarkastellaan suunnittelun yhteydessä myös hieman laajemmin. Tarkempi yleiskaavanmuutoksen rajausta selviää suunnittelun edetessä. Alueen osayleiskaavan muuttaminen on tullut ajankohtaiseksi, koska alueen asemakaava on osin vanhentunut ja asemakaava-alueita on samalla tarkoitus laajentaa pohjoisen suuntaan. Marjamäen osayleiskaava ei ole kaikilta osin toteutunut alun perin kaavailussa muodossa. Koska asemakaavahanke on osin ristiriidassa voimassa olevan yleiskaavan kanssa, edellyttää suunnittelu myös yleiskaavan päivittämistä.



<b>TP-1</b>	<b>TYÖPAIKKA-ALUE</b> Alue varataan pääasiassa liike-, toimisto- ja työpaikkatoimiltoille ja niihin liittyville varastotiloille.
<b>T-2</b>	<b>TEOLLISUUS- JA VARASTOALUE.</b> Alueella tulee erityisesti välttää ilman epäpuhtauksia ja hajuhaittoja. Ympäristöalueiden palovahinko- ja kemikaaliriskit tulee minimoida.
<b>T/EN-1</b>	<b>TEOLLISUUS- JA VARASTOALUE, JOLLE SAA SIIJOITTA ENERGIAMUUTTOA PALVELEVAN LAITOKSEN.</b> Alueella tulee erityisesti välttää ilman epäpuhtauksia ja hajuhaittoja. Ympäristöalueiden palovahinko- ja kemikaaliriskit tulee minimoida. Alueelle voidaan sijoittaa energiantuotantotoimintoja, jotka tarvitsevat ympäristösuojelulain 28§:n mukaisen ympäristöluvan. Alueelle voidaan sijoittaa tietoliikennettä palvelevia tiloja.

Kuva 22. Ote valmisteluvaiheen materiaalista Marjamäen osayleiskaavanmuutokseen liittyen (2015).

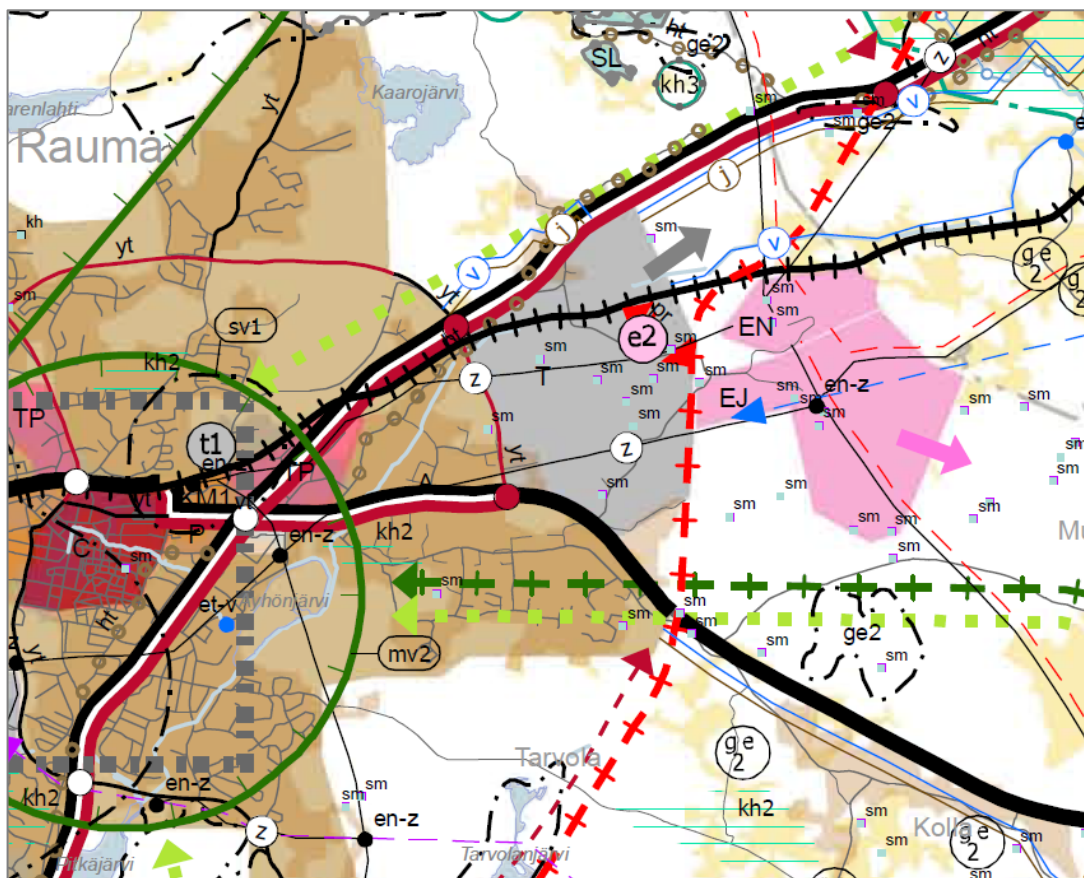
## Rauman aurinkopuisto (Solar Park Rauma), ENE Solar Systems Oy

8,7 MW (2017), suunnitteilla, 20 ha

### Ratkaisu maakuntakaavassa:

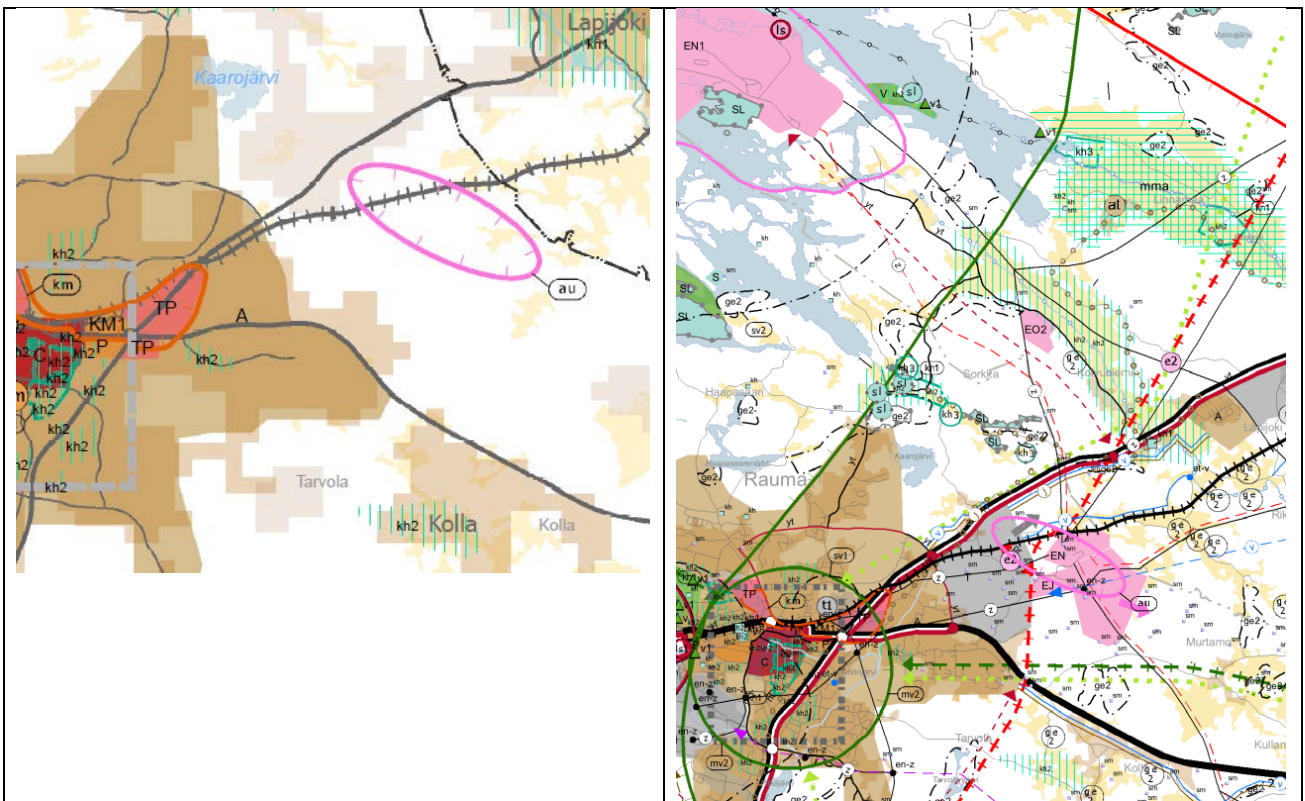
a) Satakunnan maakuntakaava

Kaava-alueen länsiosa sijaitsee maakuntakaavassa (vahvistettu 30.11.2011) teollisuus- ja varastotoimintojen alueella (T) ja itäosa on osoitettu yhdyskuntarakenteen laajenemissuunnaksi teollisuusaluetta varten. Sähköaseman alue lähiympäristöineen on merkitty energiahuollon alueeksi (EN). Rauma–Kokemäki-rata on merkitty maakuntakaavassa pääradaksi ja aluetta koskee MRL 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. URPO-radran varausalueelle on merkitty rautatieliikenteen yhteystarve.



Kuva 23. Ote Satakunnan maakuntakaavasta, joka saanut lainvoiman korkeimman hallinto-oikeuden (KHO) päätöksellä 13.3.2013.

b) Satakunnan vaihemaakuntakaava 2



Kuva 24. Ote Satakunnan vaihemaakuntakaavan 2 valmisteluaineistosta, joka on ollut nähtävillä keväällä 2017 sekä ote maakuntakaavojen epävirallisesta yhdistelmästä.

### Ratkaisu yleiskaavassa: Koillisen teollisuusalueen osayleiskaava

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmassa tavoitteeksi on määritelty tavoitteeksi aurinkovoiman tuotantoalueen sijoittumismahdollisuuden selvittäminen. Tavoitteena on kaavoituksen yhteydessä löytää optimaaliset alueet aurinkovoiman tuotannolle. Parhaiten korttelialueiksi soveltuvia alueita ei ole mielekästä osoittaa aurinkoenergialle.

Kaavatyön yhteydessä on selvitelty aurinkovoimaloiden sijoitusmahdollisuus kaava-alueelle pohjautuen mm. Satakuntaliiton laatimaan esiselvitykseen aurinkoenergian tuotantoalueista. Tässä selvityksessä on Rauman Lakari ollut esimerkkikohteena mahdolliseksi aurinkoenergian tuotantoalueeksi. Suurista aurinkovoimaloista ei ole Suomessa vielä paljoakaan kokemuksia eikä varsinkaan kantaverkon läheisyydessä. Tämän vuoksi Fingridin toimesta selvitetään, millä edellytyksin ja miten lähelle aurinkovoimaloiden sijoitus voidaan tehdä suhteessa Fingridin omistaman kantaverkon voimajohtoihin ja sähköasemiin.

Lähtökohtaisesti yleiskaavan täytyy mahdollistaa valtakunnallisesti merkittävien voimansiirtoyhteyksien toteuttaminen. Fingridin nykyiset ja suunnitellut voimajohtoyhteydet on esitetty myös Satakunnan maakuntakaavassa. Voimajohtoalueella tai sen läheisyydessä tapahtuva toiminta ei saa olla ristiriidassa ympäristön sähköturvallisuuden kanssa eikä se saa aiheuttaa vaaraa voimajohdon käytölle ja kunnossa pysymiselle. Sähköverkon voimajohtojen ohella on huomattava, että kaavoitettavalla alueella sijaitseva Rauman sähköasema on koko Suomen sähköjärjestelmän kannalta keskeinen solmupiste, jonka tarpeet tulee ottaa huomioon alueen kaavoituksessa.

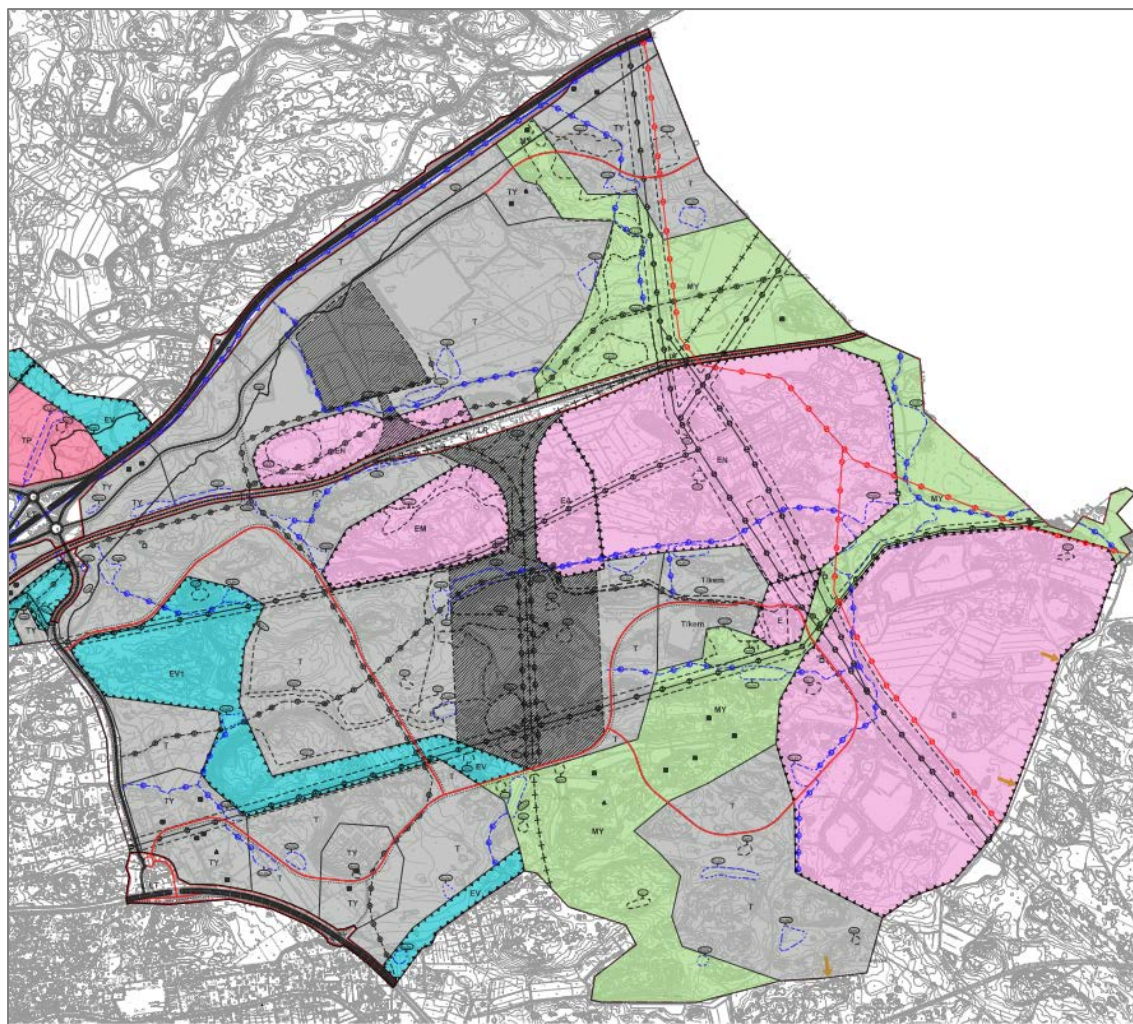
Kaavassa on osoitettu mm. erityisalueita (E) ja energiahuollon alueita (EN). Hevossuon jäteasema ja Suiklansuon teollisuusjätteen kaatopaikka ovat laajentumisalueineen erityisalueella (E).



Voimajohdot ja niiden johtokäytävät rajoittavat tietyin osin eritysalueen käyttämahdollisuuksia. Alueen monikäyttöisyyttä ajatellen kaavamerkinnäksi ei valittu jätteenkäsittelyaluetta (EJ) vaan erityisalue (E). Alueen mahdollisia käyttötarkoituksia ovat nykyisen käytön lisäksi mm. maainespankki, maakaatopaikka, biotermiinaali ja aurinkoenergian tuotanto.

Suunnitellut aurinkoenergia-alueet sijoittuvat yleiskaavan mukaisille EN- E- tai T-alueille. Fingrid Oyj:n Rauman sähköasema sekä Sorronsuon ja Ympyräisen suon aurinkoenergian tuotantoon suunnitellut alueet on merkitty Energiahuollon alueiksi (EN).

Rauman Energia Oy:n uusi sähköasema rakennetaan T-alueelle Vuorenhontien eteläpuolelle. Kaava-alueen läpi kulkee useita voimajohtolinjoja, osa linjoista sisältää monta rinnakkaista voimajohtoa, jolloin johtoalueet voivat olla jopa yli sata metriä leveitä. Voimajohtolinjat on merkitty kaavakarttaan voimajohdoiksi ja voimajohtoalue on osoitettu katkoviivalla.



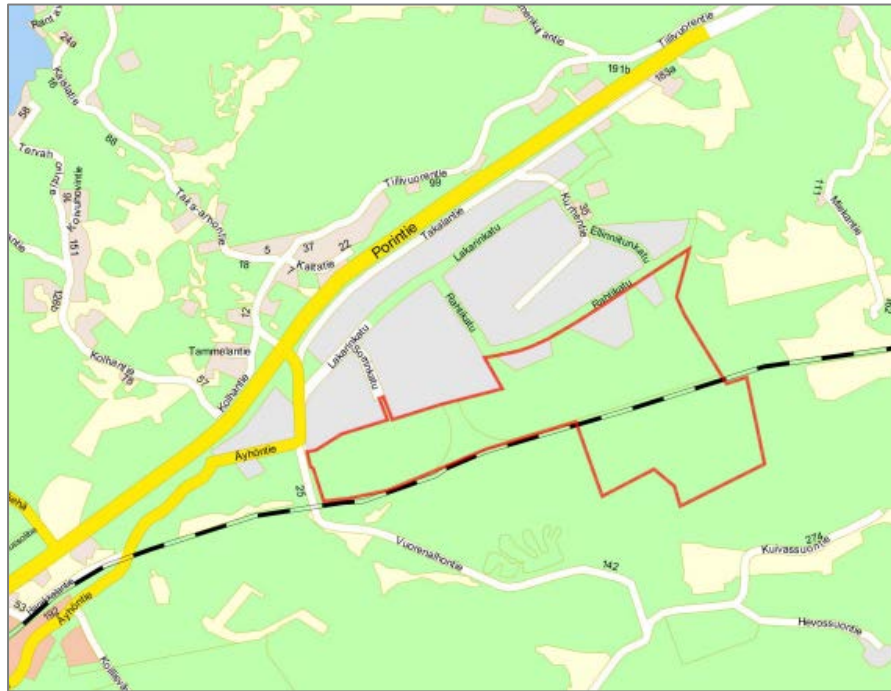
Kuva 25. Koillisen teollisuusalueen oikeusvaikutteinen osayleiskaava, kaavaluonnos, Rauman kaupunki.

### **Ratkaisu asemakaavassa: AK 26-003 (aurinkoenergia)**

Lakarin alueella on vireillä asemakaava, asemakaavan muutos ja asemakaavan osan kumoaminen AK 26-003 (aurinkoenergia). Tavoitteena on hyödyntää noin 40 hehtaarin suuruista aluetta aurinkoenergian tuotantoalueena. Suunnittelualue sijaitsee Koillisella teollisuusalueella junaradan molemmin puolin, mm. Kurhesuon alueella ja Ympyräisen suon alueella. Yhteensä suunnittelualue on laajuudeltaan noin 74 ha.

Suunnittelualueella ja sen lähiympäristöllä on mm. seuraavia erityisominaisuuksia:

- Alueen läpi virtaa osin avokanavassa osin tunnelissa raakavesikanava.
- Sorrinsuolla on käytöstä poistettu kaatopaikka.
- Raakavesikanavan avoimen osuuden reunamilla on tehty liito-oravahavaintoja.
- Kaava-alueen itäpuolella Olkiluoto – Rauma voimajohtolinjan yhteydessä toimii Fingrid Oyj:n sähköasema ja Rauman tasavirta-asema.
- Kaava-alueen tuntumassa Vuorenlhontien varrella sijaitsee ampumarata ja moottorirata.



Kuva 26. Aurinkoenergian Lakarin tuotantoalue, asemakaavan suunnittelualue.

Suunnittelussa huomioitavia asioita ovat mm.:

- hulevesien johtaminen ja viivyttäminen
- vahan kaatopaikka-alueen erityisvaatimukset (mm. käytettävyys aurinkovoimalan sijoitusalueena)
- rautatie ja URPO-ratavaraus
- voimalinjat ja Fingridin muuntamoasema
- ampumaradan toiminta
- moottoriradan enduroreitit
- aurinkovoimalan liittyminen kantaverkkoon, muuntamon sijoittuminen
- raakavesitunneli
- kulkuyhteydet aurinkovoima-alueille
- maaperän rakennettavuuden ja topografian soveltuvuus aurinkovoimalan sijoittumiselle
- suunnittelualueen mahdollinen laajentuminen maakauppojen myötä

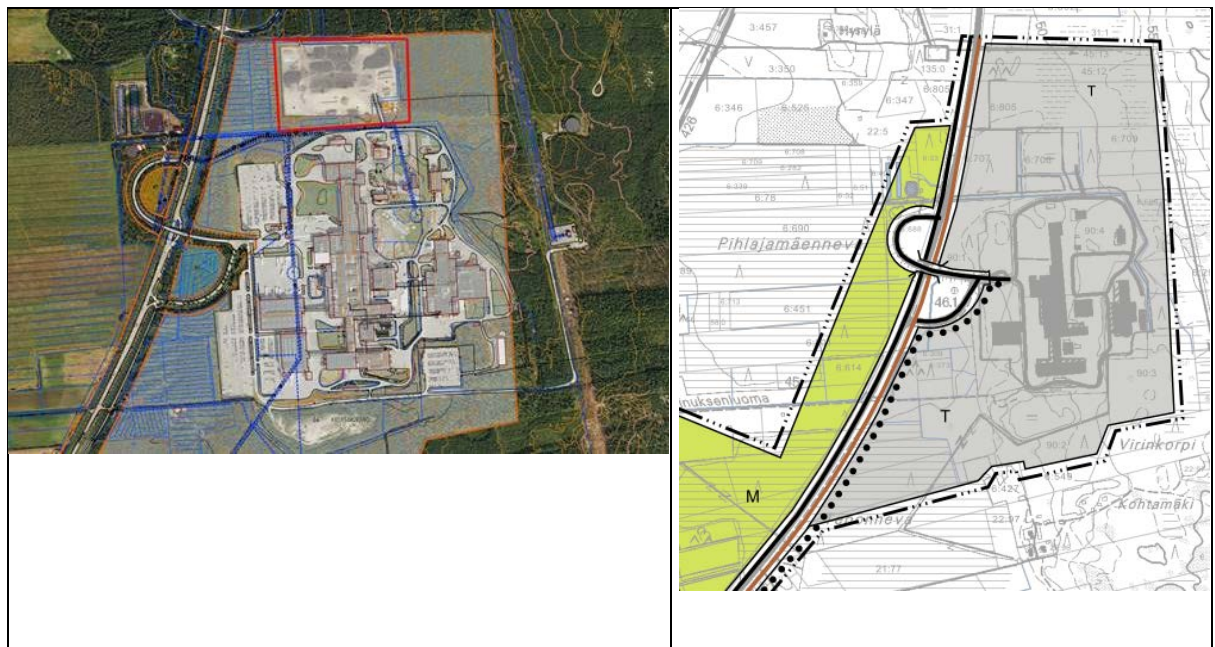


## Seinäjoki, Atrian Aurinko (Nurmon tehdas), Nurmon Aurinko Oy

*Noin 6 MW, (2017–2018), rakenteilla*

Nurmon Aurinko -energiäkärkihanke toteuttaa Suomen ensimmäisen laajan ja merkittävän teollisen mittakaavan aurinkosähköjärjestelmän, joka tuottaa täysin uusiutuvaa ja kotimaista aurinkosähköä elintarviketeollisuuden toimijan Atria Suomi Oy:n Nurmon tehtaan käyttöön. Paikallisesti tuotetulla päästöttömällä sähköllä korvataan n. 5 % tehtaan tarvitsemasta sähköstä vuositasona. Työ- ja elinkeinoministeriö on myöntänyt hankkeen toteuttamiselle energiäkärkihanketukea. 6,8 miljoonan euron budjetista 40 prosenttia on TEMin tukea.

Atrian tehdasalueelle on haettu lupa 6 MW:n aurinkovoimalakokonaisuuden rakentamiseksi. Hanke koostuu yhdestä isommasta, 2017 rakennetusta 4 MW:n maakentästä (5 ha) sekä 2018 rakennettavista useammasta pienemmästä kokonaisuudesta maakentillä sekä rakennusten katoilla. Maakentälle asennettava aurinkovoimalakokonaisuus on aidattu metalliverkkoaidalla. Suunnitelman mukainen aurinkovoimalakokonaisuus sijoittuu asemakaavan (1990) mukaiselle teollisuus- ja varistorakennusten (T) korttelialueelle.



*Kuva 27. Atrian hanke tuottaa aurinkosähköä elintarviketeollisuuden tarpeisiin. Aurinkovoimalan sijoittuminen ja ote Nurmon keskustan yleiskaavasta 2015.*

Atrian aurinkovoimalan rakennuslupaan liittyvät seuraavat lupaehdot:

- Tuulikuormat tulee ottaa huomioon aurinkovoimakenttien kiinnityksessä.
- Suunnitelma maakentälle sijoitettavista kiinteästi asennettavista aurinkovoimalan tekniikkaa sisältävistä konteista tulee toimittaa rakennusvalvontaan.
- Luvan voimassaoloajan puitteissa voidaan rakentaa myös suunnitelmassa esitetty maakentän laajennus K1-B (1,7 ha).
- Pohjan valtatie ja aurinkovoimalan maakentän välissä näköesteenä toimiva puustokaista tulee säilyttää. Mahdollisista harvennustoista tai suojaavan kaistan kaventamisesta tulee hyväksyttävä suunnitelma rakennusvalvonnassa ennen kyseessä olevien töiden aloitusta.
- Maakentän pohjarakenteista ja sadevesijärjestelmästä tulee esittää suunnitelma.



## 7. Uudenmaan aurinkoenergiapotentiaali

### 7.1 Aurinkoenergia osana maakunnan ilmastotavoitteita

Aurinkoenergialla pyritään vastaamaan ilmastonmuutoksen globaaliin haasteeseen vähentämällä riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja vähentämällä hiilidioksidipäästöjä. Uudenmaan maakuntaohjelmassa on otettu huomioon kansallinen tavoite vähentää hiilidioksidipäästöjä ja hillitä ilmastonmuutosta. Maakunnan nykyinen tavoite on olla hiilineutraali maakunta vuonna 2050, mutta juuri päivitettävä Uusimaa-ohjelma kysyy, olisiko syytä tehdä uusi arvio ja asettaa kunnianhimoisempi tavoite?

Uudenmaan vision mukaan Uusimaa on vuonna 2040 Itämeren alueen kärjessä taloudellisen ja henkisen kasvun luomisessa ja hyödyntämisessä, asukkaiden toimivan arjen olosuhteiden tuottamisessa sekä toiminnan järjestämisessä luonnon ja talouden kannalta kestävästi.

Uudenmaan strategisten kehittämistavoitteiden mukaan kasvun tulee perustua kestäväan kehitykseen ja älykkäisiin ratkaisuihin. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää, että parannetaan innovaatiokyvykkyyttä sekä alueellista ja kansallista innovaatiojärjestelmää, ylläpidetään korkeatasoista osaamis pohjaa, luodaan myönteistä ilmapiiriä kasvuhaluille ja uusille yrityksille, suositaan uusiutuvaa energiaa sekä parannetaan yritysten ja liiketoiminnan tarvitsemia palveluita ja logistiikkajärjestelmiä. Älykäs ja kestävä kasvu vaatii Uudellamaallakin maakunnan koko potentiaalin hyödyntämistä sekä erityistä huomiota kolmeen suurimpaan innovaatiokeskittymään: Espooseen, Helsinkiin ja Vantaalle.

Edelleen strategisten kehittämistavoitteiden mukaan Uusimaa on Itämeren alueen edelläkävijä ja tarttuu ympäristötietoisuuden haasteeseen. Hiilineutraalius on Uudellemaalle mahdollisuus ja vahvuus; fossiiliset polttoaineet ovat pääosin tuontitavaraa. Energiantuotannon monipuolistamiseksi kehitetään hajautettua energiantuotantoa sekä lisätään uusiutuvien energialähteiden ja polttoaineiden käyttöä vaarantamatta sähkön ja lämmön yhteistuotannon hyötyjä. Kuluttajien tietoisuuden kasvu energian käytöstä ja energiatehokkuudesta tukee hiilineutraaliuden tavoitetta.

Parhaillaan valmistella oleva Uusimaa-ohjelma 2.0 pyrkii vauhdittamaan maakunnan kehittämistä ilmastoviisaaksi, monimuotoiseksi ja kestäväksi ja kannustaa Uudenmaan kuntia edelläkävijyyteen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Espoo on asettanut hiilineutraaliuden tavoitteekseen vuonna 2030 ja Helsinki tähtää vuoteen 2035. Suunnannäyttäjät haastavat ja kannustavat kaikkia Uudenmaan kuntia sekä muita maakuntia ripeämpiin toimiin matkalla kohti hiilineutraaliutta.

Uudenmaan hiilijalanjäljen pienentämisessä keskeisiä tavoitteita ovat hiilivoimaloiden sulkeminen sekä uusiutuvan että hajautetun energian osuuden lisääminen energiantuotannossa. Helsingin kaupunginvaltuusto päätti joulukuussa 2015, että Hanasaaren hiilivoimala suljetaan vuoden 2024 loppuun mennessä. Fossiilisista polttoaineista irtautumiseksi tarvitaan pitkäjänteistä energiajärjestelmän muutosta sekä ajoneuvokannan ja palveluinfran muuntamista tukemaan hiilineutraalitavoitetta. Uudellamaalla on edellytyksiä lisätä muun muassa aurinkoenergian käyttöä sekä tuottaa aurinkosähköä ja -lämpöä. Uusien innovaatioiden ja kokeilujen edistäminen energian varastoinnissa ja kulutuksen tasaamisessa on tärkeää.

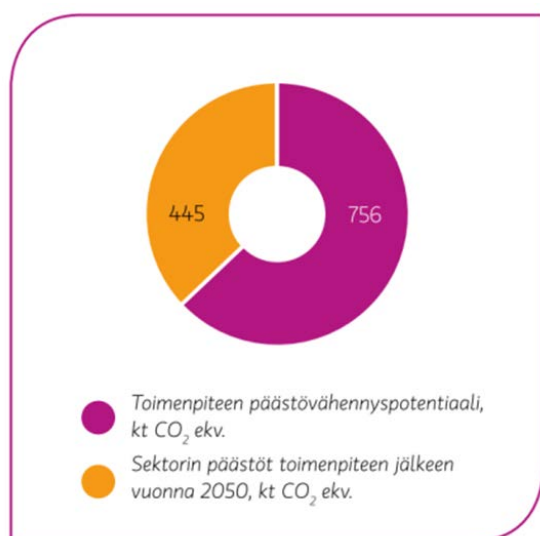
### Hiilineutraali Uusimaa 2050 -tiekartta

Uudenmaan liiton laatima selvitys Hiilineutraali Uusimaa 2050 -tiekartta esittelee toimenpiteitä hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi. Esitetyt päästövähennystoimet liittyvät energiatehokkuuteen, energiantuotantoon sekä liikenteeseen. Toimenpiteet luovat Uudellemaalle myös muita myönteisiä vaikutuksia muun muassa cleantech-sektorin kehittymisen kautta. Haasteena on vastuutahojen ja toimeenpanijoiden tunnistaminen ja resursointi. Yhteistyötä tarvitaan niin maakunnan, seutujen kuin kuntienkin tasolla sekä valtion kanssa. Maakuntatason toimijoina Uudenmaan liitto ja ELY-keskus voivat luoda edellytyksiä toimenpiteiden toteuttamiselle. Päästövähennystoimien lisäksi täysin hiilineutraalin Uudenmaan saavuttaminen edellyttää myös päästökompensaatiota.

Tiekartan aurinkoenergiaa koskevat tulokset ja johtopäätökset:

- Teknis-taloudellisesti soveltuvia uusiutuvan sähköntuotannon lisäämismahdollisuuksia on Suomessa arvioitu olevan erityisesti biomassojen lisäämisessä yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa, tuulivoimassa ja aurinkosähkössä.
- Aurinkosähkön tuotannon tekninen ja kaupallinen kehitys on edennyt nopeasti viime vuosina. Vaikka Suomessa aurinkosähkö on varsin kausiluonteista, ovat aurinkopaneelien pienentyneet investointikustannukset parantaneet menetelmän kilpailukykyä. Erityisesti rakennusten katoille asennettava aurinkosähkö kilpailee nykyoloissa jo monin paikoin verkosta ostetun sähkön kanssa, mikäli aurinkosähkö voidaan hyödyntää kokonaan itse. Menetelmään ei myöskään liity samanlaisia sijoitusrajoituksia kuin esimerkiksi tuulivoimaan.
- Kotitalouksien ja yritysten tekemien päätösten lisäksi aurinkosähköä edistävät Uudellamaalla vahvasti myös monet energiayhtiöt. Menetelmän hyödyntäminen onkin yksityisten toimijoiden vastuulla. Maakunta puolestaan voi pyrkiä luomaan yhteisen markkina-alueen yhtenäistämällä aurinkosähkön lupakäytäntöjä alueen kunnissa.
- Lisäksi maakunnan tasolla voidaan ottaa huomioon alueelle mahdollisesti joskus syntyvän suuren kokoluokan aurinkosähkövoimalan tarpeita. Voimala voi vaatia kymmenien hehtaarien maa-alan.
- Katoille asennettavan aurinkosähkön tuotantomääriä voidaan arvioida rakennusten kattopinta-alojen perusteella. Aiemmissa arvioissa on tarkasteltu mahdollisuuksia lisätä aurinkosähkön käyttöä pääkaupunkiseudulla. Uudenmaan tasolla lisäyksen mahdollinen suurusluokka voisi olla talotyyppittäin:
  - Omakotitaloihin 150 000 pientä aurinkosähköjärjestelmää
  - Kerrostaloihin 6 000 suurta aurinkosähköjärjestelmää
  - Suuriin kiinteistöihin 1 000 aurinkosähköjärjestelmää. \*)
- Näillä määrillä Uudenmaan aurinkosähköntuotanto voisi vuonna 2050 olla noin 700 GWh, mikä vastaisi 4 prosenttia vuoden 2050 arvioidusta kulutussähköstä maakunnassa.
- Toisin kuin tuulisähkön osalta, on kiinteistöjen itsensä tuottamalla aurinkosähköllä vaikutusta myös maakunnan laskennallisiin päästöihin. Mikäli kiinteistöt tuottavat oman sähkönsä, vähentää se verkkosähkön käyttöä ja tätä kautta kansallisen sähköntuotantojärjestelmän päästöjä.

\*) Kartoitustarkoituksiin tehdyistä tarkoista maaston ja rakennusten laserkeilauksista voidaan arvioida eri rakennettujen alueiden katoille sijoitettujen aurinkokennojen tuotantopotentiaali.



Kuva 28. Päästövähennemä, joka aiheutuisi päästöttömän aurinkosähkön korvataessa vastaavan määrän kansallisella päästökertoimella tuotettua sähköä vuonna 2050. Päästölaskenta perustuu Hilma-laskentamalliin, joka olettaa Uudenmaan sähkön päästökertoimen vastaavan kansallista sähkön päästökertoiminta.

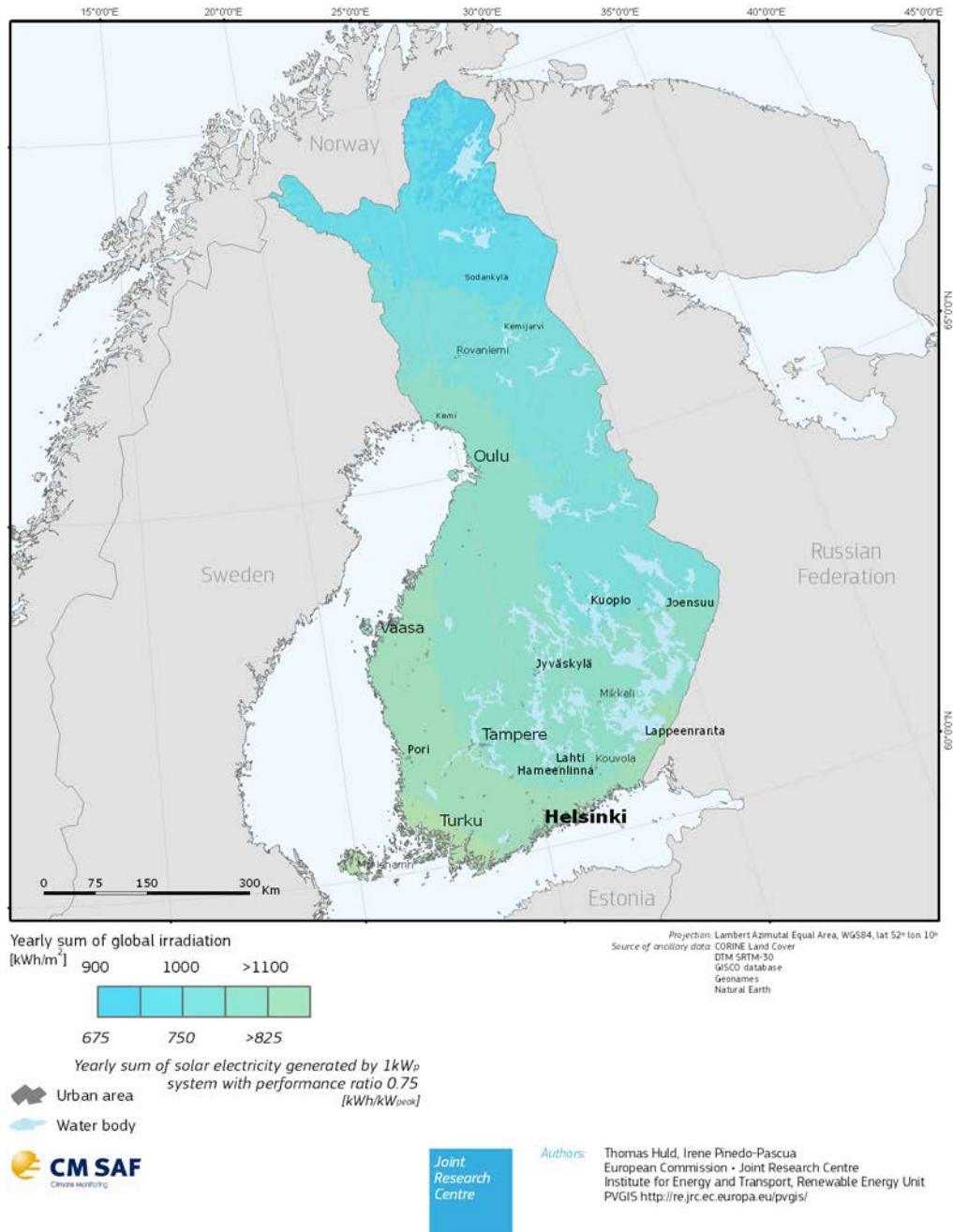
Vastuu keskitetyn energiantuotannon toimenpiteistä on energiayhtiöllä. Kaukolämmön tuotanto puolestaan on Uudellamaalla pitkälti kuntien omistamien energiayhtiöiden päätösvallassa. Maakunnan liiton, ELY-keskuksen ja kuntien vastuulla on ottaa nämä tarpeet huomioon jo maankäytön suunnittelussa. Myös laajan kaukolämpöverkoston ja suurempien aurinkosähkövoimaloiden varaukset voidaan selvittää maakuntakaavoituksen yhteydessä. Omakotitalojen siirtyminen öljy- ja sähkölämmityksestä esimerkiksi lämpöpumppujen käyttöön on kiinni asukkaiden päätöksistä. He tekevät myös päätöksen kiinteistökohtaisesta aurinkosähköstä. Maakunnan ja kuntien roolina on tukea päätöksentekoa levittämällä tietoa, luoda yhtenäistä markkinoita ja koordinoita toimintaa.

Tällä hetkellä Uudellamaalla on suunnitteilla Hiilineutraali Uusimaa 2050 -tiekartan päivittäminen, jotta tiekartan tavoitteiden saavuttaminen jo varhaisemmin kuin vuonna 2050 olisi mahdollista. Tämä vaatii tehokkaampia toimenpiteitä jo tällä ohjelmakaudella.

## 7.2 Uudenmaan soveltuvuus aurinkoenergian tuotantoalueeksi

### Rannikoilla eniten auringonpaistetunteja

Auringonsäteilyn vuosi-, kuukausi- ja päivävaihtelu määrää fysikaalisen ylärajan aurinkoenergiajärjestelmien tuotantopotentialille. Suomen olosuhteita leimaa voimakas vuodenaikaisvaihtelu, jossa kesän pitkät valoisat päivät kompensoivat talviajan vähäistä säteilymäärää. Auringonpaistetuntien kuukausittainen määrä vaihtelee Etelä-Suomessa talvikuukausien alle 50 tunnista kesäkuukausien yli 250 tuntiin. Kesän pitkät valoisat päivät kompensoivat talviajan vähäistä säteilymäärää. Suomen sisällä vuoden kokonaissäteilymäärissä on eroja tarkasteltaessa eri paikkakuntia: Helsingin leveysasteella saavutetaan vuodesta riippuen noin 1100 kWh/m<sup>2</sup>, mikä on suurempi säteilymäärä kuin esimerkiksi Jyväskylän leveydellä (noin 950 kWh/m<sup>2</sup>) tai Sodankylässä (noin 850 kWh/m<sup>2</sup>). Säteilyolosuhteet siis puoltavat aurinkoenergian hyödyntämistä Uudellamaalla.



Kuva 6. Globaalisäteilyn määrä vuodessa (kWh/m<sup>2</sup>, väriskaalan yläpuolinen asteikko) sekä optimaalisesti asennetuilla aurinkopaneeleilla saavutettava vuosituotanto tehoyksikköä kohden (kWh/kW<sub>p</sub>, väriskaalan alapuolinen asteikko). (Kartta: Šuri 2007; Huld 2012 / IET).

Ilmatieteen laitos on tehnyt selvityksen (Raportteja 2014:5) Auringonsäteilystä Helsingin Östersundomissa. Östersundomin alue on auringon säteilyn kannalta varsin tyypillinen Etelä-Suomen rannikkoalueiden joukossa. Pitkistä valoisista kesäpäivistä johtuen tuotantopotentiaali on kesäkuukausina jopa Pohjois-Saksaa suurempi. Päivakohtaisissa säteilykertymissä on luontaisesti suurta vaihtelua pilvisyyden muutoksista johtuen. Valtaosa aurinkoenergian vuosikertymästä syntyy maalisyyskuun välisenä aikana, talvikertymän ollessa luonnollisesti hyvin pieni. Suomenlahdella on keskimäärin rannikkoaluetta aurinkoisempaa. Ilmatieteen laitoksen mittauksen mukaan säteilykertymä Helsingin Östersundomissa ylittää hyvinä kesäpäivinä noin 8 kilowattituntiin neliölle. Pilvisenä kesäpäivänä luku voi olla alle 2 kWh/m<sup>2</sup>. Loka–helmikuun päiväkertymät jäivät noin 1 kWh/m<sup>2</sup> tasolle tai alle.

## Aurinkoenergia tuo myös välillisiä taloushyötyjä

Aurinkoenergialla on positiivisten ilmastovaikutuksen lisäksi taloudellisia vaikutuksia kunnan verotuloihin ja työllisyyteen. Aurinkovoimalat hyödyttävät kuntaa kiinteistöveron sekä mahdollisen työllisyyden ja taloudellisen toiminnan lisääntymisen myötä kertyvinä yhteisö- ja kunnallisveroina. Työllisyysvaikutukset muodostuvat aurinkovoimaloissa käytettävien komponenttien ja materiaalien teollisesta valmistamisesta sekä hankkeiden suunnittelusta, rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta. Aurinkovoimalan kiinteistövero maksetaan sijaintikunnan määräämän kiinteistöveroprosentin mukaisesti. Voimalaitoksiin sovelletaan yleistä kiinteistöveroprosenttia, mikäli kunnanvaltuusto ei ole päättänyt erikseen voimalaitoksiin sovellettavasta veroprosentista.

Laadittujen aurinkoenergiainvestointien arvoketjutarkastelujen (esim. FinSolar-hanke, joka koski neljää investointia eri puolilla Suomea) perusteella aurinkoenergiainvestointien kotimaisuusaste on yksittäisissä hankkeissa ollut yllättävän suuri – silloinkin kun aurinkolämpökeräimet tai -paneelit ovat olleet ulkomailla valmistettuja. Kotimaisuusaste ei jäänyt missään tutkitussa tapauksessa merkittävästi alle 50 %. Ilmeistä on myös, että aurinkoenergiainvestoinnit teettävät kotimaista työtä mm. suunnittelun, asennuksen ja maanrakennuksen muodossa. Lisäksi maahantuonnistakin jää osuus kotimaahan, kun hankkeisiin osallistuu suomalaisia välikäsiä. Investointien kotimaisuusasteet voivat myös kasvaa edelleen, jos kotimarkkinat vetävät alalle uusia toimijoita: komponenttivalmistajia, konsultteja, palveluntuottajia tai toimijoita, jotka erikoistuvat vaikkapa aurinkoenergian integroimiseen osaksi arkkitehtuuria.

## Uudellamaalla energian kulutus ja käyttö kohtaavat

Uusimaa on ylivoimaisesti Suomen runsasväkisin ja tiheimmin asuttu maakunta. Alueella asuu 1,6 miljoonaa ihmistä, joka on koko maan väestöstä kolmannes. Uudenmaan aluetalouden skenaariot sekä väestö- ja työpaikkaprojektio -selvityksessä on esitetty Uudellemaalle vaihtoehtoisia aluetalouden skenaarioita sekä niiden perusteella laadittuja kunta- ja seututasoisia väestö- ja työpaikkaprojektioita vuoteen 2050 asti. Selvityksen mukaan vaihtoehtoisten skenaarioiden toteutumisesta riippuen Uudellamaalla asuu 1,8–2,2 miljoonan väestö vuonna 2050. Työpaikkoja maakunnassa on 800 000–1 065 000.

Uudenmaan osuus koko maan tuotannosta ja työpanoksesta on selvästi suurempi kuin osuus väestöstä. Alueen osuus koko Suomen bruttokansantuotteesta on lähes 40 prosenttia. Koko maan investoinneista 36 prosenttia tehdään Uudellamaalla. Kaupunkimaisilla alueilla korostuvat palvelualojen työpaikat, teollisuuteen ja logistiikkaan liittyvien toimintojen keskittymiä on suhteessa eniten pääkaupunkiseudun ulkopuolella. Maaseudun elinkeinot ovat muutoksessa muun muassa biotalouden ja hyvinvointipalvelujen aloilla. Uudellamaalla työttömien määrä on kasvanut suhteellisesti enemmän kuin koko maassa, mutta työttömyysaste on edelleen pienempi kuin Suomessa keskimäärin. (Uusimaa-kaava 2050, OAS)

Uudellamaalla syntyi kasvihuonekaasupäästöjä vuonna 2015 yhteensä 12,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Vuoteen 2012 verrattuna päästöt ovat 15 prosenttia pienemmät. Uudenmaan kasvihuonekaasupäästöt muodostuvat rakennusten lämmityksestä (36 %), teollisuuden polttoaineiden käytöstä ja teollisuusprosesseista (29 %), liikenteestä (21 %), kulutussähköstä (10 %), jätehuollosta (2 %) ja maataloudesta (1 %). Tarkastelussa ei ole mukana lentoliikennettä, laivaliikennettä satamien ja lähialueiden ulkopuolella eikä ruoantuotannon ja kulutushyödykkeiden valmistamisen aiheuttamia välillisiä päästöjä. (Uusimaa-kaava 2050, OAS)

Uudellamaalla tehtävät ratkaisut vaikuttavat merkittävästi koko Suomen päästöihin. Maakunnan erityispiirteet (suuren väestöpohjan lisäksi mm. pääkaupunkiseudun korkea asukastiheys, yliopistot ja tutkimuslaitokset, monipuolinen yritystoiminta) mahdollistavat ilmastomuutoksen torjunnassa tehokkaat ja innovatiiviset toimenpiteet.

## Aurinkoenergian tuotannolle on hyvät tekniset edellytykset

Teknisen infrastruktuuriin piiriin kuuluvat liikenneverkot, energihuollon verkostot, jätehuolto, vesihuolto, tietoliikenneverkot sekä niin sanottu sinivihreä infrastruktuuri eli viher- ja vesialueet. Lisäksi infrastruktuuriin kuuluvat rakennukset, satamat, lentokentät sekä sähköiset palvelut ja verkostot. Uudellamaalla infrastruktuuri on tiheä ja aurinkoenergiarakentamisen vaatimat keskeiset tekniset edellytykset (sähköverkko ja tiestö) ovat kattavasti saatavilla. Myös

aurinkoenergian tuotannon potentiaalia edistäviä kattopintoja on paljon (mm. teollisuus- ja logistiikkakeskukset, urheiluhallit, kauppakeskukset).

Väestönkasvu (vahvimman kasvun vaihtoehdossa 16 000 asukasta vuodessa) aiheuttaa maankäyttöpaineita, mutta aurinkoenergiaa ei tarvitse nähdä Uudellamaalla kilpailevana maankäyttömuotona vaan toimintana, joka hyvällä suunnittelulla voidaan yhteensovittaa muun maankäytön kanssa. Katoille sijoittuvan tuotannon lisäksi aurinkoenergian tuotantoalueita voidaan ja kannattaa sovittaa ihmistoiminnan jo muuttamille alueille, joita ei voida hyödyntää muulla tavoin. Samalla voidaan tukea tavoitetta hiilineutraalista Uudestamaasta.

Uudenmaan alueella sijaitsee kattava sähköverkko, mikä osaltaan edesauttaa aurinkovoimaloiden rakentamista. Fingridin kantaverkon lisäksi Caruna Oy:llä on alueella vahva siirto- ja jakeluverkko. Liitettävyyteen vaikuttavat olemassa olevan verkon jännitetaso, verkon vapaana oleva kapasiteetti, verkon liittymäpisteiden kapasiteetti ja mahdollisesti myös alueen kantaverkon kapasiteetti. Fingridiltä saatujen tietojen mukaan kantaverkko Uudellamaalla on tällä hetkellä riittävä aurinkoenergian kytkentää varten. Verkossa on liityntäkapasiteettia senkin takia, että hiilivoiman tuotantoa (esim. Hanasaari) ollaan ajamassa alas.

Kansallisen tason näkökulmasta on huomattava, että Uusimaa edustaa esimerkiksi 40 % Suomen bruttokansantuotteesta, nopeasti, mahdollisesti nopeimmin kasvavaa ja kehittyvää talous- ja asuinalueetta – jos aurinkoenergiaa halutaan, on Uudellamaalla vaikutusvaltaa myös kansallisella tasolla aurinkoenergian edistämiseksi.

EU:n ja Suomen ympäristö- ilmasto- ja energiapolitiikan antama tuki on keskeinen "selkänoja" edistää aurinkosähkön tuotantoa maakuntatasolla ja tarjoaa siihen myös aurinkosähköhankkeiden taloutta ja kannattavuutta parantavia elementtejä. Konkreettisemmat keinot suuren mittakaavan aurinkovoimaloiden taloudellisuuden kannattavuuden edistämiseen liittyvät infrastruktuurikustannusten ja perustamisprosessin kustannusten pienentämiseen, esimerkiksi

- Tunnistetaan sopivia alueita ja lähdetään edistämään niille aurinkovoimaloita: alueita, joilla on hyvä säteilypotentiaali, pohjavesialueita, joille ei voi rakentaa maalämpökaivoja mutta voi rakentaa aurinkovoimalan (pohjavesialueilla voi olla muita rajoituksia), alueita joille ei voida rakentaa asuinrakennuksia, esim. lentokenttämellon alueet, moottoriteiden varret, voimajohtokadut.
- Kartoitetaan erityisesti brownfield-alueet, esimerkiksi alueet joilta teollisuustoiminta on poistunut ja joille on vaikea löytää muuta käyttöä esim. maaperän mahdollisen pilaantumisen takia. Niiltä voi löytyä valmiina käyttökelpoinen infrastruktuuri (tiet, asfaltoidut kentät, sähköverkkoyhteys), ja kaavoituksen keinoin voidaan edistää niiden ottamista aurinkovoimalakäyttöön.
- Aurinko- ja tuulivoiman sijoittaminen samalle alueelle (vrt. Haminan Mäkelänkangas) voi olla edullinen ratkaisu, mutta Uudellamaalla ei juurikaan ole tuulivoimala-alueita, joita voitaisiin hyödyntää.
- Tunnistetaan yksittäiset isot hankkeet ja tuetaan niitä olemassa olevin keinoin (esim. Östersundom)

Elinkeinoiminnan näkökulmasta aurinkosähkön tuotantoa kannattaa edistää; erikokoiset aurinkoenergian tuotantolaitokset voivat toimia kehitysalustana ja kotimarkkinareferenssinä uusille aurinkoenergiaratkaisujen vientituotteille.

Tulevaisuuden kannalta peruskysymys on, halutaanko maakuntaan lisää aurinkoenergiaa eli halutaanko rakentamishankkeita houkutella nimenomaan Uudellemaalle. On arvioitu, että isoja maa-asenteisia aurinkovoimalaitoksia tullaan rakentamaan Suomeen lisää, mutta samanaikaisesti tulee myös isoja kattoasennuksia. Yksikkökustannusten aleneminen, älykkäät sähköverkot ja sähkön varastointiratkaisujen kehittyminen (ml. sähköautot) edistävät sekä suurten että pienten aurinkovoimaloiden rakentamista.



## 7.3 Toteutuneet ja tiedossa olevat aurinkovoimalahankkeet Uudellamaalla

Luvussa kuvataan nykyisiä, kapasiteetiltaan yli 500 kW aurinkosähkön tuotantolaitoksia Uudellamaalla, niiden taustoja ja tavoitteita sekä maankäyttöön ja kaavoitukseen liittyviä asioita.

Uudellemaalle ei ole toistaiseksi rakennettu suuria maaperusteisia tuotantolaitoksia. Ainoa maaperusteinen järjestelmä Uudellamaalla on Keravan aurinkovoimala.

### Keravan aurinkovoimala, Keravan Energia

*Maaperusteinen, Kerava; 0,250 MW (2016)*

Tammikuussa 2016 Keravalle valmistui 774 aurinkopaneelin aurinkovoimala. Voimala sijaitsee Keravan vankilaa vastapäätä Lahdentien ja Lahden moottoritien välissä vuokratontilla Keravan kaupungin omistamalla alueella. Alue on ennen aurinkovoimalan rakentamista ollut ylijäämämaan läjitysalueena.

Voimalan aurinkopaneelien huipputeho on 250 kWp, mikä tarkoittaa maksimitehoa auringon paistaessa otollisimmin. Paneelit on valmistettu Suomessa (Areva Solar) ja niiden maa-asennus perustuu kierrepaaluihin. Yhden paneelin teho on 320 W ja keskimääräinen arvioitu vuotuinen tuotto on 304 kWh. Koko voimalan vuosituotto on noin 230 MWh. Voimalan tuottama pienjännitteinen (0–700 V) tasasähkö muutetaan inverttereillä (SMA, Tanska) vaihtosähköksi (400 V), joka puolestaan muutetaan muuntamossa keskijännitteiseksi (20 kV), jotta sähkö voidaan siirtää olemassa olevaa jakeluverkko pitkin kuluttajille. Voimalalla on oma sääsäema.



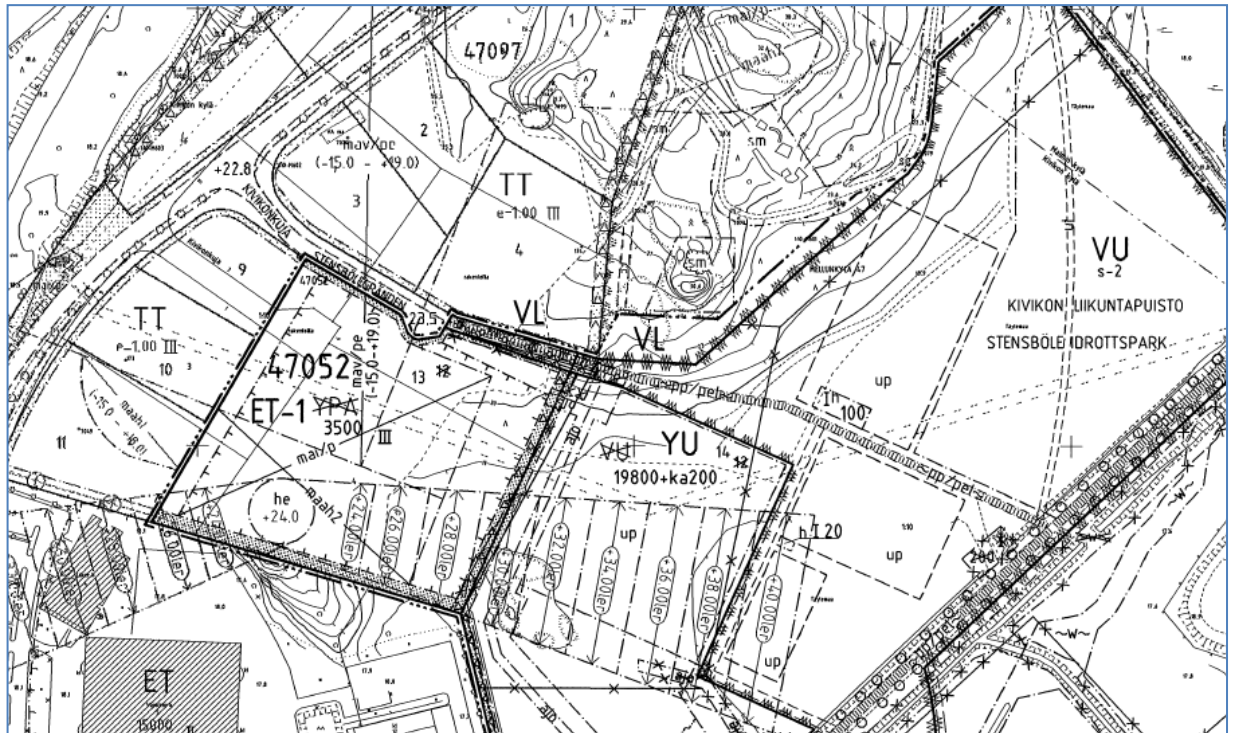
Kuva 30. Keravan aurinkovoimala.

### Kivikon aurinkovoimala, Helen Oy

*Kattoasenteinen, markkinaehtoinen tai useita käyttäjiä, Helsinki; 0,853 MW (2016)*

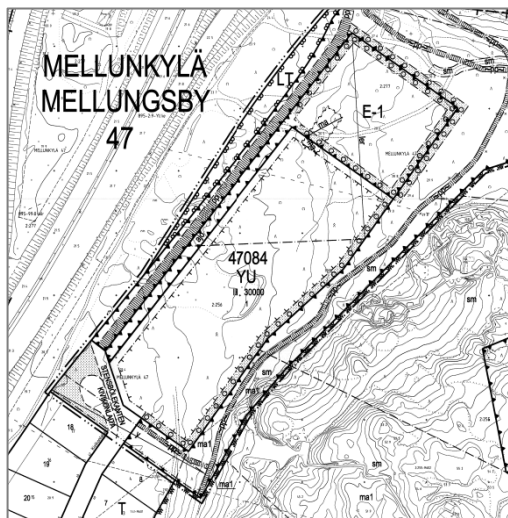
Helen Oy:n aurinkovoimala Kivikossa oli valmistuessaan Suomen suurin aurinkovoimala. Lähes 3000 sähköä tuottavaa aurinkopaneelia on asennettu Kivikon hiihtohallin katolle. Olennainen osa aurinkovoimalaa on myös Pohjoismaiden ensimmäinen megawatt station -aurinkoasema, jossa paneelien tuottama tasavirta muutetaan vaihtovirraksi ja edelleen 20 kilovoltin jännitteeseen jakeluverkkoa varten.

Kivikon hiihtohalli aurinkoenergiajärjestelmineen on osoitettu kaavassa urheilutoimintaa palvelevien rakennusten korttelialueena YU-merkinnällä. Katon kaltevuus oli sopiva aurinkopaneelleille, mutta niitä ei kaavassa edellytetty.



Kuva 31. Ote Kivikon liikuntapuiston asemakaavasta. Lähde: Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto.

Kivikon teollisuusalueen pohjoispäähän, Lahden moottoritien varteen on kaavoitettu myöhemmin tontti sisäämpumaurheilukeskusta varten. Sisäämpumaurheilukeskusta varten suunniteltu tontti on kooltaan noin 2,5 ha. Tontille on mahdollista rakentaa 30 000 m<sup>2</sup> suuruinen rakennus, jossa kerrosluku on enintään kolme. Ampumaurheilukeskus ja sen kattopinta tulee olemaan merkittävän kokoinen. Kaavamääräyksellä sallitaan uusiutuvan energian laitteet rakennusten katto- ja julkisivupinnoissa. Kaavamääräys edellyttää, että rakennuksen kattomuodon tulee ainakin osittain soveltua aurinkopaneelleille tai viherkatoksi.



Kuva 32. Ote Kivikon sisäämpumaurheilukeskuksen ja agility-hallin asemakaavasta.



## Östersundom

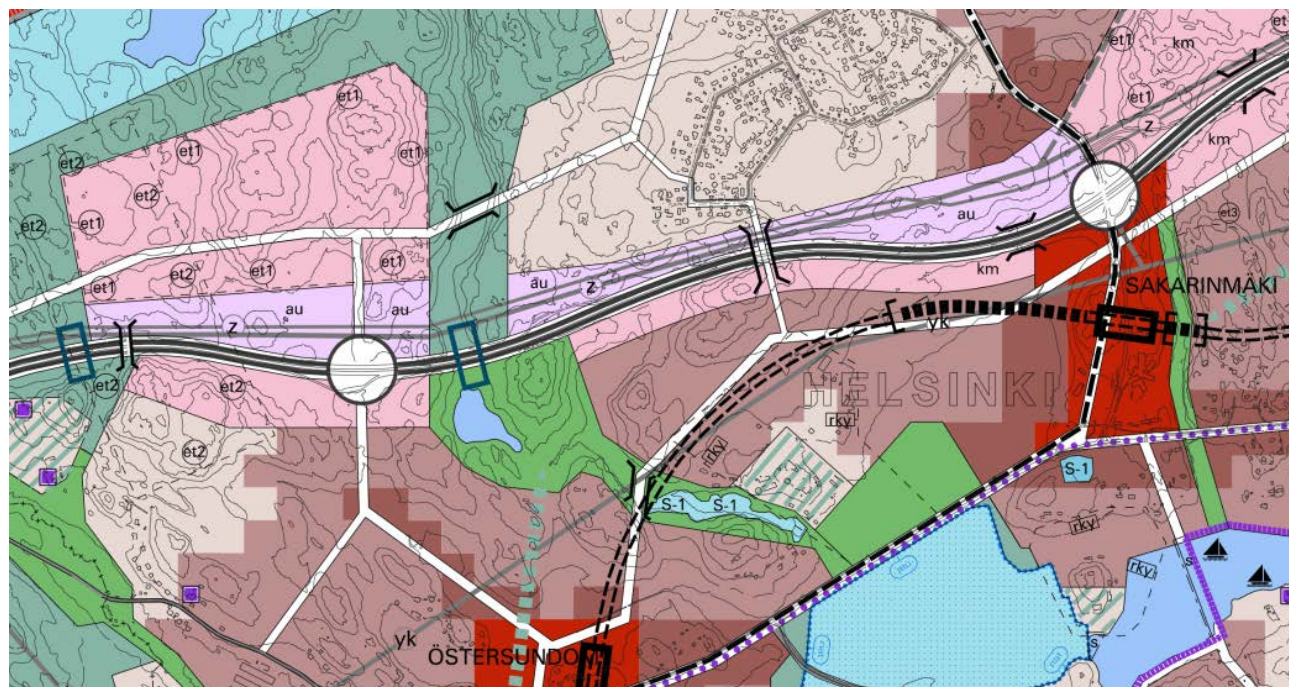
*Maaperusteinen, potentiaali selvitetty, kaavoitus vireillä*

Östersundom on Helsingin, Vantaan ja Sipoon yhteinen yleiskaava-alue, johon suunnitellaan noin 70 000 asukkaan asuin- ja työpaikka-alueita. Yksi teema alueen kehitystyössä on energiahuollon toteuttaminen aurinkoenergiaa hyödyntämällä. Porvoon moottoritien pohjoispuolelta ollaan varaamassa noin 40 hehtaarin alue aurinkoenergian tuotantoon. Ilmatieteen laitos teki tilauksesta selvityksen auringonsäteilyoloista kaavoitettavalla alueella.

Nähtävillä olleen kaavaehdotuksen yleisten määräysten mukaan "rakentamisessa ja yhdyskuntateknisessä huollossa on suosittava energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä järjestelmiä, edistettävä uusien teknologioiden käyttöönottoa sekä luotava edellytyksiä niihin liittyvälle elinkeinotoiminnalle." Lisäksi aurinkoenergiaan liittyen määrätään: "Rakentamisessa ja energiahuollossa on luotava edellytykset aurinkoenergian hyödyntämiseen: aurinkosähkön tuottamiseen ja hyödyntämiseen keskitetysti ja hajautetusti, aurinkolämmön tuottamiseen ja hyödyntämiseen hajautetusti ja kaukolämpö- ja kaukojäähdytysjärjestelmissä sekä aurinkolämmön varastointiin maaperään."

Yhdyskuntateknisen huollon alueella sijaitsevat Fingridin voimajohdot 400 kV ja 110 kV.

Maankäytön suunnittelulle keskeiset rajat on määritelty voimajohdon lunastusluvassa. Fingridin kaavoitusohjeen mukaan rakennusrajoitusalueelle ei saa tehdä rakennusta tai siihen kiinteästi liittyvää rakennuksen osaa. Lunastusluvassa Fingridin lupa tarvitaan kahta metriä korkeampien rakenteiden sijoittamiseen ja rakentamiseen, mutta sähköturvallisuussyistä Fingridin risteämäläusunto on pyydettävä kaikille johtoalueelle tehtäville rakennelmille ja rakenteille. Näitä rakenteita ja rakennelmia ovat esimerkiksi pylväät, autokatokset, tiet, lipputangot, aidat, valaisimet ja johdot. Rakennusrajoitusten tarkoituksena on rajoittaa rakentamista voimajohdon läheisyydessä siten, ettei virtajohdinten sivuttaisheilailhdus pääse aiheuttamaan sähköturvallisuusriskiä lähiympäristölle. Voimajohdon johtoalueen ulkopuolinen maankäyttö on jokaisessa kaavoitushankkeessa pohdittava tapauskohtaisesti.



**au** Yhdyskuntateknisen huollon alue.  
Alue on varattu ensisijaisesti aurinkoenergian tuotantoon.

Kuva 33. Ote Östersundomin yhteisestä yleiskaavaehdotuksesta, 2014 (Helsinki, Sipoo, Vantaa).

## K-Citymarket, Vantaa (Tammisto)

*Yhtä kiinteistöä tai kiinteistöryhmää palveleva, 0,503 MW (2016)*

K-citymarket Tammiston voimala on valmistuessaan Suomen suurin kiinteistökohtainen aurinkoenergiajärjestelmä. Aurinkovoimalan huipputeho on 503 kWp. Kiinteistön katolle on asennettu lähes 1 600 aurinkopaneelia. Huipputuotannon aikaan aurinkoisena kesäpäivänä järjestelmällä katetaan noin puolet kiinteistön sähkön kulutuksesta. Aurinkoenergiajärjestelmä on niin sanottu älykäs voimala, joka takaa parhaan tuoton kaikissa olosuhteissa sekä alhaiset elinkaarikustannukset. Asiakkaat voivat seurata aurinkoenergian tuotantoa reaaliaikaisesti kaupan näyttötauluilta. Kaupan seinustalla olevasta sähköautojen latauspisteestä voi jatkossa ladata sähköautonsa aurinkosähköllä.

Tammiston aurinkoenergiahanke ei ole edellyttänyt kaavamuutoksia, vaan asia on ratkaistu rakennuslupamenettelyssä.

## Postin logistiikkakeskus, Vantaa (Viinikkala)

*Yhtä kiinteistöä tai kiinteistöryhmää palveleva, 0,500 MW (2017)*

Posti käyttää ainoastaan vihreää sähköä ja jatkossa osa siitä on itse tuotettua. Järjestelmä koostuu 1 920 paneelista ja sen nimellisteho on 500 kilowattia. Vuotuinen tuotto on noin 450 megawattituntia. Logistiikkakeskuksen katolle jää vielä aurinkovoimalan asennuksen jälkeenkin runsaasti vapaata tilaa, koska paneelit peittävät vain nelisen prosenttia 94 000 neliömetrin rakennuksesta. Lentoaseman läheisyys asettaa toteutukselle tiettyjä erikoisvaatimuksia. Postin järjestelmän toimittaa Naps Solar Systems.

Viinikkalan aurinkoenergiahanke ei ole edellyttänyt kaavamuutoksia, vaan asia on ratkaistu rakennuslupamenettelyssä.

## Citycon, Kauppakeskus Iso Omena, Espoo (Matinkylä)

*Yhtä kiinteistöä tai kiinteistöryhmää palveleva, 0,500 MW (2017)*

Ison Omenan aurinkosähköjärjestelmä käsittää noin 2 000 paneelia ja tuottaa noin 460 megawattituntia energiaa vuodessa. Järjestelmä toteutetaan energianmyyntisopimuksena. Aurinkovoimalaa operoi Solarigo Oy, joka myy laitoksen tuottaman sähkön kauppakeskukselle. Kauppakeskuksen omistaman Cityconin mukaan aurinkosähkö soveltuu heidän käyttöönsä erinomaisesti, koska laitoksen tuotto on suurimmillaan aurinkoisina kesäpäivinä, jolloin myös tilojen viilentämiseen tarvittavan energian tarve on suurimmillaan.



## 7.4 Johtopäätökset: Miten aurinkoenergiահankkeisiin tulisi Uudenmaan maankäytön suunnittelussa ja aluekehittämisessä suhtautua?

Tällä hetkellä teollisen mittakaavan aurinkosähkön tuotanto on Suomessa taloudellisesti kannattavaa, jos aurinkoenergialla korvataan kalliimpaa ostoenergiaa, investointien kannattavuuden laskenta-aikana käytetään riittävän pitkää aikajaksoa (esimerkiksi takuu-aika 25 v.) ja investoinnille saadaan energiatukea tai vastaavaa tukea tasolla 25–30 %. Sähkön hintakehityksellä on kriittinen merkitys aurinkosähkön tuotannon kilpailukykyyn. Sähköenergian, siirtomaksujen ja verojen hinnannousu parantavat kiinnostusta omaan aurinkosähkötuotantoon. Myös kysyntäjousto tulee vaikuttamaan sähkömarkkinoihin tulevaisuudessa: kun tuotanto vaihtelee, myös kysynnän tulisi vaihdella. Kysyntäjouston mahdollisuudet paranevat koko ajan, ja aikanaan se vaikuttaa sähkön hinnoitteluun.

Aurinkoenergiajärjestelmän optimaalista kokoluokkaa on vaikea määritellä. Suuremman mittakaavan järjestelmiä puoltavia tekijöitä ovat mm. hankintakustannusten skaalaedut, jotka pienentävät investointikustannuksia per rakennettu/tuotettu energiayksikkö. FinSolarin tuottamassa selvityksessä vuodelta 2016 pienen mittakaavan aurinkosähkøjärjestelmissä investointikustannukset vaihtelivat välillä 1.6–2.5 €/Wp ja suuremman mittakaavan järjestelmissä (keskisuuret järjestelmät 40–400 kWp) 1–1.6 €/Wp. Kasvat paneelien ja muiden komponenttien toimitusvolyymit pienentävät myös toimitusketjun yksikkökustannuksia. Toisaalta pienet järjestelmät ovat ketterämpiä: helpompia luvittaa ja nopeampia toteuttaa. Pienemmällä investointikustannuksella vähennetään investointiriskiä ja helpotetaan rahoituksen saantia.

Elinkeinotoiminnan näkökulmasta aurinkosähkön tuotantoa kannattaa edistää; erikokoiset aurinkoenergian tuotantolaitokset voivat toimia kehitysalustana ja kotimarkkinareferenssinä uusille aurinkoenergiaratkaisujen vientituotteille. Tulevaisuuden kannalta peruskysymys on, halutaanko maakuntaan lisää aurinkoenergiaa eli halutaanko rakentamishankkeita houkutellessa nimenomaan Uudellemaalle. On arvioitu, että isoja maa-asenteisia aurinkovoimalaitoksia tullaan rakentamaan Suomeen lisää, mutta samanaikaisesti tulee myös isoja kattoasennuksia. Yksikkökustannusten aleneminen, älykkäät sähköverkot ja sähkön varastointiratkaisujen kehittyminen (ml. sähköautot) edistävät sekä suurten että pienten aurinkovoimaloiden rakentamista.

Aurinkoenergian lisäämiseen kuntia ohjaavat monet vapaaehtoiset energia- ja ilmastositoumukset, joissa asetetaan tavoitteet ilmastovaikutusten vähentämiseksi. Kunta-alan aurinkoenergian lisäämiseen ohjaavia sitoumuksia ovat mm. kuntien ilmasto- ja energiastrategiat, energiatehokkuussopimus, HINKU (hiilineutraalit kunnat), FISU-verkosto, Kuntien ilmastokampanja, Covenant of Mayors ja useat muut. Vaikka monet Uudenmaan kunnat ovat

mukana näissä sitoumuksissa, on niiden realisoituminen usein myös poliittinen päätös, joka voi kariutua myös kuntien virkamiesten ja kunnanvaltuutettujen välisen yhteistyön puutteeseen.

Aurinkoenergiահankkeita ja niiden sijoittumista on vaikeaa ennakoita, sillä aurinkoenergiaa voidaan periaatteessa tuottaa kaikkialla, missä se kannattaa. Edellä on jo todettu, että aurinkoenergiarakentamisen ohjaus on tällä hetkellä jossakin määrin epäyhtenäistä ja kirjavaa. Kaavoissa erityisesti aurinkoenergiaa koskevia kaavamerkintöjä ja –määräyksiä on annettu toistaiseksi verrattain vähän, ja voimaloita on toteutettu ja ollaan toteuttamassa pääasiassa kaavoissa osoitetuille teollisuusalueille (T), energiahuollon alueille (EN), yhdyskuntateknisen huollon alueille (ET) ja erityisalueille (E). Kaavoitus on ollut joustavaa, kun aurinkoenergiarakentaminen ei itsessään ole vaatinut kaavamuutoksia, vaan voimaloita on voitu rakentaa jo valmiiksi kaavoitetuille alueille. Asemakaavamuutoksiakaan ei aina tarvita, vaan hankkeet voivat edetä olosuhteista riippuen myös suorilla luvilla tai jopa vain ilmoitusmenettelyllä. Tämän selvityksen laatimisen yhteydessä ei ole tullut esille, että yleis- tai asemakaavahankkeista koskien aurinkoenergian tuotantolaitosta olisi myöskään herkästi valitettu.

Joustava kaavoitus ja lupamenettely ovat ainakin tähän mennessä tukeneet alueiden uudistumista ja muutoksen nopeaa vauhtia. Kevyt sääntely on myös ajan hengen mukaista: väljyys jättää suunnittelu- ja innovointivaraa tarkemmalle suunnittelulle, ja yksityiskohtia voidaan ratkaista hankkeen toteuttamisen yhteydessä. Lisäksi vältytään eri asteissa tapahtuvilta kaavamuutosprosesseilta ja mahdollisilta kaavavalituskierteiltä.

On myös huomioitava, että tulevaisuuden hankkeista merkittävä osa voi olla niin sanottuja päällekkäiskäyttöhankeita. Tämä on todennäköistä etenkin Uudellamaalla, jossa maa on kallista ja tilaa vähän. Tätä kautta mahdollisia sijoituspaikkoja on Uudellamaalla runsaasti. Brownfield-alueet ovat sijoituspaikkoina hyviä ympäristövaikutusten kannalta, joita muutenkin pidetään aurinkoenergian osalta vähäisinä ja haitallisia vaikutuksia pääosin paikallisina. Ympäristövaikutuksetkaan eivät siten perustele ainakaan aluevarausohjaustasoista ohjausta maakuntakaavassa.

Edellä oleva vastaa Uudenmaan 4. vaihemaakuntakaavassa ja kokonaiskaavan valmistelussa 2050 (OAS) esitettyjä pohdintoja. Maakuntakaavalla ratkaistavien asioiden määrää halutaan pikemminkin karsia ja suunnittelumääräyksiä selkeyttää. Tulevaisuuden muutokset ovat yhä nopeampia ja vaikeammin ennakoitavissa, joten maakuntakaavoituksessa tulisi varautua aiempaa monimutkaisempiin ja yllättävämpiin tulevaisuuden kehityskulkuihin. Maakuntakaavoituksen kannalta erityisen haastavia ovat juuri työ- ja elinkeinoelämässä tapahtuvat muutokset, joiden ennakoiminen on vaikeaa. Saavutettavien ja monipuolisten uusien sijaintien tarjoaminen elinkeinotoiminnalle on tärkeää kilpailukyvyyn ja työllisyyden kannalta, mutta samalla tulisi turvata myös nykyisten yritysten kehitysmahdollisuudet. Tuotantotoiminnan alueiden varaamisessa tulisi huomioida myös mahdolliset uudet tuotantotavat ja uusi teknologia sekä joustavuus. Tämä johti 4. vaihemaakuntakaavassa siihen, että joidenkin aihealueiden kehityskuvia analysoitaessa tultiin siihen johtopäätökseen, ettei aihealuetta ole tarvetta käsitellä tai sen käsittelyyn ei ole edellytyksiä varsinaisessa kaavatyössä.

Aurinkoenergian tuotantoa voidaan kuitenkin maakuntakaavassa edistää osana muuta uudistuvaa ja kehittyvää elinkeinoelämää. Maakuntakaavassa voidaan varmistua siitä, että teollisuudelle ja tuotannolle on riittävästi aluevarauksia ja aluevaraukset sallivat uusiutuvien energiantuotantomuotojen hyödyntämisen kiinteistöissä ja niiden lähialueilla. Tämä jättää suunnitteluvaraa tuleville tarpeille ja tarkemmalle suunnittelulle. Tärkeää on myös löytää hyviä sijainteja teollisuus- ja energiantuotantoalueille, jotka soveltuvat myös aurinkoenergian tuotantoon. Vaihtoehtoiset sijaintipaikat konkretisoivat elinkeinoelämälle seudun energialiiketoiminnan mahdollisuuksia.

Ison mittakaavan aurinkovoimalan sijoittaminen (>20 MW, >40 ha) vaatii huomattavasti enemmän tilaa kuin Suomessa tällä hetkellä käytössä/suunnitteilla olevat laitokset ovat varanneet. Mitä suuremman kokoluokan aurinkovoimalasta on kysymys tai mitä laajempaa yhteiskäyttöaluetta se palvelee, sitä merkittävämmäksi saattaa muodostua alueiden käytön järjestäminen samanaikaisesti tai keskenään yhteen sovittaan useamman kunnan alueella. Tällöin myös pyrkimys alueelliseen omavaraisuuteen tai kuntien välisen kilpailutilanteen (taloudellisen hyöty, työpaikat) ratkaiseminen saattaa edellyttää useamman kunnan yhteisiä alueiden käytön ratkaisuja. Myös ympäristövaikutukset saattavat tällöin vaatia ylikunnallista ja jopa maakunnallista suunnittelua.



Tällä hetkellä sähkön alhainen markkinahinta lykkää yleisesti investointeja sähköntuotantoon Suomessa. Sähkön hinnan nousu ja/tai nykyistä laajempi tuki uusiutuvalle energialle saattaisi vaikuttaa investointihalukkuuteen ja edistää ison mittakaavan voimaloiden rakentamista mahdollistamalla hankkeille riittävän tuoton. Vastaavasti muutokset sähköverossa ja sähkösiirtomaksuissa siirrettäessä aurinkosähköä kiinteistörajan yli, tai samaan suuntaan vievänä ratkaisuna kiinteistöryhmän omien jakeluverkkojen (kiinteistöverkkojen) tai alueellisten suljettujen jakeluverkkojen yleistyminen, saattaisivat kannustaa toteuttamaan laajempia alueellisia aurinkoenergiajärjestelmiä.

Uudellamaalla nähdään, että aurinkoenergiaan liittyvä aluevarauskaavoitus ei ainakaan nykyisessä mittakaavassa ole maakunnallinen kysymys. Lähivuosina voi kuitenkin joko Sipilän hallituksen kärkihankerahoitus tai vuosina 2018-2020 toteutettava uusiutuvan energian syöttötariffin teknologianeutraali kilpailutus käynnistää aiempaa isompien laitosten toteutuksen. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole näköpiirissä, että ison tuotantotehon (>20 MW) voimaloita olisi sijoittumassa Suomeen maakuntakaavan tavoitevuoteen mennessä. Toistaiseksi taloudellisesti kannattavinta on tuottaa aurinkosähköä samassa kiinteistössä käytettäväksi korvaamaan ostosähköä, mikä ei edistä suurten järjestelmien rakentamista, kuten ei myöskään alhainen sähkön markkinahinta myytäessä tuotantoa markkinalle.

Kuntien aktiivisuus ja tahtotila ilmastotavoitteiden osalta vaikuttaa myös aktiivisuuteen aurinkoenergiahankeiden edistämiseksi. Konkreettisesti kunta voisi toimia esimerkinnäyttäjänä aurinkoenergian lisäämiseksi omissa kiinteistöissään. Kunnan rooli voisi olla aktiivisempi myös elinkeinoelämän ja tulevien asukkaiden suuntaan. Aurinkoenergiaa voisi tarjota mahdollisuutena kuntaan tuleville yrityksille ja asukkaille, jolloin sitä hyödynnettäisiin positiivisena vetovoima- sekä imagotekijänä lisäämään kunnan elinvoimaisuutta.

Kuntien lisäksi Uudenmaan maakunnan tai muiden seudullisten tai valtakunnallisten toimijoiden roolia aurinkoenergiahankeiden edistämiseksi tulisi kehittää. Maakunta voisi esimerkiksi teettää selvityksen tavoitteista ja sitoutumisesta aurinkoenergiaan Uudenmaan kunnissa. Lisäksi maakunta voisi tarvittaessa tarjota apua Uudenmaan kunnille aurinkoenergiahankeiden kilpailuttamisessa.

## Lähdeluettelo

Aamulehti 9.9.2017 <https://www.aamulehti.fi/uutiset/lempaalaan-nousee-aurinkopaneelien-jattikentta-tuottaa-sahkoa-jopa-720-kerrostalon-tarpeisiin-200314437>

Aurinkoenergian asiantuntijaseminaari 11.10.2017, Tapahtumatalo Bank, Helsinki

Current and Future Cost of Photovoltaics, Long-term Scenarios for Market Development, System Prices and LCOE of Utility-Scale PV Systems, Agora Energiewende 2015

Cursor Oy (South-East leveraging livelihood-hanke), Energiaratkaisujen vahvuudet ja lähtökohdat Kotka-Hamina-seudulla suunnittelun ja investointien edistämisen kannalta, loppuraportti, Ramboll Finland Oy, 20.4.2016

Energiateollisuus ry, Ohje verkon suunnittelijoille tuotannon liittämisestä, 16.12.2011

Energiateollisuus ry, Sähkönkulutuksen kuukausitilasto – Monthly statistics of energy consumption, 15.12.2015

Fingrid, Voimajohtojen huomioon ottaminen yleis- ja asemakaavoituksessa sekä maankäytön suunnittelussa

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

Hallituksen julkaisusarja 10/2015, Ratkaisujen Suomi, Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015

Hangötidningen / Hangon lehti 15.6.2017 <http://hangotidningen.fi/fi/lokalt/fi/2017-06-15/790640/hanko-panostaa-vahvasti-aurinkopaneeleihin>

Helen Oy, www-sivut

HSY, Pääkaupunkiseudun ilmastostrategia 2030

Ilmatieteen laitos, Pirinen ym.; Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010, Raportteja No. 2012:1

Keravan Energia, www-sivut

Lempäälän kunta, www-sivut

LUT, Vakkilainen Esa, Kivistö Aija, Sähkön tuotantokustannusvertailu 2017

Rauman kaupunki, www-sivut

Rakennuslehti 8/2017 <https://www.rakennuslehti.fi/2017/08/suomen-suurin-aurinkopuisto-tukemaan-atrion-imagoa/>

Sallila yhtiöt verkkosivut <https://www.sallila.fi/palvelut/aurinkoenergia/aurinkopuisto-live/>

Salon kaupunki, www-sivut

Satakuntaliitto, Esiselvitys aurinkoenergian tuotantoalueista, Pöyry Finland Oy, 2016

Satakuntaliitto, Satakunnan vaihemaakuntakaava 2, valmisteluvaiheen virallinen aineisto, 2016/2017

Seinäjoen kaupunki, www-sivut

Solar Power Europe: Global Market Outlook 2017-2021 <http://www.solarpowereurope.org/home/>

Solkompaniet, www-sivut <https://solkompaniet.se/2016/06/17/sveriges-storsta-solelpark-vaxer-fram/>

Salon Seudun Sanomat verkkosivut [www.sss.fi](http://www.sss.fi)

Šúri 2007; Huld 2012 / IET) <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> Säteilykartta

Tekes, Tulevaisuuden energia 2030...2050 332/2017  
<https://www.tekes.fi/tekas/julkaisut1/tulevaisuuden-energia-2030-2050-3322017/>

Uudenmaan liiton julkaisuja A27-2013, Uusimaa-ohjelma, visio ja strategia 2040, strategiset valinnat 2014-2017

Uudenmaan liiton julkaisuja B 54 – 2017, Uusimaa-kaava 2050, osallistumis- ja arviointisuunnitelma

Uudenmaan liiton julkaisuja E 150 -2015, Hiilineutraali Uusimaa 2050 –tiekartta

Uudenmaan liiton julkaisuja E 162 – 2015, Tuulista energiaa, opas alle kymmenen tuulivoimalan suunnitteluun Uudellamaalla

Uudenmaan liiton julkaisuja E 179-2017, Uudenmaan aluetalouden skenaariot sekä väestö- ja työpaikkaprojektiot. Taustaselvitys Uusimaa-kaavan 2050 ja Uusimaa-ohjelman valmisteluun

Uudenmaan liitto 2017, Uudenmaan neljäs vaihemaakuntakaava (hyväksytty maakuntavaltuustossa 24.5.2017)

Uusimaa-ohjelma 2.0. Visio, strategiset painopisteet, tavoitteet ja toimenpiteet (luonnos), Uudenmaan liitto 2017

Vaasan Yliopisto, Levón-instituutti, Energia ja aluekehittäminen, Merja Pakkanen & Ari Haapanen, Aurinkoenergian kaavoitusvaikutukset; asiantuntijahaastattelut (diasarja), 14.2.2017

Vaasan yliopisto, Pohjanmaan Aurinko (diasarja), 22.12.2016- 16.3.2017

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Vantaan Energia, www-sivut

Varberg energi www-sivut <http://www.varbergenergi.se/om-oss/var-verksamhet/sol/>

Wikipedia 2017 [https://en.wikipedia.org/wiki/Eggebek\\_Solar\\_Park](https://en.wikipedia.org/wiki/Eggebek_Solar_Park)

Ympäristöministeriö, haastattelu 27.10.2017 (Antti Irjala, Sanna Andersson)

Ympäristöministeriö, Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus, näkökulmia kuntakaavoitukseen, Suomen ympäristö 3 / 2015

Ympäristöministeriö, Maakuntakaavan sisältö ja esitystapa, 2002

**Uudenmaan liitto // Nylands förbund**  
**Helsinki-Uusimaa Regional Council**

Esterinportti 2 B • 00240 Helsinki • Finland  
+358 9 4767 411 • [toimisto@uudenmaanliitto.fi](mailto:toimisto@uudenmaanliitto.fi) • [uudenmaanliitto.fi](http://uudenmaanliitto.fi)