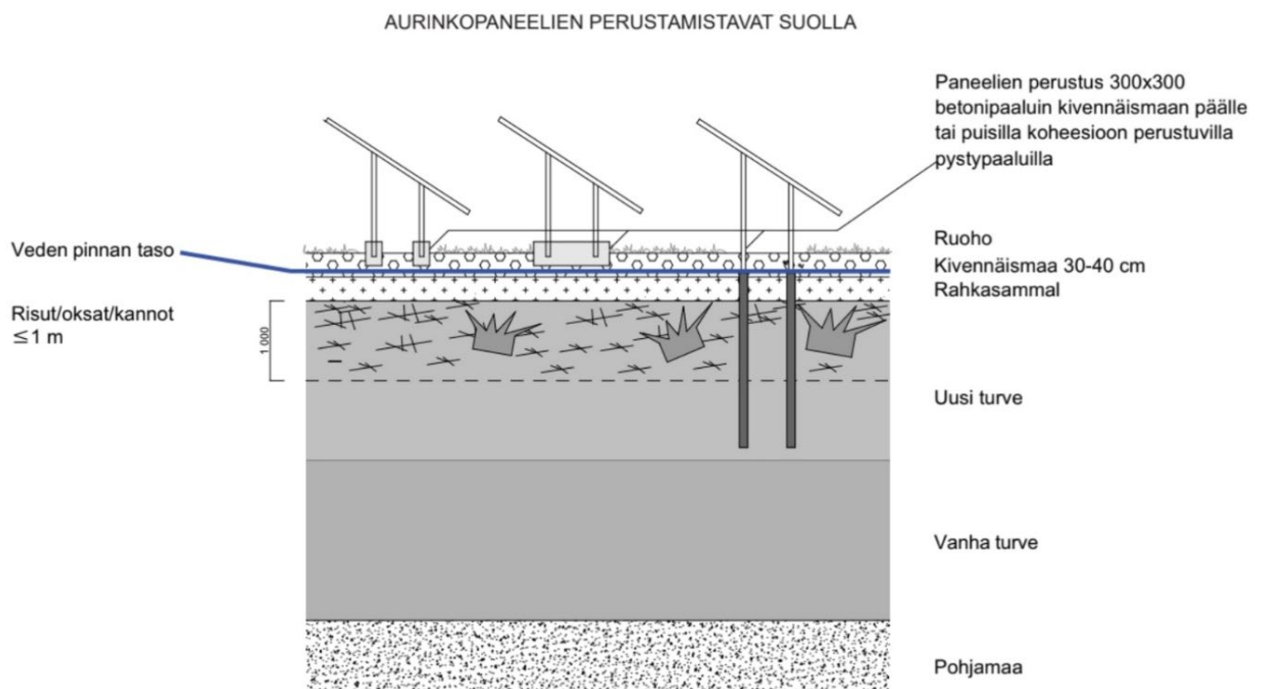


# Harjavallan Kotosuon aurinkovoimala ja suon uppopuunielu (hiilikapselointi)



TkT\* Kimmo Klemola, Cleanfi Oy

20.11.2024

\*kemian laitetekniikka ja tehdassuunnittelu

## Taustaa

Harjavallan Kotosuon noin 100 hehtaarin alueelle on suunniteltu 60 MWp maa-asennettua aurinkovoimalaa. Elinkaareksi on arvioitu 50 vuotta, jonka aikana voimala tuottaa sähköä 3,3 TWh – keskimäärin 66 GWh vuodessa. Aiemman maa-asennetulle aurinkovoimaloille tehdyn laskennan perusteella itse aurinkovoiman päästökerroin on noin 26 gCO<sub>2</sub>e/kWh. Aurinkovoimalan päästöiksi koko elinkaaren ajalta saadaan näin 86,8 ktCO<sub>2</sub>. Päästöt sisältävät aurinkovoimalan komponentit, kuljetukset, asennuksen, huollon infrastruktuurin, maansiirtotyöt jne.

Tämän raportin tarkoitus on selvittää alueen muuttamisen aurinkovoimalaksi vaikutukset alueen hiilinieluihin puuston ja maaperän osalta. Yli puolet aurinkovoimalan paneelialueesta on suota, jonka turvekerroksen keskipaksuus GTK:n aineiston mukaan on noin 1,6 metriä.<sup>1</sup> Alueella kokeillaan voimala-alueen hakkuista jääneiden kantojen ja oksien kaivamista suohon ”ikiaikaiseksi” uppopuuhiilivarastoksi ja alueen kattamista maa-aineksella. Syntyneelle niitylle asennetaan aurinkopaneeleja. Suohon upotettavaksi mahtuu huomattavasti enemmän kantoja ja oksia kuin voimala-alueen hakkuista saadaan.

Aurinkovoimalan ja sen kulkureittien alueelta metsää poistuu 37 hehtaaria. Siitä 6,3 hehtaaria on tällä hetkellä hakkuuaukeata.

Hankkeen pioneeriluonteesta johtuen laskelmiin sisältyy epävarmuuksia.

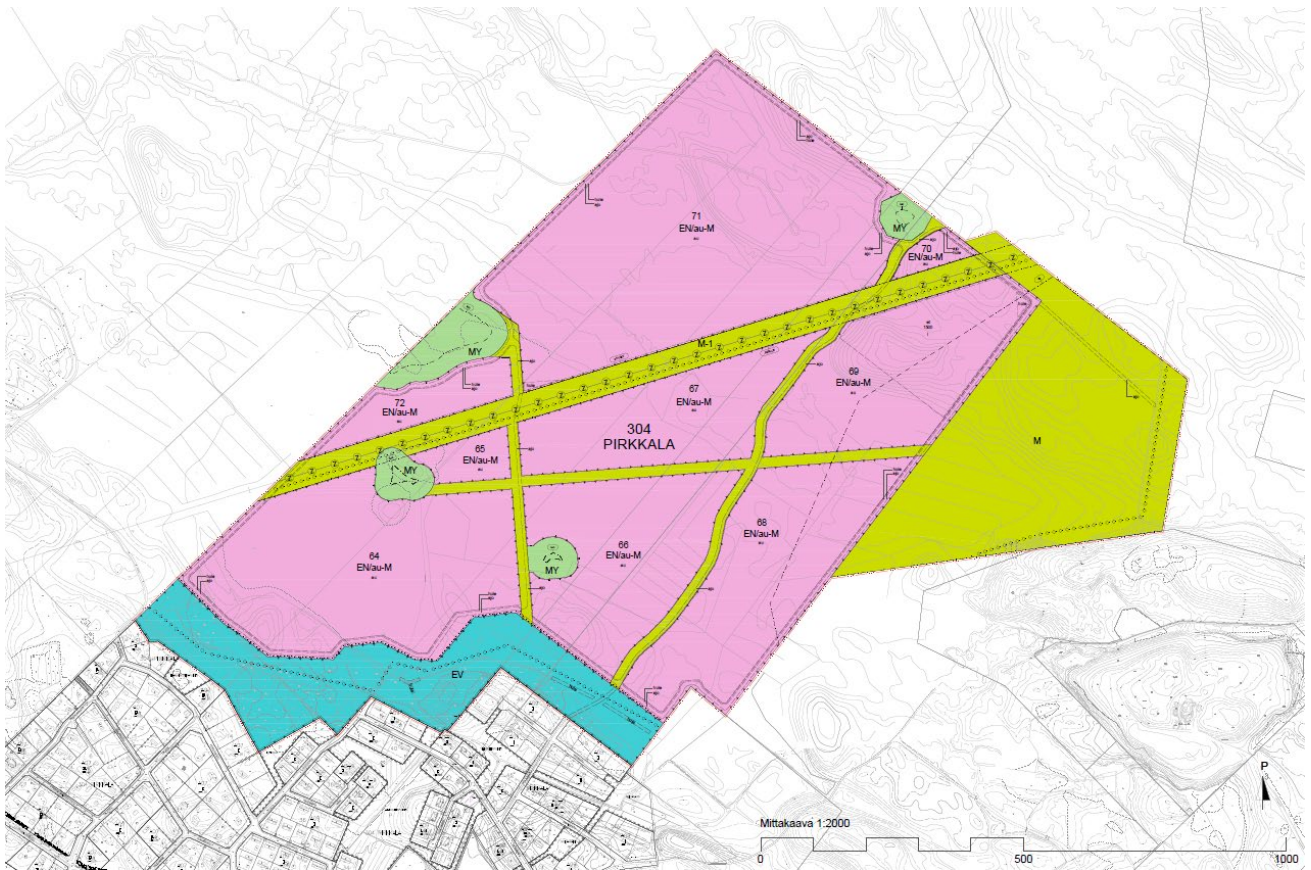
## Kaava-alue

Kuvassa 1 ovat kaava-alueen osat. Taulukossa 1 kaava-alueen osat on esitetty maatyypeittäin.

EV	Suojaviheralue, ei paneeleja (sininen)
MY	Erityisympäristöalue, ei paneeleja (vaalean vihreä)
M	Maa- ja metsätalousalue, ei paneeleja (vihreä, alueen itäosa)
M1	Kulkureitit ja sähkölinjat voimala-alueella, ei paneeleja (vihreä)
EN/au-M	Aurinko-voimalan alue (lila)

---

<sup>1</sup> Suot ja turvemaat, Geologian tutkimuskeskus, [https://gtkdata.gtk.fi/turvevarojen\\_tilinpito/](https://gtkdata.gtk.fi/turvevarojen_tilinpito/).



Kuva 1. Aurinkovoimalan kaava-alueen osat.

Taulukko 1. Aurinkovoimalan kaava-alueen osat maatyypeittäin ja hehtaareittain.

	Suoja- viheralue, ei paneeleja	Erityisympä- ristöalue, ei paneeleja	Maa- ja metsäta- lousalue, ei paneeleja	Kulkureitit ja sähkölinit voimala- alueella, ei paneeleja	Aurinko- voimalan alue	
	EV	MY	M	M1	EN/au-M	Yhteensä
	ha	ha	ha	ha	ha	ha
<b>Kivennäismaa</b>						
Hakkuuaukea	1.88			1.79	4.52	8.18
Metsä	4.38	1.23	12.48	0.00	18.06	36.14
<b>Turvemaa</b>						
Hakkuuaukea			3.12			3.12
Metsä	6.25	2.28	5.20		12.64	26.37
Suo luonnontilainen				8.93	46.05	54.98
Suo ojitettu				1.19	9.03	10.22

## Lähtötiedot

Itse aurinkovoimalan päästökertoimena käytetään Satakuntaan suunnitellun<sup>2</sup> aurinkovoimalan arvioitua päästökerrointa 26,19 gCO<sub>2</sub>e/kWh. Aurinkovoimalan päästöjen jakautuminen on esitetty taulukossa 2.

Taulukossa 3 on esitetty maaperän ja puuston päästöjen, hiilivaraston ja hiilinielujen laskennassa käytettyjä lähtötietoja. Taulukossa 4 on esitetty Suomen puuston hiilipitoisuuden määrittäminen.

Alueen metsien rakenteen voi katsoa olevan varsin tyypillistä satakuntalaista metsää ja laskennassa on käytetty luonnonvarakeskuksen Satakunnan metsien puuvara-, hakkuu-, kasvu- ja poistumatietoja.

---

<sup>2</sup> Ulvilan Harjunpään aurinkovoimala – kasvihuonekaasuvaikutukset, Cleanfi Oy, 30.5.2024.

Taulukko 2. Aurinkovoimalan päästöjen jakautuminen (gCO<sub>2</sub>e/kWh). <sup>3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13</sup>

	Päästökerroin
	gCO <sub>2</sub> e/kWh
Aurinkopaneelit	20.69
Invertterit	1.02
Muuntajat	0.66
Tukirakenteet ja kaapelointi	1.57
Kytkentärsiat	0.03
Huoltorakennukset	0.18
Käyttö ja huolto	1.17
Alueen raivaus ja kunnostus	0.25
Asennus ja kuljetukset	0.49
Aita	0.03
Purku ja kuljetukset	0.05
Sähkönsiirtolinja	0.06
Yhteensä	26.19

<sup>3</sup> Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources, United Nations Economic Commission for Europe, 2022.

<sup>4</sup> PVWatts Calculator, National Renewable Energy Laboratory, 2022. <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>

<sup>5</sup> Louwen A., Van Sark W.G., Faaij A.P., Schropp R.E., Re-assessment of net energy production and greenhouse gas emissions avoidance after 40 years of photovoltaics development, Nature Communications, 7(1), 1-9, 2016.

<sup>6</sup> Pehl M., Arvesen A., Humpenöder F., Popp A., Hertwich E.G., Luderer G., Understanding future emissions from low-carbon power systems by integration of life-cycle assessment and integrated energy modelling, Nature Energy, 2(12), 939-945, 2017.

<sup>7</sup> Schultz Herwin Saito, Carvalho Monica, Design, Greenhouse Emissions, and Environmental Payback of a Photovoltaic Solar Energy System, Energies 15.16:6098, 2022.

<sup>8</sup> Fthenakis Vasilis, Leccisi Enrica, Updated sustainability status of crystalline silicon-based photovoltaic systems: Life-cycle energy and environmental impact reduction trends, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 29.10:1068-1077, 2021.

<sup>9</sup> Schultz Herwin Saito, Carvalho Monica, Design, Greenhouse Emissions, and Environmental Payback of a Photovoltaic Solar Energy System, Energies 15.16:6098, 2022.

<sup>10</sup> Fthenakis Vasilis, Leccisi Enrica, Updated sustainability status of crystalline silicon-based photovoltaic systems: Life-cycle energy and environmental impact reduction trends, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 29.10:1068-1077, 2021.

<sup>11</sup> Varsinaisella perävaunulla varustettu yhdistelmä, kokonaismassa 76 t, kantavuus 51 t, 9 akselia, taajama, katuajo, VTT Lipasto.

<sup>12</sup> Varsinaisella perävaunulla varustettu yhdistelmä, kokonaismassa 60 t, kantavuus 40 t, VTT Lipasto.

<sup>13</sup> Desideri U., Proietti S., Zepparelli F., Sdringola P., Bini S., Life Cycle Assessment of a ground-mounted 1778 kWp photovoltaic plant and comparison with traditional energy production systems. Applied Energy, 97, 930-943, 2012.

Taulukko 3. Maaperän ja puuston päästöjen, hiilivaraston ja hiilinielujen laskennassa käytettyjä lähtötietoja.<sup>14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21</sup> Maaperän osalta positiivinen luku tarkoittaa päästöä, negatiivinen luku tarkoittaa nielua. Alueella ei ole esimerkiksi arvometsää tai jäkäläturvekangasta.

<b>Hiilivaraston muutos maaperässä, kivennäismaat:</b>	
tCO <sub>2</sub> /ha/a	
0.3	Maisemapellot
0.6	Maisemaniitty
-1.5	Talousmetsä
-5.7	Arvometsä
0	Louhos, maa-ainesten ottoalue ym.
<b>Hiilivaraston muutos maaperässä, turvemaat:</b>	
tCO <sub>2</sub> /ha/a	
1.8	Turvepellot
	<i>Metsämaa:</i>
7.2	Ruohoturvekangas
3.0	Mustikkaturvekangas
0.5	Puolukkaturvekangas
-0.4	Varputurvekangas
-1.6	Jäkäläturvekangas
<b>Puusto (Satakunta):</b>	
136.3	Puuston keskitilavuus puuntuotannon metsämaalla (runkopuu), m <sup>3</sup> /ha
5.9	Puuston vuotuinen kasvu (runkopuu), m <sup>3</sup> /ha/a
4.9	Hakkuut (runkopuu), m <sup>3</sup> /ha/a
0.8	Luonnollinen poistuma (runkopuu), m <sup>3</sup> /ha/a
31.0	Oksisto ja lehvästö (biomassa) runkopuun määrästä, %
37.3	Kannot ja juuret (biomassa) runkopuun määrästä, %
0.739	Puun sitoma hiilidioksidi, tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>

<sup>14</sup> Kasvupaikat metsämaan kankailla ja soilla (1000 ha) muuttujina inventointi, maakunta ja kasvupaikka, Luke tilastotietokanta, 2022.

<sup>15</sup> Puuston vuotuinen kasvu metsä- ja kitumaalla, Luke tilastotietokanta, 2022.

<sup>16</sup> Puuston biomassa metsä- ja kitumaalla (milj. t), Luke tilastotietokanta, 2022.

<sup>17</sup> Puuston poistuma omistajaryhmittäin ja maakunnittain 2015-, Luke tilastotietokanta, 2022.

<sup>18</sup> Puuston keskitilavuus puuntuotannon metsämaalla kehitysluokittain (m<sup>3</sup>/ha), Luke tilastotietokanta, 2022.

<sup>19</sup> Selvitys pääkaupunkiseudun hiilinieluista ja -varastoista, Loppuraportti, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, 2021.

<sup>20</sup> Liski J., Westman C.J., Carbon storage in forest soil of Finland. Biogeochemistry 36: 261–274, 1997.

<sup>21</sup> Heikkinen J., Ketoja E., Nuutinen V., Regina K., Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009, Global Change Biology, 19, 1456–1469, 2013.

Taulukko 4. Hiilen osuus puulajien kuiva-aineesta<sup>22</sup>, puulajien kuivatuoretiheys<sup>23,24</sup> ja Suomen puuston puulajien kuutiomäärät ja prosenttiosuudet<sup>25</sup>. Suomalaiseen puuhun on keskimäärin sitoutunut 0,739 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

	Hiilen osuus kuiva-aineesta	Kuiva-tuoretiheys	Hiiltä	Sitoutunutta hiilidioksidia	Suomen puusto	Suomen puusto
	massa-%	kg/m <sup>3</sup>	kgC/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	%
Mänty	50.1	390	195	716	1248	49.80
Kuusi	50.1	380	190	698	757	30.21
Koivu	49.6	490	243	891	418	16.68
Haapa ja muut lehtipuut	50.1	376	188	691	83	3.31
Suomen puusto	50.0	403	202	739	2506	100.00

Aurinkopaneelialue on pitkälti suota. Taulukoissa 5–8 on esitetty soiden hiililaskentaan vaikuttavia tietoja.<sup>26,27,28,29</sup> Kotosuon turvekerroksen keskipaksuudeksi on arvioitu 1,6 m.<sup>30</sup>

Taulukko 5. Suomen suot.

Ojittamattomat suot, Suomi, 1000 ha	4204
Ojitetut suot, Suomi, 1000 ha	4877
Ojittamattomat suot, Satakunta, 1000 ha	54
Ojitetut suot, Satakunta, 1000 ha	148
Soiden turvekerroksen keskipaksuus, m	1.3
Turvetta suolla keskimäärin, m <sup>3</sup> /ha	13000
Turvetta Suomen soissa, Mm <sup>3</sup>	118053
Hiiltä Suomen soissa, MtC	4800
Hiiltä turpeessa keskimäärin, tC/m <sup>3</sup>	0.041
Hiiltä turpeessa keskimäärin, tC/ha	529
Hiiltä turpeessa keskimäärin, tCO <sub>2</sub> /ha	1938
Tarkasteluaika, vuotta	50
Metaanin lämmityspotentiaali, gCO <sub>2</sub> e/g	23
Typpioksiduulin lämmityspotentiaali, gCO <sub>2</sub> e/g	296

<sup>22</sup> Hamberg Leena, Henttonen Helena M., Tuomainen Tarja, Puusta valmistettujen tuotteiden hiilivaraston muutoksen laskenta kasvihuonekaasuinventaariossa: Menetelmäkehitys Suomen kasvihuonekaasuinventaarioon, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2016, Luke Luonnonvarakeskus, 2016.

<sup>23</sup> Alakangas Eija, Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, VTT tiedotteita 2045, 2000.

<sup>24</sup> Heräjärvi Henrik., Junkkonen Reijo, Wood density and growth rate of European and hybrid aspen in southern Finland, Baltic Forestry 12.1, 2006.

<sup>25</sup> Puuston tilavuus metsä- ja kitumaalla puulajeittain VMI 13:n mukaan, Luke tilastotietokanta. 2022.

<sup>26</sup> Luke tilastotietokanta, lukuisat tilastot.

<sup>27</sup> Ojanen Paavo, Minkkinen Kari, Regina Kristiina, Ojituksen vaikutus maaperän kasvihuonekaasupäästöihin, Suo (2020).

<sup>28</sup> Mehtola Johanna, Suomen ääripisteet: Paksun suon salaisuus, Suomen luonto 6/2016.

<sup>29</sup> Simola H., Pitkänen A., Turunen J. 2012: Carbon loss in drained forestry peatlands in Finland, estimated by re-sampling peatlands surveyed in the 1980s. European Journal of Soil Science 63: 798–807.

<sup>30</sup> Suot ja turvemaat, Geologian tutkimuskeskus, [https://gtkdata.gtk.fi/turvevarojen\\_tilinpito/](https://gtkdata.gtk.fi/turvevarojen_tilinpito/).

Taulukko 6. Ojittamattoman suon hiilinielu. Negatiivinen luku on hiilinielu, positiivinen luku päästö.

31

	Osuus	CO2	CH4	N2O	CO2e netto
	%	gCO2e/m2/a	gCO2e/m2/a	gCO2e/m2/a	gCO2e/m2/a
Sara- ja rimpinevat	3	-57	552	31	526
Muut avosuot sekä sararämeet ja -korvet	3	-59	345	31	317
Muut harvapuustoiset rämeet	49	-81	115	31	65
Aidot puustoiset korvet ja rämeet	45	-84	46	31	-7
Keskiarvo	100	-81	104	31	54

Taulukko 7. Ojitetun suon hiilitase. Negatiivinen luku on hiilinielu, positiivinen luku päästö.

	Osuus	CO2	CH4	N2O	CO2e netto
	%	gCO2e/m2/a	gCO2e/m2/a	gCO2e/m2/a	gCO2e/m2/a
Rehevä ojikko/muuttuma	10	94	36	68	198
Rehevä turvekangas	90	279	-2	24	301
Keskiarvo	100	261	2	28	291

Taulukko 8. Katettu suo eli hiilikapselointi, ojat tukittu, kantoja ja oksia upotettu 500 m3/ha. Negatiivinen luku on hiilinielu, positiivinen luku päästö.

	Osuus	CO2	CH4	N2O	Uppopuu- nielu	Alueen niityttä- minen	CO2e netto
	%	gCO2e/ m2/a	gCO2e/ m2/a	gCO2e/ m2/a	gCO2e/ m2/a	gCO2e/ m2/a	gCO2e/ m2/a
Sara- ja rimpinevat	3	0	552	31	-565	-47	-29
Muut avosuot sekä sararämeet ja -korvet	3	0	345	31	-565	-47	-236
Muut harvapuustoiset rämeet	49	0	115	31	-565	-47	-466
Aidot puustoiset korvet ja rämeet	45	0	46	31	-565	-47	-535
Keskiarvo	100	0	104	31	-565	-47	-477

## Vertailut

Tarkasteluaika on 50 vuotta. Tarkasteltavia vaihtoehtoja ovat:

<sup>31</sup> Ojanen Paavo, Minkkinen Kari, Regina Kristiina, Ojituksen vaikutus maaperän kasvihuonekaasupäästöihin, Suo (2020).



- VE0
  - Alue pysyy nykyisellään, ei hakkuita
- VE1
  - Alue pysyy nykyisellään, hakkuut jatkuvat normaalisti
- VE2
  - Hiilikapselointi
  - Alueella on 50 vuotta aurinkovoimala ja alueen vesitaso paneelialueen suoalueella asetetaan luonnonsuon kaltaiseksi. Kantoja ja oksia upotetaan uppopuuvarastoksi suohon 500 kiinto-m<sup>3</sup>/ha.
  - Kannot ja oksat pysyvät suossa hiilinieluna. Vaihtoehtona olisi polttaa oksat ja kannot, jolloin hiili vapautuisi ilmakehään, tai hakettaa ne paneelialueen maapohjaksi, mikä tarkoittaisi 85-prosenttista hiilen vapautumista ilmakehään 50 vuodessa.<sup>32</sup>
  - Alue katetaan maa-aineksella ja katteen päälle perustetaan niitty. Niitty kerää hiilivaraston maanpäälliseen ja maanalaiseen kasvustoon.
  - Menetetään luonnonsuon hiilensidonta.

## Tulokset

Taulukoissa 9–11 on esitetty eri vaihtoehtojen hiilinieluvaikutukset.

*Taulukko 9. Alue pysyy nykyisellään ilman aurinkovoimalaa, ei hakkuita elinkaaren aikana (V0). Negatiivinen luku on hiilinielu, positiivinen luku päästö.*

	Pinta-ala	Puuston hiilinielu	Maaperän hiilinielu	Puuston ja maaperän Hiilinielu yhteensä	Suo, CO <sub>2</sub> e (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O)	Yhteensä
	ha	tCO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub> e	tCO <sub>2</sub> e
<b>Kivennäismaa</b>						
Metsä	44.3	-14084	-3324	-17408		-17408
Kivennäismaa yhteensä	44.3	-14084	-3324	-17408		-17408
<b>Turvemaa</b>						
Metsä	29.5	-9371	3931	-5441		-5441
Suo ojittamaton	55.0				1482	1482
Suo ojitettu	10.2				1485	1485
Turvemaa yhteensä	94.7	-9371	3931	-5441	2967	-2474
<b>Yhteensä</b>	139.0	-23455	607	-22848	2967	<b>-19882</b>

<sup>32</sup> Pukkala Timo, Hakkuut ja hiilinielut – ajattelua ja toiveajattelua, www.arvometsa.fi, 15.11.2017.

Taulukko 10. Alue pysyy nykyisellään ilman aurinkovoimalaa, hakkuut jatkuvat normaalisti (VE1). Negatiivinen luku on hiilinielu, positiivinen luku päästö. Alueelta hakatulla runkopuulla tarkoitetaan kaava-alueen talousmetsästä 50 vuoden aikana hakattua teollisuuden tarpeisiin menevää puuta.

	Pinta-ala	Puuston hiilinielu	Maaperän hiilinielu	Puuston ja maaperän Hiilinielu yhteensä	Suo, CO2e (CO2, CH4, N2O)	Yhteensä	Yhteensä, mukana alueelta hakattu runkopuu
	ha	tCO2	tCO2	tCO2	tCO2e	tCO2e	tCO2e
<b>Kivennäismaa</b>							
Metsä	44.3	-466	-3324	-3789		-3789	
Kivennäismaa yhteensä	44.3	-466	-3324	-3789		-3789	
<b>Turvemaa</b>							
Metsä	29.5	-417	5293	4876		4876	
Suo ojittamaton	55.0				1482	1482	
Suo ojitettu	10.2				1485	1485	
Turvemaa yhteensä	94.7	-417	5293	4876	2967	7842	
<b>Yhteensä</b>	139.0	-883	1969	1086	2967	<b>4053</b>	<b>-9423</b>

Taulukko 11. Hiilikapselointi. Alueella aurinkovoimala, alueen hakkuiden kannot ja oksat sekä lisäksi ulkopuolisen hakkuualueen kantoja ja oksia upotetaan suohon 500 kiintokuutiota hehtaarille ja alue katetaan maa-aineksella (VE2). Uppopuunieluun vaikuttaa suohon upotettavien kantojen ja oksien määrä. Negatiivinen luku on hiilinielu, positiivinen luku päästö.

	Pinta-ala	Puuston hiilinielu	Maaperän hiilinielu	Niitty	Suo, CO2e (CO2, CH4, N2O)	Suon uppopuunielu	Yhteensä
	ha	tCO2	tCO2	tCO2	tCO2e	tCO2	tCO2e
<b>Kivennäismaa</b>							
Metsä	20.0	-2507	-1497				-4003
Niitty (entinen metsä)	24.4			-571			-571
Kivennäismaa yhteensä	44.3	-2507	-1497	-571			-4574
<b>Turvemaa</b>							
Metsä	16.8	-2709	1136				-1573
Niitty (entinen metsä)	12.6			-296			-296
Suo ojittamaton	8.9				241		241
Suo ojitettu	1.2				173		173
Katettu suo, hiilikapselointi	55.1			-1290	3719	-13267	-10838
Turvemaa yhteensä	94.7	-2709	1136	-1586	4133	-13267	-12294
<b>Yhteensä</b>	139.0	-5216	-360	-2157	4133	-13267	<b>-16868</b>

Kantojen ja oksien (500 kiinto-m<sup>3</sup>/ha) upottaminen aurinkovoimala-alueen suohon, suon vedenpinnan nostaminen, suon maa-aineksella kattaminen ja katealueen niityttäminen aikaansaa 50 vuodessa kaava-alueelle 7.4 ktCO<sub>2</sub>e suuremman hiilinielun verrattuna siihen että alueella jatkuisi

normaali metsätalous. Mukaan on laskettu alueelta 50 vuoden aikana hakattu ja pois viety runkopuu, jonka mukana poistuu 13,5 ktCO<sub>2</sub>. Jos hakattua runkopuuta ei lasketa mukaan, hiilinieluhuöty on 20,9 ktCO<sub>2</sub>e.

Jos alueella ei hakattaisi 50 vuoteen lainkaan, olisi kaava-alueen hiilinielu 3,0 ktCO<sub>2</sub>e suurempi kuin aurinkovoimalavaihtoehdossa. Mikäli aurinkovoimala kuitenkin rakennetaan, parantaa uppopuun tuoma pitkäaikainen hiilivarasto joka tapauksessa aurinkovoimalan hiilitasetta. Tässä tapauksessa aurinkosähkön päästökerroin nousisi 26,2 gCO<sub>2</sub>e/kWh:sta 27,1 gCO<sub>2</sub>e/kWh:iin, eli lisäystä päästökertoimeen olisi noin 0,9 gCO<sub>2</sub>/kWh. Tyypillisesti hiilinielujen menetys Suomen maa-asennetuissa aurinkovoimaloissa aiheuttaa yli 10 gCO<sub>2</sub>e/kWh lisäyksen päästökertoimeen. Verrattuna siihen että alueella jatkuu normaali metsätalous aurinkosähkön päästökerroin tippuisi 2,2 gCO<sub>2</sub>e/kWh:lla 23,9 gCO<sub>2</sub>e/kWh:iin.

Taulukossa 12 on esitetty aurinkovoimalan elinkaaren päästöt ja eri vaihtoehtojen hiilinielut. Lisäksi siinä on esitetty päästöt, jotka aiheutuisivat jos elinkaaren aikana tuotettu aurinkovoima ei korvaisi vanhoja käytänteitä – kuten bensiiniatolla ajamista tai hiiliteräksen tekemistä. Aurinkosähkö voi korvata esimerkiksi seuraavia:

- Suomen sähkö 2022, hyödynjakomenetelmä<sup>33,34,35,36,37</sup>
- Virallisen jäännösjakauman 2021 mukainen sähkö<sup>38</sup>
- Jäännösjakauman 2021 mukainen sähkö koko elinkaaren osalta
- Energiaviraston 2022 päästökertoimen mukainen sähkö
- Hiiliteräksen tekeminen (vetyteräs)<sup>39,40,41</sup>
- Bensiini tieliikenteessä (sähköauto)<sup>42,43,44,45,46</sup>

<sup>33</sup> Hyödynjakomenetelmä (Benefit sharing method), Motiva, [http://www.motiva.fi/files/6820/Kuvaus\\_hyodynjakomenetelmasta.pdf](http://www.motiva.fi/files/6820/Kuvaus_hyodynjakomenetelmasta.pdf)

<sup>34</sup> Sähkön hankinta energialähteittäin 2007–2022, Energiategollisuus, 2023.

<sup>35</sup> Jäännösjakauma vuoden 2021 osalta, Energiavirasto, 2022.

<sup>36</sup> Statistics Estonia, <https://andmed.stat.ee/en/stat>.

<sup>37</sup> Electricity production (net production) by type of power from 1970, TWh, Statistikdatabas, Energimyndigheten.

<sup>38</sup> Jäännösjakauma vuoden 2021 osalta, Energiavirasto, 2022.

<sup>39</sup> Kushnir D., Hansen T., Vogl V., Åhman M., Adopting hydrogen direct reduction for the Swedish steel industry: A technological innovation system (TIS) study. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118185, 2020.

<sup>40</sup> The World Steel Association (worldsteel), [www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org), 2022.

<sup>41</sup> SSAB:n Raahan tehtaan ympäristövuosi 2021, SSAB, 2022.

<sup>42</sup> Jacobs Consultancy, Life cycle assessment comparison of North American and imported crudes, July, Jacobs Consultancy, Chicago, Illinois, 2009.

<sup>43</sup> European Commission, Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas, October, Interim Report, European Commission, 2014.

<sup>44</sup> Shapouri H., Duffield J.A., Wang M.Q., The energy balance of corn ethanol: an update. No. 34075, United States Department of Agriculture, Economic Research Service, 2002.

<sup>45</sup> Hammerschlag Roel, Ethanol's energy return on investment: a survey of the literature 1990-present, *Environmental Science & Technology*, Vol. 40, 1744–1750, 2006.

<sup>46</sup> García Carlos A., Fuentes Alfredo, Hennecke Anna, Riegelhaupt Enrique, Manzini Fabio, Masera Omar, Life-cycle greenhouse gas emissions and energy balances of sugarcane ethanol production in Mexico, *Applied Energy*, 88(6), 2088–2097, 2011.

- Öljynjalostamon vedyn tuotanto maakaasusta Porvoossa (vety elektrolyysillä) <sup>47,48</sup>
- Akkukennostojen valmistamisen sähkö Kiinassa (Kotkan akkukennostohanke) <sup>49,50</sup>

*Taulukko 12. Aurinkovoimalan 50 vuoden elinkaaren päästöt ja eri vaihtoehtojen hiilinielut. Lisäksi on esitetty päästöt, jotka aiheutuisivat jos tuotettu aurinkovoima ei korvaisi vanhoja käytänteitä.*

	ktCO <sub>2</sub> e
Aurinkovoimala (päästö)	86.8
Aurinkopaneelialueella kannot ja oksat upotetaan suohon, suoala katetaan ja niitytetään, vesipinta nostetaan (nielu)	-16.9
Alue pysyy nykyisellään, ei hakkuita 50 vuoteen (nielu)	-19.9
Alue pysyy nykyisellään, hakkuut jatkuvat normaalisti (päästö)	4.1
Alue pysyy nykyisellään, hakkuut jatkuvat normaalisti ja lasketaan mukaan hakattu runkopuu (nielu)	-9.4
Suomen sähkö 2022, hyödynjakomenetelmä (päästö)	278.7
Virallisen jäännösjakaman 2021 mukainen sähkö (päästö)	708.4
Jäännösjakaman 2021 mukainen sähkö koko elinkaaren osalta (päästö)	924.2
Energiaviraston 2022 päästökertoimen mukainen sähkö (päästö)	253.3
Hiiliteräksen tekeminen (vetyteräs) (päästö)	1742.1
Bensiini tieliikenteessä (sähköauto) (päästö)	3407.2
Öljynjalostamon vedyn tuotanto maakaasusta Porvoossa (vety elektrolyysillä) (päästö)	622.6
Akkukennostojen valmistamisen sähkö Kiinassa (Kotkan akkukennostohanke) (päästö)	2008.1

Kaikissa tarkastelluissa vaihtoehtoissa alue toimisi jatkossa hiilinieluna – metsäalueen nykyisessä talousmetsäkäytössä hiilinieluna pysyminen vaatii tosin alueelta 50 vuoden aikana hakatun ja pois viedyn puun laskemista hiilinieluksi. Suurin hyöty hiilinielun osalta saataisiin tilanteessa, jossa alueella ei suoritettaisi mitään toimenpiteitä, eikä puustoa kaadettaisi jatkossa alueelta. Alue on kuitenkin nykyisellään metsätalousaluetta, ja alueen jatkuminen nykyisellään antoi laskelmien pohjalta huonoimman tuloksen hiilitaseen puolesta, koska alueen turvemaa toimii päästölähteenä. Hiilikapseloinnilla saavutetaan kuitenkin laskelmien pohjalta nykyistä maankäyttöä selkeästi suurempi hiilinielu.

Hiilinielut tai maankäytön muutosten päästöt ovat kaikissa tapauksissa huomattavasti pienemmät kuin aurinkovoimalan komponenttien, kuljetusten, rakentamisen ja huollon hiilipäästöt. Jos verrataan toimintoihin, joita aurinkosähköllä korvataan – yksinkertaisimmillaan bensiinautolla ajamisen

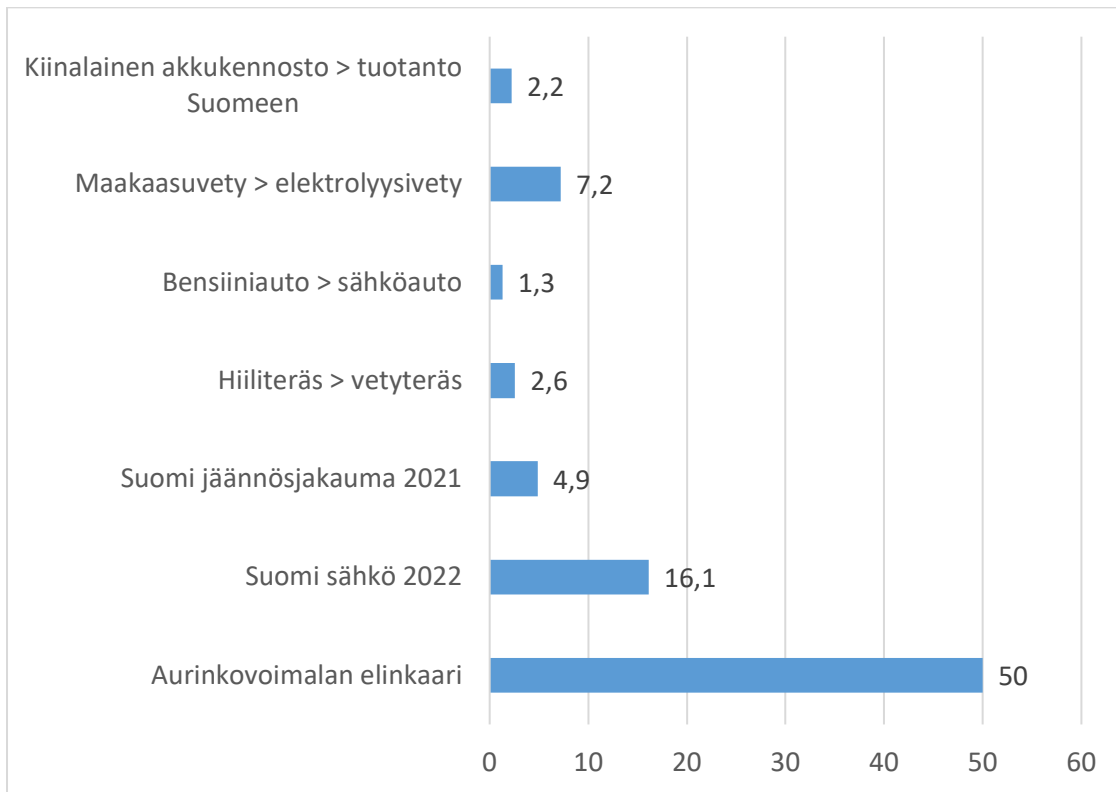
<sup>47</sup> Hytönen Linda, Vetylaitoksen tuotannon energiataseen ja energiahäviöiden seurannan kehittäminen, Energiatekniikka/Prosessi- ja automaatiotekniikka, Kymenlaaxson ammattikorkeakoulu, 2013.

<sup>48</sup> Blain Loz, Record-breaking hydrogen electrolyzer claims 95% efficiency, 16.3.2022, <https://newatlas.com/energy/hysata-efficient-hydrogen-electrolysis>

<sup>49</sup> Kurland Simon Davidsson, Energy use for GWh-scale lithium-ion battery production, Environ. Res. Commun. 2, 2020.

<sup>50</sup> Sajari Petri, Kiinalainen Svolt suunnittelee Suomeen neljän miljardin euron investointia – työllistäisi yli 3000 henkeä, Helsingin Sanomat, 24.10.2023.

korvaamista sähköautoilulla, aurinkovoimalan kokonaispäästöt ovat minimaaliset. Vaikutusta havainnollistaa kuva 2, jossa on esitetty vuosina aika joka hiili-intensiivisillä toiminnoilla menee aurinkovoimalan koko elinkaaren päästöjen saavuttamiseen. Voidaan siis sanoa, että esimerkiksi Kotosuon aurinkosähköä sähköautoon lataamalla ollaan 1,3 vuoden kuluttua tasatilanteessa bensiiniauton kanssa ja loppu 48,7 vuotta sähköautolla ajaminen on päästötöntä.



*Kuva 2. Aika vuosina joka hiili-intensiivisillä toiminnoilla menee aurinkovoimalan koko elinkaaren päästöjen saavuttamiseen. Aurinkovoimalan päästöiksi on laskettu itse aurinkovoimalan elinkaaren päästöt ja hiilinieluvaikutukset. Hiilinieluvaikutuksiksi on laskettu epäedullisimmat, joissa verrataan tilanteeseen jossa alueella ei tehtäisi 50 vuoteen hakkuita.*