

Vastaanottaja
Skarta Energy Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
15.11.2023

Hituran aurinkovoimala, Aurinkopaneelien varjostuksen vaikutus haihduntaan

Projekti Hituran aurinkovoimalan vaikutusten arviointi
Projekti nro 1510080324
Vastaanottaja Skarta Energy Oy
Asiakirjatyyppi Raportti
Päivämäärä 15.11.2023
Laatija Sini Korpinen, Johanna Jalonen
Tarkastaja Tarja Simonen

Ramboll
Puutarhakatu 9
70300 Kuopio

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://www.ramboll.com/fi-fi/>

Sisältö

1.	Johdanto	2
2.	Rikastushiekka-alue	2
3.	Aurinkopaneelien sijoitus ja asennus	4
4.	Sijoituspaikan hydrologia	6
5.	Kasvipeitteisyys	8
5.1	Kunnossapito ja hoito	10
6.	Loppusanat/päätelmät	11

1. Johdanto

Selvitystyö on tehty ELY-keskuksen hankkeelle antaman lausunnon mukaisesti Skarta Energy Oy:n pyynnöstä, jossa yhteyshenkilönä on toiminut projektipäällikkö Olga Boustani. ELY-keskuksen lausunnossa pyydettiin arvioimaan muuttaako aurinkovoimalan rakentaminen kasvillisuuden aiheuttamaa veden haihtumista osana aurinkovoimalan aiheuttamia muita mahdollisia vaikutuksia. Selvityksessä arvioitiin saatavilla olevien lähtötietojen ja kirjallisuudesta saatavien arvioiden perusteella paneelien varjostuksen vaikutusta haihtumiseen ja sen myötä rikastushiekka-alueen sulkemisessa tehtyjen pintarakenteiden toimimiseen suunnitellulla tavalla. Selvitystyöhön ei sisällynyt maastokäyntiä ja kasvillisuus selvitystä. Selvitystyö sijoittuu Hituran entisen nikkelikaivosalueen suljetulle rikastushiekka-alueelle, jonne on suunniteltu toteutettavan aurinkopaneeleista koostuva aurinkovoimala.

Ote ELY-keskuksen antamasta lausunnosta: *Rikastushiekka-alueen pintavesien poisto perustuu sulkemissuunnitelman mukaan olennaisesti kasvillisuuden aiheuttamaan veden haihtumiseen, koska alueet on muotoiltu koveriksi. Lähinnä ainoastaan rankkasateilla sekä lumen sulamisaikaan koverien alueiden keskellä oleviin dekantointikaivoihin valuu pintavaluntana runsaammin vettä. Rikastushiekka-alueen peittorakenteiden ja kasvipeitteen tarkoitus on vähentää huleveden imeytymistä rikastushiekkatäyttöön mahdollisimman paljon. Mikäli haihtuminen vähenee aurinkovoimalan rakentamisen vuoksi, pintarakenne ei tällöin toimi kuten on suunniteltu. Tällöin on mahdollista, että vesi jää ajoittain seisomaan koverien alueiden keskelle ja veden imeytyminen rikastushiekkaan lisääntyy. Tällöin lisääntyy myös rikastushiekasta pois suotautuvan, mahdollisesti haitta-aineilla pilaantuneen pohjaveden määrä. Tulisi selvittää tarkemmin, muuttaako aurinkovoimalan rakentaminen kasvillisuuden aiheuttamaa veden haihtumista. Mikäli haihtuminen vähenee paneelien varjostavan vaikutuksen takia merkittävästi ja sen seurauksena pintarakenteet eivät toimi suunnitellulla tavalla, ei aurinkovoimalaa voi rakentaa.*

Selvitys on laadittu Ramboll Finland Oy:ssä. Työn projektipäällikkönä on toiminut FM yhd.k.tekn. Tarja Simonen ja asiantuntijoina TKT DI Johanna Jalonen ja maisema-arkkitehti Sini Korpinen. Selvitys on tehty kirjallisuuteen, valokuviin ja suunnitelma-aineistoon perustuen, eikä maastokäyntiä ole toteutettu.

2. Rikastushiekka-alue

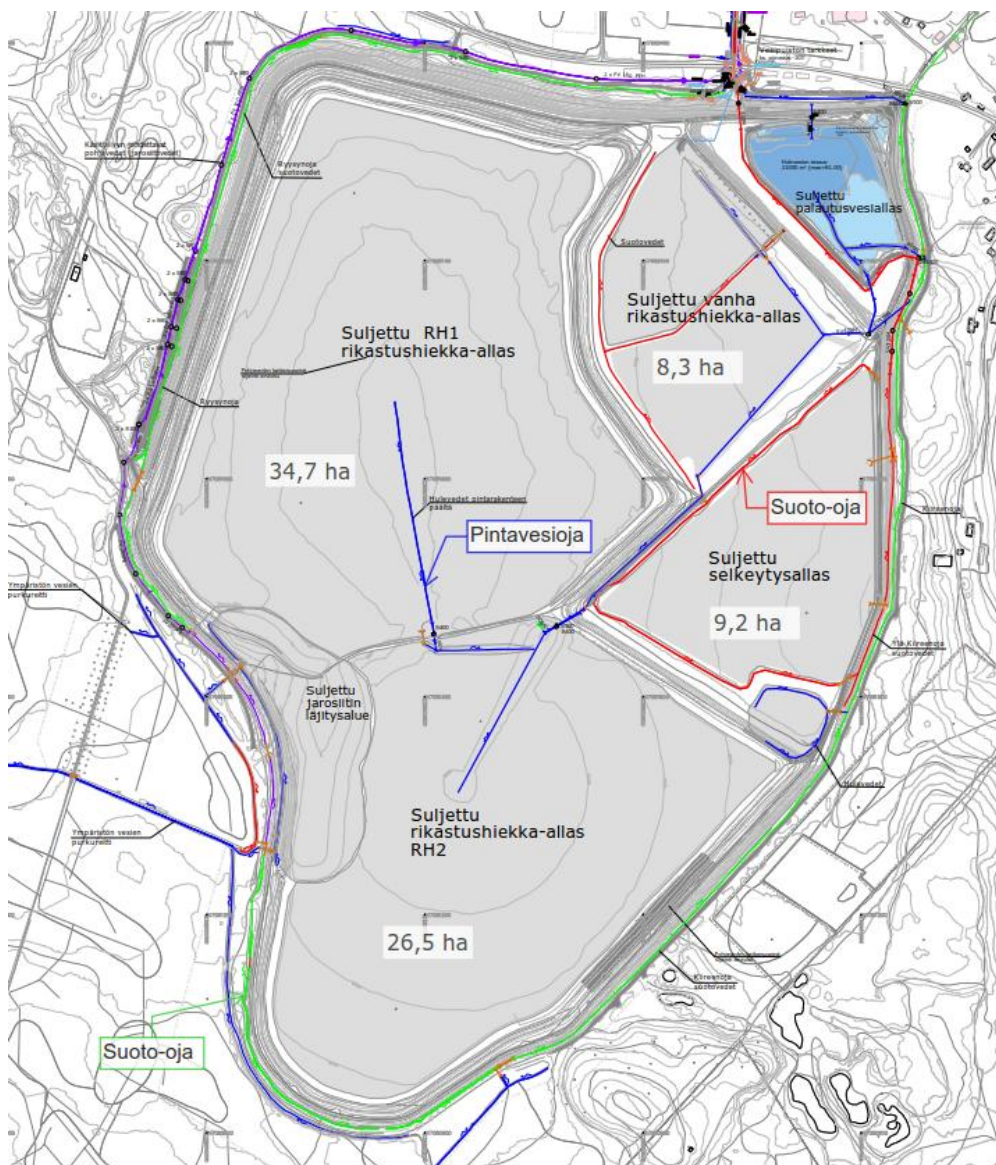
Aurinkopaneelivoimala on suunniteltu sijoitettavaksi Hituran suljetulle rikastushiekka-alueelle (Kuva 2-1).

Rikastushiekka-altaat rajoittuvat reunapatoihin ja ovat ympäröivää maanpintaa korkeammalla (5-25 m). Sulkemisen yhteydessä rikastushiekka-altaat 1 ja 2 on muotoiltu koveriksi viettämään keskelle rakennettuun pintavesiojaan. Muotoillun pinnan viettokaltevuus on vähintään 5‰. Selkeytysallas ja vanha rikastushiekka-allas ovat noin 10 m alempana kuin viereiset rikastushiekka-altaat. Nämä alueet on muotoiltu myös viettäväksi alueita reunustaviin pintavesiojiin. Hulevedet ohjautuvat pintavesiojia pitkin rikastushiekka-alueen ulkopuolelle ja kokoojaojiin päättyen lopulta Kalajokeen. Rikastushiekka-alueen pintavesiä padotetaan rummuilla rikastushiekka-alueen ojissa kovimmilla rankkasateilla, jotta ne eivät aiheuttaisi tulvimista Järvikyläntien alituksen kohdalla.

Rikastushiekka-altaat ja selkeytysallas on peitetty pintarakenteella, jonka tarkoitus on ohjata pintavaluntavedet pintavesiojiin ja vähentää hulevesien imeytymistä rikastushiekkatäyttöön. Pintarakenne koostuu tiivistyskerroksesta ($\geq 0,2$ m, $k \leq 10^{-8}$ m/s) jonka päällä on kasvukerros (0,1 m). Pintavesiojien tiivistystä on vahvistettu lisäksi bentoniittimatolla (4000 g/m²). Pintavesiojissa rakenteen tiiviys on varmistettu tiivistyskerroksen lisäksi bentoniittimatolla. Rikastushiekka-alueiden länsipuolella sijaitsee jarosiitin läjitysalue. Tällä alueella pintarakenteen pintakerros on yhteensä >0,6 m ja tiivistyskerros on rakennettu bentoniittimatosta ($k < 10^{-11}$ m/s).

Rakentamisen helpottamiseksi ja myöhempien painumien vähentämiseksi pintarakenteen alapuolista rakennuspohjaa on vahvistettu lujiterakenteella (lujiteverkko ja murske) ja massanvaihdolla (selkeytysallas).

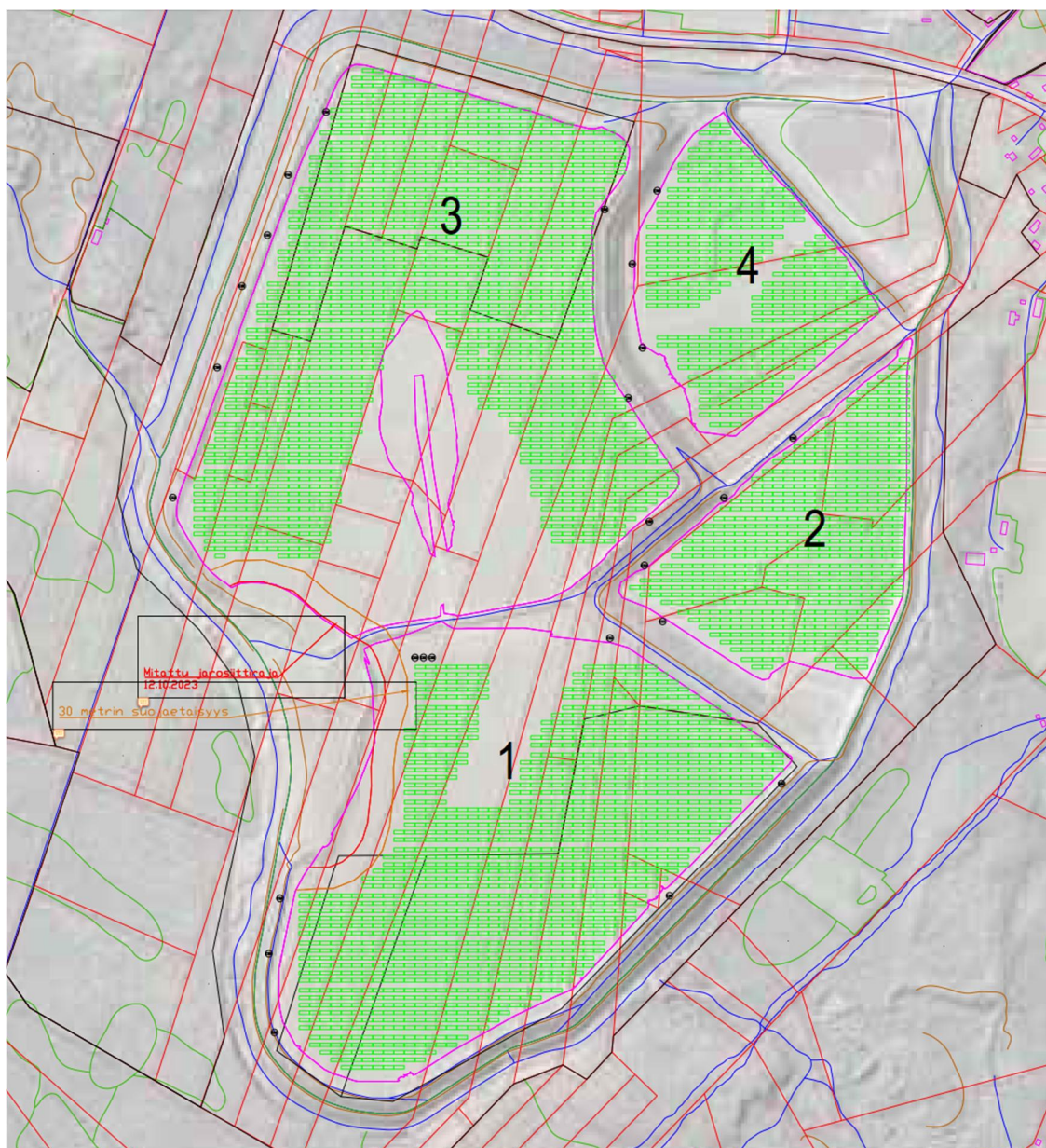
Rikastushiekka-alueiden kontaminoituneet suotovedet kerätään koko aluetta ympäröivien ja eri alueita erottavien patopenkereiden juuresta suotovesiojilla käsittelyyn.



Kuva 2-1. Suljettu rikastushiekka-alue (Kuva Ramboll, 2021). Pintavesiojat on kuvattu sinisellä viivalla ja suotovesiojat punaisella ja vihreällä viivalla.

3. Aurinkopaneelien sijoitus ja asennus

Hituran suljetulle rikastushiekka-alueelle tullaan asentamaan yhteensä noin 110 000 aurinkopaneelin muodostama voimala. Yhden paneelin kattama pinta-ala on 2,583 m² (2278 mm * 1134 mm). Aurinkopaneeleilla katetun alueen kokonaispinta-ala tulee olemaan 258 125 m², Kuva 3-1.

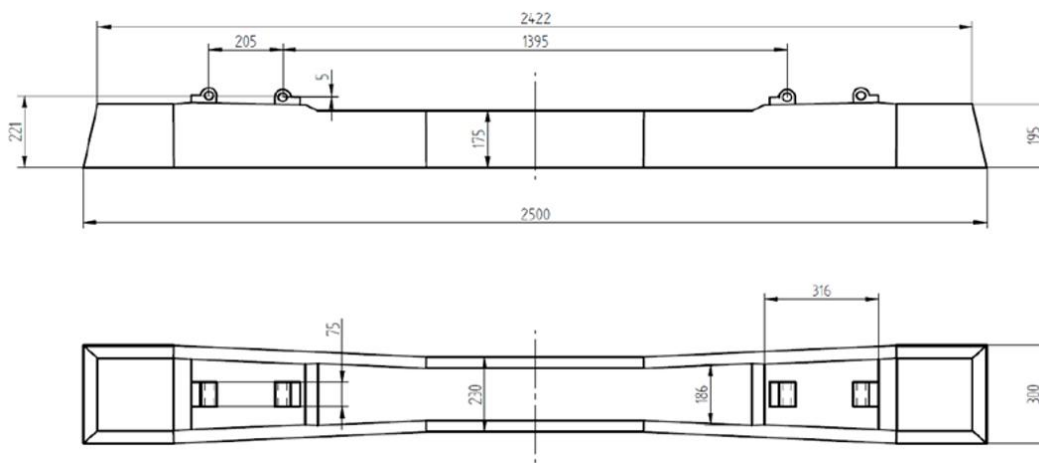


Kuva 3-1. Hituraan suunnitellun aurinkovoimalan paneelien sijoitussuunnitelma (Solarigo 8.11.2023).

Aurinkopaneelit sijoitetaan rikastushiekka-altaiden 1 ja 2 alueille, vanhan rikastushiekka-altaan alueelle ja selkeytsialtaan alueelle, mutta ei jorosiittialueelle eikä palautusvesialtaan alueelle.

Aurinkopaneelit asennetaan riveihin siten, että paneelin lyhyt sivu asettuu seuraavaan paneeliin kiinni ja ne asennetaan pystysuuntaisesti. Paneelit suunnataan etelään, atsimuutti 180 astetta.

Paneelit asennetaan 25 asteen kaltevuuteen. Aurinkopaneelirivien etureunojen välinen etäisyys on noin 9-10 m. Aurinkopaneelirivien väliin jää siten noin 4,4 m levyiset paneeleilla kattamattomat alueet. Aurinkopaneelit perustetaan betonipalkkien varaan, jotka asennetaan suoraan kasvukerroksen päälle. Perustuksen pinta-ala on alle 0,75 m², Kuva 3-2 ja Kuva 3-3. Skartan mukaan alueella liikutaan aurinkopaneelien asennuksen yhteydessä, mutta sen jälkeen alueella ei ole tarvetta liikennöidä eikä alueelle rakenneta uusia huoltoteitä. Nykyiset rikastushiekka-alueen huoltotiet sijaitsevat eri läjitysalueita erottavien patopenkereiden yhteydessä ja niiden leveydet säilyvät nykyisinä, noin 4 m levyisinä.



Kuva 3-2. Aurinkopaneelin perustusten mitoitus (Skarta Energy Oy 2023).

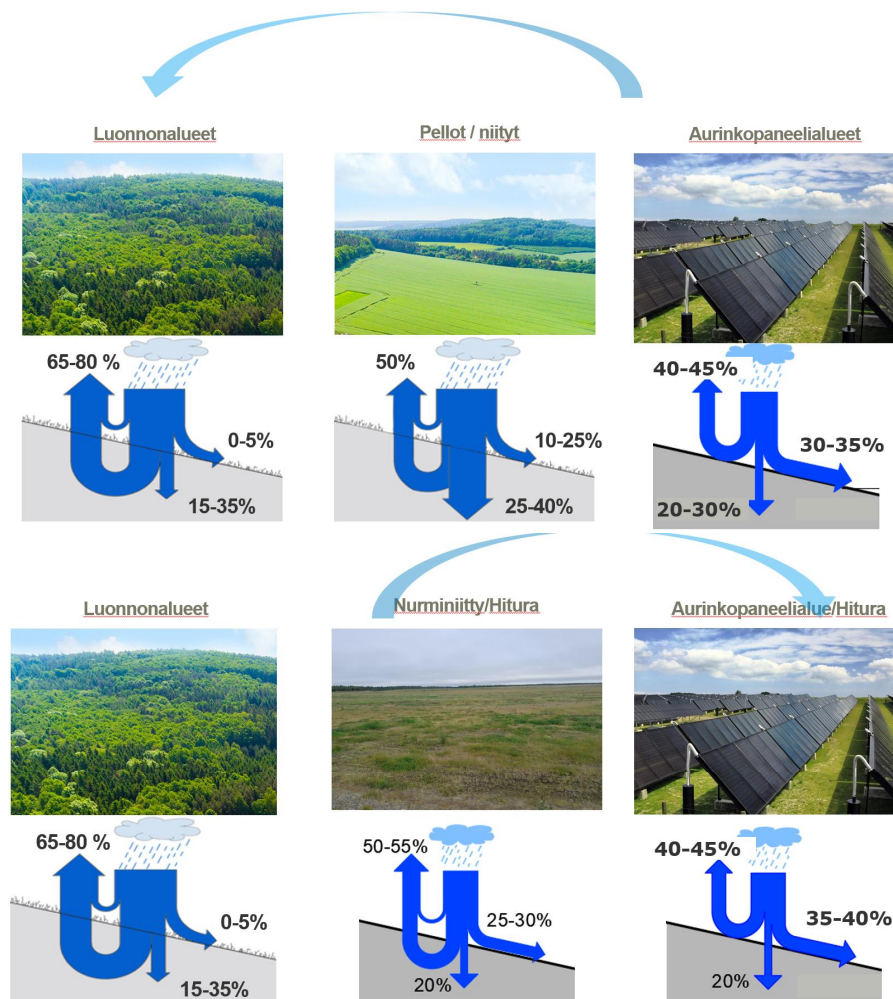


Kuva 3-3. Aurinkopaneelin perustusten mitoitus ja periaate (Skarta Energy Oy 2023). Perustukset on tarkoitus asentaa Hituran alueella suoraan kasvukerroksen päälle.

4. Sijoituspaikan hydrologia

Haihduntaolosuhteiden muutokseen alueella vaikuttavat kasvillisuuden tyyppi, paneelien vaikutus valunnan lisääntymiseen sekä niiden aiheuttama varjostus. Aurinkopaneelit varjostavat maata. Lisäksi ne muuttavat sitä, miten sadanta jakautuu maahan. Paneelien pinnoilta vesi valuu paneelien alapuoliselle alueelle, kun se normaaliolosuhteissa sataisi paneelien alapuoliseen maahan. Tämä voi lisätä valuntaa erityisesti kovilla sateilla, kun vesi ei imeydy yhtä nopeasti maahan. Aurinkopaneelien perustusten sijoitus voi vaikuttaa pintavaluntaan, jos perustukset sijoitetaan virtaussuuntaa vastaan.

Varjostuksen vaikutus on aina suurempaa, mitä kuivemmalla ja lämpimämmällä alueella alue sijaitsee. Olosuhteet haihdunnalle noin 40 m korkeilla maastonosuksilla ovat otolliset, sillä ilmavirtaukset pääsevät esteettömästi edesauttamaan haihduntaa. Lisäksi vaikuttaa se, kuinka tehokkaasti paneelien peittämä alue on kuivatettu. Valunnan lisääntyessä myös haihdunta vähenee.



Kuva 4-1 Periaatteellinen piirustus vesitaseen eroista rankkasateen aikana erityyppisillä alueilla; luonnonalueilla, niityillä/pelloilla sekä aurinkopaneelialueilla (arvioitu mm. Vakkilainen et al. 2005 perusteella). Tämä kuva kuvaa yleisesti erityyppisiä alueita, ei vielä Hituran aluetta. Vesitase ei huomioi pintarakenteen tiivistyskerrosta ($k \leq 10^{-8}$ m/s), joka läpäisee teoriassa n. 20 % sadannasta. Normaalilla sateella valunta ei merkittävästi lisääny, muutos tilanteeseen tulee erityisesti rankkasateiden aikaan. Hituran alue on kuvattu alemmassa kuvassa.

Haihdunnan arviointi tarkasti on hankalaa, minkä vuoksi se usein arvioidaan vain vesitaseen jäännöskomponenttina. Tämä toimii erityisesti parhaiten vuosihaihdunnan arvioinnissa (Vakkilainen 1986).

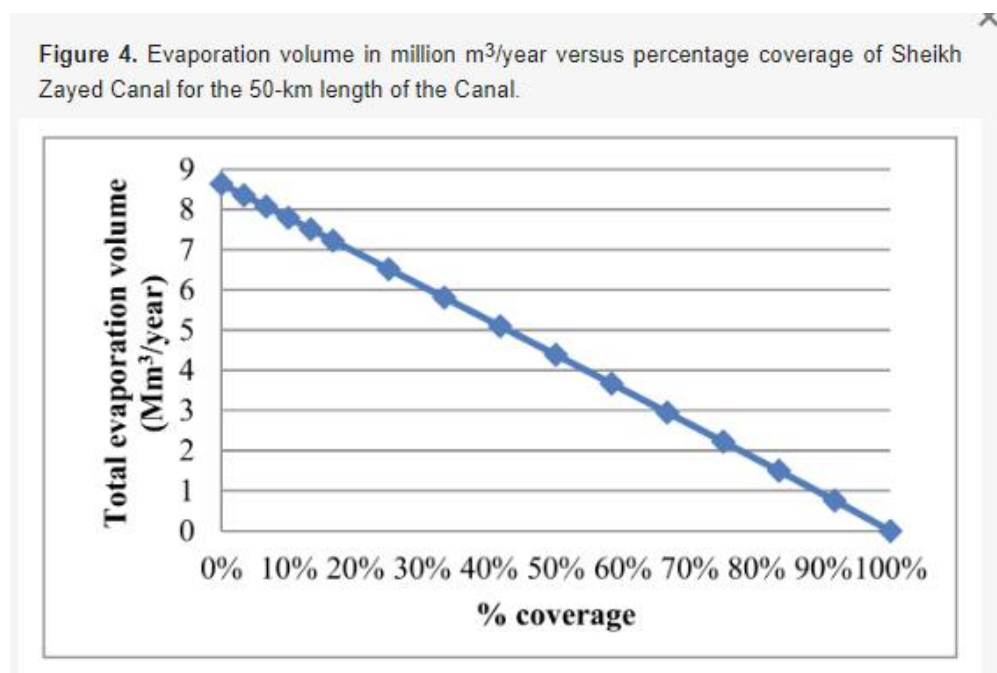
Haihdunnan luokittelussa käytetään alla mainittuja termejä:

- Evaporaatiolla tarkoitetaan haihduntaa pinnalta, joka voi olla vettä, maata tai lunta.
- Potentiaalinen evaporaatio on termi, joka tarkoittaa vapaasta vedenpinnasta (esim. järvi) tapahtuvaa haihduntaa.
- Transpiraatio viittaa kasvien läpi kulkevan veden haihtumiseen.
- Evapotranspiraatioon kuuluu maa-alueilta tapahtunut evaporaatio ja transpiraatio. Kun kasvien pinnalle jää sateen mukanaan tuomaa vettä, joka haihtuu, puhutaan interseptiohaihdunnasta

Vesitaseen avulla haihdunnan suuruutta eri tyyppisillä alueilla on arvioinut esim. Hyvärinen et al. (1995). Kalajoen valuma-alueella järvistä haihtui 451 mm/a, peltoalueilta 284 mm/a ja metsäalueilta 323 mm/a. Erityisesti, kun vettä sataa paljon, puusto lisää haihduntaa mitä enemmän puustoa on. Hituran läheisellä Ruukin alueen astiamittauksissa kokonaishaihdunta on ollut 455 mm/a.

Hituran suljetulla rikastushiekka-alueella ei nykytilanteessa eikä myöhemminkään ole puustoa ja nykyinen kasvillisuus vastaa luonnonniittyä. Niitty ei ole erityisen hyvä haihduttaja verrattuna esimerkiksi metsäalueisiin ja nykyisellään siinä on jo laikkuja.

Aurinkopaneelien varjostuksen aiheuttamaa vaikutusta haihduntaan vedenpinnasta on arvioitu julkaisussa Sherine & Sadeq (2020). Mittaukset on tehty Egyptissä, jossa haihduntaolosuhteet ovat aivan eri kuin Suomessa. Huomattavaa kuitenkin on, että haihdunta vähenee lineaarisesti pinnan peitteisyyden suhteessa (Kuva 4-2).



Kuva 4-2. Aurinkopaneelien varjostuksen vaikutus haihduntaan vedenpinnasta Egyptissä. (Sherine & Sadeq, 2020)

5. Kasvipeitteisyys

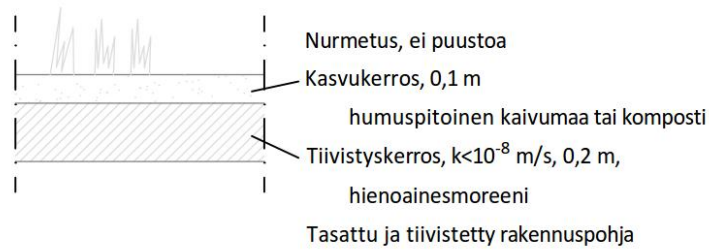
Tarkasteltavan rikastushiekka-alueen nurmipinta ei ole nykytilassaan täysin peitteinen ja kasvillisuudessa on laajojakin aukkoja. Peitteisyydessä on selkeitä alueellisia eroja. Nurmi ja muu alueen ruohovartinen kasvusto on noin 20 cm korkuista ja harvaa, johon kuivuus on vaikuttanut voimakkaasti. Nurmi on ilmeeltään luonnonnurmen kaltaista, sekalajista kasvustoa, jossa on seassa alueelle luonnollisesti levinneitä ruohovartisia kasvilajeja. Alueelle ei ole päässyt luontaisesti kasvamaan puuvartisten kasvien taimia rakenteen valmistumisen v. 2021 jälkeen.



Kuva 5-1. Valokuva Hituran käytöstä poistetun kaivosalueen suljetun rikastushiekka-alueen kasvillisuudesta nykytilanteessa (Sitema Oy 2023). Kuvassa näkyy selvästi nurmipinnan aukkoisuus.

Hituran käytöstä poistetun kaivosalueen rikastushiekka-alueiden sulkeminen on toteutettu kahdessa vaiheessa. Rikastushiekka-altaan 2 ja vanhan rikastushiekka-altaan eteläosan sulkeminen on valmistunut vuonna 2019 ja rikastushiekka-altaan 1, selkeytsaltaan ja vanhan rikastushiekka-altaan pohjoispuoli vuonna 2021.

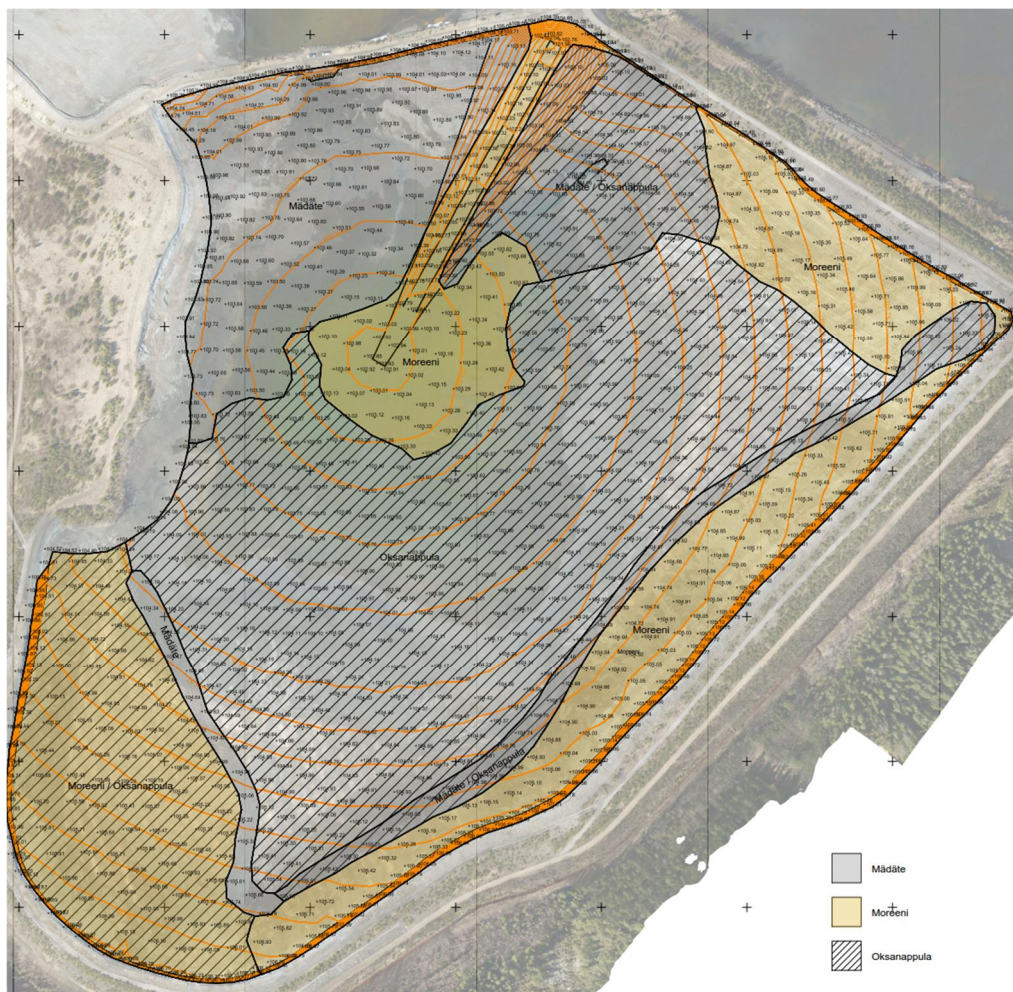
Sulkemisessa alueet peitettiin pintarakenteella (Kuva 5-2), jossa ylimmäksi kerrokseksi levitettiin 10 cm kasvialustakerros, jonka päälle tehtiin nurmisiementen kylvö.



Kuva 5-2. Hituran kaivos, sulkemisvaihe 2 ympäristöluvan mukainen pintarakenne (Ramboll 11.2.2019).

Rikastushiekka-altaan 1 alueella kasvukerroksena on käytetty kaivoksen alueelta saatua luonnossa muodostunutta ns. peltomultaa ja turvetta. Kasvualustojen raaka-aineena käytettävä turve on keskimääräistä tai pitkälle maatunutta turvetta. Kylvö on suoritettu siemenseoksella MMP-Niittyseos, 11 kg/ha (Welado, 2021).

Rikastushiekka-altaan 2 alueella kasvukerroksen seokset vaihtelevat osa-alueittain (moreeni, mädäte, moreeni ja oksanappula sekä mädäte ja oksanappula).



Kuva 5-3. Rikastushiekka-allas 2, kasvukerros (Fortum 3.12.2019) Harmaa kuvaa mädätettä, keltainen moreenia ja vinoviiva oksanappulaa.

Aurinkopaneelit ovat kokoonsa nähden suhteellisen kevyitä ja ne asennetaan nykyisen maaperän päälle. Aluetta ei ole mahdollista tasata tai tehdä muutoksia pinnanmuotoon pintarakenteen vaurioitumisriskin takia.

Skarta Energyn mukaan aurinkopaneelien asennus ei edellytä työmaateitä eikä asennustyö tai työmaaliikenne vaurioita pintarakennetta tai kasvukerrosta. Alueen nykyinen nurmi ei ole tasaisesti aluetta peittävä. Rakentamisen aikana nykyisen kasvipeitteen mahdollinen rikkoutuminen on korjattavissa uudella nurmikylvöllä ja kasvukerrosta korjaamalla.

Aurinkopaneeleista kohdistuu luontaiselta sadevedeltä suojaavaa tai estävää vaikutusta niiden alapuoliselle kasvillisuudelle. Kasvualustarakenteen mahdollinen kulumisen paneeleille kertyvän ja paneelien alareunalta koostetusti nauhamaisessa linjassa tippuvan veden myötä saattaa olla erilainen kasvialustan rakenteesta riippuen. Rikastushiekka-alueen 1 sulkemisessa kasvialustana käytetty luonnossa muodostunut ns. peltomulta ja turve ovat pienirakeista hienoaineista, jotka kuluvat helposti paneelien reunalta tippuvan vesinoron vuoksi. Rikastushiekka-alueen 2 sulkemisessa on käytetty erilaisia kasvialustarakenteita. Moreeni on sekalajitteinen maalaji, joka sisältää kiviaineksen eri raekokoja. Se on rakenteensa ja ominaisuuksiensa kannalta mahdollisen kulumisen suhteen pelkkää hienoainesta kestävämpää. Oksanappula-alueille lisätty multa käyttäytyy näiden kaltaisesti, oksanappularakenteen väleissä ja pinnalla oleva multa on hienoaineksena herkkää tippuvalle vedelle. Mädäte on puolikiinteää tai nestemäistä jäännösmateriaalia. Ehyt kasvipeite suojaa kasvialustarakennetta kulumiselta.

Valuntaan vaikuttaa kasvipeitteen tyyppi. Alueella on luonnonnurmi, joka pidättää vettä ja edesauttaa haihduntaa. Nykyinen laikuttainen kasvipeitteisyys muuttunee paneelien myötä. Aurinkopaneelit varjostavat osaa aluetta, mutta varjoisa alue siirtyy päivän mittaan auringonkierron myötä. Aamuisin ja iltaisin aurinko muodostaa paneeleista pitkän varjon. Keskipäivällä keskipäivän aikaan aurinko muodostaa pienialaisen varjon aurinkopaneelien alle. Varjostus muuttuu myös vuodenaikojen mukaan. Olosuhteet ovat kasvillisuuden kannalta monimuotoiset ja vaihtelevat. Heinäkasvillisuus hyötyy varjostuksesta ja niittykasvit valosta ja se saattaa näkyä kasvillisuuden kehittämisessä alueella. Ruohovartisen kasvillisuuden lajisto on paahdeympäristössä erilainen kuin varjoisan lajisto, joten lajisto ja ilmiasu voi kasvillisuuden osalta kehittyä alueella hieman erilaiseksi aurinkopaneelien myötä. Mm. varjostuksen aiheuttamana alueelle muodostuu paahdeympäristöä paremmin monipuolisemmalle kasvillisuudelle soveltuvaa kasvupaikkaa ja alkaa ilmaantua puuvartista pensaskasvillisuutta, erityisesti pajut ilmaantuvat ensimmäisten joukossa pioneerikasveina.

5.1 Kunnossapito ja hoito

Hituran alueen kunnossapitotoimet eivät tätä raporttia kirjoitettaessa olleet tiedossa. Yleisesti aurinkopaneelialueiden ruohovartinen kasvillisuus on niitetty kaksi kertaa kasvukauden aikana. Solarigon mukaan Hituraa vastaavissa kohteissa nurmi leikataan aurinkopaneelien väleistä traktorilla, tarvittaessa paripyörin. Aurinkopaneelien alta nurmi leikataan kevytrakenteisin robotein. Nurmen leikkausajankohdat määritellään tarvittaessa ja lähtökohtaisesti nurmi on Hituran alueella kasvanut toistaiseksi heikosti, joten leikkausmäärät jäänevät ainakin aluksi vähäisemmiksi.

Kasvien juuristo ei saa ulottua tiivistyskerrokseen ja rikkoa sulkemusrakennetta, joten alueen kunnossapito- ja hoitotoimissa tulee kiinnittää erityistä huomiota puuvartisten kasvien poistamiseen alueelta.

Aurinkopaneelien alueella ei tarvitse Solarigon mukaan liikkua talvisin isoilla ja painavilla koneilla. Aurinkopaneelien väleihin ei tarvitse talvella päästä. Jos talvella on pakko tehdä invertterihuoltoa, alueelle kuljetaan moottorikelkalla. Aurinkovoimala vikaantuu ylipäätään todella harvoin talviaikaan. Skarta Energyn mukaan on todennäköistä, että talvella ei ilmaannu tarvetta käydä alueella.

6. Loppusanat/päätelmät

Aurinkopaneelit vaikuttavat varjostamisen kautta kasvillisuuden olosuhteisiin myönteisesti, mikä voi lisätä kunnossapitotarvetta heinä- tai pajukasvien yleistymisen myötä. Paneelien päältä tapahtuva valunta voi lisätä kunnossapitotarvetta eroosion vuoksi, jos kohdalle ei ole päässyt muodostumaan peittävää nurmi- tai niittykasvustoa.

Aurinkovoimalan paneelien vaikutuksella kasvillisuuteen ja sitä kautta haihduntaan ei arvioida lisäävän suoraan suotautuvien vesien määrää tiivistyskerroksen takia. Kasvilajiston muuttumista ja juuriston vaikutusta tulee kuitenkin seurata. Haihdunnan arvioidaan vähentyvän n. 5-10%, mikä lisää valuntaa saman verran.

Ilmastonmuutos lisää ja voimistaa sään ääriolosuhteita, kuten rankkasateita, ja sitä kautta myös valuntaa. Myös haihdunnan arvioidaan lisääntyvän kuivina kausina, jotka voivat myös olla aiempaa pitempiä.

Tässä selvityksessä ei arvioitu aurinkovoimalan perustamisen tai käytön vaikutuksia pintarakenteeseen tai tiivistyskerrokseen vedenläpäisevyyteen. Aurinkovoimala tulee perustaa ja sitä tulee käyttää siten, ettei pintarakenteeseen ja erityisesti tiivistysrakenteeseen kohdistu vaurioriskiä.

Lähteet

Baradei, S.E.; Sadeq, M.A. Effect of Solar Canals on Evaporation, Water Quality, and Power Production: An Optimization Study. Water 2020, 12, 2103.

<https://doi.org/10.3390/w12082103>

Hyvärinen, V. Solantie, R., Aitamurto, S., Drebs.A. Suomen vesitase 1961-1990 valuma-alueittain, Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A

Welado 2021. Hituran sulkemisen 2. vaiheen urakka, RH 1 allas, selkeytysallas, palautusvesiallas, kiillegneissikasa, serpentiittikasa, vanha vedenkäsittelysakkojen alue, sekä murskaamonmäen alue. Laadunvalvonnan loppuraportti.

Suomen ympäristökeskus 2008. Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2008. Helsinki 2008.