

PIENEN LENTOKENTÄN KESTÄVÄT ENERGIA RATKAISUT OSANA LIIKETOIMINTAMALLIA TOTEUTETTAVUUSSELVITYS

CURSOR OY

Markku Nordström, Sami Hirvonen, Erna Virtanen, Siiri Lampela

8.5.2024

RAMBOLL

cursor

XAMK
Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

KYMEN
LAAKSON
LIITTO

 Euroopan unionin
osarahoittama

Sisältö

- Tausta ja tavoitteet
- Teknologiat
- Alueen kehitys ja tulevaisuus
- Lämmityksen tiekartta
- Uusiutuvan energian tuotanto
- Luonnon monimuotoisuuden huomioiminen ja ekologinen kädenjälki
- Kestävien energianratkaisujen skenaariot

Tausta ja tavoitteet

Lentoliikenteen tulevaisuus nojaa voimakkaasti kestävien ja vähähiilisten energiaratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon. Helsinki-East Aerodrome edustaa kenttiä, jotka ovat etulinjassa ottamassa käyttöön uudenaikaisia energiatratgioita, jotka tähtäävät päästövähennyksiin ja kestävään kehitykseen. Cursor Oy:n toteuttama selvitys esittää millaisia mahdollisuuksia aurinkosähkö, vihreä vety, suora sähköinen lentäminen, Sustainable Aviation Fuels (SAF) ja uusiutuva lämpöjärjestelmä tuovat lentokentille.

Tämä selvitys keskittyy erityisesti kaupallisesti potentiaaliin ja kestäviin energiaratkaisuihin, jotka maksimoivat uusiutuvan energian hyödyt ja tukevat tehokasta energianjakelua samalla minimoimalla ympäristövaikutukset. Suunniteltu 50 MWp:n aurinkovoimala ja tuleva yrityspuisto edustavat Helsinki-East Aerodromella vastuullista kasvua ja osoittavat sitoutumista energiamuutokseen.

Selvityksessä keskitytään arvioimaan erilaisten teknologioiden, kuten aurinkoenergian, uusiutuvan lämmöntuotannon ja vetyteknologian, soveltuvuutta ja niiden kaupallisessa mielessä tuottamaa arvoa. Tarkoituksena on selvittää, miten nämä innovatiiviset ja käytännölliset energiaratkaisut voidaan toteuttaa Helsinki-East Aerodromen kontekstissa sekä miten ne voivat taloudellisesti edistää lentokentän kestäväää kasvua.

Tunnistaen sähköisen ilmailun, vihreän vedyn ja synteettisten polttoaineiden potentiaalin, Helsinki-East Aerodrome on asettamassa uusia standardeja pienille lentokentille ja luomassa mallia koko ilmailuteollisuudelle kestävästä muutoksesta. Selvitys tarjoaa konkreettisia ja tulevaisuuteen katsovia ratkaisuja, luoden pohjaa keskusteluille ja suunnittelulle, jotka korostavat kestävä kehityksen merkitystä ja sen hyötyjä lentokentän toiminnassa.

Teknologiat

Ilma-alusten kestävät käyttövoimat

Ilmailun hiilijalanjälki

- Ilmailuala muodostaa noin 2 % maailman CO₂-päästöistä.
- Ilmailun odotettu kasvu voi moninkertaistaa päästöt, ellei toimenpiteisiin ryhdytä.
- Vähäpäästöiset ilmailumuodot, kuten sähköinen lentäminen, mahdollistavat lentotarjonnan kasvattamisen olemassa olevilla ja uusilla reiteillä ilman päästöjen kasvua.

Vaatimukset päästövähennyksiin

- Sitoutuminen päästöjen vähennykseen (Pariisin ilmastosopimus, CORSIA, Päästökauppa, Valtioneuvoston periaatepäätos lentoliikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä 2021, ReFuelEU).
- Ilmailun päästövähennykset vaativat globaaleja toimintamalleja ja laajamittaisia vaatimuksia. Säätelyn osuus päästövähennyksissä tulee kasvamaan.

Vaihtoehtoiset kestävät polttoaineet ja käyttövoimat

- Päästöjä vähennetään vaihtoehtoisilla polttoaineilla, ilma-alusteknologialla ja tehokkaalla lentotoiminnalla.
- Uusiutuvat energialähteet ovat avainasemassa kestävässä ilmailussa.
- Pienten toimijoiden innovaatiot johtavat kestävä ilmailun kehitystä.

Kestävä muutos vaatii yhteistyötä, investointeja ja tulevaisuuteen suuntautuvaa politiikkaa.

Ilma-alusten käyttövoimat fossiilisten polttoaineiden ohella:

- Akut: lyhyen matkan sähkölentokoneille, haasteina energiatiheys ja latausaika.
- Vihreä vety: Suuri energiatiheys nopealla tankkauksella, tuottaa ainoastaan vesihöyryä, mutta vaatii uuden jakeluinfrastruktuurin.
- Uusiutuva ilmailupolttoaine (SAF): Bioperäinen polttoaine, yhteensopiva nykyisten moottoreiden kanssa, vähentää päästöjä, mutta tuotantokustannukset ja raaka-aineiden hankinta ovat haasteita.
- Synteettinen uusiutuva ilmailupolttoaine (eSAF): Valmistetaan vedystä ja talteen otetusta hiilidioksidista, lähes nollapäästöinen. Tuotanto on kallista ja teknologia vaatii edelleen kehitystä ja skaalausta.

Käyttövoiman valinta

- Kaikki vaihtoehtoiset käyttövoimat ovat osa tulevaisuuden lentoliikennettä ja niille löytyy omat sovelluskohteensa.
- Kullakin käyttövoimalla on ainutlaatuiset edut ja haasteet tietyille käyttötarkoituksille.
- Käyttövoimien saatavuus tulee muuttumaan teknologioiden kehittyessä. 2030-luvulla teknologiat eivät ole samalla kypsyytasolla.

Uusiutuvan energian teknologiat ilmailussa – Suora sähkö

Yleistä

- Suoralla sähköistyksellä tarkoitetaan akkusähköön ja sähkömoottoriin perustuvia ilma-aluksia. Toinen vaihtoehto on polttokennoilla ja sähkömoottorilla toimivat ilma-alukset, joita käsitellään myöhemmin.
- Akkusähkön keskeinen etu on korkea kokonaishyötysuhde, joka lentokoneissa on 55-70 %.
- Muut edut:
 - matalat käyttökustannukset, sähkömoottori on hiljainen, ei suoria päästöjä tai ilmastovaikutuksia ja edullisemmat huoltokustannukset yksinkertaisuuden vuoksi.
- Haasteet:
 - Akkujen energiantiheys verrattuna nestemäisiin polttoaineisiin, matalalla lennosta syntyvä melu ja potkuri äänet säilyvät, akkujen raaka-aineiden saatavuus, latausaika ja infrastruktuuri-investointi.
- Sovelluksia rajoittaa akkujen heikko energiantiheys. Se kuvaa sitä, kuinka paljon akku tai polttoaine sisältää energiaa sen painoon nähden. Akkuteknologia rajoittaa ilma-alusten kantamaa ja kapasiteettia.
 - Litiumioniakut energiantiheys vuonna 2022: 100–265 Wh/kg
 - Litiumioniakkujen on arvioitu saavuttavan maksimi vuonna 2025: 400-450 Wh/kg.
 - Vastaavasti fossiilisen kerosiinin energiantiheys on 11 000–12 000 Wh/kg
 - Akkuteknologia kehitty kuitenkin jatkuvasti ja 2030-2040 -lukuilla markkinoille odotetaan saapuvan korkeampia teknologioita korkeammalla energiantheydellä.

Soveltuvuus

- Sähköisiä lentokoneita voidaan hyödyntää reitti- tai taksilentoliikenteessä sekä pienien volyymien tavarakuljetuksissa.
- Sähköinen ilmailu nousee todennäköisesti ensimmäisenä miehittämättömän ilmailun kautta:
 - Droonien ja muiden miehittämättömien ilma-alusten (UAV) käyttö on lisääntynyt merkittävästi tullen yhdeksi nopeimmin kasvavista ilmailualan segmenteistä.
 - Pienet miehittämättömät ilma-alukset ovat löytäneet käyttökohteita eri toimialoilta, erityisesti tunnistus-, valvonta- ja kartoitustehtävissä.
 - Isompia miehittämättömiä aluksia voidaan tulevaisuudessa käyttää tehostamaan logistiikkaa ja tarjoamaan uudenlaisia palveluita, kuten first & last mile -kuljetuksissa.
 - UAV-valikoima vaihtelee kiinteäsiipisistä lentolaitteista VTOL-tekniikkaan, joka mahdollistaa pystysuoran nousun ja laskun, luoden joustavuutta ja uusia käyttötapoja ilmailussa.
- Vuonna 2030 sähköisen henkilölentämisen (akut, polttokenno ja hybridijärjestelmät) on arvioitu rajoittuvan:
 - Yleis-, koulutus- ja harrasteilmailun ilma-aluksiin, alle 5 paikkaa
 - Urbaaneihin lentotakseihin, alle 5 paikkaa
 - Alueellisiin lentokoneisiin ja liikelentokoneisiin, alle 20 paikkaa.
- Akkusähkön on arvioitu soveltuvan parhaiten alle 500 km matkoille vuoteen 2040 mennessä.

Uusiutuvan energian teknologiat ilmailussa – Suora sähkö

Teknologinen kypsyys

- Sähköisten lentokoneiden teknologian kehityksen aikaikkuna ei ole selvä. Pilottihankkeita toteutettu onnistuneesti, mutta ei ole varmuutta milloin sähkölentokoneita olisi kaupallisesti saatavilla. Todennäköisesti ensimmäiset pienet sähkölentokoneet ovat kaupallisesti saatavilla jo 2020-luvun loppupuolella.
- Sähköiselle lentämisen käyttöönoton haasteina ovat regulaation puute, hidas tyyppihyväksyntä, teknologian alhainen kaupallinen kypsyys ja standardoinnin puute. Pienet ilma-alukset voivat selvittää näistä haasteista nopeammin kuin suuret lentokoneet.
- Autoteollisuus on keskeinen akku- ja latausteknologian kehityksen ajuri. Sähköinen lentäminen hyötyy sähköautoista kertyneestä tietämyksestä ja kokemuksesta.
- Vuoteen 2030 mennessä on mahdollista kehittää 50 paikan sähkölentokoneita, mutta sertifiointi ja kehittämisrajoitukset saattavat rajoittaa niiden käyttöönottoa. Suomessa on odotettavissa pienimuotoista 9–19-paikkaisten sähkölentokoneiden operointia.
- Vuonna 2040 akkuteknologian kehittyminen voi mahdollistaa ja sähköistää jo noin 50–100 paikkaisia lentokoneita, mutta tällöin kantama rajoittuu noin 500 kilometriin.
- Litiumioniakut ovat vakiintunutta teknologiaa ja siitä on monenlaisia variaatioita. Ne voivat sisältää erilaisia metalleja sekä katodissa että anodissa. Tulevaa akkuteknologiaa ovat kiinteäelektrolyytiset akut. Kiinteäelektrolyyttisen akun elektrolyytti on kiinteää ainesta, joka kestää huomattavasti suurempia lämpötiloja, mikä mahdollistaa suuremman energiatiheyden ja pienentää paloriskiä. Akku voi arvioiden mukaan saavuttaa jopa 650 Wh/kg energiatiheyden. Vuoden 2024 aikana varsinkin litiummetalliakkujen suhteen on tehty läpimurtoja liittyen kapasiteettiin ja käyttöikään.
- Myös muita akkuteknologioita on kehityksessä, mutta ne ovat vielä varhaisessa vaiheessa. Näitä ovat esimerkiksi ilma-akku, joka voi hyödyntää happea, sekä alumiini-ioni-akku, jonka uskotaan saavuttavan 3–4 kertaa litiumioniakkuja suuremman energiatiheyden. Laboratorio-oloissa on myös tutkittu kvanttiakkuja, mutta ne ovat kaukana kaupallisesta käytöstä. Kvanttiakun yksi eduista olisi latausnopeus. Autoteollisuus on keskeinen ajuri akkuteknologian kehityksessä.

Teknitaloudelliset esteet

- Sähköisen lentoliikenteen rajoitettu matkustajakapasiteetti on kaksiteräinen miekka: se asettaa paineita täyttöasteille liiketaloudellisesti, mutta mahdollistaa myös joustavamman lentovuorotarjonnan ja voi parantaa näin lentopalvelujen tasoa ja lisätä kysyntää.
- Sähkön hinnan volatilitaetti
- Teknologian kypsyys ja suorituskyky
- Latausinfrastruktuuri ja energian varastointi: alkuinvestointi infrastruktuuriin voi olla merkittävä pienille lentokentille

Uusiutuvan energian teknologiat ilmailussa – Suora sähkö

Infrastrukturi ja sähköverkkoliitäntä:

- Sähköinen lentäminen edellyttää sähkölatausinfrastruktuuria
- Lataus vaatii megawattilatausjärjestelmän (MCS), joita on saapumassa markkinoille vuoden 2024 aikana esimerkiksi raskaan liikenteen lataukseen. Latausteho voi vaihdella 0,5 – 4 MW välillä riippuen lentokentän koosta, tarpeesta ja latauslaitteen koosta.
- Vuonna 2021 megawattilaturin kustannukseksi on arvioitu noin 0,5 milj. € + mahdolliset sähkötyöt. Muutaman lastauspaikan rakentamiskustannuksiksi on arvioitu noin 1,5 – 2,2 milj. € 2030-luvulla.
- Kilowatti-tehoinen lataus voi sopia hitaaseen yön yli tapahtuvaan lataukseen, jolloin latauskustannukset ovat edullisempia.
- Useampi samaan aikaan latausta vaativa sähköinen ilma-alus edellyttää lentoasemilla master planin tekemistä, jossa suunnitellaan oma latauspuisto ilma-aluksille.
- Sähkölentokoneiden latausinfra ei voida käyttää sähköisen maahuolintakaluston lataukseen.

Käytännöllisyys ja panostukset sidosryhmiltä:

- Nopeat kääntöajat, vaadittava latausinfra ja lentoaseman sähköliittymä voivat rajoittaa sähköisen ilmailun sopivuutta suurille lentokoneille ja siten suurille lentoasemille.
- Sähköiset lyhyiden matkojen pienet lentokoneet, sähköiset dronet ja miehittämättömät ilma-alukset voivat kehittyä ja toimia itsenäisesti millä tahansa kentällä.
- Lentoasemien väliset lennot vaativat yhteistyötä lentoasemaoperaattorien ja lentoyhtiöiden välillä jotta latausinfra saadaan rakennettua yhdenmukaisesti.
- Sähköisen lentämisen ympärille voidaan muodostaa kestäviä matkailukonsepteja.



Uusiutuvan energian teknologiat ilmailussa - Vety

- Vihreä vety tarkoittaa vetyä, joka on valmistettu elektrolyysierissä hajottamalla vesimolekyyli hapeksi ja vedyksi. Elektrolyysierissä ei synny päästöjä ja se on kestävä vedyn tuotantotapa. Nykyään valtaosa vedystä valmistetaan maakaasusta. Vihreä vety vastaa alle prosenttia maailman vedyn tuotannosta, mutta sen odotetaan kasvavan tulevaisuudessa merkittävästi.
- Vetyä voidaan käyttää ilma-alusten käyttövoimana kolmella tavalla:
 - Polttamalla sitä vedylle sopiviksi muokatuissa suihkumoottoreissa. (Suihkulentokoneet)
 - Syöttämällä se polttokennoon, joka tuottaa sähköä sähkömoottorille pyörittäen lentokoneen potkuria. (Potkurilentokoneet)
 - Hybridimalli, jossa on sekä sähköakku että vetysäiliö ja polttokenno. (Potkurilentokoneet)
- Kahdesta ensimmäisestä tavasta on esitetty onnistuneita pilotteja lentokoneissa, mutta kumpikaan niistä vielä ei ole kaupallisesti saatavilla. Ensimmäisiä kaupallisten pienten vetylentokoneiden saapuminen markkinoille ajoittuu vuosille 2030–2035.
- Vedyn hyöty on, että sen ominaisenergia (33 kWh/kg) on kolme kertaa suurempi kuin lentokerosiinilla (12 kWh/kg). Vedyllä on kuitenkin huonompi energiatiheys, joka on paineistettuna 1,3 kWh/l (690 bar) ja nesteytettynä 2,4 kWh/l. Lentokerosiinin energiatiheys on 9,6 kWh/l. Vedyn varastoiti vaatii siis enemmän tilaa nyt käytössä oleviin lentopetroleihin verrattuna saman matkan lentämiseksi.
- Vetyä voidaan jatkojalostaa synteettiseksi polttoaineiksi kuten synteettiseksi lentokerosiiniksi (eSAF) yhdistämällä vetyä ja hiilidioksidia.
- Yhden vetykilon tuottaminen elektrolyysierillä tarvitaan noin 45-55 kWh sähköä ja 9 litraa ultrapuhdasta vettä. Yhden ultrapuhdasta vesi-kuutiometrin tuottamiseksi tarvitaan 1,4 m³ pohjavettä, 1,5 m³ jäte- tai pintavettä tai 3,3 m³ merivettä. Prosessista syntyy sivutuotteena noin 8 kg puhdasta happea.
- Vedyn kokonaishyötysuhteet primäärienergiasta (sähköstä) työntövoimaksi vaihtelee polttokennossa 20-29% välillä ja polttomoottorissa 15-23% välillä.
- Elektrolyysieriin syötetystä sähköstä noin 30 % muuttuu hukkalämmöksi noin 45-75 C lämpötilassa. Tämä voidaan siirtää lämpöpumpun avulla tavalliseen kaukolämpöverkkoon. Lämpötilataso sopii hyvin matalalämpöiseen kaukolämpöverkkoon, jolloin lämpöpumppua ei tarvita. Lentokoneissa vety on todennäköisesti nesteytetyssä muodossa, mutta nesteytys vaatii paljon energiaa, noin 1/3 vedyn energiasisällöstä eli 10-13 kWh/kg.

- Sovellukset
 - Vedyn ensimmäiseksi käyttökohteeksi ilmailussa soveltuu todennäköisesti lyhyet ja keskipitkät lentoreitit. Vedyn käyttö suurissa matkustajalentokoneissa vaatisi merkittäviä muutoksia lentokoneisiin, jotta niihin saadaan mahtumaan riittävästi polttoainetta. Pitkien matkojen lentäminen vedyllä on kuitenkin pitkän aikavälin tavoite.
 - Vetyä on käytetty historiallisesti ilmalaivojen täyttökaasuna. Nykyään ilmalaivojen käyttö on hyvin vähäistä ja niiden täyttökaasu on helium. Suomessa on kuitenkin vetyä käyttävä pienilmalaivayritys nimeltään Kelluu Oy.
 - Vetyä voidaan käyttää tulevaisuudessa myös työkonien ja ajoneuvojen käyttövoimana.
- Teknologinen kypsyy
 - Vedyn käytöllä teollisuudessa on pitkä perinteet ja elektrolyysieriteknikat ovat kaupallisesti saatavilla olevia. Vihreän vedyn uudet käyttökohteet, kuten lentoliikenne, ovat kuitenkin vielä tutkimus- ja pilotointivaiheessa.
 - Vetykäyttöiset lentokoneet eivät ole vielä kaupallisia. Ensimmäiset pienet kaupalliset mallit saapuvat markkinoille 2030-luvulla, ja raskaammat hybridiratkaisut 2030-luvun lopulla.
 - Vety varastoidaan tyypillisesti maan päällä oleviin säiliöihin, joko paineistettuna tai nesteytettynä. Pilotointivaiheessa on myös kiinteisiin aineisiin perustuvat varastot, jotka ovat turvallisempia, mutta kalliimpia.
- Teknista loukoudelliset esteet
 - Tuotanto vaatii paljon edullista ja uusiutuvaa sähköntuotantoa, joka Suomessa olisi tuuli- ja aurinkovoima.
 - Investointina tuotantolaitokset ovat kalliita. Tulevaisuudessa hintojen ennustetaan laskevan.
 - Vihreän vedyn hinnan epävarmuus. Maakaasusta valmistettu vety maksaa noin 1,5 – 2 €/kg. Vihreä vety maksaa nykyään noin 3-8 €/kg ja hinnan odotetaan laskevan.
 - Lentokoneen käytössä vetypolttoaineen tuleva hinta on lähes sama kuin nykyisen lentopetrolin
 - Vetylentokoneiden kehitys on vielä kesken ja niiden hinnassa on epävarmuuksia.

Uusiutuvan energian teknologiat ilmailussa - Vety

- Turvallisuus
 - Vety on erittäin helposti syttyvä ja räjähdysvaarallinen
 - Vety on väritön, hajuton, ilmaa kevyempi kaasu, joka hajaantuu nopeasti ja pyrkii nousemaan ylöspäin
 - Vaaraetäisyydet arvioidaan aina tapauskohtaisesti. Tuotantolaitosta sijoitettaessa TUKES vaatii, että sijoituksen yhteydessä osoitetaan vaaraetäisyyksien riittävyys seurausanalyysillä. Suuret varastointimäärät ja erityisesti vedyn kohdalla korkeat paineet kasvattavat varoetäisyyksiä.
 - Sijoittelussa täytyy huomioida mahdollisen onnettomuuden vaikutukset kohteen läheisyydessä olevalle muulle toiminnalle. Ulkopuolisista toimijoista on huomioitava erityisesti ns. herkäät kohteet, kuten hoitolaitokset, koulut, päiväkodit, liikekeskukset jne. Sijoittelussa ja suojaetäisyyksissä ei tarvitse huomioida epätodennäköisiä onnettomuuksia.
 - Jakeluasemien kohdalla huomioitava sijoitus suhteessa jakeluaseman asiakasrakennuksiin (huoltoasemamyymälä tai -kahvila, pesupaikka, autohuoltamo jne.)
 - Alustavien tutkimusten mukaan vetyletkun kiinnitys- ja irrotustilanteissa varoetäisyyden tulisi olla 20 metriä. Varoetäisyyttä voitaisiin mahdollisesti pienentää 8–10 metriin, kun vetyletkun kytkentä on varmistettu. (1)
 - Vedyn tankkaukseen lentokoneille ei ole erikseen voimassa olevaa standardia. Kehitteillä on standardi SAE AIR 8466. Muutoin veden turvalliseen käyttöön on vakiintuneet ja standardoidut käytännöt.
 - Vety ei ole myrkyllistä, joten vuototilanteissa siitä ei ole vaaraa pohjavedelle tai ympäristölle toisin kuin lentopolttoaineissa. Tuotantolaitoksia ei tyypillisesti voida sijoittaa pohjavesialueille.
- Infra
 - Vedyn käyttöönotto ilma-aluksissa ja lentokentillä vaatii täysin uudet lentokoneet, vedyn toimitusketjun ja vakiinnutetun tankkausinfrastruktuurin.
 - Vedyn suora käyttöönotto vaatisi todennäköisesti suurimman ponnistuksen ilmailualalta.
 - Käytännöllisyys ja panostukset sidosryhmiltä
 - Tuotantoprosessi vaatii vain sähköä ja vettä, ja prosessista syntyy vähän jätevettä.
 - Vety voidaan hankkia ulkopuolelta kumipyörillä tai mahdollisesti vetyputken kautta tai tuottaa paikallisesti. Ei ole selvää, mikä vedyn hankintapa on paras pienille lentokentille.
 - Paikallisesti tuotettu vety ei vaadi ulkopuolista kuljetusta, jolloin kaikki toiminta voi tapahtua kentällä.
 - Ylimääräinen vety voidaan myydä ulkopuolisille sidosryhmille tulevaisuudessa, kuten raskaille kumipyöräliikenteelle.
 - Vedyn varastointi on ongelmallisempaa suurissa määrissä kuin nestemäiset polttoaineet. Haasteena suurien varastojen tarve heikon energiatihedyn vuoksi, paineistuksen ja nesteytyksen energiankulutus sekä nesteen säilytyksen aikainen kaasuuntuminen (boil-off, BoH).
 - Tällä hetkellä sivutuotteena syntyvälle hapelle ei ole löytynyt käyttökohdetta. Markkinat hapelle ovat pienet ja vetytalouden kehittyessä tarjonta tulee kasvamaan. Happea käytetään mm. hitsauksessa, leikkauksessa, selluteollisuudessa, sairaaloissa ja terästeollisuudessa.

Vedyn hankintavaihtoehtojen edut ja haasteet

1. Nestemäisen vedyn rekkakuljetus ulkopuolelta ja varastointi lentoasemalla

- + Investointikustannukset ovat pienet
- + Mahdollistaa vedyn hankinnan kilpailutuksen
- Vedyn saatavuus ja tuotantopaikka ei ole selvillä
- Ei kehitä lentoaseman kilpailukykyä muihin vaihtoehtoihin verrattuna
- Vedyn kuljetuksen kustannukset

2. Paikallinen tuotanto lentoasemalla

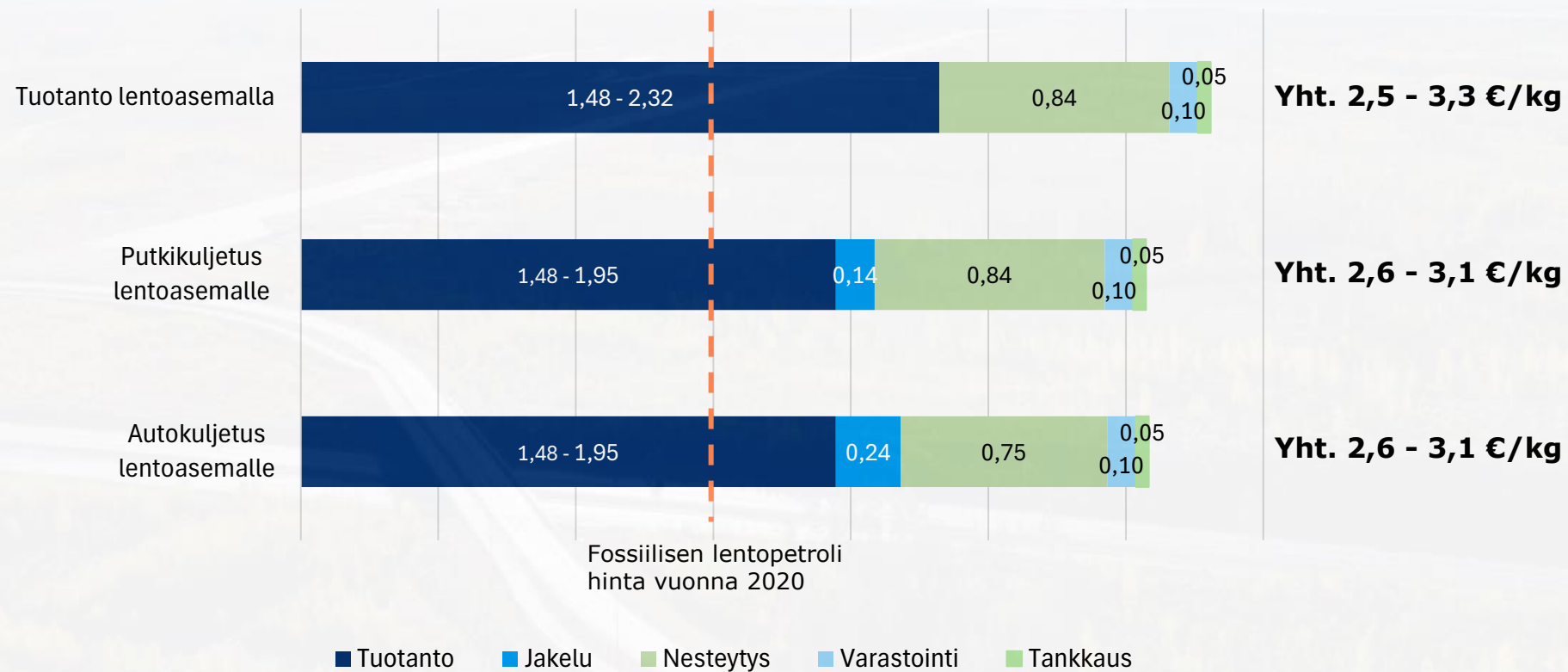
- | | |
|--|--|
| + Voidaan hyödyntää paikallista aurinkosähköä ja verkkosähköä | – Sähkön saatavuus ja liittymäkapasiteetti voi rajoittaa tuotantoa |
| + Lentoaseman brändi | – Suuri investointikustannus |
| + Synergiaedut; vedyn myynti tieliikenteelle, hukkalämmön ja hapen hyötykäyttö | – Hukkalämmöstä saatava kassavirta voi jäädä liian pieneksi |
| + Vedyntuotanto tarpeen mukaan | – Vaatii sitoutumisen vetylentämiseen |
| + Ei riippuvuutta vedyntoimittajista | – Riski yhteen teknologiaan lukittautumisesta |
| | – Tilantarve |
| | – Epävarma kannattavuus |

3. Kaasumaisen vedyn kuljetus putkistossa ja nesteytys lentoasemalla

- + Nordic Baltic Hydrogen Corridor vetyputki on suunniteltu kulkevan Uudenmaan itäosassa. Tarkka reitti ja aikataulu ei ole tiedossa.
- + Mahdollistaa suurien volyymien kuljettamisen edullisesti
- Vaatii vetyputken ja nesteytyslaitteiston rakentamisen lentoasemalle
- Vetyputken toteutuminen ja aikataulu on avoin

Vedyn kustannusarviot

Vedyn kolmen eri jakelupolun €/kg nesteytettyä vetyä vuonna 2040



Suomennettu lähteestä: Lähde Clean Sky 2020 ISBN 978-92-9246-341-0
doi:10.2843/766989
Vaihtokurssi 1 USD = 0,94 €

Uusiutuvan energian teknologiat ilmailussa – Uusiutuva lentopolttoaine (Sustainable aviation fuel, SAF)

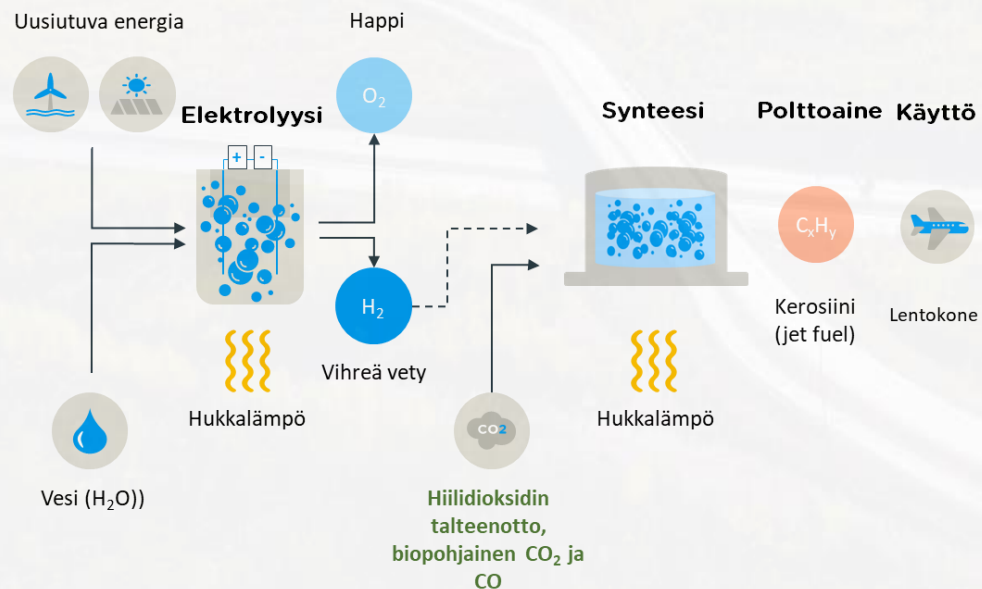
- ReFuelEU Aviation initiative – ehdotuksen mukaan EU:n lentokentille asetetaan vaatimukset kestävien lentopolttoaineiden jakelusta, mukaan lukien nestemäiset biopolttoaineet ja synteettiset vähäpäästöiset polttoaineet. Polttoaineseoksessa pitäisi olla 6 % kestäviä polttoaineita vuoteen 2030 mennessä, joista 1,2 % on synteettistä. Vuoteen 2050 mennessä vaadittava osuus kasvaa 70 %:iin, ja tästä 35 % on oltava synteettistä alkuperää.
- Teknologinen kypsyyss
 - Nykyisin saatavilla oleva uusiutuva lentopolttoaine (SAF), joka on valmistettu esimerkiksi jätteistä. Esimerkiksi Neste MY uusiutuva Lentopolttoaine on SAF-tuote, joka on valmistettu uusiutuvista jätteistä ja tähteistä, kuten käytetystä paistorasvasta ja eläinrasvajätteestä.
- Selkeät teknistaloudelliset esteet
 - SAF:in valmistus jätteistä sopii suuren mittakaavan jalostamoihin, eikä sitä nähdä potentiaalisena vaihtoehtona paikallisesti tuotetuksi pienissä erissä. Tämän vuoksi SAF tuodaan säiliöautolla lentoasemalla aivan kuten tavallinen lentopolttoaine.
 - Saatavilla oleva SAF on tällä hetkellä 2-5 kertaa kalliimpaa kuin tavallinen lentopolttoaine. Tuotantoa rajoittaa raaka-aineen rajallinen saatavuus ja korkean hinnan aiheuttama rajallinen kysyntä.
- Infra
 - SAF:in käyttö ei vaadi muutoksia lentokonekalustoon tai lentokenttien infrastruktuuriin ja sitä voidaan käyttää nykyisissä potkuriturbiini- ja suihkumootoreissa. SAF:in käyttö ei juurikaan poikkea fossiilisen lentopolttoaineen käytöstä. Tällä hetkellä SAF sekoitetaan fossiilisen lentopolttoaineen kanssa ennen käyttöä, mutta tulevaisuudessa sitä voidaan käyttää suoraan lentokoneiden polttoaineena.
- Käytännöllisyys ja panostukset sidosryhmiltä
 - Perinteisen SAF:in käyttöönotto on vaihtoehtoisista käyttövoimista helpoin ja se on mahdollista jo nyt.
 - Vaatii lentoasematoimijalta hyvin pienen panostuksen, eikä toiminta ole riippuvaista sidosryhmistä.
 - SAF valmistus tulee suurella todennäköisyydellä keskittymään vain yleisesti käytettyyn lentokerosiiniin (JET A-1), jota käytetään suihkukoneissa, helikopterien turbiinimootoreissa, potkuriturbiinikoneissa ja puristusyttytteisissä mäntämootoreissa.
 - Toinen lentokonepolttoainelaatu on lentobensiini (AVGAS), jota käytetään yleensä pienemmissä mäntämootorillisissa potkurilentokoneissa. Pienien lentokoneiden tulevaisuuden vaihtoehtoinen käyttövoima on todennäköisesti akkusähkö.

Uusiutuvan energian teknologiat ilmailussa – eSAF (Power to Jet Fuel, Power to Liquids, Renewable fuels of non-biological origin, RFNBOs)

- eSAF tarkoittaa hiilidioksidista ja vihreästä vedystä valmistettua uusiutuvaa lentopolttoainetta, kuten kerosiinia.
- eSAF voi tuottaa monella tapaa ja moni tavoista on vielä tutkimusvaiheessa, joten ei voida suoraan sanoa, mikä tuotantotapa on tulevaisuudessa sopivin.

Yksinkertaistettuna prosessi voi olla seuraava:

- Uusiutuvalla sähköllä tuotetaan vetyä hajottamalla vettä elektrolyysierissä
- Hiilidioksidi muutetaan hiilimonoksidiksi joka yhdistetään vedyn kanssa synteetikaasuksi
- Synteetikaasu syötetään Fischer-Trops -synteesiin ja jatkojalostukseen, jonka lopputuotteena on lentokerosiinia sekä sivutuotteina muita hiilivetyjä.

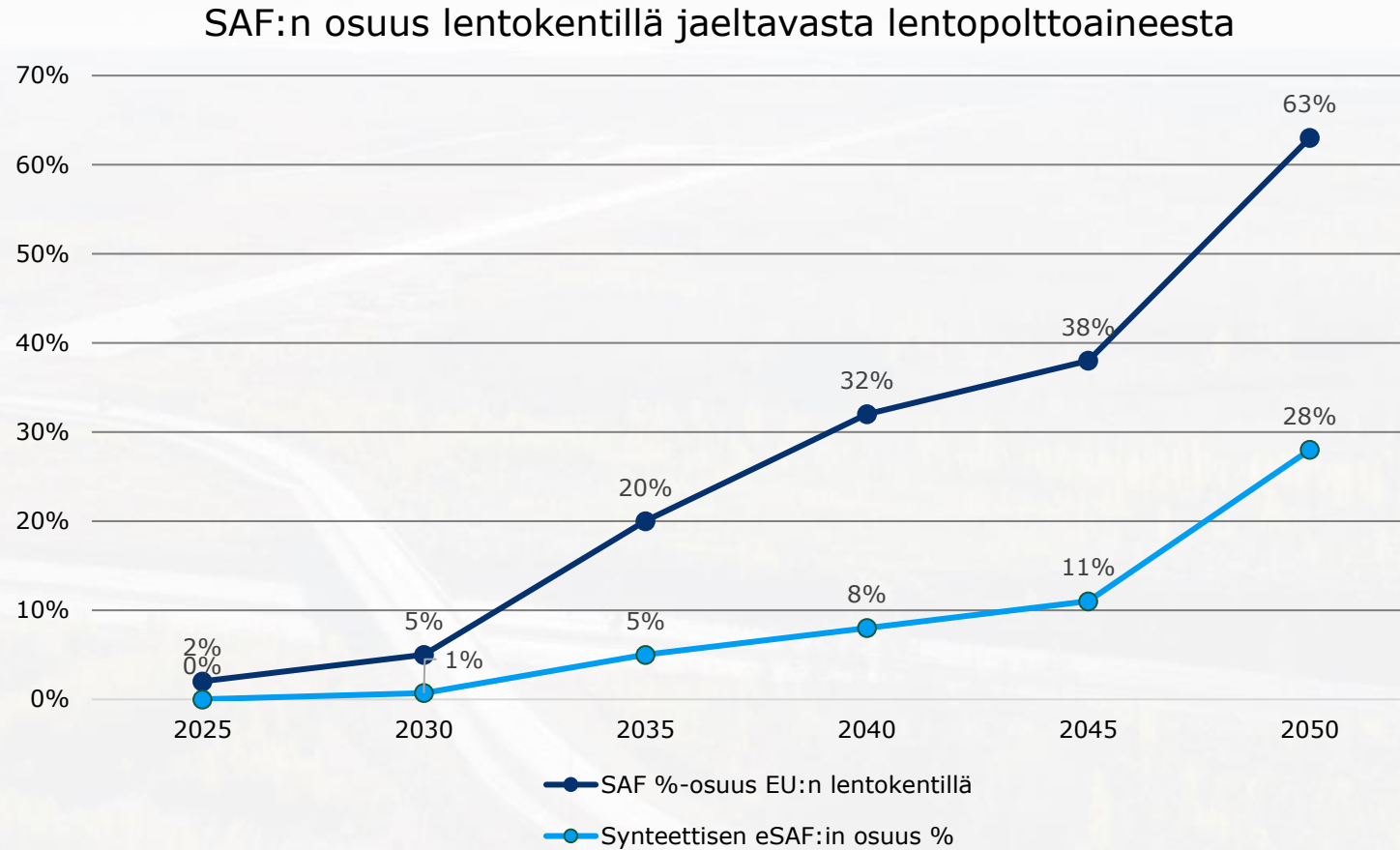


- Fischer-Tropsch -synteesistä syntyy aina hukkalämpöä ja sivutuotteita, kuten kevyitä hiilivetyjä (mm. bensiini, diesel, kaasumaiset polttoaineet) ja vahoja. Synteetin lopputuotteiden ja sivutuotteiden määrään vaikuttaa prosessin olosuhteet ja materiaalit, joita muuttamalla prosessia ohjataan.
- Vaihtoehtoiset prosessit uusiutuvan lentopolttoaineen valmistukseen voivat olla metanolin jalostus sekä isobuteenin jalostus. Molemmat prosessit ovat tutkimusvaiheessa ja vaativat raaka-aineeksi hiilidioksidia ja vetyä.
- eSAF etuna perinteiseen bio-pohjaiseen SAF:iin on, että sen raaka-aineita on periaatteessa rajattomasti saatavilla.
- Raaka-aineeksi vaaditaan aina hiilidioksidia tai hiilimonoksidia. Hiilidioksidi voidaan ottaa talteen ilmasta, teollisuudesta (teräs-, sementti- ja sellutehtaat), biokaasun sekä energian tuotannosta (polttavat voimalaitokset ja jätteenpolttolaitokset). Talteenottoteknologiat ovat kypsää teknologiaa, mutta niiden käyttö ei ole yleistä.
- Hiilidioksidi voidaan tuoda käyttöpaikalle putkessa tai nesteytettynä säiliöautolla, jos sen lähde ei ole välittömässä läheisyydessä. Vaihtoehtoisesti se voidaan ottaa paikan päällä ilmasta talteen, mutta tämä on tyypillisesti hyvin kallista ja vaatii paljon sähköä.
- eSAF:illa haasteita ovat korkeat tuotantokustannukset, uusiutuvan energian riittämättömyys, koko prosessin alhainen hyötysuhde, käytönajan päästöt ja teknologian alhainen kehitysaste.

Uusiutuvan energian teknologiat ilmailussa – eSAF (Power to Jet Fuel, Power to Liquids, Renewable fuels of non-biological origin, RFNBOs)

- Teknologinen kypsyyss
 - eSAF tekniikka on tällä hetkellä vielä tutkimusvaiheessa, eikä sitä ole kaupallisesti saatavilla. Ensimmäiset pilottilaitokset ovat suunnitteilla.
 - Kaikki prosessiin liittyvät teknologiat ovat kaupallisesti saatavilla ja kypsää teknologiaa, mutta niitä ei ole yhdistetty kaupallisesti toimivaksi laitokseksi.
 - eSAF käyttö ei vaadi muutoksia ilma-aluksiin, joten käyttöönotto on helppoa.
- Teknistaloudelliset esteet
 - Tuotanto vaatii paljon edullista ja uusiutuvaa sähköntuotantoa, joka Suomessa olisi tuuli- ja aurinkovoimaa.
 - Koko Power to JetFuel –prosessin (sähköstä lentokerosiiniksi) hyötysuhteen on arvioitu olevan 33 % vuonna 2050. Prosessissa 25 % sähköstä muuttuu kaukolämpöön sopivaksi hukkalämmöksi ja 22 % sähköenergiasta sitoutuu sivuvirtoina syntyviin hiilivetyihin. Korkein esitetty teoreettinen hyötysuhde on noin 50 %.
 - Kun mukaan otetaan polttomoottori, hyötysuhde on 10-15 % välillä.
 - Investointikustannuksissa on suurta epävarmuutta, koska kaupallisia laitoksia ei ole toteutettu.
- Infra
 - Tuotanto vaatii sähkö-, vesi- ja jätevesiliitännän vedyntuotantoon.
 - Tilantarpeen arviointi hyvin hankalaa, koska kaupallisia laitoksia ei ole toiminnassa. Tuotantolaitoksen tilantarve on kuitenkin vaihtoehtoisista käyttövoimista suurin.
 - Prosessista syntyvät sivutuotteet vaativat varastotilaa ja ne on kuljetettava pois alueelta.
- Käytännöllisyys ja panostukset sidosryhmiltä
 - eSAF käyttö ei vaadi muutoksia lentokonekalustoon tai lentokenttien infrastruktuuriin. SAF:in käyttö ei poikkea fossiilisen lentopolttoaineen käytöstä.
 - Tämän vuoksi käyttöönotto ilmailussa on helppoa, ongelma on tuotannossa.
 - Sääntelyn merkitys on suuri toteutettavuudelle.
 - Investointi on kallis ja kaupallinen laitos on verrattavissa biodieseljalostamoon. Tämän vuoksi pienen mittakaavan tuotantolaitosta ei nähdä realistisena, jollei teknologiassa nähdä merkittävää kehitystä.
 - Tuotanto vaatii tasaisen ja jatkuvan hiilidioksidin lähteen.
 - Sivutuotteiden, lämpö ja hiilivedyt, myynnillä voi nostaa kannattavuutta, jos niille löytyy käyttötarkoitus.

SAF ja eSAF kulutus tulee kasvamaan



Ympäristövaikutukset - Ilmastovaikutusten vertailu

	Suorat CO2		NOx	Vesihöyry	Tiivistymisvanat	Ilmastovaikutuksen vähentämispotentiaali
Synteettinen polttoaine polttomoottorissa	-0 %	-100 % (netto) ¹	-0 %	-0 %	-10-40 %	
Vety polttomoottorissa	-100 %		-50-80 %	+150 %	-30-50 %	
Vety polttokennossa	-100 %		-100 %	+150 %	-100 %	
Sähköenergia sähkömoottorissa	-100 %		-100 %	-100 %	-100 %	

Ilmastovaikutukset verrattuna fossiilisella kerosiinilla toimivaan suihkukoneeseen. Vaihtoehtoisten käyttövoimien ilmastovaikutusten tutkimus on vielä kesken, erityisesti tiivistymisjuovien vaikutusten arvioinnin osalta. Uusien käyttövoimien todellinen ilmastovaikutus voi olla jopa 2-4 kertaa suurempi verrattuna hiilidioksidipäästöihin.

1. Oletetaan että hiilidioksidi on otettu talteen ilmasta.

Taulukon lähde: Clean Sky Hydrogen Powered Aviation report 2020
Traficom 2/2023 Vetylentämisen selvitys

Alueen kehitys ja tulevaisuus

Lentokentän tulevaisuus

Taustaa

- Kaikkiaan kyse 300 ha alueesta, josta lentokentän osuus noin 100 ha asema-kaavoitusalueesta (kaava-alue 88,48 ha).
- Odotetaan lähiaikoina, että lentokentän asemakaava on lainvoimainen.
- Ilmailu on murroksessa. Mennään joustavampiin ja suurempiin lento-reitteihin eli pienempiin lentokoneisiin, jolloin suora sähkö ja vety sopivat paremmin ratkaisuksiksi. Ei enää tuhansien kilometrien reittejä vaan satojen.
- Tulevaisuudessa käyttäjinä lentokoneiden kokoluokka Boeing 737 ja sitä pienemmät.

Nykytilanne ja tulevaisuus

- Lentokentän välitöntä toimintaa tukeva kaupallinen ja tekninen toiminta:
 - Huolto ja kunnossapito, ensiapu- ja pelastuskalusto, varastot (aurauskalusto, glykolin säilytys), valaistus, viemärointi
 - Nykyisissä ja tulevilla rakennuksissa huomioidaan energiaa säästävät rakennusmateriaalit ja -menetelmät
 - lentokenttäalueen (ml. kiitorata) valaistus LEDeillä
- Alueelle tulee sijoittumaan
 - alkuun isoja lentokonehangaareja,
 - kalustosuojia ja varastotilaa tarvitsevia ilmaliikennealan yrityksiä,
 - huolto- ja koulutusorganisaatioita,
 - ilmailu- ym. alojen koulutustilaisuuksia,
 - näyttely-, messu- ja tapahtumatiloja,
 - lentoliikenteen asiakkaita ja vieraita palvelevia ravintola-, odotus- ja majoitustiloja
 - potentiaalinen rooli NATO-harjoitusten "varatukikohtana" ja mm. kalustosuojien tarjoajana.



Teollisuus-/yrityspuisto

Taustaa

- Yrityspuistolle ei ole kaavaa vielä vireillä
- Arvioitu aikataulu rakentumiselle

Tulevat vuodet 2024-2030 ja siitä eteenpäin

- Alue vaatii maansiirtotöitä. Suuri osa teollisuusalueesta on vahva osayleiskaava; aurinkovoimala on osittain osayleiskaavalla ja osittain ulkopuolella.
- Kaavaillun yrityspuiston Hevossuo kaava-alue (80,91 ha) kiitoradan länsipuolella ei sijaitse pohjavesialueella, mikä mahdollistaa esimerkiksi maalämpöjärjestelmän asennuksen.
- Huomioitava mahdollisen raskaan liikenteen vedynjakelun sijoittuminen (lähin valtatieliittymä vai lentokentän/ yritysalueen läheisyys)
- Teollisuuslaitoksien/-yritysten katoille aurinkopaneelit
- Aurinkolämpö keräimiseen huomioidaan vaihtoehtona
- Teollisuuspuiston energiankulutus ja -tuotantopotentiaali voidaan arvioida myöhemmin, kun tiedetään paljonko ja millaista toimintaa sinne sijoittuu.

Alueelle sijoittuvia toimintoja ja yrityksiä:

- Tuotannollisia yrityksiä ja valmistavaa teollisuutta, jotka tarvitsevat lentokentän tarjoamia palveluja
- Alueelle sijoittuu myös tutkimusorganisaatioita sekä miehittämätöntä ja sähköistä tulevaisuuden ilmaliikennettä palvelevia yrityksiä
- Logistiikka-alan yritykset, jotka hyötyvät valtatie 7:n läheisyydestä ja joilla suurta lämmityksen ja jäähdytyksen tilantarvetta
- Sähköinen lentäminen
- Pienlentokoneiden valmistus ja siihen liittyvä logistiikka
- Droonien rakentaminen ja huolto, kuljetukset sekä kartoitus-, tunnistus- ja valvontatehtävät
- Raaka-aineiden (esim. metsäteollisuus), valmiiden tuotteiden ja komponenttien (esim. elektroniikkateollisuus) varastointi ja jakelu
- T&k, tuotekehitys
- Akkuklusterin alihankintatoiminta
- Suoraan ilmailun TKI:ssä tai viranomaistoiminnassa olevat toimijat
- Matkailu- ja tapahtumatuotanto
- Matkustajaliikenteen tukitoiminnot
- Mahdollisen datakeskuksen sijoittuminen alueelle

Lämmityksen tiekartta

Lämmityksen tiekartta

Nykytila (1-3 vuotta)

- Rakennuskantaa on vähän - kahvila, toimisto ja 2 lentokonehallia. Lämmitysratkaisuksi sopii:
 - Suora sähkölämmitys
 - Ilma-ilmalämpöpumppu tukemassa lämmitystä ja viilentämässä
- Vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään pysyvissä rakennuksissa sopii myös:
 - Ilma-vesilämpöpumppu
 - Maalämpö
 - Aurinkolämpökeräimet



2025

Kiinteistökohtaiset järjestelmät:
Sähkö ja ilmalämpöpumput



Lämmityksen tiekartta

Välivaihe (4-10 vuotta)

- Kiinteistökanta kasvaa uusien rakennuksien ja teollisuuspuiston kasvaessa
- Kiinteistökohtaiset järjestelmät:
 - Lämpöpumput
 - Suurissa kohteissa biolämpökattila
- Mahdollisuus matalalämpöisen aluelämpöjärjestelmän rakentamisen aloittamiseen, jonka tuotantomuotoina voi olla:
 - Ilma-vesilämpöpumppu
 - Sähkökattilat
 - Polttava laitos; hake-, pelletti- tai bioöljykattila
 - Micro-CHP, joka tuottaa alueelle sekä lämpöä että sähköä
- Aluelämpöjärjestelmän aloittaminen vaatii yhteistyötä yrityspuistoon sijoittuvien toimijoiden kanssa.

Aluelämpöverkko

Aluelämpöverkko on pienimuotoinen kaukolämpöjärjestelmä, joka yhdistää kiinteistöt lämpimän veden kiertoverkon kautta. Verkon vesi lämmitetään yhdessä tai useammassa lämmöntuotantolaitoksessa, mikä mahdollistaa rakennusten lämmityksen.

Aluelämpöverkon etuja ovat:

- + Myydään palveluna kiinteistössä toimivalle yritykselle. Ei vaadi käyttäjältä työtä.
- + Sopii kaikkiin kohteisiin ja suurien lämpömäärien tuotantoon.
- + Laitteiden pieni tilantarve
- + Hukkalämpöjen ja lämpöpumppujen käyttö takaa kohtuuhintaisen lämmön ja korvaa primäärienergian tarvetta.

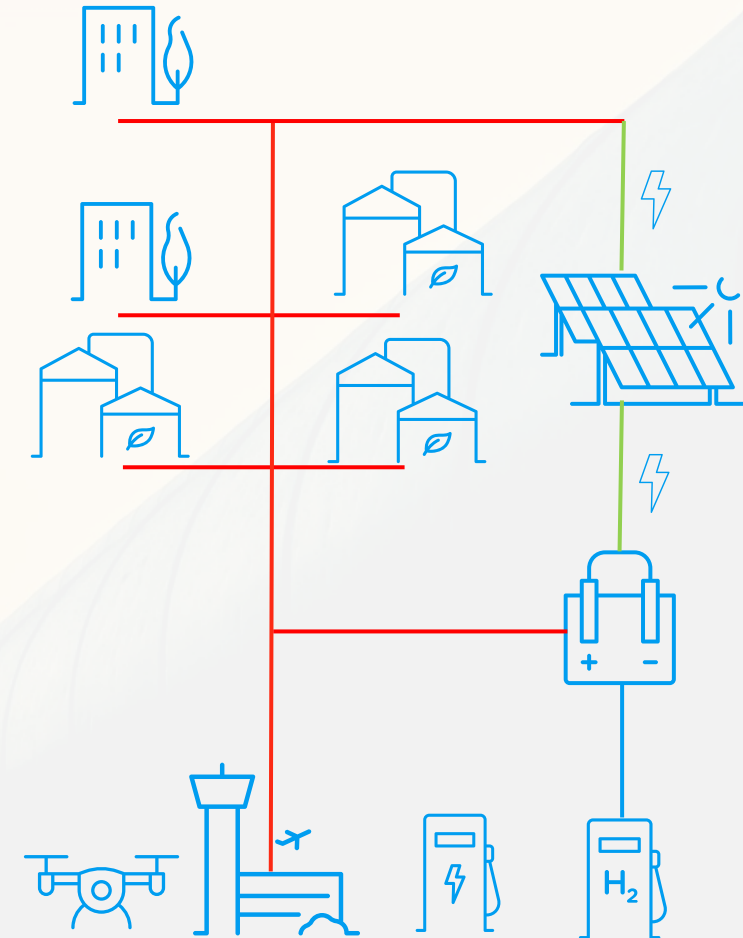
Heikkouksia:

- Aluelämpöjärjestelmään liittyminen vaatii vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän rakennusten sisälle. Lämmitettävissä tiloissa on tällöin vesikiertoiset lämmityspatterit tai lattialämmitys.
- Vaatii lämpöyrittäjän investoimaan lämmöntuotantoon ja hoitamaan tuotantoa ja myyntiä.
- Uusia rakennuksia ei voi pakottaa liittymään alueverkkoon kaavoituksella tai tontinluovutussopimuksissa. Energiahuolto on markkinaehtoista.

Lämmityksen tiekartta

Tulevaisuuden lämpöjärjestelmä (>10 vuotta)

- Yrityspuistossa ja lentoasemalla rakennuskanta on kehittynyt ja jatkaa kehittymistään.
- Alueelle on rakennettu matalalämpöinen aluelämpöverkko, joka yhdistää lentoaseman rakennukset ja yrityspuiston rakennukset. Tuotantomuotoina voi olla:
 - Ympäristölämpöpumppu: maa-, pohjavesi- tai ilmalämpöpumppu
 - Sähkökattilat
 - Biolämpö ja micro-CHP
 - Lämpövarastot
 - Hukkalämmöt, potentiaalisia lähteitä:
 - vedyntuotanto
 - teollisuuspuiston yritykset
 - mahdollisesti sähkölentokoneiden megawattilaturit (MCS), jos niiden jäähdytys on nestekiertoinen ja mahdollista yhdistää. Latauksessa noin 5 % sähköstä muuttuu lämmöksi laturissa ja akussa



2035 →

Aluelämpöverkko:
Sähkö ja lämpöpumput
Hukkalämmöt
Biokattilat

Uusiutuvan energian tuotanto

RAMBOLL

cursor

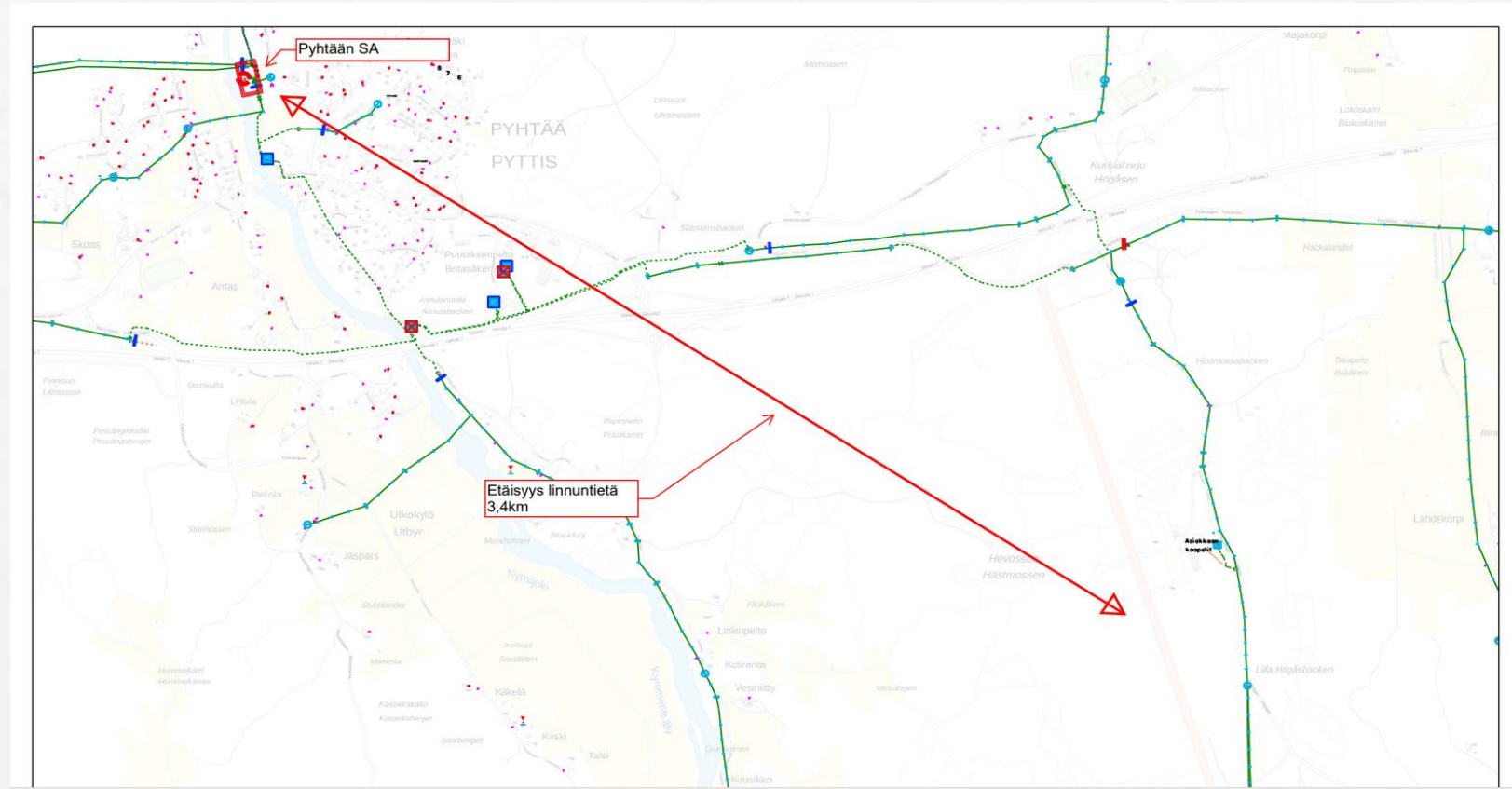
XAMK
Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

**KYMEN
LAAKSON
LIITTO**

 Euroopan unionin
osarahoittama

Sähkön siirto / Aurinkovoimala (1/8)

- Aurinkopuistoa ei ole vielä kaavoitettu. Vahva yleiskaava hyväksytty alueella.
- Voimajohtoliittymälle Fingridin 110 kV Ahvenkoski – Pernoonkoski –voimajohtoon ei ole estettä, jolloin aurinkovoimalan teho max. 60 MWp (Fingrid Oy/Jarno Sederlund 20.2.2024).
- Kymenlaakson Sähköverkko Oy:n 20 kV jakeluverkon osalta ei ole mahdollista liittyä, eikä taloudellisesti ja teknisesti kannattavaakaan; vain alle 10 MW sähkökapasiteettiä asti tulisi 20 kV liityntä kyseeseen (Kymenlaakson Sähköverkko Oy/Tuomo Hakkarainen, Mikko Vainikka 20.3.2024) > 110 kV liittymisjohto (Suomen Liittymisjohtot Oy: liityntätarkastelut, mahdollinen omistus)
 - etäisyydet 1,7 km kiitoradan päästä; etäisyys 2,7 km kiitoradan keskiosaan
 - tarvitaan noin 1 km matka 110 kV ilmajohtoa; 200 000 €/km; loppumatka noin 1,7 km kaapelina, joka 2-3 kertaa kalliimpi
- Lähin kytkinlaitos/sähköasema sijaitsee 3,4 km luoteeseen (kuvassa).



Sähkön siirto / Aurinkovoimala: Fingridin vastaukset (2/8)

- Ahvenkoskella on Fingridin kytkinasema. Voiko siihen liittyä? Ahvenkosken sähköasema sijaitsee fyysisesti hankalassa paikassa ja on vaikeasti laajennettavissa. Jos liitytään kantaverkkoon, niin suositellemme tässä tapauksessa voimajohtoliityntää, jolle ei ole Fingridin puolesta esteitä, kun liittynnän teho jää alle 60 MWp. Lisäksi asiakkaan liityntäjohto jää silloin huomattavasti lyhyemmäksi.
- Ahvenkosken kytkinaseman kohdalla on suunnitteilla datakeskus -hanke, joka vaatisi uuden kytkinaseman. Koska nykyistä asemaa on hankala/mahdoton laajentaa, niin sen itäpuolelle on suunniteltu rakennettavaksi uusi sähköasema, mikäli alueelle toteutuisi uusi suuri teollinen toimija (esim. datakeskus). Tarkempaa suunnittelua ja toteutusta ei ole viety eteenpäin, koska datakeskus-hanketta ei ole tällä hetkellä kenelläkään toimijalla käynnissä.
- Miksi ilmajohtoa ei voi vetää koko matkaa? FG:n puolesta ei ole esteitä ilmajohtolle. Toteutuksessa on useita mahdollisuuksia, joita kannattaa selvittää esim. asema/voimajohtosuunnittelijan kanssa. Myös Fingridillä on esimerkkikuvia voimajohtoliittynnän toteuttamiseen.
- Katso esimerkiksi <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/yleiset-liittymisehdot/> ja esimerkkikuvia <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/fingrid-johdonvarsiliittynnan-mallipiirustukset.pdf>
- Nostettiin huomio, että KSOY:n olisi hyvä olla mukana sähköverkkoyhtiönä aurinkovoimalan liitännässä. Kannattaa selvittää yhteistyön mahdollisuudet paikallisen verkkoyhtiön kanssa.
- Onko jakeluverkkoyhtiöllä tai Fingridillä pakko/velvollisuus mahdollistaa liitäntä. Sähkömarkkinalain mukaan tämän kokoisissa hankkeissa (noin 50 MWp) lähin 110 kV verkon omistaja on liittämisvelvollinen. Fingridin 110 kV voimajohto on lähin 110 kV liityntämahdollisuus. Mikäli hankealue ja teho pienenevät oleellisesti (esim. alle 10 MW, niin silloin jakeluverkkoyhtiön 20 kV verkko voisi olla tehokkaampi liittymistapa).
- Aurinkovoimalan sähköliittymän maksaja ja osapuolet sekä reitti eivät ole tiedossa. Ohjeistusta liittymiseen <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/> ja <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/kantaverkkoon-liittyjan-opas.pdf> liittyjä vastaa ja maksaa oman liittymisjohtonsa kustannuksista.
- Aurinkovoimalan vaikutus siirtomaksuihin. Kantaverkon liittymissopimus pohja ja -maksut löytyvät <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/> ja siirron sopimus pohja ja -maksut <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/kantaverkkosopimus-ja--palvelumaksut/>

Sähkönsiirto / Aurinkovoimala: Fingridin vastaukset (3/8)

Mitä konkreettista tekemistä verkkoinfra vaatii?

- Eli tehdään erillinen selvitys, jossa johdon/aseman suunnittelun hoitavat ao. suunnittelufirmat.

Kustannukset ja niiden suuruusluokka tämän hetkisillä tiedoilla?

- Kustannukset, tarvittavat luvat ja aikataulut riippuvat hyvin paljon
 - etäisyyksistä (kuinka pitkä 110 kV liittymisjohto),
 - minkä kokoinen muuntaja?
 - maanomistajista (pystyykö tekemään ennakkosopimisia?) ja onko mahdollista tehdä avojohdot ja
 - kunnasta (tarvitaanko kaava vai eteneekö hanke suunnittelutarveratkaisulla?)

Karkeita lukuja ohessa (ja nämä tarkentuvat suunnittelussa):

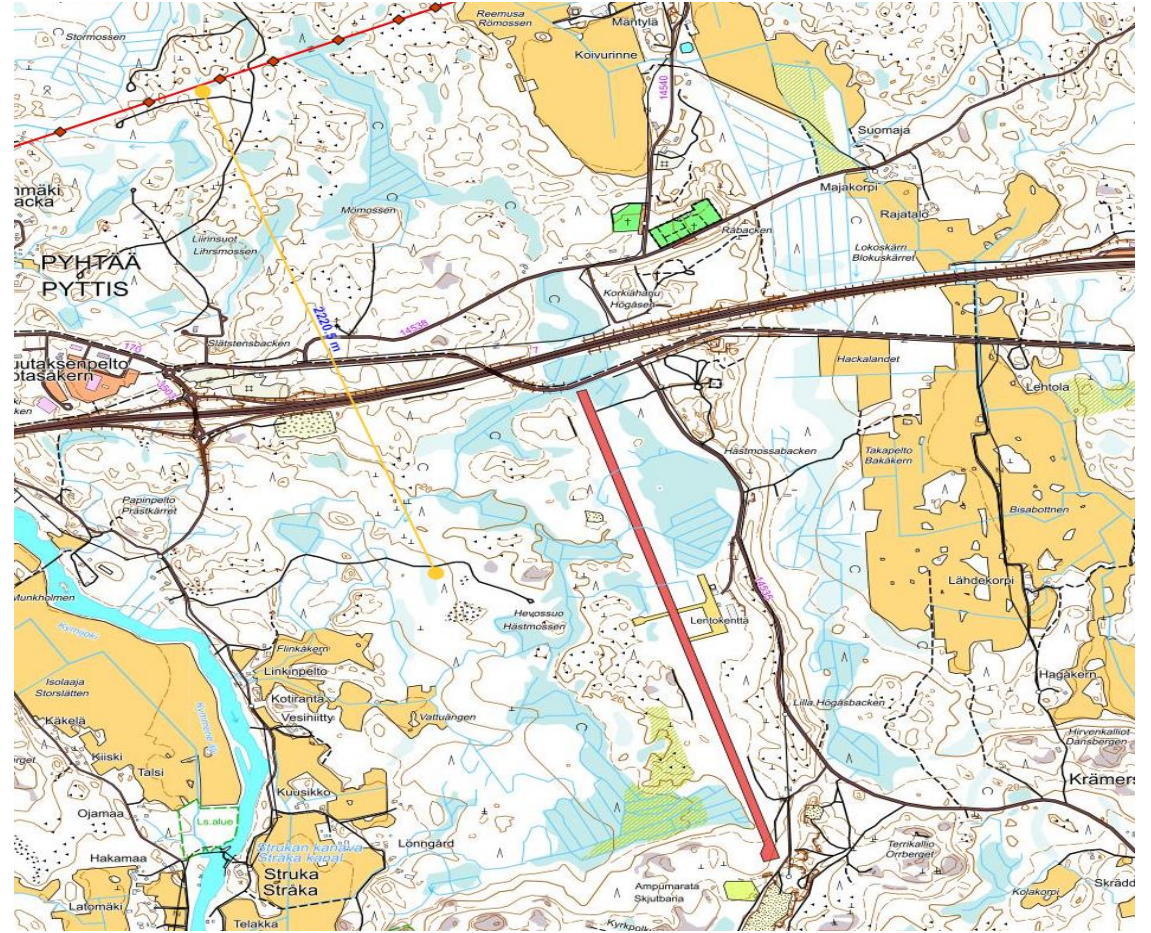
- 110 kV voimajohdon avojohdon rakentaminen + suunnitteluineen 150-200 k€ (kts. Fingridin vastaus ja kuva sivulla 29)
- Asiakkaan oman 110/20 kV sähköaseman (avokytkinlaitos) ja esimerkiksi 50 MVA muuntajan rakentaminen 2-3 M€
- Fingridin liittymismaksut voimajohtoliitynnässä, alkava 30 MW 800 k€ (vuoden 2024 hinta). Tässä tapauksessa, kun tehot menevät yli 30 MW => 2 x 800 k€

Lisäksi, kun tuotanto alkaa, niin tulee kantaverkon siirtomaksut eli kantaverkonantomaksu ja voimalaitoksen nettosähkötehomaksu.

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/kantaverkkosopimus-ja--palvelumaksut/#kantaverkkopalvelumaksut>

Sähkönsiirto / Aurinkovoimala: Fingridin vastaukset (4/8)

- ”Tarkennuksena vielä, että Fingrid ei rakenna asiakkaan liittymisjohtoa ja meillä ei ole tietoa sen pituudesta tai toteutustavasta”.
- Kustannus voi siis olla enemmän tai vähemmän kuin arvioitu.
- Liittymisjohdon suunnittelu ja rakentaminen kuuluvat liittyjän vastuulle. Tarkempi liittymispiste tulee sopia Fingridin kanssa, kun suunnittelu tarkentuu.
- Alla eräs hahmotelma, jossa liittymisjohdon pituus olisi reilut 2 km.”



Sähkönsiirto / Aurinkovoimala: KSOY:n vastaukset (5/8)

- Ahvenkoskella on Fingridin kytkinasema. Voiko siihen liittyä? Tämä tulee teidän kysyä Fingridiltä, mutta sanoisin, ettei tätä ole kannattavaa sinne liittää, sillä etäisyys sinne on pidempi kuin tuohon voimajohtoon, joka kulkee VT7 pohjoispuolella. Johdonvarsiliitynnän tehorajana on 60 MWp, mikäli liitettävä teho kasvaisi tulevaisuudessa yli tuon, niin sitten tuo Ahvenkoskelle liittäminen voisi tulla kannattavaksi.
- Ahvenkosken kytkinaseman kohdalla on suunnitteilla datakeskus -hanke, joka vaatisi uuden kytkinaseman. Mikäli datakeskus tai muu liittyjä tulee, niin Fingrid siirtää kytkinasemaansa.
- Miksi ilmajohtoa ei voi vetää koko matkaa? Ilmajohdon voi vetää koko matkalta. Ajatuksena oli maakaapelin osalta, että helpottaisi todennäköisesti luvitusta ja lentotoiminnasta voi tulla rajoituksia ilmajohdolle.
- Nostettiin huomio, että KSOY olisi hyvä olla mukana sähköverkkoyhtiönä aurinkovoimalan liitännässä >>> KSOY:ltä tulikin jo 22.3.2024 ehdotelma, miten edetä (kts. seuraava sivu 31).
- Onko jakeluverkkoyhtiöllä tai Fingridillä pakko/velvollisuus mahdollistaa liitäntä. Jakeluverkkoyhtiöllä on jakelualueellaan velvollisuus liittää uudet liittymät ja tuotantolaitokset jakeluverkkoonsa (pienempi kuin 110 kV jännitetaso). Osa tuotantolaitoksista on niin suuria tai niiden sijainti on sellainen, että Fingridin johto on lähempänä kuin jakeluverkkoyhtiön, niin tällöin liittäminen kannattaa teknis-taloudellisesti tehdä Fingridin johtoon.
- Aurinkovoimalan sähköliittymän maksaja ja osapuolet sekä reitti eivät ole tiedossa. Aurinkovoimalan vaikutus siirtomaksuihin.

Tuotantolaitokselle 110 kV liitynnässä tulee seuraavien hinnastojen mukaisesti maksut:

<https://www.ksoy.fi/sahkoverkko/hinnastot-ja-ehdot/suurjannitteisen-jakeluverkon-hinnasto-1-6-2023-alv-0/>

Maksut koostuvat kantaverkko-osuudesta (Fingrid) sekä alueverkko-osuudesta (KSOY-V) oheisen hinnaston mukaisesti.

Sähkön siirto / Aurinkovoimala: KSOY:n vastaukset (6/8)

Mikko Vainikka 22.3.2024:

- "Koska tuo yritys puisto on tuonne tulossa, niin siinä tapauksessa me voisimme tarjota tuota voimajohtoliityntää teille tuohon aurinkopuistoon siten, että osa voimajohdon ja liittymän kapasiteetista varataan meille kulutuksen käyttöön, jolla palveltaisiin sitten tuota yritys puistoa."
 - "Toki tämä vaatii sen, että yritys puistosta saadaan jotain konkretiaa, että mitä ja minkä verran sinne on tulossa toimijoita. Jos kuitenkin näin toimittaisiin, että me toteuttaisimme tuon voimajohdon, niin sen toteutus voisi mennä seuraavasti:
- Jaetaan liittymämaksun (<https://www.ksoy.fi/sahkoverkko/verkkopalvelusopimukset/hinnastot-ja-ehdot/liittymismaksuhinnasto-1-12-2020/>) perusosan kustannukset (tässä tapauksessa voimajohdon rakentamiskustannukset) 110 kV tehojen suhteessa KSOY/tuotantolaitoksen liittyjä. Tällöin KSOY omistaa 110 kV voimajohdon. Liittyjälle jäisi tehojen perusteella jaetun perusosan lisäksi kapasiteettivarausmaksu tuotannon liittymästä:
 - o Perusosa koostuu voimajohdon rakentamisesta, jossa meille varattaisiin 10 MVA yritys puistoa varten ja aurinkovoimalaa varten 50 MVA eli tuossa suhteessa voimajohdon kustannukset (Fingridin johdonvarsiliittymän maksimikoko on 60 MVA)
 - o KSOY maksaisi tällöin Fingridin liittymismaksun uudesta johdonvarsiliittymästä
 - Asiakas tekee itselleen sähköaseman voimajohdon päähän, jolla liitetään aurinkovoimala verkkoon. KSOY tekee myöhemmin, kun yritys puisto toteutuu, oman sähköasemakentän tuon viereen
 - Edellä mainitut asiat pätevät, mikäli saadaan Fingridiltä vihreää valoa kyseiselle johdonvarsiliittymälle."

Sähkönsiirto / Aurinkovoimala: KSOY:n vastaukset (7/8)

- Mitä konkreettista tekemistä verkkoinfra vaatii?
 - Kun kyse on siitä, että alueelle tulee tuotantoa ja kulutusta aiemmin puhutun mukaisesti, niin silloin tulee kyseeseen 110 kV johdon ja sähköasemien rakentaminen. Näiden lisäksi aurinkovoimalan sisäverkko sekä mahdollisen kulutuksen tarvitsemat verkkoinvestoinnit (KSOY tekee nämä)
 - Aiemmin esitetty jako kustannuksissa 10/50 MVA suhde
 - Oma sähköasema tuotannolle ja oma asema kulutukselle
- Kustannukset ja niiden suuruusluokka tämän hetkisillä tiedoilla?
 - Kustannuksista taulukko sivulla 32. Taulukkoon on kerätty 110 kV voimajohdon sekä yhden sähköaseman rakentamisesta ja Fingridin liittymismaksusta tulevat karkeat ja suuntaa antavat investointikustannukset Energiaviraston yksikköhinnan mukaan.
 - Esitetyt kustannukset ovat vain budjetointia varten ja siinä **on oletettu, että alueelle tulee vain tuotantolaitos** (50 MVA). Tämä rajausta tehtiin tuohon asioiden selkeyttämiseksi. Eli tässä ei ole tehty tuota 10/50 MVA suhteessa jakoa. Kustannuksissa on myös tehty olettamuksia, kuten reitin pituus (2,5 km), johtoaluekorvauksen olosuhde, asemalla kennojen lukumäärä yms. SJ = Suurjännite (110 kV) ja KJ = Keskijännite (10-30 kV tässä tapauksessa). Kustannukset eivät sisällä mitään aurinkovoimalan sisäisiä verkkoinvestointeja.
- Kuinka kauan voi arvioida verkkoinfran vaatimien eri asioiden vievän aikaa?
 - 3-5 vuotta, jos luvittaminen sujuu hyvin
- Saako luvat varmasti?
 - Yleisen edun tarpeeseen, johon puhtaan tuotannon investointi luetaan, saa lunastuslain mukaisen lunastusluvan. Mikäli kaikki maanomistajat tekevät sopimuksen johdonsijoittamisesta, luvan myöntää maanmittauslaitos. Mikäli sopimuksia jää puuttumaan luvan myöntää valtioneuvosto. Yleisesti luvitusprosessi vie noin neljä vuotta. Johdon rakentaa vuodessa. Lunastusprosessissa laaditaan ympäristöselvitys ja arkeologinen inventointi.

Sähkön siirto / Aurinkovoimala: KSOY:n vastaukset (8/8)

				Määrä [kpl/km]	Kustannus [€]	
SJ	Putkipylväs: yksi virtapiiri, yksi osajohdin	kpl	24 600	7	172200	
	Kiristäjäpylväs: yksi virtapiiri, yksi osajohdin	kpl	35 800	2	71600	
	Teräsristikopylväs, vapaasti seisova: yksi virtapiiri, yksi osajohdin	kpl	61 400	1	61400	
	ACSR 150 - 299 mm ² (O strich ja Hawk)	km	5 900	7,5	44250	
	Ukkosjohdin	km	3 100	5	15500	
	Johtoerotin, kauko-ohjattu	kpl	47 200	1	47200	
	Johtoaluekorvaus helppo: asemakaavan ulkopuolinen alue	km	8 300	2,5	20750	
	Päämuuntaja 50 MVA	kpl	584 700	1	584700	
	1-kiskokojeiston katkaisijallinen lähtö- tai syöttökenttä	kpl	201 500	1	201500	
	1-kiskoisen kytkinlaitoksen suojaus- ja automaatiolaitteisto: asemakohtainen perusosa	kpl	63 500	1	63500	
KJ	Kentän suojaus- ja automaatiolaitteisto: kenttäkohtainen osa	kpl	29 700	1	29700	
	Pieni kevyt sähköasemarakennus (alle 30 m ²)	kpl	146 700	1	146700	
	1-kiskokojeiston katkaisijallinen lähtö- tai syöttökenno	kpl	23 000	3	69000	
	1-kiskokojeiston kenno pelkillä erottimilla/erottimella (omakäyttökenno)	kpl	13 900	1	13900	
	Mittauskenttä (kiskojännitemuuntaja)	kpl	13 800	1	13800	
	1-kiskoisen kytkinlaitoksen suojaus- ja automaatiolaitteisto: asemakohtainen perusosa	kpl	26 400	1	26400	
	Kentän suojaus- ja automaatiolaitteisto: kenttäkohtainen osa	kpl	8 700	3	26100	
	FG liittymismaksu	kpl	800 000	1	800000	
	YHTEENSÄ				2408200	€

Sähkönsiirto / Yrityspuisto

Yrityspuistolle ei ole kaavaa vireillä.

Tämän liityntäjärjestelyihin palattavissa KSOY:n ja Fingridin kanssa yrityspuistoa koskevien suunnitelmien selkiytyessä.

Jos kuitenkin KSOY tuon voimajohdon tarjoaisi ja toteuttaisi, niin sen toteutus voisi mennä seuraavasti (Mikko Vainikka 22.3.2024):

- Jaetaan liityntämaksun (<https://www.ksoy.fi/sahkoverkko/verkkopalvelusopimukset/hinnastot-ja-ehdot/liittymismaksuhinnasto-1-12-2020/>) perusosan kustannukset (tässä tapauksessa voimajohdon rakentamiskustannukset) 110 kV tehojen suhteessa KSOY/tuotantolaitoksen liittyjä. Tällöin KSOY omistaa 110 kV voimajohdon. Liittyjälle jäisi tehojen perusteella jaetun perusosan lisäksi kapasiteettivarausmaksu tuotannon liittymästä
 - Perusosa koostuu voimajohdon rakentamisesta, jossa meille varattaisiin 10 MVA yrityspuistoa varten ja aurinkovoimalaa varten 50 MVA eli tuossa suhteessa voimajohdon kustannukset (Fingridin johdonvarsiliitynnän maksimikoko on 60 MVA)
 - KSOY maksaisi tällöin Fingridin liittymismaksun uudesta johdonvarsiliitynnästä
- Asiakas tekee itselleen sähköaseman voimajohdon päähän, jolla liitetään aurinkovoimala verkkoon. KSOY tekee myöhemmin, kun yrityspuisto toteutuu, oman sähköasemakentän tuon viereen
- Edellä mainitut asiat pätevät, mikäli saadaan Fingridiltä vihreää valoa kyseiselle johdonvarsiliitynnälle.

Teollisen kokoluokan maa-asenteisen aurinkovoimahankkeen rakentamisen vaiheet

1. Aluetarkastelu	2. Maa-alueen hankinta	3. Yksityiskohtaisempi kohdearviointi	4. YVA, luvitus ja suunnittelu	5. Rakentaminen	6. Operointi ja ylläpito
					
Tehdään alustava arvio alueen soveltuvuudesta analysoimalla alueen säteily, ilmasto, topografia, maaperä ja ympäristöolosuhteet. Paikannetaan liittymispiste sähköverkkoon ja tehdään alustava tiedustelu liittymiskapasiteetista. Arvioidaan aurinkovoimalan toteutettavuutta perustuen tehtyihin analyysiin.	Käydään neuvottelut alueen maanomistajien kanssa maa-alueen hankkimisesta tai vuokraamisesta. Vuokratessa allekirjoitetaan maanomistajan kanssa vuokrasopimus, jossa on määritelty mm. vuokra-alueen maankäyttö, hinta, vastuuja, vuokra-aika ja muut vuokraamiseen liittyvät ehdot.	Tehdään alueelle yksityiskohtaisempi arviointi mm.: • topografinen analyysi • maaperätutkimukset • hulevesiselvitys • Natura-arviointi • arkeologinen kulttuuriperintöselvitys • heijastusvaikutukset • kasvillisuus ja lajisto • mahdollisten poikkeuslupien tarpeellisuus liittyen luonnonsuojelulakiin tai vesilain mukaisten vesiluontotyyppien suojeluun	Suunnitellaan yksityiskohtaisemmin aurinkovoimalan laitteisto, rakennukset kuten sähköasema ja muu infrastruktuuri kuten tiet ja liittymät ja näiden sijoittuminen alueelle. Tehdään ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA), jos se on tarpeen. YVA arvioi hankkeen vaikutuksia luontoon, maaperään, veteen ja ilmastoon. Haetaan tarvittavat luvat liittyen maankäytön suunnitteluun, rakentamiseen ja sähköverkkoliityntään.	Rakentaminen voidaan aloittaa heti kun rakennusluvut ovat voimassa. Rakentaminen koostuu useista vaiheista, mm.: • rakennustyömaan saavutettavuus ja turvallisuus • maanrakennus ja perustukset • telineiden pystyttäminen • paneelien ja muun laitteiston asentaminen • liityntä sähköverkkoon • käyttöönotto ja testaus	Aurinkovoimalan omistaja on vastuussa voimalan ylläpidosta ja seurannasta voimalan käytön aikana. Seuranta pitää sisällään laitteiston suorituskyvyn jatkuvan seurannan ja mahdollisten ympäristövaikutusten seurannan.

Teollisen kokoluokan maa-asenteisen aurinkovoimahankkeen rakentamisen aikataulu

Aurinkoenergiajärjestelmien **rakentamiseen ei Suomessa ole olemassa yhtenäistä valtakunnallista ohjeistusta**. Ympäristöministeriössä tehdään parhaillaan aurinkovoimaloiden luvitukseen ja kaavoitukseen liittyvää ohjeistusta, joka julkaistaan keväällä 2024.

Vaiheita voi edistää samanaikaisesti tai limittäin. Vaiheet voivat kuitenkin olla riippuvaisia toisistaan. Esim. maankäytön suunnittelu ja ympäristövaikutusten arviointi tulee olla tehtynä ennen rakennusluvan myöntämistä, kun taas verkkoliityntäsopimus ja rakentaminen vaativat rakennusluvan.

Maankäytön suunnittelu

Vaiheen kesto: 1–3 v

Aurinkovoimaa voidaan käsitellä kaikilla alueen käytön suunnittelun tasoilla eli maakunta-, yleis- tai asemakaavassa.

Rakennuslupa voidaan myöntää olemassa olevan kaavan perusteella. Mikäli olemassa oleva kaava ei sovellu aurinkovoimalle, voi olla tarpeen hakea poikkeamislupaa. Jos alueelle ei ole suoraan rakentamista ohjaavaa kaavaa, on haettava suunnittelutarveratkaisu rakennuslupaa varten.



Ympäristövaikutuksien arviointi (YVA)

Vaiheen kesto: 1–3 v

YVA-menettelyn tarve varmistetaan ELY-keskukselta. YVA-menettelyssä selvitetään ja arvioidaan luontoon, rakennettuun ympäristöön, ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin sekä luonnonvarojen hyödyntämiseen kohdistuvia vaikutuksia.



Rakennuslupa

Vaiheen kesto: 1–3 kk

Haetaan kunnalta rakennuslupa, jos toimenpidelupa ei riitä. Yleensä teollisen kokoluokan hanke tarvitsee rakennusluvan. Aurinkovoimaloiden rakennuslupien myöntämisen käytännöt vaihtelevat kunnittain.



Verkkoon liittyminen

Vaiheen kesto: 1–3 v

Liittymispisteen paikannus, liittymis-neuvottelut ja -sopimus, kaapelireitistä sopimukset maanomistajien kanssa ja sähkönsiirtojohtojen asentaminen. Liittymissopimus edellyttää yleensä lainvoimaisen rakennusluvan. Yli 110 kV liittynän rakentamiseen haetaan energiavirastolta hankelupa.



Rakentaminen

Vaiheen kesto: 6–18 kk

Rakentamisen voi aloittaa kun rakennuslupa on lainvoimainen. Sääolosuhteet voi hidastaa tai rajoittaa rakentamista. Rakentamisvaihe päättyy voimalan testauksiin ja käyttöönottoon.



Aurinkovoimalan sujuva luvitus ja vaikutus

- YVAa sovelletaan yli 200 ha pysyviin maa- ja metsätalousalueisiin, joten **kyseessä olevalle aurinkovoimalalle ei YVAa vaadittaisi**; tällä hetkellä ei siis ELY-keskuksen hankeluettelossa ole aurinkovoimaa
- Paikallinen ELY-keskus saattaa poiketa tästä, mikäli alue käsittää merkittäviä luontoarvoja
- ELY-keskukselta on pyydettävä lausunto mahdollisimman aikaisessa vaiheessa
- Perustason ympäristöselvitykseen on syytä varautua

- HUOM. **YVA-prosesseja ei tyypillisesti ole vielä vaadittu edes suuremman kokoluokan voimaloissa.** Tähän on kuitenkin todennäköisesti tulossa muutosta, kun aurinkovoiman kaavoittamiseen ja luvitukseen tulee uusi opas kevään 2024 aikana.

- Muita huomioita:
 - Aurinkovoimala saatetaan voida toteuttaa eri alueelle kuin nyt on kaavailtu (mm. soveltuvuus, maaston muodot)
 - Aurinkovoimala on toteutettavissa vaiheittain sähkönkysynnän kasvaessa ja sijoitettavissa eri puolille lentokentän ja mahdollisen yrityspuiston reuna-alueita; ei siis yhtenäisenä aurinkopaneelikenttänä
 - Aurinkovoimalan heijastusvaikutukset ilmailuliikenteelle huomioitava
 - Sähköntuotannon rinnalla myös aurinkolämpökeräimet voivat tulla kyseeseen vaihtoehtoisena lämpöratkaisuna

[Aurinkoenergia - Uusiutuvan energian lupaneuvonta - ELY-keskus](#)

Aurinkovoima ja akkuvarasto osana kiinteistön energiajärjestelmää

- Akkuvarastoa voidaan hyödyntää usealla eri tavalla.
 - Sitä voidaan muun muassa käyttää uusiutuvan energian tuotannon varastointiin, jolloin niiden tuotannonvaihtelua voidaan tasata ja käyttää varastoitua energiaa myöhempinä ajankohtina.
 - Akkuvaraston avulla voidaan vahvistaa sähköverkkoa vakauttamalla sitä ja osallistumalla verkon taajuuden säätöön. Akkuvaraston kapasiteetti voidaan myydä Fingridin reservimarkkinoille tai akkuvarastoon varastoitua energiaa voidaan myydä vuorokausimarkkinoille tai päivänsisäisille markkinoille.
 - Akkuvaraston avulla voidaan myös edistää käyttöpaikan riippumattomuutta sähköverkosta.
- Akkuvaraston hankinnassa tulisi ottaa huomioon sen kannattavuus ja muut sen tarjoamat hyödyt.
 - Kannattavuuteen vaikuttaa mm. akkuvaraston investointi- ja käyttökustannukset, eri markkinapaikkojen tuottoennuste sekä sähkön markkinahinta ja sen kehitys.
 - Mikäli sähkön hinta pysyy maltillisena, energian myynnistä näille markkinapaikoille ei saada suurta tuottoa ja toisaalta pörssisähkön ostaminen on yhtälailla edullista. Toisaalta jos sähkön hinta kasvaisi, varastoimalla ja käyttämällä enemmän itse tuotettua energiaa, voitaisiin saada säästöjä ostetun sähkön vähentämisestä.
 - Akkuvaraston kannattavuuteen vaikuttaa myös sähkönkulutuksen jakautuminen vuorokauden tunneille, sillä myös sähkön markkinahinta vaihtelee tunneittain.
- Akkuvaraston tehon ja energiakapasiteetin mitoittamiseen vaikuttaa hybridihankkeissa uusiutuvan energian tuotannon määrä, kohteen energian kulutus ja profiili sekä suunnitellut käyttökohteet kuten markkinapaikat.
- Akkuvaraston teholla ja energiakapasiteetilla on vaikutusta kannattavuuteen.
 - Suurempi kapasiteetti mahdollistaa akkuvaraston laajemman hyödyntämisen esimerkiksi useammalla markkinapaikalla.
 - Energiakapasiteetin kasvattaminen kuitenkin lisää investointikustannuksia.

Aurinkovoimalan ja akuston rooli taajuudensäätöreservinä

- Akkua voidaan käyttää verkon taajuuden vakauttamiseen ja ylläpitämiseen.
- Akkua voidaan ladata ylitaajuustilanteessa (max. 50,1 Hz) ja samalla vähentää tuotantoa kulutukseen. Vastaavasti purkaa alitaajuustilanteessa (min. 49,9 Hz).
- Järjestelmälle tehtäisiin ensin säätökokeet ja arvioitaisiin sitten sen liittäminen osaksi taajuudensäätöreserviä.
- Akku voi toimia ns. hybridiroolissa eli olla tiettyinä valittuina tunteina osa taajuudensäätöreserviä ja toimittaa tiettyinä valittuina tunteina (esim. kalliimman sähkön aikaan) sähköä kulutukseen.
- Muita huomioita Fingridiltä (Taneli Leiskamo 23.4.2024):
 - "Koska olemme markkinan operaattori ja ainut ostaja, emme voi kommentoida tulevaisuuden hintatasoja tai kannattavuutta, emmekä suorita optimointeja tai kannattavuuslaskentaa markkinalle.
 - Aurinkopuisto ja/tai akku kykenee todennäköisesti energiarajoitteiden (akku) takia erityisesti nopeisiin taajuusohjattuihin reserveihin (FFR, FCR-D ylös, FCR-D alas, FCR-N). Mahdollisesti myös aFRR ja mFRR erityisesti, mikäli pystytte toteuttamaan säätöjä myös aurinkopuistosta tai jos akun energia/teho suhde on korkea.
 - FCR-N reservin minimitarjouskoko on 0,1 MW, jonka lisäksi akustosta (koskee rajallisen energiavaraston kohteita) pitää varata 34% tehokapasiteettia varaustason hallintaan.
 - Muiden reservien (FFR, FCRD, aFRR, mFRR) markkinan minimitarjouskoko on 1 MW."

Aurinkosähkövoimala, akun ja sähköisen ilmailun yhteensovittaminen

- Aurinkosähkövoimalan ja akkuvaraston yhdistelmä mahdollistaa sähköisen ilmailun energiatarpeita palvelevan ekosysteemin, jossa aurinkovoimalan tuottama ylijäämä sähkö varastoidaan akkuihin lentokoneiden lataushetkiä varten.
- Kun aurinkovoimala tuottaa sähköä, sen tuottama sähkö (kapasiteetti) voi olla suurempi kuin lentokoneiden hetkellinen lataustarve. Sähköä voidaan täten ohjata sekä lentokoneiden suoraan lataukseen että akustoon, joka toimii puskurina. Kenttä voi ostaa kaiken aurinkopuiston tuottaman sähkö ja hyödyntää sitä tarpeen mukaan. Tällä tavoin, kun tuotetun aurinkosähkö määrää on huipussaan, osa voidaan varastoida akkuihin myöhempää käyttöä varten. Näin varmistetaan, että lentokoneiden lataamiseen on käytettävissä tasainen ja luotettava sähkövirta myös silloin, kun aurinko ei paista.
- Kiinteä sähkövarasto voi olla hyvin suuri, mikä mahdollistaa lentokoneiden lataamisen ilman keskeytyksiä ja akun purkamisen suuremmalle määrälle koneita yhtä aikaa. Pienempiä liikuteltavia latausvaunuja voidaan käyttää, kun tietty lentokone halutaan ladata nopeasti tai sen sijainti vaatii joustavaa liikkuvuutta. Järjestelmän taloudellinen hyöty tulee sekä energian tasaisesta käytöstä että mahdollisista sähköverkon tehomaksujen säästöistä.
 - Sähköverkon tehomaksu tarkoittaa sähköverkkoyhtiöiden perimää lisämaksua, joka perustuu sähkönkulutuksen kulutuspiikkeihin. Sähkön kulutuspiikit lisäävät tehomaksun suuruutta, eli hinnoittelumalli pyrkii kannustamaan kuluttajia mahdollisimman tasaiseen sähkön kulutukseen. Tarkempi hinnoittelu riippuu sähköverkkoyhtiöstä.
 - Akkujen hyödyntäminen lentokoneiden latauksessa tasaa lentokentän sähkönkulutuksen profiilia, eli vähentää tarvetta ostaa sähköä verkosta niinä hetkinä kun lentokentällä on suuri lataustarve. Mikäli akuissa oleva sähkö ei riitä kattamaan lataustarvetta, tulee sähkö ostaa verkosta (mikäli aurinkovoimala ei tuota sähköä akkuihin), mutta ilman akkujen hyödyntämistä sähköä joudutaan ostamaan hetkellisesti enemmän verkosta (kulutuspiikki) mikä voi johtaa korkeampiin tehomaksuihin.
- Akkujärjestelmiä voidaan käyttää energiavarastoina sähköisten latauspisteiden yhteydessä, tasoitellen sähköverkon kuormitusta vuorokauden ympäri.
- Kiinteät sähkövarastot soveltuvat yli 1 MWh:n kapasiteettitarpeisiin, kun taas pienempiin tarpeisiin sopivat joustavat, liikuteltavat latausvaunut.
- Pienillä lentoasemilla sähkövarastoja voidaan hyödyntää kalliiden sähköliittymäinvestointien välttämiseksi ja suurteholaturien asennuskustannusten alentamiseksi.
- Sähköakkuja voidaan ladata ennen lentokoneen saapumista ja purkaa suuremmalla teholla kun lentokone on latauksessa. Tällöin vältetään lentoaseman sähköliittännän kapasiteetin nostolta ja tehomaksuilta. Tämän prosessin taloudellinen kannattavuus on kuitenkin epävarmaa ja vaatii selvitystä.
- Ansaintamahdollisuudet
 - Investointien säästöt: akkujen hyödyntäminen vähentää tarvetta kalliille sähköliittymä-investoinneille ja mahdollistaa lataamisen ilman sähköliittymän kapasiteetin nostotarvetta.
 - Tasainen energiakustannus: tasainen sähkönkulutusprofiili voi vähentää kulutuspiikkejä
 - Teknologian toimittaminen ja palvelut: lentokenttä voi tarjota latausinfrastruktuuria muille toimijoille tai vaihtaa tyhjät akut täysiin (olettaen että lentokoneessa on vaihdettavat akut
 - Sähkön myynti: mikäli lentokenttä ostaa kaiken aurinkopuiston tuottaman sähkö, ja tilanteessa jossa kaikkea tuotettua sähköä ei kuluteta lentokentällä (lataus, akkujen varaus), voi lentokenttä mahdollisesti myydä ylimääräisen sähkö takaisin verkkoon tai muille käyttäjille.

Aurinkosähkövoimala, akun ja sähköisen ilmailun yhteensovittaminen

- Akkujen kannattavuuteen vaikuttavat tekijät
 - Investointikustannus ja käyttökustannukset (ylläpito, huolto)
 - Ansaintamahdollisuudet, eli miten akussa olevaa sähköä käytetään (oma käyttö, myynti)
 - Akun hajoaminen ja elinikä: akkujen tehokkuus ja varastointikapasiteetti heikkenevät ajan myötä. Heikkenemisnopeus vaikuttaa siihen, kuinka kauan akku voi toimia ennen kuin se on vaihdettava, mikä vaikuttaa investoinnin kokonaistuottoon. Tähän keskeisesti vaikuttaa akun käyttötapa (lataussyklit)
 - Akun purkunopeus (C rate) vaikuttaa akun ikään, jos akku jatkuvasti puretaan nopeasti (esim. 1.5 C rate), vaikuttaa se akun ikään negatiivisesti
 - Akun purkusyvyyden (eli puretaanko akku täysin tyhjäksi vai vain osittain, DoD) ja akun käyttöiän välillä on suora yhteys. Mitä matalampi purku, sitä suurempi on akun syklien määrä
 - Latauslämpötila (korkeat tai matalat lämpötilat heikentävät akun elinikää)
- Lentokoneen lataaminen
 - Lentoyhtiöt suosivat yleensä lyhyitä kiertoaikoja (turn-around) lentoasemilla, jolloin tarvitaan pikalatausta.
 - Suurilla akuilla varustettujen lentokoneiden nopean latauksen mahdollistaminen vaatii paljon virtaa. Heart Aerospace on ilmoittanut, että 1 MW:n latauslaitteella lataus kestää noin puoli tuntia, jotta kone voidaan valmistella valmiiksi seuraavaan tehtäväänsä.
 - Latausaika riippuu akun kapasiteetista, akun varauksesta ja laturin tehosta
 - Heart Aerospace ES-19 lentokoneen akkujen latausaika noin 40 min 1 MW latausteholla*

*Moottori 2022



Aurinkovoimalan tuottaman sähkön hyödynnettävyys alueella

- 50 MWp aurinkovoimala tuottaa noin 40 000 – 56 000 MWh (40 - 56 GWh) sähköä vuodessa.
- Tämä riittää vuositasolla kattamaan koko alueen sähköntarpeen, mutta käytännössä kulutus ja tuotanto eivät ajoitu samalle hetkelle.
- Vieressä on esimerkki kuinka paljon 50 MWp voimalan tuotannosta voitaisiin hyödyntää erilaisissa sähkönkulutuksen skenaariossa.
- Teollisuuspuiston rakennuksien katoille asennettavat aurinkopaneelit nostaisivat vielä lisää omavaraisuutta ja alueen uusiutuvan energiantuotantoa.

Skenaario	Sähkön kulutus GWh	Aurinkosähköä hyödynnetään GWh	Hyödynnettävyys %
Kehittynyt teollisuuspuisto ja lentoasema	1,3	0,8	65 %
Kehittynyt teollisuuspuisto ja lentoasema sähköinen ilmailu (2 MW lataus ajoitettu aurinkopaneelien tuotantoon)	10	8	83 %
Kehittynyt teollisuuspuisto ja lentoasema sähköinen ja vety ilmailussa (2 MW lataus ja 2 MW vetylaitos ajoitettu aurinkopaneelien tuotantoon)	18	14	76 %
Kehittynyt teollisuuspuisto ja lentoasema, suora sähköinen lämmitys (ei lämpöpumppuja)	3	1,4	53 %

Aurinkopaneelit ja sähkön siirto

- Aurinkovoimalan vaikutus siirtomaksuihin
 - kantaverkon liittymissopimus pohja ja -maksut löytyvät <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/>
 - ja siirron sopimus pohja ja -maksut <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/kantaverkkosopimus-ja--palvelumaksut/>
- Milloin aurinkovoimalalla ei tarvitse maksaa siirtomaksuja?
 - Siirtomaksuja ei tarvitse maksaa, jos sähkö käytetään saman kiinteistön alueella.
- Motivan (valtion kestävän kehityksen yhtiö, joka kannustaa energian ja materiaalien tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön) esittämiä energiayhteisömalleja kuvauksineen on esitettyä jatkossa sivuilla 44 – 48.
- Käytössä on useampia erilaisia energiayhteisömalleja. Tällä hetkellä toiminnassa on lähinnä samalla kiinteistöllä/ kiinteistöryhmällä toimivia energiayhteisöjä.
 - Täältä löytyy lisää tietoa näistä energiayhteisöistä, mutta täytyy olla tarkkana, koska kaikki ei ole vielä laissa, vaan vasta konseptitasolla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiayhteisot/energiayhteisomallit>

- Energiayhteisö voidaan toteuttaa myös kiinteistörajat ylittävänä energiayhteisönä, jolloin sähköntuotantolaitos sijaitsee kiinteistörajan toisella puolella, mutta liitetään kiinteistöön erillisellä sähkölinjalla.
- Miten aurinkopaneelien sähkön omakäyttö on kannattavinta?
 - Kannattavuuteen vaikuttaa tarvittava energia, käyttötunnit ja sähkön hinta kyseisinä tunteina. Tuotantohan painottuu tietysti aurinkoisille tunneille. Kuitenkin kesällä sähkön hinnat ovat yleensä maltillisia ja hinnat nousee talvella, kun aurinkovoima ei juuri tuota. Eli tässä tapauksessa spot-hinnan kanssa pelaaminen on haastavaa.
 - Tuotannosta saatavan hyödyn maksimoimista omaan käyttöön voisi lisätä esim. akkuvarastolla, josta sähköä voisi käyttää omaan tarpeisiin ja myydä verkkoon tai esim. kulutusjoustolla eli käytännössä kulutuksen siirtämisellä aurinkoisille tunneille. Kannattavuuden arviointiin pitäisi kuitenkin saada lisää tietoa kohteen kulutustarpeista.

Energiayhteisöt (1/5)

Kiinteistön sisäinen energiayhteisö



Kiinteistön sisäistä energiayhteisöä ei ole terminä määritelty Suomen kansallisessa lainsäädännössä. Sillä tarkoitetaan energiayhteisöä, jonka jäsenet sekä tuotanto ja/tai energiavarastot sijaitsevat samalla kiinteistöllä tai sitä vastaavalla kiinteistöryhmällä.

Toteutusvaihtoehdot jaotellaan sähkön jakamistavan perusteella hyvityslaskennalla toteutettuihin energiayhteisöihin, joita ovat paikallinen energiayhteisö ja aktiivisten asiakkaiden ryhmä sekä takamittaroinnilla toteutettuihin energiayhteisöihin.

Lähde: Energiayhteisömallit - Motiva

Energiayhteisöt (2/5)

Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö



Lähde: Energiayhteisömallit - Motiva

Tämänhetkinen lainsäädäntö ei tunnista kiinteistörajat ylittäviä energiayhteisöjä. Lainsäädännössä (Sähkömarkkinalaki 588/2013) käsitellään ainoastaan erillisen linjan määritelmä ja sen rakentamisen luvanvaraisuus. Siksi tällä verkkosivustolla kiinteistön rajat ylittävää energiayhteisöä käsitellään paikallisen energiayhteisön tai aktiivisten asiakkaiden ryhmän yhtenä muotona, jossa energiayhteisöön liitetään toisella tontilla tai kiinteistöllä sijaitsevaa erillistä pienimuotoista sähköntuotantoa erillisellä linjalla. Nämä kiinteistöt tai kiinteistöryhmät sijaitsevat toistensa välittömässä läheisyydessä.

Yleensä lähtötilanteena on se, että tuotantomahdollisuudet ovat paremmat toisen kiinteistön alueella kuin missä kulutus on. Tällöin sähkö siirretään erillistä linjaa pitkin kulutuskohteeseen, eikä sähköstä tarvitse maksaa siirtomaksuja eikä pääsääntöisesti sähkö- ja arvonlisäveroja. Esimerkiksi jos erillisellä linjalla liitetään yhdellä kiinteistöllä sijaitseva aurinkosähköjärjestelmä toisella kiinteistöllä sijaitsevaan yhteen omakotitaloon, ei voida sanoa, että kyseessä on energiayhteisö. Mutta jos aurinkopaneelit liitetään erillisellä linjalla yhdellä kiinteistöllä sijaitsevassa kerrostalossa sijaitsevaan käyttöpaikkaan, ja kerrostalossa sähkö sitten jaetaan hyvityslaskennan avulla kerrostalon asukkaiden eli eri sähkönkäyttöpaikkojen kesken, on kyseessä energiayhteisö.

Ero on siinä, onko erillisellä linjalla kytketty erillinen tuotantoyksikkö erilliseen sähkönkäyttöpaikkaan, joka on yksi kulutuspiste (esim. omakotitalo) vai liitetäänkö erillinen tuotantoyksikkö erilliseen sähkönkäyttöpaikkaan, josta se edelleen jaetaan hyvityslaskennan avulla energiayhteisön kesken.

Energiayhteisöt (3/5)

Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö (jatkuu)



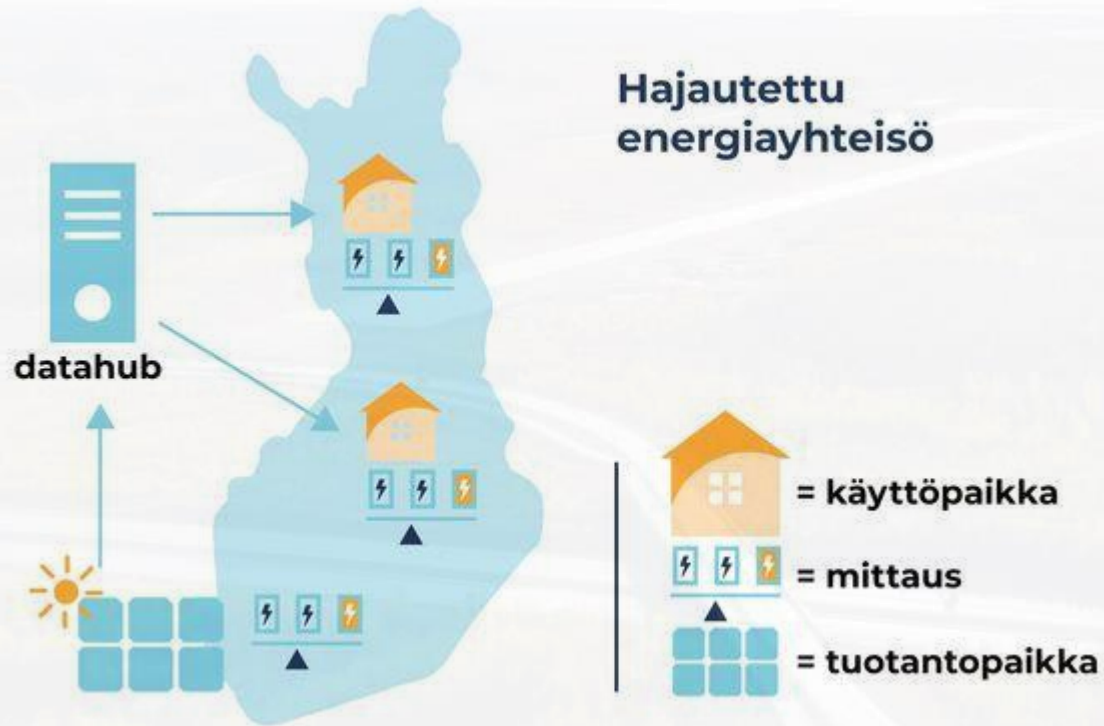
Lähde: Energiayhteisömallit - Motiva

Lähtökohtaisesti sähköverkkotoimintaa saa harjoittaa Suomessa sijaitsevassa sähköverkossa vain Energiaviraston myöntämällä luvalla (sähköverkkolupa), ja jakeluverkonhaltijalla on yksinoikeus rakentaa jakeluverkkoa vastuualueellaan. Sähkömarkkinalain mukaan jakeluverkon rakentaminen on kuitenkin sallittua, kun kysymyksessä on erillinen linja, jolla liitetään pienimuotoista sähköntuotantoa sähkönkäyttöpaikkaan tai kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän verkkoon.

Erillinen linja yhdistää tuotantolaitoksen ja yhteisön kiinteistöt, mutta ei yhdistä kulutuskohteita, eikä ole yhteydessä jakeluverkkoon. Erillisen linjan tulee olla pienjännitetasolla ja sen rakentajan tulee vastata sen sähkönlaadusta, sähköturvallisuudesta ja muista luvista. Erillisen linjan rakentaminen ei vaadi lupaa jakeluverkonhaltijalta, eikä sähkömarkkinalaissa määritellä, tuleeko verkon rakentamisesta ilmoittaa alueen jakeluverkonhaltijalle.

Mikäli erillisellä linjalla yhdistetään tuotanto useampaan eri kiinteistöön, pitää jokaisella kulutuspaikalla olla lähtökohtaisesti oma invertteri ja tuotantolaitokset pitää olla fyysisesti erotettuna toisistaan. Tämä määritelmä sulkee käytännössä esimerkiksi kahden eri kiinteistön (joilla erilliset liittymät sähköverkkoon) yhteisen tuulivoimalan mahdollisuuksien ulkopuolelle, koska sitä ei voi fyysisesti jakaa osiin. Ongelma on myös siinä, että tuotantoa ei voida jakaa joustavasti kulutuksen ja tuotannon mukaisesti, kun eri kulutuskohteilla on oltava erilliset tuotantolaitteistot. Jos tuotantoa voitaisiin jakaa jonkinlaisella hyvitysmallilla, niin omakäyttöosuutta voitaisiin kasvattaa.

Energiayhteisöt (4/5)



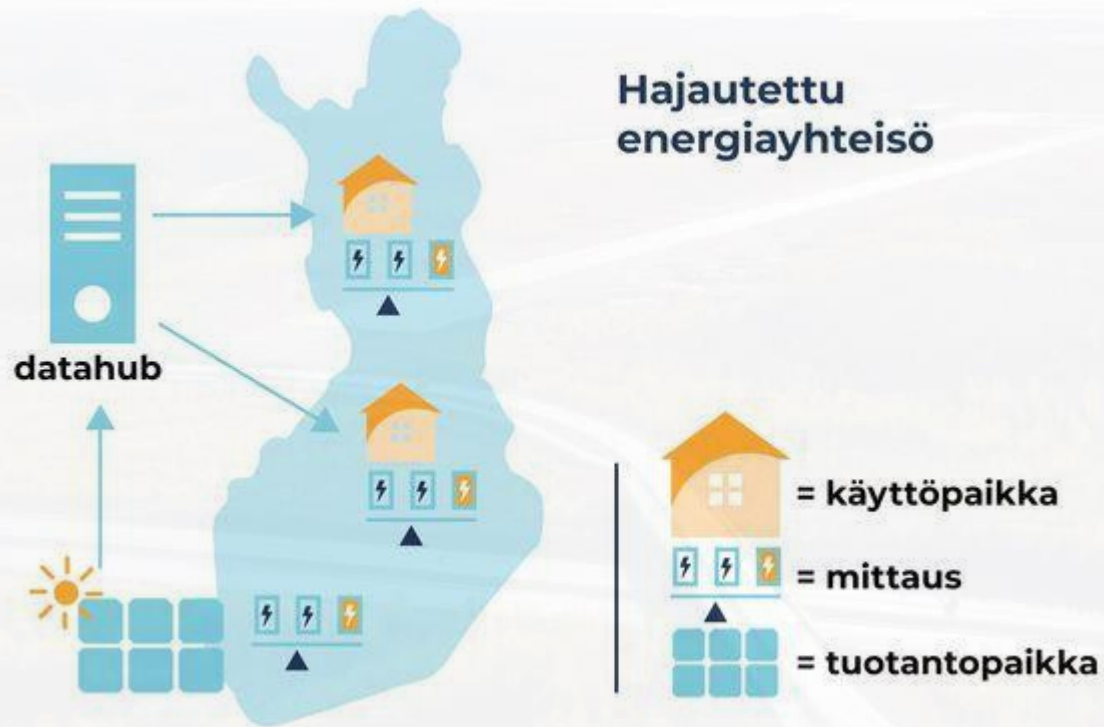
Suomen lainsäädäntö ei tunnista termiä hajautettu energiayhteisö. Sitä käytetään kuitenkin yleisesti kuvaamaan energiayhteisöjä, joissa sähkön tuotanto ja kulutus sijoittuvat eri kiinteistöille ja tuotanto yhdistetään kulutukseen sähkön siirtoverkon kautta. Hajautettua energiayhteisöä voidaan kutsua myös virtuaaliseksi energiayhteisöksi.

Koska hajautettu energiayhteisö hyödyntää energian siirtämiseen sähköverkkoyhtiön siirtoverkkoa, se ei voi hyödyntää sähköntuotannossa hyvityslaskentaa kuten paikallinen energiayhteisö. Hajautetussa energiayhteisössä tuotettu sähkö vaikuttaa energiayhteisön jäsenten sähkölaskuun vain energiamaksun osalta ja hyöty jää saamatta verkkopalvelumaksun ja sähköveron osalta. Tämä pienentää omasta sähköntuotannosta saatavaa taloudellista hyötyä.

Hajautetussa energiayhteisössä sähkön tuotantoresursseja voidaan hankkia yhteishankintana suuremmassa yksikkökoossa, mikä alentaa investoinnin yksikköhintaa (eur/kW) verrattuna siihen, että kukin hankkii oman sähköntuotantojärjestelmänsä. Hajautettuun energiayhteisöön osallistuminen mahdollistaa oman sähköntuotannon myös asukkaille ja organisaatioille, joilla ei ole mahdollisuutta hankkia suoraan "oman" kiinteistön sähkökeskukseen liitettävää sähköntuotantoa.

Lähde: Energiayhteisömallit - Motiva

Energiayhteisöt (5/5)



Hajautettu energiayhteisö on mahdollinen nykyisen lainsäädännön puitteissa sähkönmyyntiyhtiön tarjoamana palveluna. Sähkönmyyntiyhtiö ei kuitenkaan ole velvoitettu tarjoamaan hajautetun energiayhteisön palveluja. Sähkönmyyntiyhtiön organisoimaan hajautettuun energiayhteisöön voisivat liittyä ne sähkökäyttäjät, joilla on sähkösopimus kyseisen yhtiön kanssa.

Yksinkertainen esimerkki hajautetusta energiayhteisöstä on asukas, joka haluaa hyödyntää omistamalleen kesämökille asennettavien aurinkopaneeleiden tuottamaa sähköä myös asunnossaan. Jotta hajautettu energiayhteisö olisi mahdollinen, asuntoon ja kesämökille on hankittava sähkö samalta sähkönmyyntiyhtiöltä, jonka kanssa on tehtävä myös ylijäämäsähkön myyntisopimus. Sähkönmyyntiyhtiö voisi tarjota esimerkiksi palvelua, jossa vähentää laskutuksessa asunnon sähkökulutuksesta asunnolle jyvitetyn aurinkosähkön tuotannon. Silloin kun asunnon sähkökulutus alittaisi asunnolle jyvitetyn aurinkosähkön tuotannon, loppuosasta maksettaisi ylijäämäsähkön myyntisopimuksen mukainen korvaus. Sähkön siirtomaksuihin ja sähköveroon järjestely ei vaikuttaisi.

Lähde: Energiayhteisömallit - Motiva

Luonnon monimuotoisuuden huomioiminen ja ekologinen kädenjälki

Huomioitavaa aurinkovoimalan esisuunnittelussa

Aurinkovoimalan kaava-alueen osalta

- Tarvitaanko luontoselvitys? Tehdään tarvittaessa, kun maakunnallisesti ja valtakunnallisesti arvokkaat kulttuuri- ja maisemakohteet, luonnonsuojelualueet on suljettu pois.
- Lähtökohtaisesti metsäkohteet poissuljettuina; mieluummin esimerkiksi käytöstä poistetut kaatopaikat ja peltoalueet
- Kun puuston kaato tarpeen, on tärkeätä sen laadun ennakkoarviointi
- Tärkeät lintualueet
- Kasvillisuus (herkät eliö- ja kasvilajit)
- Alueen mahdolliset ojitetut suot ja niiden ennallistaminen (huom. mahdollisuus rahoituksen saamiselle)
- Ilmakuvat, maaston muotoseikat, maaperän rakenne
- Mahdollisesti tarvittavat pintamassan vaihdot ja laajat maansiirtotyöt (huom. luonnon palautuminen ennalleen)
- Mahdolliset muinaisesineet/-kohteet
- Näihin sekä naapureiden huomiointiin voi lukeutua esimerkiksi kattavat luontoselvitykset sekä luonnon huomioiminen esim. viherkäytävillä, maisemoinnilla ja monimuotoisuutta lisäävien alueiden säästämällä

Luonnon monimuotoisuuden edistäminen/vahvistaminen

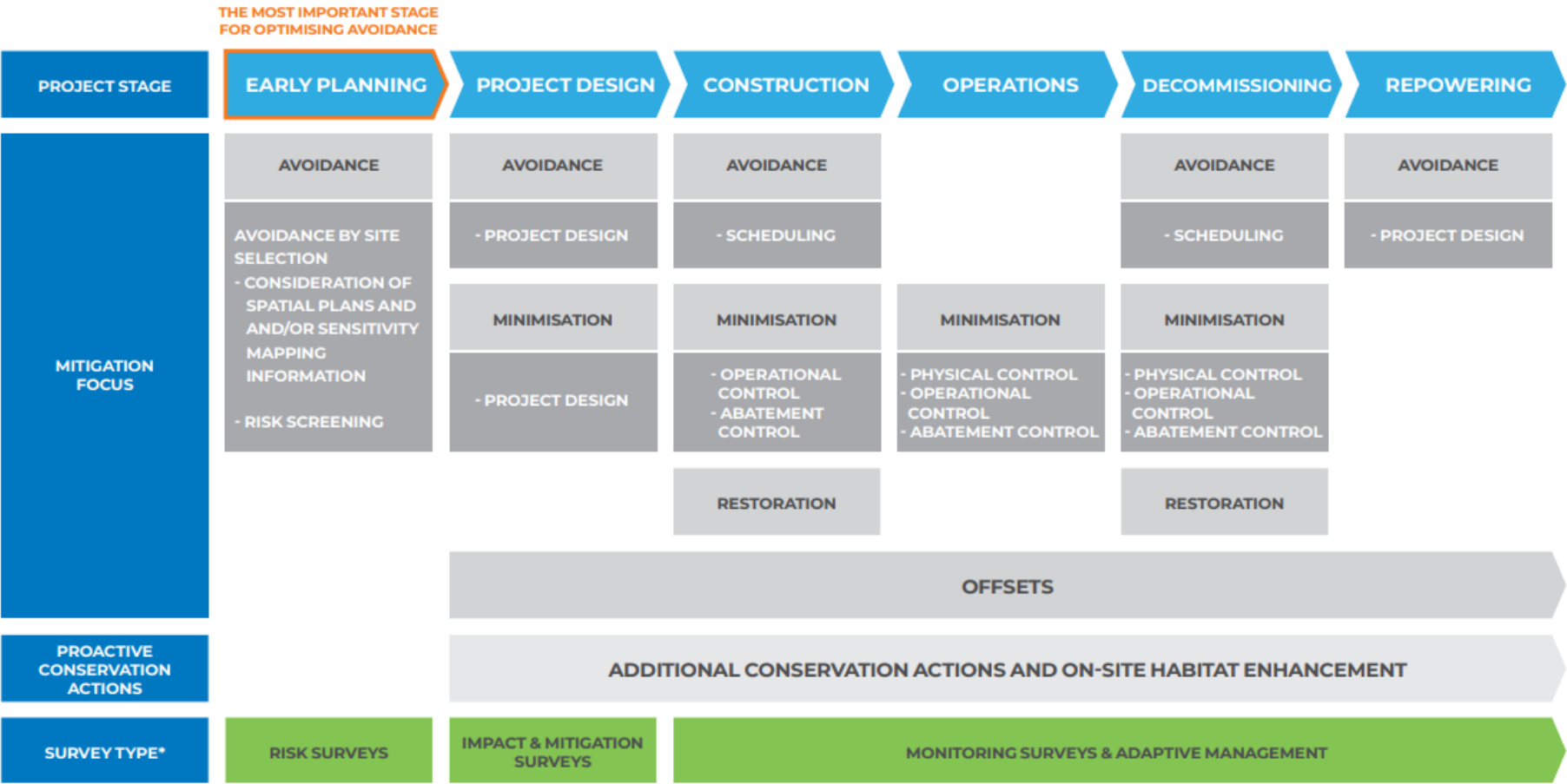
- Alue (300 ha) tulee varmaankin rajata pienempiin kokonaisuuksiin, joten sinne ei oikein voi lähteä esittämään mitään suuremman eliöstön kannalta olennaista.
- Ko. aurinkovoimala-alueella (noin 50 ha) on mahdollisuus edistää paahdeympäristöjä ja hyönteisten (esim. pölyttäjät/päiväperhoset) kannalta monimuotoista ympäristöä ja jolla on luontoarvojen kannalta merkitystä.
- Keskeistä huomioida mm. estevaikutukset, vaikutukset paikan luontotyypeihin, lintuihin, lepakoihin.
- Luontovaikutusten arviointi
- Metsien uudistamis- ja hoitotoimet
- Ekologinen kompensatio
- YVAN ja luvituksen kautta suurimpien haitallisten vaikutusten välttäminen
- Yleisötilaisuuksien ja kyselyiden järjestäminen

Kansallisessa Dasgupta-selvityksessä esiin nostettuja kaupunkeja ja yrityksiä koskevia ajatuksia ja käytännön keinoja:

- Ekologinen kompensatio pakolliseksi rakennushankkeissa?
- Kattavat selvitykset maa-alueiden luontotyypeistä tueksi päätöksentekoon

Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development - Guidelines for project developers

Figure 2.4 Applying the mitigation hierarchy across the project development cycle, including mitigation components relevant at each stage



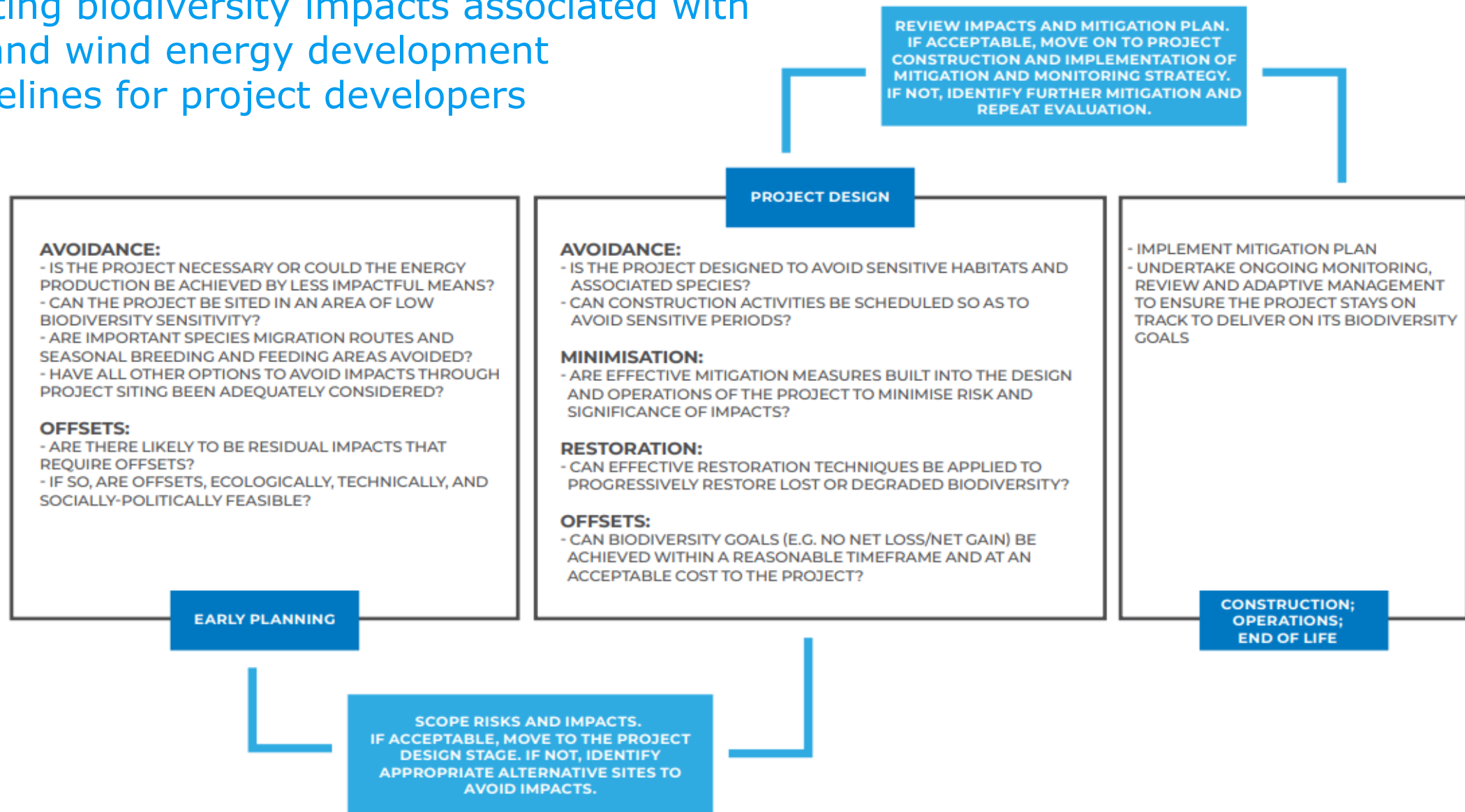
*The type of surveys needed to assess and monitor biodiversity risk, impacts and mitigation.

© IUCN and TBC, 2021

- Alkuvaiheen suunnittelu on luonnon monimuotoisuuden kannalta ihan keskeinen!
- Potentiaalisten paikkojen valinta ja riskien kartoittaminen → menetelmät

Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development

- Guidelines for project developers



© IUCN and TBC, 2021

Lievennyshierarkia

- Lievennyshierarkia on luonnon monimuotoisuuden turvaamisessa laajasti hyväksytty periaate, jonka mukaan ihmisen toimillaan aiheuttamat haitat luonnolle tulee ensisijaisesti pyrkiä välttämään, toissijaisesti minimoimaan ja viimesijaisesti joko korjaamaan ne paikan päällä tai hyvittämällä ne ekologisella kompensaatiolla eli toisaalla tehdyillä luonnon monimuotoisuutta vahvistavilla toimilla.
- Lievennyshierarkian mukaan toiminnan haitalliset vaikutukset pyritään ensin välttämään, sitten lieventämään, kolmanneksi kunnostamaan ja viimeisenä kompensoidaan



Välttä

- **Välttä** vaikutusten toteutumista tai **poista** vaikutus kokonaisuudessaan
- Vain tulevat tai mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset voidaan välttää

Miksi välttää?

- Jotkin vaikutukset ovat peruuttamattomia, minkä vuoksi niitä voi ainoastaan välttää
- Joitain vaikutuksia voi olla vaikea ymmärtää, minkä vuoksi on parempi välttää niitä kunnes niitä ymmärtää enemmän
- Välttäminen on kaikkein tehokkain tapa ekologisesti, sillä on suurin todennäköisyys onnistua, ja se voi olla huomattavasti kustannustehokkaampaa kuin korjaavat menetelmät
- Välttäminen on luotettavin vaikutusten lievennyskeino

Miten välttää?

- Hyödynnä jo rakennettuja maa-alueita.
- Sijoita paneelit rakennusten seinille ja katoille sekä jo rakennetuille alueille tai niiden läheisyyteen, kuten tuulipuistoihin.



Vähennä

- Vähentäminen **minimoi** vaikutuksia
- Kun yritys ei voi kokonaan välttää kielteisiä luontovaikutuksia, niitä tulee **vähentää** verrattuna lähtöpisteeseen
- **Avainkategoriat vaikutusten vähennysstrategiaan:**
 - Tuotannon prosessin muutokset
 - Tuotesuunnittelun muutokset
 - Tuotehallinta
 - Liiketoimintamallin muutokset
 - Toimittajien sitouttaminen

Miten vähentää?

- Biologiseen monimuotoisuuteen kohdistuvien riskien varhainen tunnistaminen seulomalla ne osana hankesuunnittelua.
- Pyritään säilyttämään ekologiset yhteydet.



Korjaa paikan päällä - elvytä & ennallista

- Näitä toimia tarvitaan 1) **korjaamaan luontovaikutuksia, joita ei voi välttää tai vähentää** ja 2) **saavuttamaan mitattavissa olevia positiivisia vaikutuksia luonnolle** osana yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamista
- Elvyttämisen ja ennallistamisen toimia tarvitaan, koska kulutuksemme ylittää maapallon kyvyn tuottaa uusiutuvia luonnonvaroja
- Ennallistamistoimet ovat epävarmempia verrattuna välttämisen ja vähentämisen toimiin, ja niiden toteuttaminen vaatii enemmän aikaa

Elvytä

- Elvyttämiseen liittyvät toimet keskittyvät **ekologisen tehokkuuden kasvattamiseen**
- Elvyttämisen toimet sopivat ekosysteemeille, jotka ovat ihmisten käytössä ja joiden käyttötarkoitusta ei ole välttämätöntä muuttaa.

Ennallista

- Ennallistamistoimet keskittyvät palauttamaan heikentyneet ekosysteemit **ekologisesti luonnollisempaan** maan-/merenkäyttöön.
- Ennallistaminen sopii paremmin muuttamaan alueen käyttötarkoitusta ja tilaa luonnollisempaan suuntaan.



Kompensoi - Ekologinen kompensatio

- Ekologisen kompensaation käyttö voi lisätä yleistä hyväksyttävyyttä luontoa kuormittaville hankkeille ja sääntöjen mukaan toteutettuna toiminta on läpinäkyvää ja säänneltyä
- Ekologisen kompensaatioiden käyttöä voitaisiin kartoittaa muun muassa seuraavalla tavalla:

1. Alustava kompensaatiotarpeen laskenta

- *Suunnitellun hankealueen kompensaatiotarpeen arviointi avoimien ja asiakkaalta saatavien luontotyyppitietojen perusteella*

2. Hankealueella tehtävien luontotyyppikartoitusten avulla tehtävä kompensaatiotarpeen laskenta

- *Asiantuntijan arvio luonnon nykytilasta heikennysalueella (Luontoselvitykset)*
- *Heikennyksen laskenta habitaatti hehtaareina (hha) ja hyvitysmäärän alustava laskenta*

3. Hyvitysmahdollisuuksien kartoitus

- *Lähialueen toimijoiden ja mahdollisten hyvityskohteiden selvitys ja varmistaminen*

4. Luontoselvitykset hyvitysaluille

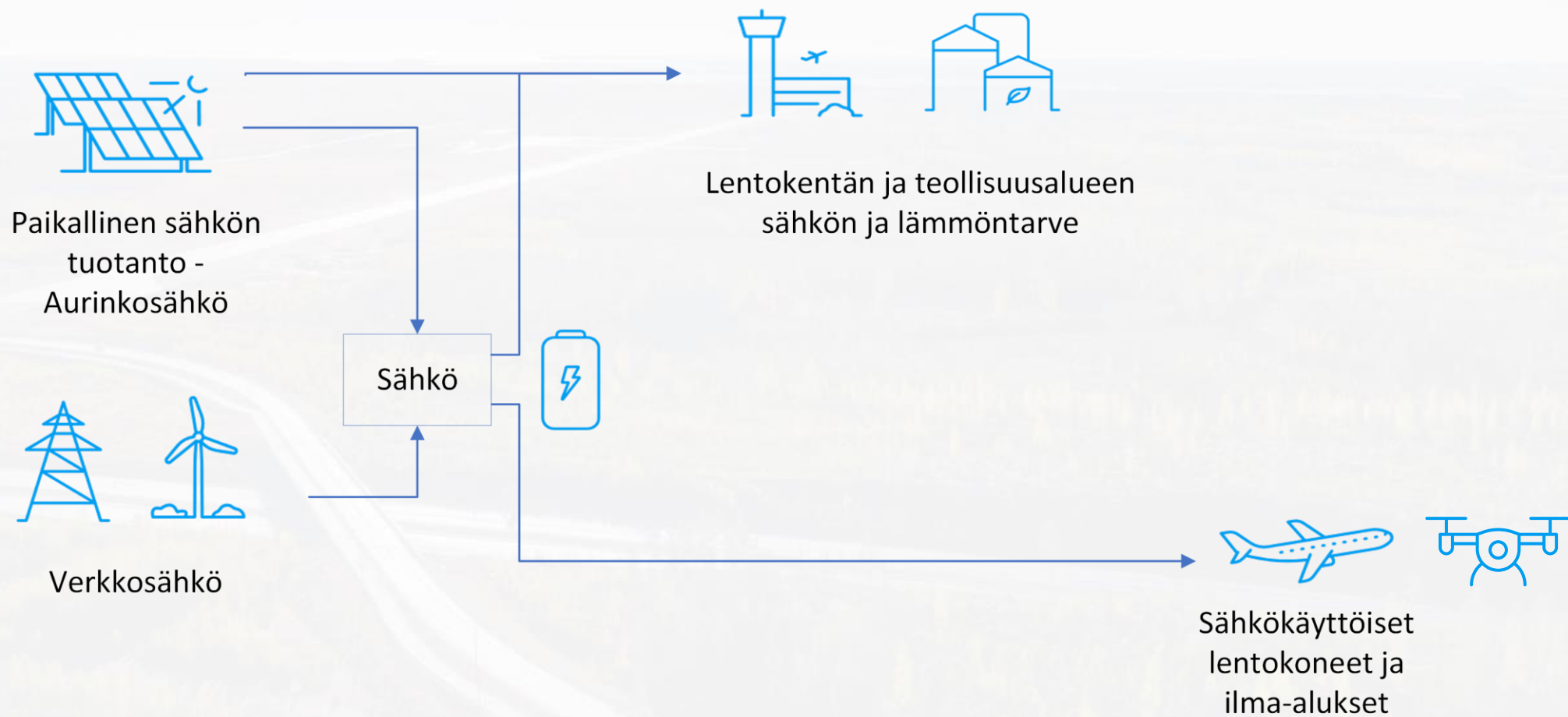
- *Arvio hyvitysalueen tilasta*

5. Hyvitysalueen varmistus ja toimenpiteiden aloittaminen



Kestävien energianratkaisujen skenaariot

Lentokenttien uusiutuvan energian vaihtoehdot - Sähköinen ilmailu



Suora sähköistys

Teknologinen kypsyys

- Osittain kypsää teknologiaa

Aikataulu

- Sähköiset dronet saatavilla jo nyt. Pieniä 1-20 paikkaisia lentokoneita saatavilla jo 2020-luvulla.

Toteutettavuus

- Helppo ja melko nopea toteuttaa
- Vaatii standardoidun latausinfra ja sopivat käyttäjät
- Talviolosuhteiden vaikutukset sähköisille ilma-aluksille on syytä selvittää

Panostukset sidosryhmiltä

- Vaatii sähköiseen lentämiseen erikoistuneita toimijoita kentälle

Uusi infra

- Alueelle täytyy tehdä tilavaraus latauspuistolle, johon mahtuu useita ilma-aluksia lataukseen samanaikaisesti
- Latausasemat vaativat suuremman sähköliittymän

Markkinoiden vaikutukset

- Sähkön markkinahinta vaikuttaa kannattavuuteen
- Lentopolttoaineiden markkinahinnalla ei suoraa vaikutusta kannattavuuteen

Millaista toimintaa skenaario voi sisältää

- Sähköiset dronet, VTOL-dronet, aluksi 1-5 paikkaiset pienet lentokoneet ja myöhemmin <20 paikkaiset. Toimintasäde <500 km.
- mm. droneliiketoiminta, -logistiikka, ilmataksit ja liikelennot

Esimerkki ilma-aluksista

- Heart Aerospace ES-19 – 19-paikkainen sähkölentokone on tulossa tuotantoon 2026. Matkanopeus 333 km/h, 4 kpl 400 kW sähkömoottoria ja 720 kWh akusto
- Eviation Alice – 9-paikkainen sähkölentokone on suunnitteilla. Kantama 800 km, nopeus 410 km/h, akkukapasiteetti 820 kWh.
- Joby Aviation – 4-paikkainen eVTOL-ilma-alus on jo markkinoilla. Kantama 240 km, maksimi nopeus 320 km/h.

Synergiahyödyt

- Voi luoda mahdollisuuden täysin uudelleenlaisille ilmailuliiketoiminnalle kuten drone kuljetuksille, kestäväälle matkailulle ja turismille sekä dronetakseille
- Sopii hyvin teollisuuspuistoon sijoittuvan toiminnan rinnalle
- Paikallisesti tuotettu aurinkosähkö nostaa energiaomavaraisuutta
- Sosiaalinen hyväksyttävyyys

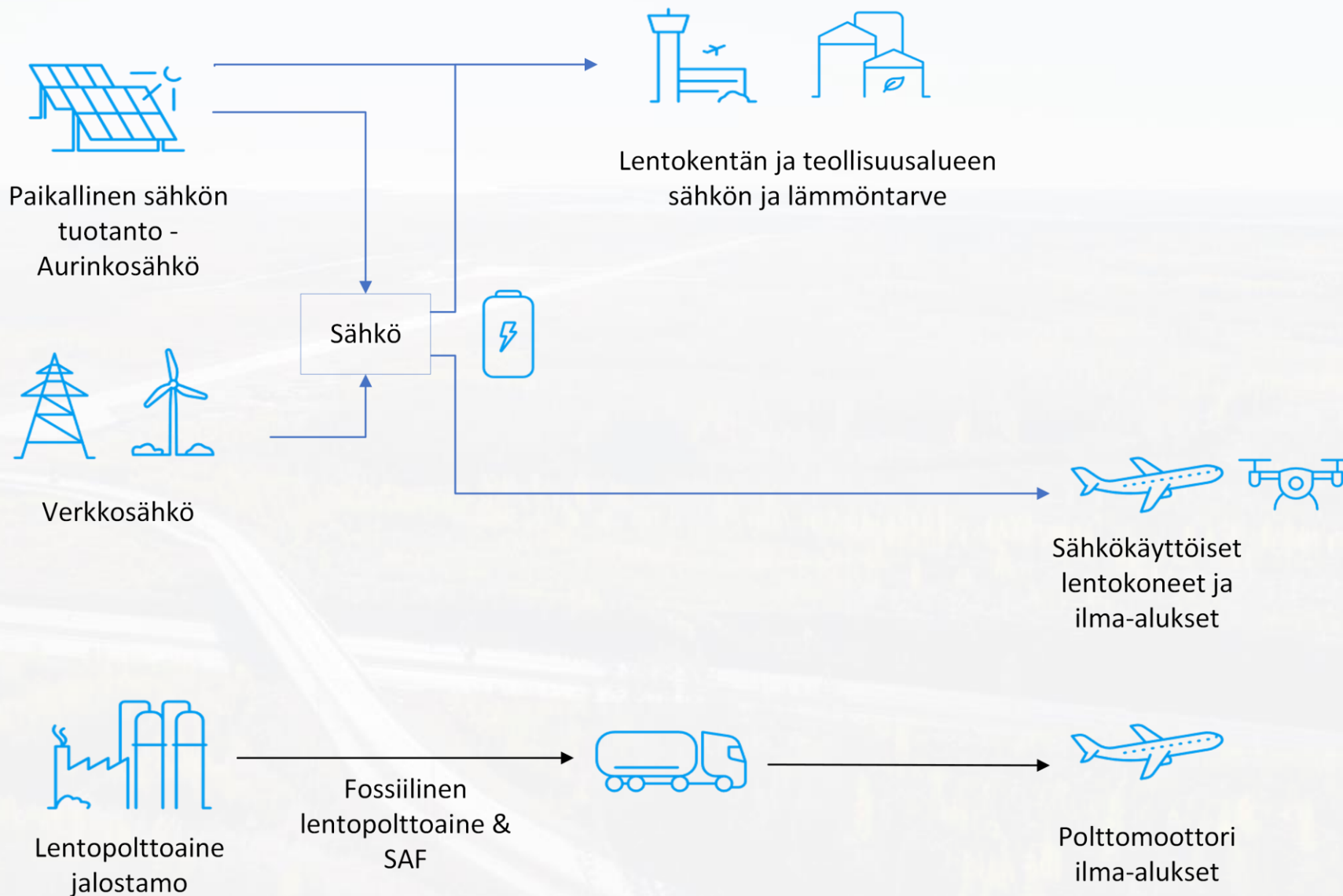
Ympäristövaikutukset

- Vähän paikallisia vaikutuksia. Ei suoria päästöjä. Meluvaikutus propelleista
- Sähköistus on paras vaihtoehto ilmastopäästöjen vähentämiseen

Taloudellisuus

- Sähköisillä ilma-aluksilla on tyypillisesti edulliset huolto- ja käyttökustannukset
- Latausinfra investointi on melko korkea. Muutaman MW-latauspaikan hinta on luokkaa 1,5-2,2 m€

Lentokenttien uusiutuvan energian vaihtoehdot - Sähköinen ilmailu ja tuonti polttoaineet



Suora sähkö ja tuonti SAF

Teknologinen kypsyys

- Suora sähköistys osittain kypsää teknologiaa
- Perinteistä SAF:ia saatavilla sekoitettuna fossiiliseen polttoaineeseen. Sopii suoraan useimpiin lentokoneisiin

Aikataulu

- Mahdollista toteuttaa jo nyt. SAF saatavuuden odotetaan kasvavan

Toteutettavuus

- Helppo ja melko nopea toteuttaa.
- SAF toimii jo olemassa olevissa lentokoneissa
- Mahdollistaa sekä lyhyiden ja pitkien matkojen liikennöinnin

Panostukset sidosryhmiltä

- Vaatii sähköiseen lentämiseen erikoistuneita toimijoita kentälle
- Vaatii ulkopuolisen SAF-tuottajan

Uusi infra

- Alueelle täytyy tehdä tilavaraus latauspuistolle, johon mahtuu useita ilma-aluksia lataukseen samanaikaisesti
- Latausasemat vaativat suuremman sähköliittymän
- Tavallinen bunkrauskalusto sopii SAF:in käyttöön

Markkinoiden vaikutukset

- Lentopolttoaineen ja SAF markkinat määrittävät nestemäisen polttoaineen hinnan. Säätelyn merkitys on suuri
- Kahden käyttövoiman käyttäminen voi suojata toimintaa markkinoiden suurimmilta vaikutuksilta

Millaista toimintaa skenaario voi sisältää

- Sähköiset dronet ja pienet lentokoneet lyhyille matkoille (<500 km)
- Sähköiset dronet, VTOL-dronet, aluksi 1-5 paikalliset pienet lentokoneet ja myöhemmin <20 paikalliset. Toimintasäde <500 km.
- Droneliiketoiminta, logistiikka, ilmataksit ja liikelennot
- Jalostamolta tuotu SAF ja fossiilinen lentokerosiini suurille lentokoneille (>500 km)
- Reittilennot ja rahtilento

Synergiahyödyt

- Sähköinen ilmailu sopii hyvin teollisuuspuiston innovatiivisten toimijoiden kanssa.
- SAF/Fossiilinen lentopolttoaine sopii suurille lentokoneille

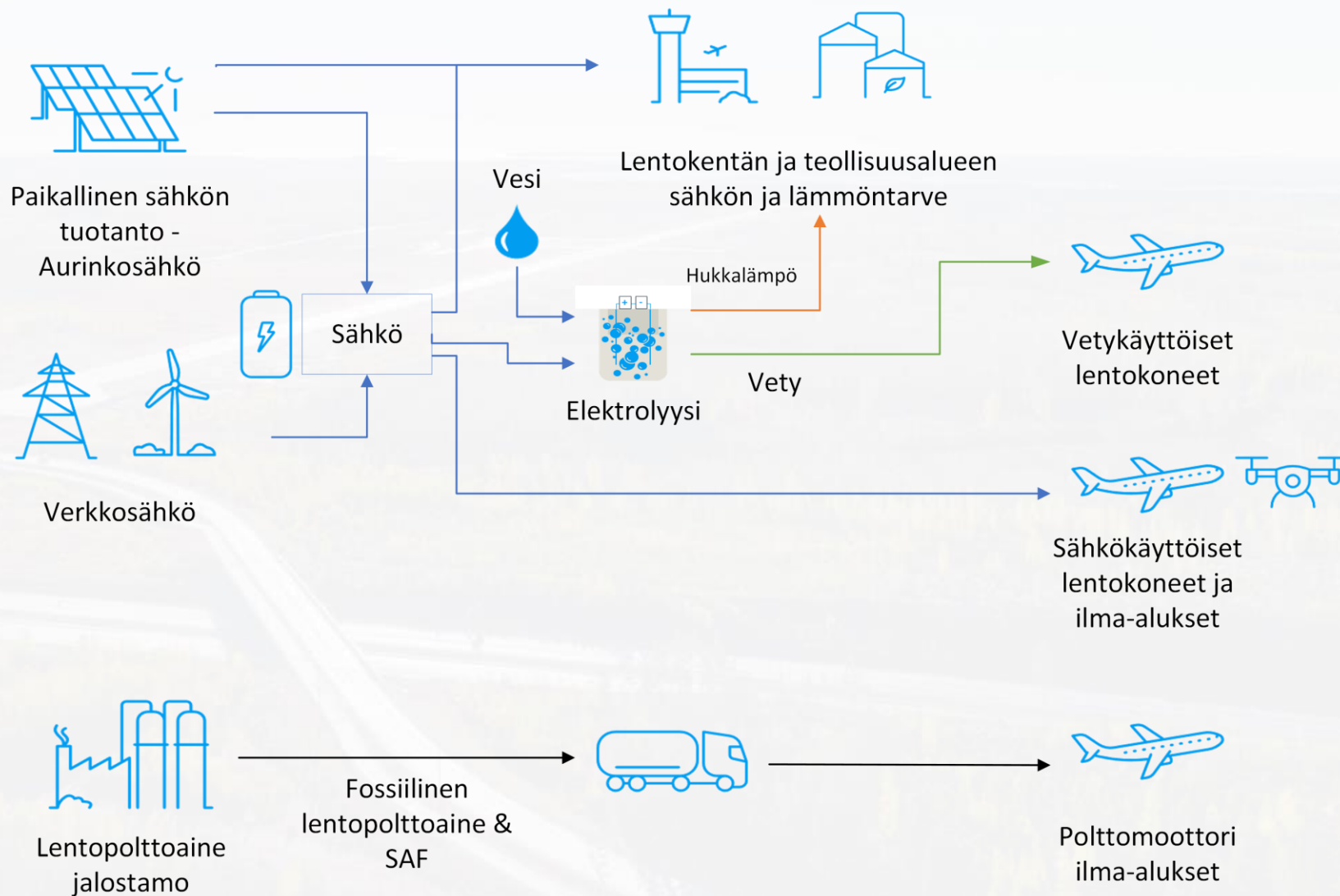
Ympäristövaikutukset

- Nestemäiset polttoaineet synnyttävät paikallisia päästöjä. SAF polttoaineen ilmastopäästövähennykset vaihtelevat tuotantotavan mukaan.

Taloudellisuus

- SAF hinta moninkertainen verrattuna fossiiliseen lentopolttoaineeseen
- SAF käyttöönotto ei vaadi suuria investointeja lentokentältä. Latausinfra investointi on melko korkea.

Lentokenttien uusiutuvan energian vaihtoehdot - Vety, sähkö ja tuonti polttoaineet



Suora sähköistys, vety ja tuonti SAF

Teknologinen kypsyy

- Suora sähköistys osittain kypsää teknologiaa. Perinteistä SAF:ia saatavilla sekoitettuna fossiiliseen polttoaineeseen
- Vedyn käyttö ilmailussa pilotointi- ja tutkimusvaiheessa

Aikataulu

- Vedyn käyttöönotto ilmailussa kaupallisesti odotetaan tapahtuvan 2030-luvulla (pl. Ilmalaivat)

Toteutettavuus

- Sähkö ja tuonti SAF mahdollista jo nyt
- Vedyn käyttöönotto vaatii paljon kehitystä ilma-alusten valmistajilta ja niiden tyyppihyväksynnän

Panostukset sidosryhmiltä

- Vaatii vetyyn ja sähköiseen lentämiseen erikoistuneita toimijoita kentälle ja ulkopuolisen SAF tuottajan
- Vaaditaan vedyn tuotantolaitos joko paikallisesti tai kohtuullisen matkan päässä
- Vetyilma-alusten valmistajilta ja viranomaisilta vaaditaan suuria panostuksia vetyilmailun käynnistämiseen

Uusi infra

- Vaatii nestemäisen vedyn varaston ja tankkauskaluston
- Tilavaraukset latauspuistolle ja nestemäisten polttoaineiden (SAF ja vety) omille tankkauskalustolle
- Latausasemat ja paikallinen vedyntuotanto vaativat suuremman sähköliittymän

Markkinoiden vaikutukset

- Vetyilmailun aikataulu on vielä epäselvä. Voi kaupallistua viimeistään vasta 2040-luvulla. Vaatii vetytalon kehittymistä
- Usean käyttövoiman käyttäminen suojaa toimintaa markkinoiden suurilta muutoksilta

Millaista toimintaa skenaario voi sisältää

- Sähköiset dronet ja pienet lentokoneet lyhyille matkoille
- Vetykäyttöiset lentokoneet 2030-luvun puolella, keskipitkille matkoille <1000km, 10-200 matkustajalle polttokennolentokoneet. Pitkille matkoille (>1000 km) 2040-luvulla yli 200 matkustajalle hybridi tai vetyturbiinilentokoneilla.
- Jalostamolta tuotu SAF ja fossiilinen lentokerosiini suurille lentokoneille, > 1000 km ja yli 200 matkustajaa.

Esimerkki vetyilma-aluksista

- H2FLY / HY4 nelipaikkainen vetylentokone, joka on suorittanut onnistuneesti lentomatoja. Kantama 750 – 1 500 km.
- ZeroAvia aikoo tuoda markkinoille vuonna 2025 vetykäyttöisen voimansiirtolinjan, joka voimaan asentaa 9-19 paikkaisiin lentokoneisiin. Kantama 500 km.
- Airbus ZEROe sisältää 3 erilaista konsepti vaiheessa olevaa lentokonetyyppiä. Arvioidaan saapuvan markkinoille vuonna 2035. Kantama 1 800 - 3 700 km. <200 matkustajaa

Synergiahyödyt

- Paikallisen vedyntuotannon hukkalämpö voidaan hyödykäyttää teollisuuspuistossa prosesseissa tai lämmityksessä
- Vety voidaan myydä raskaalle kumipyöräliikenteelle ulkopuoliselle vedyntankkausasemalla
- Useiden käyttövoimien valikoima mahdollistaa useiden eri toimijoiden toiminnan kentällä ja sijoittumisen teollisuusalueelle. Eri käyttövoimia ja käyttötarkoituksia käyttävät yritykset eivät välttämättä kilpaile toistensa kanssa, vaan voivat kasvaa samanaikaisesti samalla alueella

Ympäristövaikutukset

- Suora sähkö ja vetyilmailun paikalliset päästöt ovat olemattomat tai pienet

Taloudellisuus

- Vety kilpailee todennäköisesti SAF:in ja fossiilisen lentopolttoaineen kanssa 500 – 1000 km lentokantamassa
- Vedyn tuotantolaitteet ovat kalliita ja tuotanto vaatii paljon sähköä. Vihreän vedyn hinta on noin 2-3 kertaa fossiilista vetyä kalliimpaa, mutta hinnan odotetaan laskevan. Nesteytys vaatii paljon energiaa

Yhteenveto skenaarioista

- Skenaariot eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan ne kehittyvät todennäköisesti eri aikoihin ja päällekkäin
- Alle 10 vuoden tähtäimellä suora sähköistys sekä suora sähkö ja tuonti SAF ovat todennäköisimpiä skenaarioita
 - Teknologia on jo saatavilla, yhteensopivaa sekä taloudellisesti toteutettavissa
 - Vaatii latausinfrastruktuurin rakentamisen ja aluesuunnittelun useiden alusten lataukseen
 - Dronet ja pienet lentokoneet tulevat todennäköisesti sähköistymään ensimmäisenä
 - Suuremmat reittilennot lennetään fossiilisen ja uusiutuvan lentopolttoaineen sekoituksella vielä tulevaisuudessakin
- Panostus erityisesti sähköiseen ilmailuun ja useiden pienten toimijoiden palvelu voi antaa kilpailu edun muihin lentokenttiin verrattuna
- Vedyn rooli ilmailussa ja käyttöönoton aikataulu ovat vielä epäselviä
 - Paikallisesti tuotettu vety tarjoaa kentälle synergiaetuja ja suuren investoinnin kentälle. Tämä mahdollistaa täysin uuden teknologian käyttöönoton ja vetyilmailun kehittymisen
 - Vedyn käyttöönotto vaatii todennäköisesti suurimman ponnistuksen kokoilmailu alalta; tuotekehitys, tyyppihyväksyntä, investoinnit ja koulutus



Yhteenveto ja jatkosuositukset

- Ilmailu on suuressa murroksessa.
- Tässä selvityksessä tarkastellaan aluksi eri uusiutuvan energian teknologioita ilmailussa (sähkö, vety, SAF ja eSAF).
- Kerrataan kohteena olevan alueen (lentokentän, aurinkovoimalan ja yrityspuiston) nykytilannetta ja näkymiä tulevaisuuteen.
- Esitetään mahdollinen lämmityksen tiekartta lähimmän 10 vuoden aikajaksolle.
- Vastataan kysymyksiin aurinkovoimalan ja yrityspuiston sähköverkkoon liittämisen sekä aurinkovoimalan luvitusprosessin haasteista.
- Esitetään näkemyksiä aurinkovoimalan, akuston ja sähköisen ilmailun yhteensovittamiseksi sekä aurinkovoimalan tuottaman sähköön hyödynnettävyys alueella.
- Kuvataan eri energiayhteisömallit ja sähköön jakaminen niissä.
- Tuodaan esille huomioitavia luonnon monimuotoisuuden ja ekologisen kompensaation näkökulmia.
- Ideoidaan ja hahmotellaan eri kestävien energiaratkaisujen skenaarioita.
- Selvityksen päätteeksi esitetään yhteenveto ja suositellut jatkotoimet.

Suosittelut jatkotoimet

- Markkinatutkimus/markkinavuoropuhelu
 - mitkä toimijat olisivat kiinnostuneita ja tulossa?
 - sähkökäyttöiset lentokoneet
 - kaupallinen liikenne
 - ilmailukoulut
 - liikenneselvitys
 - dronet
 - rahdin kuljetus/dronejakelun logistiikkakeskus
 - kartoitus-, tunnistus- ja valvontatehtävät ml. rajavalvonta
 - säilytys- ja varastotilat
- Aurinkovoimalaitoksen tarkennettu esiselvitys
 - Sijoittelu
 - Lay-out
 - Luonto- maaperä- ja hulevesi –selvitykset
 - Aurinkopaneelien heijastusanalyysi
 - Karkea investointiarvio ja energian tuotantoennuste
- Sähköliityntäkysely

Bright ideas. Sustainable change.

