



Aurinkosähkövoimalan suunnittelijan opas

Toni Lähteenmäki

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

LÄHTEENMÄKI, TONI:
Aurinkosähkövoimalan suunnittelijan opas

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2024

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä informaatiota aurinkosähkövoimalan suunnitteluun liittyvistä vaatimuksista ja ohjeistoista. Työssä tutkittiin pääasiallisesti teollisen kokoluokan aurinkosähkövoimaloita, Fingridin D-tyyppin yli 30 megawatin kokoluokassa. Työ tehtiin A-insinöörit Suunnittelu Oy:n toimeksiannosta, Yritys on keskittynyt entistä enemmän aurinkosähkövoimaloiden suunnitteluun ja siihen liittyvien muiden palveluiden tarjontaan.

Teoriaosuudessa tutkittiin aurinkosähkövoimaloita velvoittavaa lainsäädäntöä. Raportissa käydään läpi, mitä dokumentteja viranomaiset, Fingrid ja verkkoyhtiöt vaativat voimalaproessin aikana sekä millä dokumenteilla täytetään kansallisen lainsäädännön ja muun velvoittavan normiston vaatimukset. Tuloksena syntyi luettelo aurinkosähkövoimalahankkeessa tarvittavista dokumenteista. Dokumenttiluettelon dokumentit sijoitettiin kahdelle aikajanelle, joilla kuvattiin aurinkosähkövoimalahankkeen suunnitteluprosessin dokumentointia ja vaatimuksia hankesuunnittelusta voimalan verkkoliittymän rakentamiseen saakka.

Kaksi aikajanaa ja dokumenttiluettelo ovat viitteellisiä D-tyyppin aurinkovoimalahankkeeseen. Hankekohtaisesti dokumentteja tarvitaan lisää. Opinnäytetyössä esitetyt dokumentit toimivat alustavana pohjana. Dokumenttiluetteloon voitaisiin täydentää varsinaisessa hankkeessa vaadittuja sähkösuunnitelmia sekä tietoa siitä, millä suunnitelmalla mikäkin Fingridin vaatimus täytetään. Aikajanelle voitaisiin täydentää suunnitelmien tekemiseen vaadittavia aikoja. Näin saataisiin täydellinen dokumenttiluettelo sekä hyvin toimivat aikajanat D-tyyppin aurinkosähkövoimalahankkeisiin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

LÄHTEENMÄKI, TONI:
Manual for Designers of Photovoltaic Power Plants

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 4 pages
May 2024

The purpose of this thesis was to collect information about the different requirements of the public authorities for photovoltaic power plants. The work investigated mainly industrial-scale photovoltaic power plants, those exceeding 30 megawatts in size class.

The thesis was commissioned by an engineering and consulting company, A-Insinöörit Suunnittelu Oy. The theoretical section explores the binding regulations of photovoltaic power plants, investigating the information required by public authorities for electrical designer during photovoltaic power plant projects. It examines the documents necessary for electrical designers to meet the authorities' requirements for photovoltaic power plants. The report goes through, what documents is needed by authorities and network companies during the power plant process, as well as the documents required to fulfill national legislation and other requirements of the binding norms.

The result was achieved by a list of documents needed during photovoltaic power project. The document list served as the foundation for the timelines for photovoltaic power plant project and junction for the power plant. The needed documents are placed within these timelines.

Key words: solar power plants, documentation, requirement

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	AURINKOSÄHKÖVOIMALAN MÄÄRÄYSPOHJA	7
	2.1. Lait	8
	2.2. Standardit.....	10
	2.3. Viranomaiset	11
	2.3.1. Energiavirasto	11
	2.3.2. ELY-keskus.....	12
	2.3.3. Rakennusvalvontaviranomainen	12
	2.4. Kaavoitus	13
	2.5. Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje	14
	2.6. Mahdollisesti huomioitavia tahoja	15
3	Sähköverkkoyhtiöt.....	16
	3.1. Jakeluverkonhaltijan vaatimuksia	16
4	Fingrid Oyj	18
	4.1.1 Yleiset liittymisehdot YLE 2021	18
	4.1.2 Voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset VJV2018 ..	21
	4.1.3 Tyypin D voimalaitoksen todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely.....	22
	4.1.4 Suuntaajakytkettyjä voimalaitoksia koskevat vaatimukset ..	26
5	Dokumentaatio standardi 62446–1	29
6	AURINKOVOIMALAN SUUNNITTELUPROSESSI	32
	6.1. Liittymän sähkösuunnittelun aloitus.....	32
	6.2. Aurinkovoimalan suunnittelu	36
7	YHTEENVETO JA POHDINTA	38
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	43
	Liite 1. Aurinkosähkövoimalan jana-aikataulu	43
	Liite 2. Aurinkosähkövoimalan liittymän jana-aikataulu	44
	Liite 3. Aurinkosähkövoimalahankkeen dokumenttiluettelo	45

1 JOHDANTO

Uusiutuvan aurinko ja -tuuli energian käyttö Suomen sähköenergian tuotannossa on kasvanut 2000-luvulla siirryttäessä fossiilisista tuotantotavoista pois. Venäjältä tuotavan tuontisähkön loputtua Ukrainassa käytävän sodan alettua, tarve uusiutuville sähköenergianlähteille on kasvanut entisestään. Tuulivoimaloiden sähkötehon kapasiteetti on kasvanut rajusti 2010-luvulta lähtien. Energiaviraston (2022) mukaan aurinkosähkön tuotannossa on tapahtunut vastaavaa yksittäisten kuluttajien tuotantolaitoksien osalta, mutta yli 1 MW aurinkosähkövoimalaitoksia energiaviraston ylläpitämässä voimalarekisterissä oli 2022 kesällä yli aurinkosähkövoimalaitoksia yhteensä 4,6 MW. Tällä hetkellä rekisteristä löytyy jo 50.2 megawatin edestä asennettua kapasiteettia. (Energiavirasto 2022.) Kasvu on ollut siis vajaassa kahdessa vuodessa yli kymmenkertainen megawatti kokoluokan voimaloissa. Motiva Oy (2024) on koostanut Energiaviraston toimeksiannosta listauksen kaikista yli 1 MW aurinkosähkövoimaloista, jotka ovat suunnitteilla rakenteilla tai tuotannossa. Kun laskee yhteen kaikki suunnitteilla ja rakenteilla olevat voimalat saa yhteenlasketuksi tehoksi yli 11100 megawattia, joista valtaosa on yli 30 megawatin voimaloita. (Motiva 2024.) Aurinkosähkövoimaloita rakennetaan siis tulevina vuosina huomattava määrä vaikka vain murto-osa suunnitteilla olevista projekteista toteutuisi.

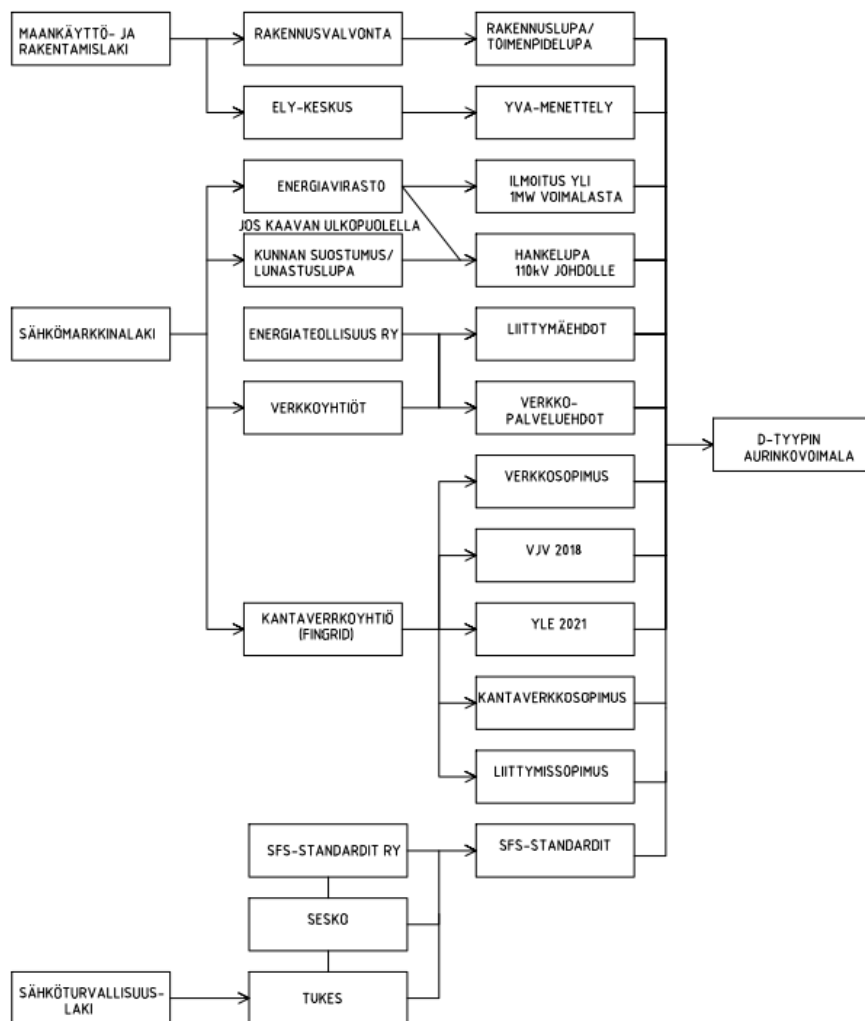
Selkeitä toimintatapoja viranomaisten ja suunnittelijoiden välille ei ole vielä muodostunut aurinkosähkövoimalahankkeissa, kun valmistuneita voimaloita on niin vähän. Tärkeää tietoa sähkösuunnittelijoille on, keiden kaikkien viranomaisten kanssa tulee tehdä yhteistyötä. Mitä dokumentteja vaaditaan mihinkäkin aikaan aurinkosähkövoimalahanketta ja mitä vaatimuksia suunnitelmille asetetaan.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään aurinkosähkövoimalahankkeita, jotka ovat mitoitusteholtaan yli 30 megawattia. Tutkitaan aurinkosähkövoimaloita velvoittava lainsäädäntö. Viranomaisten vaatimuksia käydään läpi, verkkoyhtiöiden vaatimukset dokumentaatiolle, sekä standardien vaatimukset. Työn loppupuolella voimalahankkeesta (liite 1), sekä voimalaa varten rakennettavasta liittymäjohdosta (liite 2) muodostetaan jana-aikataulut, joista näkee dokumenttien tekemiseen ja lähettämiseen ajanhetken hankkeiden sisällä.

Työ tehdään A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n toimeksiannosta. Yritys on erikoistunut laaja-alaisesti rakentamisen eri sektoreiden suunnittelu- ja konsulttipalveluihin. Uutena kärkitavoitteena on päästä suunnittelemaan aurinkosähkövoimalahankkeisiin kaikki laitetoimituksiin sisältymätön suunnittelu. Opinnäytetyön tavoitteena on saada suunnittelijoille tietoa yhteen keskitettyyn paikkaan, mitä suunnitelmia tarvitaan kenellekin viranomaiselle, missäkin vaiheessa aurinkosähkövoimalahanketta.

2 AURINKOSÄHKÖVOIMALAN MÄÄRÄYSPOHJA

Aurinkosähkövoimalan suunnittelu- ja hankintaprosessia velvoittaa laaja määrä lakeja. Sähkömarkkina- ja rakentamislakissa määritellään verkkoyhtiöiden määräysvalta ja oikeudet. Maankäyttö- ja rakentamislakiin pohjautuu ELY-keskuksen ja rakennusvalvonnan toimivalta. Sähköturvallisuuslain asettamat vaatimukset täyttyvät noudattamalla standardeja. Viranomaisilta täytyy hakea lupia aurinkosähkövoimalahankkeeseen. Tässä luvussa käydään läpi aurinkosähkövoimalaa velvoittava keskeinen lainsäädäntö sekä viranomaiset. Alla olevaan kuvaan (Kuvio 1) on kerätty D-tyyppin voimalaan sähköistyksen osalta kaikki velvoittavat tahot, sekä maankäytöllisesti keskeisimmät osapuolet. Lisäksi verkkoyhtiöiden vaatimukset esitetään luvuissa 3 ja 4.



KUVIO 1. D-tyyppin aurinkosähkövoimalaa velvoittavat keskeisimmät tahot ja asiakirjat.

Kuten kuvasta nähdään, vaatimus pohja on moniosainen. Sen ymmärtäminen on keskeinen asia toimittaessa sähkösuunnittelijana aurinkosähkövoimalahankkeessa.

2.1. Lait

Suomen viranomaisten määräyksien toimivalta perustuu lakiin, jotka eduskunta on hyväksynyt, näin myös sähkömarkkinoiden osalta. Sähkömarkkinoiden osalta määräävä laki on sähkömarkkinalaki. Sähkömarkkinalakia sovelletaan luvanvaraiseen sähköverkkotoimintaa harjoittavaan elinkeinonharjoittajaan, jolla on Suomessa hallinnassaan sijaitsevaa sähköverkkoa, ellei Energiavirasto ole päätöksellään vapauttanut verkonhaltijaa luvanvaraisuudesta. Laissa on määritelty, että sähköverkkotoimintaa saa harjoittaa Suomessa sijaitsevassa sähköverkossa vain Energiaviraston (Energiavirasto) myöntämällä sähköverkkoluvalla. Sähköverkkolupa myönnetään, jos hakija täyttää hakemuksensa mukaiselle sähköverkkotoiminnalle asetetut tekniset taloudelliset ja organisatoriset vaatimukset. Energiavirastolla on velvollisuus määrätä sähköverkkoluvassa yhden kantaverkonhaltijan järjestelmävastaavaksi. Energiavirasto on määrännyt Fingridin Suomen kantaverkon järjestelmävastaavaksi. Fingridillä on velvollisuus huolehtia jatkuvasti sähköjärjestelmän toimintakyvystä ja ylläpidon vaatimasta tiedonvaihdosta. Vaihdeavien tietojen määrästä ja teknisistä yksityiskohdista Fingrid ja kantaverkko-osapuolen välillä sovitaan kantaverkkosopimuksella. (Sähkömarkkinalaki 497/2023; Fingrid n.d.a.)

Sähkömarkkinalaissa säädetään, että nimellisjännitteeltään vähintään 110 kV sähköjohdon rakentamiseen on pyydettävä hankelupa Energiavirastolta. Hankeluvassa ei määrätä sähköjohdon reittiä. Vaikka 110 kV sähköjohdon reitille tarvitaan kunnan suostumus, niin vielä hankeluvan myöntämisen ehtona kunnan suostumusta ei ole. (Sähkömarkkinalaki 497/2023.)

Verkonhaltijalla on oikeuksien lisäksi velvollisuuksia. Kantaverkonhaltija ja suurjännitteisen jakeluverkonhaltija ei saa kieltäytyä liittämästä uutta voimalaitosta vedoten siirtokapasiteettiin. Liittymälle tosin voidaan asettaa tehorojoituksia tai

toimintarajoituksia vedoten siirtokapasiteettiin. Rajoituksia ei sovelleta, jos liittyjä huolehtii kustannuksista. (Sähkömarkkinalaki 497/2023.)

ELY-keskuksen toimintavallasta säädetään maankäyttö ja rakentamislaisissa, siellä rajataan ELY-keskuksen tehtävät seuraavasti:

- Edistää kunnan alueiden käytön suunnittelun järjestämistä.
- Valvoo, että kaavoituksessa ja muussa alueiden käytössä otetaan huomioon vaikutuksiltaan valtakunnalliset ja merkittävät maakunnalliset asiat.
- Lisäksi laissa (897/2009) kuuluvista tehtävistä, (Maankäyttö- ja rakennuslaki 752/2023.)

Yleiskaavoja ja asemakaavoja laaditaan kunnan alueiden käytön järjestämiseksi. Alueiden käytön pääpiirteet ovat yleiskaavassa. Asemakaavasta löytyy kunnan rakentamisen sekä osa-alueen järjestäminen. Maakuntakaava sisältää yleispiirteisen suunnitelman alueiden käytöstä maakunnassa tai sen osa-alueilla. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 752/2023.)

Kunnan rakennusvalvontaviranomainen ratkaisee rakennusluvan, toimenpideluvan, purkamisluvan sekä maisematyöluvan. Rakennuslupa hakemukseen on liitettävä ainakin, selvitys siitä, että hallitsee rakennuspaikkaa, sekä rakennussuunnitelmaa sisältyvät pääpiirustukset. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 752/2023.)

Säköturvallisuuslaissa säädetään, että sähköturvallisuusviranomainen eli TUKES julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattamalla sähkölaitteisto katsotaan täyttävän sähköturvallisuuslain vaatimukset. Standardeista saa poiketa, jos vastaava turvallisuustaso voidaan saavuttaa muutoin. (Säköturvallisuuslaki 1135/2015.)

Pelastuslaki velvoittaa rakennuksen omistajaa, haltijaa sekä toiminnanharjoittajaa tulipalon syttymisen ennalta ehkäisystä, pelastustoiminnan toimintamahdollisuuksista, pelastushenkilöiden turvallisuus on otettu huomioon, sekä rakennusten poistumisteistä. (Pelastuslaki 379/2011.)

2.2. Standardit

Sähköalan SFS-standardit valmistelevat Sesko Ry ja julkaisee SFS-suomen Standardit Ry. SFS Suomen standardit ry:llä on SFS-standardien tekijänoikeus ja se valvoo kansainvälisten järjestöjen ja niiden standardien tekijänoikeutta Suomessa. Tukes on Sesko Ry:n jäsen. (Sesko n.d. a-c.)

Kuten jo edellisessä luvussa (luku 2.1) todettiin, niin standardeja noudattamalla sähkölaitteisto katsotaan täyttävän sähköturvallisuuslain määräykset. Standardit määrittelevät aurinkosähkösuunnittelulle ja asennuksille yhteisiä toimintatapoja. Aurinkosähkö asennuksille, suunnittelulle ja dokumentaatiolle velvoittavia standardeja ovat:

- Standardi SFS-EN 62446-1, joka käsittelee dokumentointia, käyttöönottotestejä ja tarkastuksia.
- Standardi SFS 6000-7-712, joka käsittelee pienjännite asennuksia.

Standardi SFS 6000-7-712:2022 käsittää aurinkosähköjärjestelmien pienjännitesähköasennukset. Standardia tulee käyttää yhdessä SFS 6000 osien 1–6 yleis-tenvaatimusten kanssa. Standardista löytyy tarkempaa ohjeistusta liittyen suojaukseen sähköiskulta, lämmön vaikutukselta, ylivirralla, ylikuormalle ja oikosululle. Suojalaitteiden tyypeille annetaan standardit mitä pitää noudattaa ja niiden valintaa ohjeistetaan tarkemmin. Kaapeleiden suojaukseen annetaan yksityiskohtaisempaa tietoa. Maadoitukseen sekä potentiaalintasaukseen annetaan ohjeistusta. Annetaan standardit mitä aurinkosähköpaneelit, vaihtosuuntaajat, liitäntäkotelot ja jakokeskukset tulee täyttää. Tarkastukset ja testaus määritellään vaihto ja tasasähköosalle, sekä standardit, jossa nämä määritellään tarkemmin. Kunnossapitotarkastuksille annetaan ohjeita. Myös löytyy kaavat avoimen piirin jännitteen ja oikosulkuvirran laskemiseen. Standardi SFS 6000-7-712 antaa yleisen viitekehysten ja jokaiselle osalle löytyy tarkentavia standardeja, joita kuuluu noudattaa siltä osin, kun niihin on standardissa SFS 6000-7-712 viitattu (Standardi 6000–7–712, 1–28.)

2.3. Viranomaiset

Aurinkosähkövoimalahankkeeseen täytyy hakea usealta eri viranomaiselta lupia. Viranomaisia sitoo uusiutuvaa sähköenergiaa tuottavien laitosten, lupa- ja hyväksymismenettelyissä enimmäismääräajat. Enimmäismääräajan seurantavastuu on yhteyspisteviranomaisella ja noudattamisvelvollisuus on muilla viranomaisilla. Määräaika on 2 vuotta yli 150 kW voimalaitosten rakentamiseen, verkkoon liittämiseen ja käyttämiseen edellyttävissä lupamenettelyissä sekä muissa hallinnollisissa hyväksymismenettelyissä. Vuoden määräajalla selviää, mikäli voimalan koko on alle 150 kW tai kyseessä on voimalan päivittämissähanke. (ELY-keskus 2024a.)

Työ- ja elinkeinoministeriön Luvat ja valvonta palvelusta voi hakea sähköisesti uusiutuvien energian tuottamiseen liittyviä lupia yhden luukun periaatteella. Kaikkia haettavia lupia siellä vielä ei ole, mutta laki velvoittaa, että ne on sinne jossain vaiheessa tultava. Luvat ja valvonta -palvelun sijaan, viranomaisten kanssa voi asioida edelleen suoraan muiden asiointi kanavien kautta. (ELY-keskus 2024a.)

2.3.1. Energiavirasto

Energiaviraston sivuilla kerrotaan että, ”Energiavirasto on lupa- ja valvontaviranomainen, joka valvoo ja edistää sähkö- ja kaasumarkkinoiden toimintaa, päästöjen vähentämistä, energiatehokkuutta sekä uusiutuvan energian käyttöä” (Energiavirasto n.d.).

Laissa määriteltyä ilmoitusta energiavirastolle vähintään yhden megavolttiamppeerin suuruista voimalaitoksien rakentamissuunnitelmista täytyy tehdä kuukauden kuluessa siitä, kun investointi päätös on tehty. Kun voimalaitos on otettu tuotantokäyttöön, niin siitä hetkestä kuukauden sisällä täytyy ilmoittaa energiavirastolle. Myös voimalaitoksen pitkäaikaisesta tai pysyvästä käytöstä poistamisesta pitää ilmoittaa energiavirastolle. (Valtioneuvoksen asetus sähkömarkkinoista 2009.)

2.3.2. ELY-keskus

ELY-keskus jaottelee aurinkoenergiահankkeet teollisen mittakaavan hankkeisiin yli 1000 kW, keskikokoisiin 10–1000 kW sekä kotitalouskäyttöön alle 10kW. Aurinkoenergia hankkeiden lupamenettelyt lupaviranomaisen tulee käsitellä valmiiksi kahden vuoden määräajassa yli 150 kW hankkeissa ja vuodessa alle 150kW hankkeissa. (ELY-keskus 2024b.)

ELY-keskuksen mukaan laajoihin aurinkoenergiահankkeisiin voidaan edellyttää muutoksia voimassa oleviin yleiskaavaan ja/tai asemakaavaan (ELY-keskus 2024b). Tästä hyvä esimerkkinä on Orimattilan Pakaalle kaavaillun 100 MW 170 hehtaariin aurinkovoimala hanke, josta ELY-keskus on antanut lausuntonsa, jonka mukaan suunnittelu on tarkoituksenmukaista toteuttaa asemakaavalla (Ojanperä 2023).

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ei automaattisesti vaadita teollisen koluokan aurinkosähkövoimaloilta. YVA-menettely tulee automaattisesti, mikäli energian siirto tapahtuu maanpäällisellä vähintään 220 kV voimajohtolla, jonka pituus on yli 15 kilometriä, tai alueen koko on yli 200 hehtaaria. (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017.) Suuri aurinkosähkövoimalahanke saattaa olla muutenkin YVA-velvollinen ja suuremmat hankkeet täytyy tarkistaa ELY-keskuksessa. Toimialueen ELY keskus antaa päätöksen YVA-menettelyn soveltamistarpeesta. (ELY-keskus 2024b.)

Aurinkosähkövoimalan tuotantoaluetta valittaessa tulisi välttää luonnontilaisia ja luonnonarvoiltaan arvokkaita alueita. Mikäli suunniteltu alue sijaitsee lähellä Natura 2000 -verkostoa voi olla tarpeen tehdä ilmoitus Natura-alueeseen mahdollisesti vaikuttavasta toimenpiteestä tai jopa Natura-arviointi. (ELY-keskus 2024b.)

2.3.3. Rakennusvalvontaviranomainen

Sinänsä selkeää vastausta ei ole saatavilla tarvitseeko suuret aurinkovoimalaitokset toimenpidelupaa vai rakennuslupaa, mutta ainakin MRL:n mukainen toi-

menpidelupa vaaditaan teollisen kokoluokan aurinkovoimalaitokselle. Laajaa aurinkovoimalaa saatetaan kokonsa takia pitää rakennuksena, tällöin vaaditaan rakennuslupaa. Aurinkosähkövoimala saattaa tarvita suunnittelutarveratkaisun, jos suunniteltu alue sijoittuu kaavoitetun alueen ulkopuolelle ja riippuen laitoksen sijoittumisesta, vaikutuksista sekä toiminnan liittymisestä maatalouselinkeinon. Mikäli kaavoituskyynnys ylittyy niin, suunnittelutarveratkaisu ei ole enää mahdollinen vaihtoehto. (ELY-keskus 2024b.)

2.4. Kaavoitus

Alueiden käyttötavoista päättää valtioneuvosto. Alueiden käyttötavoitteiden tehtävänä on varmistaa valtakunnallisesti merkittävien seikkojen huomioon ottaminen maakuntien ja kuntien kaavoituksessa sekä valtionviranomaisten toiminnassa, lisäksi auttaa saavuttamaan MRL:n alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet. Tärkeimmät suunnittelun tavoitteet hyvä elinympäristö ja kestävä kehitys. (ELY-keskus 2023, 57.)

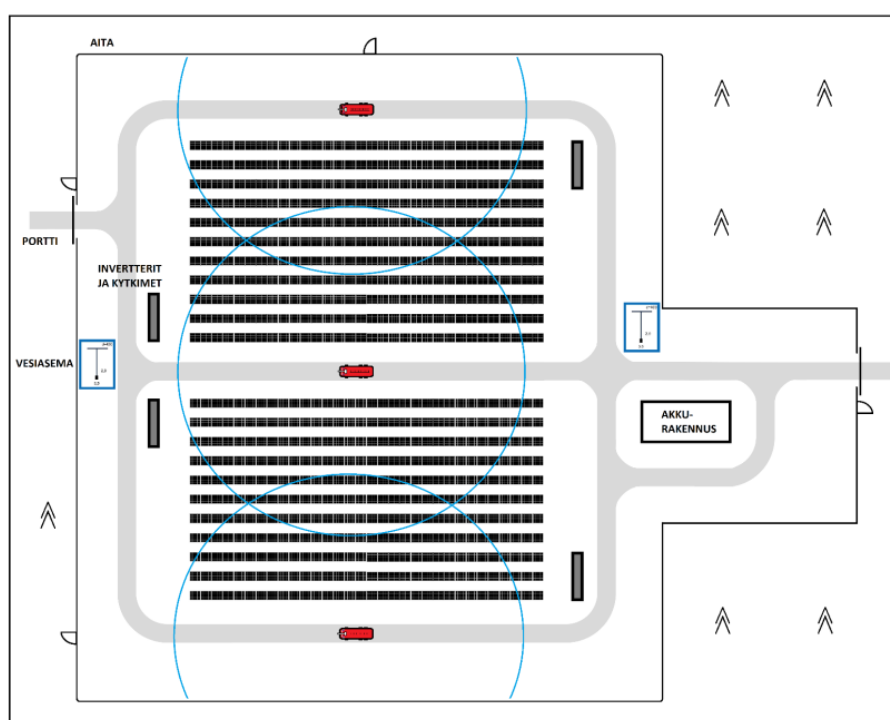
Maakuntien alueilla ei kattavasti käsitellä kaikkia energiatuotannon tapoja. Aurinkovoimalan voi olla kuitenkin alueidenkäytöllisesti mahdollista toteuttaa, kunhan se ei estä tai haittaa maakuntakaavan osoitetun muun toiminnon toteutumista. Maakuntakaavan suunnitelman yleistasoisuuden takia, kannattaa laajempaa energiatuotantoa suunniteltaessa olla yhteydessä kyseiseen maakunnan liittoon. (ELY-keskus 2023, 57–58.)

Yleiskaavan tarkoituksena ohjata kunnan alueiden käytön yleispiirteitä sekä toimintojen yhteensovittamista. Yleiskaavan päätehtävänä on osoittaa kunnan alueiden käyttötavat ja ohjata asemakaavaa. Asemakaava on alueiden käytön yksityiskohtaisempi ohje järjestämiseen, rakentamiseen ja kehittämiseen. (ELY-keskus 2023, 58–59.)

2.5. Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje

Aurinkojärjestelmien paloturvallisuusohje antaa suosituksen, että mikrotuotantolaitteistoja (alle 50kVA) suuremmista tuotantolaitoksien paloturvallisuusjärjestelyistä tulisi suunnitteluvaiheessa neuvotella myös pelastusviranomaisen kanssa, sekä varata mahdollisuus pelastusviranomaisen tarkastukselle ennen niiden käyttöönottoa (Paloturvallisuusohje 2023, 20–21).

Mikrotuotantolaitoksia suuremmista aurinkosähköjärjestelmistä tulisi laatia kohdekortti pelastuslaitosta, sekä kiinteistön käyttäjiä varten. Korttiin tulee kirjata järjestelmän perustiedot, ohje mistä ja miten aurinkosähkövoimala saadaan virratomaksi, sekä aurinkosähköjärjestelmän turvallisuuteen liittyvien kytkinten sijainnintipaikat. (Paloturvallisuusohje 2023, 42). Alla olevassa kuvassa on esimerkki, miten paloturvallisuusjärjestelyt voitaisiin järjestää aurinkosähkövoimalaan.



KUVIO 2. Esimerkki suositeltavista aurinkovoimalan paloturvallisuusjärjestelyistä (Paloturvallisuusohje, 31).

Kuvasta voidaan huomata kuinka paloautojen vesitykkienkantaman pitää kattaa tieltä koko paneelikenttä. Kuinka lähestymisreitit voimalakentälle on useasta

suunnasta ja paneeliryhmät sekä paneelientän voi kiertää raskaalla ajoneuvo-kalustolla. Sammutusveden saanti on järjestetty voimalakentän molempien lä-hestymisreittien varrelle. (Paloturvallisuusohje, 30.)

Paloturvallisuusohjeessa on myös tarkempia ohjeita, että vaihtosuuntaajat ja kyt-kimet tulisi sijoittaa paneelientän reunalle helposti saavutettavaan paikkaan säältä suojaan. Pääsy voimalakentälle tulisi estää, eli aidata. Tulee myös huomi-oida aluskasvillisuuden aiheuttama riski palon leviämiseen. Suositellaan palama-tonta alustaa. Palavan aluskasvillisuuden poisto pitää tehdä riittävän laajalta, myös paneelientän ympäriltä maastopalovaaran ehkäisemiseksi. (Paloturvalli-suusohje 2023, 30.)

2.6. Mahdollisesti huomioitavia tahoja

Museovirastoon kannattaa olla yhteydessä jo kaavoitusvaiheessa ja selvittää ar-keologinen kulttuuriperintö, sekä mahdolliset muinaisjäännökset. Lentoaseman läheisyyteen suunniteltaessa aurinkosähkövoimalaa, kannattaa olla yhteydessä Fintraffic Lennonvarmistus Oy:hyn ja pyytää häikäisyvaikutukset lentoliikenteelle. (ELY-keskus, 2024b.)

3 Sähköverkkoyhtiöt

Suomessa sähköverkkoyhtiöt on jaettu kantaverkkoyhtiö Fingridiin, jolla on järjestelmävastaavan rooli, hieman alle 80 sähköverkkoyhtiöön, jotka ylläpitävät jakeluverkkoja, sekä hieman alle 10 jakeluverkonhaltiaan, jotka toimivat suurjännitteisissä yhteyksissä kantaverkon ja jakeluverkon välillä (Energiateollisuus, n.d.) Verkonhaltijalta tulee yleisesti täytettäväksi energiateollisuus ry:n suosittelemat verkkopalveluehdot sekä liittymisehdot. Alle 36 kV liittynöissä täytettäväksi tulee:

- liittymisehdot LE 2019
- verkkopalveluehdot VPE 2019.

Yli 36 kV liittynöissä täytettäväksi tulee:

- suurjännitteisen jakeluverkon liittymisehdot SJLE 2019
- suurjännitteisen jakeluverkon verkkopalveluehdot SJVPE 2019.

3.1. Jakeluverkonhaltijan vaatimuksia

Energiateollisuuden vahvistamat verkkopalveluehdot ovat yleisesti käytössä jakeluverkonhaltijoilla. Tutkitaan mitä dokumentteja verkkopalveluehdot vaativat voimala kokoluokan aurinkosähkövoimaloilta.

Verkonhaltijalle on toimitettava tarkastusta varten liittymän toteutussuunnitelmat hyvissä ajoin ennen toteutuksen aloittamista, jotta voidaan varmistaa liittymän tekninen yhteensopivuus, sekä sähköturvallisuus. Verkonhaltija antaa liittyjälle suunnittelua varten tarpeelliset tiedot. (SJLE 2019, 3).

Sähköntuotantolaitteiston tulee soveltua käytettäväksi suurjännitteisessä jakeluverkossa. Sähköntuottajalle verkonhaltija antaa verkon ominaisuuksista tietoja verkkoon liittämiseksi. Sähköntuottajalla on selvittämisvelvollisuus, onko liitettävä sähköntuotantolaitteisto kytkettävissä suurjännitteiseen jakeluverkkoon, jakeluverkon ominaisuudet, sekä sähköntuotantolaitteiston käyttötapa huomioon ottaen. (SJVPE 2019, 4).

Jos sähköntuotantolaitteiston tuottamaa sähköä siirretään jakeluverkkoon, edellyttää verkkopalvelun aloittaminen ja jatkaminen verkkosopimuksen ja liittymissopimuksen lisäksi yhtä avointa toimitusta koskevan tuottajan myyntisopimuksen voimassaoloa (Verkkopalveluehdot 2019, 3).

Käyttäjällä vastuulla on, että käyttäjän laitteistot täyttävät jakeluverkonhaltijan julkaisemat sähkölaitteistojen liittämistä koskevat tekniset vaatimukset (useasti kyseessä on energiateollisuus ry:n suosittelemat jakeluverkon liittymisehdot LE2019 tai suurjännitteisen jakeluverkon liittymisehdot SJLE 2019), sekä järjestelmävastaavan mahdollisesti asettamat järjestelmätekniset vaatimukset (Fingridin VJV2018). (Verkkopalveluehdot 2019, 6.)

Kun kiinteistö on kytkettynä jakeluverkkoon, niin siihen ei saa liittää sähköä tuotavia laitteita ja laitteistoja ennen kuin verkonhaltija on antanut sille luvan. Verkonhaltija antaa pyynnöstä käyttäjälle tämän tarvitsemia verkon ominaisuuksiin liittyviä tietoja. Verkonhaltijan pitää ennakko selvittää käyttäjän pyynnöstä voidaan aurinkoenergialaitos liittää verkonhaltijan verkkoon. Lisäksi jakeluverkon haltija antaa tietoja ohjaus- ja suojausjärjestelmistä, jotta sähköntuotantolaitos soveltuu käytettäväksi jakeluverkossa. (Verkkopalveluehdot 2019, 6–7.)

Kun sähköntuotantolaitos on valmis käyttöönottoon, niin siitä on tehtävä jakeluverkonhaltijalle ilmoitus. Ilmoitukseen liitetään koestus- ja käyttöönottotarkastuspöytäkirjat. Vasta jakeluverkolta saadun luvan jälkeen voidaan kytkeä sähköntuotantolaitteisto jakeluverkkoon koestusta ja käyttöä varten. (Verkkopalveluehdot 2019, 8.)

4 Fingrid Oyj

Sähkömarkkinalaissa todetaan, että kantaverkonhaltijalla on oikeus asettaa tarpeellisia ehtoja voimalaitoksille, energiavarastoille, kuormille sekä sähköverkkojen liittämiseksi sähköjärjestelmään ja siihen liitettyjen voimalaitosten, energiavarastojen, kuormien ja sähköverkkojen käyttämiseksi. Kantaverkonhaltija ei voi kieltäytyä liittämästä uutta voimalaitosta tai energiavarastoa vetoamalla verkon tämänhetkiseen siirtokapasiteettiin. Verkonhaltijalla on velvollisuus pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan liittää verkkoonsa omalla toimialueellaan sellaiset sähkönkäyttöpaikat ja sähköntuotantolaitokset, jotka täyttävät tekniset vaatimukset. (Sähkömarkkinalaki 497/2023.) Fingridiä koskee sähkömarkkinalaissa määritelty verkon kehittämis- ja liittämisvelvollisuus (Fingrid n.d.b).

4.1.1 Yleiset liittämisehdot YLE 2021

Fingridin yleiset liittämisehdot (YLE) tulee jokaisen Fingridin sähköverkkoon liittyvän sähkölaitteiston täyttää. Liittämisehdoilla Fingrid varmistaa sähköverkon käyttövarmuutta ja liitettävien verkkojen yhteensopivuuden Fingridin hallinnoiman verkon kanssa. Fingridin liittämisehdot määrittävät sähkölaitteistolle liittämistavan sekä sähkölaitteiston toimintavaatimukset. Lisäksi liittymän taakse kytkettävä tyyppi määrittää, mitä muita liittämisehtoja tai vaatimuksia tulee liittymän noudattaa. Vaatimukset on asetettu erikseen kolmelle eri liittämistyyppille, jotka on jaoteltu seuraavasti: kulutus- ja jakeluverkkoliittymöille (KJV), voimalaitosliittymöille (VJV), sähkövarastoliittymöille (SJV) ja suurjännitteisille tasasähköyhteyksille (HVDC). (Fingrid 2021,2.)

Liittämisehdoissa määritellään, että liittyjä ja Fingrid tekevät liittymästä erillisen liittämissopimuksen. Liittämissopimuksessa määritellään liittymää koskevista oikeuksista, vastuista sekä velvollisuuksista. Lisäksi Fingrid vaatii liittymän käytölle, että sähkönsiirrosta sekä loistehotaseen hallinnasta on sovittu kantaverkkosopimuksella. (Fingrid 2021,2.)

Kaikkien voimalaitosten, jotka liitetään Suomen sähköjärjestelmään, tulee täyttää voimassa olevat Fingridin voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset (VJV).

Fingridin kanssa hyvissä ajoin etukäteen tulee selvittää voimalaitosyksiköiden liitettävyyttä. Syynä tähän on pohjoismaisen voimajärjestelmän sekä Suomen ulkomaanyhteyksien kyky kestää nopeita tehonmuutoksia. Suurin sallittu askelmainen teho voimalaitosliitynnässä on 1300 MW, jonka voimajärjestelmä kestää käyttövarmuutta vaarantamatta. (Fingrid 2021,5.)

Voimalaitos liityntä on liitettävä Fingridin kytkinlaitoksen katkaisijakenttään. Fingridin 110 kV:n voimajohtoon voidaan liittää alle 5 MW:n tahtikonevoimalaitoksia sekä alle 60 MW:n suuntaajakytkettyjä voimalaitoksia sillä edellytyksellä, että ne täyttyvät voimajohtoliitynnälle esitetyt vaatimukset ja sähköverkon siirtokapasiteetti sen sallii. Lisäksi Fingrid vaatii yli 1 MW:n voimalaitoksille paikallisen eroonkytkentäreleistyksen. (Fingrid 2021,5.)

Fingridin yleisissä liittymisehdoissa (2021) todetaan että liittyjän on toimitettava Fingridille tarkastettavaksi liittynnän alustavat suunnitelmat riittävän ajoissa ennen toteutuksen aloittamista, jotta liittynnän tekninen yhteensopivuus ja sähköturvallisuus varmistuu. Liittyjä vastaa omistamansa sähkölaitteiston turvallisuudesta ja määräysten mukaisesta toteuttamisesta, tarvittavista kosketus- ja vaarajänniteselvityksistä sekä niiden perusteella vaadittavista toimenpiteistä. (Fingrid 2021,7.)

Suunnittelua varten Fingrid antaa ehdotuksen liittynnän sijainnista. Oikosulku- ja maasulkuvirroista saadaan tiedot Fingridiltä, sekä mitä vaatimuksia suojauksella on. Voimajohtoliitynnöille tämän lisäksi annetaan vaatimukset, mitkä ovat liittynnän rakenteiden etäisyydet kantaverkon voimajohdoista sekä pylväistä. Mitoittaessa sähkölaitteistoa liittyjän täytyy ottaa huomioon Fingridin antamat mitoituksen lähtöarvot ja niiden ennusteet. Ohjeelliset mitoitus arvot löytyvät Fingridin liitteestä ” Ohjeellisia verkon mitoitusarvoja”. (Fingrid 2021,7.)

Fingrid vaatii toimitettavaksi liittynnän suunnittelutiedot osana järjestelmätekniiset vaatimuksien todentamisprosessia. Osana todentamismenettelyä on liittyjän toimitettava tarvittavat tiedot Fingridille vähintään 110 kV:n sähkölaitteistoista. Todentamismenettely määräytyy liitettävän sähkötyypin mukaan. Tarvittaessa Fingrid voi pyytää liittyjältä teknisiä lisätietoja. (Fingrid 2021,7.) Tätä tarkennetaan luvussa 4.1.2

Liittymisprosessin seurantaan Fingridillä on oma sähköinen palvelu, johon liittyjä saa tarvittavan käyttöoikeuden. Liittyjän vastuulla on ladata palveluun ajantasaiset tiedot (Fingrid 2021,8).

Fingridille tulee toimittaa ennen liittymän käyttöönottoa liittymän ja liittyvän verkon suunnittelutiedot, jotka on listattu taulukkoon 1. Näiden tietojen toimitus on edellytyksenä kytkentäilmoituksen myöntämiselle. Liittymän tultua käyttöön tulee toimittaa tiedot puuvarmuuden ylläpidosta ja omistusmuutoksista. Viimeistään kaksi kuukautta liittymän käyttöönoton jälkeen tulee toimittaa päivitetty loppudokumentit. Viimeistään vuoden kuluttua käyttöönotosta, tulee Fingridille toimittaa maadoitusimpedanssin mittauspöytäkirja. (Fingrid 2021,8).

TAULUKKO 1. YLE 2021 mukaan Fingridille toimitettavat tiedot.

Dokumentin sisältö	nro.	Toimitetaan	Saadaan
Alustavat suunnitelmat	1	Esiselvitys	
Ehdotus liittymän sijainnista	2		Esiselvitys
Oikosulku ja maavirrat + suojaus vaatimukset	3		Esiselvitys
Suunnittelutiedot (1	4	Tekninen suunnittelu	
Fingridin sähköinen palvelu	5		Tekninen suunnittelu
Liittymän ja liittyvän verkon suunnittelutiedot (2	6	Rakentaminen	
Loppudokumentit	7	Käyttö	
Maadoitusimpedanssin pöytäkirja	8	Käyttö	
Puuvarmuuden ylläpito	9	Käyttö	
Kantaverkkosopimus (3	61.2	Käyttöönotto	
Liittymissopimus (4	62.2	Käyttöönotto	

Kohdat (1 ja (2 tarkennetaan luvussa 4.1.2, jossa käydään läpi voimalaitosten järjestelmä teknisiä vaatimuksia. Kohdat (3 ja (4 toimitetaan Fingridille mikäli liittää Fingridin hallinnoimaan sähköasemaan, muuten jakeluverkon haltijaan tai jakeluverkkoyhtiölle (Härmä 2024.)

4.1.2 Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018

Fingridin voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset koskevat kaikkia Suomen sähköjärjestelmään kytkettyjä tai kytkettäviä voimalaitoksia, jotka ovat mitoitusteholtaan vähintään 0,8 kW. Voimalaitoksia koskevat vaatimukset eroavat liittymistavan, voimalaitoksen mitoitustehon ja liittymäpisteen jännitetason perusteella. Liittyjän vastuulla on vaatimusten täyttäminen ja todentaminen, sekä niihin liittyvät kustannukset. Suuntaajakytketyt voimalaitokset luokitellaan voimalaitoksen kokonaiskapasiteetin perusteella, kunhan ne ovat yhden liittymäpisteen takana. (Fingrid 2018, 9).

Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki aurinkosähkövoimalat pitää täyttää Fingridin järjestelmä tekniset vaatimukset. Eroavaisuudet vaatimuksissa johtuvat käytännössä vain voimalaitoksen koosta. VJV2018 on esitetty taulukko (Taulukko2), jonka mukaan voimalaitoksille asettavat vaatimukset on porrastettu neljään luokkaan.

TAULUKKO 2. Voimalaitoksen tyyppiluokittelu (Fingrid 2018, 9).

Tyyppiluokka	Liittymispisteen jännitetaso	Ehto	Voimalaitoksen mitoitusteho P_{\max}
A	alle 110kV	ja	$0,8 \text{ kW} \leq P_{\max} < 1 \text{ MW}$
B	alle 110kV	ja	$1 \text{ MW} \leq P_{\max} < 10 \text{ MW}$
C	alle 110kV	ja	$10 \text{ MW} \leq P_{\max} < 30 \text{ MW}$
D	110kV tai enemmän	tai	$P_{\max} \geq 30 \text{ MW}$

Tyyppien A ja B voimalaitosten liittymäpisteen jännitteeksi katsotaan se jännitetaso, mihin voimalaitoksen päämuuntaja liitetään tai jännitetaso, mihin voimalaitos liittyy suoraan ilman päämuuntajaa riippumatta liittymäsopimuksen mukaisesta jännitetasosta. (Fingrid 2018, 9).

Fingrid asettaa vaatimuksen voimalaitoksille, jotka kuuluvat tyyppiluokkaan D, niiden tulee pyytää Fingridiltä erityistarkastelutarpeen arviointia voimalaitoksen esisuunnitteluvaiheessa. Erityistarkasteluvaiheessa arvioidaan ainakin: alisyntyinen vuorovaikutus, geomagneettisesti indusoituvat virrat, tehoheilahtelujen vaimentuminen ja pieni minimioikosulkuteho. Mikäli Fingrid arvioi, että erityistarkastelu tarvitsee suorittaa, liittyjän tulee suorittaa tarkastelut viimeistään voimalaitos-

liitynnän suunnitteluvaiheessa. Eritystarkastelu toteutetaan yhteistyössä Fingridin ja liittymäpisteen verkonhaltijan kanssa. Liittyjän vastuulle jää erityistarkastelun suorittaminen ja koordinointi. (Fingrid 2018, 12).

Pitää myös huomioida, että voimalaitosten järjestelmätekniisten vaatimuksien todentamisprosessi ei ole liittämisprosessi kokonaisuudessaan. Liittyjän pitää myös sopia myös liitynnästä aina liittymispisteen verkonhaltijan kanssa ennen liitynnän suunnittelua, tämä tehdään erillisellä liittymissopimuksella, jossa yksityiskohtaiset liityntäehdot on määritelty. (Fingrid 2018, 13).

Liittyjällä on velvollisuus ilmoittaa verkonhaltijalle hyvissä ajoin ennen suunnitelluista koeohjelmista ja menettelyistä voimalaitoksen vaatimusten mukaisuuden todentamiseksi. Liittymispisteen verkonhaltija määrittää koska ilmoitus on tehtävä, sekä hyväksyy etukäteen suunnitellut koeohjelmat ja menettelyt. (Fingrid 2018, 13).

Liittymispisteen verkonhaltijan on velvollisuutena valvoa Vaatimusten todentamisprosessi voimalaitosprojektin aikana sekä suorittaa prosessin vaatima tiedonvaihto liittyjän ja Fingridin kanssa. Liittymispisteen verkonhaltijan velvollisuutena on tarkistaa liittyjän toimittamat tiedot ja arvioida, onko voimalaitos vaatimusten mukainen, ja tämän jälkeen ilmoittaa arvioinnin tulos liittyjälle. (Fingrid 2018, 13).

4.1.3 Tyypin D voimalaitoksen todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely

Järjestelmätekniisissä vaatimuksissa todetaan, että liittyjän ja liittymispisteen verkonhaltijan tulee suorittaa tyypin D voimalaitokselle todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely erillisen Fingridin antaman taulukon mukaan (Taulukko 3)

TAULUKKO 3. Voimalaitosten vaatimusten todentamisprosessi (Fingrid 2018, 19).

Prosesin vaihe	Edellytys	Aikatauluvaatimus ja lisätiedot
EON - kytkentäilmoitus	Verkkoliityntä valmis käyttöön otettavaksi	Liityntä tulee toteuttaa liittymisehtojen mukaisesti. Kytkentäilmoituksen saatuaan liittyjä saa oikeudet kytkeä sähkött liittymäpisteen jälkeen olevaan verkkoon.
Vaihe 1 (Suunnittelu) <ul style="list-style-type: none"> - Suunnittelutiedot - Mallinnustiedot - Vaaditut laskelmat - Projektikohtaiset alustavat asetteluarvot - Reaaliaikaisten mittaus-tietojen toimitus - Vaatimustenmukaisuus ilmoitus 	Heti kun vaiheen 1 tiedot ovat saatavilla	Vaiheen 1 tiedot toimitettava mahdollisimman aikaisin.
ION – väliaikainen käyttöönottoilmoitus	Toimitettu vaiheen 1 tiedot ja reaaliaikamittaus toteutettu.	Liittyjä saa oikeuden tuottaa sähköä enintään 18 kk ajan
Vaihe 2 (Käyttöönotto ja todentaminen): <ul style="list-style-type: none"> - Muutokset ja päivitykset vaiheen 1 tietoihin - Käyttöönottokokeiden suunnittelu ja toteutus - Koetulosten raportointi - Mallinnustietojen validointi - Säätäjien ja suojauksen lopulliset asetteluarvot - Vaatimustenmukaisuusilmoitus. 	Liittymäpisteen verkonhaltija on antanut väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen.	Käyttöönottokoesuunnitelma toimitettava viimeistään 2kk ennen suunniteltua kokeiden aloitusta. Kokeet suoritettava hyväksytysti 9 kuukauden sisällä ja vaihe 2 12 kuukauden sisällä siitä hetkestä, kun voimalaitos on ensimmäisen kerran tuottanut pätötehoa järjestelmään.
Vaihe 3 (Tarkastus ja hyväksyntä): <ul style="list-style-type: none"> - Toimitettujen tietojen tarkastus - Prosessin hyväksyntä 	Vaiheen 2 tiedot on toimitettu ja toteuttanut toimenpiteet. Liittymäpisteen verkonhaltija on vahvistanut hyväksytysti vaiheen 2.	Liittymäpisteen verkonhaltijan tulee tarkistaa tiedot ja vahvistaa toimenpiteiden suorittaminen.
FON – Lopullinen käyttöönottoilmoitus	Liittymäpisteen verkonhaltija on vahvistanut vaiheen 3 toimenpiteet.	Liittyjä saa toistaiseksi oikeuden käyttää voimalaitosta ja tuottaa pätötehoa liittymäpisteeseen.

Kun liittjä on saanut suoritettua Vaatimusten mukaiset toimenpiteet vaaditussa vaiheessa ja laajuudessaan, liittymäpisteen verkonhaltija tarkistaa liittjän toimitamat tiedot, sekä vahvistaa vaadittujen toimenpiteiden toteuttamisen vaihekohdaisesti sekä toimittaa kunkin vaiheen jälkeen vaaditun kytkentä- tai käyttöönottoilmoituksen liittjälle. Lisäksi liittymäpisteen verkonhaltija valvoo vaatimusten todentamisprosessin sekä suorittaa tiedon vaihdon Fingridin kanssa. (Fingrid 2018, 17). Fingridillä toivotaan, että tietoja toimitettaessa niihin liitetään selvennys mistä kohtaa löytyy prosessissa haluttu tieto, varsinkin jos tiedon sijainti dokumentista vaatii suurempaa hakemista. Mikäli näin ei ole, tiedon sijaintiin toimitetussa dokumentissa pyydetään Fingridin toimesta tarkennusta. (Rissanen 2024. a)

Fingrid antaa ohjeistuksen taulukon 3 vaiheelle 1 suunnittelu, että liittjän tulee toimittaa vaiheen 1 tiedot, sekä reaaliaikamittaus tulee toimittaa mahdollisimman aikaisin, jotta voimallituksen väliaikainen käyttöönottoilmoitus voidaan käsitellä. Vaiheen 1 tiedot ovat esitettynä taulukossa 4. Kun tiedot on toimitettu, liittymäpisteen verkonhaltija tarkistaa tiedot ja vahvistaa vaadittujen toimenpiteiden toteuttamisen sekä toimittaa väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen liittjälle. (Fingrid 2018, 20)

TAULUKKO 4. Tyypin C ja D Voimalatoksista toimitettavat vaiheen 1 tiedot (mu- kailien Fingrid 2018, 26)

Vaiheen yksi (suunnittelu vaaditut dokumentit)		
Yleistiedot		
Asiakirja	nro.	Hankkeen nimi ja yhteystiedot, liittymispisteen verkonhaltija ja yhteystiedot
Sähköpääkavio/asema-kuva	15	Voimalaitoksen keskeisimmät komponentit ja sähköverkko, sekä niiden sähköiset parametrit.
Asiakirja	16	Voimalaitoksen tuotantotyyppi (aurinko) sekä perustiedot (suuntaajakäytöstä ja paneeleista)
Asiakirja/karttakuva	17	Sijaintitieto (paikkakunta, alue, liittymispiste, koordinaatit)
Tekniset tiedot		
Asiakirja	18	Sähköntuotantoyksiköiden lukumäärä, toimittaja- ja tyyppitiedot
Tietolehti/Asiakirja	19	Sähköntuotantoyksiköiden datalehdet (Sis. tiedot tuotantoyksiköiden: näennäistehon [MVA], mitoitus-teho [MW], virta [A], jännite [V], taajuus [Hz])
Tietolehti	20	Muuntajien datalehdet (Sis. teho [MVA], virta [A], muuntosuhde [ensiö/toisio], oikosulkuiimpedanssi [%], oikosulkuresistanssi [%], kytkentäryhmä ja maadoitukset, käämien säätöalueen ja askel [%], käämikytkimien askeleiden määrä ja valittu askel [kpl, askel])
Tietolehti	21	Tarvittavin osin muiden komponenttien datalehdet.
Jännite ja taajuus alueen toiminta		
Asiakirja	22	Tiedot voimalaitoksen kyvystä toimia ali- ja ylijännitteellä (pystyttävä toimimaan jatkuvasti ja normaalisti 90–105 % normaalista käyttöjännitteestä)
Asiakirja	23	Tiedot voimalaitoksen kyvystä toimia ali- ja ylitaajuudella (pystyttävä toimimaan jatkuvasti ja normaalisti 49,0-51,0 Hz taaajuudella)
Asiakirja	24	Tiedot voimalaitoksen taajuuden muutosnopeuden sietokyvystä (pystyttävä toimimaan normaalisti taajuuden muutosnopeuden ollessa 2,0 Hz/s)
Lähivikakestoisuus		
Laskelma	25	Voimalaitoksen toiminnasta jännitehäiriön aikana.
Laskelma/mallinnus	26	Tiedot suuntaajakytetyn voimalaitoksen vikavirran syötöstä.
Laskelma/mallinnus	27	Tiedot pätötehon palautumisesta jännitehäiriön jälkeen
Pätötehon ja taajuuden säätö		
Laskelma/mallinnus	28	Kuvaus pätötehon taajuuden säätöjärjestelmän toteutuksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Siirtofunktiona kuvattu toiminnallinen lohkokaavioesitys säädön toteutuksesta.
Asiakirja	29	Säätäjille asetettavat parametrit ja toimintaviiveet.
Omakäyttö ja tuotantotehon muutokset		
Asiakirja	30	Tiedot voimalaitoksen toiminnasta omakäytöllä
Laskelma/mallinnus	31	Tuotantotehon muutokset (riippuen ulkoisista ominaisuuksista)
Voimalaitoksen loistehokapasiteetti		
Laskelma	32	Loistehokapasiteetilaskelma
Laskelma/Kuvaaja	33	PQ-diagrammi (voimalaitostuotantoyksiköiden PQ-diagrammit sekä tiedot niiden jännite-taajuusriippuvuudesta)
Laskelma/tietolehti.	34	Muut loistehoa tuottavat komponentit
Jännitteen ja loistehon säätö		
Laskelma/malli	35	Kuvaus jännitteen ja loistehon säätöjärjestelmän toteutuksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Siirtofunktiona kuvattu toiminnallinen lohkokaavioesitys
Asiakirja	36	Säätäjille asetettavat parametrit ja toimintaviiveet
Laskelma	37	Jännitteensäädön suorituskyklaskelma
Voimalaitoksen suojausasettelut ja vaikutus sähköön laatuun		
Asiakirja/laskelma	38	Suojausasettelut (sähköverkon ja voimalaitoksen, synteettinen inertia, pätötehon ja taajuuden säätö, tehon rajoittaminen, tehon muutosnopeuden rajoittaminen)
Asiakirja/laskelma	39	Voimalaitoksen vaikutus sähköön laatuun
Dynaamiseen laskentaan tarvittavat tiedot		
Malli	40	Projekti-kohtaiset dynaamiset toiminnan mallintamiseen tarvittavat tiedot tai laskentamallit VJV2018
Reaaliaikaiset mittaustiedot ja instrumentointi ja muut dokumentit		
Mittaustiedot/tiedonvaihto	41	Reaaliaikaisten mittaustiedoista ja tilatiedoista tiedonvaihto liittymäpisteen verkonhaltijan kanssa
Asiakirja	42	Häiriö- ja heilahtelutalentimien tekniset tiedot ja asetellut
Asiakirja/pyyntö	43	Erytistarkastelutarpeen pyyntö Fingridiltä (alisyntroninen vuorovaikutus, geomagneettisesti indusoituvat virrat, tehoheilahtelujen vaimentuminen ja pieni minimioikosulkuteho)
Asiakirja/aikataulu	44	Voimalaitoshankkeen aikataulu ja Vaatimuksiin liittyvien käyttöönottokokeiden suunniteltu ajankohta. Myös mahdolliset optiot projektin laajentumiselle ja jo tiedossa olevat tulevaisuuden laajennussuunnitelmat tulee ilmoittaa.
Vaatimustenmukaisuus-ilmoitus/asiakirja	45	VJV2018 Taulukon 7.2 tietoja vastaavat dokumentit (Samat kuin yllä) liittymän edustaja vahvistaa allekirjoituksellaan voimalaitoksen täyttävän sille asetetut Vaatimukset.

4.1.4 Suuntaajakytkettyjä voimalaitoksia koskevat vaatimukset

Suuntaajakytketylle voimalaitokselle Fingrid asettaa vaatimuksia, jotka poikkeavat generaattorivoimalaitoksien vaatimuksista. D-tyyppin voimalaitokselle on tarkimmat vaatimukset.

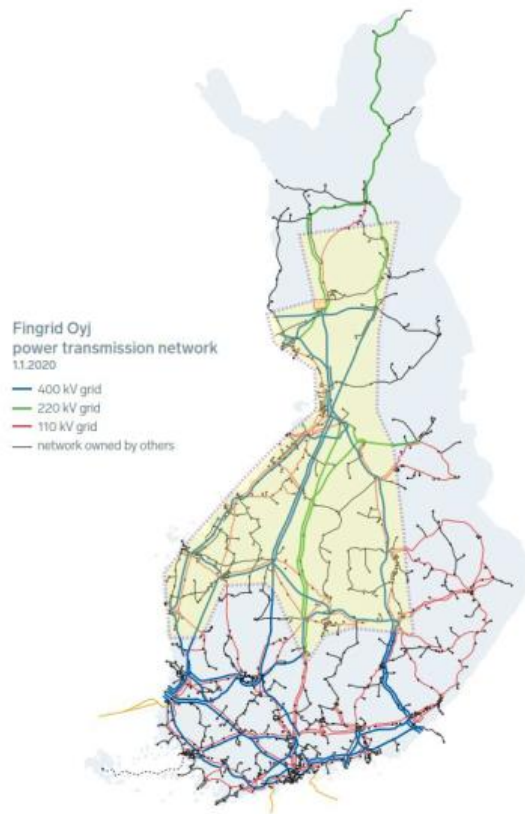
Fingrid asettaa voimalaitoksien pätötehotuotannon riippuvuudelle ulkoisista tekijöistä, kuten tuulen voimakkuudesta tai ulkoilman lämpötilasta. Tulee liittyjän toimittaa tiedot ulkoisista tekijöistä osana toimitettavia tietoja. Jos voimalaitos koostuu useista yksiköistä ja mikäli mitoitusteho jakautuu epätasaisesti suuntaajakytkettyjen voimalaitosyksiköiden välillä, koko voimalaitoksen mitoitustehon lisäksi on ilmoitettava yksittäisten yksiköiden mitoitustehot osana toimitettavia tietoja. Lisäksi voimalaitoksen ylikuormituskykyyn liittyvät tiedot on toimitettava osana toimitettavia tietoja. (Fingrid 2018, 72)

Liittymispisteen verkonhaltijan kanssa tulee sopia erikseen voimalaitoksille asetettavan loistehokapasiteettivaatimuksen täyttämiseen käytettävien laitteiden testauksesta, dokumentoinnista ja mallinnusvaatimuksista. Tämä tulee tehdä voimalaitoksen vaatimusten todentamisprosessin vaiheessa 1., lisäksi vaiheessa 1. verkonhaltijalle on toimitettava laskelma voimalaitoksen loistehokapasiteetista, sekä laskelman voimalaitoksen jännitteensäätäjän suorituskyvystä. Fingrid antaa täydentävän vaatimuksen laskelmalle voimalaitoksen jännitteensäätäjän suorituskyvystä, kuvaus laskennassa käytetystä mallista, sekä laskennassa käytetyt parametrit ja säätöjärjestelmien lohkoavaioesitykset, on toimitettava osana laskelmaa liittymäpisteen verkonhaltijalle. (Fingrid 2018 77–78).

Jännite- ja loistehon säädön vasteen analysointi tulee tehdä tiiviissä yhteistyössä liittymäpisteenverkonhaltijan ja Fingridin kanssa, jotta voimalaitos tukee mahdollisimman hyvin sähköverkon toimintaa. Mikäli normaali säätötoimintojen avulla ei saada voimalaitosta tukemaan verkon toimintaa, niin voimalaitoksen säädön vastetta on parannettava lisäsäätöjen avulla. (Fingrid 2018, 82).

Suuntaajakytketylle voimalaitoksen laskentamallin tulee toistaa keskeiset voimalaitoksen toiminnallisuudet ja ominaisuudet todenmukaisesti. Laskentamallit tulee toteuttaa Fingridin vaatimusten mukaisesti. Mallinnuslaskenta tiedot on toimitettava liittymäpisteen verkonhaltijalle. (Fingrid 2018, 91). Mallinnustietojen vaatimusten tarkempi sisältö löytyy järjestelmätekniisten vaatimusten sivuilta 91 ja 92.

Fingrid on tarkentanut erityistarkasteluvaatimuksiaan suuntaajakytketyille voimalaitoksille liittyen alisykroniseen vuorovaikutusriskiin. Alisykronisessa vuorovaikutuksessa (SSO, Subsynchronous Oscillations) on kyseessä ilmiöstä, jossa sarjakompensoidun 400 kV kantaverkon ja tuulivoimalaitosten välille syntyy resonanssi alle 50 Hz taajuudella. (Fingrid 2022b). Fingrid on selvittänyt erityisesti tuulivoimalaitosten alisykronisoitua vuorovaikutusta, kun liitännälaitteiston teknologia voi olla samanlainen myös aurinkovoimaloissa ja muissa suuntaajakytketyissä voimalaitoksissa, niin seuraavat vaatimukset koskevat kaikkia D-tyyppin suuntaajavoimalaitoksia, jotka on asetettu sarjakompensoidun verkon läheisyyteen. Alla olevaan kuvaan on merkittynä keltaisella aluerajaus alisykroniseen vuorovaikutuksen erityistarkastelutarpeeseen. Reuna-alueilla voimassaolo tarkastellaan liittymäkohtaisesti. (Fingrid 2022a).



KUVIO 3. aluerajaus alisynkroniseen vuorovaikutuksen erityistarkastelutarpeeseen (Fingrid 2022a.)

Taulukossa 5 esitetään mitä erityisvaatimuksia Fingridillä on liittyen alisynkroniseen vuorovaikutusriskin eliminoimiseen.

TAULUKKO 5. SSO Erityistarkasteluvaatimukset

SSO Erityistarkasteluvaatimukset	Mille voimalaitoksille sovelletaan.
Suojausvaatimukset	Kaikille D-typin voimalaitoksille
Mallinnusvaatimukset	Kaikille D-typin voimalaitoksille
Vaimennusvaatimukset	D-typin voimalaitoksille, joiden mitoitusteho on yli 60MW 2)
Instrumentointivaatimukset	D-typin voimalaitoksille, joiden mitoitusteho on yli 60 MW

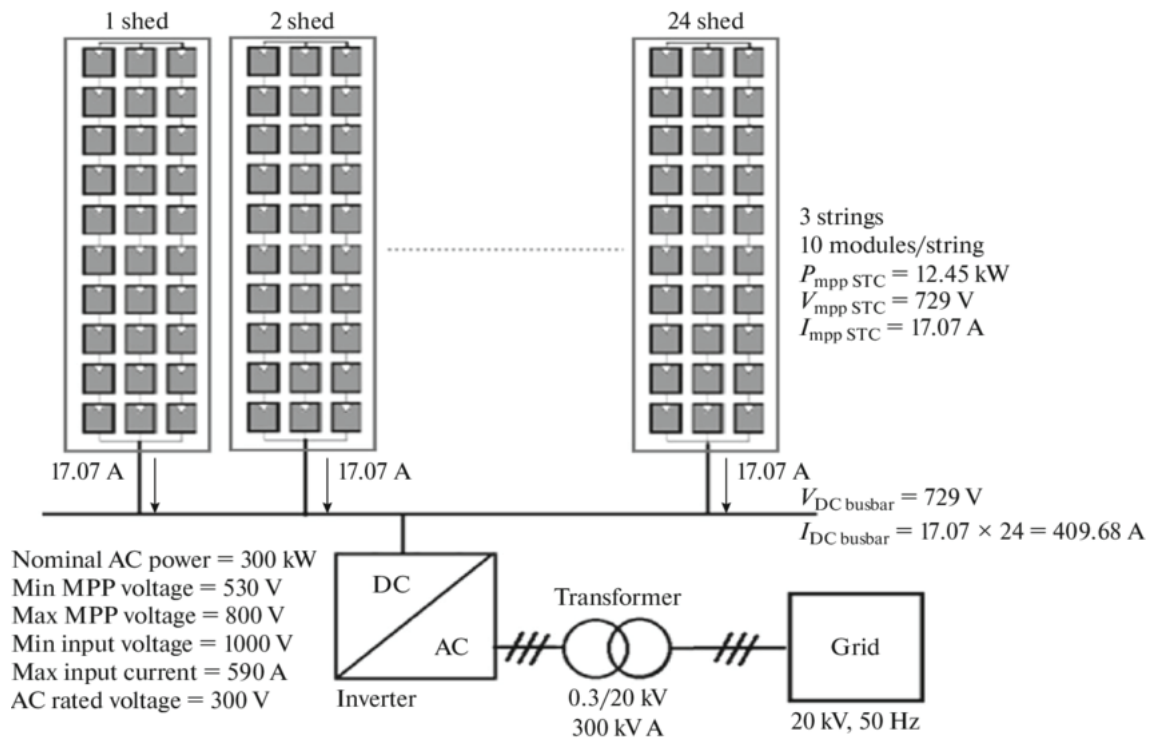
Mallinnusvaatimuksista täydentävänä on, ettei alle 60 MW täyssuuntaajakonverttereilla (FC, full converter) toteutetuista voimalaitoksista tarvitse toimittaa dynaamisen impedanssiskannauksen tuloksia (Fingrid 2022a.)

5 Dokumentaatio standardi 62446–1

Standardisarjan IEC 62446 osa 1 määrittelee vähimmäisvaatimukset aurinkosähköjärjestelmien dokumentaatiolle sekä informaatiolle, mikä pitää luovuttaa asiakkaalle. Standardi määrittelee käyttöönottotestit, tarkastukset sekä dokumentaation, joiden odotetaan todistavan, että asennus on turvallinen ja toimiva. (Standardi 62446–1, 10)

Standardissa määritellään, että on laadittava johdotuskaavio vähintään yksiviivaisella esitystavalla. Johdotuskaaviosta pitää löytyä aurinkosähköpaneelin tyyppi ja kokonaislukumäärä. Johdotuskaaviosta pitää myös löytyä paneeliketjujen lukumäärä ja paneelien lukumäärä per paneeliketju, sekä mihin vaihtosuuntaajaan paneeliketju on liitetty. Johdotuskaaviosta pitää löytyä myös paneeliketjukaapelin koko ja tyyppi, paneeliketjun ylivirtasuojalaitteen tiedot ja estodiodin tyyppi. Johdotuskaaviosta vielä pitää löytyä aurinkosähköpaneeliston sähkötekniset tiedot, joista löytyy paneeliston: pääkaapelin tiedot, liitännäisasiat/liitännäkeskuksen sijaintitiedot, tasasähköerottimien sijainti- ja mitoitus tiedot, ylivirtasuojalaitteiden tiedot ja muiden virtapiirien elektroniset suojalaitteet. Vaihtosähköjärjestelmästä pitää johdotuskaaviosta löytyä vaihtosähköerottimen tiedot, vaihtosähköylivirtasuojalaitteiden tiedot sekä vikavirtasuojalaitteiden tiedot. Maadoituksesta ja ylijännitesuojauksesta johdotuskaaviossa pitää löytyä: yksityiskohdat kaikista maadoitus sekä potentiaalintasaus johtimista, yksityiskohdat kaikista liitännöistä salamasuojausjärjestelmään, sekä yksityiskohdat kaikista ylijännitesuojista. (Standardi 62446–1, 14–15)

Standardi antaa vaatimuksen paneeliketjujen kokoonpanopiirustuksesta siinä tapauksessa, jos järjestelmässä on paneeliketjuja 3 tai enemmän. Kokoonpanopiirustuksessa pitää esittää koko paneelisto ja sen osat jaettuina paneeliketjuihin. (Standardi 62446–1, 14–15) Kuviossa 4 on esitetty esimerkki paneeliston kokoonpanopiirustuksesta.



KUVIO 4. Esimerkki paneeliston kokoonpanopiirustuksesta (Elistratov & Ramadan, 2019).

Datalehdet täytyy löytyä vähintään seuraavista komponenteista: aurinkosähköpaneelit, vaihtosuuntaajat sekä paneeliston kiinnitysjärjestelmä. Standardi antaa myös suosituksen muiden järjestelmän merkittävien komponenttien sisällyttämiseksi dokumentaatioon. (Standardi 62446–1, 15). Aurinkosähköpaneelien ja paneeliston kiinnityksen dokumentointivaatimukset löytyvät standardista SFS-EN 50380:2017. Vaihtosuuntaajien datalehtien vaatimukset löytyvät standardista SFS-EN 50524:2021.

Hätätilannejärjestelmistä täytyy löytyä dokumentaatio. Tämä tarkoittaa ulkona sijaitsevilla voimaloissa palonilmaisujärjestelmiä. Palonilmaisujärjestelmästä täytyy löytyä suunnittelutiedot sekä käyttöohjeet. (Standardi 62446–1, 15).

Standardi antaa vaatimuksen että käyttöön ja kunnossapitoon liittyvät tiedot on annettava ja vähimmäisvaatimuksena niiden pitää sisältää: toimenpiteet järjestelmän oikean toiminnan varmistamiseen, tarkastuslista järjestelmän vikaantuessa, järjestelmän hätäpysäytys ja erotus toimenpiteet, kunnossapito ja puhdis-

tus suositukset, mahdolliset tulevat rakennustyöt, paneelien vaihtosuuntaajien ta-
kuutodistus, sekä dokumentaatio kaikista sovellettavista työmenetelmistä tai
säänkestoisuuteen liittyvistä takuutiedoista. (Standardi 62446–1, 15).

Vuonna 2020 osa 2 standardille SFS-EN IEC 62446 antaa lisäyksenä seuraavan
vaatimuksen käyttöön ja kunnossa pitoon liittyvälle dokumentaatiolle. Valvonta-
järjestelmän hälytysten asetukset, tarkastus- ja kunnossapidon aikataulu, laitos-
kohtaiset suositukset seurannalle tai ajoittain tehtäville testeille, toteutuspiirustuk-
set ja tarkka luettelo pääkomponenteista, varaosaluettelo ja soveltuvien kompo-
nenttien vaihtoaikataulu, mahdolliset laitoskohtaiset suositukset uusille kokeelli-
sille komponenteille, aikataulut komponenttien kalibroinnille, sertifikaatit kom-
ponenteille ja komponenttien kalibroinnin päivämäärät tai niiden vaihtamisen tie-
dot. (Standardi 62446–2, 10–11).

TAULUKKO 6. Standardin asettamat minivaatimukset asiakkaalle luovutetta-
vasta dokumentaatiosta

Dokumentin sisältö	nro	Asiakirjan tyyppi
Johdotuskaavio	67	Asemakuva
Paneeliketjujen kokoonpano	68	Piirikaavio
Datalehdet (paneelit, vaihtosuuntaaja ja kiinnitysjärjestelmä)	69	Datalehti
Hätätilannejärjestelmä	70	Tasokuva/käyttöohjeet
Käytön ja kunnossapidon tiedot	71	Huoltokirja

6 AURINKOVOIMALAN SUUNNITTELUPROSESSI

Tässä luvussa esitetään aurinkovoimalan suunnitteluprosessin sisältö. Suunnitteluprosessi kuvataan pääpiirteittäin Fingridin, verkkoyhtiön ja energiaviraston vaatimusten perusteella. Viittauksia on maanhankintaan, rakennuslupa- ja kaavoitukseen ja YVA menettelyyn, siinä määrin miten ne linkittyvät verkkoyhtiön prosesseihin. Läpi käydään sähkösuunnittelu prosessi alustavista suunnitelmista, varsinaisiin suunnitelmiin, sekä vielä voimalan käyttöönottoon saakka. Tämä prosessi tehdään Fingridiin viitaten. Kuitenkin sama vaatimusten todentamisprosessi käydään läpi, mikäli liitytään verkkoyhtiön verkkoon, siinä tulee tiedonvaihto osapuoleksi verkonhaltijana verkkoyhtiö, joka valvoo todentamisprosessin. Verkkoyhtiö käy vielä tiedonvaihdon Fingridin kanssa, jotta verkkoyhtiön verkko on yhteensopiva kantaverkkoon vielä voimalan liittymisen jälkeenkin. Tässäkin tapauksessa tiedonsiirtoa käydään D-tyypin voimalaitoksissa suoraan Fingridin kanssa.

6.1. Liittymän sähkösuunnittelun aloitus

Sähkösuunnitelmien teko alkaa alustavilla suunnitelmilla hanketta ja eri sidosryhmiä varten. Suunnitelmiin kuuluvat alustavat liittymän voimajohdon suunnitelmat, karttasuunnitelma tuotantopaikasta sekä hankeselostus. Alustavilla suunnitelmilla mennään hankeprosessia pitkään eteenpäin. (Saapunki 2024).

Fingridin hallinnoimaan kantaverkkoon liittyminen etenee vaiheittain. Yhteistyö Fingridin kanssa tulee aloittaa hyvissä ajoin jo ennen varsinaista suunnittelun aloittamista ja maapohjan hankintaa. On tärkeää tehdä tiivistä yhteistyötä Fingridin kanssa, jotta hanke etenee teknisesti ja turvallisesti parhaalla mahdollisella tavalla. (Fingrid n.d.c, Kantaverkkoon liittyjän opas n.d). Virallinen varsinainen prosessi Fingridin kanssa alkaa liityntäkyselyn lähettämällä Fingridin karttapalvelussa (Saapunki 2024). Kuviossa 5 on esitetty pohja, johon täytetään voimalaitoksen alustavat tiedot, sekä karttaan suunniteltu sijainti.

Kirjoita tiedot [Ohje](#)

Hankenimi *

Liityntätyyppi *

Sähkön tuotanto

Tuotantomuoto *

Aurinkovoima

Liitynnän suunniteltu teho (MW) *

Toteutusaikataulu *

pp.kk.vvvv

Lisätiedot hankkeesta tai muu täydentävä tieto
(esimerkiksi maankäytön sopimustilanne ja
kaavoitustilanne) *



KUVIO 5. Liitöntäkysely (Fingrid. n.d.c).

Tietoihin täytetään aurinkovoimalan tapauksessa sähkön tuotanto, aurinkovoima tuotantomuotona ja liitynnän suunniteltu teho (MW). Karttaan piirretään suunniteltu alue. Lisätietoihin voi kirjata maankäytön sopimustilanteesta ja kaavoitustilanteen. Kyselyyn voi liittää liitteinä tiedostaja ja kuvia. (Fingrid n.d.c). Esimerkiksi paneelien ja muuntajien alustavan hahmotelman alueelle. Kuten liitöntäkysely pohjasta näkee, niin suunnitelmassa on edettynä jo tässä vaiheessa siihen pisteeseen että on tiedossa voimalan koko ja maankäytön sopimuksissa on edettynä jonkin verran.

Fingrid antaa liitöntäkyselyn pohjalta ehdotuksen liityntäpisteestä. Samassa käydään liittymäjohdon eri vaihtoehtoja läpi ja paljon teknistä tarkentamista on vielä edessä. Tässä vaiheessa on tärkeintä että alustavat liittymissuunnitelmat ovat paperilla ja voidaan käydä niiden pohjalta keskustelua eri sidosryhmien välillä. (Saapunki).

Liittymiskyselyyn Fingrid lupaa vastata mahdollisimman pian, josta alkaa varsinainen liitettävyyden selvittäminen. Liitettävyyden selvittäminen tehdään

yhteistyössä Fingridin kanssa, jolloin tutustutaan liittynnän teknisiin tietoihin ja ehtoihin. Liityntäpaikka ja liittyvän aurinkovoimalan koko saattaa aiheuttaa rajoituksia liitettävyyteen. Liitettävyyden ja kantaverkon kapasiteetti varmistuvat sopimusvaiheessa. Mikäli aurinkovoimala vaatii uusien johtojen, muuntajien tai katkaisijoiden rakentamista, näiden toteuttaminen voi kestää useita vuosia. (Fingrid n.d.c).

Kytkinlaitosliittymiä on 400, 220 tai 110 kilovoltin. Lähellä olemassa olevaa kytkinlaitosta olevat liittynät suunnitellaan suoraan kytkinlaitokseen. Jos tarvitaan uusi kytkinlaitos niin sen suunnitteluun, kilpailutukseen ja rakentamiseen kannattaa varata 24 kuukautta. Kytkinasemat ovat Suomen maantieteellisten etäisyyksien takia harvassa. Tapauskohtaisesti sallitaan myös liittynät 110 kilovoltin voimajohtoon siirtokapasiteetin sen mahdollistaessa. Voimajohtoliitynnällä tarkoitetaan kytkinlaitteella kantaverkkoon 110 kV voimajohtoon liitettävää haarajohtoa tai sähköasemaa. Voimajohtoliityntään saa liittää maksimissaan nimellisteholtaan 40 MVA muuntajan ja samaan liitännäspisteeseen 65 MVA muuntokapasiteettia, liityntää saa kuormittaa 60 MW:iin asti. (Kantaverkkoon liittyjän opas n.d). Taulukkoon 7 on koottu mihin jänniteluokkiin voimalaitokset voidaan liittää niiden teholuokittain.

TAULUKKO 7. Liittynät tehoittain.

Liittymistapa	Liitettävä teho
400 kV kytkinlaitos	yli 250 MW
110 kV tai 220 kV kytkinlaitos	alle 250 MW
110 kV voimajohtoliityntä	alle 60 MW

Fingrid antaa tarvittaessa teknisen lausunnon mahdollisesta liityntätavasta ja sen hetkisestä liityntäpisteen vapaasta siirtokapasiteetista. Lausunnon anto ehtona on että ympäristöselvitykset on tehty ja kaavoitusprosessi aloitettu tai päätös suunnittelutarveratkaisusta on tehty. (Kantaverkkoon liittyjän opas n.d). Energiavirastolta haetaan 110 kV voimajohtolle hankelupaa, hankeluvan ehtona on että YVA-menettely on valmis. Energiavirasto antaa hankeluvan käsittelylle 40 työpäivän palvelupauksen (Varonen 2024.)

Liitynnän suunnittelua varten Fingrid antaa tiedot sähköpostilla kysyttäessä oikosulku- ja maavirroista sekä suojauksen perusvaatimukset. Liitynnän suunnitteluvaiheessa tarvittavat tiedot on listattu taulukkoon 8. Sähköenergiamittaus ja energiamittarin toimitus on Fingridin vastuulla. Tilat energiamittareille sähköasemalle sekä energian mittauspiirikaavion toimittaminen Fingridille on liittyjän vastuulla. Teknisten piirrustusten laadintaa varten Fingrid on julkaissut esimerkkipiirustuksia sekä ohjeita. (Fingrid. n.d.c).

TAULUKKO 8 Tarvittavat liitynnän suunnittelutiedot (Fingrid. n.d.c.)

Sisältö	nro
Sijoitus ja leikkaus piirrustukset	81
Aluekartta	82
Pääkaavio	83
Energiamittauksen toteutus	84
Maadoitukset	85
Sijaintikoodit	86
Haarajohdon tiedot	87
Relesuojaus- ja viestitiedot	88

Liitynnästä sovitaan liittymissopimuksella. Liittymissopimusta varten liittyjä täyttää Fingridin sivuilta löydettävältä ”liittyjä tiedot -lomakkeella”. Liittymissopimuksen edellytyksenä on, että kaava tai suunnittelutarveratkaisu on lainvoimainen, liittymistapa on teknisten ehtojen mukainen sekä mahdollisesti tarvittavaa liityntäjohtoa koskeva lunastuslupahakemus on lähetetty viranomaisille. Ehtona aurinkovoimalaitosliitynnässä on että voimalaitoksen kaava/suunnittelutarveratkaisu sekä rakennuslupa on lainvoimainen. Liittymissopimuksen osana on Fingridin yleiset liittymisehdot sekä voimalaitoksen järjestelmätekniset vaatimukset. Liittyjän suurjännitteisen osuuden pitää olla valmis viimeistään 36 kuukauden kuluttua liittymissopimuksen allekirjoittamisesta. (Fingrid n.d.c).

Tämän työn liitteenä on esitetty aurinkosähkövoimalan liittymän viitteellinen jana-aikataulu (liite 2). Aikajanan alapuolella on liittymän rakentamiseen liittyvä tiedonvaihto Fingridin kanssa. Aikajanan yläpuolelle on sijoitettuna energiaviraston 110 kV voimajohdon hankelupa. Liittymän jana-aikataulusta

näkee kuinka liittyminen kantaverkkoon tapahtuu sähkösuunnittelijan näkökulmasta sykleittäin. Jana-aikataulu on viitteellinen, eikä prosessi ole kaikissa kantaverkkoon D-tyyppin aurinkovoimaloiden liitynnöissä esitetyn jana-aikataulun mukainen.

6.2. Aurinkovoimalan suunnittelu

Aurinkovoimalan suunnittelu alkaa alustavalla karttakuva suunnitelmalla. Suunnitelmaan on rajattu rakennettava alue, sekä paneelien alustava sijoittelu. Samalla määritellään voimalan alustava suunniteltu teho ja tehdään alustavat tuotanto ennusteet (Saapunki 2024). D-tyyppin voimalaitoksen suunnittelu alkaa Fingridin kanssa esisuunnitteluvaiheessa liittyjän pyytämällä erityistarkastelutarpeen arviointia. Myös oma Fingridiin luodaan projekti voimalaitos hanketta varten. Eri-tyistarkasteluvaatimusten mukaiset mallinnukset ja laskentatulokset tulee toimittaa Fingridille mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, viimeistään 6kk ennen voimalaitoksen suunniteltua käyttöönottoa (Fingrid 2022a, 4.)

Varsinainen toteutussuunnittelu aloitetaan pienjänniteverkon sähkösuunnittelulla. Ainakin standardien vaatimat taulukko 5. suunnitelmat pitää tehdä. Myös muut tarvittavat pienjänniteverkon suunnitelmat tulee tehdä. Keskijänniteverkko tulee suunnitella palvelemaan pienjänniteverkkoa. Samaan aikaan tässä rinnalle menee liittymän suunnittelu, jonka suunnitelmia käsitellään luvussa 6.1.

Varsinainen VJV-todentamisprosessi alkaa Fingridin kanssa hankkeessa noudatettavien vaatimusten määrittelyllä. Useasti VJV-prosessia valvoo erillinen konsultti, joka kasaa suunnittelijoilta kaikki tiedot oma Fingridiin. (Rissanen 2024. b). D-tyyppin aurinkovoimalalla suunniteltavat tiedot menevät taulukkoa 4 mukailleen. Kun taulukko 4 tiedot on saatu valmiiksi, ne lähetetään Fingridille tarkastusta varten. Fingrid tarkistaa dokumentit, joko hyväksyy ne tai hylkää ne. Hylkäys tapauksessa antaa kommentteja mitä pitää tarkentaa. Kun kaikki 15 kohtaa vaiheessa 1 on hyväksytty. Niin silloin vaihe 1 (Suunnittelu) on hyväksytty.

Tämän työn liitteenä on esitetty aurinkosähkövoimalan viitteellinen jana-aikataulu (liite 1). Jana-aikataulussa on tummansinisellä esitettynä standardin vaatimat dokumentit, keltaisella paloturvallisuus ohjeessa vaaditut dokumentit, vaaleansinisellä on merkittynä energiavirastolle toimitettavat ilmoitukset ja violetilla värillä on muita suunnitelmia, joita ainakin sähkösuunnittelijan on tehtävä aurinkosähkövoimalahankkeeseen. Punaisella värillä on esitettynä tiedonvaihto Fingridin kanssa. Huomioitavana seikkana on, että aikajanalla löytyy myös liittymän aikajanan tehtäviä sikäli, kun ne liittyvät myös itse aurinkovoimalan prosessiin.

Kun saadaan kytkentäilmoitus (EON) hyväksytyä, niin voimala voi käyttää verkosta sähköä. Kun saadaan läpi väliaikainen käyttöönottoilmoitus (ION), niin voimala voi tuottaa pätötehoa verkkoon. Tästä alkaa vaihe 2. (käyttöönotto ja todentaminen). Lopuksi kun saadaan vaihe 2 suoritettua niin viimeisenä vaiheessa 3 vielä tarkistetaan kaikki tiedot, jonka jälkeen voimala voi saada lopullisen käyttöönottoilmoituksen (FON).

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada käsitys kaikista niistä tahoista, joiden kanssa sähkösuunnittelijan tulee tehdä yhteistyötä aurinkosähkövoimalahankkeissa. Mikä lainsäädäntö ohjaa voimalahankkeita, mitä standardeja tulee noudattaa, mitä vaatimuksia verkkoyhtiöt asettavat. Hieman viitteellisenä käsiteltiin maankäyttöä ja siihen liittyvää lainsäädäntöä sekä viranomaisia. Työn keskeiseksi lähteeksi muodostui Fingrid. Fingridillä on kantaverkon haltijana luonnollinen monopoli. Vaikka ei suoraan liittyttäisikään Fingridin verkkoon, niin siitä huolimatta D-tyyppin aurinkosähkövoiman tulee täyttää Fingridin vaatimukset. Jakeluverkkoon liittyttäessä jakeluverkkoyhtiö tulee välikädeksi hoitamaan tiedonsiirtoa liittäjän ja Fingridin välillä. Toki jakeluverkkoyhtiönkin määräykset täytyy toteuttaa, mutta ne ovat linjassa Fingridin määräysten kanssa.

Työssä koostettiin dokumenttiluettelo (liite 3), joka sisältää viranomaisten vaati- mat dokumentit, Fingridin vaatimuksista koostetut dokumentit, verkkopalvelueh- doista koostetut dokumentit, standardien vaatimat dokumentit, sekä paloturvalli- suus ohjeen vaatimat dokumentit. Dokumenttiluettelo toimi pohjana tehtäville voi- malan aikajanelle (liite 1), sekä liittymän aikajanelle (liite 2). Huomioitavaa on että, koostettu dokumenttiluettelo ei ole yhtä kuin aurinkosähkövoimalasta sähkösuun- nittelijan tekemät dokumentit. Sekä aikajanan tekemisessä on keskitytty viran- omaisvaatimuksiin sekä Fingridin voimalan todentamisprosessiin.

Tämä opinnäytetyö antaa mielestäni hyvän pohjan D-tyyppin aurinkosähkövoima- laan noudatettavista vaatimuksista ja lainsäädännöstä. Koostetut dokumenttiluet- telo sekä aikajana toimivat hyvänä pohjana tuleville hankkeille. Dokumenttiluet- teloa täytyy täydentää hankkeen edetessä. Aikajanelle täytyy tarkentaa vaiheiden kestoja, sekä dokumenttien tekemiseen vaadittua aikaa. Myös varsinaiseen voi- malan suunnitteluprosessiin vaaditut suunnitelmat, kuten keskusten kaaviot, KJ- kojeisto, rakennusten tasokuvat jne. lisäämällä aikajanelle, saadaan aikajana täydellinen.

Seuraavat vuodet näyttävät, kun aurinkovoimaloiden hankkeet siirtyvät suunnit- telusta toteutukseen, niin kuinka monta D-tyyppin aurinkosähkövoimalaa saadaan

tähän maahan. Mitä haasteita voimalakapasiteetin kasvu asettaa kantaverkolle?
Asettuuko siirtokapasiteetti millaiseksi pullonkaulaksi.

LÄHTEET

Härmä, O. Fingridin asiantuntija 2024. Sähköpostihaastattelu 21.3.2024.
Haastattelija Lähteenmäki, T.

Elistratov, V. & Ramadan, A. Techno-Economic Evaluation of a Grid-Connected Solar PV Plant in Syria. 2019. Verkkosivu. Viitattu 10.4.2024.
[\(PDF\) Techno-Economic Evaluation of a Grid-Connected Solar PV Plant in Syria \(researchgate.net\)](#)

ELY-keskus. 2023. Uusiutuvan energian tuotantolaitosten lupamenettelyt ja muut hallinnolliset menettelyt. PDF-dokumentti viitattu 25.3.2024 [0d83b61b-a18e-7d54-5083-41ffbaedd2bf \(ely-keskus.fi\)](#)

ELY-keskus. 2024a. Uusiutuvan energian lupaneuvonta. Verkkosivu. Viitattu 9.4.2024. <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta>

ELY-keskus. 2024b. Uusiutuvan energian lupaneuvonta/aurinkoenergia. Verkkosivu. Viitattu 26.2.2024. <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/aurinkoenergia>

Energiateollisuus. n.d. Sähköverkkoyhtiöt. Verkkosivu. Viitattu 20.3.2024.
<https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/sahkoverkot/sahkoverkkoyhtiot/>

Energiavirasto. n.d. Tietoa meistä. Verkkosivu. Viitattu 26.2.2024.
<https://energiavirasto.fi/energiavirasto>

Energiavirasto. 2022 Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021. Verkkosivu. Viitattu 3.4.2024.
<https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>

Fingrid. 2018. Fingrid oyj:n voimalaitoksen järjestelmä tekniset vaatimukset VJV2018. PDF-Dokumentti. Viitattu 30.1.2024. [vju2018.pdf \(fingrid.fi\)](#)

Fingrid. 2021. Fingrid oyj:n yleiset liittymisehdot YLE2021. PDF-dokumentti. Viitattu 30.1.2024. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/yle2021-fingrid-oyj-yleiset-liittymisehdot.pdf>

Fingrid. 2022a. Erityistarkasteluvaatimukset suuntaajakytketyille voimalaitoksille liittyen alisykroniseen vuorovaikutusriskiin 11.2.2022. PDF-dokumentti. Viitattu 21.3.2024. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/20220211_erityistarkasteluvaatimukset_suuntaajakytketyille_voimalaitoksille---sso.pdf

Fingrid. 2022b. Kantaverkkopalveluiden ajankohtaiset. 2022. PDF-dokumentti. Viitattu 21.3.2024. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/ajankoh-taista-tapahtumat/kantaverkkopalveluiden-ajankohtaiset-6.10.2022.pdf>

Fingrid. n.d.a. Sähköjärjestelmän hallinta. Verkkosivu. Viitattu 21.3.2024.
[Sähköjärjestelmän hallinta - Fingrid](#)

Fingrid. n.d.b. Yleiset liittymisehdot. Verkkosivu. Viitattu 30.1.2024.
<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/yleiset-liittymisehdot/>

Fingrid. n.d.c. Liittyminen kantaverkkoon. Verkkosivu. Viitattu 30.3.2024.
<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/#liitettavyys>

Kantaverkkoon liittyjän opas. PDF-dokumentti Viitattu 31.3.2024.
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/kantaverkkoon-liittyjan-opas.pdf>

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 5.5.2017/252. Viitattu 27.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170252>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 21.12.2023/752. Viitattu 23.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17-2P120f>

Motiva. 2024. Aurinkosähkövoimalat. Verkkosivu. Viitattu 3.4.2024.
<https://aurinkosahkovoimalat.fi/>

Ojanperä, S. 2023. Orimattilan Pakaan aurinkovoimalasuunnitelmaa muovataan vielä. Yle uutinen 18.9.2023. Viitattu 27.2.2024. <https://yle.fi/a/74-20050719>

Paloturvallisuusohje 2023. Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje PDF-dokumentti. Viitattu 3.4.2024. [Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje S 18012023.pdf \(pelastuslaitokset.fi\)](#)

Pelastuslaki 29.4.2011/379. Viitattu 27.3.2024 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379#L3P9>

Rissanen. T. Fingridin asiantuntija 2024a. Puhelinhaastattelu 29.2.2024. Haastattelija Lähteenmäki, T.

Rissanen. T. Fingridin asiantuntija 2024b. Puhelinhaastattelu 4.4.2024 Haastattelija Lähteenmäki, T.

Saapunki. H. 2024. Teams-palaveri 2.4.2024. A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Sesko. n.d.a. SFS-/IEC-/EN-STANDARDIT. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024.
<https://sesko.fi/standardit/sfs-iec-en-standardit/>

Sesko. n.d.b. SESKOn organisaatio. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024.
https://sesko.fi/sesko_ry/organisaatio/

Sesko. n.d.c. Standardien tekijänoikeudet. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024.
<https://sesko.fi/standardit/standardit-ja-tekijanoikeudet/>

SJLE. 2019. Suurjännitteisen jakeluverkon liittymisehdot. PDF-dokumentti viitattu 15.4.2024. <https://caruna.fi/sites/default/files/docs/Suurj%C3%A4nnitteisen%20jakeluverkon%20liittymisehdot%20SJLE%202019.pdf>

SJVPE. 2019. Suurjännitteisen jakeluverkon verkkopalveluehdot PDF-dokumentti. Viitattu 15.4.2024. <https://caruna.fi/sites/default/files/docs/Suurj%C3%A4nnteisen%20jakeluverkon%20verkkopalveluehdot%20SJVPE%202019.pdf>

Standardi SFS-EN 62446-1201+A1:2018. PDF-dokumentti. Viitattu 12.3.2024. vaatii käyttöoikeuden <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/721607.html.stx>

Standardi SFS 6000-7-712:2021. PDF-dokumentti. Viitattu 18.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/1141203.html.stx>

Sähkömarkkinalaki 23.3.2023/497. Viitattu 31.1.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Säköturvallisuuslaki 16.12.2015/1135. Viitattu 23.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135#Pdm46651395635408>

Valtioneuvoston asetus sähkömarkkinoista 5.2.2009/65. Viitattu 8.4.2024 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090065>

Varonen. V. Energiaviraston asiantuntia 2024. Puhelinhaastattelu 2.4.2024

Verkkopalveluehdot 2019. PDF-dokumentti. Viitattu 15.3.2024. https://caruna.fi/sites/default/files/docs/verkkopalveluehdot_vpe_2019_0.pdf

Liite 3. Aurinkosähkövoimalahankeen dokumenttiluettelo

1 (2)

Dokumentti mistä tieto on	Toimenpide numero	Toimenpide dokumentti	Milloin	Kenen vastuulla	Fingrid	Verkko-yhtiö	Asiakas	Pelastusviranomaisen	Ely-keskus	Energivirasto	Rakennusvalvonta
YLE 2021	1	Alustavat suunnitelmat (alustava mallinnus puistosta)	Ennen toteutuksen aloittamista	Sähkösuunnittelija	→						
	1.2	Alustavat suunnitelmat viranomaisia varten	Ennen toteutuksen aloittamista	Sähkösuunnittelija							
YLE 2021	2	Ehdotus liittynän sijainnista	Saadaan fingridiltä		←						
YLE 2021	3	Oikosulku ja maavirrat+suojaus vaatimukset	Saadaan fingridiltä		←						
YLE 2021	4	Suunnittelutiedot	Osana todentamismenettely	liittyjä	→						
YLE 2021	5	Fingridin sähköinen palvelu	saadaan käyttöoikeus fingridiltä	liittyjä	←						
YLE 2021	6	Liittynän ja liittyvän verkon suunnittelutiedot	ennen liittynän käyttöönottoa	liittyjä	→						
YLE 2021	7	Loppudokumentit	kaksi kuukautta käyttöönoton jälkeen	Saadaan urakoitsijalta.	→						
YLE 2021	8	Maadoitusimpedanssin pöytäkirja	Vuosi käyttöönoton jälkeen	Saadaan urakoitsijalta.	→						
YLE 2021	9	Puuvarmuuden ylläpito	Liittynän tultua käyttöö	Liittyjä	→						
YLE2021	61.2	Kantaverkkosopimus	Rakentaminen	Liittyjä							
YLE2021	62.2	Liittymissopimus	Rakentaminen	Liittyjä							
VJV 2018	10	Erytystarkastelutarve (tyyppi D)	Esisuunnitteluvaihe	Fingrid arvioi, liittymän pyytää	→						
VJV 2018	11	Liittynästä sopiminen	Ennen liittynän suunnittelua	Liittymän tulee sopia	→						
VJV 2018	12	Koeohjelmat vaatimusten mukaistamiseksi, koeohjelmien hyväksyminen	Hyvässä ajoin ennen aloittamista	Liittymällä ilmoittamisvelvollisuus	↔						
VJV 2018	13	Vaatimusten todentamisprosessin valvominen	Voimalaitosprojektin aikana	Verkkoyhtiön vastuulla tiedonsiirto fingridin ja verkkoyhtiön kanssa	↔						
VJV 2018	14	EON-kytkentäilmoitus	Fyysinen verkkoliityntä on valmis käyttöönottoon	Verkkoyhtiö	←						
VJV 2018	15–45	Vaihe 1 Suunnittelutiedot+reaaliaikamittaus	Heti kun tiedot on saatavilla	Liittyjä	→						
VJV 2018	46	ION- väliaikainen käyttöönotto ilmoitus	Kun voimalaitos on valmis → liittyjä saa tuottaa sähköä 18 kk ajan	Liittyjä	→						
VJV 2018	47–56	Vaihe 2 käyttöönotto ja todentaminen	Väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen jälkeen, aikaa 12kk	Liittyjä	→						
VJV 2018	57–58	Vaihe 3 (tarkastus ja hyväksyntä)	Vaiheen 2 jälkeen, aikaa 3kk	Verkkoyhtiö	←						
VJV 2018	59	FON- lopullinen käyttöönottoilmoitus	Vaiheen 3 jälkeen	Liittyjä	→						
VJV 2018	60	Mallinukset	Vaiheessa 1	Liittyjä	→						
VJV 2019	60.2	Mallinukset tarkastus	Käyttöönotto								
VPE/SJVPE 2019	61	Verkkosopimus	Ennen tuotannon aloitusta	Liittyjä	→						
VPE/SJVPE 2019	62	Liittymissopimus	Ennen tuotannon aloitusta	Liittyjä	→						
VPE/SJVPE 2019	63	Tuottajan myyntisopimus	Ennen tuotannon aloitusta	Liittyjä	→						
VPE/SJVPE 2019	64	verkonhaltijan lupa. (VJV 2018 täytäminen, tiedonsiirto fingridille menee verkkoyhtiön kautta)	Tarvitaan ennen käyttöönottoa	Liittyjä	←	↔					
VPE/SJVPE 2019	65	Ennakkoselvitys → liitettävyys → verkkoyhtiön sisäinen päätös → luvat hankelupa YVA → liittymissopimus, Liitettävyuden selvitys	suunnitteluvaiheessa	Liittyjä	→						

SJVPE 2019	66	Soveltuvuus selvitys (tiedonvaihto ja- keluverkossa käytössä olevasta ohjaus ja suojausjärjestelmistä)	suunnitteluvaiheessa	Liittyjä		↔						
SFS-EN 1:2016	62446- 67	Johdotuskaavio	suunnitteluvaiheessa	Sähkösuunnittelija			→					
SFS-EN 1:2016	62446- 68	Paneeliketjun kokoonpanopiirustus	suunnitteluvaiheessa	Sähkösuunnittelija			→					
SFS-EN 1:2016	62446- 69	Datalehdet	suunnitteluvaiheessa	Sähkösuunnittelija			→					
SFS-EN 1:2016	62446- 70	Hätätilannejärjestelmä	suunnitteluvaiheessa	Sähkösuunnittelija			→					
SFS-EN 1:2016	62446- 71	Käyttöön ja kunnossapitoon liittyvät tiedot	suunnitteluvaiheessa	Sähkösuunnittelija/ura- koitsija			→					
Paloturvallisuus- ohje 2023	72	Paloturvallisuus järjestelyt	suunnitteluvaiheessa	Rakennuttaja				→				
Paloturvallisuus- ohje 2023	73	Kohdekorrtti	suunnitteluvaiheessa	Sähkösuunnittelija/ura- koitsija				→				
ELY-keskus	74.1	YVA-tarveharkinta	Hankesuunnittelu	Liittyjä							→	
ELY-keskus	74.2	Ympäristö vaikutusten arviointi (YVA)	Hankesuunnittelu	Liittyjä							→	
ELY-keskus	75	Muutokset asemakaavaan	Hankesuunnittelu	Liittyjä								→
ELY-keskus	76	MRL-mukainen toimenpidelupa/ra- kennuslupa	Hankesuunnittelu	Liittyjä								→
Energiavirasto	77	Ilmoitus yli 1MW voimalaitoksesta	Hankesuunnittelu	Sähkösuunnittelija								→
Energiavirasto	78	110 kV voimajohdon hankelupa	Hankesuunnittelu	Sähkösuunnittelija								→
Energiavirasto	79	Ilmoitus yli 1MW voimalaitoksen käyt- töönnotosta	Käyttöönotto	Sähkösuunnittelija								→
Fingrid	80	Lausunto siirtokapasiteetista	Hankesuunnittelu	Fingrid antaa pyy- dettäessä	←							
Fingrid	81	Sijoitus ja leikkaus piirustukset	Hankesuunnittelu	Sähkösuunnittelija	→							
Fingrid	82	Aluekartta	Hankesuunnittelu	Sähkösuunnittelija	→							
Fingrid	83	Pääkaavio	Toteutussuunnittelu	Sähkösuunnittelija	→							
Fingrid	84	Energiamittauksen toteutus	Toteutussuunnittelu	Sähkösuunnittelija	→							
Fingrid	85	maadoitukset	Toteutussuunnittelu	Sähkösuunnittelija	→							
Fingrid	86	sijaintikoodit	Toteutussuunnittelu	Sähkösuunnittelija	→							
Fingrid	87	haarajohdon tiedot	Toteutussuunnittelu	Sähkösuunnittelija	→							
Fingrid	88	relesuojaustiedot ja -viestitiedot	Toteutussuunnittelu	Sähkösuunnittelija	→							
Fingrid	90	Turvallisuus asioista sopiminen	Rakentaminen	Urakoitsija Yhdessä Fingridin	↔							
Fingrid	91	Keskeyty- ja kytkentä suunnittelu	Rakentaminen	Yhdessä Fingridin kanssa	→							
Fingrid	92	Voimajohtoliitynnän liityntä katsel- mus	Rakentaminen	Yhdessä Fingridin kanssa	↔							