

Sähkön pientuotannon liittäminen verkkoon

Sähkön pientuotannon liittäminen verkkoon

Pöyry Energy Oy

Copyright Motiva Oy, Helsinki, syyskuu 2006

Esipuhe

Tämän oppaan tarkoituksena on antaa yleiskuva sähkön pientuotannon liittämistä sähköverkkoon. Lisäksi käsitellään lyhyesti vaihtoehtoa, jossa sähkö tuotetaan omaan käyttöön.

Oppaan lähtökohtana on, että laitoksen peruskonsepti kuten tyyppi, tekniikka, polttoaine, sijaintipaikka ja rahoitus on päätetty ja suunniteltu.

Opas on suunnattu ennen kaikkea sähkön pientuottajille tai sähkön pientuotantoa suunnitteleville toimijoille. Lisäksi toivomme oppaan antavan hyvän yleiskuvan pientuotannon liittämistä sähköverkkoon paikallisille sähköverkonhaltijoille, sähkömyyjille, viranomaisille ja muille ko. hankkeen piirissä toimiville tahoille.

Oppaan alussa käydään läpi pientuotannon määritelmä ja tyypit sekä aiheeseen liittyvä lainsäädäntö, verot ja tuet. Tämän jälkeen esitellään sähköverkkoon liittymisen tekniset ja kaupalliset ratkaisut. Lopuksi esitellään haastateltujen sähkön pientuottajien näkemyksiä sekä tulevaisuuden kehityssuunnitelmia. Oppaan lopussa on lyhyt energiasasto sekä lähdeluettelo.

Opasta varten on haastateltu viittä pientuottajaa, jotka on esitelty tarkemmin kappaleessa 1.3. Haluamme esittää parhaat kiitoksemme asianomaisille tahoille.

Oppaan aineiston on koonnut ja toimittanut Pöyry Energy Oy:n projektiryhmä. Projektipäällikkönä toimi KTM Anu Metso. Asiantuntijoina toimivat DI, MBA Minnakaisa Ahonen, DI Esa Holttinen, DI Jyrki Leino, ja DI Petri Väisänen. Aineiston työstämiseen osallistuivat lisäksi DI Jarkko Lampinen, DI Jenni Ilvonen ja DI Minna Jokinen.

Opasta ovat lisäksi valmisteluvaiheessa kommentoineet: kauppa- ja teollisuusministeriö (Timo Ritonummi), Motiva (Seppo Hulkkonen ja Juha Rautanen) sekä Turvatekniikan keskus (Harri Westerlund ja Valto Ottovainen).

Oppaan on rahoittanut kauppa- ja teollisuusministeriö.

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
1 Johdanto – pienen kokoluokan sähköntuotanto	7
1.1 Pientuotannon määritelmä	7
1.2 Haastateltujen esimerkkilaitosten esittely	7
1.3 Yleisimmät tavat tuottaa sähköä pienimuotoisesti	8
Tuulivoima	8
Pienvesivoima	9
Lämmön ja sähkön yhteistuotanto	10
Biokaasu	11
1.4 Pienimuotoisen tuotannon kustannustaso	11
1.5 Piensähköntuotannon erilaiset jakeluverkkoon liitännät	13
2 Lainsäädäntö ja tukimekanismit	14
2.1 Sähkön tuotannon liittäminen verkkoon – tuottajan oikeudet ja lainsäädäntö	14
Viranomaisluvut	14
Energiamarkkinavirastolle tehtävät ilmoitukset	15
2.2 Sähköntuotannon kansalliset ohjausmekanismit – verot, tuet ja määräytymisperusteet	16
Verotus ¹³	16
Sähköntuotannon tuet	17
3 Laitoksen liittäminen sähköverkkoon – pääkohdat	18
4 Sähköverkkoon liittyminen – tekniset ratkaisut	20
4.1 Tekniset lähtökohdat	20
4.2 Turvallisuus ja sähkön laatu	20
4.3 Liitännään tarvittava sähköjärjestelmä	23
Pienvoimalan ja sen verkkoliittymän pääkomponentit	24
Jännitetaso valinta	25
Suojaus ja ohjausjärjestelmät	26
Sähkönmittaus	27
4.4 Keskeisimmät lait ja standardit sekä vaadittavat sähkötekniset tarkastukset	27
5 Kaupalliset perusteet	29
5.1 Sähköverkonhaltijan ja sähkönostajan kanssa tehtävät sopimukset	29
5.2 Liittymismaksun ja siirtotariffien määräytymisperusteet	30
Liittymismaksut	30
Alue- ja jakeluverkkojen siirtotariffit	31
Kantaverkkomaksut	33
5.3 Sähköä myös muiden tarpeisiin – kenelle ja miten myyn sähköä?	33
Sähkön myynti	33
Myyntisopimus sähköyhtiön tai meklarin kanssa	33
Myyntisopimus kiinteistön sisäisessä sähköverkossa	34

6	Tuottajien kokemuksia	35
7	Pienen kokoluokan sähköntuotannon edistäminen	38
7.1	Verkkoon pääsyn helpottaminen	38
7.2	Hinnoittelun yhtenäistäminen	38
Liite 1	Sanasto	39
Liite 2	Mistä lisätietoa?	40

1 Johdanto – pienen kokoluokan sähköntuotanto

1.1 Pientuotannon määritelmä

Pientuotannolle on useita eri määritelmiä riippuen määrittelevästä tahosta. Määritelmät pohjautuvat usein voimalan nimellis- tai maksimitehoon, mutta myös liittymäverkon mukaista rajausta käytetään yleisesti. Pientuotannosta voidaan myös käyttää nimitystä hajautettu tuotanto. Nimitys perustuu voimaloiden sijaintiin käyttökohteiden lähellä ja sähkön tuotantoon paikallista tai alueellista tarvetta varten yleensä suoraan jakeluverkon kautta, jolloin liityntää kantaverkkoon ei välttämättä tarvita.¹ Pienimuotoinen sähköntuotanto on tyypillisesti muutamia kymmeniä tai satoja kilowatteja tai korkeintaan muutamia megawatteja.

VTT on tutkimusraportissaan² ehdottanut käytettäväksi pienmuotoiselle sähköntuotannolle seuraavaa määritelmää: ”pienvoimala on sähköntuotantolaitos, joka on liitetty verkonhaltijan pien- tai keskijänniteverkkoon tai siihen liitetyn asiakkaan verkkoon”. Pienjänniteverkolla tarkoitetaan 0,4 kV:n jännitteistä verkkoa ja keskijänniteverkolla 6–70 kV:n jännitteistä sähköverkkoa. Myös Suomessa energia-asioista vastaava ministeriö, kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM), on tämän määritelmän kannalla³. Tämän määritelmän mukaan pientuotannoksi kutsuttavat laitokset ovat liittyneet jakeluverkkoon (<110 kV) tai sähkönkäyttäjän verkkoon. Suomessa useat eri lupaprosessit ja tuet ovat sidottuja tiettyihin kokoluokkiin, joista osa esitellään tämän oppaan muissa luvuissa.

1.2 Haastateltujen esimerkkilaitosten esittely

Oppaaseen on kerätty myös kokemuksia erilaisilta sähkön tuotantolaitokselta, jotka ovat viime aikoina käyneet läpi pienvoimalaitoksen verkkoon liittämisprosessin. Esimerkkilaitosten on toivottu tuovan kokemuksia ja näkemyksiä vaadittavien prosessien pituudesta, tarvittavasta asiantuntija-avusta sekä mahdollisesti esiin tulleista vaikeuksista ja ratkaisuksista ongelmiin. Oppaassa on kuvailtu esimerkkilaitosten kokemuksia eri asiakokonaisuuksien yhteydessä. Alla on esitelty haastateltujen laitosten henkilöt, omistusrakenne, tyyppi ja kokoluokka.

- **Kokemäen Lämpö Oy**, Kokemäki, Jukka Järvenpää. Kunta-omisteinen yhtiö, kaasutusvoimalaitos, jossa kaasutetaan puuta. Teho: polttoaineteho 7,2 MW, sähköteho 1,8 MW ja kaukolämpöteho 4,3 MW. Sähköä johdetaan paikallisen verkonhaltijan verkkoon.
- **Kalmarin maatila**, Leppävesi, Erkki Kalmari. Yksityinen. Biokaasulaitos, kaasuntuotanto perustuu pääasiassa lietteeseen, sähköntuotantoa pääasiassa omaan tarpeeseen.
- **Väki-Parta Ari-Matti**, Eurajoki. Tuulivoimalaitos, teho: 225 kW. Sähköä tuotetaan omaan käyttöön sekä myydään paikalliseen jakeluverkkoon.

- **VAPO Oy**, Sotkamon voimalaitos, Manu Oksanen ja Heikki Nevasalmi, Vastapainevoimalaitos, Polttoaine: turve ja puu, Sähköteho 1,8 MW.
- **Biovakka Oy**, Vehmaa. Jyrki Heliä ja Harri Häggström. Yksityinen biokaasutuslaitos, kaasuntuotanto perustuu biojätteeseen (70 % jätteestä on sikalietettä). Teho: sähköteho noin 0,8 MW ja lämpöteho noin 0,9 MW. Sähköä johdetaan paikallisen verkonhaltijan verkkoon. Haastateltu myös sähkösuunnittelijaa: Turun Sähkösuunnittelu Oy, Jari Kaarrela.

1.3 Yleisimmät tavat tuottaa sähköä pienimuotoisesti

Merkittävimmät sähköntuotantotavat pienimuotoisessa tuotannossa ovat tällä hetkellä pienvesivoima, tuuli ja bioenergia. Suomen olemassa olevan voimalaitoskapasiteetin tehojakauma ja arvioitu tuotanto on esitetty taulukossa 1 eriteltyinä voimalaitostehojen mukaisiin suuruusluokkiin. Vesivoima ja tuulivoima on esitetty omina ryhminään. Ryhmään *Muut* kuuluvat pienimuotoiset sähköntuotantolaitokset ovat pieniä polttomoottoreita ja kaasuturbiineja sekä bioenergiaa hyödyntäviä pienvoimalaitoksia³.

Taulukko 1. Suomen voimalaitoskapasiteetti maksimitehojen mukaan ja arvioitu tuotanto³

Voimalaitoksen maksimiteho (MW)	Voimalaitoksia (kpl)	Prosenttia kapasiteetista (%)	Vesivoima (MW)	Tuulivoima (MW)	Muut (MW)	Maksimitehot yhteensä (MW)	Tuotanto, arvio (GWh)
< 1,0	176	0,5	57	26	...	90	188
1,0–1,9	46	0,4	44	24	1	62	184
2,0–4,9	48	0,9	81	33	40	150	583
5,0–9,9	39	1,7	150	-	123	275	1 261
10,0–19,9	40	3,5	217	-	359	576	2 596
> 20,0	142	93,0	2 476	-	12 946	15 422	70 619
Yhteensä	491	100	2 967	82	13 469	16 575	73 441

Taulukon luvut ovat suuntaa-antavia ja tuotanto on arvioitu tyypillisillä huipunkäyttöajoilla. Esitetyt tehot ovat maksimitehoja.

Seuraavassa on esitelty lyhyesti yleisimmät sähkön pientuotantomuodot.

Tuulivoima

Tuulen liike-energiaa voidaan tuulivoimalalla muuntaa voimalan siipien pyörimisliikkeeksi ja edelleen sähköksi generaattorissa. Generaattorin tuottama sähkö johdetaan muuntajan kautta sähköverkkoon. Tuulen tehosisältö on verrannollinen tuulen nopeuden kolmanteen potenssiin, joten tuulivoimalaitoksen tuottama hetkellinen teho kasvaa jyrkästi tuulen nopeuden kasvaessa. Yhden megawatin voimalaitos tuottaa vuodessa sähköä keskimäärin hieman yli 2 000 megawattituntia, mutta vuotuinen tuotanto vaihtelee jopa 30–40 % tuuliolojen mukaan. Tuulivoiman tuottaman sähkön teho ja jännite vaihtelee

myös hetkittäin suuresti johtuen turbulenssista. Useasta tuulivoimalasta koostuvassa tuulipuistossa nopeat tehonvaihtelut tasaantuvat voimaloiden lukumäärän ja keskinäisen etäisyyden mukaan.^{4,5}

Tuulivoimapotentiaalia on Suomessa runsaasti erityisesti rannikkoseudulla ja tuntureilla. Tuulivoimarakentaminen onkin kasvanut 1990-luvun lopulta runsaasti ja yksikkökoko on kasvanut. Olemassa oleva kapasiteetti on Suomessa kuitenkin edelleen hyvin vaatimaton moniin muihin Euroopan maihin verrattuna. Tuulivoimakapasiteetin rakentamista rajoittavat taloudelliset ja hallinnolliset seikat, mutta tuulivoimatuotannon huomattava lisääminen olisi Suomessa mahdollista, jos tuotanto on taloudellisesti kannattavaa.⁴

Yleensä ottaen tuulivoiman rakentaminen on kallista moniin muihin tuotantomuotoihin verrattuna, mutta sen käyttökustannukset ovat edulliset. Käytön edullisuuteen vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät:

- tuulivoima on hyvin automatisoitua eikä siten tarvitse pysyvää miehitystä tuotantolaitoksella
- lisäksi ei tarvitse suunnitella polttoainelogistiikkaa ja kantaa polttoaineen hintaan sitoutuvia riskejä.

Edellä mainituista syistä tuulivoima soveltuu hyvin pien- ja yksityiskäyttöön.

Pienvesivoima

Vesivoimalaitoksessa muutetaan putouksessa virtaavan veden liike-energia pyörimisliikkeenä turbiinissa, joka edelleen pyörittää generaattorin akselia tuottaen sähköä. Vesiputous voi olla luonnollinen tai patojen ja vesiteiden avulla koskijaksoista yhdistetty. Vesivoiman tuotanto vaihtelee vuosittain sateisuuden mukaan.⁶

Valtaosa Suomen vesivoimalaitoksista on joki- tai säännöstelyvoimalaitoksia. Joki-voimalaitoksessa säätömahdollisuus laitoksen oman padon avulla on pieni, kun taas säännöstelyvoimalaitoksella tuotantoa voidaan säädellä vuositasollakin. Alle 1 MW:n minivesivoimaloita ja 1–10 MW:n pienvesivoimaloita on Suomessa yhteensä noin 200. Paikallisten energiayhtiöiden ja teollisuuden pienvesivoimaloiden yhteenlaskettu vuosituotanto on noin 900 GWh eli alle 10 % koko vesivoimatuotannosta.⁷

Rakentamattomasta vesivoiman uudisrakennuspotentiaalia on arvioitu olevan suojelemattomissa vesistöissä noin 460 MW⁸. Alle 1 MW:n minivesivoiman hyödyntämättömäksi potentiaaliksi on arvioitu 140 MW suojelemattomissa vesistöissä³. Vanhojen saha- ja myllypatojen hyödyntämätön vesivoima on myös mahdollista ottaa käyttöön uusilla teknologisilla ratkaisulla. Rakentamisen jälkeen vesivoimalaitoksesta aiheutuu vain vähän kustannuksia ja voimalaitosta voidaan ohjata automatiikalla, jota valvotaan kauko-ohjauksella.⁶ Voimaloiden pitkän käyttöiän ansiosta vesivoiman tuotantokustannukset ovat alhaiset.

Parhaiten uudet pienen kokoluokan vesivoimalat soveltunevat käytöstä poistettujen vesivoimalaitosten tilalle sekä kohteisiin, joissa on jo pato. Näissä paikoissa ympäristövaikutukset jäävät vähäisemmiksi kuin luonnontilaisissa koskissa.⁷

Lämmön ja sähkön yhteistuotanto

Pienimuotoinen sähkön ja lämmön yhteistuotanto eli CHP-tuotanto voi perustua useisiin erilaisiin teknologioihin ja polttoaineratkaisuihin. Vaihtoehtoina pientuotannossa ovat mm. kaasu- ja dieselmoottorit, mikroturbiinit, höyryturbiinit ja -koneet sekä Stirling-moottorit. Lisäksi Suomessa on paljon pieniä kotimaisiin biopolttoaineisiin perustuvia lämmöntuotantolaitoksia (10–20 MW), joihin ei alhaisen sähkönhinnan aikana ole ollut kannattavaa rakentaa sähköntuotantoa. Viimeaikainen sähköhinnan nousu on lisännyt sähkön ja lämmön yhteistuotannon kannattavuutta myös pienissä kokoluokissa (alle 5 MW).

Kaasu ja dieselmoottorivoimalat koostuvat mäntämoottorista ja siihen liitetystä generaattorista. Pientuotannossa voidaan moottoreita käyttää pienimmistä alle 200 kW:n moottoreista aina 10 MW:iin saakka. Haluttu tehotaso saadaan kytkemällä useita moduuleita yhteen. Kaasumoottorit ovat käytetyimpiä jatkuvatoimisessa yhteistuotannossa, kun taas dieselmoottoreita käytetään enemmän varavoimasovelluksissa. Kaksoispolttoainemoottoreissa osa tehosta tuotetaan dieselpolttoaineella ja osa imuilman mukana syötettävällä kaasulla.⁸

Höyryturbiineissa paineistettu höyry kulkee turbiinin siipien läpi, jotka pyörittävät generaattoria. Lämpökattilan ja höyrykoneen yhdistelmään perustuvassa CHP-voimalassa polttoaineesta vapautuvalla lämpöenergialla tuotetaan höyrykattilassa höyryä, joka johdetaan sähkögeneraattoria pyörittävään höyrykoneeseen. *Höyrykoneessa* korkeapaineista höyryä käytetään liikuttamaan sylinterissä mäntää, joka voidaan kampiakselin avulla yhdistää generaattoriin tuottamaan sähköä. Höyry voidaan käyttää edelleen lämmön tuottamiseksi. Höyry tuotetaan erillisessä kattilassa polttoaineena hiili, öljy, maakaasu tai biomassaa. Höyrykone on höyryturbiinia taloudellisempi vaihtoehto alle 1 MWe laitoksissa, koska höyryturbiinien hyötysuhde on alhainen etenkin osakuormilla. Yli 1 MWe laitoksissa höyrykoneen asemesta käytetään höyryturbiinia. Höyrykoneissa ja -turbiineissa höyryntuotanto tapahtuu erillisessä kattilassa, polttoaineeksi soveltuu periaatteessa mikä tahansa kiinteä, nestemäinen tai kaasumainen fossiilinen tai biopolttoaine. Yleisimpiä polttoaineita ovat kiinteät polttoaineet kuten hiili, turve, kierrätyspolttoaineet sekä biomassaa.⁸

Stirling-moottoreita käytetään lähinnä rakennuskohtaisissa sovelluksissa kokoluokassa 2–20 kW. Stirling-moottori eroaa dieselmoottorista siinä, että sen sylinteri on suljettu ja palaminen tapahtuu sylintereiden ulkopuolella. Polttoaineena voidaan käyttää maakaasua, öljyä tai myös kiinteitä polttoaineita.⁸

Mikroturbiinit ovat noin 25–250 kW:n kaasuturbiineja, joissa polttoaineena käytetään maakaasua, biokaasua, vetyä tai kaasutettua kierrätyspolttoainetta tai biomassaa. Myös nestemäisiä polttoaineita kuten dieselöljyä, bensiniä tai bioöljyä voidaan käyttää. Polttoaine palaa polttokammiossa, josta kaasu johdetaan suoraan kaasuturbiiniin. Syöttöilma paineistetaan kompressorissa ennen polttokammioon syöttämistä. Mikroturbiinissa on tavallisesti yksi akseli, johon generaattori, kompressorin ja turbiini on laakeroitu. Pyörimisnopeudet ovat suuria, mistä johtuen generaattorien vaihtovirta on korkeataajuisia. Mikroturbiinilaitoksen tuottama vaihtovirta on muunnettava verkkotaajuisiksi taajuusmuuttajalla. Mikroturbiineilla voidaan tuottaa vain sähköä, mutta pakokaasujen hukkalämmön talteenotolla kokonaishyötysuhdetta voidaan parantaa tuntuvasti 75–85 %:iin.

Pelkässä sähköntuotannossa hyötysuhde jää 15–35 %:iin. Lämpö voidaan ottaa talteen joko höyrynä tai vetenä.⁸

Biokaasu

Biokaasua muodostuu mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa. Hajotuksen tuloksena saadaan mädätettyä biomassaa sekä biokaasua, joka sisältää noin 40–70 % metaania ja noin 30–60 % hiilidioksidia, sekä hyvin pieninä pitoisuuksina mm. rikkiyhdisteitä.⁸

Biokaasun raaka-aineeksi soveltuvat maataloilla syntyvät biojätteet ja eläinten lanta, kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden liete ja puunjalostus- ja elintarviketeollisuuden orgaaniset jätteet. Biokaasun raaka-aineeksi voidaan myös viljellä peltokasveja. Kaatopaikoilla muodostuu myös merkittäviä määriä metaania orgaanisten jätteiden hajotessa.⁷

Biokaasua voidaan käyttää sähkön tuotannon lisäksi lämmön tuotannossa sekä ajoneuvojen polttoaineena. Biokaasua tuottavat yksiköt ovat kooltaan tyypillisesti pieniä. Niissä käytetään usein kaasumoottoreita sähkön ja lämmön yhteistuotantoon. Suuremmissa yksiköissä voidaan käyttää myös kaasuturbiineja.⁷

1.4 Pienimuotoisen tuotannon kustannustaso

Taulukossa 2 on esitetty Suomessa yleisimmin käytetyt pienen kokoluokan sähköntuotannon muodot sekä arviot investointi- ja tuotantokustannuksista. Investointikustannukset on ilmoitettu ilman investointitukea.

Taulukko 2. Pienimuotoisen sähköntuotannon tuotantomuotojen ominaispiirteitä ja kustannuksia.

	Yleisimmät yksikkötehot (kW)	Tuotantomuodon ominaispiirteet sähköntuotannon kannalta	Käyttöikä (vuotta)	Investointikustannus (euro/kW)	Tuotantokustannus (c/kWh)
Tuuli	100–3 000	tuulisuusoloilla ratkaiseva merkitys, korkeat investointikustannukset ja alhaiset käyttökustannukset, riippumattomuus polttoaineen hinnoista	20	800–1 300 Pienillä ja yksittäisillä laitoksilla korkeampi kuin isoilla laitoksilla ja tuulipuistoissa	3–6 riippuu huomattavasti tuotantolosuhteista

Pienvesivoima	20–10 000	pääomavaltaisuus, korkeat investointikustannukset ja alhaiset käyttökustannukset, riippumattomuus polttoaineen hinnoista	30–40	1 200–3 000	2–5
Bio-CHP höyryturbiinilla	2 000–5 000	Hyvä mahdollisuus sähkön tuotannon suunnitelmallisuuteen: ajoitus ja säädetävyys	20	2 500–3 500	3–6 (* riippuu huomattavasti polttoaineen ja lämmön hinnasta
Bio-CHP kaasumootorilla tai mikroturbiinilla	30–3 000	korkea sähköhyötysuhde, monipuolinen polttoainevalikoima, modulaarisuus	15	500–5 000 alin kustannus sisältää kaasumoottorivoimalan, ylin kustannus sisältää termisen kaasuttimen	4–8 * riippuu huomattavasti polttoaineen ja lämmön hinnasta

*sähköntuotannon tuki sisältyy ilmoitettuun sähkön hintaan

Tuulivoiman tuotantokustannukset muodostuvat suurelta osin investointikustannuksista. Investointikustannukset koostuvat tuulivoimalan hankintahinnasta, infrastruktuurista, voimalan kuljetus- ja pystytyskustannuksista sekä suunnittelukustannuksista. Tuotannon taloudellisuuteen on tuulioloilla ratkaiseva vaikutus. Vastaavasti polttoaineiden hintariskiä ei ole.

Vesivoimalaitoksen käyttöikä on pitkä ja tuotantokustannukset muodostuvat lähinnä investointikustannuksista. Pienvesivoiman kustannuksiin vaikuttaa ratkaisevasti sijoituskohte ja joenuoman vaatimat muokkaus ja patoamistarpeet. Koneaseman ja rakenteiden kustannukset ovat laskeneet ns. pakettiturbiinien myötä, jotka yksinkertaistavat rakennustöitä ja vähentävät kustannuksia.

Moottorivoimaloiden investointikustannukset muodostuvat moottori-generaattoriyhdistelmästä sekä muiden laitteiden, rakentamisen ja asentamisen kustannuksista, jotka CHP-laitoksessa ovat merkittäviä. Investointikustannusten lisäksi polttoainekustannukset sekä käyttö- ja kunnossapitokustannukset vaikuttavat merkittävästi tuotantokustannuksiin.⁸

Esimerkinomaisesti on alla esitetty sähköenergian markkinahintoja. Vuoden 2006 alkupuolella sähköpörssissä (Nord Pool) noteerattu kuukauden keskihinta on vaihdellut välillä 35–53 €/MWh (3,52–5,32 snt/kWh). Energian pienkäyttäjän ostohintatason kuvaamiseksi on seuraavassa esitetty koko maan painotettuja sähköenergian keskiarvohintoja 1.6.2006. Lähteenä on käytetty Energiemarkkinaviraston tilastoja.

- Pientalo, suora sähkölämmitys, kulutus 18 000 kWh/vuosi:
Sähköenergian keskihinta 4,43 snt/kWh
- Maatila, kulutus 35 000 kWh/vuosi:
Sähköenergian keskihinta 4,41 snt/kWh.

1.5 **Piensähköntuotannon erilaiset jakeluverkkoon liitännät**

Sähkön tuottaminen Suomessa (lukuun ottamatta ydinvoimaa) on kaikille vapaata toimintaa. Lisäksi kaikki tuotantolaitokset voivat liittyä yleiseen sähköverkkoon ja myydä sähköä avoimilla sähkömarkkinoilla. Tosin sähköntuotantolaitoksen tulee täyttää viranomaisten ja sähkölaitoksien tuotantolaitoksille asettamat vaatimukset kuten ympäristövaatimukset ja tekniset vaatimukset. Sähköntuottaja on velvollinen varmistamaan, että hänen tuotantolaitoksensa täyttää verkkoyhtiön sille asettamat vaatimukset.

Sähköverkon kannalta pienvoimalat voidaan jaotella sen käyttötavan mukaan kahteen ryhmään:

- voimalat, joita ei ole liitetty yleiseen verkkoon tai jotka toimivat vaihtoehtona yleiselle jakeluverkolle (ei toiminnassa yhtäaikaisesti yleisen sähköverkon kanssa eli ei sähköverkon kanssa rinnan kytkettynä) sekä
- voimalat, jotka toimivat rinnan yleisen jakeluverkon kanssa niin, että tuotanto voidaan siirtää osin tai kokonaan jakeluverkkoon.

Tämä opas käsittelee pääasiassa pienvoimaloita, jotka toimivat rinnan yleisen sähköverkon kanssa ja joiden tarkoituksena on siirtää laitoksen tuottama sähkö joko osittain tai kokonaisuudessaan yleiseen jakeluverkkoon. Tässä tapauksessa sähköntuottajan tuotantolaitteisto voi olla kytketty jakeluverkkoon joko suoraan tai kiinteistön tai kiinteistöryhmän sisäisen sähköverkon kautta.

Voimalan liittymän tekninen toteutus ja sen jännitetason valinta päätetään teknisin ja taloudellisin perustein. Jakeluverkonhaltija asettaa tekniset reunaehdot voimaloille (kokoluokka) perustuen jakeluverkon ominaisuuksiin liityntäpisteessä. Kappaleissa 4 ja 5 on tarkemmin kuvailtu verkkoon liittymiseen tekniset ratkaisut ja kaupalliset ehdot.

2.1 Sähkön tuotannon liittäminen verkkoon – tuottajan oikeudet ja lainsäädäntö

Suomen sähköverkko muodostuu valtakunnallisesta 110–400 kV:n kantaverkosta, 110 kV:n alueverkosta sekä 0,4–70 kV:n jakeluverkoista. Verkot ovat kanta-, alue- ja jakeluverkonhaltijoiden hallinnassa. Jakeluverkkoja hallitsevat tyypillisesti paikalliset sähköyhtiöt.¹⁰ Sähköverkkotoiminta on sähkömarkkinalain¹¹ mukaan luvanvaraista toimintaa. Toimintaan vaaditaan Energiamarkkinaviraston myöntämä verkkolupa. Luvanvaraista ei kuitenkaan ole sähköverkkotoiminta, jossa yhteisön tai laitoksen hallinnassa olevalla sähköverkolla hoidetaan vain kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäistä sähköjakelua. Jakeluverkonhaltijalla on yksinoikeus rakentaa jakeluverkkoa alueelleen. Sähköntuottajalle on lainsäädännössä kuitenkin annettu oikeus rakentaa oma liittymisjohto, jolla sähköntuotantolaitos liitetään vastuualueen jakeluverkonhaltijan tai ulkopuolisen verkonhaltijan sähköverkkoon.

Verkkotoiminnan harjoittajaa sitoo sähkömarkkinalaissa määritetyt yleiset velvoitteet ja hinnoitteluperiaatteet, joista pientuottajien kannalta tärkeimmät ovat kehittämis- ja liittämisen- sekä siirtovelvollisuus. Hinnoitteluperiaatteiden tulee noudattaa kohtuullisuus-, tasapuolisuus-, syrjimättömyys-, julkisuus- sekä selkeys- ja yksinkertaisuusperiaatteita.

Verkon kehittämisvelvollisuuden mukaan verkonhaltijan tulee ylläpitää, käyttää ja kehittää sähköverkkoonsa asiakkaiden kohtuullisten tarpeiden mukaisesti ja turvata riittävän hyvälaatuisen sähkön saanti asiakkaille. Liittämisenvelvollisuus velvoittaa verkonhaltijan liittämään verkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät sähköntuotantolaitokset ja käyttöpaiikat pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan toiminta-alueellaan. Verkonhaltijan asettamat tekniset vaatimukset ja ehdot verkkoon liittämiseen eivät saa olla syrjiviä ja vaatimukset on julkaistava. Verkonhaltijan on myös annettava liittyjälle yksityiskohtainen arvio kustannuksista, jos liittyjä sitä pyytää.¹¹ Verkkopalvelujen hinnoittelussa ei saa olla perusteettomia tai sähkökaupan kilpailua ilmeisesti rajoittavia ehtoja tai rajauksia. Siinä on kuitenkin otettava huomioon sähköjärjestelmän toimintavarmuuden ja tehokkuuden vaatimat ehdot sekä kustannukset ja hyödyt, jotka aiheutuvat sähköntuotantolaitoksen liittamisestä verkkoon.³

Siirtovelvollisuus velvoittaa verkonhaltijaa myymään sähkön siirtopalveluja niitä tarvitseville verkkonsa siirtokyvyn rajoissa kohtuullista korvausta vastaan. Sähkömarkkinalaki velvoittaa verkonhaltijaa järjestämään toimitetun sähkön mittauksen, josta aiheutuvat kohtuulliset kustannukset asiakkaan tulee maksaa verkonhaltijalle.¹⁰

Viranomaisluvut

Alla on lyhyesti esitetty pienvoimalaitoksen toteuttamiseen liittyviä viranomaislupia. Vaadittavat viranomaisluvut ja -ilmoitukset vaihtelevat laitostyypeittäin ja lisäksi riippuvat laitoksen ominaisuuksista kuten koosta ja sen sijoituspaikasta. Lisätietoa tarvittavista luvista on saatavissa paikallisilta rakennusviranomaisilta.

Pienvoimalahankkeessa tulee ensimmäiseksi varmistaa suunnitellun sijoituspaikan detailjakaava ja siten mahdollisuus sijoittaa sähköntuotantolaitos kyseiseen paikkaan. Lisäksi sähköntuotantolaitokselle tulee yleensä hankkia rakennuslupa ja polttoaineteholtaan yli 5 MW tuotantolaitoksille tulee anoa ympäristölupa. Niin rakennuslupa- kuin ympäristölupakysymyksissä paras tiedonlähde ovat pienvoimalan sijaintikunnan rakennusviranomaiset.

Usein monissa pienvoimalan tapauksissa tarvittavat luvat rajoittuvat rakennuslupaan ja siihen liittyviin liitteisiin. Lisäksi tuulivoimalaitoksiin usein kohdistetaan maisemallisten vaikutusten arviointia, joista on tarkemmin kerrottu Motivan julkaisemassa Tuulivoiman projektioppaassa.⁵ Samoin vesivoimalan rakentaminen ja säännöstelyhankkeiden toteuttaminen edellyttää asianomaisen ympäristölupaviraston antamaa lupaa. Myös merkittävät tehonnostohankkeet vaativat lupaa. Alla on lueteltu yleisimpiä voimalaitoksen rakentamiseen liittyviä lupia.

- Rakennuslupa
- Maankäyttölupa
- Ympäristölupa sekä hankkeen suhde
 - Ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn
 - Luonnonsuojelulaki ja valtakunnalliset suojeluohjelmat
 - Koskien suojelulait
 - Natura 2000 verkostoon kuuluvat alueet
 - Melumääräykset ja meluntorjunta
 - Lentoestemääräykset
 - Tien rakentaminen
 - Muinaismuistojen kajoamiskielto

Lisäksi, jos sähköverkkoon liityntä vaatii jakeluverkon rakentamista liityntäpisteestä sähköntuotantopaikkaan, tarvitaan sähkölinjan rakentamiseen myös erinäisiä lupia. Verkon rakentamista varten tarvitaan ainakin niiden maanomistajien luvat, joiden alueelle jakeluverkkoa rakennetaan. Tämän lisäksi joissakin tapauksissa vaaditaan rakennuslain mukainen toimenpidelupa. Rakentamiseen tarvittavat luvat ja ilmoitukset on syytä selvittää kunnan rakennuslupaviranomaisten kanssa. Lisäksi suositellaan, että paikallinen jakeluyhtiö otetaan mukaan sähkölinjojen suunnittelemiseen hankkeen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Jakeluverkkoyhtiön alueelle ei saa rakentaa voimajohtoja ilman verkko-yhtiön lupaa.

Energiamarkkinavirastolle tehtävät ilmoitukset

Sähkömarkkina-asetus velvoittaa voimalaitoksen haltijan ilmoittamaan Energiamarkkinavirastolle teholtaan vähintään yhden megavoltiampeerin (MVA) suuruisen

- 1) voimalaitoksen rakentamista tai voimalaitoksen tehonkorotusta koskevista päätöksistään kalenterivuositain seuraavan tammikuun loppuun mennessä;
- 2) voimalaitoksen tai voimalaitoksen tehonkorotuksen käyttöönotosta kuukauden kuluessa siitä, kun voimalaitos tai sen tehonkorotus on otettu tuotantokäyttöön; sekä

- 3) voimalaitoksen pitkäaikaisesta tai pysyvästä käytöstä poistamisesta taikka voimalaitoksen pysyvästä tehonalennuksesta vähintään kuusi kuukautta ennen toimenpiteen suunniteltua toteutusajankohtaa.¹²

Ilmoituksessa on annettava tiedot voimalaitoksen omistajasta, voimalaitoksen tehosta ja energialähteistä sekä tärkeimmistä teknisistä ominaisuuksista, voimalaitoksen tai sen tehonkorotuksen käyttöönottoajankohdasta sekä, milloin kysymys on voimalaitoksen pitkäaikaisesta tai pysyvästä käytöstä poistamisesta taikka voimalaitoksen pysyvästä tehonalennuksesta, toimenpiteen suunnitellusta toteutusajankohdasta.¹²

2.2 **Sähköntuotannon kansalliset ohjausmekanismit – verot, tuet ja määräytymisperusteet**

Verotus¹³

Sähköverovelvolliset

Sähköverovelvollisia ovat pääsääntöisesti verkonhaltijat ja sähköntuottajat, joiden on tehtävä ilmoitus rekisteröitymistä varten sijaintipaikkansa tullipiirille. Sähköveroja ovat valmistevero ja huoltovarmuusmaksu. Valmisteveroa ja huoltovarmuusmaksua ei kuitenkaan tarvitse maksaa sähköstä, joka on tuotettu alle 2 MVA:n tehoisessa generaattorissa eikä sitä siirretä sähköverkkoon, eikä sähköstä, joka on tuotettu aluksessa, autossa, junassa tai muussa kuljetusvälineessä kulkuneuvon omiin tarpeisiin.

Sähköveron määräämisen perusteet

Sähkön valmistevero ja huoltovarmuusmaksu määrätään kultakin verokaudelta siitä määrästä, jonka sähköntuottaja tuottaa. Sähkö on kuitenkin valmisteverotonta ja huoltovarmuusmaksutonta silloin, kun

- sähköntuottaja luovuttaa sähkön sähköverkkoon
- sähkö kulutetaan voimalaitoksen sähkön tai yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon omakäyttölaitteissa.

Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon verotus

Energiaverolainsäädännön keskeisimpänä periaatteena on, että sähkön tuotannossa kulutetut polttoaineet ovat verottomia ja lämmön tuotannossa kulutetut polttoaineet ovat verollisia. Niitä tilanteita varten, joissa sama laitos voi tuottaa sekä sähköä että lämpöä, on säädetty laskentaohje siitä, kuinka suuri osa laitoksen käyttämistä polttoaineista katsotaan kuluneen lämmöntuotannossa ja kuinka suuri osa sähköntuotannossa.

Yhdistetyllä sähkön ja lämmön tuotannolla tarkoitetaan sitä, että voimalaitos tuottaa samalla verokaudella hyötykäyttöön sekä sähköä että lämpöä joko yhtäaikaa tai erikseen. Tämä tarkoittaa sitä, että sama laitos voidaan eri verokausina tulkita verotuksellisesti niin yhdistetyksi tuotannoksi, erilliseksi sähkön tuotannoksi kuin myös erilliseksi lämmön tuotannoksi. Verotuksellisesti ratkaisevaa on siis se, mitä laitos verokauden aikana tuottaa, ei se, minkä tyyppisenä laitosta teknisessä mielessä pidetään.

Sähköntuotannon tuet

Sähköntuotannon tukea myönnetään sähkölle, joka on tuotettu

- tuulivoimalla
- vesivoimalla, nimellisteholtaan enintään 1 MVA
- puulla ja puupohjaisilla polttoaineilla
- kierrätyspolttoaineilla
- biokaasulla
- metsähakkeella
- metallurgisten prosessien jätekaasuilla
- kemiallisten prosessien reaktiolämmöllä.

Toukokuussa 2006 tuki oli 4,2 euroa/MWh lukuun ottamatta tuulivoimalla ja metsähakkeella tuotettua sähköä, jonka tuki oli 6,9 euroa/MWh, ja kierrätyspolttoaineilla tuotettua sähköä, jonka tuki oli 2,5 euroa/MWh.

Tukihakemus on tehtävä voimalaitoksen sijaintipaikan tullipiirille. Tukea voi hakea koko kalenterivuoden tai erikseen tammi–kesäkuun ja heinä–joulukuun aikana tuotetusta sähköstä. Tukea on haettava viimeistään 6 kuukauden kuluessa edellä mainitun ajanjakson päättymisestä. Tukea ei makseta, jos hakemuksessa tarkoitettu sähkön määrä on alle 100 MWh.

Tuotantotuen lisäksi uusiutuvia energialähteitä käyttäviin energiaratkaisuihin on mahdollista saada investointitukea, jonka suuruus voi olla enimmillään 40 % investoinnista. Tukea haetaan TE-keskuksilta silloin kun kyseessä on alle kahden miljoonan euron investointi ja kauppa- ja teollisuusministeriöltä kun investoinnin suuruus on yli kaksi miljoonaa euroa.¹⁴

Seuraavassa kuvaillaan lyhyesti pienvoimalaitoksen sähköverkkoon liittämiseen tarvittavat päävaiheet ja toimenpiteet, jotta laitos saadaan kytketyksi verkkoon. Lähtökohtana on oletettu, että sähköntuottaja on tehnyt päätöksen rakentaa voimalaitoksen sekä tehnyt siihen vaadittavat investointipäätökset, päättänyt laitostyyppin ja laitoksen perussuunnittelu on tehty. Tarkemmat kuvaukset vaadittavista toimista ja niihin liittyvistä osapuolista on kerrottu kyseisen kappaleen kohdalla.

Kaupalliset toimenpiteet:

- Sähköntuottajan tulee tehdä tuotannon liittymissopimus jakeluverkonhaltijan kanssa. Samoin sähkönsiirrosta on tehtävä sähköntuotannon verkkopalvelusopimus jakeluverkonhaltijan kanssa. Lisäksi tarvittaessa on tehtävä myös vastaava sopimus sähkönostosta (jos tuotantopaikalla on myös kulutusta).
- Sähkömyyntisopimus: Sähköntuottajan tulee suunnitella kenelle ja miten tuotettu sähkö myydään sekä siihen liittyvät velvollisuudet kuten lois- ja tasesähkön hankinta.
- Voimalaitoksen haltijan on ilmoitettava Energiamarkkinavirastolle teholtaan vähintään yhden megavoltiampeerin suuruisen voimalaitoksen rakentamisesta, tehonkorotuksista sekä käytöstä poistamisesta.
- Sähköverovelvollisuus: Sähkön tuottajat ovat yleensä sähköverovelvollisia ja heidän on tehtävä ilmoitus rekisteröitymistä varten sijaintipaikkansa tullipiirille. Tullipiirien jakoa voi tiedustella tullihallitukselta.

Tekniset päätoimenpiteet:

- Sähköverkkoyhtiön on hyvä ottaa yhteyttä mahdollisimman aikaisin, jos tuotantolaitos halutaan liittää paikalliseen jakeluverkkoon. Siten jakeluverkon tuotantolaitokselle asettamat tekniset vaatimukset saadaan selvitettyä ja edelleen toimitettua tuotantolaitoksen sekä sen sähkölaitteiston suunnittelijoille ja toimittajille. Samoin verkonhaltija voi mahdollisimman varhaisessa vaiheessa suunnitella ja toteuttaa tarvittavat muutostyöt jakeluverkossa. Yleisesti on hyvä varmistaa sopimuksin, että voimalaitoksen ja sen sähkölaitteiden toimittaja(t) ovat sitoutuneet toimittamaan säännösten, määräysten ja jakeluverkkoyhtiön asettamien verkkopalvelu ehtojen mukaisia laitteistoja.
- Sähköntuottajan tulee laatia/laadituttaa suunnitelmat tuotantolaitteiston ja verkon liittämissuunnitelman yhdistämiseksi. Sähköntuotantolaitoksen haltijan tulee hankkia tarvittavat sähkösuunnitelmat (pääkaaviot, suojaus- ja ohjauskaaviot, maadoituskaaviot, vikavirtalaskelmat jne.). Usein voidaan sopia, että sähkölaitteiden toimittaja kokonaisvaltaisesti laatii tarvittavat suunnitelmat ja niihin liittyvät dokumentoinnit ja laskelmat. Tarvittavat suunnitelmat voidaan myös teettää siihen erikoistuneissa suunnittelutoimistoissa.
- Sähkölaitteet tulee asentaa voimassa olevien säädösten mukaisesti. Sähkölaitteiden asennukset saa suorittaa vain henkilö tai yritys, jolla on sähköurakointioikeudet. Urakoitsija vastaa tekemänsä asennuksen/laitteiston säännöstenmukaisuudesta ja tekee työlleen käyttöönottotarkastuksen.

- Tuotantolaitoksen haltijan tulee yhdessä suunnittelijan ja verkkoyhtiön kanssa varmentaa, että laitteistot ovat keskenään yhteensopivia. Säännösten edellyttämien sähköturvallisuustarkastusten lisäksi tulee tarkistaa laitteistojen yhteensopivuus ja toiminnallisuus koestuksin, toimintakokein, tms.
- Ennen sähköntuotantolaitoksen käyttöönottoa tulee jakeluverkon haltijalle tehdä ilmoitus, johon on liitetty koestus- ja käyttöönottotarkastuspöytäkirjat.
- Sähköntuotantolaitoksen saa kytkeä verkkoon vasta, kun jakeluverkon haltija on antanut siihen luvan.
- Laitteiston haltijan tulee varmistaa, että hänellä on riittävä pätevyys käyttää tuotantolaitosta. Jos omistajan pätevyys ei ole riittävä, tulee hänen hankkia tarvittavat palvelut. Jossakin tapauksissa näitä palveluita on ostettu alueen jakeluverkkoyhtiöltä tai muilta pientuottajilta. Lisätietoja pätevyysvaatimuksista antaa tarvittaessa Turvateknikan keskus (TUKES). Joissakin pientuotantolaitoksissa voidaan tarvita erilaisia pätevyysvaatimuksia laitoksen käyttöön nähden, kuitenkin vaatimukset yleensä kohdistuvat suurimpiin pientuotannon muotoihin. Alla on esitelty yleisimmät pätevyysvaatimukset:
 - Jos kattilalaitoksen rekisteröitävien höyry- tai kuumavesikattiloiden yhteenlaskettu teho on yli 1 MW tai suurin sallittu käyttöpaine on yli 10 bar, käytön valvojalla on oltava asiantuntemuksen lisäksi kattilalaitosten käytön valvojien pätevyys. Omistajan ja haltijan on huolehdittava, että nimettävä henkilö täyttää nämä vaatimukset. Vaatimustaso vaihtelee paine- ja tehokurajoittain.
 - Sähköpätevyys: Sähköalan töitä saavat tehdä vain kelpoisuusvaatimukset täyttävät henkilöt ja yritykset. Sähkötöitä ovat sähkölaitteistojen rakennustyöt sekä sähkölaitteiden ja -laitteistojen korjaus- ja huoltotyöt. Lisäksi joissakin tapauksissa on laitoksille nimettävä käytön johtaja. Käytön johtajan tehtäviin oikeuttavia pätevyystodistuksia antavat kauppa- ja teollisuusministeriön valtuuttamat arviointilaitokset. Tällaisena arviointilaitoksena Suomessa toimii Henkilö- ja Yritysarviointi SETI Oy. Pätevyystodistukseen vaaditaan riittävä sähköalan koulutus ja työkokemus sekä turvallisuustutkintotodistus.

4.1 Tekniset lähtökohdat

Pienvoimalan sähköverkkoon kytkeminen on usein sähköverkon kannalta haasteellista. Haasteellisuus johtuu usein siitä, että jakeluverkot on perinteisesti suunniteltu yksisuuntaiseen tehonsiirtoon säteittäisessä verkkorakenteessa ja liitettäessä pienvoimalaitos verkkoon tehovirtauksen suuruus ja jopa suunta saattavat muuttua. Tämä taas aiheuttaa ongelmia lähinnä verkon hallinnan ja suojauksen kannalta. Lisäksi pienvoimalaitoksia voidaan pitää verkon kannalta aktiivisina komponentteina, jotka toiminnallaan vaikuttavat kuormia merkittävämmiin jakeluverkon toimintaan ja sen ominaisuuksiin. Tämän vuoksi sähköverkkoyhtiöt asettavat sähköntuottajille sähkönkuluttajia tarkempia teknisiä vaatimuksia verkkoon liittymiselle.

Toisaalta myös jakeluverkossa esiintyvät viat vaikuttavat pienvoimalaan ja voivat siten vahingoittaa voimalaitosta ja sen sähköjärjestelmiä, jos sitä ei ole asianmukaisesti liitetty jakeluverkkoon ja suojattu liityntäpisteessä. Näistä syistä johtuen sähköverkkoon saa liittää vain tekniset vaatimukset täyttäviä tuotantolaitoksia.

On hyvä muistaa, että pienen kokoluokan sähköntuotantolaitoksen verkkoon kytkeminen on aina yksilöllistä eikä yleispätevää ohjeistoa ole saatavilla. Verkkoon kytkemiseen vaikuttavat sekä tuotantolaitoksen että jakeluverkon ominaisuudet, joiden yhteisvaikutus on arvioitava tapauskohtaisesti.

Aluksi tuotantolaitoksen ja verkonhaltijan kanssa solmitaan liitântäsopimus, jossa määritetään tekniset ominaisuudet, jotka laitoksen tulee täyttää ennen kuin se voidaan liittää yleiseen sähköverkkoon. Tässä kappaleessa pyritään kuvailemaan ja selittämään asioita, jotka vaikuttavat verkkoon kytkeytymisprosessiin ja minkälaisia toimia se vaatii pientuottajalta sekä perehdyttämään sähkölaitosten käyttämiin käsitteisiin.

Teknisessä mielessä on hyvin tärkeää, että voimalaitosta suunniteltaessa otetaan hyvissä ajoin yhteyttä paikalliseen jakeluverkonhaltijaan, jos laitos aiotaan liittää yleiseen jakeluverkkoon. Tämä antaa sekä sähköntuottajalle että jakeluverkonhaltijalle aikaa selvittää tekniset vaatimukset sekä suunnitella ja sopeuttaa verkkojaan vaatimusten mukaisesti.

4.2 Turvallisuus ja sähkön laatu

Jakeluverkossa siirrettävän sähkön on täytettävä sähkön laatua koskevien standardien vaatimukset (mm. SFS-50160, Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet). Tämän vuoksi sähkön tuottajan on kiinnitettävä huomioita tuottamansa sähkön laatuun, jottei pienvoimalan aiheuttamat jakeluverkon jännitteen tai virran muutokset aiheuta ongelmia muille verkkoon liittyneille tai itse verkon komponenteille. Tuotantolaitoksen vaikutus jakeluverkon sähkönlaatuun riippuu laitoksen nimelliskoosta, laitoksessa käytetystä tekniikasta sekä jakeluverkon ominaisuuksista liittymispisteessä. Tärkeä jakeluverkon ominaisuus, joka vaikuttaa mahdollisuuksiin liittää pienvoimala verkkoon, on verkon

jäykkyys (jäykkä verkko = suuri oikosulkuvirtataso). Verkon jäykkyys heikkenee etäisyyden kasvaessa sähköasemalta. Tämän lisäksi verkon jäykkyyttä voidaan lisätä kasvattamalla jakeluverkon johtimien poikkipinta-alaa. Toisin sanoen mitä kauempana ollaan sähköasemalta, sitä heikompi on verkko ja sitä enemmän pienvoimala vaikuttaa jakeluverkon sähkönlaatuun.

Sähkön laatuun kuuluu myös määräysten mukainen ja selektiivinen sähköverkon suojauksen toiminta. Verkon suojauksen ollessa selektiivinen saadaan vikaantunut verkonsa erotettua verkosta niin, että käyttökatkos saadaan rajattua mahdollisimman pienelle alueelle. Näin saadaan sähkönsyöttö säilymään muille verkon asiakkaille eikä esiinny turhia sähkökatkoksia. Vian sattuen pienvoimalaitoksessa tulee laitoksen suojalaitteiden toimia ja irrottaa voimala verkosta rajoittaen vian pelkästään voimalaan ennen kuin jakeluverkon suojalaitteet toimivat ja irrottavat koko verkonosan jännitteettömäksi. Tietyn jakeluverkon osan irrotessa verkosta ja pienvoimalan jäädessä irronneeseen verkonosaan tulee pienvoimalan yleensä irrota verkosta, koska pienvoimala ei pysty toimimaan yksin irronneessa verkonosassa. Lisäksi aiheutuu ongelmia ja mahdollisia laiterikkoja, jos saarekkeeseen jäänyt pienvoimalaitoksen syöttämä verkonosa kytketään takaisin pääsyötön verkkoon ollessa epäsynkronisessa tilassa. Ennen kaikkea saarekkeeseen jäänyt pienvoimalaitos aiheuttaa turvallisuusriskin korjaushenkilökunnalle, koska alapuolinen verkon osa jää jännitteiseksi.

Suomessa on tyypillistä käyttää jakeluverkon suojauksessa sekä pika- että aikajälkeenkytkentöjä. Pienvoimalan suojauksia määriteltäessä tulee ottaa siis jakeluverkon suojausperiaatteet huomioon. Tarvittavat suojausasetukset tulee suunnitella hyvässä yhteistyössä jakeluverkkoyhtiön kanssa. Tämän lisäksi pienvoimalan sijoittaminen jakeluverkkoon saattaa aiheuttaa muutostarpeita myös jakeluverkon suojauksissa, mikä pitää jakeluverkkoyhtiön ottaa huomioon verkon suojauksessa.

Lisäksi sähkön laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat erilaiset ilmiöt, jotka aiheuttavat vaihteluita jakeluverkon jännitteeseen. Kyseisiä ilmiöitä ovat muun muassa jakeluverkkoon kytketyminen. Lisäksi tuotantolaitoksen synnyttämät yliaallot voivat aiheuttaa vääristymiä verkon jännitteisiin sekä virran muotoihin. Yliaallojen lähteitä ovat muun muassa verkkoon kytketyt erilaiset tehoelektronikkalaitteet kuten taajuusmuuttajat, suuntaajat ja pehmokäynnistimet. Usein jakeluverkonhaltija antaa sallitut yliaallojen rajat, jotka ovat ominaisia kullekin verkonosalle ja siksi niistä usein sovitaan tapauskohtaisesti. Tuotantolaitoksen haltijan on varmistauduttava, että laitoksen aiheuttamat yliaallot pysyvät sovitussa rajoissa sopivaa pienvoimalatyyppiä ja tekniikkaa valitessaan.

Voimalaitoksen verkkoon kytkeminen aiheuttaa jakeluverkon hetkellisen jännitteen muutoksen ennen uuden tasapainotilan saavuttamista. Sähköverkkoon kytkettävän laitoksen aiheuttamaa jännitevaihtelua voidaan rajoittaa muun muassa loistehon ja taajuusmuuttajien avulla laitostyyppin mukaan. Loistehoa voidaan tuottaa laitoksissa generaattorin magnetoinnin (vaatii tahtigeneraattorin) avulla säätämällä tuotetun lois- ja pätötehon suhdetta (tehokerroin) tai erillisellä kondensaattoriparistolla. Lisäksi joissakin tapauksissa jännitemuutoksia voidaan lieventää kytkemällä laitos verkkoon taajuusmuuttajan avulla, kuten joissakin tuulivoimalamalleissa. Myös voimalan erottaminen verkosta voi aiheuttaa jännitetason muutoksen. Jos verkosta erottaminen voidaan tehdä hallitusti (huoltotoimet yms.), tulisi isompien pienvoimaloiden laskea tuotannon tasoa mahdollisemman pieneksi ennen eroon kytkeytymistä.

Laitokset, joissa pystytään säätämään tehokerrointa, voivat periaatteessa tukea alhaista jakeluverkon jännitettä myös normaalitoiminnassaan. Yleisesti on kuitenkin tarkoituksenmukaista ajaa voimalaitoksia mahdollisimman pienellä loistehokuormalla, jos se vain on mahdollista. Jos verkon jännitetaso on alhainen, voidaan vastaavasti jännitettä nostaa lisäämällä loistehon tuotantoa.

Suhteellisen hitaiden ja epäsäännöllisten jännitteen heilahtelujen lisäksi pienvoimalat voivat aiheuttaa verkkoon nopeita jänniteheilahteluita (flikkeröinti), jotka johtuvat pienvoiman tuotannon nopeista vaihteluista. Tämänäyttöinen jännitteen heilahtelu on ominaista muun muassa vakionopeudella pyöriville tuulivoimalaitostyypeille. Tämä jännitetaso nopea heilahtelu voidaan havaita muun muassa valojen häiritsevänä välkyntänä. Nopeat jännitemuutokset on pyrittävä rajaamaan sovittuihin arvoihin rajaamalla jännitemuutosten esiintymistäajuutta.

Liitettäessä pientuotantoa verkkoon on myös varmistauduttava riittävästä turvallisuudesta eikä laitos saa vaarantaa muiden sähkönkäyttäjien turvallisuutta tai häiritä niiden toimintaa. Kuten aiemminkin jo on mainittu, on aina varmistauduttava, ettei laitos syötä verkkoa tilanteessa, jossa kyseinen verkonosa halutaan pitää jännitteettömänä esim. jakeluverkon huolto- tai korjaustoimenpiteiden aikana. Siksi pienvoimalaitos on varustettava asianmukaisilla laiteilla, jolla laitos voidaan erottaa verkosta myös jakeluverkonhaltijan toimesta.

Sähköverkossa aiheutuu aina häviöitä, kun sähköä siirretään. Häviöiden määrään vaikuttavat siirrettävä teho, jakeluverkon johtimien poikkipinta-ala sekä johdinmateriaali. Sähköntuotannon lisääminen jakeluverkkoon voi joko vähentää tai lisätä häviöitä riippuen tuotantopaikan ja kulutuksen sijainnista ja tehokertoimesta (pätö- ja loistehon suhteesta). Omaan liittymisjohtoon liitetty voimalaitos aiheuttaa jakeluverkossa häviöitä kulutuksen tapaan, koska teho joudutaan siirtämään sähköaseman kautta kulutuspaikoihin. Sen sijaan jos tuotannon lähistöllä on kulutusta ja tuotanto ja kulutus tapahtuvat samaan aikaan, häviöt jakeluverkossa pienentyvät. Jos tuotantolaitos ottaa jakeluverkosta loistehoa aiheuttaa myös se jakeluverkkoon lisähäviöitä, koska tarvittava loisteho joudutaan siirtämään kauempaa verkosta todennäköisesti sähköasemalta asti. Siksi tuottajan tulee tarkastella laitoksensa loistehon käytön tarvetta liittäessään sen julkiseen verkkoon ja laatia sen mukaiset sopimukset jakeluverkkoyhtiön kanssa. Yleisesti sähköyhtiön liittymissopimuksissa on loistehorajat, jotka ylittämällä joutuu maksamaan loistehomaksuja sähköyhtiölle ylityksen osalta. Tuotannon siirtyminen lähemmäs kulutusta voi lisäksi joissakin verkon osissa pienentää tai siirtää tulevaisuuteen jakeluverkon kapasiteetin lisäystarpeita.

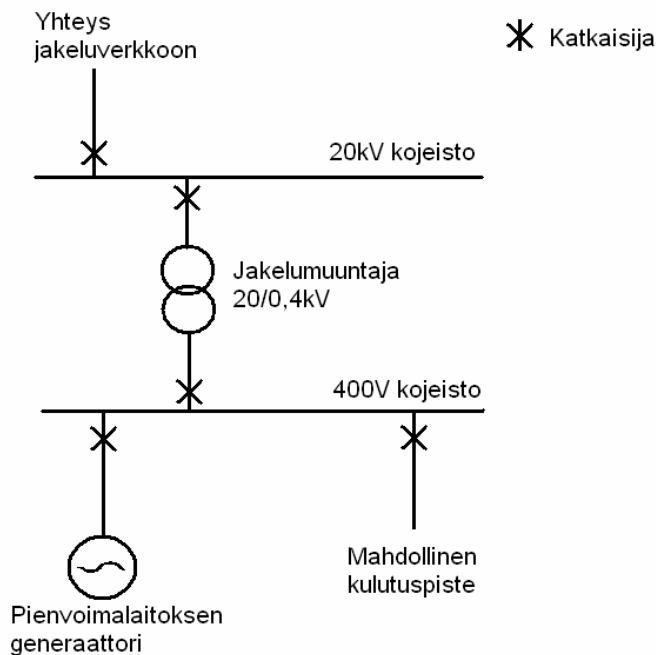
Energiateollisuus ry:n suosittelemien Sähköntuotannon verkkopalveluehtojen mukaan, jos tuotantolaitos aiheuttaa häiriöitä muille jakeluverkon käyttäjille, tulee sähköntuottajan yhdessä jakeluverkkoyhtiön kanssa määrittellä keinot haitan poistamiseksi tai pienentämiseksi. Jos tuotantolaitos aiheuttaa merkittävästi haittaa muille, voi verkkoyhtiö rajoittaa sähköntuotantolaitoksen käyttöä tai erottaa sen verkosta.

4.3 Liitäntään tarvittava sähköjärjestelmä

Sähköntuotantolaitos voidaan liittää jakeluverkkoon suoraan tai kiinteistön sisäisen tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sähköverkon kautta. Jotta jakeluverkonhaltija pystyy suunnittelemaan tuotantolaitoksen liittymän jakeluverkkoon ja toteuttamaan tarvittavat muutokset, tulee sähköntuottajan toimittaa jakeluverkonhaltijalle vähintään seuraavat laitosta koskevat tekniset tiedot:

- Voimalan yleiset tekniset tiedot: käyttötiedot, teholähde, generaattorilaitteiston tiedot (tyyppi, nimellisteho, tehokerroin, käynnistysvirta, oikosulkuteho, jne.). Generaattoria koskevat tiedot saadaan generaattorivalmistajalta.
- Voimalan verkkoon ohjaus- ja kytkeytymisjärjestelmä: kytkimet ja automatiikka.
- Voimalan sähköinen suojaus: releet ja suojausasetukset.
- Tuotantolaitoksen pää- ja suojauskaaviot mukaan lukien maadoituskaaviot sekä tarvittavat vikavirtalaskelmat. Pää- ja suojauskaaviot voidaan useissa tapauksissa tilata generaattorilaitteiston toimittajalta tai ne kuuluvat sähkölaitteiston toimitukseen. Suuremman kokoluokan laitoksissa käytetään usein ulkopuolista suunnittelijaa.

Alla olevassa kuvassa on esitetty esimerkinomaisesti yksinkertaistettu pääkaavio pienenkön (noin 100 kW) pienvoimalan kytkemisestä samaan 400 V kojeistoon kulutuksen kanssa. Kytkentäratkaisut ovat kuitenkin aina tapauskohtaisia riippuen muun muassa laitoksen koosta, generaattorityypistä ja jakeluverkon rakenteesta ja ominaisuuksista.



Kuva 1. Pääkaavio pienvoimalan kytkemisestä samaan 400 V:n kojeistoon kulutuksen kanssa.

Alla olevissa kappaleissa on esitetty pienvoimalan sähköjärjestelmän ja verkkoliittännän pääkomponentit ja annettu lyhyt kuvaus niiden tarpeellisuudesta eri laitostyypeissä.

Pienvoimalan ja sen verkkoliittynnän pääkomponentit

Kojeistot

Jotta pienvoimalaitos voidaan kytkeä jakeluverkkoon, tarvitaan laitoksen koosta ja jakeluverkkojännitteestä riippuen yleensä sekä pien- (400 V tai 690 V) että keskijännitekojeistot (10 kV tai 20 kV). Näihin kojeistoihin tuodaan kytkettävät kaapelit niin jakeluverkosta, generaattorilta kuin mahdollisista kulutuspisteistä. Kojeistot toimivat näin eräänlaisina sähköverkon solmupisteinä, joihin sijoitetaan myös erilaiset mittalaitteet ja suoja- ja katkaisijat. Eri jännitetasojen yhdistämiseen tarvitaan jakelumuuntajia.

Jakelumuuntaja

Pienvoimalat liitetään yleisesti joko 400 voltin tai 690 voltin jännitetasoon. Jotta sähköä saadaan siirrettyä jakeluverkkoon, tulee jännitettä nostaa jakeluverkon jännitteen tasolle jakelumuuntajan avulla. Jakelumuuntaja voi kuulua pienvoimalan omistukseen tai sen voi toimittaa jakeluverkkoyhtiö riippuen siitä, onko pienvoimalan liittymispiste muuntajan ylä- vai alajännitepuolella. Kohdassa ”jännitetaso valinta” on esitetty eri jännitetasojen vaikutuksia pienvoimaloihin.

Tahdistuslaitteisto

Voimalan verkkoon liittämiseksi pitää verkonosien olla synkronissa, jottei tapahtuisi laiterikkoja. Tämän vuoksi pienvoimalan yhteyteen tulee hankkia myös tahdistuslaitteisto, jonka avulla pienvoimalan generaattori ohjataan samaan tahtiin jakeluverkon kanssa ennen verkkoon liittämistä.

Suojaus- ja automaatiojärjestelmät

Minkä tahansa voimalaitoksen käyttö vaatii suojaus- ja säätöjärjestelmän käyttämistä. Suojauksen avulla voidaan suojata laitosta verkosta tulevilta häiriöiltä ja päinvastoin suojata muita sähkökäyttäjiä voimalaitoksen aiheuttamilta häiriöiltä. Tyypillisiä jakeluverkkoyhtiön vaatimia suojalaitteita pienvoimalaitoksille ovat muun muassa ylijännite-, alijännite-, ylitaajuus-, alitaajuus-, ylivirta- ja maasulkusuoja. Voimalaitoksen automaatiojärjestelmän avulla pienvoimalan tuotantoa, verkkoon kytkeytymistä, mittauksia ym. voidaan hoitaa automaattisesti. Jotkin järjestelmät voivat olla kaukoluettavia, jolloin esimerkiksi jakeluverkkoyhtiö voi omasta valvomostaan nähdä tarvittavat parametrit pienvoimalasta. Esimerkiksi tehtäessä voimalaitostoimittajan kanssa huoltosopimus voidaan kaukovalvontajärjestelmän avulla valvoa voimalan toimintaa ja mahdollisen vian ilmetessä voimalaitokselta menee automaattisesti hälytys huoltopartiolle. Valmiin voimalaitostoimituksen mukana toimitetaan tai optiona yleensä on mahdollisuus hankkia tarvittava suojaus ja automaatiojärjestelmät. Ennen voimalaitoksen hankkimista on syytä varmistua jakeluverkon haltijan kanssa tarvittavista järjestelmistä.

Generaattori

Pienvoimaloiden sähkön tuotantoon voidaan käyttää erityyppisiä generaattoriratkaisuja kuten tahtigeneraattori, epätahtigeneraattori ja kaksoissyötetty epätahtigeneraattori. Tämän lisäksi joissakin tuotantomuodoissa ei ole ollenkaan perinteistä generaattoria. Tällaisia ovat muun muassa aurinkokennot, joissa verkkoon liittyminen tapahtuu taajuusmuuttajien kautta. Myös perinteisen generaattorin ja verkon välissä voi joissain tapauksissa olla taajuusmuuttajat, joiden avulla generaattorin nopeus voidaan pitää erillään verkon määräämästä nopeudesta ja näin saavutetaan tiettyjä etuja. Kaikissa tapauksissa generaattorilaitteisto on kuitenkin liitetty katkaisijan kautta kaapeleilla kojeistoon, jossa on suojalaitteet ja katkaisijat generaattorin verkkoon liittämiseksi ja suojaamiseksi. Kun pienvoimala kytketään sähköverkkoon, tulee laitos sovittaa jakeluverkon olosuhteisiin. Jos laitoksella on tahtigeneraattori, tulee se tahdistaa verkkoon tahdistuslaitteiston avulla. Epätahtigeneraattoria liitettäessä verkkoon suositellaan liitännän tapahtuvan lähes synkronisella pyörimisnopeudella, jolloin vältetään suurilta käynnistysvirtapiikeiltä. Yleisesti tavoitteena onkin, että kytkettäessä tuotantolaitos verkkoon sen käynnistys- tai kytkentävirta rajoittuisi lähelle nimellisvirtaa.

Sähköntuotantolaitoksen valmistaja useimmiten kehittää laitteistonsa toimivaksi tiettytyyppisellä generaattorilla ja siten määrittää generaattorin tyyppin ja sen ominaisuudet. Siksi on tärkeää, että sähköntuotantolaitoksen rakennuttaja/omistaja varmistaa generaattorityypin soveltuvuuden jakeluverkon ominaisuuksiin sähköverkon haltijan kanssa. Esimerkiksi tuulivoimaloissa voidaan teknisesti valita generaattoriksi mikä tahansa yllämainituista generaattorisesta. Kuitenkin laitevalmistajat yleensä käyttävät valmistajakohtaisesti vain tiettytyyppisiä generaattoriratkaisuja. Siksi on tärkeää arvioida generaattorityypin soveltuvuus liityntäpisteeseen jakeluverkon haltijan kanssa.

Loistehon kompensointi

Epätahtigeneraattorit vaativat toimiakseen loistehoa, joka on syytä tuottaa laitoksen yhteydessä niin, että jakeluverkko ei kuormitu ylimääräisestä loisvirrasta (loisvirta aiheuttaa häviöitä verkossa ja aiheuttaa siten jännitehäviöitä). Jakeluverkon herkkyys loisteholle on suurempi pitkin linjojen päässä. Yleensä jakeluverkosta saa ottaa ilman kustannuksia vain määrätyn määrän loisvirtaa. Siksi kustannusten alentamiseksi on usein järkevämpää tuottaa itse generaattorin tarvitsema loisteho kuin ostaa loisteho verkkoyhtiöltä. Epätahtigeneraattorin tarvitsemaa (induktiivista) loistehoa voidaan kompensoida esimerkiksi pienjännitekojeistoon liitettävällä kondensaattoriparistoilla.

Vastaavasti tahtigeneraattoriratkaisut ja taajuusmuuttajat pystyvät myös tuottamaan loistehoa ja tukemaan jakeluverkon jännitettä, vaikkakin on yleensä tarkoituksenmukaista ajaa laitoksia niin, että siirrettävä loistehon määrä on mahdollisimman vähäinen.

Jännitetason valinta

Yleensä tuotantolaitoksen omistaja saa itse valita mille jännitetasolle hän haluaa laitoksensa kytkeä. On huomioitava, että laitoksen tulee täyttää verkonhaltijan asettamat tekniset vaatimukset, mikä voi asettaa rajoituksia jännitetason valintaan. Teknisessä mielessä on huomioitava, että jännitetaso yleensä määrittää ylärajan teholle, jonka siihen voi kytkeä. Myös taloudellisuus on yksi tärkeä kriteeri jännitetason valinnassa. Kytkemällä laitos

ylemmälle jännitetasolle vältetään alempien jännitetasojen maksut, kuten siirtomaksut. Toisaalta taas korkeamman jännitetasojen komponentit ovat kalliimpia.

Pienimmät sähköntuotantolaitokset (100 kW) voidaan liittää pienjänniteverkkoon (400 V). Tässä tapauksessa laitos voidaan kytkeä verkkoon joko oman liityntäpisteen tai kulutuksen kanssa yhteisen liityntäpisteen kautta. Jos laitos voidaan liittää jakelumuuntajan napoihin suoraan, voi laitoksen koko olla jopa muutamia satoja kilowatteja. Tyypillisiä pienjänniteverkkoon liitettäviä voimalaitoksia ovat esimerkiksi maatilojen biokaasulaitokset, aurinkosähköjärjestelmät ja mikroturpiinit.²

Suuremman kokoluokan voimalaitokset liitetään tyypillisesti keskijänniteverkkoon (yleensä 10 kV ja 20 kV). Voimalan maksimikoko määräytyy tässä tapauksessa yleisen jakeluverkon oikosulkutehosta ja liittymispaikan etäisyydestä sähköasemaan (110/20 kV). Lähelle sähköasemaa tai omalla keskijännitelähdöllä suoraan 110/20 kV asemaan voidaan liittää noin 10–20 MW:n laitos. Jo 5–10 km etäisyydellä sähköasemasta suurin tuotantoteho rajoittuu useimmiten muutama megawattiin.² Tyypillisiä keskijänniteverkkoon liitettäviä voimalaitoksia ovat tuulivoimalat ja pienCHP-laitokset.

Useimmiten käytetään nyrkkisääntönä, että yli 500 kW voimalat tulee kytkeä oman jakelumuuntajan kautta keskijänniteverkkoon. Alle 500 kW voimalat voidaan kytkeä yleiseen jakeluverkkoon yhteisen muuntajan kautta, jos tuotantolaitokset sijaitsevat lähellä toisiaan.

Yleinen sähköverkko saattaa asettaa kokorajoituksia liitettävälle voimalaitokselle. Yksi määrittävä tekijä on verkon vikavirtataso. Uusi tuotantolaitos lisää verkon vikavirtatasoja ja muuttaa vikavirtojen kulkureittejä. Kun laitos liitetään olemassa oleva sähköverkkoon, on verkko jo mitoitettu tietyille oikosulkukestoisuustasolle eikä voimalaitoksen aiheuttama lisäys saa kasvattaa verkon oikosulkuvirtoja yli mitoitusarvojen.

Suojaus ja ohjausjärjestelmät

Suojauksen perustana on, että suojauksen pitää olla selektiivistä (kohdistua tiettyihin kohteisiin), aukotonta ja luotettavaa (toimintavarmuus ja virheettömyys). Suojauksen avulla turvataan, että voimalaitoksen toiminta ei aiheuta vaaraa eikä häiriöitä jakeluverkolle ja sen muille verkon käyttäjille ja huoltohenkilöstölle. Samoin suojauksen avulla turvataan tuotantolaitos verkossa tapahtuvilta häiriöiltä ja vioilta.

Voimalaitoksen laitteistojen tulee olla yhteensopivia jakeluverkon kanssa ottaen huomioon jakeluverkon suojaus- ja ohjausjärjestelmät. Jakeluverkon haltija määrittää tarvittavat laitteet ja tuotantolaitoksen haltija on velvollinen selvittämään, että hänen laitteistonsa täyttää nämä vaatimukset. Siksi olisi hyvä selvittää jakeluverkon haltijan vaatimat laitteistot riittävän aikaisin niin, että sähkölaitteiston toimittaja pystyy toimituksessaan huomioimaan nämä asiat.

Sähkönmittaus

Sähköntuottajan ja jakeluverkonhaltijan välisessä verkkosopimuksessa sovitaan miten sähkön mittaus järjestetään ja mittauslaitteiston hankinnasta sekä niiden kustannuksen korvaamisesta. Yleensä verkkosopimuksessa määritetään myös mittauslaitteistojen rakenne ja tarkkuus.

Useimmissa tapauksissa tuotannon sähkömittaus on tuntienergiaperusteista. Jos liittytäkseen on liitetty myös kulutusta, tulee mittaus olla kaksisuuntaista (kaksisuuntainen mittaus huomioi sekä tuotannon että kulutuksen). Lisäksi jakeluverkonhaltija määrittää loistehonmittaukseen tarvittavat laitteistot.

Lisäksi tulee tarkistaa asettaako verolainsäädäntö tuotetun ja käytetyn energian mittaukseen erityisvaatimuksia, jotka tulee ottaa huomioon energian mittausta suunniteltaessa.

4.4 Keskeisimmät lait ja standardit sekä vaadittavat sähkötekniiset tarkastukset

Sähköturvallisuuslainsäädäntö asettaa tietyt perusvaatimukset sen varmistamiseksi, ettei syntyisi sähköiskuja, valokaarionnettomuuksia, tulipaloja yms. Lain nojalla on säädetty tietyt asioita kuten sähkölaitteiston rakentajan ja korjaajan pätevyudet, varmennus- ja määräaikaistarkastukset, kunnossapito-ohjelma sekä sähkölaitteiston käytönjohtaja.

Sen sijaan laki ei kata sähkötekniisiä yhteensopivuuskysymyksiä tuotantolaitoksen ja sähköjakeluverkon välillä. Yhteensopivuus ja toiminnallisuus tulee varmistaa koestuksien, toimintakokeiden tai muulla vastaavalla tavalla.

Sähkölaitteiden valmistajan tulee aina varmistaa, että valmistetut laitteet täyttävät laitteille asetetut sähköturvallisuusvaatimukset ja turvallisuuteen liittyvät standardit. Sähkösuunnitteluun perehtyneet tahot käyttävät suunnittelun lähtökohtana kyseisiä standardeja ja vastaavat, että suunnittelu on tehty standardien mukaisesti (kuten räjähdysalttiit tilat biokaasulaitoksissa). Laitteiden asennuksen saa suorittaa vain henkilö tai yritys, jolla on sähköurakointioikeudet. Asennuksen suorittanut urakoitsija tekee myös omalle asennustyölleen käyttöönottotarkastuksen, josta hän laatii käyttöönottopöytäkirjan. Jos sulakekoko on yli 35 A, on suoritettava myös varmennustarkastus. Säädöksiin perustuva varmennustarkastus on suoritettava kolmen kuukauden kuluessa laitteiston käyttöönotosta. Tarkastus kattaa laitteiston sähköturvallisuuden perusvaatimukset.

Tuotantolaitoksen sähkölaitteistolle on suoritettava määräaikaistarkastus, ellei laitos ole niin pieni, että sen pääsulakkeet ovat enintään 35 A. Tarkastusväli määräytyy sähkölaitteistoluokan mukaan siten, että käytön johtajaa edellyttävillä laitoksilla (ks. seuraava kappale) tarkastusväli on 10 v ja pienemmillä laitoksilla 15 v. Sähkölaitteiston haltijan (yleensä omistajan) lakisääteinen velvollisuus on tilata määräaikaistarkastus. Tarkastuksia tekevät valtuutetut tarkastuslaitokset ja valtuutetut tarkastajat. Tarkastaja tekee suoritettua määräaikaistarkastuksesta rekisteri-ilmoituksen jakeluverkonhaltijalle tai vaativimpien kohteiden osalta TUKESille.

Tietyn tyyppisille laitoksille tulee nimittää käytönjohtaja, jolla on riittävä pätevyystodistus. Käytönjohtaja voi kuulua joko laitoksen henkilökuntaan tai vastaavat palvelut voidaan ostaa palvelua tarjoavalta yritykseltä. Käytönjohtaja tulee nimetä, jos laitoksessa on

- yli 1 000 V laitteistoja tai
- laitos on liittymisteholtaan yli 1 600 kVA ja jännitteeltään alle 1 000 V.

5.1 **Sähköverkonhaltijan ja sähkönostajan kanssa tehtävät sopimukset**

Sähköntuotantolaitoksen on solmittava jakeluverkkoyhtiön kanssa liittymissopimus ja verkkopalvelusopimus. Liittymissopimus käsittää jakeluverkon ja tuottajan sähköverkkojen fyysisen yhdistämisen. Verkkopalvelusopimuksessa määritetään sähkön siirtoon liittyvät asiat. Jos sähköä myydään ulos laaditaan sähkönmyyntisopimus. Taulukossa 3 on esitelty sähköverkkoon liittymiseen tarvittavat kaupalliset sopimukset ja sopimusosapuolet.

Taulukko 3. Sähköverkkoon liittymiseen tarvittavat sopimukset ja sopimusosapuolet.

Lupa/Sopimus ja sopijaosapuoli	Sisältö	Huomautukset
Liittymissopimus/ Jakeluverkkoyhtiö	Sovitaan liittämiskohdasta, sähköntuotantolaitteistolle asetettavista vaatimuksista, sähköntuotantolaitteiston käytöstä ja suojauksesta, teho- ja energia-arvojen rajoista, vastuuhenkilöistä jne.	Liittymismaksu on liittymäkohtainen. Se perustuu jakeluverkon haltijan määrittämiin ja sähkömarkkinaviranomaisen vahvistamiin liittymismaksuperusteisiin Yleistä lisätietoa: Sähköntuotannon liittymisehdot (TLE 05).
Verkkopalvelusopimus/ Jakeluverkkoyhtiö	Sähköverkkopalvelusopimuksen tehnyt tuotantolaitos saa toimia rinnan jakeluverkon kanssa. Verkkopalvelusopimus voidaan tehdä, kun kyseistä sähköntuotantopaikkaa koskeva liittymissopimus on voimassa. Verkkopalvelun aloittaminen ja jatkaminen edellyttää myös voimassa olevaa yhden toimittajan kanssa tehtyä avointa toimitusta koskevaa sähkönmyyntisopimusta.	Sopijapuolten välinen verkkosopimus voi myös kattaa sähköntuottajan sähkönhankinnan. Sähkönhankinnan ehdot noudattavat yleisiä Verkkopalveluehtoja (VPE 05).
Sähkönmyyntisopimus/ Sähkönostaja	Sähköntuottaja sopii tuottamansa sähköenergian myynnistä muun muassa seuraavaa: <ul style="list-style-type: none"> • sähkön hinta • toimituksen määrä • tasesähkö (*) Yksinkertaisimmillaan sähkönmyyntisopimuksessa sovitaan hinta, jolla kaikki sähköntuotanto myydään, jolloin ostaja vastaa kaikista sähkömarkkinoihin liittyvistä velvoitteista.	Toimittaja vastaa yleensä energiamäärien selvittämisestä verkon liittymispisteessä. Sopimuksessa tulee myös määrittää sisältääkö hinta toimittajaan kohdistetut verkkopalvelumaksut (siirtomaksut) vai laskutetaanko ne erikseen.

(*) Osapuolen tunnin aikana toteutuneen sähkön kulutuksen/myynnin sekä tuotannon/hankinnan välisen erotuksen kattamiseen käytettävä sähköenergia.

Energiateollisuus ry on julkaissut yksityiskohtaiset suositukset sähköntuotannon verkko- palveluehdoista (TVPE 05) sekä sähköntuotannon liittämisehdoista (TLE 05), joita se suosittelee sovellettavaksi jakeluverkkoon liitettävälle tuotannolle. Suositukset ovat Energiamarkkinaviraston hyväksymiä. Ohjeet on laadittu tukemaan sähkölaitoksen toimintaa ja solmittavien sopimusten liitteiksi. Nämä ohjeet tarjoavat myös sähköntuottajalle käytännön tietoa ja niihin ennalta tutustuminen selkeyttää sopimusprosessia.

5.2 **Liittymismaksun ja siirtotariffien määräytymisperusteet**

Sähkömarkkinalain¹² mukaisesti verkonhaltijalla on liittämisvelvollisuus verkkoonsa liittymään haluavalle sähköntuottajalle sekä siirtovelvollisuus tuotetun sähkön siirtämiseen markkinapaikalle kohtuullista korvausta vastaan. Verkkoon liittyvä sähköntuottaja vastaa oman liittymäjohtonsa aiheuttamista kustannuksista, sekä muista yksinomaan sitä palvelevista verkon osan ja laitteistojen rakentamiskustannuksista. Siirtotariffit määräytyvät verkkokohtaisesti määriteltävän kustannusperusteisen hinnoittelun mukaan ja voivat vaihdella suuresti eri jakeluverkkoyhtiöiden välillä. Hinnoittelussa käytetyt periaatteet ovat eri verkkoyhtiöillä erilaiset, kuten myös toimintaolosuhteet. Käytännössä sähkön tuottajan voi olla vaikea varmistua liittymis- ja siirtokustannusten suuruudesta ennakkoon voimalaitosta suunnitellessaan. Tästä syystä on tärkeää olla jo suunnittelun alkuvaiheessa yhteydessä paikalliseen verkkoyhtiöön.

Vuoden 2004 alussa voimaan tulleella sähkömarkkinalain muutoksella täsmennettiin sähkön tuotannolta perittävien verkkopalvelumaksujen hinnoitteluperiaatteita. Verkkopalvelujen hinnoittelussa ei saa olla perusteettomia eikä sähkökaupan kilpailua ilmeisesti rajoittavia ehtoja tai rajauksia. Hinnoittelussa on kuitenkin huomioitava sähköntuotantolaitoksen verkkoon liittymisen hyödyt ja kustannukset:

- Uuden tuottajan liittyminen verkkoon voi aiheuttaa kustannuksia mm. riittävästä siirtokapasiteetista huolehtimiseen ja loistehoon liittyvien järjestelyjen, sekä sähköverkon toimintakyvyn ja turvallisuuden varmistamiseksi tarvittavien suojaustoimenpiteiden johdosta.
- Verkonhaltija voi saada myös hyötyjä uuden tuottajan liittyessä verkkoon. Näitä voivat olla kantaverkosta tehtävän oston vähentyminen sekä jakeluhäviöiden pienentyminen erityisesti silloin, jos tuotantolaitos sijaitsee kulutuskohteen välittömässä läheisyydessä.¹¹

Liittymismaksut

Tuotannon verkkoon liittymismaksut määräytyvät kantaverkkoa lukuun ottamatta Energiamarkkinaviraston vahvistusten mukaisesti. Tehopohjaisessa hinnoittelussa kustannukset muodostuvat liittämis- ja rakennuskustannuksesta sekä liittymistehon mukaisesta kapasiteettivarausmaksusta.³

Sähkömarkkinalain 9 § mukaan verkonhaltijan on kohtuullista korvausta vastaan liitettävä verkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät sähköntuotantolaitokset toiminta-alueellaan. Liittymiskustannuksista on annettava liittyjälle kattava ja riittävän yksityiskohtainen arvio liittyjän näin pyytäessä.

Sähkömarkkinalain nojalla Energiamarkkinavirasto on 25.2.2005 antamallaan päätöksillä vahvistanut sähköverkonhaltijoiden noudatettaviksi menetelmät liittämisestä perittävien maksujen määrittämiseksi. Päätöksillä on määritelty neljä erilaista hinnoittelutilannetta: vyöhykehinnoittelu, aluehinnoittelu, pienjänniteteihinnoittelu sekä keski- ja suurjännitehinnoittelu. Hinnoitteluperiaate määräytyy sen mukaisesti, mihin verkkoon tuottaja liittyy. Pienjännite on 400 V, keskijännite 6–70 kV ja suurjännite 110 ja 400 kV. Vyöhyke- ja aluehinnoittelussa hinnat määräytyvät asiakasryhmän keskimääräisten kustannusten mukaisesti, muissa tapauksissa asiakaskohtaisesti.³

Vyöhykehinnoittelussa pienjänniteliittyjät jaetaan maantieteellisen sijaintinsa perusteella erilaisiin hintavyöhykkeisiin, joiden liittymistariffi määräytyy jakamalla hintavyöhykkeellä arvioidut liittymiskustannukset sekä verkosta varatusta kapasiteetista aiheutuneet kustannukset liittyjien määrällä.

Aluehinnoittelussa noudatetaan samoja periaatteita kuin vyöhykehinnoittelussa, mutta hinnoitteluperiaatteet on määritelty tietyn ennalta rajatun, vyöhykkeiden ulkopuolisen alueen liittymille. Sekä alue- että vyöhykehinnoittelutavat voivat tulla kyseeseen vain kaikkein pienimmille, alle 100 kW:n voimalaitoksille.

Pienjänniteteholiittymässä hinnoittelun tulee noudattaa muotoa:

$$a + P \cdot b$$

missä

a = keskimääräinen liittämisen ja rakennuskustannus (euroa)

P = liittäjän liittymisteho (kW)

b = kapasiteettivarausmaksu (euroa/kW)

Keski- ja suurjännitehinnoittelussa hinnoittelu noudattaa samaa muotoa kuin pienjänniteteholiittymissä. Muuttujaan b lisätään kuitenkin myös verkon vahvistamisesta aiheutuvat kustannukset. Mikäli tuotannon liittäminen verkkoon aiheuttaa ylimääräisen jännitteen säätötarpeen tai muutoksia verkon suojaukseen, nämä kustannukset sisällytetään muuttujaan a. Kustannukset ja hyödyt tuotannon liittymisestä otetaan huomioon muuttujan b määrittelyssä.

Alue- ja jakeluverkkojen siirtotariffit

Sähköntuotannon siirtotariffit vaihtelevat huomattavasti jakeluverkonhaltijoiden välillä. Sähkön tuotannon siirtotariffit voivat koostua seuraavista osista.¹⁵

- kiinteistä maksuista sisältäen kiinteät vuosi- ja kuukausimaksut sekä tehomaksut vaihdellen jännite- tai tehotason mukaan
- verkkoon annon energiamaksuista (verkon käyttömaksu, tuotannon siirtomaksu tai kuormitusmaksu) vaihdellen kellon- tai vuodenajan mukaan
- oman tuotannon kulutusmaksuista (peritään yleensä vain yli 1 MVA:n tuotannolta).

Eri verkonhaltijayhtiöiden käyttämä tariffinimistö vaihtelee suuresti, mikä voi aiheuttaa epäselvyyksiä. Sähkömarkkinalaki antaa Energiamarkkinavirastolle (EMV) toimivallan vahvistaa noudatettaviksi menetelmät siirtopalveluista perittävien maksujen määrittämiseksi. EMV ei kuitenkaan ole antanut määräyksiä sähkön siirtohinnoittelun rakenteesta

29.12.2004 päätöksessään sähköverkonhaltijoiden verkkotoiminnan tuoton määrittämistä koskeviksi menetelmiksi.¹⁵

Gaia Groupin selvityksen¹⁵ mukaan sähköön tuotannon siirtotariffinsa ilmoittaa alue- ja jakeluverkonhaltijoista vain osa (48 yhtiötä 104 verkonhaltijasta). Yhtiöillä voi olla laaditut tariffit sekä suur-, keski- että pienjännitetasolle, mutta useimpien yhtiöiden tariffit on laadittu vain niille jännitetasoille, joilla verkonhaltijalla on ennestään liittyneenä tuotantolaitoksia.

Tuotannon siirtomaksun muodostuminen eri osista riippuu verkonhaltijan tariffeista sekä sähköntuottajan koosta ja tyypistä. Esimerkkejä vuosimaksuista erilaisille pientuottajille on esitelty taulukossa 4. Taulukossa on esitetty vuosikustannusten vaihteluväli, joka on hyvin suuri johtuen eri verkkoyhtiöiden erilaisista tariffeista. Joissain tapauksissa verkkoyhtiöt hyvittävät tuotetusta sähköstä, mikä näkyy taulukossa negatiivisena energiamaksuna. Kokonaisvuosikustannus voi myös muodostua negatiiviseksi eli tulon lähteeksi joissakin verkkoyhtiöissä.¹⁵

Taulukko 4. Sähköntuotannon siirtohinnat vuosittain erilaisille esimerkkitapauksille.

Tuottajatyyppe	Kiinteä maksu €/vuosi	Energiamaksu €/vuosi	Kulutus-maksu €/vuosi	Yhteensä €/vuosi
30 kW:n kaasumootorilaitos, huipunkäyttöaika 8 000 h, 20 % sähköstä verkkoon.	0–980	-30–400	-	0–1000
100 kW:n biokaasulla toimiva kaasumootorilaitos, huipunkäyttöaika 8 000 h, 100 % sähköstä verkkoon.	0–5 500	-600–900	-	-600–6 200
1,5 MW:n teollisuuden kaasumootorivoimalaitos, huipunkäyttöaika 6000 h, 20 % sähköstä verkkoon.	0–35100	-300–5 700	0–5 200	-300–35 000
12 MW:n tuulivoimapuisto, huipunkäyttöaika 2 000 h, 100 % sähköstä verkkoon.	0–126 000	-16 000–115 000	-	-16 000–115 000

Taulukon 4 esimerkeissä 30 kW:n kaasutinmootorilaitoksen on oletettu liittyvän pienjänniteverkkoon, muiden keskijänniteverkkoon. Tyypinhinnoittelussa on oletettu sähköstä tuotettavan 5/12 talvella, josta ¼ talviarkipäivinä lukuun ottamatta 1,5 MW:n kaasumootorilaitosta, jossa 1/3 tuotetaan talviarkipäivinä.

Kaikkein pienimmillä sähköntuottajilla maksut muodostuvat usein lähinnä kiinteistä maksuista ja energiamaksujen merkitys on lähes olematon. Gaia Groupin raportin¹⁶ mukaan muutamien yhtiöiden korkea kiinteä maksu voi nousta jopa puoleen verkkoon liitettävän sähköön myyntiarvosta nykyisillä tariffeilla ja sähköön hinnalla esimerkkinä tarkastellulle 30 kW:n kaasumootorilaitokselle. Kiinteää vuosi- tai kuukausimaksua eivät kuitenkaan peri kaikki verkonhaltijat.

Verkkoon annon energiamaksu voi vaihdella kellon- tai vuodenajan mukaan ja yhtiöittäin erot ovat suuria. Suurimmillaan energiamaksu on 8,4 €/MWh ja parhaimmillaan verkkoon annetusta sähköstä hyvitetään 3,75 €/MWh talviarkipäivänä.¹⁵

Oman tuotannon kulutusmaksuilla tarkoitetaan itse tuotetusta ja itse samalla paikalla kulutetusta sähköstä verkkoyhtiölle maksettavaa maksua. Kaikki verkkoyhtiöt eivät peri

oman tuotannon kulutusmaksuja ja mikäli niitä peritään, tariffit ja niiden määräytymistavat ovat hyvin vaihtelevia.³ Usein kustannus vastaa Fingridin kantaverkkopalvelun kulutusmaksua, mutta vaihteluväli on 0,8 €/MWh–5,9 €/MWh.¹⁵

Kantaverkkomaksut

Kantaverkkoyhtiö Fingridin asiakkaita ovat jakelu- ja alueverkot sekä suoraan kantaverkkoon liittyneet voimalaitokset. Näille asiakkaille kohdistuvien kantaverkkopalvelujen tariffirakenne muodostuu neljästä komponentista: kulutus-, kuormitus-, liittymispiste- ja markkinarajamaksusta. Kulutusmaksua peritään liittymispisteen takaisesta kulutuksesta. Vuoden 2006 hinnat ovat talviajalle (1.11.–31.3.) 2,2 €/MWh ja kesäajalle 1,1 €/MWh. Kulutusmaksua maksetaan liittymispisteen kautta virtaavan energian ja liittymispisteen takaisen tuotannon perusteella. Kulutusmaksua ei tarvitse maksaa alle 1 MVA:n generaattoreilla tuotetusta sähköstä. Kuormitusmaksu on kaikkina vuodenaikoina 0,65 €/MWh kantaverkosta otosta ja 0,3 €/MWh sähkön annosta kantaverkkoon. Liittymäpistemaksu on 1 000 € kuukaudessa liittytää kohden.

5.3 Sähköä myös muiden tarpeisiin – kenelle ja miten myyn sähköä?

Sähkön myynti

Sähkön myyntitoiminta ei edellytä toimilupaa – mikä tahansa yritys, yhteisö tai yksityishenkilö voi ryhtyä sähkön myyjäksi. Sähkökauppaa voidaan käydä joko kahdenvälisenä kauppana tai sähköpörssin välityksellä. Sähköpörssissä voivat käydä kauppaa vain sen jäsenet ja pienen volyymin kaupat tehdään yleensä kahdenvälisinä.

Sähköntuottaja voi myydä sähköä joko sähköpörssikauppaa käyvälle sähköyhtiölle tai sähkömarkkinameklarille (esimerkiksi Energiameklarit Oy) tai pörssin ulkopuolelle vaikkapa toiselle pienkäyttäjälle. Ehtona ostajalle on, että yhtiö toimii ns. tasevastaavana eli laatii taseen kaikista sähkökaupoista.

Myyntisopimus sähköyhtiön tai meklarin kanssa

Sähkön hinta ja sopimuksen pituus on täysin sovittavissa myyjän ja ostajan välillä ja ostarjouksia kannattaa pyytää useammalta yhtiöltä. Jos sähköntuotanto on suunniteltavissa pitkälle ajalle, voidaan solmia useampivuotinen sopimus ennalta sovitulla myyntihinnalla. Hintaan vaikuttaa sen hetkisen sähkömarkkinatilanteen lisäksi mm. se missä määrin sähkön tuotantomäärä on säädettävissä. Jos esimerkiksi tuotanto on säädettävissä vastaamaan hetkellisesti korkeaa kysyntää, voidaan tällaisesta sähköstä saada korkeampi hinta. Jos tuotanto ei ole etukäteen suunniteltavissa, kuten tuulivoima, voi sähköstä saatava hinta olla merkittävästi alhaisempi kuin hyvin ennakoitavissa olevan tuotannon hinta.

Sähkönmyyntisopimuksessa on myös hyvä sopia siitä, kuka omistaa mahdollisesti tuotantoon liittyvät vihreät arvot.

Sähköntuottaja voi hoitaa tuotantonsa suunnittelun joko itse tai ostamalla palvelun sähköyhtiöltä. Sähköyhtiön kanssa voidaan myös solmia myyntisopimuksen lisäksi tuo-

tantokoneiston käyttösopimus, jolloin sähköyhtiö hoitaa täysin laitoksen käytön ja sähkön myynnin.

Myyntisopimus kiinteistön sisäisessä sähköverkossa

Myyntisopimus on täysin vapaasti laadittavissa myyjän ja ostajan välillä. Myyjän on muistettava tarkistaa, onko kyseessä verotettava sähkönmyynti. Kiinteistönhaltijan on järjestettävä toimitetun sähkön mittaus asianmukaisella tavalla siten kuin valtioneuvoston asetuksella tarkemmin säädetään, jos sähkö myydään sähkönkäyttäjille kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäisen sähköverkon kautta.

Yleensä ottaen haastateltujen laitosten sähköverkkoon liittäminen on sujunut suuremmista ongelmista. Kuitenkin useimmat haastatelluista kuvailivat prosessin vaatineen sekä tuottajalta että jakeluverkonhaltijalta asiaan perehtymistä, sopeutumista ja tiedon hankintaa. Tietoa verkkoliityntäprosessista tuli hakea usealta eri taholta, mikä hidasti jonkin verran toimintaa. Yleisvaikutelmana voidaan sanoa, että pientuottajat monesti odottivat saavansa neuvoja ja apua paikalliselta verkkoyhtiöltä, mutta usein kuitenkin osoittautui, että pientuotannon kytkeminen jakeluverkkoon oli myös heille uutta toimintaa. Monet tuottajat toivoivatkin, että myös verkkoyhtiöt saisivat tukea tähän toimintaan. Toisaalta oli myös jakeluyhtiöitä, joilla tuotannon verkkoon liittäminen oli ennalta tuttua ja asiat etenivät teknisessä mielessä selkeästi ja vaikeuksista.

Yleensä ottaen myös viranomaislupien hankinta oli haastatelluilla laitoksilla sujunut melko normaalisti. Kuitenkin monet haastatellut yritykset kokivat, että tietoa tarvittavista viranomaisluvista oli vaikeasti saatavilla ja lupia tai ilmoituksia tuli tehdä usealle taholle. He kokivat, että varsinainen lupaprosessi vaati paljon tietoa ja ponnisteluja, vaikkakin viranomaistahot avustivat heitä lupaprosessien aikana kiitettävästi ja lupa-asiat etenivät yleisesti ottaen hyvin. Useimmissa tapauksissa oli käytetty myös ulkopuolista apua erilaisien lupien kuten asemakaavojen laadinnassa ja maisemallisia vaikutuksia arvioitaessa. Haastateltujen perusteella useimmat yritykset olivat tyytyväisiä apuun ja neuvoihin, joita he olivat saaneet viranomaisilta.

Jossakin tapauksissa kummastusta aiheutti lähinnä sähköverotuksen piiriin kuuluvan sähkömäärittäminen. Kuitenkin lopuksi energiaveroasiat olivat selkeytyneet tullipiirin kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen. Esimerkkilaitokset kuvailivat, että energiaveroon liittyvä energiamäärän raportointi perustuu sähkölaitoksen mittaamiin energiamääriin, mikä tuo helpotusta kaavakkeiden laatimiseen.

Haastatellut yritykset olivat saaneet investointitukea joko KTM:ltä tai TE-keskukselta. Tuen määrä vaihteli; eräässä tapauksessa se oli 36 % investoinnista. Tämän tuen todettiin olevan merkittävä investointipäästöistä tehtäessä. Tukien saamiseksi tuottajat laativat investointilaskelmat, joiden yleensä koettiin tukevan myös omaa toimintaa.

Haastatelluista tuottajista monet pienemmät tuottajat kokivat, että sähkömäärittäminen paikalliselle jakeluverkkoyhtiölle oli luonnollista ja helpoin tapa myydä tuotettu sähkö – olihan jakeluyhtiö jo tuttu teknisten asioiden hoidon yhteydestä. Useimmissa tapauksissa jakeluverkkoyhtiö vastasi tasesähkön ja loissähkön hankinnasta sekä vastasi myös mittariluvusta ja siihen liittyvästä raportoinnista.

Haastatellut laitokset olivat teknisesti hyvin erilaisia. Pienin haastatelluista laitoksista ei vaatinut juuri muuta teknisessä mielessä kuin kaksisuuntaisen sähkömittauksen lisäämisen. Lisäksi sähkösuunnitelmien ja sähköasennusten toteuttaminen vaihteli haastatelluissa laitoksissa pääasiallisesti laitokseen mukaan.

Yleensä sähköntuotantolaitoksen toimittaja vastasi prosessiin kuuluvien sähkölaitteiden suunnittelemisesta ja toimittamisesta. Lähes kaikki haastatellut tuottajat käyttivät sähkösuunnittelussa apunaan ulkopuolista suunnittelijaa, jonka tehtävänä oli yhteensovittaa verkkoyhtiön asettamat vaatimukset ja tuotantoprosessi sekä sähkölaitteiden asettamat

lähtökohdat. Suurimmissa hankkeissa sähkölaitteiden asennuksen teki kolmas taho – ulkopuolinen urakoitsija tai laitoksen haltijalla oli oma pätevyys suorittaa sähkölaitteiden asennukset.

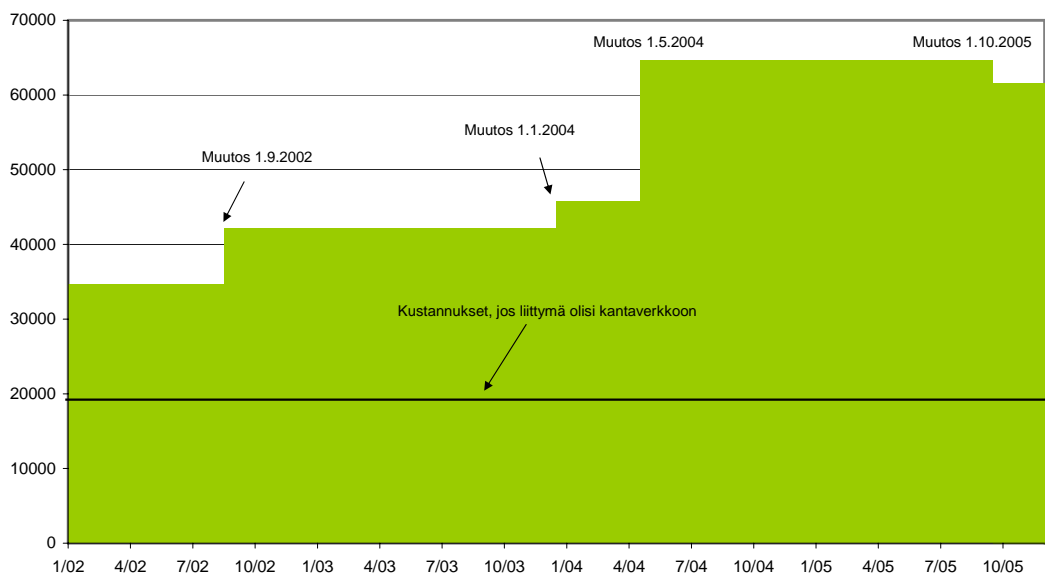
Suuremmissa haastatelluissa laitoksissa oli myös tarvetta vakituiselle henkilökunnalle, jotka vastasivat laitoksen käytön johtamisesta (pätevyys) ja sähkötöistä (sähköpätevyys). Kuitenkin laitokset oli suunniteltu niin, että laitoksen toiminta ei vaatinut läsnäoloa vuorokauden ympäri. Laitoksen valvonta oli öiseen aikaan järjestetty hälytyksin ja joku henkilökunnasta oli aina päivystysvastuussa ja valmiudessa mennä laitokselle tarvittaessa.

Suuremman kokoluokan laitteistojen suunnittelussa esiin tuli eri osapuolien toimittamiseen kuuluvien rajapintojen määrittämisen tärkeys. On tärkeä määrittää kenelle kuuluu tietyn kokonaisuuden toimittaminen ja kuka vastaa näiden kokonaisuuksien yhteensovittamisesta ja siitä aiheutuvista lisäkuluista.

Samoin haastattelujen perusteella vahvistui verkkoon liittämiseen kuuluvan sähkösuunnittelun mahdollisen varhainen aloittaminen. Tuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon saattaa vaatia jakeluverkon rakentamista, mikä voi viedä kuukausia. Lisäksi on tärkeää aloittaa tiedonvaihto laitteistotoimittajan, mahdollisen erillisen sähkösuunnittelijan ja jakeluverkon haltijan välillä mahdollisen varhain niin, että tarvittaviin teknisiin ratkaisuihin voidaan kaikilla tahoilla varautua.

Tuottajien suurimmaksi huolenaiheeksi muodostui verkkoliittymän ja siihen liittyvien verkkopalvelujen korkeat maksut. Varsinkin pienimmät tuottajat kokivat saavansa suurimman hyödyn juuri omaan käyttöön tarkoitetun sähkön tuottamisesta, silloin kun jakeluverkkoyhtiö ei perinyt omaan käyttöön tarkoitetusta sähköstä siirtomaksua tai ainakaan täyttä siirtomaksua. Pääsääntöisesti pienimmät tuottajat kuvailivat yleiseen verkkoon siirretyn sähkön tuovan vain hieman 'ylimääräistä' tuloa. Myös suuremmat pientuottajat kokivat, että siirtomaksujen suuruus verrattuna kantaverkkoon liittyvien voimaloiden siirtomaksuihin heikensi pienvoimalaitosinvestointien kannattavuutta.

Kuvassa 2 on esitetty esimerkkitapaus, jossa liittymäpisteen takana itse kulutettuun sähköön sovellettiin myös sähkön tuottajalle asetettuja siirtohintoja täysimääräisinä. Lisäksi siirtohinnat vaihtelivat huomattavasti muutaman vuoden aikana. Mahdollisuuksien mukaan tuottajan tulisikin pyrkiä suojautumaan sähkönsiirtohintojen merkittävältä muuttumiselta.



Kuva 2. Esimerkkivoimalaitoksen siirtokulu €/vuosi.

Osa laitoksista oli onnistunut neuvotteluissa sähkölaitoksen kanssa ja kohtuullistamaan maksuja niin, että maksuissa huomioidaan myös pienvoimaloiden tuomat hyödyt. Osa tuotantolaitoksista oli käyttänyt ulkopuolista apua verkkopalvelumaksujen hinnoittelusopimuksia laadittaessa.

7.1 **Verkkoon pääsyn helpottaminen**

Hallituksen eduskunnalle loppuvuodesta 2005 antamassa energia- ja ilmastopoliittisessa selonteossa¹⁸ todetaan, että pienvoimalaitosten verkkoon pääsyä helpotetaan energiamarkkinoiden sääntelyä kehittämällä ja huomioimalla tästä aiheutuvat lisäkustannukset muiden verkonkäyttäjien tariffeissa. Sähkömarkkinalain vaatimus tuotanto- ja siirtotoiminnan eriyttämisestä ehkäisee verkonhaltijoiden oman tuotannon suosimista. Verkkovalvontaa on tehostettu niin, että EMV voi tarvittaessa määrätä siirtotariffien rakenteesta, jos se on tarpeen verkkoon pääsyn järjestämiseksi.³ Käytännössä pienimuotoisen tuotannon kilpailukyvyyn on todettu heikentyvän joillakin alueilla ratkaisevasti jakeluverkkoon liittyvien ongelmien vuoksi. Jakeluverkkosiirron kustannukset sekä joissakin tapauksissa uuden verkon rakentaminen pienelle uudelle tuotantomäärälle ja verkonhaltijoilta puuttuvat kokemukset tuotannon liittämistä verkkoonsa voivat olla esteenä sähköntuotannon kannattavuudelle.³

Sähkömarkkinalain muutoksella 1.9.2003 säädettiin, että verkonhaltijan on hinnoittelussaan otettava huomioon myös tuotannon verkkoon liittymiselle aiheuttamat hyödyt. Tällöin energiamaksu voi olla myös negatiivinen eli se tuottaa tuloa sähköntuottajalle. Sähkömarkkinalain muutoksella 27.12.2004 helpotettiin tuottajien omien liittymisjohtojen rakentamista. Tuottaja sai tällöin luvan itse valita verkkotason ja verkon, johon tuottajan liittymisjohto liitetään.³

7.2 **Hinnoittelun yhtenäistäminen**

Verkkoyhtiöt hinnoittelevat liittymis- ja siirtotariffinsa kustannusvastaavuusperiaatteella. Käytännössä tariffit eroavat toisistaan hyvin suuresti ja sähkön pientuottajaan kohdistuvissa kustannuksissa voi olla ratkaisevia eroja eri verkkojen alueilla. Erilaiset tariffirakenteet ja tariffinimistöt vaikeuttavat maksujen suuruuden selvittämistä voimalaitosinvestoinnin suunnitteluvaiheessa. Lisäksi merkittäväällä osalla verkonhaltijoista ei ole siirtotariffeja ollenkaan. Erityisesti pienille tuotantolaitoksille kiinteät maksut voivat muodostua hyvin suuriksi.

Tuotannon siirtomaksuille jakeluverkoissa on esitetty valtakunnallista ylärajaa³. Lisäksi ehdotetaan, että maksuun, joka peritään sähkön tuotantolaitoksen liittämistä jakeluverkkoon, ei saa sisällyttää sähköverkon vahvistamisesta aiheutuvia kustannuksia. Investointiavustuksen perusteena olevaksi hyväksyttäväksi kustannukseksi määriteltäisiin myös verkonhaltijalle maksettava liittymismaksu. Kyseinen KTM:n muistio on lausunto-kierroksella. Lopputulos, joka saattaa muuttua ehdotetusta, odotetaan julkaistavan syksyllä 2006 sähkömarkkinalain muutosesityksessä ja tulevan voimaan 1.1.2007.

Avoin toimittaja on toimittaja, joka ostaa sähköntuottajalta tämän kaiken sähkön tuotannon tai myy hänelle kaiken sähkön tarpeen tai tasapainottaa sähköntuottajan eri sähkön hankintojen erotuksen toimittamalla puuttuvan sähkömäärän kunkin tunnin aikana (avoin toimitus). Jokainen sähköverkkoon liittynyt tarvitsee avoimen toimittaja. Yleisimmin avoin toimittaja on sähköntuottaja.

CHP-laitos on sähköä ja lämpöä tuottava laitos (CHP, combined heat and power production) – yhteistuotantolaitos.

Jakeluverkko on sähköverkko, jonka nimellisjännite on pienempi kuin 110 kilovoltia.

Jakeluverkon haltija on yhteisö tai laitos, jolla on hallinnassaan jakeluverkkoa ja joka harjoittaa luvanvaraista sähköverkkotoimintaa.

Liittymissopimus on jakeluverkon haltijan ja jakeluverkkoon liitetyn sähköntuotantopaikan omistajan tai haltijan välinen sopimus, joka koskee sähköntuotantolaitteiston liittämistä jakeluverkkoon.

Liittämiskohta määritetään liittymissopimuksessa. Liittämiskohta on yleensä jakeluverkon haltijan ja sähköntuottajan sähkölaitteistojen välinen kohta (omistusraja), jollei toisin ole sovittu.

Loissähkö (Q , var) kuvaa jännitteen U ja sähkövirran I vaihe-erosta johtuvaa näennäistehon S (VA) ja pätötehon P (W) eroavuutta. Siirrettävästä sähkötehosta osa kuluu aina magneettikentän ylläpitämiseen ja siitä käytetään nimitystä loisteho erotuksena työn tekemiseen tarvittavasta pätötehosta. ($S^2 = P^2 + Q^2$ tai $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$)

Sähköverkkopalvelulla (verkkopalvelu) tarkoitetaan jakeluverkon haltijan kaikkea sitä toimintaa, joka mahdollistaa sähkön siirtymisen vastiketta vastaan jakeluverkon haltijan sähköverkossa.

Sähköntuottaja on henkilö tai yhteisö, jonka sähköntuotantolaitteisto tuottaa sähköä ansiotarkoituksessa ja toimii rinnan jakeluverkon kanssa niin, että tuotettu sähkö voidaan siirtää osin tai kokonaan jakeluverkkoon.

Sähkönmyyntisopimus on sopimus, jolla sähköntuottaja sopii tuottamansa sähköenergian myynnistä.

Taseselvityksellä tarkoitetaan kunkin tunnin aikana toteutuneiden sähkökauppojen selvittämistä, jonka tuloksena saadaan kunkin sähkömarkkinoiden osapuolen sähkötase ja tasepoikkeama.

Vastapainelaitos on sähkö ja lämpöä tuottava voimalaitos.

Perusyksiköt:

A= ampeeri (virran yksikkö)
V= voltti (jännitteen yksikkö)
VA= voltiampeeri (näennäisteho yksikkö)
W= watti (pätötehon yksikkö)
var= vari (loistehon yksikkö)
Wh= wattitunti

Etuliitteet:

k= kilo = $10^3 = 1\,000$
M= mega = $10^6 = 1\,000\,000$

Luettelo tahoista, joista saa lisätietoa pienvoimalan verkkoon liittäessään.

Yhteystiedot

Energiamarkkinavirasto
Lintulahdenkatu 10
00500 Helsinki
Puh. (09) 6220 360
Faksi (09) 6221 911
www.energiamarkkinavirasto.fi

Motiva Oy
PL 489 (Urho Kekkosen katu 4-6 A)
00101 Helsinki
Puh. (09) 8565 3100
Faksi (09) 8565 3199
www.motiva.fi

Energiateollisuus ry
PL 100 (Fredrikinkatu 51-53 B)
00101 Helsinki
Puh. (09) 530 520
Faksi (09) 5305 2900
www.energia.fi

SESKO, Sähkö- ja Elektroniikka-alan
standardoimisjärjestö
PL 134 (Särkiniementie 3)
00211 Helsinki
Puh. (09) 696 391
Faksi (09) 677 059
www.sesko.fi

Henkilö- ja Yritysarviointi Seti Oy
PL 55 (Harakantie 18)
02601 Espoo
Puh. (09) 5476 1600
Faksi: (09) 5476 1666
www.seti.fi

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry
Särkiniementie 3
00210 Helsinki
Puh. (09) 696 3696
Faksi (09) 677 021
www.sahkoturva.info

Kauppa- ja teollisuusministeriö,
Energiaosasto
PL 32 (Aleksanterinkatu 4, Hki)
00023 Valtioneuvosto
Puh. (09) 160 01
Faksi (09) 1606 3666
www.ktm.fi

Tullihallitus
PL 512 (Erottajankatu 2)
00101 Helsinki
Puh. (09) 6141
www.tulli.fi

Turvatekniikan keskus (TUKES)
PL 123 (Lönnrotinkatu 37)
00181 Helsinki
Puh. 010 6052 000
Faksi (09) 605 474
www.tukes.fi

Lähdeluettelo

- ¹ Bergman, Lankila, Kässi, 2005. Teknologiaohjelma DENSY – Hajautetun energiantuotannon tulevaisuusskenaariot ja vaikutukset liiketoimintamalleihin. Technology Business Research Center Lappeenranta. Tutkimusraportti 7.
- ² Lemström, 2005. Pienimuotoisen tuotannon verkkoon pääsyn edistäminen. VTT. Tutkimusraportti.
- ³ KTM, Energiaosasto. 2006. Pienimuotoisen sähköntuotannon verkkoon pääsyn helpottaminen. Muistio.
- ⁴ Motiva ja OPET Finland. 2003 Tuulessa on voimaa -esite.
- ⁵ Energia-Ekono Oy 1999. Tuulivoiman projektiopas. Motivan julkaisuja 5/1999
- ⁶ Visumarkt Oy ja Pienvesivoimayhdistys ry 2003. Pienvesivoima on puhdasta uutta energiaa.
- ⁷ www.motiva.fi 23.5.2006
- ⁸ Vartiainen, Luoma, Hiltunen, Vanhanen 2002. Hajautettu energiantuotanto: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO2-päästöt. Gaia Group Oy.
- ⁹ Suomen biokaasukeskus ry. Biokaasuesite. Saatavilla www.biokaasuyhdistys.net
- ¹⁰ www.energiamarkkinavirasto.fi 29.5.2006
- ¹¹ Sähkömarkkinalaki (1172/2004)
- ¹² Sähkömarkkina-asetus 518/1995
- ¹³ Nro 21, Tullihallitus, 2005. Saatavilla www.tulli.fi
- ¹⁴ KTM ja TE-keskukset rahoittavat investointi- ja selvityshankkeita. Lisätietoja: www.te-keskus.fi
- ¹⁵ Vartiainen, Vanhanen, Syrjänen 2005. Selvitys sähkön tuotantolaitosten sähkön siirtomaksuista.
- ¹⁶ Energiamarkkinaviraston julkaisuja 3/2005.
- ¹⁷ Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 30.11.2005.