



# Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset tuulivoimalaitosprojektin yhteydessä

Yhteenveto

21.12.2011

## VJV2007 ja tämän dokumentin sisällöstä

- Fingridin VJV2007 liitteen 2 [2] kohdan 3 mukaisesti
  - "Suomen sähköverkkoon kytkeytyvien yli 10 MVA tuulivoimalaitosten on täytettävä Vaatimukset Fingridin määrittämässä VJV-referenssipisteessä. Fingrid määrittää referenssipisteen VJV2007:n liitteessä 3 [3] kuvattavien periaatteiden mukaisesti."
  - "Suomen sähköverkkoon kytkeytyvien 0,5-10 MVA tuulivoimageraattoreiden ja –laitosten on täytettävä Vaatimukset VJV-referenssipisteessä, jonka liittymispisteen verkonhaltija määrää VJV2007:n liitteessä 3 [3] kuvattavien periaatteiden mukaisesti."
- Liittyjä vastaa VJV-vaatimusten täyttymisestä ja niiden todentamisesta voimajärjestelmään liitettävän tuulivoimalaitoksen osalta
  - VJV-vaatimusten täytyminen määritetyssä referenssipisteessä on todennettava ensisijaisesti voimalaitoksen käyttöönoton yhteydessä suorittavien käyttööttökokeiden ja niihin perustuvan dokumentaation perusteella
- Tähän dokumenttiin on koostettu tuulivoimaa koskevien voimalaitosten järjestelmätekniisten vaatimusten keskeiset osa-alueet, jotka tulee käydä läpi tuulivoimalaitosta suunniteltaessa ja voimalaitoksen komponenttien hankintavaiheessa
  - keskeiset suunnitteluvaiheessa selvitettävät kokonaisuudet on korostettu pääkohtia käsittelevien dioiden alalaidassa

## VJV2007 ja vaiheittain etenevät hankkeet

- VJV2007 velvoittaa vaiheittain eteneviä voimalaitoshankkeita suunnitellun lopullisen tuotantokapasiteetin mukaan
- VJV2007 liitteen 2 [2] kohdan 3.1 mukaisesti
  - "Vaiheittain etenevien tuulivoimahankkeiden osalta Vaatimuksia tulee soveltaa huomioiden voimalaitoksen lopullinen tuotantokapasiteetti sekä tuotantokapasiteetin kehittyminen hankkeen eri vaiheissa. Vaatimukset tulee todentaa soveltuvien osin voimalaitoksen tuotantokapasiteetin ylittäessä Vaatimukseen liittyvän tehorajan tai voimalaitoksen rakenteen muuttuessa tavalla, joka mahdollisesti vaikuttaa voimalaitoksen järjestelmätekniisiin ominaisuuksiin ja toiminnallisuuksiin."
- Tapa, jolla vaatimukset tulee huomioida vaiheittain etenevien tuulivoimahankkeiden yhteydessä, tulee kirjata liittymissopimukseen.

## VJV- kaksitoista pääkohtaa

1. VJV-vaatimusten referenssipiste
2. Taajuuden ja pätötehon säätö
3. Loistehokapasiteetti
4. Loistehon ja jännitteen säätö
5. Mitoitusjännite ja –taajuus (Jännite-taajuustoiminta-alue)
6. Käyttöominaisuudet verkkohäiriön yhteydessä (nk. FRT)
7. Käynnistäminen ja pysäyttäminen
8. Kauko-ohjaus ja mittaukset
9. Lisävaatimukset voimalaitoksille, jotka voivat vaikuttaa siirtokykyyn
10. Vaatimusten täyttämisen osoittaminen ja testausvaatimukset
11. Laskentamallit
12. Toimitettavat tiedot

Vaatimusten tarkempi sisältö kuvattu seuraavalla sivulla listatuissa dokumenteissa. Dokumenttien sisältöön sekä mahdollisiin tarkennuksiin ja/tai poikkeamismahdollisuuksiin liittyvien kysymysten osalta tulee olla yhteydessä Fingridiin (yhteystiedot viimeisellä dialla)

## Lähdedokumentit

- [1] "Voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset (VJV2007)"
- [2] "VJV2007 LIITE 2 – Tuulivoimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset"
- [3] "VJV2007 LIITE 3 – VJV-vaatimusten referenssipisteen määrittelyperiaatteet"
- [4] "VJV2007 – Vaatimusten todentamiseen liittyvät toimintatavat ja kuvaus käyttöönottokokeiden sisällöstä"
- [5] "VJV2007 – Lisävaatimukset yli 100 MVA tuulivoimalaitoksille sekä laitoksille jotka kytkeytyvät Lapin sähköverkkoon"
- [6] "VJV2007 – Tiedot vaadittavien laskentamallien ohjelmaversioista ja laskentateknisistä tiedoista"
- [7] "Fingrid Oyj:n yleiset liittymisehdot (YLE 2007)"
- [8] "Nordic Grid Code 2007 (Nordic collection of rules)"
- [9] "Fingridin ja sähköjärjestelmässä toimivien osapuolten välinen järjestelmän hallintaan liittyvä tiedonvaihto"

Kaikki dokumentit ovat virallisia dokumentteja ja saatavilla joko Fingridin kotisivuilta ([www.fingrid.fi](http://www.fingrid.fi) → Palvelut → kantaverkkopalvelut → Liittyminen) tai Fingridin yhteyshenkilöiltä (kts. dia 20)

<b>VJV2007 ja siihen liittyvät dokumentit</b>	<b>Tila</b>
Tuulivoimalaitos täyttää VJV-dokumenteissa esitetyt vaatimukset	Selvitetty/selvitettävä
Mahdolliset epäselvät kohdat ja/tai poikkeamat on selvitetty yhteistyössä tilaajan, toimittajan ja Fingridin (sekä mahdollisesti liittytapisteen verkonhaltija) kanssa	Ei poikkeamia / Poikkeamat selvitetty Fingridin kanssa

## VJV- vaatimusten referenssipiste eli nk. PCC

- VJV2007 liitteen 2 [2] mukaisesti
  - "Liittymispiste: Liittymissopimuksen mukainen omistusraja."
  - "VJV-vaatimusten referenssipiste: Paikka, jossa Vaatimukset on täytettävä (myöhemmin tässä dokumentissa VJV-referenssipiste)."
- Liittyjän on toimitettava määrittämistä varten tarvittavat tiedot voimalaitoshankkeen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa
  - Fingrid määrittää VJV-referenssipisteen yli 10 MVA voimalaitosten osalta
  - Liittymispisteen erkonhaltija määrittää referenssipisteen 0.5-10 MVA voimalaitosten osalta
- VJV-referenssipisteen määrittelyperiaatteet on kuvattu liitteessä 3 [3]
  - VJV-referenssipiste määräytyy voimalaitoksen ja sen liittynnän rakenteen perusteella eikä välttämättä vastaa YLE:n [7] mukaista liittymispistettä
- VJV-referenssipisteen merkitys on erityisen keskeinen seuraavien VJV-vaatimusten osalta
  - jännitteensäädön referenssipiste (dia 9)
  - piste, jossa loistehokapasiteettivaatimus tulee täyttää (dia 8)
  - FRT-vaatimuksen jännitteen referenssipiste (dia 11)

### VJV-vaatimusten referenssipiste

### Tila

VJV-referenssipiste on määritetty huomioiden voimalaitoksen suunniteltu rakenne ja projektin eteneminen sekä mahdolliset laajennussuunnitelmat

Selvitetty/selvitettävä

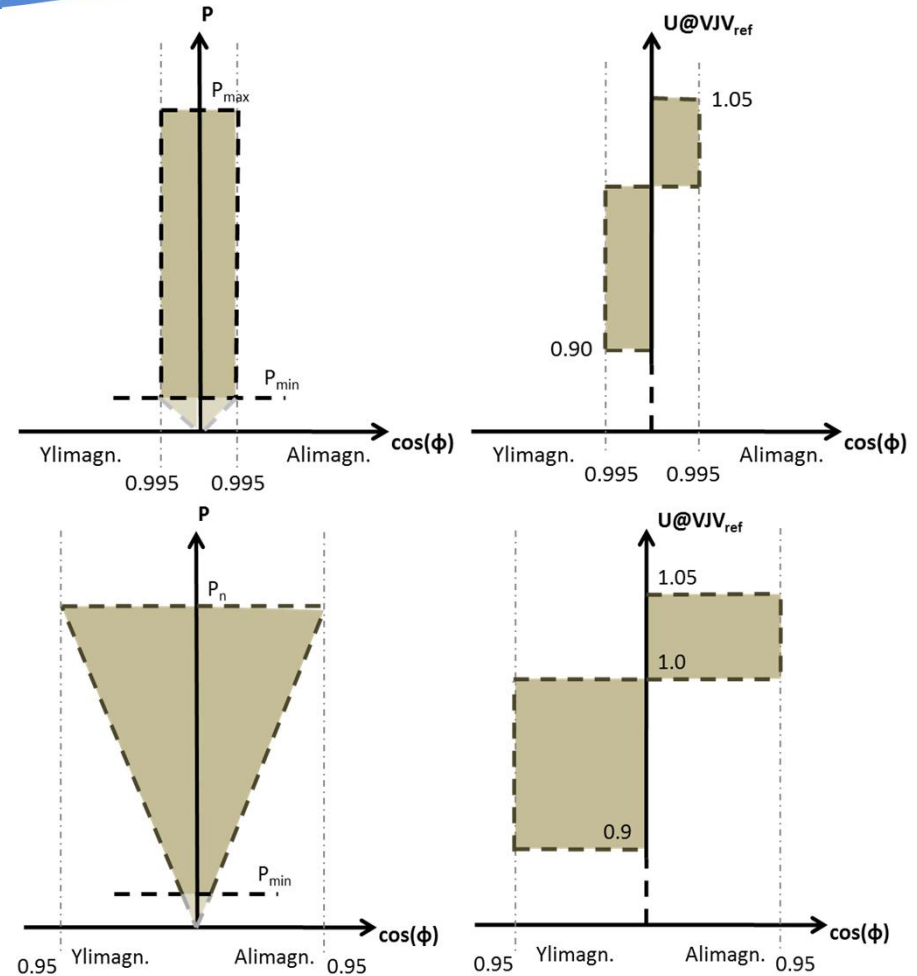
## Taajuuden ja pätötehon säätö

- Yli 10 MVA tuulivoimalaitoksilta edellytetään dokumenteissa [2] kuvatut taajuuden ja pätötehon säädön ominaisuudet
- 0,5-10 MVA tuulivoimalaitoksilta edellytetään liitteessä [2] kuvatut pätötehon säädön ominaisuudet
- Taajuuden ja pätötehon säädön toiminta on todennettava käyttöönoton yhteydessä
  - Kuvaus kokeiden rakenteesta dokumentissa [4]

Taajuuden ja pätötehon säätö	Tila
Tuulivoimalaitoksen taajuuden ja pätötehon säätöjärjestelmien toiminnallisuudet vastaavat dokumenteissa [2] ja [4] esitettyjä	Ei poikkeamia / Poikkeamat selvitetty Fingridin kanssa

# Loistehokapasiteetti

- Vaatimukset on määritelty yksityiskohtaisesti liitteessä 2 [2], kuvaus käyttöönottokokeista liitteessä 4 [4]
- laskelma voimalaitoksen todellisesta loistehokapasiteetista on esitettävä Fingridille voimalaitoksen suunnitteluvaiheessa
  - laskelman yhteydessä on arvioitava mahdollisesti tarvittavan lisäkompensoinnin tarkoituksenmukaista toteutustapaa



Loistehon tuotantokapasiteetti	Tila
Voimalaitos täyttää loistehokapasiteettivaatimuksen [2] VJV-referenssipisteessä voimalaitoksen ja voimajärjestelmän eri toimintapisteissä	Selvitettävä / Selvitetty
Laskelma loistehokapasiteetista [2] on esitetty Fingridille projektin suunnitteluvaiheessa	Esitettävä / Esitetty

## Loistehon ja jännitteen säätö

- >10 MVA tuulivoimalaitoksilta edellytetään dokumentissa [2] kuvatut loistehon ja jännitteen säädön ominaisuudet
  - Voimalaitoksella tulee olla seuraavat ominaisuudet: vakioloistehosäätö, vakiotehokerroinsäätö ja vakiojännitesäätö
- 0,5-10 MVA tuulivoimalaitoksilta edellytetään dokumentissa [2] kuvatut loistehon ja jännitteen säädön ominaisuudet
  - Voimalaitoksella tulee olla vähintään toinen seuraavista:
    - 1) vakioloistehosäätö
    - 2) vakiotehokerroinsäätö
- Jännitteen ja loistehon säädön toiminta on todennettava käyttöönoton yhteydessä
  - Kuvaus käyttöönottokokeiden rakenteesta dokumentissa [4]

### Taajuus ja jännitetoiminta-alue

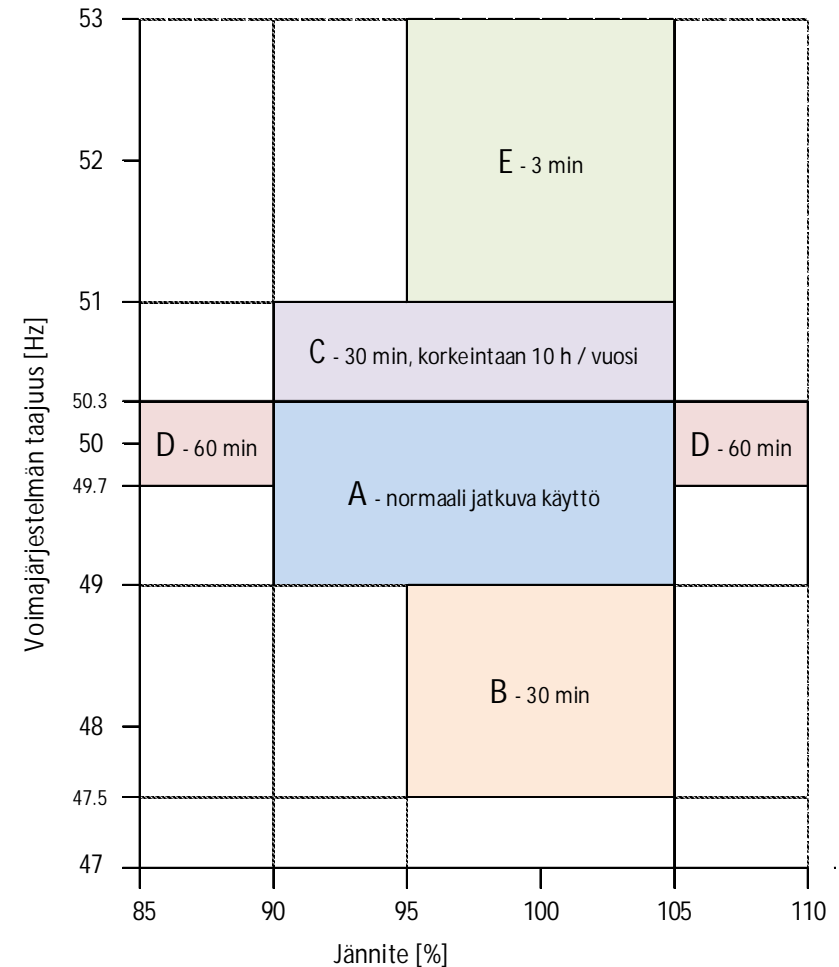
Tuulivoimalaitoksen jännitteen ja loistehon säätöjärjestelmien toiminnallisuudet vastaavat dokumenteissa [2] ja [4] esitettyjä

### Tila

Ei poikkeamia/Poikkeamat selvitetty Fingridin kanssa

## Mitoitusjännite ja -taajuus

- Voimalaitoksen tulee kyetä toimimaan dokumenteissa [1] ja [2] kuvatulla taajuus- ja jännitetoiminta-alueella
- Voimalaitoksen suojausasettelut eivät saa olla ristiriidassa dokumenteissa [1] ja [2] esitettyjen järjestelmäteknisten vaatimusten kanssa
  - Suojausasettelut tulee toimittaa Fingridille osana voimalaitosdokumentaatiota
- Taajuus- ja jännite -toiminta-alueeseen liittyviin automaattisiin tehonalemiin liittyvät periaatteet ja toiminnallisuudet tulee dokumentoida kattavasti ja toimittaa Fingridille osana dokumentaatiota.



### Taajuus ja jännitetoiminta-alue

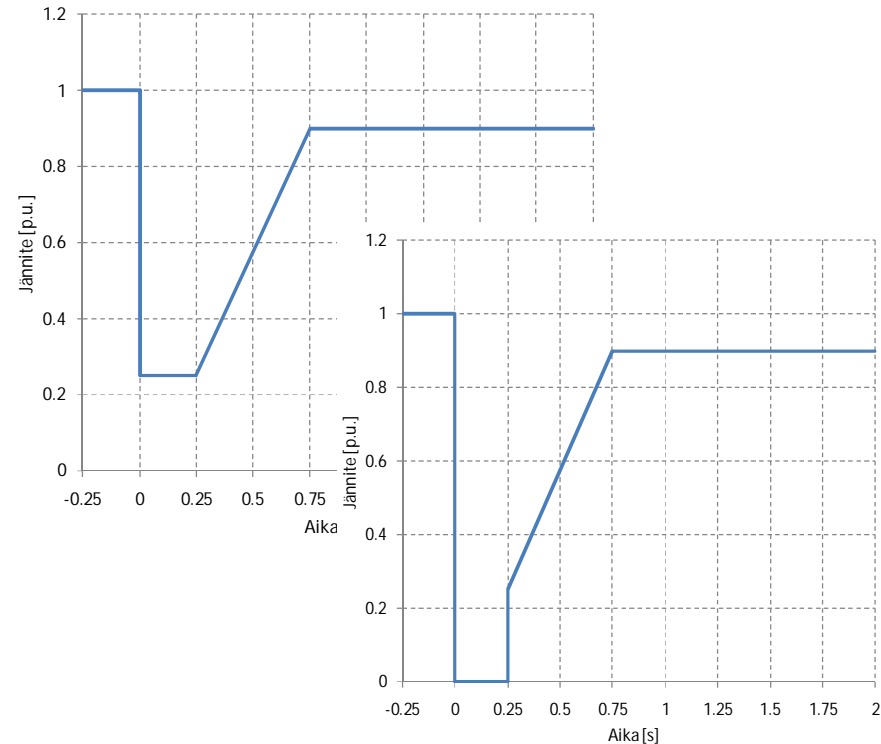
Voimalaitos pystyy toimimaan vaaditulla taajuus- ja jännitetoiminta-alueella.

### Tila

Ei poikkeamia /  
Poikkeamat selvitetty  
Fingridin kanssa

# Käyttöominaisuudet verkkohäiriöiden yhteydessä

- tuotantoyksiköiden tulee pystyä jatkamaan toimintaansa siirtoverkon häiriöiden aikana ja niiden jälkeen [2]:
- Verkkohäiriön jälkeen turbiinigeneraattorin ja/tai voimalaitoksen tulee palauttaa teho mahdollisimman nopeasti.
  - yhtä sekuntia suuremmat (1 s) viiveet tehonpalautumisessa on hyväksyttävä Fingridillä.
- Mikäli tehonpalautuminen riippuu VJV-referenssipisteen jännitteen tasosta, sen vaikutus tehonpalautumiseen on dokumentoitava ja toimitettava Fingridille.



Toiminta jännitehäiriöissä (FRT)	Tila
Voimalaitos täyttää FRT-vaatimuksen [2] VJV-referenssipisteessä Vaatimusten mukaisesti	Selvitettävä/Selvitetty ja selvitys esitelty
FRT-vaatimuksen todentamistavasta on sovittu Fingridin kanssa	Sovittu / Sovittava

# Käynnistäminen ja pysäyttäminen

- Liitteen 2 [2] luvussa 9 on esitetty seuraavat vaatimukset:
  - tuotantoyksikön käynnistäminen ei saa aiheuttaa voimakkaita ja/tai huonosti vaimenevia yliaaltoja (esimerkiksi muuntajien ja kaapeliverkon kytkentävirtasysäyksen aiheuttamia) eikä yli 0.03 p.u. jännitemuutosta VJV-vaatimusten referenssipisteen jännitteessä
  - Tuulivoimalaitoksen tuuliturbiinigeneraattorit eivät saa pysähtyä yhtä aikaa suuren tuulenopeuden vuoksi. Pysäytyksen tulee olla porrastettu perustuen tuuliturbiinigeneraattoreiden kykyyn (toiminnallinen turvallisuus) toimia voimakkaalla tuulella.
  - porrastuksen toteutus kriittisten tuulenopeuksien ja niihin liittyvien viiveiden osalta tulee dokumentoida ja toimittaa Fingridille

## Kauko-ohjaus ja mittaukset

- Fingridin tiedonvaihtoperiaatteet on esitetty kantaverkkosopimuksen liitteessä 2 "Tiedonvaihdon sovellusohje" (saatavilla Fingridin internetsivuilta) [9].
  - Liitteen 2 mukaisten mittausten tulee olla Fingridin käytettävissä kun tuulivoimageraattori tai tuulivoimalaitos aloittaa pätötehon syöttämisen sähköverkkoon.
  - Yli 1 MVA laitoksista on toimittava tuntikohtainen energiamittaustieto Fingridille.
- Kokoluokka 0.5 - 10 MVA
  - Tuuliturbiinigeneraattorilla ja/tai tuulivoimalaitoksella on oltava kaukokäyttövalmius.
- Kokoluokka >10 MVA
  - Tuulivoimalaitoksen kauko-ohjauksen on oltava mahdollista.

## Lisävaatimukset siirtokykyyhin mahdollisesti vaikuttaville voimalaitoksille

- Niitä tuotantolaitoksia, jotka vaikuttavat joko 400 kV:n pääsiirtoverkon tai 220 kV:n Lapin siirtoverkon siirtokykyyhin, koskevat liitteen 2 [2] lisäksi liitteessä 5 [5] esitetyt lisävaatimukset.
- Voimalaitokset, jotka mahdollisesti vaikuttavat voimajärjestelmän siirtokykyyhin
  - yli 10 MVA laitokset, jotka on liitetty Valajaskosken 220 kV sähköaseman Isoniemen johtolähdön ja Pirttikosken 220 kV'n sähköaseman Kokkosnivan johtolähdön takana sijaitsevaan verkon osaan
  - yli 100 MVA laitokset, jotka on kytketty Suomen sähköverkkoon

# Vaatimusten täyttämisen osoittaminen ja testausvaatimukset

- Voimalaitokselle kohdistettujen vaatimusten täytyminen voidaan todentaa hyödyntäen:
  - voimalaitoksen käyttöönoton yhteydessä suoritettavia VJV-vaatimukseen liittyvät voimalaitostason järjestelmäkokeita (ensisijainen tapa)
  - akkreditoitujen laboratorioiden sertifikaatteja tai vastaavia yksityiskohtaisia turbiinigeneraattoreiden testausraportteja
  - jatkuvaa seurantaa
  - todennettuja laskentamalleja hyödyntäen suoritettuja laskentatarkasteluja
- Kokoluokan 0,5 - 10 MVA vaatimukset on määritetty liitteen 2 [2] luvussa 11.1
  - vaatimuksena käytännössä yksittäisiä käyttöönottomittauksia ja niihin liittyvä mittauspöytäkirja
- Kokoluokan >10 MVA vaatimukset on määritetty liitteen 2 [2] luvussa 11.2
  - kattavien käyttöönottokokeiden sisältöä kuvattu liittessä 4 [4]
  - VJV-vaatimukseen liittyvä käyttöönottokoesuunnitelma on toimitettava Fingridille hyväksyttäväksi viimeistään 3 kk ennen kokeiden suunniteltua aloitusajankohtaa

Käyttöönottokokeet	Tila
Laitetoimittajien ja/tai rakennuttajan käyttöönottokokeisiin liittyvät käytännöt vastaavat dokumenteissa [2] sekä [4] esitettyjä, mahdolliset ristiriidat on selvitetty	Ei poikkeamia/ Poikkeamat selvitetty Fingridin kanssa
Laitetoimittajien ja tilaajan väliset vastuut VJV2007 liittyvien vaatimusten todentamisessa käyttöönottokokein on selvitetty ja kirjattu	Selvitettävä/Selvitetty

# Laskentamallit

- Tuulivoimalaitoksesta on toimitettava Fingridille laskentamallit liitteessä 2 [2] luvussa 12 kuvatussa laajuudessa
  - Tehonjako- ja vikavirtalaskentaan soveltuva malli sekä dynamiikkalaskentamalli tulee toimittaa PSS/E-laskentaohjelmistolle.
- Lisäksi laskentamallien tulee olla liitteen 6 [6] mukaisia
- Laskentamallit on toimitettava viimeistään käyttöönottosuunnitelman toimittamisen yhteydessä
  - Laskentamallit korjauksineen on lisäksi toimitettava uudestaan kun käyttöönottokokeet on suoritettu hyväksytysti

Laskentamallit	Tila
Laitetoimittajan ja/tai laitetoimittajien laskentamalleihin liittyvät käytännöt vastaavat dokumenteissa [2], [4], [5] sekä [6] esitettyjä ja mahdolliset ristiriidat on selvitetty yhteistyössä tilaajan, toimittajan ja Fingridin kanssa	Ei poikkeamia/ Poikkeamat selvitetty Fingridin kanssa
Mikäli tuulivoimalaitos tulee hyödyntämään säädettäviä kompensoilaitteita (esim. STATCOM), niihin liittyvistä mallinnusvaatimuksista on erikseen sovittava Fingrid'n kanssa	Selvitettävä/Selvitetty

## Toimitettavat tiedot

- Tuulivoimalaitoksesta on toimitettava laskentamallien lisäksi kattava tekninen dokumentaatio VJV-vaatimukseen liittyvien ominaisuuksien ja toiminnallisuuksien osalta liitteen 2 kohdan 12 mukaisesti [2]
- Voimalaitosdokumentaatiota on toimitettava voimalaitosprojektin eri vaiheissa (>10 MVA)
  - suunnitteluvaiheessa
  - viim. 3 kk ennen VJV-vaatimukseen liittyvän käyttöönoton alkamista
  - käyttöönottojen suorittamisen jälkeen
- Fingridille 0.5-10 MVA voimalaitoksista on toimitettava tiedot käyttöönottomittausten suorittamisen jälkeen

Toimitettavat tiedot	Tila
Laitetoimittajien ja/tai rakennuttajan dokumentointiin liittyvät käytännöt vastaavat dokumenteissa [2], [3], [4], [5] sekä [6] esitettyjä ja mahdolliset ristiriidat on selvitetty	Ei poikkeamia/ Poikkeamat selvitetty Fingridin kanssa

## Toimitettavat tiedot (kpl 13.2 [2])

<b>Mahdollisimman varhaisessa vaiheessa projektia</b>	<b>Tila</b>
Voimalaitoksen sekä sen keskeisten komponenttien yleistiedot sekä pääkaavio [2], [3]	Toimitettu/Toimittamatta
Laskelma loistehokapasiteetista sekä muut mahdolliset VJV-vaatimukseen liittyvät suunnittelulaskelmat [2], [5]	Toimitettu/Toimittamatta
<b>Viimeistään 3 kk ennen Käyttöönottokokeiden alkamista</b>	<b>Tila</b>
Voimalaitoksen sekä sen keskeisten komponenttien projektikohtaiset tiedot [2]	Toimitettu/Toimittamatta
Yksityiskohtainen käyttöönottokoesuunnitelma Vaatimukseen liityen [2], [4], [5]	Toimitettu/Toimittamatta
Voimalaitoksen suojauskaaviot ja suojausalueiden asetteluarvot [2]	Toimitettu/Toimittamatta
Laskentamallit [2], [4], [5], [6]	Toimitettu/Toimittamatta
<b>Viimeistään 1 kk Vaatimukseen liittyvän käyttöönoton jälkeen</b>	<b>Tila</b>
Käyttöönottopöytäkirjat sekä käyttöönottokokeiden keskeiset tulokset numeerisessa muodossa [2], [4], [5]	Toimitettu/Toimittamatta
Tarvittavat päivitykset laite- ja suojatietoihin ml. laskentamalleihin ja suojaustiedot [2], [5], [6]	Toimitettu/Toimittamatta
Voimalaitoksen loppudokumentaatio dokumentissa [2] kuvatussa laajuudessa	Toimitettu/Toimittamatta

# VJV-vaatimukseen liittyvän dokumentointi- ja todentamisvelvoitteen hyväksyminen

- Fingrid hyväksyy yli 10 MVA'n voimalaitosten osalta VJV-vaatimukseen liittyvän todentamisvelvoitteen neljässä vaiheessa
  1. Yleisten voimalaitostietojen toimittaminen, VJV-referenssipisteen määrittäminen ja mahdollisten poikkeamien käsitteleminen
  2. Projektikohtaisten voimalaitostietojen täydentäminen ja käyttöönottokokeiden suunnittelu
  3. Käyttöönottokokeiden hyväksyty suorittaminen ja käyttöönottokokeiden dokumentoiminen
  4. Voimalaitosprojektin yhteydessä suoritettavan, VJV-vaatimukseen liittyvän todentamisprosessin hyväksyntä
- dokumentointi- ja hyväksyntävelvoite tulee täyttää 12 kk hetkestä, jona voimalaitos tuottaa päätöthoa liittymispisteeseen
  - velvoitteen täyttämiseen käytettävissä olevan ajanjakson viivästämisestä on sovittava erikseen Fingridin kanssa.

Status on 1st of January 2012

Item	Description	Clarification(s) with respect the related requirement in VJV2007 requested by Fingrid	Clarification(s) with respect the corresponding item in VJV2007 concluded	Requested VJV2007 related information provided for Fingrid	Status of possible derogations from requirements and provision of general information	Description
1	The general power plant structure, data and single line diagram				OK	
2	PQ-capability calculation including PQ-diagrams of WTGs				OK	
3	Generator data sheets				OK	
4	Power and frequency control				OK	
5	Reactive power and voltage control				OK	
6	FRT-capability				OK	
7	Frequency and voltage operation ranges				OK	
8	Power plant component data				OK	
9	Simulation models				OK	
10	Implementation of real-time measurements				OK	
11	Derogations				OK	
12	Schedule of the project	Not applicable			OK	
<b>Status of the possible clarification and the required provision on plant information</b>					OK	

NOTE: In case the requests of clarification has not been concluded or presented by the connectee by the time when the commissioning program related to the VJV2012 requirements is provided to Fingrid for comments and approval, the VJV requirements shall apply according to VJV2012 and the clarifications that have been concluded.

## 1. vaiheen yhteenveto

## Yhteyshenkilöt

- Yleiset liittymistä koskevat kysymykset  
Petri Parviainen, [Petri.Parviainen@fingrid.fi](mailto:Petri.Parviainen@fingrid.fi), puh. 030 395 5282  
Jarno Sederlund, [Jarno.Sederlund@fingrid.fi](mailto:Jarno.Sederlund@fingrid.fi), puh. 030 395 4251  
Pertti Kuronen, [Pertti.Kuronen@fingrid.fi](mailto:Pertti.Kuronen@fingrid.fi), puh. 030 395 5127
- Voimalaitosten järjestelmätekniisiä vaatimuksia koskevat kysymykset  
Tuomas Rauhala, [Tuomas.Rauhala@fingrid.fi](mailto:Tuomas.Rauhala@fingrid.fi), puh. 030 395 5245  
Antti-Juhani Nikkilä, [Antti-Juhani.Nikkila@fingrid.fi](mailto:Antti-Juhani.Nikkila@fingrid.fi), puh. 030 395 5142  
Antti Kuusela, [Antti.Kuusela@fingrid.fi](mailto:Antti.Kuusela@fingrid.fi), puh. 030 395 5104



Fingrid välittää. Varmasti.

