



K A U N O  
TECHNOLOGIJOS  
UNIVERSITETAS

Sutartis Nr. 79-09/8540

K. Donelaičio g. 73, LT-44029, Kaunas  
Tel. (8-37) 300000/300099/324140  
Faksas (8-37) 324144

**Elektros ir valdymo inžinerijos fakultetas**  
**Elektros sistemų katedra**

Sutartis Nr. 79-09/21-1099.9.9



**LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS**

Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas  
Tel. (8 37) 351403 • Faksas (8 37) 351271



**Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorija**  
**Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorija**

# **VĖJO ELEKTRINIŲ PLĖTROS GALIMYBIŲ ANALIZĖ**

**STUDIJA**

**(Santrauka)**

**2009 m. gruodžio 1 d.**



**Visos teisės rezervuojamos**

# VĒJO ELEKTRINIŲ PLĒTROS GALIMYBIŲ ANALIZĖ

## S A N T R A U K A

Studija skirta ištirti vėjo elektrinių plėtros galimybes Lietuvos elektros energetikos sistemoje, jai dirbant savarankiškai ir prisijungus prie Europos Sąjungos energetikos sistemų susivienijimų.

Atlikti tyrimai bei vėjo elektrinių Europos Sąjungos šalių energetikos sistemose apžvalga, įvairių kompanijų ir tarptautinių organizacijų studijos bei skelbiami statistiniai duomenys leidžia teigti, kad vėjo elektrinių plėtra Europoje vyksta sparčiai, tačiau kartu daug investuojama į mokslinius tyrimus siekiant nepabloginti energetikos sistemos patikimo veikimo. Daugėjant vėjo elektrinių, energetikos sistemoms ir elektros rinkai kelia problemas vėjo elektrinių kintanti ir tik dalinai nuspėjama elektros gamyba, kuri apsunkina nuolatinį elektros gamybos ir vartojimo balanso sistemoje užtikrinimą, galių mainus ir prekybą elektra su kaimyninėmis šalimis. Dėl to energetikos sistemoje reikia turėti papildomų operatyvių galių rezervų. Papildomų galių rezervų, reikalingų užtikrinti patikimą energetikos sistemos veikimą, kiekis priklauso nuo energetikos sistemos dydžio, elektrinių struktūros, elektros tinklų pralaidumo, jų ryšių su kaimyninėmis energetikos sistemomis. Perdavimo elektros tinklų pralaidumas yra svarbiausia sąlyga tiek didesnėms regioninėms elektros rinkoms, tiek didesnėms balansavimo sritims. Vėjo elektrinių sėkmingai integracijai į energetikos sistemas yra svarbu didinti elektros perdavimo tinklų pralaidumą tiek šalies viduje, tiek su kaimyninėmis šalimis.

Europos nacionalinės atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo schemos veda prie tokio nacionalinių ir regioninių jų išdėstymo, kuris sukelia papildomus ribojimus energetikos sistemose. Dėl to yra rekomenduojama Europoje harmonizuoti VE palaikymo schemas, kurios skatintų panaudoti veiksmingiausias elektros tinklų vietas. Nacionaliniai prioritetai neturi diskriminuoti tradicinių elektrinių ir „žaliosios“ elektros iš kitų Europos Sąjungos šalių. Kintanti vėjo elektrinių elektros gamyba turėtų būti geriau reguliuojama tiek Europos, tiek nacionaliniu lygiu, kad būtų užtikrintos PSO teisės sumažinti vėjo elektrinių galią ar jas atjungti, kai tai kelia pavojų perdavimo sistemos patikimumui ir stabilumui. Integruojant vėjo elektrines į energetikos sistemą rekomenduojama taikyti rinkos santykius.

Lietuvoje reikėtų skatinti vėjo elektrines, gaminančias elektros energiją Lietuvos reikmėms pastoviaisiais elektros supirkimo tarifais bei palaipsniui pereiti į priemokų prie rinkos kainos sistemą. Skatinimo laikotarpis ir skatinimo sąlygos turi būti aiškiai apibrėžti nuo pat pradžių ir turėtų tęstis neilgiau kaip vėjo elektrinės atsipirkimo laikotarpis. Lietuvoje rekomenduojama naujam skatinimo laikotarpiui nuo 2010 iki 2020 taikyti priemokų prie rinkos kainos principus, numatant atskirą priedą skirtą balansavimo sąnaudoms kompensuoti.

Didžiausią vėjo elektrinių galią ribojantys dydžiai yra elektros energetikos sistemos (EES) dydis, reguliuojamų galių rezervai ir elektros tinklo pralaidumas. Šiuos dydžius nulemia suminė energetikos sistemos apkrovos galia, dirbančių ir dalyvaujančių reguliavime agregatų galia ir kiekis, galių mainai su kaimyninėmis energetikos sistemomis, elektros linijų, transformatorių ir autotransformatorių pralaidumai. Todėl, vykdant studijos užduoties, reikalavimus vėjo elektrinių suminės galios nustatymui, buvo nagrinėti didžiausių ir mažiausių žiemos ir vasaros apkrovų režimai, esant skirtingoms tarpsteminėms jungtims:

- Estlink 350 MW (2012 m.), Estlink 350+650 MW (2016, 2020 m.);
- NordBalt 700 MW (2016, 2020 m.), LitPolLink 500 MW (2016 m., tik eksportas į Lenkijos EES), LitPolLink 1000 MW (2020 m.);
- Baltijos EES dirbant savarankiškai;
- Baltijos EES dirbant sinchroniškai su UCTE arba su UPS/IPS.

Tyrimuose atsižvelgta į reikiamas reguliavimo galios rezervų vertes pagal didžiausias prognozuojamas Baltijos EES apkrovas, įvertinant ekonomikos nuosmukį. Savarankiškai dirbančios Baltijos EES vėjo elektrinių galios nustatomos visam Baltijos EES valdymo blokui ir paskirstomos atskiroms EES. Pagal tyrimų rezultatus Lietuvos EES dydis ir reguliavimo galių rezervų trūkumas riboja vėjo elektrinių įrengtąją galią Lietuvoje. Pradėjus veikti naujajai 1300 MW galios atominiai elektrinei, vėjo elektrinių galią reikės apriboti dėl reguliavimo galių rezervų stokos (kai nėra eksporto).

Reguliavimo galių rezervų plėtrai reikia didinti tarpsteminėms ryšių skaičių ir galią bei diegti rezervų rinką. Tuo tikslu, esant techniniam ir ekonominiam pagrįstumui, galima plėsti Kruonio HAE naujais asichronizuotais agregatais, pritaikytais reguliavimui įvairiuose darbo režimuose arba statyti Lietuvos EES tinkamos galios dujų turbinų elektrines. Tarpsteminiai ryšiai leistų nusipirkti reguliavimo galių rezervus regioninėje elektros rinkoje, tačiau ši galimybė nėra garantuota ir patikima. Bet koku atveju, rinkos principų įdiegimas rezervų

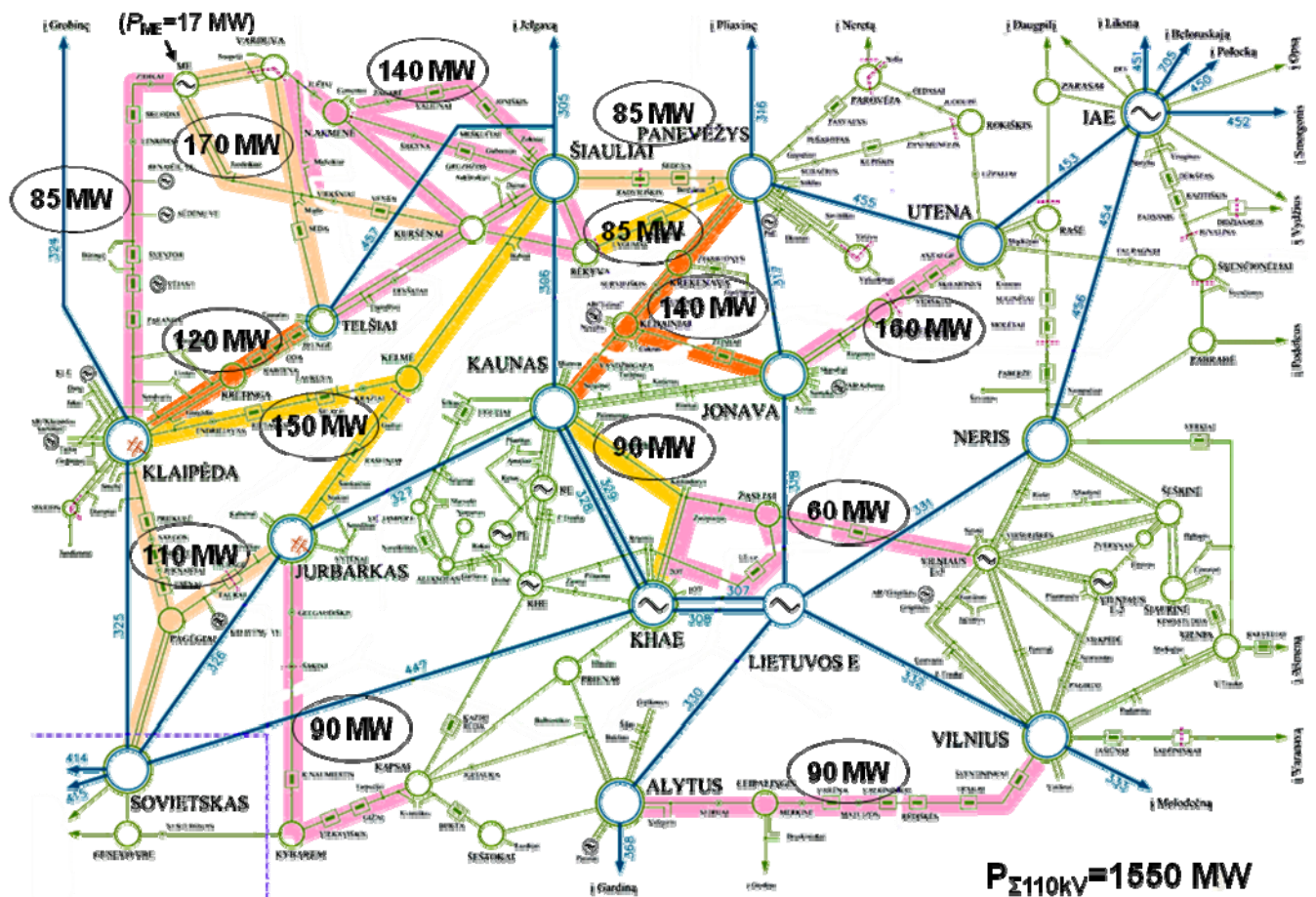
sirtyje ir rezervų rinkos atvėrimas sudarys prielaidas efektyviausiai šios srities veiklos plėtrai. Reguliavimo galių rezervų rinka turėtų apimti visus galių gamintojus Lietuvoje ir kitus rezervinių galių tiekėjus (įskaitant vartotojus). Efektyvumui ir konkurencijai didinti rekomenduojama rezervų rinką išplėsti apimant Baltijos EES ir Skandinavijos EES.

Reguliavimo rezervų dydžiui didelę įtaką turi vėjo prognozės tikslumas. Lietuvoje rekomenduotina taikyti (pradiniu vertinimu) prognozės paklaidą 50 % dydžio nuo suminės įrengtosios vėjo elektrinių galios. Remiantis kitų šalių patirtim, vėjo elektrinių galios prognozę galėtų atlikti PSO ar mokslo įstaigos, kurios būtų suinteresuotos tuo ir užtikrintų nuolatinį prognozavimo metodų tobulinimą.

Nustatytos vėjo elektrinių prijungimo prie perdavimo tinklų galimybės pagal N–1 taisyklę atsižvelgiant į elektros linijų pralaidumus ir autotransformatorių galias. Didžiausia vėjo elektrinių suminė galia neplečiant elektros perdavimo tinklų yra tada, kai vėjo parkai plėtojami visoje Lietuvos teritorijoje tolygiai apkraunant elektros tinklus. Vėjo elektrinių plėtos 110 kV elektros tinkle zonos ir galios parodytos 1 paveiksle. Netolygi vėjo elektrinių plėtra, jas koncentruojant atskiruose regionuose, reikalauja esminės tinklų rekonstrukcijos didinant linijų skaičių, laidų skerspjūvį, įtampą ir autotransformatorių galią. Tai mažina elektros energetikos sistemos plėtos efektyvumą. Nustatytas 110 kV elektros tinklo pralaidumas (1550 MW) žymiai viršija galimą maksimalią suminę vėjo elektrinių galią (473 MW), kurią nulemia energetikos sistemos rezervų galimybės.

2020 m. Lietuvos EES planuojamų visų tarpsisteminių pjūvių pralaidumo 10 % dalis, skiriama avariniam rezervui perduoti, leis kompensuoti vėjo elektrinių neprognozuojamą 473 MW generacijos netektį.

Remiantis kaimyninių šalių patirtimi, kol neišnaudotas vėjų elektrinių potencialas krante, jūrines vėjo elektrines netikslinga įrengti dėl mažiausiai apie 30 % didesnių investicijų ir ženkliai didesnių priežiūros sąnaudų. Baltijos jūros Lietuvos akvatorijos ištirtų teritorijų vėjo elektrinių potencialas gali siekti apie 1000 – 1500 MW, tačiau, plėtojant vėjo elektrines, prioritetu turi būti sausumos teritorija. Vėjo elektrinių plėtra turi būti neatsiejama nuo tarpsisteminių jungčių plėtos – aukštos įtampos nuolatinės srovės jungties su Švedija ir elektros jungties su Lenkija statybos. Nesant tarpsisteminių jungčių su Lenkija ir Švedija, galima vėjo elektrinių plėtra galėtų siekti apie 389 MW.



1 pav. Vėjo elektrinių plėtros zonos 110 kV elektros tinkle

Vėjo elektrinių plėtra skirstomuosiuose elektros tinkluose turėtų būti vykdoma laikantis paskirstytojo generavimo elektros gamybos principų. Vėjo elektrinės turi būti statomos arti vartotojų jų poreikiams, visa pagaminta elektros energija turėtų būti suvartojama vietiniame skirstomajame tinkle, o ne perduodama iš skirstomojo tinklo į perdavimo tinklus. Plėtojant vėjo elektrines ir kitą paskirstytą generaciją reikia vengti atvirkštinės transformacijos režimų. Tolesnė paskirstytojo generavimo vėjo elektrinių plėtra bus galima tik modernizavus esamą skirstomąjį tinklą į sumaniai valdomą aktyvųjį elektros tinklą (smart grid). Vienas iš pirmiausių žingsnių diegiant sumaniai valdomo elektros tinklą Lietuvoje – parengti šio tinklo koncepciją, kurioje būtų numatytos pagrindinės funkcijos, principai, galimybės, diegimo etapai.

Vėjo elektrinių prijungimo prie elektros tinklų projektavimo techninėse sąlygose turi būti apibrėžti aktyviosios ir reaktyviosios galių valdymo, elektrinės apsaugų ir automatikos, elektros kokybės, informacijos apimtys ir mainų, patikros ir bandymų pagrindiniai kriterijai, nuostatos, kurie būtų vienodi visoms tokios pat kategorijos elektrinėms (savininkams). Vėjo elektrinės turi netrikdyti elektros tinklų darbo ir leisti tinkamai vykdyti savo funkcijas bei nemažinti elektros kokybės ir jos tiekimo patikimumo. Vėjo elektrinė, kurios galia yra iki 30 kW, privalo atitikti tokio tipo įrenginiams galiojančius standartų reikalavimus, turi būti įrengta atskira komercinė apskaita bei išpildytos supaprastintos skirstomųjų tinklų projektavimo techninės sąlygos. Visos vėjo elektrinės, kurių galia didesnė kaip 30 kW, turi atitikti vėjo elektrinių prijungimo taisyklių bendruosius reikalavimus ir skirstomojo tinklo operatoriaus projektavimo technines sąlygas. Kai prie fiderio jungiama dvi ir daugiau bet kokios galios vėjo elektrinės, reikia atlikti darbo režimų ir apsaugų skaičiavimus.

Besisukančių vėjo elektrinių menčių ir generatorių rotorius masių inerciją galima būtų panaudoti dažnio kitimo stabdymui pradinio pereinamojo proceso momentu, kai netekus generavimo agregato, dažnis sistemoje staiga mažėja arba kai netekus didelės galios mazgo apkrovos dažnis sistemoje staiga didėja. Leistiną kinetinės energijos kiekį reiktų atiduoti pradinio pereinamojo proceso momentu.

Stingant reguliavimo galių rezervų, vėjo elektrines galima panaudoti reguliavimui, jas nepilnai apkraunant ir paliekant reguliavimo rezervą. Vėjo elektrinių dalinis nukrovimas rezervų palaikymui dėl didelių energijos praradimų turėtų būti naudojamas tik trumpalaikiuose savarankiško darbo režimuose.

Ateityje efektyvūs elektros kaupikliai gali tapti labai svarbia elektros energetikos sistemos galių balanso valdymo priemone, bet tam reikia toliau tobulinti esamas kaupiklių technologijas, ypač didinant jų veiksmingumą ir ekonomiškumą. Elektros kaupikliai gali užtikrinti geresnį vėjo elektrinių galios stabilumą ir padidinti trumpalaikį (sekundžių ir minučių) elektros tiekimo nenutrūkstumą. Sukaupę ilgalaikes energijos atsargas (valandų ar dienų) elektros kaupiklių įrenginiai (kaupyklos) gali tiekti ir papildomas sistemines paslaugas, tuo padėdami palaikyti elektros rinkos geresnį veikimą, stabilizuodami kainas ir užtikrindami elektros gamybos reguliavimo reikmes. Plėtojant vėjo elektrinių statybą Lietuvoje būtų tikslinga plėsti Kruonio HAE.

## SVARBIAUSIOS IŠVADOS

Atliktų tyrimų rezultatai leidžia padaryti tokias svarbiausias išvadas:

1. Suminė vėjo elektrinių įrengtoji galia Lietuvoje, kai Baltijos EES dirba savarankiškai, dėl rezervų stokos turi būti ne didesnė kaip:

- 2012 metais (didžiausia apkrova 1872 MW) – 123 MW;
- 2016 metais (didžiausia apkrova 2099 MW) – 348 MW;
- 2020 metais (didžiausia apkrova 2335 MW) – 348 MW.

Baltijos EES dirbant sinchroniškai su UCTE arba su IPS/UPS suminė vėjo elektrinių galia dėl mažo EES dydžio ir rezervų stokos turi būti ne didesnė kaip:

- 2012 metais – 389 MW;
- 2016 metais ir 2020 metais – 473 MW.

2. Veikiant naujai atominei elektrinei ir norint įrengti 2000 MW vėjo elektrinių, reikia papildomų 330 MW antrinio, 530 MW tretinio galių reguliavimo rezervų ir apkrova turėtų būti ne mažesnė kaip 3435 MW, kai Baltijos EES dirba savarankiškai, arba papildomų 300 MW antrinio, 200 MW tretinio galių reguliavimo rezervų ir eksporto galia turėtų būti ne mažesnė kaip 2100 MW, kai Baltijos EES dirba sinchroniškai su UCTE arba IPS/UPS. Tai pareikalaus apie 3 mlrd. litų, kai Baltijos EES dirba savarankiškai, ir 1,75 mlrd. litų, kai Baltijos EES dirbtų sinchroniškai su UCTE arba su IPS/UPS.

3. Vėjo elektrinės ir naujoji atominė elektrinė su 1300 MW bloko galia dėl galių rezervų stokos 2020 m. negali dirbti kartu, kai Baltijos EES dirba savarankiškai ir yra tik Estlink 1000 MW galios ryšys (kitų tarp sisteminių asinchroninių ryšių nėra). Esant Estlink 1000 MW ir NordBalt 700 MW galios tarp sisteminiams ryšiams ir 348 MW suminei įrengtų vėjo elektrinių galiai, tektų mažinti atominės elektrinės galią iki 287 MW. Baltijos EES dirbant sinchroniškai su UCTE arba IPS/UPS ir esant 473 MW suminės įrengtų vėjo elektrinių galios bei eksportuojant 650 MW galios, vasaros režimuose atominės elektrinės galią tektų mažinti iki 650 MW, o žiemos režimuose atominė elektrinė galėtų dirbti pilna galia.

4. Norint įrengti 2000 MW suminės galios vėjo elektrinių reikia, kad sistemos apkrova būtų virš 3400 MW ir investuoti apie 1400–1700 mln. litų į papildomus galios rezervus Lietuvoje, statant dujų turbinų elektrines, kurių bendroji papildoma suminė galia turi būti apie 500–600 MW.

5. Didesnė nei 500 MW vėjo elektrinių suminė galia, neproporcingai didelė lyginant su Lietuvos EES apkrova, turės neigiamos įtakos Lietuvos EES galių balanso valdymui ir tai gali būti viena iš svarbesnių kliūčių, siekiant susijungti sinchroniniam darbui su UCTE, bei padidintą priklausomybę nuo Rusijos EES.

6. Netikslinga, kad vėjo elektrinių eksportuojamą galią Lietuvos perdavimo sistemos operatorius (ir vartotojai) rezervuotų papildomu antriniu ir tretiniu rezervu savo sistemoje ar užsienyje perkamais pajėgumais. Elektros energijos eksportu ir jo rezervavimu turėtų rūpintis pačios vėjo elektrinės arba jas atstovaujantys tiekėjai, netaikant eksportuojamai elektros energijos daliai subsidijų, kompensuodami operatoriui savo sukeltą tarpsisteminių nebalansų išlyginimo sąnaudas.

7. Vėjo parkus tikslinga plėtoti visoje Lietuvos teritorijoje taip, kad elektros perdavimo tinklai būtų tolygiau apkrauti, o vėjo elektrinės išdėstytos kiek galima didesnėje teritorijoje. Tuomet pagal tinklų pralaidumą prie 110 kV tinklo ir skirstomųjų tinklų, būtų galima prijungti iki 1530 MW ir prie 330 kV tinklo – iki 2350 MW galios vėjo parkų, tačiau bendra prijungtų vėjo parkų galia turi neviršyti 2950 MW. Lietuvos EES dydis ir reguliuojamų galių rezervai leidžia žymiai mažiau – įrengti tik 473 MW sumines įrengtosios galios vėjo elektrinių.

8. Pagal išduotų projektavimo ir išankstinių sąlygų nurodytas prijungimo vietas norint prijungti nuo 500 MW iki 2000 MW suminės galios vėjo elektrines, reikėtų rekonstruoti elektros tinklus (perstatyti 110 kV oro elektros linijas nuo Pagėgių iki Klaipėdos ir nuo Klaipėdos iki Mažeikių), keisti autotransformatorius Klaipėdos ir Jurbarko pastotėse. Tam reikėtų nuo 74 iki 492 mln. Lt investicijų. Diegiant vėjo elektrines visoje Lietuvos EES teritorijoje šių investicijų galima išvengti.

9. Prijungiamų prie elektros tinklų vėjo elektrinių techninių sąlygų tikslas yra nustatyti pagrindinius minimalius techninius, projektavimo ir veiklos (darbo) kriterijus, kad būtų netrikdomas elektros tinklų darbas, galėtų tinkamai vykdyti savo funkcijas ir būtų vienodi visoms tokios pat kategorijos elektrinėms (savininkams).

10. Prie elektros tinklo prijungiamos vėjo elektrinės turi turėti tokias konstrukcijos, valdymo ir veikos dinamines savybes, kurios atitiktų Lietuvoje galiojančių norminių dokumentų ir standartų reikalavimus, o vėjo elektrinių gaminama elektros energija negadintų elektros kokybės ir jos tiekimo patikimumo, bei neužkirstų galimybės susijungti sinchroniniam darbui su UCTE.

11. Atsižvelgiant į Lietuvos EES dydį, būtinumą palaikyti reikiama galios rezervų kiekį, siekiant sinchroniškai susijungti su UCTE, maksimali galima vėjo elektrinių galia perdavimo ir skirstomuosiuose tinkluose turi būti ne didesnė kaip 500 MW, o, nesant jungčių su Lenkija ir Švedija – 389 MW.

13. Patačius 500 MW suminės galios vėjo elektrinių rekomenduojama įvertinti ar jų įtaka elektros energetikos sistemai atitinka studijos rezultatus, įvertinti naujas pasaulines tendencijas ir galimybes.

14. Prijungiant vėjo elektrines prie skirstomųjų tinklų rekomenduojama taikyti paskirstytosios generacijos principus, siekiant, kad generuojama galia būtų suvartojama vietoje, išvengiant atvirkštinės transformacijos į perdavimo tinklus. Kol skirstomieji elektros tinklai nemodernizuoti į sumaniai valdomą aktyvųjį elektros tinklą (smart grid), tol prie skirstomojo tinklo fiderio tik vieno taško galima jungti vieną vėjo elektrinę (parką). Kitais atvejais reikia atlikti darbo režimų ir apsaugų skaičiavimus, kad visuose darbo režimuose vienoje grandinėje dirbtų tik viena elektrinė (parkas)

15. Vėjo elektrinių skatinimui naujam laikotarpiui nuo 2010 iki 2020 metų rekomenduojama taikyti priemonių prie rinkos kainos principus, numatant atskirą priedą skirtą balansavimo sąnaudoms kompensuoti.

16. Papildomai vėjo elektrinių plėtrai, naujų galių paskirstymui rekomenduojama taikyti konkursų ar aukcionų principus.