



VšĮ Lietuvos energetikos agentūra

**Rekomendacija dėl optimalios vietos elektrinės
plėtrai ir eksploatacijai jūrinėje teritorijoje bei
šios elektrinės įrengtosios galios**

Vilnius
2020 m.

Turinys

Įvadas.....	3
Elektrinių vietos jūrinėje teritorijoje atrankos kriterijai.....	4
Technologiniai kriterijai.....	4
Elektrinės (vienos jėgainės) įrengtoji galia.....	4
Elektrinių išdėstymas	5
Galios tankis.....	6
Teritoriniai kriterijai	6
Racionalus teritorijos naudojimas	6
Gylis/dugno reljefas, atstumas nuo kranto/uostų	7
Zonų ištirtumas	8
Vėjo greitis	8
Infrastruktūriniai kriterijai.....	10
Harmony Link trasa	10
Pastotės jūroje vieta.....	11
Optimali vieta elektrinės plėtrai ir eksploatacijai jūrinėje teritorijoje, elektrinės įrengtoji galia	12
Pastabos.....	13

Rekomendaciją parengė
VŠĮ Lietuvos energetikos agentūros
Energetikos tyrimų ir stebėsenos skyriaus vadovas
Tadas Norvydas

Įvadas

Šių metų vasario 17 d. Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymu Nr. 1-25 „Dėl darbo grupės sudarymo“ buvo sudaryta tyrimų ir kitų veiksmų, kurie padėtų nustatyti optimalią (optimalias) vietą (vietas) elektrinių plėtrai ir eksploatacijai Lietuvos Respublikos teritorinės jūros ir Lietuvos Respublikos išskirtinės ekonominės zonos Baltijos jūroje teritorijose (toliau – jūrinė teritorija) bei šių elektrinių įrengtąsias galias, atlikimo organizavimo ir vykdymo priežiūros darbo grupė (toliau – darbo grupė).

Vasario 20 d. įvyko pirmasis darbo grupės posėdis, kurio metu bendru darbo grupės narių sutarimu priimtas sprendimas elektrines jūrinėje teritorijoje vystyti etapais. Pirmajame etape bus vystomas 700 MW įrengtosios galios vėjo elektrinių parkas. Taip pat, šio posėdžio metu bendru darbo grupės sutarimu buvo nutarta, kad elektrinių vietų parinkimą atlieka VŠĮ Lietuvos energetikos agentūra (toliau – Agentūra).

Kovo 12 d. vykusio darbo grupės posėdžio metu buvo suformuluotos rekomendacijos elektrinių vystymui jūrinėje teritorijoje ir vietos parinkimui. Darbo grupės narių bendru sutarimu, renkant vietą elektrinių parko vystymui, rekomenduojama taikyti šiuos Agentūros atstovų pasiūlytus vietos atrinkimo kriterijus:

- racionalus teritorijos panaudojimas;
- atstumas nuo kranto/uostų;
- jūros gylis;
- jūros dugno reljefas;
- vėjo elektrinių infrastruktūra ir jos eksploatavimas;
- Harmony Link trasos artumas;
- preliminariai numatoma pastotės jūrinėje teritorijoje vieta;
- vietos ištirtumas;
- vėjo greitis.

Atsižvelgiant į šiuos kriterijus bus apskaičiuojamas elektrinei jūrinėje teritorijoje reikalingas plotas, parenkama konkreti vieta ir nustatomos koordinatės.

Elektrinių vietos jūrinėje teritorijoje atrankos kriterijai

Siekiant parinkti optimalią vietą elektrinių jūrinėje teritorijoje vystymui, vadovautasi Agentūros pasiūlytais ir darbo grupės narių bendru sutarimu rekomenduojamais atrankos kriterijais:

Technologiniai:

- Elektrinės (vienos jėgainės) įrengtoji galia;
- Elektrinių išdėstymas;
- Galios tankis.

Teritoriniai:

- Racionalus teritorijos naudojimas;
- Gylis/dugno reljefas, atstumas nuo kranto/uostų;
- Zonų ištirtumas;
- Vėjo greitis.

Infrastruktūriniai:

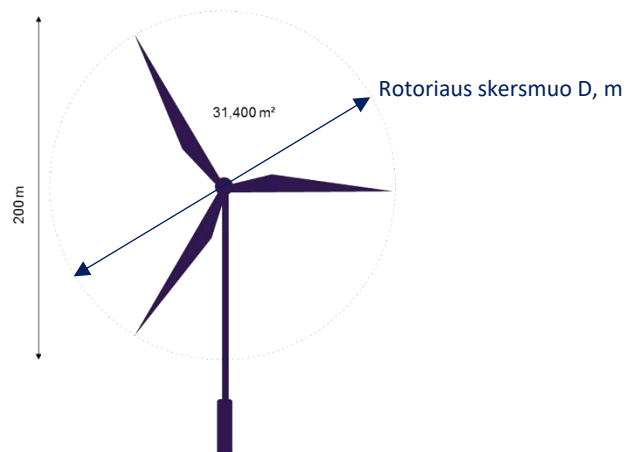
- Harmony Link trasa;
- Pastotės jūroje vieta.

Technologiniai kriterijai

Elektrinės (vienos jėgainės) įrengtoji galia

Technologiniai kriterijai priklauso nuo elektrinės vystytojo pasirinktos vėjo jėgainės modelio. Pagrindiniai duomenys, lemiantys jėgainių pagaminamos elektros kiekį, yra jėgainės įrengtoji galia; elektrinės užimamą plotą ir išdėstymą – rotoriaus skersmuo (su mentėmis) (1 Pav.). Kuo didesnė jėgainės įrengtoji galia, tuo didesnis rotoriaus skersmuo.

1 Pav. Rotoriaus su mentėmis skersmuo

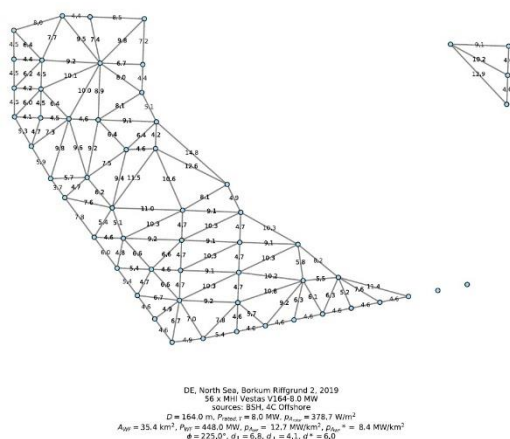


Šiuo metu jūrinių vėjo jėgainių įrengtoji galia siekia 12 MW. Kuo didesnė jėgainės įrengtoji galia, didesnis rotorius ir ilgesnės mentės, tuo jėgainė veikia stabilesniu režimu, mažiau jautri vėjo greičio pokyčiams – veikia pučiant silpnesniam vėjui, lengviau prognozuoti jos pagaminamos elektros kiekį¹. Mažiau, didesnės įrengtosios galios jėgainių sumažina investicijas į elektrinės infrastruktūrą, pamatus ir leidžia pigiau įgyvendinti tokio paties dydžio projektus, kaip mažesnės jėgainės². Todėl parenkant elektrinės vietą jūrinėje teritorijoje buvo daroma prielaida, kad elektrinių parko vystytojas rinksis geriausias rinkoje esančias technologijas – didžiausios galios jėgaines. Šiuo atveju – 12 MW įrengtosios galios, 220 m rotoriaus skersmens.

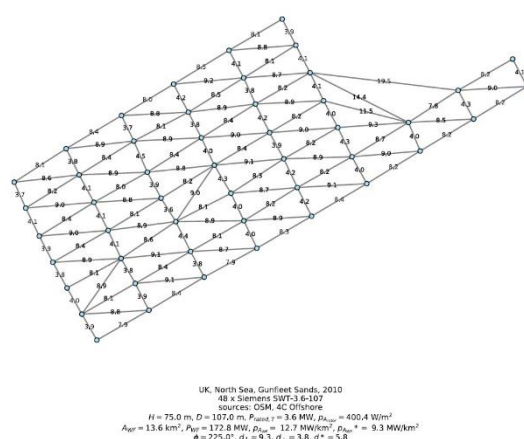
Elektrinių išdėstymas

Yra keletas veiksnių, kurie turi daugiausia įtakos vėjo elektrinių jūroje veiklai, t. y. pagaminamos elektros kiekiui, kuris labai priklauso nuo vėjo greičio vietovėje ir jėgainių išdėstymo; nuo pradinių investicijų, kurios taip pat priklauso nuo jėgainių išdėstymo, kabelių infrastruktūros ir pajungimo schemas³. Pagrindinis rodiklis, lemiantis jėgainių išdėstymą ir atstumus yra jėgainės rotoriaus skersmuo. 2018 m. Deutsche WindGuard GmbH atlikto vertinimo Capacity densities of European offshore wind farms (toliau – Galios tankio vertinimas) rezultatai parodė, kad maksimalus rekomenduojamas atstumas tarp jėgainių, lygiagrečiai vyraujančiai vėjo kryptčiai, turėtų būti 12 rotoriaus diametrų, o skersai vyraujančiai vėjo kryptčiai – 5 rotoriaus diametrai. Dauguma neseniai šioje srityje atliktų tiriamųjų darbų rodo, kad jėgainių išdėstymas turėtų būti atliekamas remiantis koordinacinių modelių, kuris buvo įrodyta, yra geresnis nei tinklėlio modelis (2 Pav.).

2 Pav. Koordinacinių modelių pavyzdys



Tinklėlio modelio pavyzdys



Atkreipiame dėmesį, kad apskaičiuojant plotą buvo laikomasi aukščiau minėtos rekomendacijos, kuri leidžia nustatyti didžiausią reikalingą plotą elektrinių parkui jūrinėje teritorijoje. Tokiu būdu apskaičiuotas plotas sudaro 131 km². Atsižvelgiant į darbo grupės narių

¹ https://emp.lbl.gov/sites/all/files/scaling_turbines.pdf

² <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64283.pdf>

³ Peng HOU, et al. A review of offshore wind farm layout optimization and electrical system design methods, 2019

pageidavimą, šis plotas buvo padidintas 5 proc. įvertinus galimus dugno reljefo ir pavojingų radinių sukeltus apribojimus. Galutinis elektrinių parko plotas jūrinėje teritorijoje – 137,5 km².

Pastebime, kad konkrečioje vietoje, pritaikius optimizuotą jėgainių išdėstymo koordinatinių modelių būdą, galima ženkliai sumažinti 700 MW galios elektrinių parkui reikalingą plotą. Į tai turėtų atsižvelgti visi potencialūs vystytojai teikdami savo pasiūlymus.

Galios tankis

Galios tankio rodiklis reikalingas norint patikrinti ar elektrinių plotas jūrinėje teritorijoje buvo apskaičiuotas teisingai – ar darytos prielaidos per daug neiškreipia galutinio rezultato. Galios tankio rodiklis yra apibrėžiamas kaip elektrinės įrengtosios galios ir viso jos užimamo ploto santykis. Galios tankis yra išreiškiamas megavatais kvadratiniam kilometrui – MW/km².

$$\rho_{A_{WF}} = \frac{P_{rated,WF}}{A_{WF}}$$

čia: $\rho_{A_{WF}}$	Elektrinės galios tankis, MW/km ²
$P_{rated,WF}$	Elektrinės įrengtoji galia, MW
A_{WF}	Elektrinės užimamas plotas, km ²

Galios tankio vertinimo rezultatai parodė, kad pagal naujausius prieinamus duomenis apskaičiuotas Europos jūrose esančių vėjo elektrinių galios tankis svyruoja nuo 5,0 iki 5,4 MW/km². Baltijos jūroje – 5,4–5,5 MW/km². Net ir priėmus žemutinę elektrinės galios tankio reikšmę gaunamas apie 130 km² plotas, kuris yra labai artimas apskaičiuotam pradiniam 131 km² plotui prieš padidinant jį 5 proc.

Įvertinus dabar rinkoje esančias geriausias technologijas ir atsižvelgiant į elektrinių parkų Europos jūrose techninius sprendinius numatomam 700 MW įrengtosios galios elektrinių parkui jūrinėje teritorijoje būtų reikalingas 137,5 km² plotas.

Teritoriniai kriterijai

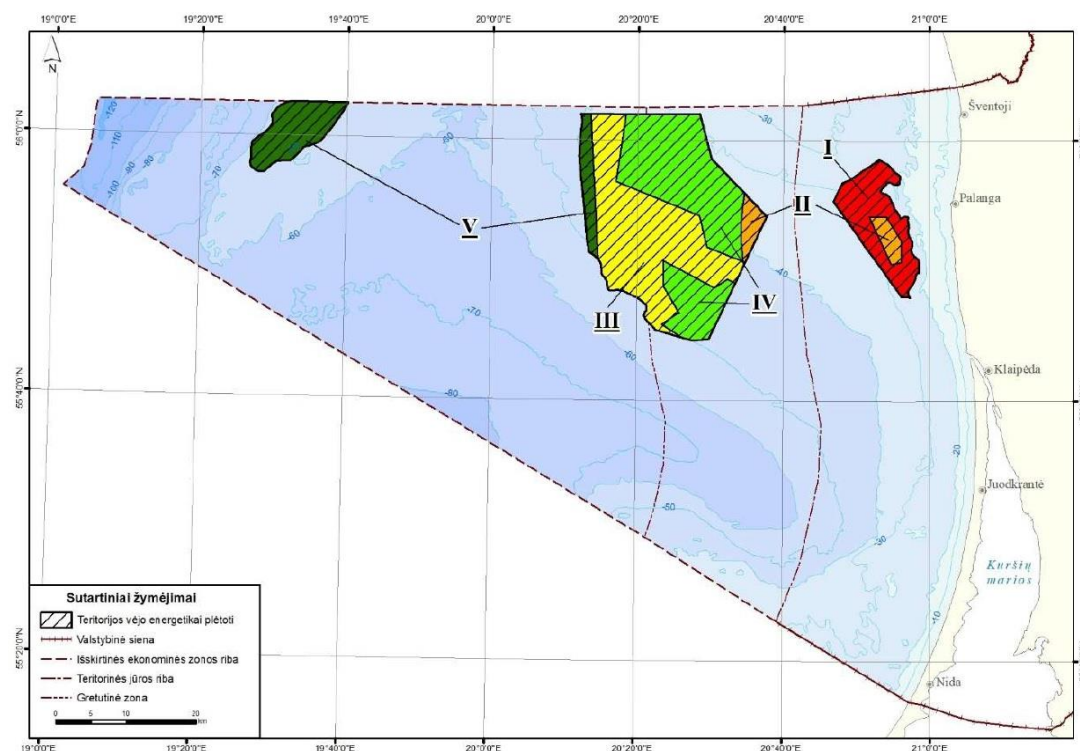
Racionalus teritorijos naudojimas

2019 metais Lietuvos Respublikos energetikos ministerijos užsakymu Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas atliko Prioritetinių Lietuvos teritorinės jūros ir (ar) Lietuvos išskirtinės ekonominės zonos Baltijos jūroje dalių, kuriose tikslinga atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių plėtrą, identifikavimo studiją (toliau – JTI studija). JTI studijoje buvo identifikuoti prioritetiniai plotai jūrinių elektrinių plėtrai. Kaip numatyta šiuo metu galiojančiame Lietuvos bendrajame plane, vėjo elektrinių statybai prioritetine nustatoma į šiaurę nuo Klaipėdos esanti 20–50 m gylių zona, įskaitant Klaipėdos–Ventspilio pakilumą ir Klaipėdos banką. Atsižvelgiant

į esamą ištirtumo lygį ir į apribojimus pagal nacionalinio saugumo reikalavimus bei deklaruotus apribojimus (patvirtintus 2016 m. vasario 15 d. Lietuvos kariuomenės vado įsakymu Nr. V-217) veikloms jūrinėje teritorijoje vystyti, vėjo energetikai plėtoti tinkami jūros rajonai suskirstyti į penkias zonas (3 Pav.):

- I – mažai ištirta ir elektrinių vystymas draudžiamas;
- II – gerai ištirta, bet elektrinių vystymas draudžiamas;
- III – mažai ištirta, o elektrinių vystymas derinamas su Lietuvos kariuomene;
- IV – gerai ištirta, bet elektrinių vystymas derinamas su Lietuvos kariuomene;
- V – mažai ištirta, bet nereikia papildomų derinimų su Lietuvos kariuomene ar Lietuvos Respublikos krašto apsaugos ministerija.

3 Pav. Vėjo energetikai plėtoti tinkami jūros rajonai



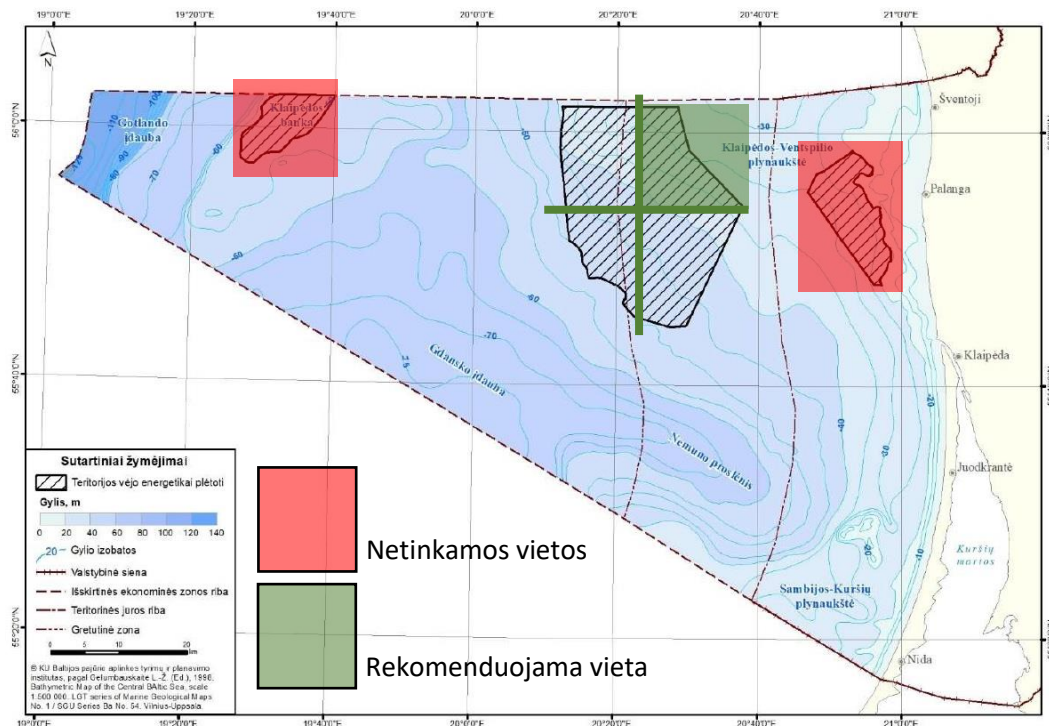
Atsižvelgiant į I ir II zonomis taikomus aplinkosauginius ir krašto apsaugos reikalavimus bei nepakankamą 700 MW įrengtosios galios elektrinei vystyti plotą, šios zonos yra laikomos netinkamomis elektrinių plėtrai. Labiausiai nutolusi nuo kranto V zona dėl atstumo ir per mažo ploto taip pat laikoma netinkama. Tinkamomis zonomis elektrinių parko įrengimui laikomos III, IV ir dalis V zonos viduriniame plote. JTI studijoje nurodoma, kad vidurinis plotas užima apytiksliai 622,4 km² ir šiame plote potencialiai gali tilpti iki 3350 MW jūrinių vėjo elektrinių.

Gylis/dugno reljefas, atstumas nuo kranto/uostų

Jūros gylis viduriniame plote svyruoja nuo 20 m šiaurės rytiniame kampe iki 55 m gylio pietvakariniame kampe. Mažiausias atstumas iki kranto – apie 29 km, nuo Klaipėdos uosto – apie 38

km. Atsižvelgiant į gylį – rekomenduojama elektrinių plotui vietą numatyti sekliausioje dalyje, arčiausiai kranto – šiaurės rytiniame vidurinio ploto kampe (4 Pav.)

4 Pav. Jūros gylių schema ir rekomenduojama vieta



Zonų ištirtumas

Kai kurios iš 3 paveiksle pavaizduotų vidurinio ploto zonų yra tinkamos elektrinių plėtrai ir pakankamai gerai ištirtos – tai III ir IV zonos. Šiose zonose jau anksčiau buvo atliktas poveikio aplinkai vertinimas panašiai ūkinei veiklai, parengti strateginiai pasekmių aplinkai vertinimo dokumentai, atlikti įvairūs dugno, jūros paukščių ir gyvūnų buveinių ir migracijos tyrimai. Todėl parenkant galimą elektrinės plotą, siūlant kiek įmanoma labiau taupyti biudžeto lėšas tyrimams, yra rekomenduojama elektrinės plėtrai numatyti tą teritoriją, kuri visu plotu patektų į IV – labiausiai ištirtą zoną.

IV zona yra padalyta į dvi dalis – didesniąją šiaurinę ir mažesniąją pietinę elektrinės plėtrai turėtų būti numatyta didesnioji šiaurinė IV zonos dalis. Mažesnioji pietinė IV zonos dalis užima apytiksliai 65 km² ir yra bent du kartus mažesnė nei reikalingas elektrinės plėtrai plotas. Didesnysis šiaurinis plotas yra daugiau nei pakankamas 700 ME įrengtosios galios elektrinei.

Vėjo greitis

Vėjo greitis jūrinėje teritorijoje nebuvo išsamiai matuotas ar tirtas. Daugiausia informacijos yra surinkta apie vėjo greitį sausumoje. 2009 m. Lietuvos energetikos institutas atliko Vėjo greičio kitimo dėsningumų Lietuvos pajūrio regione tyrimą (toliau – Vėjo greičio tyrimas). Vėjo greičio tyrime atlikta vėjo greičio ir krypties matavimo 2001–2002 m. duomenų Giruliuose, prie Kretingos,

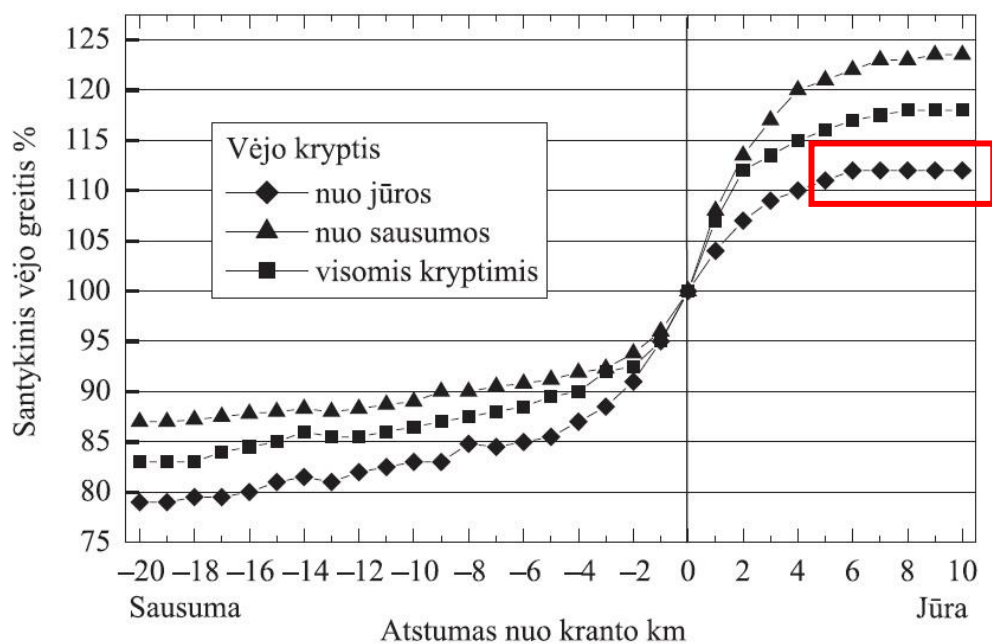
Vilkyčių ir Tauragės statistinė analizė, išanalizuoti šių parametų kitimo dėsningumai bei nustatytas vėjo greičio pasiskirstymas Lietuvos pajūrio regione. Nustatyta, kad įvairiose Lietuvos pajūrio regiono vietovėse vėjo jėgainių vėjaračio aukštyje vėjingumo sąlygos yra panašios, o vėjo parametų kitimo dėsningumus labiausiai lemia atstumas nuo jūros ir pajūrio topografija. 5 paveiksle pateikiama vėjingumo lentelė Giruliams. Vidutinis vėjo greitis Giruliuose yra 8,07 m/s.

5 Pav. Pasirinktų objektų vėjingumo lentelė (aukštis 100 m)

Objektas	Parametras	Šiurkštumo klasė				Neapibrėžtis
		0,00 m	0,03 m	0,40 m	0,60 m	
Giruliai	Weibull A [m/s]	9,1	8,2	6,6	6,3	6–8 %
	Weibull k	2,12	2,23	2,29	2,28	
	Vid. vėjo greitis [m/s]	8,07	7,26	5,84	5,56	
	Galios tankis [W/m ²]	581	406	205	179	

Norint įvertinti vėjo išteklių kitimą dėl vėjo krypties bei atstumo iki jūros skirtingoms vėjo kryptims 100 m aukštyje WAsP programa buvo sudaryti santykinio vėjo greičio kitimo profiliai ir apskaičiuoti jų vidurkiai (6 Pav.). Santykinis vėjo greitis parodo, kiek vėjo greitis skiriasi nuo vėjo greičio ties jūros pakrante, t. y. 100 % prilygintas vėjo greitis ties jūros pakrante. Nagrinėjant santykinius vėjo greičio kitimo profilius, nustatyta, kad santykinis vėjo greitis didėja nuo sausumos artėjant prie jūros kranto ir tolstant tolyn į jūrą. Atsižvelgiant į santykinio vėjo greičio vertinimo rezultatus, galima teigti, kad daugiau kaip 10 km atstumu nuo jūros – vyraujančia vėjo kryptimi – pučiantis vėjas yra apie 12 proc. stipresnis nei fiksuota Giruliuose ir yra lygus apie 9,0 m/s.

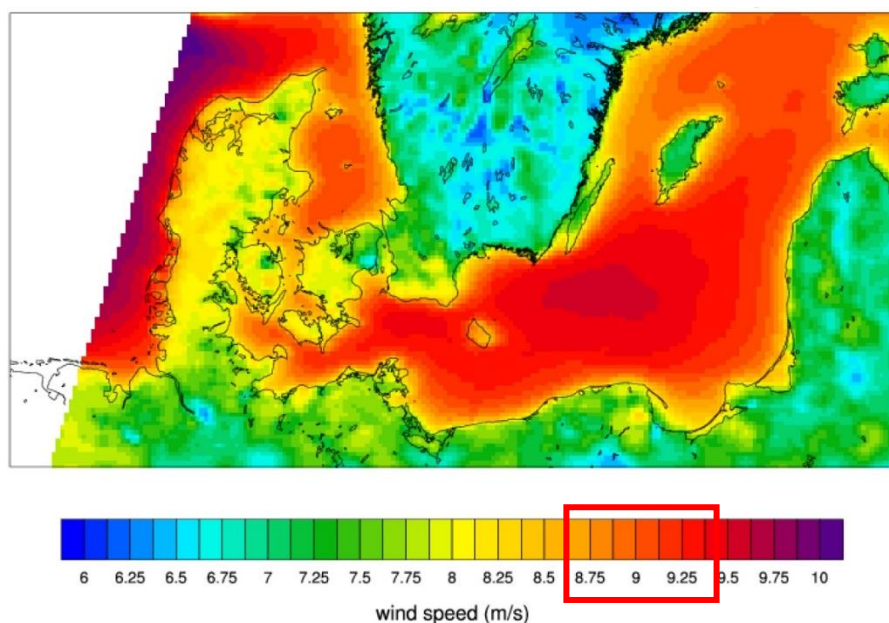
6 Pav. Santykinio vėjo greičio kitimo profilis Lietuvos pajūrio regione (aukštis 100 m).



Santykinio vėjo greičio kitimo profilis Lietuvos pajūrio regione (aukštis 100 m). Kiekviena kreivė – tai vidurkis, sudarytas pagal matavimų Giruliuose, prie Kretingos ir prie Vilkyčių duomenis

Šio Vėjo greičio tyrimo rezultatai yra labai panašūs į 2011 metais parengto Pietų Baltijos jūros vėjo atlaso⁴ (toliau – Vėjo atlasas) rezultatus. Vėjo atlasui sudaryti buvo naudojami faktiniai 2007–2009 metų periodo duomenys ir eksperimentiniai vėjų greičio modeliavimo duomenys. Gauti rezultatai pateikiami 7 paveiksle. Iš 7 paveikslo galima matyti, kad modeliavimo rezultatai Lietuvos jūrinėje teritorijoje prognozuoja vidutiniškai 8,75–9,25 m/s vėjo greitį.

7 pav. Ilgojo periodo vidutinis vėjo greitis 100 m aukštyje



Įvertinus Vėjo greičio tyrimo ir Vėjo atlaso rezultatus galima teigti, kad vidutinis vėjo greitis Lietuvos jūrinėje teritorijoje yra mažai kintantis ir siekia apie 9 m/s. Atsižvelgiant į teritorinius kriterijus siūloma elektrinių parkui numatyti 4 paveiksle pavaizduotą rekomenduojamą vietą, kaip arčiausia kranto esančią, labiausiai ištirtą, sekiausią vietą.

Infrastruktūriniai kriterijai

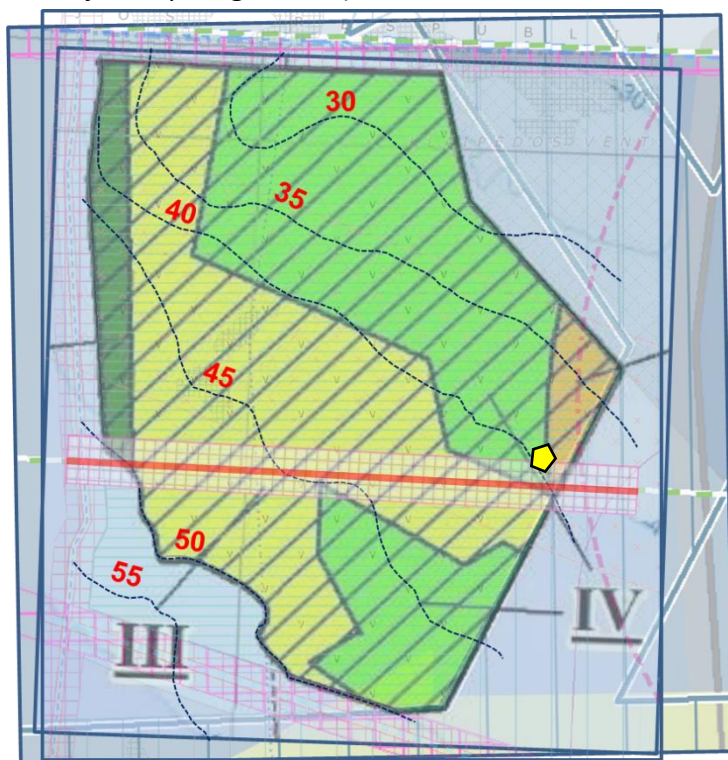
Harmony Link trasa

Vertinant infrastruktūrinius kriterijus yra atsižvelgiama į prieinamą informaciją apie esamus infrastruktūrinius koridorius jūrinėje teritorijoje ir planuojamą infrastruktūros koridoriaus Harmony Link jungčiai trasą (8 Pav.) 8 paveiksle horizontalia raudona linija ir apsaugine zona parodyta planuojama trasa. Ji dalina elektrinių plėtrai JTI studijoje numatytą vidurinį plotą į dvi dalis. Žemiau planuojamos trasos plotas labiausiai ištirtose zonose yra nepakankamas 700 MW įrengtosios galios elektrinių parkui. Norint vystyti elektrinių parką šioje vietoje reikėtų papildomų investicijų išsamesniems tyrimams, šioje vietoje jūros gylis jau viršija 50 m, kas dar labiau padidintų elektrinių

⁴ South Baltic Wind Atlas, South Baltic Offshore Wind Energy Regions Project, Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark, 2011

parko įrengimo kaštus. Todėl siūloma elektrinių parko vietą rinkis aukščiau planuojamos trasos, IV zonoje.

8 Pav. Planuojamos infrastruktūros koridorius Harmony Link jungties trasai (horizontali raudona linija su apsaugos zona)



Pastotės jūroje vieta

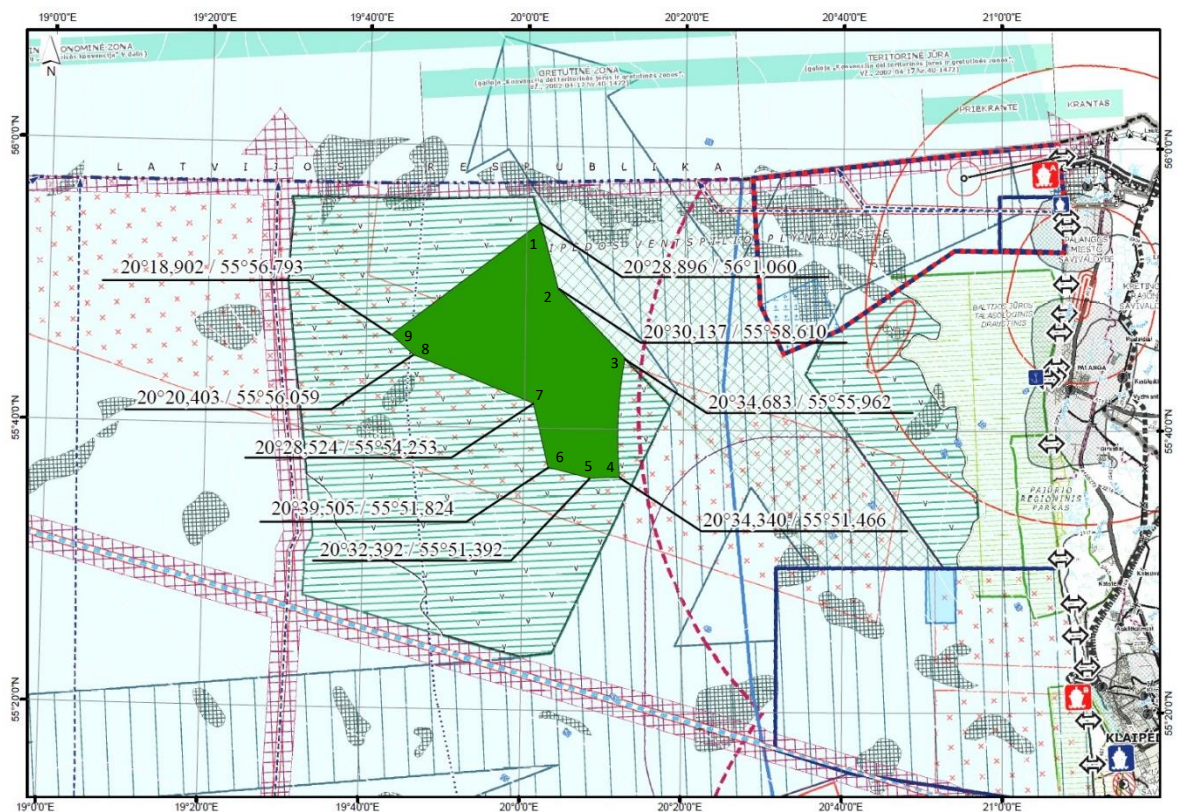
Elektrinių parkas su sausumos elektros perdavimo tinklais bus prijungtas per pastotę jūroje, 8 paveiksle pavaizduotą geltonu pentagonu. Kadangi šiuo metu nėra tikslių Harmony Link jungties trasos koordinatų, rekomenduoti tikslios vietos pastotei negalima, tačiau galima pasiūlyti preliminarą vietą pastotei, kurios atrankai didžiausią įtaką daro planuojama inžinerinė infrastruktūra, atstumas nuo kranto ir jūros gylis.

Siūloma pastotės preliminarinė vieta buvo parinkta atsižvelgiant į galimybę elektrinių parką su sausumos elektros perdavimo tinklais jungiantį kabelį tiesti planuojamu inžinerinės infrastruktūros kanalu – greta Harmony Link jungties trasos; pasirenkant arčiausia Klaipėdos jūrų uosto esantį tašką, taip minimizuojant eksploataavimo kaštus; jūros gylį toje vietoje, kuri yra arčiausia planuojamos inžinerinės infrastruktūros kanalo.

Optimali vieta elektrinės plėtrai ir eksploatacijai jūrinėje teritorijoje, elektrinės įrengtoji galia

Atsižvelgiant į visus aukščiau išvardytus elektrinės vietos atrankos kriterijus, darbo grupės narių pasiūlymus ir rekomendacijas bei darbo grupės sprendimus Agentūra rekomenduoja 700 MW įrengtosios galios (kaip pasiūlyta ir pritarta darbo grupės posėdžių metu) vėjo elektrinės plėtrai ir eksploatacijai jūrinėje teritorijoje skirti 9 paveiksle pažymėtą teritoriją – žalia spalva pažymėtą plotą.

9 Pav. Siūloma elektrinės vieta



Pagrindinės elektrinės plėtrai ir eksploatacijai siūlomo ploto charakteristikos:

- Užimamas plotas – 137,5 km²;
- Vidutinis gylis 35 m;
- Atstumas nuo Klaipėdos jūrų uosto – nuo 38 km, kranto – apie 29 km;
- Vidutinis vėjo greitis – apie 9 m/s;
- Kampų koordinatės:

Kampo Nr.	Koordinatės	Kampo Nr.	Koordinatės
1	20°28,896 56°1,060	6	20°39,505 55°51,824
2	20°30,137 55°58,610	7	20°28,524 55°54,253
3	20°34,683	8	20°20,406

	55°55,962		55°56,059
4*	20°34,340 55°51,466	9	20°18,902 55°56,793
5	20°32,392 55°51,392		

* Rekomenduojama pastotės jūroje vieta yra greta 4 kampo koordinatė. Šiuo metu tiksliau nustatyti koordinatė be dugno tyrimų negalima.

Pastabos

Ivertinus tai, kad nėra aiškių planuojamos infrastruktūros koridoriaus Harmony Link jungčiai trasos koordinatė, bus būtina atlikti elektrinės plėtrai rekomenduojamo ploto patikslinimą kaip bus priimtas sprendimas dėl galutinės trasos padėties. Taip pat nežymiai pasikeis ir pastotės rekomenduojama vieta. Šie pakeitimai neturės reikšmingos įtakos Agentūros teikiamoms rekomendacijoms, tik jas patikslins.

Esant būtinumui gali būti patikslintos rekomenduojamo ploto ribų koordinatės tarp 3 ir 4 kampų, tačiau toks patikslinimas jokios reikšmingos įtakos rekomenduojamam plotui taip pat neturės.

Optimali vieta elektrinės plėtrai ir eksploatacijai jūrinėje teritorijoje

