

ISSN 2029-9303

ISSN 2783-6215



**LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJA
HIGHER EDUCATION INSTITUTION**

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
Mokslinių straipsnių žurnalas

ENGINEERING AND EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

Kaunas, 2025

Vyriausioji redaktorė Doc. Dr. Lina Girdauskienė <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Mokslinė sekretorė Doc. Dr. Giedrė Adomavičienė <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Vykdančioji redaktorė Doc. Dr. Esmeralda Štyps <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Redaktorių kolegija/Editorial Board:	
Doc. Dr. Jurgita Barynienė <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Dr. Ali Can <i>Karabuk universitetas/ Karabuk University (Turkija/Turkey)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Andrius Dargužis <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Sandra Ežmale <i>Malnava kolegija/ Malnava College (Latvija/Latvia)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Prof. Dr. Genutė Gedvilienė <i>Vytauto Didžiojo universitetas/ Vytautas Magnus University (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Dr. Ivans Griņevičs, <i>Rygos technikos universitetas/ Riga Technical University (Latvija/Latvia)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Viktors Gutakovskis <i>Rygos technikos universitetas/ Riga Technical University (Latvija/Latvia)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Ernestas Ivanauskas <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University of Technology (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Habil. Dr. Gál József <i>Šegedo universitetas/ University of Szeged (Vengrija/Hungary)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Darius Kybartas <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Roy Knechtel <i>Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/ University of Applied Sciences Schmalkalden (Vokietija/Germany)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Daiva Lepaitė <i>Vilniaus universitetas/ Vilnius University (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Prof. Dr. Zbigniew Lukasik <i>Radomo Kazimiero Pulaskio technikos ir humanitarinis universitetas/ Casimir Pulaski University of Radom (Lenkija/Poland)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Jonas Matijošius <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas/ Vilnius Gediminas Technical University (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Doc. Dr. Tomas Mickevičius <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Rosita Norvaišienė <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Tomasz Perzyński <i>Radomo Kazimiero Pulaskio technikos ir humanitarinis universitetas/ Casimir Pulaski University of Radom (Lenkija/Poland)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Virgaudas Puodžiukas <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Alfredas Rimkus <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas/ Vilnius Gediminas Technical University (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Marius Saunoris <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University of Technology (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Rainer Schackmar <i>Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University of Applied Sciences Schmalkalden (Vokietija/Germany)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Raimondas Šadzevičius <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Boris Tudjarov <i>Sofijos technikos universitetas/ Technical University of Sofia (Bulgarija/Bulgaria)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Slawomir Wierzbicki <i>Varmijos Mozūrų universitetas/ University of Warmia and Mazury (Lenkija/Poland)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Rasa Žygienė <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Leidinyas įtrauktas į **Index Copernicus Journals Master List**

<http://journals.indexcopernicus.com/inznerina+ir+edukacinos+technologijos.p12156.3.html>

Redakcijos adresas:

VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija

Tvirtovės al. 35, LT- 50155 Kaunas
Tel./faks. (8 37 308620)/(8 37 333120)
El. p. info@lik.tech
<http://www.lik.tech>

Address:

Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija | Higher Education Institution

Tvirtovės av. 35, LT- 50155 Kaunas
Phone./fax. (+370 37 308620)/(+370 37 333120)
E-mail. info@lik.tech
[http:// www.lik.tech](http://www.lik.tech)

Visos leidinio leidybos teisės saugomos. Šis leidinys arba kuri nors jo dalis negali būti dauginami, taisomi ar kitaip platinami be leidėjo sutikimo.

All rights of the publication are reserved. No reproduction, copy or transmission of this publication may be made without publisher's permission.

© Lietuvos inžinerijos kolegija, 2024

ISSN 2029-9303

ISSN 2783-6215

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiami skaitytojai ir kolegos,

Mokslinių straipsnių žurnalo “Inžinerinės ir edukacinės technologijos” redkolegija pristatydamą Jums 2025 metų pirmąjį numerį, džiaugiasi, jog šį kartą į Jūsų rankas patenka plataus spektro mokslinių publikacijų leidinys.

Septyniuose straipsniuose atsispindi technologijos mokslų srities aktualijos ir realią taikomąją vertę turintys darbai nagrinėjantys: vėjo jėgainių pagaminamos energijos prognozavimo metodus; modifikuotu integriniu valdymo algoritmu pagrįstą grįžtamojo ryšio valdiklio darbą; galimybę pritaikyti egzistuojantį malūnsparnio modelį tūpimui ant vandens, neprarandant galimybės tūpti ant kieto paviršiaus; sunkvežimių padangų protektoriaus įgilinimo poveikį stabdymo efektyvumui; lengvojo automobilio stabdymo procesai tempiant priekabą. Trijuose straipsniuose atsispindi socialinių mokslų srities aktualijos: projektų žmoniškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistema; įtraukaus ugdymo įgyvendinimo bendrojo lavinimo mokyklose veiksmingumas; negalią turinčio mokinio teisę į visavertį ugdymą.

Džiugu, kad mokslinius tyrimų rezultatus publikuoja tiek universitetų, tiek kolegijų tyrėjai arba tyrėjų grupės, o šių tyrimų rezultatų pasiekiamumas tampa prieinamas platesniam skaitytojų ratui.

Šis mokslinis žurnalas – tai puiki galimybė dėstytojams, studentams ir tyrėjams viešinti savo atliktų mokslinių taikomųjų tyrimų rezultatus, rasti bendradarbiavimo taškų su kitomis tyrėjų grupėmis.

Tikimės, kad visi paminėti aspektai paskatins skaitytojų susidomėjimą publikacijomis, dėkojame straipsnių autoriams ir tikimės sėkmingo tolesnio bendradarbiavimo.

Su pagarba,

vyriausioji redaktorė

dr. Lina Girdauskienė

TURINYS

VĖJO JĖGAINIŲ GAMINAMOS ENERGIJOS PROGNOZAVIMAS	7
Ignas Kalibartas, Nerijus Paulauskas, Paulina Bundonytė Vilnius Tech	
ELECTROMAGNETIC DISTURBANCE-RESISTANT CONTROLLER BASED ON THE MODIFIED INTEGRAL CONTROL ALGORITHM	16
Martynas Šapurov, Vytautas Bleizgys Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Electronics	
MALŪNSPARNIO PRITAIKYMO TŪPTI ANT VANDENS GALIMYBĖS TYRIMAS.....	21
Andrius Dargužis Lietuvos inžinerijos kolegija	
ĮGILINTŲ PADANGŲ ĮTAKA STABDYMO EFEKTYVUMUI TYRIMAS.....	27
Dalius Kalisinskas Lietuvos inžinerijos kolegija	
LENGVOJO AUTOMOBILIO SU PRIEKABA STABDYMO YPATUMAI IR RIZIKOS ANALIZĖ	34
Gintas Mikolajūnas Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
SANDĖLIO AUTOMATIZAVIMAS NAUDOJANT LOGISTIKOS ROBOTŲ TINKLUS.....	39
Diana Šateikienė, Lukas Dirmeikis Klaipėdos valstybinė kolegija	
KAUNO 330/110/10 KV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS 10 KV TINKLO MODERNIZAVIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS, TAIKANT NEPLAN PROGRAMĄ.....	46
Gediminas Daukšys Lietuvos inžinerijos kolegija	
ĮTRAUKAUS UGDYMO BENDROJO LAVINIMO MOKYKLOSE PROBLEMINIAI ASPEKTAI	55
Kęstutis Vitkauskas Lietuvos inžinerijos kolegija	
NEGALIAŲ TURINČIŲ ASMENŲ TEISĖS Į ŠVIETIMĄ UŽTIKRINIMAS: TEISINIAI ASPEKTAI.....	66
Kęstutis Vitkauskas Lietuvos inžinerijos kolegija	
PROJEKTŲ ŽMOGIŠKŲJŲ IŠTEKLIŲ DARBO LAIKO APSKAITOS SISTEMA	76
Jurij Tekutov ^{1, 2, 3} Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas, Informatikos ir elektros inžinerijos katedra ¹ Klaipėdos universitetas, Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, Informatikos ir statistikos katedra ² Lietuvos verslo kolegija, Technologijų katedra ³	

VĖJO JĖGAINIŲ GAMINAMOS ENERGIJOS PROGNOZAVIMAS

Ignas Kalibartas, Nerijus Paulauskas, Paulina Bundonytė

Vilnius Tech

Anotacija

Straipsnyje analizuojami vėjo jėgainių pagaminamos energijos prognozavimo metodai, naudojant tikrus duomenis iš Žyneliuose veikiančios vėjo elektrinės. Nagrinėjami keturi algoritmai: artimiausių kaimynų regresija (KNN), atsitiktinių miškų metodas, Ridge regresija ir ekstremalaus gradiento stiprinimas. Modelių tikslumas vertinamas paros lygmeniu, taikant skirtingus duomenų filtravimo ir normalizacijos metodus. Tyrimas atliktas naudojant „R“ programavimo kalbos bibliotekas, automatizuotai pateikiant rezultatus lentelėse ir grafikuose. Pasirinktų metodų palyginimas parodo, kurie algoritmai pasižymi didesniu stabilumu ir tikslumu skirtingais laikotarpiais. Nustatyta, kad tiksliausi ir stabiliausi rezultatai pasiekti naudojant ekstremalaus gradiento stiprinimo metodą.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Vėjo energijos prognozavimas, regresija, mašininis mokymas.

Įvadas

Vėjo elektrinė yra įrenginys, kuris gamina elektrą panaudodamas vėjo kinetinę energiją. Šio atsinaujinančio energijos šaltinio svarba kasmet auga, ypač reaguojant į klimato kaitos iššūkius ir būtinybę mažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro bei energijos importo. Vėjo energetika tampa viena iš prioritetinių krypčių, siekiant užtikrinti tiek aplinkosauginę, tiek ekonominę naudą. Vadovaujantis Pasaulinės vėjo energijos asociacijos (WWEA) duomenimis, nuo 2010 iki 2022 metų pasaulyje bendra įrengtų vėjo elektrinių galia išaugo 4,85 karto (WWEA Half-year Report, 2022). Tai rodo spartų šio sektoriaus plėtojimąsi ir vis didėjančią jo svarbą globaliu mastu.

Pagal Lietuvos vėjo elektrinių asociacijos (LVEA) pateiktą informaciją, prognozuojama, kad elektros energijos gamyba iš vėjo šaltinių Lietuvoje artimiausiu metu reikšmingai augtų: „Lietuvai siekiant iki 2050 metų 100 proc. šalies elektros poreikio patenkinti iš atsinaujinančių šaltinių, jau iki 2030 metų vėjo jėgainėse pagaminamos elektros energijos kiekis turėtų patrigubėti“ (Lietuvos vėjo elektrinių asociacija, 2021). Šiuo metu Lietuvoje plėtojami nauji vėjo elektrinių parkai dešimtyje savivaldybių, kurių bendra instaliuota galia viršys 800 MW.

Didėjanti vėjo energetikos paklausa pažymi dar vieną esminį aspektą – energijos gamybos valdymą. Skirtingai nei atominėse elektrinėse, kuriose energijos gamyba reguliuojama valdymo strypais kontroliuojant branduolines reakcijas, vėjo jėgainių generuojamos energijos kiekis tiesiogiai priklauso nuo meteorologinių sąlygų, kurių neįmanoma valdyti, tačiau galima prognozuoti. Atsižvelgus į prognozes galima iš anksto įvertinti būsimą elektros gamybos apimtį valandiniais ar savaitiniais intervalais. Tikslios vėjo energijos prognozės suteikia keletą svarbių praktinių privalumų:

- efektyvesnį techninės priežiūros planavimą – žinant nepalankias meteorologines sąlygas, galima optimizuoti remonto ir apžiūros darbų grafiką;
- tikslesnę energijos integraciją į elektros tinklą – tai leidžia operatoriams stabiliau ir efektyviau paskirstyti vėjo energiją bendroje sistemoje;
- pajamų didinimą – tiksliai identifikavus minimalios ir maksimalios gamybos laikotarpius, galima efektyviau taikyti elektros kainų reguliavimą;
- investuotojų pritraukimą – aukšto tikslumo gamybos prognozės didina pasitikėjimą tarp potencialių investuotojų ir palengvina sprendimų priėmimą.

Taigi, atsižvelgus į augančią vėjo elektrinių reikšmę ir dėl jos kylančius valdymo iššūkius, šiame straipsnyje analizuojama vėjo elektrinių gaminamos elektros energijos prognozavimo problema.

Tyrimo objektas – vėjo jėgainių gaminamos elektros energijos kiekio prognozė, atliekama taikant skirtingus mašininio mokymosi modelius.

Straipsnio tikslas – parinkti ir ištirti metodus, tinkamus vėjo jėgainių gaminamai energijai prognozuoti.

Duomenų šaltinių analizė

Darbo objektas – vėjo jėgainės generuojamos elektros energijos prognozavimas, kuriame itin svarbi meteorologinių sąlygų, ypač vėjo, prognozė. Žynelių vėjo elektrinė pateikia gamybos duomenis valandiniu dažniu, todėl siekiant užtikrinti modeliavimo tikslumą, būtina naudoti bent tokio pat dažnio meteorologinius duomenis. Valandinė ar dar detalesnė orų prognozė yra pateikiama įvairiose meteorologinių duomenų platformose.

Viena iš jų – „wunderground.com“, kuri išsiskiria keliais privalumais: ši svetainė teikia istorinius orų duomenis nuo 2009 metų, o meteorologiniai įrašai fiksuojami 30 minučių periodais. Tai ypač aktualu tiriamai Žynelių elektrinei elektros gamybą registruojant vienos valandos intervalais. Be to, platforma pateikia

pagrindinius vėjo parametrus: vėjo greitį, kryptį ir gūsius, kurie yra esminiai kintamieji prognozavimo modeliuose. Tačiau „wunderground.com“ pasižymi ir trūkumais – ribotu geografiniu padengimu. Žynelių vietovėje nesant šios platformos naudojamos meteorologinės stoties, artimiausi duomenys gaunami iš Palangos (~23 km) ir Papės (~10 km) stočių. Abi šios vietovės yra pakrantės teritorijoje, todėl dėl vėjo jautrumo reljefo ypatumams net ir keliolikos kilometrų atstumas gali lemti reikšmingus skirtumus tarp faktinių sąlygų Žyneliuose ir pateikiamų matavimų. Todėl atliekant analizę būtina įvertinti šio netikslumo įtaką rezultatams.

Kita alternatyva – „OpenWeatherMap“. Ši platforma teikia platų meteorologinių duomenų spektrą: oro temperatūrą, drėgmę, atmosferos slėgį, vėjo greitį, kryptį bei gūsius. Duomenys pateikiami JSON formatu, todėl juos galima lengvai integruoti į analizės sistemas. Nors „OpenWeatherMap“ aprėpia didelę Lietuvos teritorijos dalį, artimiausios prie Žynelių esančios stotys yra Šventojoje ir Nidoje. Nors jos nėra labai nutolusios, duomenys gali neatspindėti specifinių vietinių vėjo sąlygų.

Šiame darbe naudojama „Open-Meteo“ platforma – tai atviro kodo orų duomenų šaltinis, leidžiantis nemokamai naudoti prognozes per jų JSON API arba XLSX failą nekomerciniais tikslais. Vienas svarbiausių šios platformos privalumų – galimybė generuoti prognozes pagal tikslas koordinatas, iki keturių skaitmenų po kablelio tikslumu. Tai leidžia kurti vietovei specifines prognozes, atspindinčias realias geografines sąlygas net ir mažame plote. Žynelių elektrinės atveju, vieno iš vėjo malūnų koordinatės yra 56,094694, 21,230243, o sistema jas automatiškai suapvalina iki 56,0947, 21,2302 – tai atitinka maždaug 30 metrų nuokrypį. Atsižvelgiant į tai, kad „Open-Meteo“ prognozių paklaida yra apie 5 km, toks suapvalinimas neturi reikšmingos įtakos duomenų tikslumui.

Dar vienas reikšmingas „Open-Meteo“ privalumas – meteorologinių parametrų pateikimas skirtinguose aukščiuose: 10 m, 80 m, 120 m ir 180 m. Ši savybė yra ypač aktuali vėjo energetikoje, nes turbinos dažniausiai įrengiamos 80–120 metrų aukštyje. Galimybė naudoti duomenis iš atitinkamo aukščio leidžia padidinti prognozės tikslumą. Be to, istoriniai duomenys pateikiami valandiniu intervalu iki 80 metų senumo, o tai yra pakankama trukmė prognozėms atlikti, remiantis turimais elektros gamybos duomenimis.

Analizuojama Žynelių vėjo elektrinė naudoja „Vestas V100-3.0 MW“ tipo vėjo turbinas, kurių reali nominali galia – 2,75 MW. Elektrinės techniniai duomenys ir valandiniai elektros gamybos duomenys šiuo metu nėra viešai prieinami – juos galima gauti tik tiesiogiai susisiekus su gamintoju. Bendra instaliuota galia siekia 16 MW.

Remiantis „The Wind Power“ šaltinio informacija, „Vestas V100-3.0 MW“ turbinų veikimo parametrai pateikti 1 lentelėje. Pagal šiuos duomenis elektros gamyba prasideda nuo 4 m/s vėjo greičio, o pasiekus 15 m/s stabilizuojasi ties nominalia galia. Viršijus 25 m/s greitį, turbinos dėl saugumo gali būti automatiškai stabdomos, todėl gamyba sumažėja iki nulio. Taip pat nurodoma, kad bokštų aukštis siekia 100 metrų. Siekiant užtikrinti duomenų atitikimą realioms sąlygoms, vėjo greičio duomenys turėtų būti renkami arba koreguojami į 100 metrų aukštį virš žemės paviršiaus.

1 lentelė

Vėjo turbinos parametrai

Modelis	Nominali galia	Įsijungimo vėjo greitis	Išsijungimo vėjo greitis	Nominalus greitis
Vestas V100-3 MW	3 MW	4 m/s	25 m/s	15 m/s

Prognozavimui naudojami parametrai pasirinkti atlikus literatūros šaltinių analizę. Tam buvo sudaryta palyginamoji 2 lentelė. Vadovaujantis ja matyti, kad visuose tyrimuose buvo naudotas vėjo greitis, kuris yra tiesiogiai lemiantis vėjo turbinos pagaminamos elektros energijos kiekį. Daugelis tyrimų parodė stiprią koreliaciją tarp vėjo greičio ir generuojamos galios. 5 šaltinyje naudojant tik vėjo greitį ir kryptį buvo pasiektas itin aukštas prognozės tikslumas ($R^2 \approx 0,92$), taikant gradiento didinimo regresiją. Taigi įvertinus jau ankščiau atliktus tyrimus nuspręsta naudoti: vėjo greitį, kryptį ir temperatūrą, kaip pagrindinius įvesties parametrus prognozuojant energiją. Kiti meteorologiniai veiksniai – vėjo gūšiai, slėgis ir drėgmė – nebuvo įtraukti dėl jų mažos įtakos 24 valandų laikotarpiui.

2 lentelė

Naudotų požymių palyginimas

Šaltinis	Vėjo greitis	Vėjo kryptis	Temperatūra	Slėgis	Drėgmė	Vėjo gūšiai
5	✓	✓	✓	✗	✗	✗
6	✓	✓	✓	✗	✗	✗
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✗	✗	✗	✗
9	✓	✓	✓	✓	✗	✗
10	✓	✓	✓	✓	✗	✗

Svarbu tinkamai įvertinti modelio efektyvumą taikant įvairius vertinimo kriterijus:

R^2_{bendra} – parodo mėnesio prognozės tikslumą. Tai yra įvertina visų mėnesio valandinių prognozių atitikimą tikrosioms reikšmėms. Apskaičiuojamas pagal determinacijos koeficiento formulę:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (1)$$

čia y_i – reali vėjo energija, $\hat{y}_i$ – modelio prognozuota energija, $\bar{y}$ – realių reikšmių vidurkis per visą mėnesį.

R^2_{vid} – vidutinė visų to mėnesio dienų R^2 reikšmė. Parodo bendrą prognozavimo tikslumą per mėnesį. Kuo ši reikšmė arčiau 1, tuo tiksliau modelis prognozuoja.

SD – R^2 standartinis nuokrypis. Rodo, kaip stipriai svyravo prognozavimo kokybė tarp atskirų mėnesio dienų. Mažas nuokrypis reiškia, kad prognozės buvo stabilios, o didelis – duomenų nestabilumą (modelis vienomis dienomis prognozuoja gerai, o kitomis – labai prastai). Formulė:

$$SD_{R^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_i^2 - R_{\text{vid}}^2)^2}, \quad (2)$$

čia R_i^2 – i dienos R^2 , R_{vid}^2 – vidutinė visų dienų R^2 reikšmė, n – dienų skaičius.

$R^2_{>0,8}$ – procentas mėnesio dienų, kurių R^2 reikšmė buvo didesnė nei 0,8. Tai aukštos kokybės prognozių dalis. Kuo didesnė ši dalis, tuo daugiau dienų buvo prognozuotos labai tiksliai. Formulė:

$R^2_{<0}$ – procentas mėnesio dienų, kurių R^2 buvo neigiamas. Tai dienos, kuriose modelio prognozė buvo blogesnė nei pagal vidutinę reikšmę. Didelė šios metrikos reikšmė rodo prastą prognozavimo kokybę.

R^2_{min} – mažiausia dienos R^2 reikšmė tame mėnesyje.

R^2_{max} – didžiausia dienos R^2 reikšmė tame mėnesyje.

Prognozavimo metodai

Šiame darbe prognozavimui taikomi keturi skirtingi regresijos metodai: artimiausių kaimynų regresija (KNN), atsitiktinių miškų modelis, Ridge regresija ir gradiento stiprinimo metodas (XGBoost). Šie modeliai pasirinkti atsižvelgiant į jų gebėjimą modeliuoti nelineines priklausomybes bei prisitaikyti prie triukšmingų duomenų.

KNN regresija – tai klasikinio KNN klasifikavimo metodo adaptacija regresiniams uždaviniams, kai prognozuojama ne klasė, o skaitinė reikšmė. Kaip ir klasifikacijoje, algoritmas ieško K artimiausių kaimynų pagal atstumą, tačiau galutinė prognozė apskaičiuojama kaip šių kaimynų reikšmių vidurkis (Gareth James, 2023, p. 105).

Atsitiktinių miškų metodas priklauso sprendimų medžių metodų grupei ir yra sudarytas iš daugybės nepriklausomai apmokytų medžių. Kiekvienas medis mokomas naudojant atsitiktinį duomenų pogrupį ir atsitiktinį požymių rinkinį. Galutinė prognozė gaunama pagal visų medžių prognozių vidurkį. Remiantis IBM straipsniu (IBM, 2025), šio metodo efektyvumui svarbūs trys pagrindiniai hiperparametrai: mazgų dydis, medžių skaičius ir pasirinktų požymių skaičius.

Ridge regresija – tai modifikuota linijinės regresijos versija, skirta spręsti daugybinio tiesiškumo (kai įvesties kintamieji yra stipriai tarpusavyje susiję) ir persimokymo problemas. Į nuostolių funkciją įtraukiama L2 reguliavimo bauda, kuri riboja regresijos koeficientų dydį ir padeda išvengti pernelyg sudėtingo modelio. Pagrindiniai privalumai – efektyvumas, kai kintamieji yra stipriai koreliuoti, sumažėjusi persimokymo rizika ir pagerintas prognozių stabilumas esant daug kintamųjų. Tarp pagrindinių trūkumų galima išskirti modelio negalėjimą automatiškai atrinkti svarbiausių kintamųjų ir nepritaikymą sudėtingiems netiesiškiems ryšiams.

Ekstremalaus gradiento stiprinimo metodas yra grįstas gradiento stiprinimo principu, kai kiekvienas naujas medis mokomas, siekiant ištaisyti ankstesnių medžių prognozės klaidas. Skirtingai nei atsitiktinių miškų metode, čia medžiai formuojami sekos principu. XGBoost optimizuoja kvadratinę klaidą, naudodamas efektyvias hiperparametrų derinimo ir ankstyvo stabdymo technikas. Šis metodas išsiskiria didele prognozavimo galia ir greitu veikimu. Vienas esminių XGBoost privalumų – integruota reguliacija, leidžianti riboti modelio sudėtingumą ir mažinti persimokymo riziką, kas itin svarbu dirbant su realiais, kintančiais duomenimis, tokiais kaip vėjo jėgainių energijos gamyba. Be to, modelis automatiškai apdoroja trūkstamas reikšmes, aptikdamas geriausius sprendimo kelius, bei efektyviai apdoroja netiesiškus ryšius, dažnus atsinaujinančios energetikos prognozėse.

Duomenų lentelių paruošimas

Mašininiam mokymams tinkamai paruošti duomenų lenteles yra esminis etapas, kuris turi užtikrinti, kad modelis efektyviai mokysis ir prognozuos rezultatus. Duomenų paruošimas sudarytas iš šių etapų:

1. Triukšmo pašalinimas: duomenys, kurie labai išsiskiria iš duomenų rinkinio negali būti naudojami tiek mokyme, tiek testavime. Vėjo generacijos prognozavimo atveju: neapibrėžtos (NA) ir neigiamos reikšmės yra pašalinamos.

2. Lentelių formatavimas: R programavimo kalboje bibliotekos aprašo, kokio lentelės formatavimo tikisi. Todėl į tai atsižvelgiant būtina sutvarkyti duomenų lenteles,
3. Duomenų normalizavimas: duomenys, kurių reikšmės yra skirtingose skalėse, pavyzdžiui: vėjo greitis ir vėjo kryptis, gali netinkamai įtakoti rezultatus, todėl būtina normalizuoti duomenis, kad modelis juos interpretuotų vienodai. Ne visiems modeliais yra būtina normalizacija,
4. Duomenų integracija: dažnai duomenys yra surenkami iš skirtingų lentelių - vėjo elektrinių pagaminta energija ir orų prognozė. Todėl reikia sujungti į vieną lentelę pagal bendrus kriterijus, pavyzdžiui laiką
5. Reikšminių požymių atranka: įvestys turi būti tinkamai apibrėžtos ir parinktos, kad modelio efektyvumas nebūtų įtakotas nereikšmingais duomenimis.
6. Mokymo ir testavimo rinkinių padalijimas: vienas mėnuo bus naudojamas testavimui, kiti – mokymui.

Prognozavimo algoritmų tyrimas pagal hiperparametrus

Šio tyrimo etapo tikslas surasti optimalius hiperparametrus, kuriuos naudojant gaunamos tiksliausios ir stabiliausios prognozės.

KNN modelio pagrindinis hiperparametras yra kaimynų skaičius k . Todėl programiniame kode keičiant k eksperimentiškai buvo rastas kaimynų skaičius, kuriam esant pasiekiamas geriausias rezultatas. Rezultatai pateikti 3 lentelėje. Iš jos matyti, kad didėjant k reikšmei didėja ir bendras mėnesio prognozės rodiklis R^2 . Tačiau taip pat pastebėta, jog tai kartu lemia ir didesnį prognozių svyravimą bei sumažėjusį dienų, kurių prognozės labai tikslios ($R^2 > 0,8$), kiekį. Vertinant tiek vidutinį dienų R^2 , standartinį nuokrypį SD, tiek ekstremalių reikšmių – blogiausios ir geriausios dienos R^2 pasiskirstymą, nustatyta, kad $k = 9$ yra tinkamiausias pasirinkimas. Ši reikšmė užtikrina balansą tarp bendro mėnesio tikslumo ir stabilios dienos prognozės – išlaikomas aukščiausias tikslumo lygis, sumažėja neigiamų dienų prognozių dalis, o aukščiausias $R^2_{\max}$ tarp visų testuotų reikšmių rodo, jog modelis turi potencialo labai tikslioms prognozėms tam tikromis dienomis.

3 lentelė

KNN statistika nuo kaimynų skaičiaus

k	R^2_{bend}	R^2_{vid}	$R^2 \text{ SD}$	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	$R^2_{\min}$	$R^2_{\max}$
3	0,64	-3,31	8,17	0	73,33	-35,51	0,75
5	0,66	-3,09	7,5	3,33	70	-28,94	0,8
7	0,68	-3,09	7,76	3,33	66,67	-32,09	0,84
9	0,69	-3,18	8,09	3,33	60,00	-31,33	0,87
11	0,69	-3,26	8,59	3,33	56,67	-36,79	0,85
13	0,7	-3,33	8,9	3,33	56,67	-39,11	0,84
15	0,7	-3,33	9,01	3,33	56,67	-38,76	0,83
17	0,7	-3,32	9,19	3,33	56,67	-40,68	0,83
19	0,71	-3,30	9,32	3,33	56,67	-42,19	0,82
21	0,71	-3,33	9,40	0	56,67	-41,92	0,8

Atsitiktinio miško modelio vienas pagrindinių hiperparametrų yra sprendimo medžių skaičius. Šiam modeliui taikoma panaši mokymo logika kaip ir kitoms sprendimų medžių sistemoms, tačiau atsitiktinių miškų atveju papildomai naudojama atsitiktinė duomenų ir požymių atranka. Tai reiškia, kad kiekvieno modelio paleidimo rezultatai gali skirtis, net jei medžių skaičius išlieka toks pats.

Siekiant įvertinti rezultatų stabilumą, kiekvienam pasirinktam medžių skaičiui modelis buvo paleistas kelis kartus, kaskart nustatant skirtingą pradinę reikšmę atsitiktinių skaičių generatoriui (set.seed). Tokiu būdu analizuota, kaip kinta rezultatų vidurkiai, kraštinės reikšmės ir svyravimo lygis keičiantis pradinei set.seed reikšmei. Gauti rezultatai parodė, kad geriausias prognozavimo tikslumas pasiektas naudojant 75 medžius. Tai matyti iš atskirų dienų R^2 vidurkio, kuris siekė -2,77. Standartinis nuokrypis šiuo atveju buvo 8,78, o tai rodo palyginti stabilias prognozes paros lygmeniu. Bendras R^2 siekė 0,72, o blogiausios ir geriausios dienos R^2 reikšmės buvo atitinkamai -35,57 ir 0,82. Neigiamų R^2 reikšmių dalis sudarė 56,7 %.

Tiriamas ir Ridge regresijos modelis, kurio pagrindinis hiperparametras – reguliavimo koeficientas λ . Šio parametro paskirtis – kontroliuoti modelio koeficientų dydį, taip mažinant persimokymo riziką. Kuo didesnė λ reikšmė, tuo stipresnė reguliacija. Naudojamas programinis įrankis turi integruotą funkciją, automatiškai parenkančią optimalią λ reikšmę, kuri vėliau taikoma prognozavimui.

Taikant automatiškai parinktą λ , rezultatai, pateikti 4 lentelėje, parodė gana žemą prognozavimo tikslumą dienos lygmeniu. Didžiosios dalies dienų R^2 reikšmės buvo neigiamos, o tai patvirtina ir didelis rezultatų svyravimas – standartinis nuokrypis buvo aukštas. Nei vienai dienai nebuvo pasiekta $R^2 > 0,8$ reikšmė, o neigiamų R^2 reikšmių dalis sudarė net 53 %. Blogiausias dienos rezultatas siekė -75,96, o geriausias 0,78.

4 lentelė

Ridge λ statistika

R^2_{bend}	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}
0,69	-5,42	17,5	0	53,33	-75,96	0,78

Ekstremalaus gradiento stiprinimo modelis turi keletą hiperparametrų, tačiau didžiausią įtaką rezultatams daro sprendimo medžių skaičius. Skirtingai nei taikant atsitiktinio miško metodą, šio modelio prognozėms atsitiktinių skaičių generatoriui pradinė reikšmė įtakos nedaro..

5 lentelėje pateikti rezultatai rodo, kad geriausią bendrą mėnesio prognozės tikslumą (pagal R^2) pasiekė modelis su 50 medžių. Nors nei vienai dienai nebuvo užfiksuota R^2 reikšmė virš 0,8, modelis pasižymėjo stabiliu veikimu – vidutinis dienos R^2 buvo aukštesnis nei daugelyje kitų variantų, o rezultatų svyravimas mažesnis.

Atsižvelgiant į šiuos rezultatus, galima teigti, kad vėjo energijos prognozavimui pagal analizuojamus duomenis optimaliausias buvo XGBoost modelis su 50 medžių.

5 lentelė

Ekstremalaus gradiento stiprinimo rezultatai kintant medžių skaičiui

Medžių skaičius	R^2_{bend}	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}
25	0,69	-2,17	6,93	3,33	60	-28,99	0,823
50	0,71	-2,42	7,94	0	53,33	-34,98	0,79
75	0,71	-2,57	8,38	0	53,33	-37,94	0,78
100	0,71	-2,6	8,46	0	53,33	-38,45	0,77
125	0,71	-2,59	8,35	3,33	53,33	-37,96	0,8
150	0,71	-2,59	8,23	3,33	53,33	-37,47	0,81
175	0,71	-2,58	8,24	3,33	53,33	-37,87	0,81
200	0,71	-2,63	8,37	3,33	56,67	-38,86	0,82
225	0,7	-2,68	8,61	3,33	56,67	-41,05	0,83
250	0,7	-2,69	8,63	3,33	56,67	-41,19	0,83

Prognozavimo algoritmų tyrimas pagal duomenų filtravimą

Šioje dalyje yra tiriama, kaip skirtingi duomenų atrankos metodai veikia vėjo jėgainių gaminamos energijos prognozavimo tikslumą. Analizėje panaudoti trys duomenų atrankos būdai: pagal konkretų mėnesį skirtingais metais, pagal tą patį sezoną ankstesniais metais ir pagal nuoseklius mėnesius. Kiekvienam iš šių metodų taikyti skirtingi istorinių mėnesių kiekiai, siekiant įvertinti, kaip duomenų laikotarpio ilgis daro įtaką prognozės rezultatams. Taip pat analizuojamas ir vėjo greičio poveikis prognozės tikslumui. Tam buvo taikytas papildomas duomenų filtravimas pagal vėjo stiprumą. Šie veiksmai leido įvertinti, ar skirtingo stiprumo vėjas turi įtakos modelio spėjimo klaidoms, bei nustatyti, ar galima pagerinti prognozių tikslumą, naudojant specializuotus duomenų pogrupius pateiktus 6 lentelėje.

Pagal mėnesį – tai mėnesių atrankos metodas, kai atrenkami mėnesiai praeitų metų, pavyzdžiui, testuojamas mėnuo yra 2022-12, tai mokymui naudojami – 2021-12, 2020-12, 2019-12 ir t.t.

Pagal sezoną – tai mėnesių atrankos metodas, kai atrenkami tik tų pačių sezonų mėnesiai, pavyzdžiui, testuojamas mėnuo yra 2022-12, tai mokymui naudojami – 2022-02, 2022-01, 2021-12, 2021-02, 2021-01 ir t.t.

Pagal nuoseklius mėnesius – tai mėnesių atrankos metodas, kai atrenkami mėnesiai nuosekliai pagal senumą, pavyzdžiui, testuojamas mėnuo yra 2022-12, tai mokymui naudojami – 2022-11, 2022-10, 2022-09, 2022-08 ir t.t.

6 lentelė

Duomenų atrankos metodai pagal mėnesius

Testo Nr.	Atrankos metodas	Mėnesių kiekis (mokymas)	Vėjo greičio intervalas (m/s)
1	Pagal mėnesį	3	–
2	Pagal mėnesį	3	4-25
3	Pagal mėnesį	5	–
4	Pagal mėnesį	5	4-25
5	Pagal sezoną	3	–
6	Pagal sezoną	3	4-25
7	Pagal sezoną	12	–
8	Pagal sezoną	12	4-25
9	Pagal nuoseklius mėnesius	3	–

Testo Nr.	Atrankos metodas	Mėnesių kiekis (mokymas)	Vėjo greičio intervalas (m/s)
10	Pagal nuoseklius mėnesius	3	4-25
11	Pagal nuoseklius mėnesius	12	–
12	Pagal nuoseklius mėnesius	12	4-25

Artimiausių kaimynų regresijos modelio rezultatai pateikti 7 lentelėje. Visi bandymai atlikti naudojant fiksuotą hiperparametro k reikšmę – 9. Geriausi 24 valandų prognozės rezultatai gauti 9-ajame ir 10-ajame testuose.

9-ajame teste vėjo greičio filtravimas nebuvo taikomas. Gauti rezultatai: vidutinis dienos R^2 siekė -3,18, standartinis nuokrypis -8,09, o dienų su $R^2 > 0,8$ dalis sudarė 3,33 %. Tuo tarpu 10-ajame teste, kuriame buvo taikytas vėjo greičio filtravimas (nuo 4 iki 25 m/s), vidutinis R^2 pagerėjo iki -1,79, o standartinis nuokrypis sumažėjo iki 4,88. Šis testas taip pat pasižymėjo mažiausia neigiamų R^2 reikšmių dalimi (58,6 %) tarp visų atliktų bandymų. Nors nebuvo pasiekta nė viena diena su $R^2 > 0,8$, prognozės buvo stabiliausios lyginant su kitais KNN testais.

Apibendrinant galima teigti, kad 10-asis testas, kuriame taikyta duomenų atranka pagal nuoseklius mėnesius ir vėjo greičio filtravimas, pasiekė geriausią kompromisą tarp prognozavimo tikslumo ir stabilumo dienos lygmeniu.

7 lentelė

KNN modelio testavimas su duomenų filtravimu

Testas	R^2_{bend}	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}
1	-1,2	-59,7	155,29	0	100	-757,66	-0,3
2	-0,36	-11,63	19,97	0	89,66	-78,72	0,31
3	-1,06	-50,52	128,68	0	100	-629,45	-0,29
4	-0,31	-9,47	16,93	0	93,1	-74,94	0,38
5	-1,11	-94,27	260,47	0	100	-1273,24	-0,03
6	-0,11	-27,37	86,18	0	79,31	-391,97	0,47
7	-1,11	-94,27	260,47	0	100	-1273,24	-0,03
8	-0,11	-27,37	86,18	0	79,31	-391,97	0,47
9	0,69	-3,18	8,09	3,33	60	-31,33	0,87
10	0,66	-1,79	4,88	0	58,62	-21,53	0,77
11	0,21	-22,81	61,92	0	86,67	-293,23	0,38
12	0,28	-11,38	34,16	0	79,31	-144,16	0,52

Tiriant atsitiktinio miško modelį buvo atlikti analogiški testai kaip ir su KNN modeliu. Naudotas optimalus sprendimų medžių skaičius – 75, nustatytas ankstesnio eksperimento metu. 8 lentelės rezultatai rodo, kad prognozės kokybė reikšmingai priklauso nuo taikytos duomenų filtravimo strategijos.

Testuose, kuriuose vėjo greičio filtravimas nebuvo taikomas (testai Nr. 1, 3, 5 ir 7), vidutinės dienų R^2 reikšmės buvo itin žemos – žemiau -45, o kai kur siekė net -74. Be to, šiuose testuose užfiksuota 100 % dienų su neigiamu R^2 , o tai rodo visišką modelio nesugebėjimą tiksliai prognozuoti vėjo energijos be filtravimo.

Įvedus vėjo greičio filtravimą (testai Nr. 2, 4, 6, 8, 10 ir 12), modelio veikimas pagerėjo. Nors ir toliau 50-57 % dienų R^2 reikšmės liko neigiamos, tačiau vidutiniai R^2 rezultatai pagerėjo iki -2 arba net -1,7, o standartinis nuokrypis sumažėjo iki 6-15. Geriausi rezultatai gauti 4, 9 ir 10 testuose – juose vidutinės dienų prognozės buvo artimiausios nuliui, o modelis bent 3-7 % dienų pasiekė $R^2 > 0,8$, tai yra gana tikslas prognozės.

Šie rezultatai rodo, kad atsitiktinių miškų modelio veikimas yra jautrus duomenų parinkimui, ypač vėjo greičio filtravimui. Vertinama, kad geriausia filtravimo strategija buvo 10-ojo testo atveju – taikyta trijų mėnesių mokymo seka su vėjo greičio filtravimu nuo 4 iki 25 m/s. Šis testas pasižymėjo žemiausiu standartiniu nuokrypiu, didžiausiu tikslų dienų skaičiumi ir aukščiausia vidutine R^2 reikšme.

8 lentelė

Atsitiktinio miško modelio testavimas su duomenų filtravimu

Testas	R^2_{bend}	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}
1	-0,82	-59,93	167,55	0	100	-842,96	-0,2
2	0,65	-2,88	8,54	0	57,14	-35,38	0,79

Testas	R^2_{bend}	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}
3	-0,77	-45,29	119,28	0	100	-578,32	-0,21
4	0,69	-1,74	6,14	3,57	46,43	-29,93	0,83
5	-0,96	-74,32	194,16	0	96,67	-939,07	0
6	0,64	-4,74	15,15	0	50	-66,22	0,77
7	-0,91	-58,29	146,38	0	100	-706,79	-0,1
8	0,62	-6,25	20,99	0	50,00	-98,81	0,75
9	0,71	-3,08	9,54	3,33	56,67	-40,86	0,84
10	0,63	-1,96	5,84	7,14	57,14	-25,34	0,85
11	0,33	-23,76	69,24	0	76,67	-306,52	0,55
12	0,43	-4,14	11,11	0	57,14	-45,15	0,55

Toliau atliktas tyrimas su *Ridge* regresija. Iš 9-os lentelės matyti, kad geriausias rezultatas pasiektas 10 testavimu. R^2_{vid} – -2,51, SD – 8,06, aukščiausia R^2 reikšmė 0,82, tikslios dienos sudarė 3,57 %, o neigiamų – 35,71 %. Tai vienintelis testas, kuriame buvo dienų su labai tikslia prognoze.

Panašūs rezultatai gauti ir 4 teste: šiek tiek aukštesnis R^2_{bend} (0,72), bet prastesnis paros stabilumas (R^2_{vid} – -2,08, R^2_{SD} – 6,98, $R^2_{0,8 < -0 \%}$). Panašiai ir 9 teste: R^2_{bend} – 0,69, didesnis R^2_{vid} svyravimas ir daugiau neigiamų reikšmių, tačiau pasiektas aukštas R^2_{max} – 0,78. Geriausias rezultatas pasiektas 10-ju testu.

9 lentelė

Ridge modelio testavimas su duomenų filtravimu

Testas	R^2_{bend}	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}
1	-1,22	-60,52	160,50	0	100	-785,2	-1,2
2	0,69	-2,26	7,57	0	50	-35,62	0,78
3	-1,07	-56,13	151,69	0	100	-743,41	-0,94
4	0,72	-2,08	6,98	0	42,86	-33,18	0,76
5	-1,04	-91,96	234,27	0	100	-1097,62	-0,36
6	0,7	-6,02	19,79	0	46,43	-77,19	0,75
7	-1,04	-91,96	234,27	0	100	-1097,62	-0,36
8	0,70	-6,02	19,79	0	46,43	-77,19	0,75
9	0,69	-5,42	17,50	0	53,33	-75,96	0,78
10	0,66	-2,51	8,06	3,57	35,71	-34,63	0,82
11	0,19	-25,44	73,22	0	86,67	-347,05	0,31
12	0,66	-2,05	7,06	0	42,86	-33,35	0,76

Ekstremalaus gradiento stiprinimo metodui pasirinktas prieš tai rastas geriausias medžių skaičius – 50. Papildomai buvo pakeisti kiti hiperparametrai: mokymosi žingsnis sumažintas per pusę, medžių gylis sumažintas iš 6 į 4. Tai leido pagerinti rezultatus, kurie pavaizduoti 10 lentelėje. Geriausi rezultatai pasiekti 9 ir 10 testavimo bandymais: vidutinės R^2 reikšmės artimiausios 0 – -1,72 ir -1,46, mažiausi standartiniai nuokrypiai: 5,85 ir 4,59, o didžiausią tikslų dienų dalis – apie 3,4 %.

10 lentelė

Ekstremalaus gradiento stiprinimo modelio testavimas su duomenų filtravimu

Testas	R^2_{bend}	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}
1	-0,82	-51,2	139,91	0	100	-685,43	-0,22
2	-0,1	-9,8	21,14	0	93,1	-87,99	0,32
3	-0,72	-44,6	122,89	0	100	-589,78	-0,26
4	-0,07	-9,34	21,28	0	86,21	-86,28	0,34
5	-0,66	-67,68	195,22	0	96,67	-933,12	0,17
6	0,25	-9,52	25,88	0	82,76	-111,59	0,65
7	-0,66	-67,68	195,22	0	96,67	-933,12	0,17
8	0,25	-9,52	25,88	0	82,76	-111,59	0,65
9	0,72	-1,72	5,85	3,33	46,67	-26,73	0,85

Testas	R^2_{bend}	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}
10	0,67	-1,46	4,59	3,45	48,28	-21,16	0,85
11	0,34	-19,71	60,68	0	76,67	-277,02	0,53
12	0,5	-5,86	17,30	0	72,41	-79,29	0,72

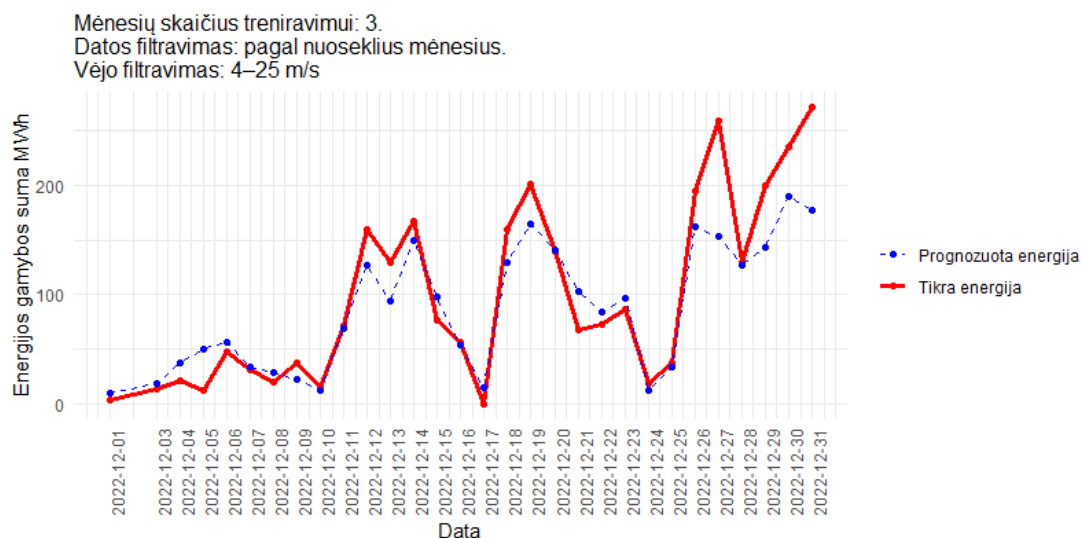
Rezultatų palyginimas

11 lentelėje pateikiamas testuotų modelių palyginimas rodo, kad XGBoost algoritmas pasiekė geriausią vidutinį R^2 (-1,46) ir mažiausią R^2 standartinį nuokrypį (4,59), t. y. užtikrino stabiliausias prognozes tarp visų vertintų modelių. 1 pav. pateiktas 10-ojo testo prognozės grafikas, kuriame pavaizduotos tiksliausios ir stabiliausias prognozės; šiame bandyme modelis geriausiai atkartojė faktinės energijos gamybos kreivę. Visgi nuo 26 dienos prognozės tikslumas suprastėjo – modelis nesugebėjo numatyti padidėjusios gamybos. KNN modelis taip pat pasižymėjo panašiu stabilumu (R^2 standartinis nuokrypis – 4,88), tačiau nė vienai dienai nebuvo pasiekta $R^2 > 0,8$ reikšmė, o bendras R^2 vidurkis išliko neigiamas (-1,79). Tuo tarpu atsitiktinio miško ir Ridge regresijos modeliai pademonstravo prasčiausius rezultatus tiek tikslumo, tiek stabilumo požiūriu. Šie rezultatai patvirtina, kad duomenų filtravimas reikšmingai prisideda prie modelių veikimo kokybės, tačiau, atsižvelgiant į esamų prognozių ribotumą, būtina detalčiau peržiūrėti energijos duomenų lentelę ir plėtoti modelius, galinčius geriau susidoroti su duomenų triukšmu.

11 lentelė

Modelių prognozių palyginimas

Metodas	R^2_{vid}	R^2_{SD}	$R^2_{>0,8}$	$R^2_{<0}$	R^2_{min}	R^2_{max}	Mėnesiai mokymui	Atranka	Vėjo filtras
knn	-1,79	4,88	0	58,62	-21,53	0,77	3	Pagal nuoseklius mėnesius	4-25 m/s
Atsitiktinio miško	-1,96	5,84	7,14	57,14	-25,34	0,85	3	Pagal nuoseklius mėnesius	4-25 m/s
Ridge	-2,51	8,06	3,57	35,71	-34,63	0,82	3	Pagal nuoseklius mėnesius	4-25 m/s
XGBoost	-1,46	4,59	3,45	48,28	-21,16	0,85	3	Pagal nuoseklius mėnesius	4-25 m/s



1 pav. 10-as ekstremalaus gradiento stiprinimo testas

Išvados

1. Visi keturi modeliai pasiekė aukščiausią prognozės tikslumą ir stabilumą, taikant atrankos metodą pagal nuoseklius mėnesius, kai mokymui imami iš keli eilės ankstesni mėnesiai ir taikomas vėjo greičio filtravimas. Toks mėnesių atrankos metodas leidžia modeliams mokytis iš artimiausių praeities įvykių, kurie atspindi panašų vėjo malūnų nusidėvėjimą bei eksploatacinius pokyčius. Nuoseklių mėnesių duomenys geriau atspindi tuo metu veikiančių jėgainių būklę, nei duomenys, pavyzdžiui, iš situacijos, užfiksuotos prieš dvejus metus. Pastebėta, kad naudojant senesnių metų tuos pačius mėnesius prognozės kokybė blogėja.

2. Sezoniška duomenų atranka taip pat neparodė geresnių rezultatų, nes, pavyzdžiui, žiemos mėnesiai imami iš ankstesnių metų negali tinkamai atspindėti aktualios jėgainių būklės. Vėjo greičio filtravimas

pagerino prognozes, nes sumažino triukšmą – vėjo turbinos gamintojas nurodo, kad darbinis vėjo greitis yra nuo 4 iki 25 m/s. Vis dėlto, negalima garantuoti, kad elektrinė visada eksploatuojama šiuose režimuose, nes analizuojant duomenų lentelę pastebėta, kad esant vėjui, viršijančiam 25 m/s, malūnai kartais vis tiek generavo energiją. Taip pat nustatyti atvejai, kai, esant 15 m/s, vienos valandos gamyba yra normali, o kitos – ženkliai sumažėjusi. Tokie variantai yra sunkiai filtruojami, o tai sukelia papildomą triukšmą modeliui.

Literatūra

1. WWEA Half-year Report 2022. (2022). https://wwindea.org/wp-content/uploads/2022/11/WWEA_HYR2022.pdf
2. Lietuvos vėjo elektrinių asociacija. (2021). <https://lvea.lt/lietuvos-statistika/>
3. Open-Meteo. (2022). <https://open-meteo.com/>
4. The Wind Power. (2025). https://www.thewindpower.net/turbine_en_34_vestas_v100-2750.php
5. Haroon Rashid, Waqar Haider, Canras Batunlu. „Forecasting of Wind Turbine Output Power Using Machine learning“. (2020). <https://doi.org/10.1109/ACIT49673.2020.9208852>
6. Stefan Balluff, Jorg Bendfeld, Stefan Krauter. Short term wind and energy prediction for offshore wind farms using neural networks. (2015). <https://doi.org/10.1109/ICRERA.2015.7418440>
7. Shahbaaz Ansari, T.G. Sampath Vinayak Kumar, Javed Dhillon, Wind Power Forecasting using Artificial Neural Network. (2021). <https://doi.org/10.1109/RDCAPE52977.2021.9633643>
8. Fatih Demir, Burak Taşçı. Predicting The Power of a Wind Turbine with Machine Learning-Based Approaches from Wind Direction and Speed Data. (2021). <https://doi.org/10.1109/ICT-PEP53949.2021.9600959>
9. Jyothi Varanasi, M.M. Tripathi. Artificial Neural Network Based Wind Speed & Power Forecasting in US Wind Energy Farms. (2016). <https://doi.org/10.1109/ICPEICES.2016.7853622>
10. Tianhu Wan, Hua Li, Chen Wang, Peng Kou. Turbine Location Wind Speed Forecast Using Convolutional Neural Network. (2019). <https://doi.org/10.1109/APAP47170.2019.9225184>
11. Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani. „An Introduction to Statistical Learning with Applications in R“. (2023)
12. IBM. (2025). <https://www.ibm.com/think/topics/random-forest>, <https://www.ibm.com/think/topics/ridge-regression>, <https://www.ibm.com/think/topics/xgboost>

WIND TURBINE ENERGY PRODUCTION FORECASTING

Summary

The article analyzes the braking processes of a passenger car when towing a trailer, emphasizing physical, technical, and safety aspects. The aim of the study is to evaluate how the trailer mass, braking system, and road conditions affect braking efficiency and stability. Based on literature analysis, theoretical calculations, and simulation data, it was found that an unbraked trailer significantly increases the braking distance, while uneven load distribution raises the risk of lateral instability. Recommendations are provided for technical maintenance and driver training.

Key words: Wind energy forecasting, regression, machine learning.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Ignas Kalibartas

Mokslo laipsnis ir vardas:

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas (Vilnius Tech), Elektronikos fakultetas, Kompiuterijos ir ryšių technologijų katedros, kompiuterių inžinerijos magistro studijų studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: atsinaujinanti energetika, mašinų mokymo metodai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 654 64396, ignas.kalibartas@stud.vilniustech.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Nerijus Paulauskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: Vilniaus Gedimino technikos universitetas (Vilnius Tech), Elektronikos fakultetas, Kompiuterijos ir ryšių technologijų katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: atsinaujinanti energetika, mašinų mokymo metodai, duomenų analitika.

Telefonas ir el. pašto adresas: (0 5) 237 0587, nerijus.paulauskas@vilniustech.lt

ELECTROMAGNETIC DISTURBANCE-RESISTANT CONTROLLER BASED ON THE MODIFIED INTEGRAL CONTROL ALGORITHM

Martynas Šapurov, Vytautas Bleizgys

Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Electronics

Abstract

The paper presents a feedback controller based on the modified integral control algorithm, which allows achieving higher resistance to electromagnetic disturbances compared to cases when proportional-integral-derivative, proportional-integral and classical integral control algorithms are used. Also the proposed controller guarantees shorter response time of the control system as compared to the classical integral controller. Distinctive feature of the developed controller is that the integral constant changes discretely the value at a certain threshold value of the control error. The control system with the modified integral control algorithm based controller is investigated using the Matlab/Simulink simulation program.

Key words: Feedback control system, electromagnetic disturbances, integral control algorithm, variable integral constant.

Introduction

Actual automatic feedback control systems used in industry are often exposed by the electromagnetic disturbances (Narasimman, 2016: 1167–1176; Ning, 2021: 1686–1693). These disturbances are radiated by various electrical devices used in technological processes, such as electric motors, switches, relays, etc. Noise signals generated by electromagnetic disturbances are usually induced in the feedback signal line of the control system connecting the sensor that measures the controlled parameter with the controller input. The noise signal, when entering the controller input, can cause fluctuations in the parameters of the controlled plant or even cause the instability of control system operation. The vast majority of feedback controllers used in industry are PID (proportional-integral-derivative) controllers, based on the combination of proportional integral and derivative control algorithms (Yuliawan, 2021: 96–102; Zhang, 2022: 105–109). The derivative term of the controller is the most sensitive to noise signals, therefore it is often disconnected in actual applications (Bielskis, 2020: 1–18). The integral term of the controller is the least sensitive to noise signal, because of this a controller with only an integral term is the most resistant to noise signals. However, a control system implemented using a controller with only an integral term is slow, i.e. it responds slowly to changes in operating conditions. Therefore, the response time of the control system, which is the main dynamic parameter, is much longer in a control system based on integral controller as compared to the case when PID or PI (proportional-integral) controllers are used.

This paper presents a feedback controller based on the modified integral control algorithm, which allows achieving faster control system response compared to the classical integral algorithm. Also, the control system with the modified integral controller is characterized by higher resistance to noise signals caused by electromagnetic disturbances compared to cases when PID, PI and I (integral) controllers are used.

The control system with the proposed modified integral controller is investigated using the Matlab/Simulink simulation program. The first section of the paper describes the proposed control algorithm and presents the structure of the analysed control system. The second section presents the simulation results of the control system based on the proposed controller, comparing them with cases when PID, PI and I controllers are used. At the end of the article, based on the obtained research results, the conclusions of the work are presented.

Modified integral control algorithm

Distinctive feature of the proposed modified I controller as compared to classical I controller is that the proposed controller is implemented using the modified integral control algorithm, in which the integral constant in fact is variable because it changes discretely its value at a certain threshold value of the control error. The proposed I controller with the discrete variable constant (vI controller) guarantees shorter response time of the control system than when using the classical I controller.

The algorithm of the vI controller is described by the following equation:

$$U(t) = K_I \int_{t_0}^t e(t) dt, \quad (1)$$
$$K_I = K_{I1}, \quad |e(t)| > e_{tr},$$
$$K_I = K_{I2}, \quad |e(t)| \leq e_{tr},$$

where $U(t)$ is the output signal of the controller, using which the process or plant is controlled, $e(t)$ is the control error, which is calculated as the difference between the desired value of the controlled parameter of the plant $Y_d(t)$ and the actual value of the controlled parameter $Y_a(t)$, K_{I1} and K_{I2} are discrete values of the controller integral constant K_I , e_{tr} is control error threshold value, at which the integral constant value is switched, t is time and t_0 is initial time moment, at which the controller starts to operate. The discrete values of integral constant have to be chosen so that they satisfy the condition $K_{I1} \gg K_{I2}$.

It is seen that in the proposed vI control algorithm (1) the value of integral constant is switched from K_{I1} to K_{I2} and vice versa at a certain threshold value of the control error e_{tr} . If the values of the integral constant are chosen so that they satisfy the condition $K_{I1} \gg K_{I2}$, the vI controller guaranties shorter response time of the control system than when using the classical I control method. This is because in the vI controller the value of K_{I1} can be significantly higher than the K_I of the classical I controller.

The block diagram of the analysed feedback control system is given in Fig. 1. It consists of controller and controlled plant. $Y_d(t)$ is desired (set point) value and $Y_a(t)$ is actual value of the controlled parameter. $D(t)$ is the load disturbance and $N(t)$ is noise signal induced by the electromagnetic disturbances, which adds up with the feedback signal.

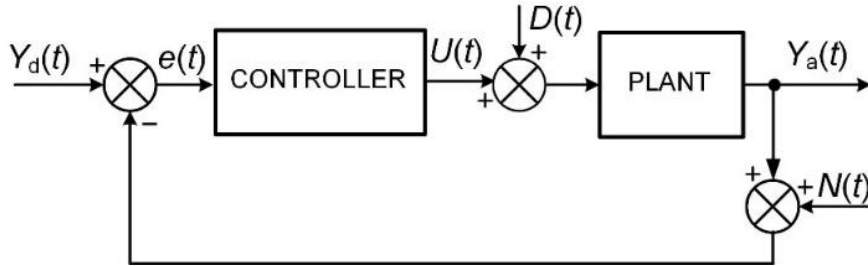


Fig. 1. Block diagram of the feedback control system [Created by authors]

Investigation results

The control system (Fig. 1) based on the proposed vI controller that implements algorithm (1) has been investigated using Matlab/Simulink software. The investigation was performed for the plant, dynamics of which is described by the second order transfer function with the delay $G_p(s) = e^{-Ts} / (\tau s + 1)^2$, where T is plant response delay, τ is time constant. The investigation was performed for the plant with $T = 2$ and $\tau = 1$. Additionally the control system was investigated for the cases when PID, PI and I controllers are used. The parameters of controllers are presented in Table 1.

Table 1

Parameters of controllers			
PID	PI	I	vI
$K_p=0.71$ $K_i=0.276$ $K_D=0.50$	$K_p=0.44$ $K_i=0.222$	$K_I=0.127$	$K_{I1}=0.235$ $K_{I2}=0.07$ $e_{tr}=0.90$

Firstly, the control system set point $Y_d(t)$ unit step and load disturbance $D(t)$ positive and negative unit steps responses were simulated to evaluate the settling time of the control system. The obtained transients are presented in Fig. 2. The set point and load disturbance step responses settling times t_{SPS} and t_{LDS} of the control system for analysed controllers for $\pm 5\%$ tolerance band of $Y_a(t)$ are given in Table 2. Since the t_{LDS} for positive and negative step load disturbance practically coincide (Fig. 2), there in Table 2, the t_{LDS} is presented just for negative step.

The obtained results (Table 2) show that proposed vI controller allows to speed up the control system response as compared to the case when classical I controller is used. On the other hand, the application of PI and PID controllers guaranties shorter response settling time as the vI controller provides. However, PI and especially PID controller are much more noise sensitive in comparison to integral control method-based controllers.

Table 2

Set point and load disturbance unit steps response settling time of control system				
Controller	PID	PI	vI	I
t_{SPS}, sec	8.3	9.9	12.7	16.7
t_{LDS}, sec	11.5	11.6	18.6	25.0

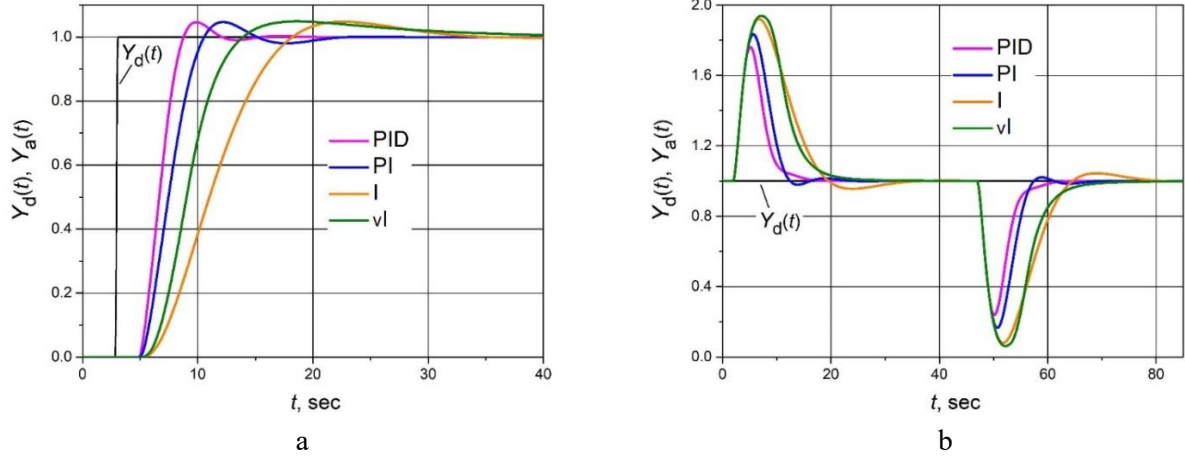


Fig. 2. The set point unit step response (a) and load disturbance positive and negative unit steps responses (b) of the control system based on PID, PI, I and vI controllers [Created by authors]

The behaviour of control system based on the vI, I, PI and PID controllers in the situation when system is affected by noise signal $N(t)$ that adds up with the feedback signal of controller was investigated. The analysis was provided when $N(t)$ is band-limited white noise with sampling time $t=1$ sec, seed [23231]. The obtained set point step responses are given in Fig. 3. It is seen that the lowest fluctuations of the controlled parameter caused by the noise signal has the control system based on the proposed vI controller, i.e. the application of vI controller guaranties highest control system resistance to noise signal in comparison to the I, PI and PID controllers.

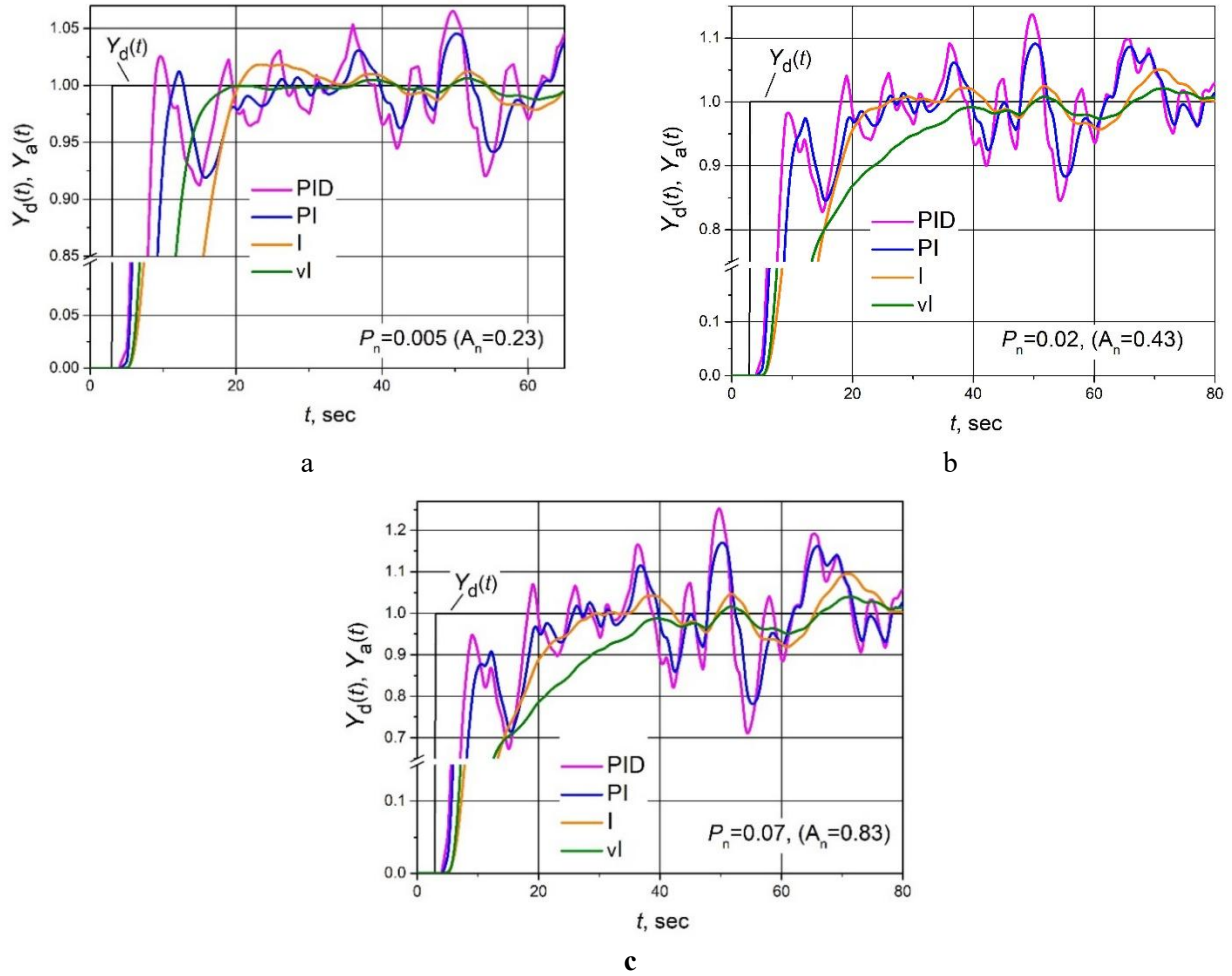


Fig. 3. The set point unit step response of the control system based on PID, PI, I and vI controllers when controller is affected by the band-limited white noise with sampling time $t=1$ sec and seed [23231] at various noise power P_n (amplitude A_n) [Created by authors]

The maximal amplitudes of fluctuations caused by the noise signal for all analysed controllers are presented in Table 3. It is seen that the amplitudes of the $Y_a(t)$ fluctuations using vI controller is approximately 2 times lower as compared to the case when I controller is used and 6–9 times lower in comparison when PI and PID controllers are employed.

Table 3

Maximal amplitudes of $Y_a(t)$ fluctuations caused by the noise signal

Controller type \ Noise power (Noise amplitude)	0.005 (0.23)	0.02 (0.43)	0.07 (0.83)
vI	0.01	0.02	0.05
I	0.02	0.05	0.10
PI	0.08	0.15	0.29
PID	0.09	0.17	0.32

Important parameter of control system is robustness, which demonstrates the ability to operate stably when dynamic parameters of the controlled plant change. The analysed control system based on the proposed vI controller was investigated when response delay time T and time constant τ of the plant change by values ΔT and $\Delta \tau$ and controller parameters remain not changed and are adjusted for the case when $\Delta T, \Delta \tau = 0$. The results of investigation are presented in Fig. 4. They show that control system operates stably even when ΔT and $\Delta \tau$ increase by 100%, just the response transient settling time increases.

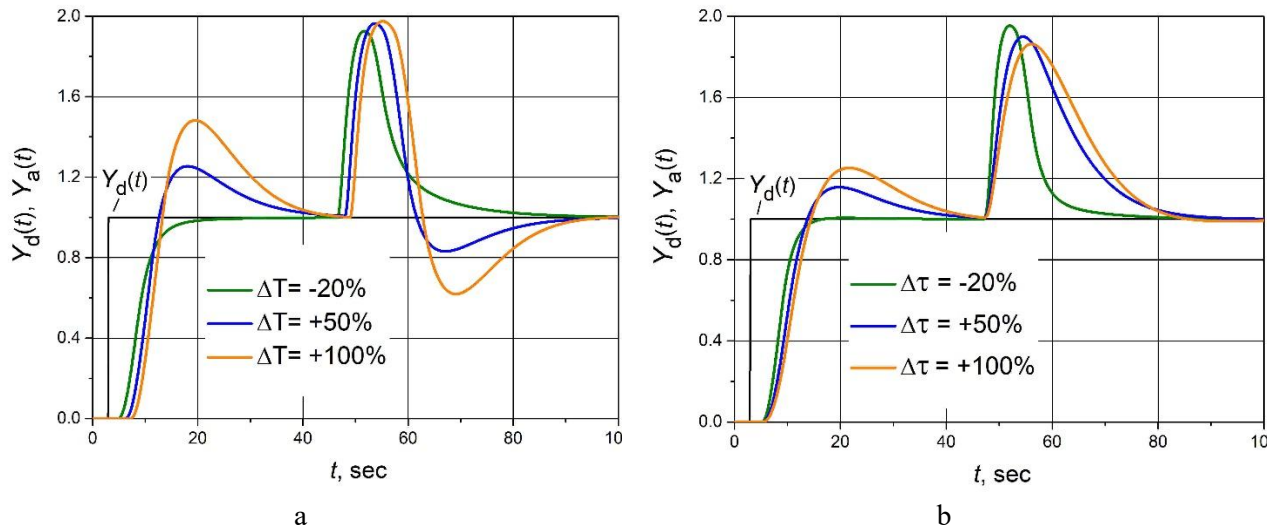


Fig. 4. The set point and load disturbance unit step responses of the control system based on the vI controller when the value of plant response delay changes by ΔT and the value of the time constant – by $\Delta \tau$ [Created by authors]

Conclusions

1. The application of the proposed vI controller with the discrete variable integral constant allows to speed up the control system response as compared to the case when classical I controller is used. The unit step set point and load disturbance response settling times of the control system with the second order plant with the delay using the vI controller was 12.7 and 18.6 seconds, accordingly. Meanwhile, the same settling times using the classical I controller were 16.7 and 25 seconds, respectively.

2. In the case when band-limited white noise with sampling time $t=1$ sec, seed [23231] affects the control system and adds up with the feedback signal the application of vI controller guaranties highest control system resistance to noise signal in comparison to the I, PI and PID controllers. The maximal amplitudes of the $Y_a(t)$ fluctuations caused by the noise signal using vI controller are approximately 2 times lower as compared to the case when I controller is used and 6–9 times lower in comparison when PI and PID controllers are employed.

3. The investigation of control system robustness when dynamic parameters of the controlled plant change show that control system operates stably even when the plant response delay and time constant increase by 100%. Just the response transient settling time increases in such a case.

4. The disadvantage of the proposed vI controller is that the control system based on this controller has a longer response settling time as compared with the case when PI and PID controllers are used. However, a control system based on the PI and especially PID controller is much more noise sensitive as compared to control system based on the vI controller.

References

1. Bielskis, E.; Baskys, A.; Valiulis, G. Controller for the Grid-Connected Microinverter Output Current Tracking. *Symmetry*, 2020, 12, 112. doi: 10.3390/sym12010112
2. Narasimman, P.; Mercy, E.L. Design and Comparison of Controller for the Reduction of Conducted Electromagnetic In-terference in an Inverter. *Circuits and Systems* 2016, 7, 1167–1176. doi: 10.4236/cs.2016.77100
3. Ning, Z.; Mao, Y.; Huang, Y.; Xi, Z.; Zhang, C. A measurement noise rejection method in the feedback control system based on noise observer. *IEEE Sensors Journal* 2021, 21, 1686 – 1693. doi: 10.1109/JSEN.2020.3015837
4. Yuliawan, S.; Wahyunggoro, O.; Setiawan, N. Kalman Filter to Improve Performance of PID Control Systems on DC Motors. *International Journal of Information Technology and Electrical Engineering* 2021, 5, 96–102. doi:10.22146/ijitee.64511
5. Zhang, T.; Jiang, S.; Zhang, T.; Shen, D.; Xu, H. A Kiefer-Wolfowitz algorithm based adaptive PID for magnetic levitation ball system with experimental verification. *In Proceedings of the 41st Chinese Control Conference*, Hefei, China, 25-27 July 2022. doi: 10.23919/CCC55666.2022.9901891

ELEKTROMAGNETINIAMS TRIKDŽIAMAS ATSPARUS VALDIKLIS PAGRĖSTAS MODIFIKUOTU INTEGRINIŲ VALDYMO ALGORITMU

SANTRAUKA

Straipsnyje pateikiamas modifikuotu integriniu valdymo algoritmu pagrįstas grįžtamojo ryšio valdiklis, leidžiantis pasiekti didesnio valdymo sistemos atsparumo elektromagnetinių trikdžių sukeliamiems triukšmo signalams, lyginant su atvejais, kai naudojami proporcinis-integrinis-diferencinis, proporcinis-integrinis ir klasikinis integrinis valdikliai. Taip pat siūlomas valdiklis garantuoja trumpesnį valdymo sistemos atsako laiką, lyginant su klasikiniu integraliniu valdikliu. Skiriamasis siūlomo valdiklio bruožas yra tas, kad jame integrinė konstanta diskretiškai keičia savo vertę, esant tam tikrai valdymo paklaidos vertei. Valdymo sistema su pasiūlytu modifikuotu integriniu valdikliu ištirta naudojant Matlab/Simulink modeliavimo programą.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Author name, surname: Martynas Šapurov

Science degree and name: doctor

Workplace and position: Vilniustech (Vilnius Gediminas Technical University), Faculty of Electronics associated professor.

Author's research interests: technology sciences, electronics and electrical engineering.

Telephone and e-mail address: +370 684 70305, martynas.sapurov@vilniustech.lt

Author name, surname: Vytautas Bleizgys

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Vilniustech (Vilnius Gediminas Technical University), Faculty of Electronics associated professor.

Author's research interests: technology sciences, electronics and electrical engineering.

Telephone and e-mail address: +370 687 97647, vytautas.bleizgys@vilniustech.lt

MALŪNSPARNIO PRITAIKYMO TŪPTI ANT VANDENS GALIMYBĖS TYRIMAS

Andrius Dargužis

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Malūnsparniai yra orlaivio tipas, kurių keliamąją jėgą sukuria sraigtas, o horizontali trauka sukurama propeleriu. Malūnsparniai pasižymi trumpesniu pakilimo/tūpimo keliu nei lėktuvai, kas leidžia juos panaudoti ten, kur lėktuvo naudojimas neįmanomas arba netikslingas. Malūnsparniai dažniausiai turi ratinę važiuoklę, dėl ko jie gali tūpti tik ant kieto paviršiaus. Straipsnyje nagrinėjama galimybė pritaikyti egzistuojantį malūnsparnio modelį tūpimui ant vandens, neprarandant galimybės tūpti ant kieto paviršiaus. Šiuo tikslu suprojektuotos plūdės, kurios gali būti montuojamos ant malūnsparnio važiuoklės. Nesant poreikiui tūpti ant vandens, plūdės gali būti nuimtos.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Malūnsparnis, plūdės, tūpimas ant vandens.

Įvadas

Malūnsparniai (dar vadinami autožyrais) yra dažnai painiojami su sraigtasparniais. Sraigtasparniams galimybę pakilti ir skristi sukuria variklio sukamas sraigtas, o uodegos rotorius skirtas kompensuoti fiuzeliažą veikiantį sraigto sukimo momentą. Malūnsparniui keliamąją jėgą sukuria sraigtas, kurį suka priešpriešinio oro srovė. Skrydžiui reikalingą trauką sukuria propeleris, sukamas variklio.

Straipsnyje nagrinėjama galimybė modernizuoti malūnsparnį AutoGyro Calidus, pritaikant jį tūpimui ant vandens (1 pav.).



1 pav. Malūnsparnis AutoGyro Calidus [1]

Malūnsparnis AutoGyro Calidus yra sukurtas ir pagamintas Hildesheimio įmonės AutoGyro GmbH. Calidus turi vieną pagrindinį rotorių, dviejų vietų uždara kabiną su visu aerodinaminiu kabinos gaubtu, triratę važiuoklę su galimais ratų aerodinaminiais gaubtais ir keturių cilindrų, oru ir skysčiu aušinamą, keturių taktų, dvigubo uždegimo 100 AG (75 kW) Rotax 912 variklį (galimi ir kiti variklių pasirinkimai: Rotax 914 UL 115 AG, Rotax 915 iS 141 AG arba Rotax 916 iS 160 AG).

Pagrindinės malūnsparnio AutoGyro Calidus charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Malūnsparnio AutoGyro Calidus charakteristikos [1]

Parametras	Reikšmė
Ilgis	4,78 m
Plotis	1,73 m
Aukštis	2,77 m
Tuščio orlaivio masė	262 kg
Maksimali bagažo masė	188 kg
Maksimali kilimo masė	450/500 kg
Rotoriaus skersmuo	8,4 m
Rotoriaus disko plotas	55,4 m ²
Rotoriaus disko apkrova	8,1 kg/m ²
Propelerio menčių skaičius	3
Propelerio skersmuo	1720 mm
Maksimali statinė propelerio traukos jėga	2251 kN

Šio tyrimo tikslas - suprojektuoti plūdės, skirtas malūnsparniui tūpti ant vandens.

Tyrimo uždaviniai:

- Išanalizuoti plūdėms keliamus reikalavimus;

- Nustatyti plūdžių matmenis ir formą;
- Apskaičiuoti ir patikrinti plūdžių plūdrumą.

1. Plūdinės tūpimo įrangos komponentai ir jiems keliami reikalavimai

Norint, kad orlaivis galėtų tūpti vandenyje, jam reikia suteikti plūdrumą. Tai galima padaryti sumontuojant ant malūnsparnio važiuoklės plūdurus, kurie gali būti uždedami ar nuimami pagal poreikį. Plūdės turi atitikti jai keliamus reikalavimus [2]:

1. Plūdės ir kiti elementai turi būti kuo lengvesni tenkinant stiprumo, standumo ir ilgaamžiškumo reikalavimus.
2. Komponentai turi būti technologiškai gamybos, priežiūros bei remonto požiūriu.
3. Komponentai turi būti kuo mažesni tenkinant pirmame punkte išvardintus reikalavimus.
4. Plūdė turi būti padalinta į nemažiau nei 4 nelaidžius vandeniui segmentus, saugos sumetimais, jeigu plūdė būtų pažeista ir vanduo galėtų patekti į vidinę jos dalį, kiti segmentai toliau išliktų veiksnūs.
5. Segmentai turi turėti atskiras uždaromas angas viršuje, plūdės vidinės dalies apžiūrai ir/ar patekusio vandens ištraukimui.
6. Orlaivio plūdės turi turėti 80% atsargą. Pvz. plūdė, išstumianti 100 litrų vandens, apkrauta 100 kilogramų būtų visa panirusi vandenyje. Orlaiviui, kurio svoris 200 kg, naudojamam dvi plūdės jų išstumiamas vandens kiekis turėtų būti nemažesnis kaip 360 kilogramų (laikant, kad $1\text{ l} = 1\text{ kg}$).

Medžiagos. Aviacijoje naudojamos medžiagos turi atlaikyti konstrukcines ir aerodinamines apkrovas, tuo pačiu turi turėti geras apdirbimo charakteristikas. Orlaivio medžiaga neturi įtrūkti, oksiduotis, eksploatacijos metu koroduoti ar kitaip būti pažeistai, esant nepalankioms eksploataavimo sąlygoms, kurios susijusios su didelėmis apkrovomis, užšalimais, aukšta temperatūra, žaibo smūgiais ir krušos grėsmėmis ir potencialių koroziją keliančių skysčių, tokių kaip reaktyvinis kuras, tepalai ir dažų nuėmikliai. Plūdės gaminamos iš aliuminio lydinio 6061-T6.

Sertifikavimo reikalavimai. EASA CS-27 tai sertifikavimo specifikacijos, priimtinos atitikties priemonės ir rekomendacinė medžiaga mažiems rotoriniams orlaiviams. Šios sertifikavimo specifikacijos yra taikomos mažiems rotoriniams orlaiviams su maksimalia mase 3175 kg arba mažiau ir devynis ar mažiau keleivių vietų. Kiekvienas reglamento reikalavimas turi būti įvykdytas atsižvelgiant į taikomas sąlygas ir reikalavimus kurie aprašyti šiame sertifikate. Tai turi būti parodyta atliekant bandymus su tokio tipo rotoriniu orlaiviu kurio sertifikavimo prašoma arba skaičiavimais remiantis rezultatais gautais testavimo metu. Orlaivį turi būti įmanoma nuleisti be pernelyg didelio vertikalios pagreičio, be tendencijos atšokti, vertimosi į priekį be išskirtinių pilotavimo įgūdžių ar išskirtinai palankių sąlygų [3].

Stiprumo reikalavimai. Stiprumo reikalavimai nurodyti terminais ribinių apkrovų (didžiausios apkrovos, kurių tikimasi eksploataavimo metu) ir ribinės apkrovos (ribinės apkrovos, padaugintos iš numatytų saugos koeficientų). Nebent yra priskirtos kitos ribinės apkrovos.

Taikomas saugos koeficientas yra 1,5 - nebent priskiriamas kitas saugos koeficientas, taikant papildomas sąlygas. Konstrukcija turi atlaikyti ribines apkrovas be žalingų ar nuolatinių deformacijų. Esant bet kokiai apkrovai iki ribinių apkrovų, deformacija yra galima, netrukdanti saugiai eksploatuoti orlaivį. Konstrukcija turi atlaikyti maksimalius įtempius be žalingų padarinių. Tai turi būti parodyta apkraunant konstrukciją statine apkrova ne trumpiau nei tris sekundes arba dinamine apkrova, simuliuojant realias apkrovas. Kiekviena važiuoklės tvirtinimo dalis turi atlaikyti nemažiau negu orlaivio sunkio jėgą.

CS 27.473 – nurodytoms tūpimo sąlygoms – projekte turi būti naudojamas maksimalus svoris. Rotoriaus generuojama keliamoji jėga turi veikti per svorio centrą visais nusileidimo atvejais. Ši keliamoji jėga negali viršyti dviejų trečdalių maksimalus orlaivio svorio.

2. Tiriamoji dalis

2.1 Plūdės tūrio skaičiavimas

Masė, kurią plūdės turės išlaikyti, yra lygi maksimaliai orlaivio kilimo masei.

Archimedo jėgos formulė:

$$B = \rho V g, \quad (1)$$

čia B – Archimedo jėgos dydis, ρ – skysčio tankis, V – panardinamas tūris, g – laisvojo kritimo pagreitis.

Kadangi jėgų sąveika (Archimedo jėgos ir kūno svorio) turi būti lygi 0, remiantis antro Niutono dėsniu, objekto pagreitis, kurį sukuria grynoji jėga, yra tiesiogiai proporcingas grynosios jėgos dydžiui, ta pačia kryptimi kaip ir grynoji jėga, ir atvirkščiai proporcingas objekto sunkio jėgai.

Todėl:

$$F_{\text{net}} = 0 = mg - (\rho_1 - \rho_2)V, \quad (2)$$

čia F_{net} – jėgų skirtumas, m – malūnsparnio masė, ρ_1 – dujų esančių plūdės viduje tankis (oro tankis 1,225 kg/m³), ρ_2 – išstumiamo skysčio tankis (vandens tankis 997 kg/m³), V – išstumiamo vandens tūris.

Iš šios formulės galime išsireikšti panardinamą tūrį, reikalingą išlaikyti malūnsparnio svoriui:

$$V = \frac{\frac{m_{max}}{2}}{-(\rho_1 - \rho_2)}, \quad (3)$$

čia m_{max} – orlaivio maksimali masė, ρ_2 – vandens tankis 997 kg/m³, ρ_1 – oro tankis 1,225 kg/m³,

Gauta, kad $V = 0,251$ m³. Įvertinus, kad plūdė turi turėti 80 % atsargą esant ramybės būsenai, gaunama, kad $V = 0,451$ m³. Kadangi plūdės dvi, tai vienai plūdei tenka $V = 0,226$ m³.

Nors malūnsparniui yra būdinga tūpti labai sklandžiai ir švelniai, pilotuojant nepatyrusiam pilotui tūpimo metu gali susidaryti smūgis. Smūgį galima apskaičiuoti naudojant antrąjį Niutono dėsnį:

$$F = ma, \quad (4)$$

Tūpimo pagreitis nebus didelis, nes rotorius orlaivio leidimosi pagreitį smarkiai sumažina, varikliui neveikiant, tinkami piloto veiksmai leidžia malūnsparniui leisti lėčiau negu parašius, todėl pagreitis yra 1,8 m/s². Gauta, kad jėga, susidaranti smūgio metu $F = 900$ N, kas reikštų papildomą 91,8 kg apkrovą. Taigi vienai plūdei tenka papildomi 45,9 kg, kas sudaro apie 9% visos orlaivio masės. Tokia jėga smarkiai nepaveiks plūdės, nes ji turi turėti 1,8 atsargos koeficientą.

2.2 Plūdžių geometrinių parametrų skaičiavimas

Plūdžių geometrija yra labai svarbus veiksnys jų projektavime. Dėl netinkamos geometrijos orlaivis gali būti nestabilus tiek skrydžio metu tiek laviravimo vandens paviršiuje metu. Taip pat plūdžių montavimo vieta turi būti pasirinkta taip, kad smarkiai nepaveiktų orlaivio skridimo, kilimo bei tupimo charakteristikų. Idealiai plūdžių svorio centras turėtų sutapti su malūnsparnio svorio centru, kuris yra ties rotoriaus tvirtinimo vieta. Taip pat turi būti parenkamas atitinkamas tarpas tarp plūdžių ir jų ilgis, tam kad orlaivis būtų stabilus ant vandens paviršiaus, neapvirstų esant didesniam vėjui ar esant didesnėms bangoms.

Atsižvelgiant į malūnsparnio „Calidus“ matmenis, parinkti tokie plūdės matmenys: ilgis $L = 4,5$ m, maksimalus plotis $B = 0,38$ m.

Rekomenduojamas atstumas tarp plūdžių išreiškiamas taip [4]:

$$S = \frac{0,0415m^{2/3}}{\sqrt{L \cdot B}}, \quad (5)$$

čia L – plūdės ilgis, B – plūdės plotis, m – maksimali masė.

Gauta, kad $S \approx 2$ m, tačiau dėl pasirinkto montavimo būdo toks plotis tarp plūdžių nebus galimas, nes orlaivio važiuoklės maksimalus plotis yra 1715 mm. Gaunamas skirtumas tarp rekomenduojamo pločio ir galimo pločio yra 285 mm. Toks skirtumas orlaivio stabilumo smarkiai nepaveiks ir laikomas leistinu.

Rekomenduojamas plūdės ilgis:

$$L = 0,225m^{\frac{2}{3}}\left(\frac{K}{nB}\right)^{1/3}, \quad (6)$$

čia n – plūdžių skaičius, K – konstanta (skraidančios valtys su dvejomis pagrindinėmis plūdėmis parenkama $K = 1,4$).

Gauta, kad $L \approx 4,38$ m. Ilgis gaunamas 0,12 m trumpesnis negu pasirinktas, tačiau tai tik pagerina stabilumą šoninėje sukimosi ašyje, svarbu, kad ilgis būtų lygus rekomenduojamam arba daugiau $L \geq L_{rek}$.

Toliau skaičiuojamas Parkinsono apkrovos koeficientas, kuris nusako išstumiamo vandens koeficientą.

$$k = \frac{F_s}{\rho_2 g L_s^2 B}, \quad (7)$$

čia F_s – sunkio jėga tenkanti vienai plūdei, ρ_2 – vandens tankis, g – laisvojo kritimo pagreitis, L_s – šlapios plūdės dalies ilgis, B – plūdės plotis;

Gauta, kad $k = 0,041$. Esant mažam vandens išstūmimui $k = 0,0525$, taigi gauta k reikšmė yra mažesnė. Taip yra dėl to, kad šios plūdės ilgio ir pločio santykis yra didelis, kas smarkiai mažina išstumiamo vandens kiekį.

2.3 Plūdžių plūdumo atsargos nustatymas

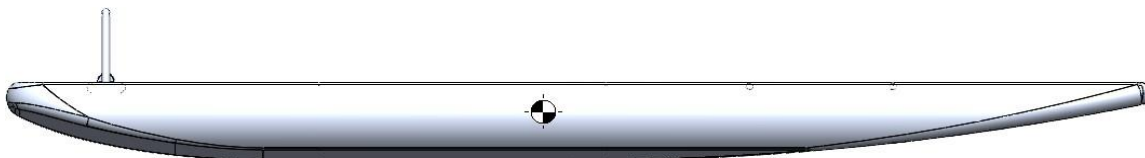
Pagal EASA CS-27 reikalaujama 4 atskirų vienai nuo kitos kamerų, ir, vienai iš jų praradus hermetiškumą, orlaivis turi nenuskęsti ir likti plūduriuoti vandens paviršiuje. Šių plūdžių didžiausios kameros tūris yra $V_k = 0,1412$ m³.

$$V_t = V - V_p, \quad (8)$$

čia V_t – likutinis tūris, V_p – panirusius plūdės dalies tūris, V – plūdės tūris.

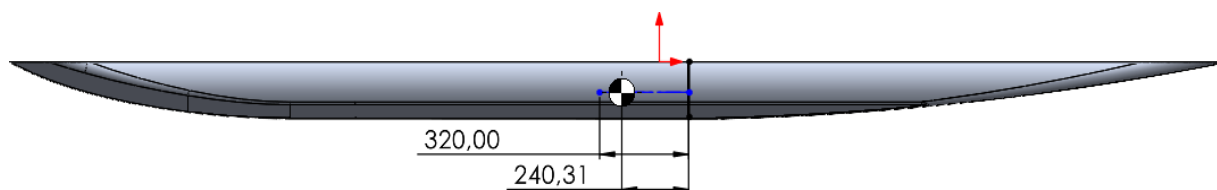
Gauta, kad $V_t = 0,2 \text{ m}^3$. Kad orlaivis nenuskęstų, būtina sąlyga: $V_t \geq V_k$. Kadangi $0,2 \text{ m}^3 \geq 0,1412 \text{ m}^3$, galima teigti, kad esant apsemtai didžiausiai plūdės kamerai, jų plūdrumo pakaks ir orlaivis nenuskęs.

Plūdės vaizdas pateiktas 2 pav. Plūdės gale matoma 6° nuožulna, kuri skirta sumažinti kontaktą su vandens paviršiumi kilimo metu. Nuožulna taip pat pagerina orlaivio tūpimą bei kilimą. Esant normaliam Calidus kilimui, nosis pakyla apie 10-15cm nuo žemės, kas yra apie $2,7^\circ - 4^\circ$. Todėl galinė plūdės dalis nepanirs ir neatsvers orlaivio šonine jo ašimi.



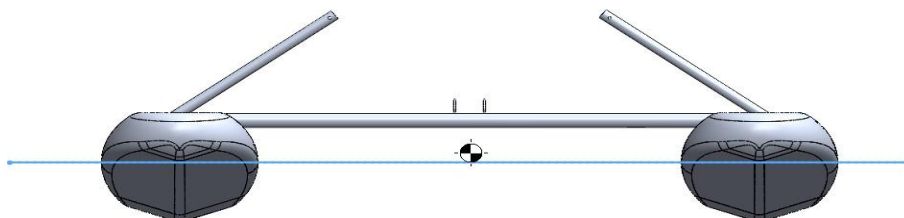
2 pav. Šoninis plūdės vaizdas
(Šaltinis: sudaryta autoriaus)

Kitas svarbus aspektas projektuojant plūdę, yra jos plūduriavimo centras. Kadangi jis sutampa su panardinto objekto masės centru, jis nustatytas „Solidworks“ programos pagalba (2 - 3 pav.).



3 pav. Vandens linija
(Šaltinis: sudaryta autoriaus)

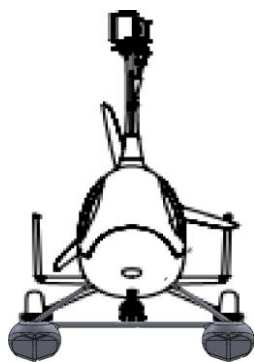
Matoma plūdė nupjauta ties išstumiamo vandens lygų malūnsparnio svoriui linija (3 pav.). Plūdės viduje pažymėtas jos plūduriavimo centras, kuris sutampa su masės centru [5]. Juoda linija žymi galinės orlaivio važiuoklės montavimo vietą prie plūdžių. Malūnsparnio „Calidus“ svorio centras nuo ratų montavimo vietos yra nutolęs 320 mm, o plūduriavimo centras 240,31 mm. Skirtumas tarp centrų yra 79,69 mm. Galima teigti, kad plūdės yra stabilios ir orlaivio skrydžio charakteristikų smarkiai nepablogins.



4 pav. Vandens linija, vaizdas iš priekio
(Šaltinis: sudaryta autoriaus)

Įprastų vandens lėktuvų plūdės dugno kampas su vandens paviršiumi yra apie 20° . Didinant šį kampą plūdės dugnas tampa mažiau efektyvus, generuojant hidrodinaminę keliąją jėgą taip sumažinant smūgius į bangas ir sušvelnina tūpimo procesą, tačiau tuo pačiu išaugtų ir hidrodinaminė pasipriešinimo jėga, dėl padidėjusio plūdės paviršiaus kontakto su vandeniu [6]. Šio kampo sumažinimas mažiau 20° padidina hidrodinaminio nestabilumo riziką ir paprastai tai nerekomenduojama [7]. 14 pav. matoma 20° nuožulna, skirta pagerinti plūdžių hidrodinaminį stabilumą, paskirstyti apkrovas tūpimo ir kilimo metu ir palengvinti tūpimo procesą.

Plūdžių tvirtinimas prie malūnsparnio vyksta šia seka: nuimti priekinį ratą ir užkėlus orlaivį ant plūdžių, priekinės važiuoklės šakutę pritvirtinti prie tvirtinimo elemento (5 pav., a). Galinė važiuoklė tvirtinsis prie plūdžių kartu su ratais, kas smarkiai pagerina orlaivio praktiškumą. Kadangi galinių ratų montavimo vieta beveik sutampa su malūnsparnio rotorius centru, kur veikia didžiausios apkrovos padangos, taip pat tūpimo metu veiktų, kaip amortizuojanti detalė.



a)



b)

5 pav. Sumontuotos plūdės vaizdas iš priekio (a) ir šono (b)

(Šaltinis: sudaryta autoriaus)

Papildomi tvirtinimai plūdžių priekyje skirti sustandinti plūdės priekinę dalį dalyje esant netolygiai plūdžių apkrovai. Spyrių galai tvirtinami prie kronšteino (5 pav., b), kuris tvirtinamas prie malūnsparnio fiuzeliažo.

Išvados

1. Atlikus literatūrinę analizę buvo nustatyti taikomi reikalavimai plūdžių konstrukcijai. Plūdės ir kiti elementai turi būti kuo lengvesni tenkinant stiprumo, standumo ir ilgaamžiškumo reikalavimus. Plūdė turi būti padalinta į nemažiau nei 4 segmentus nelaidžius vandeniui, saugos sumetimais, jeigu plūdė būtų pažeista ir vanduo galėtų patekti į vidinę jos dalį kiti segmentai toliau išliktų veiksnūs. Orlaivio plūdės turi turėti 80% plūdumo atsargą. Kiekvienas plūdės komponentas privalo atlaikyti apkrovas taikant 1,5 atsargos koeficientą.
2. Apskaičiuotas reikalingas minimalus plūdžių tūris, maksimalią masę imant lygią maksimaliai orlaivio masei. Gautas vienos plūdės tūris – $0,451 \text{ m}^3$ su pritaikytu 80% plūduriavimo atsargos koeficientu. Paskaičiuoti ir parinkti plūdžių matmenys, tokie kaip atstumas tarp plūdžių kuris yra 1560mm ir ilgis – 4500mm.
3. Tikrinant plūdžių plūdumą gauta, kad esant apsemtam vienam plūdės tūriui, likutinis plūdės tūris $V_t = 0,2 \text{ m}^3$ yra didesnis nei apsemtos $V_k = 0,1412 \text{ m}^3$, tad orlaivis nenuskęs.

Literatūra

1. Calidus Online Brochure. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-03-31]. https://www.auto-gyro.com/wp-content/uploads/2023/07/online-Broschure-Calidus_2022-AutoGyroindd.pdf
2. HOUSTON, Stewart; THOMSON, Douglas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-03-31]. On the modelling of gyroplane flight dynamics. *Progress in Aerospace Sciences*, 2017, 88: 43-58. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-03-31]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2016.11.001>.
3. European Union Aviation Safety Agency 2018 Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Small Rotorcraft CS-27. Amendment 6. [žiūrėta 2022-04-16]. Prieiga per: <https://www.easa.europa.eu/document-library/certification-specifications/cs-27-amendment-9>
4. GUDMUNDSSON, S. APPENDIX C3: Design of Seaplanes. General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures, Elsevier, Inc, 2013. ISBN: 978-0-12-397308-5.
5. MORIMOTO, Konomi; SUZUKI, Yutaro. Actual determination of center-of-buoyancy in Nautilus. *Geoscience reports of Shizuoka University* 37 (2010): 51-55. 9. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-03-31]. DOI: https://doi.org/10.51053/shizuoka.37.0_51.
6. CORNIER CHEVERE, D., Design of a Single Seat Light Sport Aircraft Seaplane. Mechanical Engineering Program; 2018.
7. MORABITO, Michael G. A Review of Hydrodynamic Design Methods for Seaplanes. *Journal of Ship Production and Design*, 2021, 37.03: 159-180. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-03-31]. DOI: <https://doi.org/10.5957/JSPD.11180039>

STUDY OF THE POSSIBILITY OF ADAPTATION OF A GYROPLANE FOR LANDING ON WATER

Summary

Gyroplanes (also known as autogyros) are a type of aircraft in which the lifting force is created by a screw, and the horizontal thrust is created by a propeller. Gyroplanes have a shorter take-off/landing path than airplanes, which allows them to be used where the use of an airplane is impossible or inexpedient. Gyroplanes usually have wheeled landing gear,

which is why they can only land on a hard surface. The article examines the possibility of adapting an existing gyroplane model for landing on water, without losing the ability to land on a hard surface. For this purpose, floats have been designed that can be mounted on the helicopter landing gear. The floats can be removed when there is no need to land on water.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Andrius Dargužis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 614 77194, andrius.darguzis@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Andrius Dargužis.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution, associated professor.

Author's research interests: transport technologies, engineering research methodology.

Telephone and e-mail address: +370 614 77194, andrius.darguzis@lik.tech

ĮGILINTŲ PADANGŲ ĮTAKA STABDYMO EFEKTYVUMUI TYRIMAS

Dalius Kalisinskas

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Šiame tyrime nagrinėjamas sunkvežimių padangų protektoriaus įgilinimo poveikis stabdymo efektyvumui. Eksperimentiniai tyrimai rodo, kad įgilinimas pagerina sukibimą su kelio danga, sumažina eksploatacines išlaidas, prailgina padangų tarnavimo laiką ir padeda mažinti aplinkos taršą, išlaikant saugumo standartus. Vienas iš pagrindinių šiuolaikinio transporto sektoriaus tikslų – kaštų optimizavimas, o viena iš priemonių tai pasiekti yra padangų protektoriaus gilinimas. Šis procesas atkuria griovelių gylį, leidžia prailginti eksploataavimo trukmę bei padidina padangos ridą. Nudilusios padangos kelia pavojų saugumui, nes blogina sukibimą su kelio danga. Protektoriaus būklė lemia atramines, sukibimo ir deformacines padangos savybes. Įgilinti galima tik tas padangas, kurios pažymėtos ženklu „Regroovable“. Pagal Europos Sąjungos direktyvas siekiama užtikrinti ilgalaikį padangų naudojimą ir sumažinti atliekų kiekį. Įgilintos padangos gali nuvažiuoti iki 30 000 km, mažina energijos sąnaudas ir žaliavų poreikį. Procesas atliekamas specialiais peiliukais, per kuriuos teka elektros srovė – tai saugus ir efektyvus metodas, leidžiantis maksimaliai išnaudoti padangos resursus, mažinti degalų sąnaudas ir tausoti aplinką.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Padangos, įgilinimas, stabdymo kelias, transporto efektyvumas.

Išvadas

Šiuolaikiniame transporto sektoriuje vienas pagrindinių siekių – efektyvus išteklių panaudojimas ir išlaidų mažinimas. Vienas iš būdų optimizuoti kaštus – sunkvežimių padangų protektoriaus gilinimas arba jų restauravimas. Šis metodas leidžia pašalinti viršutinį nusidėvėjusį gumos sluoksnį ir atkurti protektoriaus griovelių gylį, taip prailginant padangų eksploatacijos laiką.

Nusidėvėjęs padangos protektorius kelia riziką saugumui, nes mažina sukibimą su kelio danga. Pagrindinės padangų savybės, lemiančios sunkvežimio eksploatacines charakteristikas, yra atraminės, sukibimo ir deformacinės. Atraminės savybės apibūdina padangos gebėjimą išlaikyti apkrovas ir tolygiai paskirstyti jas kelio paviršiui.

Sunkvežimiui judant, kelio ir padangos sąveika sukelia pasipriešinimą riedėjimui, kuris gali mažinti varomąją jėgą. Horizontali kelio reakcija veikia ratus, o dėl to svarbu, kad protektorius užtikrintų stabilų sukibimą su danga ir sugertų išorines jėgas. Šios savybės turi būti išlaikytos visą padangos naudojimo laikotarpį. Nors yra daug tyrimų apie naujas sunkvežimių padangas, protektoriaus įgilinimo įtaka jų eksploatacinėms savybėms vis dar nėra išsamiai išnagrinėta. Be to, ne visų padangų protektorius gali būti įgilintas – tai leidžiama tik toms, kurios pažymėtos „Regroovable“ ženklu. Padangų protektoriaus būklė yra vienas pagrindinių veiksnių, lemiančių sunkiasvorio transporto saugumą. Nudilus protektoriui, blogėja sukibimas su kelio danga, ilgėja stabdymo kelias ir mažėja transporto priemonės stabilumas (Vaitkus ir kt., 2019). Viena iš priemonių, leidžiančių sumažinti šias rizikas ir kartu optimizuoti eksploatacijos išlaidas padangų protektoriaus įgilinimas. Šis procesas leidžia atkurti griovelių gylį, pagerinti sukibimą ir pailginti padangos tarnavimo laiką (Novák & Procházka, 2017).

Eksperimentiniai tyrimai rodo, kad įgilintos padangos gali užtikrinti papildomą iki 25–30 tūkst. km ridą, palyginti su visiškai nudilusiu protektoriumi (González ir kt., 2020). Tokia praktika taip pat padeda sumažinti degalų sąnaudas, nes pagerėjęs sukibimas ir sumažėjęs riedėjimo pasipriešinimas lemia efektyvesnę energijos panaudojimą (Zhao ir kt., 2018). Be to, padangų įgilinimas leidžia sumažinti triukšmo lygį, kurį kelia transporto priemonės, o tai svarbu tiek aplinkosauginiu, tiek gyvenamosios aplinkos kokybės požiūriu (Sandberg & Ejsmont, 2002).

Ekonominė nauda transporto įmonėms taip pat akivaizdi – kaštų analizė rodo, kad įgilinimas leidžia sumažinti išlaidas padangoms vidutiniškai 20–30 proc. (Stawiarski & Karpinski, 2018). Be to, mažesnis naujų padangų poreikis tiesiogiai susijęs su mažesniu žaliavų ir energijos sunaudojimu gamyboje (Schmidt & Mertens, 2021). Aplinkosauginiu aspektu padangų įgilinimas atitinka Europos Sąjungos direktyvas, kurios numato ilgalaikį padangų naudojimą ir atliekų mažinimą (European Commission, 2020).

Vis dėlto šis metodas gali būti taikomas tik tam tikros konstrukcijos padangoms, pažymėtoms ženklu „Regroovable“, nes tik jos yra pritaikytos papildomam griovelių gilinimui (Michelin, 2021). Tyrimai rodo, kad įgilintų padangų saugumas nėra prastesnis nei naujų, jei procedūra atliekama pagal gamintojo reikalavimus ir laikantis techninių standartų (Pereira ir kt., 2019). Taigi galima teigti, kad protektoriaus įgilinimas yra tvari

technologija, leidžianti užtikrinti transporto priemonių saugumą, mažinti eksploatacines išlaidas bei prisidėti prie žiedinės ekonomikos principų įgyvendinimo.

Aplinkosaugos reikalavimai vis griežtėja, todėl pagal Europos Sąjungos direktyvas siekiama prailginti padangų tarnavimo laiką. Vienas iš sprendimų – naudoti restauruotas (įgilintas) padangas, kurios gali nuvažiuoti iki 30 000 km. Toks sprendimas padeda sumažinti energijos ir žaliavų sunaudojimą bei mažina atliekų kiekį, prisidedant prie tvarios transporto plėtros.

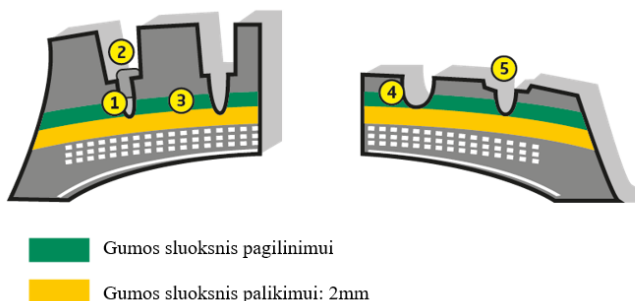
Tikslas. Ištirti sunkvežimio įgilintų padangų stabdymo efektyvumą.

Uždaviniai.

1. Išanalizuoti pagrindinius veiksnius, lemiančius sunkvežimio sustojimo kelią.
2. Eksperimentiniu būdu ištirti sunkvežimio stabdymo kelią, naudojant naujas, dėvėtas ir įgilintas padangas.

Padangų įgilinimas

Sukibimą galima padidinti iki 10% pagilinant padangos protektorių, nes pagilinus padangą yra naudojamas minkštesnis padangos sluoksnis. Padangos gilinimo procesas, kai protektorius nusidėvi, iliustruotas (1 pav.).



1 pav. Padangos protektoriaus sluoksniai

Šaltinis: Euromaster 2024

Testo atlikimo metu, naudotos padangos protektorius buvo nudilęs. Remiantis „Michelin“ įmonės teigimu, tyrimas buvo atliekamas ant poliruoto betono „Ladoux“ testavimo centre buvo atlikti tikslūs matavimai, gautas rezultatas beveik 2 litrai 100 km. Buvo įrodyta, jog įgilinta padanga turi tokias pat eksploatacines savybes, kaip ir nauja padanga. Skirtumas tik tas, kad įgilinta padanga kainuoja apie 40% mažiau. 2014 m. šis faktas pagrįstas vidinės įmonės „Michelin“ kainų ataskaita, atlikta išorės organizacijos. Pagal „Michelin“ įmonės rekomendacijas gilinti protektorių rekomenduojama, kai protektoriaus raštas nusidėvi iki 2-4 mm.



2 pav. Padangos įgilinimas

Šaltinis: Redats, 2020

Atliekant protektoriaus įgilinimą pagal nustatytas rekomendacijas, padangos apsauginis sluoksnis išlaiko protektoriaus zonos patvarumą ir užtikrina karkaso vidinių konstrukcijų vientisumą (Michelin, 2024).

Protektoriaus įgilinimas gali siekti iki 12 mm gylio, kadangi naujose padangose gumos posluoksnis svyruoja tarp 4 ir 12 mm. Tai reiškia, kad padangos konstrukcija nėra pažeidžiama. Įgilinus protektorių, atkuriamas jo originalus raštas ir susiformuoja aštresnės briaunos, kurios pagerina sukibimą su kelio danga, prisidedant prie didesnio vairavimo saugumo (2 pav.). Lyginant naujas ir įgilintas padangas ant šlapios dangos, įgilinto protektoriaus modeliai pasižymi iki 10 % geresniu šoniniu sukibimu.

Dar vienas privalumas – ilgesnė padangos eksploatavimo trukmė. Be to, įgilintos padangos mažina pasipriešinimą riedėjimui, o tai lemia mažesnes degalų sąnaudas. Rekomenduojama protektorių gilinti tuo metu, kai pasipriešinimas riedėjimui yra minimalus – taip sumažinamos deformacijos ir padangos karkasas mažiau kaista. Kai kuriais atvejais, jei padangos karkasas yra itin aukštos kokybės, protektoriaus įgilinimo procesą galima atlikti net du kartus. Tai leidžia dar labiau sumažinti naujų padangų pirkimo išlaidas. Tačiau tokia galimybė priklauso nuo to, ar padanga turi vienodus gumos sluoksnius ir vienodą konstrukcijos struktūrą. Šie duomenys pagrįsti „Michelin“ technologinių procesų tyrimais.

Įgilinimo procesas turi tiesioginę įtaką tiek vairavimo saugumui, tiek transporto priemonės energiniam efektyvumui. Pagrindiniai privalumai:

- Ilgesnė eksploatacija: rida gali padidėti iki 25 % (Euromaster, 2024).
- Mažesnis riedėjimo pasipriešinimas: sutaupoma iki 2 l degalų 100 km atstumu (Michelin, 2014).
- Pagerintas sukibimas: įgilinto protektoriaus šoninis sukibimas šlapioje dangoje gali padidėti iki 10%.
- Ekonomiškumas: įgilinta padanga kainuoja apie 40 % mažiau nei nauja (Michelin, 2014).

Pavyzdys: atlikus bandymus „Ladoux“ bandymų centre (Prancūzija), nustatyta, kad įgilintos padangos sukibimo savybės yra artimos naujų padangų savybėms. Tokie tyrimai patvirtina, kad įgilinimas ne tik prailgina padangos eksploataciją, bet ir užtikrina tinkamą saugumo lygį.

Protektoriaus įgilinimas yra viena iš priemonių, mažinančių padangų atliekų kiekį. Statistiniai duomenys rodo, kad vienos padangos įgilinimas leidžia sutaupyti iki 50 kg žaliavų, t. y. apie 70 % mažiau nei reikalinga naujai padangai pagaminti. Tokiu būdu tiesiogiai mažinamas gamybos metu naudojamos naftos ir kitų žaliavų poreikis, o tai prisideda prie CO₂ emisijų mažinimo transporto sektoriuje.

Be to, įgilintos padangos gali būti renovuojamos pakartotinai, jei jų karkasas yra aukštos kokybės. Tai dar labiau sumažina naujų padangų poreikį, stiprina žiedinės ekonomikos principų įgyvendinimą bei prisideda prie Europos Sąjungos Žaliojo kurso tikslų.

Faktoriai turintys įtakos stabdymo keliui

Stabdymo kelias yra kompleksinis rodiklis, priklausantis nuo transporto priemonės, kelio dangos, aplinkos, vairuotojo reakcijos ir papildomų technologijų. Remiantis įvairiais tyrimais, bendras stabdymo kelias gali skirtis net kelis kartus priklausomai nuo sąlygų (Vangi ir kt., 2018; Olabisi, 2020). Šiuos veiksnius galima suskirstyti į penkias grupes:

Pradinis greitis. Stabdymo kelias didėja kvadratiškai pagal kinetinės energijos priklausomybę nuo greičio ($E = \frac{1}{2}mv^2$). Pavyzdžiui, automobilis važiuojantis 50 km/h, sausame asfalte vidutiniškai sustoja per 27 m, tuo tarpu važiuojant 100 km/h – stabdymo kelias padidėja iki ~70 m (Anderson & Plecher, 2019).

Stabdymo jėga ir sistemos efektyvumas. Tyrimai rodo, kad net 15 % stabdžių efektyvumo sumažėjimas gali pailginti stabdymo kelią iki 10 m važiuojant 80 km/h greičiu (Németh ir kt., 2021).

Padangų būklė. Protektoriaus gylio sumažėjimas nuo 8 mm iki 1,6 mm (teisėtas minimumas ES) padidina stabdymo kelią 50 km/h greičiu šlapioje dangoje nuo ~25 m iki 38 m (ETRMA, 2020).

Pakrovimas. Sunkvežimių atveju padidinus masę 20 %, stabdymo kelias gali pailgėti iki 15 % (Zhao ir kt., 2017).

Kelio dangos savybės. *Paviršiaus tipas.* Sausas asfaltas užtikrina sukibimo koeficientą $\mu \approx 0,7\text{--}0,9$, šlapias asfaltas – 0,4–0,6, o apledėjęs kelias – tik 0,1–0,2 (Gaca & Tracz, 2015). Tai reiškia, kad esant ledui stabdymo kelias gali pailgėti 3–5 kartus, lyginant su sausu keliu. *Nelygumai ir posūkiai.* Tyrimai parodė, kad nelygus kelias stabdymo kelią gali padidinti 10–20 % dėl sumažėjusio sukibimo (Schoon, 2019).

Aplinkos sąlygos. *Oro sąlygos.* Esant lietui, stabdymo kelias padidėja vidutiniškai 25 %, o esant snigui – 50–100 % (TRB, 2016). Temperatūra. Esant <0 °C, vasarinės padangos praranda iki 40 % sukibimo (Continental, 2021).

Vairuotojo reakcija. *Reakcijos laikas.* Vidutinis vairuotojo reakcijos laikas siekia 1,0–1,5 s (Green, 2000). Važiuojant 90 km/h greičiu, per šį laiką automobilis nuvažiuoja 25–37 m dar nepradėjęs stabdyti. *Vairavimo įpročiai.* Agresyvus stabdymas be ABS sistemos gali pailginti stabdymo kelią iki 20 % dėl slydimo (Rosén & Sander, 2009).

Papildomos technologijos. *ABS.* Remiantis Europos Komisijos duomenimis, ABS sutrumpina stabdymo kelią šlapiame kelyje vidutiniškai 10–15 % ir sumažina slydimo riziką (EC, 2017). *ESP.* Tyrimai rodo, kad ESP sumažina eismo įvykių, susijusių su kontrolės praradimu, skaičių iki 30 % (Farmer, 2010).

Sunkvežimio stabdymo kelio tyrimas

Pagaminus naują sunkvežimį atliekami jo bandymai. Sunkvežimis turi atitikti Europos Sąjungoje

galiojančius reikalavimus. Vienas iš matavimų yra stabdymas nuo 60km/h greičio. Taisyklėse yra nurodoma, kad stabdymo kelias neturi būti ilgesnis nei 36,7m. Tose pačiose taisyklėse nurodoma, kad stabdymo pagreitis turi siekti mažiausiai 5m/s² (Direktyva 2014/45/ES, 2014). Jeigu stabdymo pagreitis bus didesnis, tai reiškia, kad sunkvežimio stabdo efektyviau.

Automobiliui stovint ir nejudant, jo masė pasiskirsto visiems keturiems ratams. Padangos ir kelio paviršiuje atsiranda jėgos, nukreiptos statmenai aukštyn. Nagrinėjant ašių apkrovas, išskiriamos tik dvi jėgos, G_v ir G_h . (Pečeliūnas, Sokolovskij, 2012).

Atstumas nuo priekinės ašies iki masės centro, žymimas l_v , o atstumas nuo masės centro iki galinės ašies- l_h . Šių abiejų atstumu suma yra lygi automobilio bazei. Svorio centras gali būti bet kuriame taške, beveik visada tarp laikančiųjų ašių. Norint apskaičiuoti jo vietą, svarbu žinoti agregatų masę, jų išsidėstymą ir tikslus atstumus nuo atskaitos taškų, šiuo atveju nuo automobilio priekio.

Žinant l_v , l_h ir automobilio visą masę, galima apskaičiuoti ašių apkrovas pagal formules: (Pečeliūnas, Sokolovskij, 2012).

$$G_v = G * \frac{l_h}{l_v + l_h} \quad G_h = G * \frac{l_v}{l_v + l_h} \quad (1)$$

čia G – automobilio masė, G_v - priekinės ašies apkrova, G_h - galinės ašies apkrova, l_v -atstumas nuo priekinės ašies iki masės centro, l_h -atstumas nuo masės centro iki galinės ašies.

Greitėjant ar lėtėjant, ašių apkrovos pasikeičia nuo statinių apkrovų. Kuo aukščiau automobilio masės centras, tuo labiau bus apkraunama automobilio priekinė ašis stabdant.

Esant kad ir nežymiam automobilio lėtėjimui, gaunama nauja jėgų sistema su dinaminio ašių apkrovų pokyčiu ΔG : (Pečeliūnas, Sokolovskij, 2012).

„Esant momentinei pusiausvyrai apie galinės ašies atramos tašką gaunama lygtis:“ (Pečeliūnas, Sokolovskij, 2012).

$$m * l_h + G * l_h - (G_v + \Delta G) * (l_v + l_h) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{G * l_h + m * a * h}{l_v + l_h} = G_v + m * a * x = G_v + \Delta G \quad (3)$$

čia a - pagreitis, m - masė.

Gaunama kad, dėl lėtėjimo ar greitėjimo a statinė priekinės ašies apkrova padidėja ar sumažėja priklausomybe: (Pečeliūnas, Sokolovskij, 2012).

$$\Delta G = m * a * x \quad (4)$$

$$x = \frac{\text{svorio centro aukštis}}{\text{automobilio bazė}} \quad (5)$$

Atliekant stabdymo bandymus, svarbu išlaikyti vienodas sąlygas visiems bandymams. Bandymui buvo pasirinktas kelias, kuriuo nevyksta intensyvus eismas. Su kreida ant asfalto buvo nubrėžta linija, nuo kurios buvo pradedamas stabdymas. Bandymo metu pagreičiui, greičiui, nuvažiuotam atstumui matuoti naudojamas Race Technology duomenų kaupiklis DL1 Club (3 pav.).

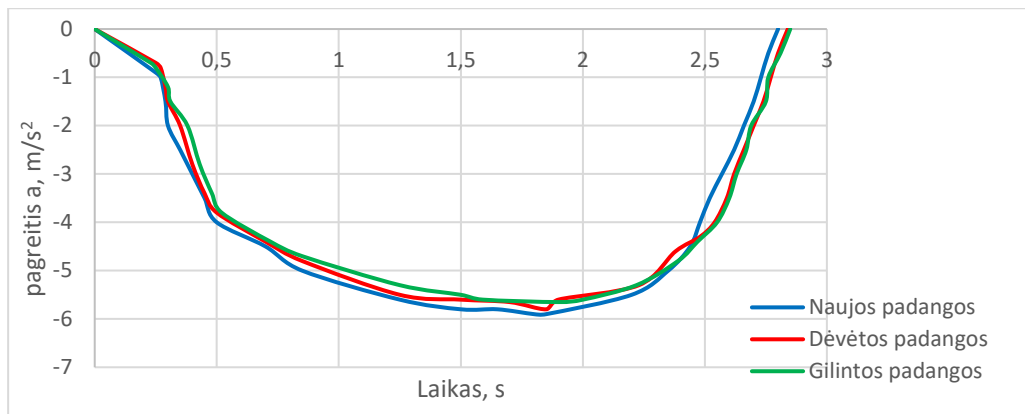


3 pav. Race Technology duomenų kaupiklis DL1 Club

Šaltinis: Race technology

Bandymai kartoti kelis kartus, kad būtų išvedamas duomenų vidurkis. Sunkvežimiui pasiekus tam tikrą greitį, buvo pradėta stabdyti iki visiško sustojimo. Pirmiausia buvo ant sunkvežimio ratų uždėtos naujos padangos, kuriomis pravažiuota apie 1000 km. Sekantys važiavimai atlikti su dėvėtomis padangomis, kurių protektoriaus gylis apie 8mm. Po to padangos pakeistos į gilintas, protektoriaus gylis apie 6 mm.

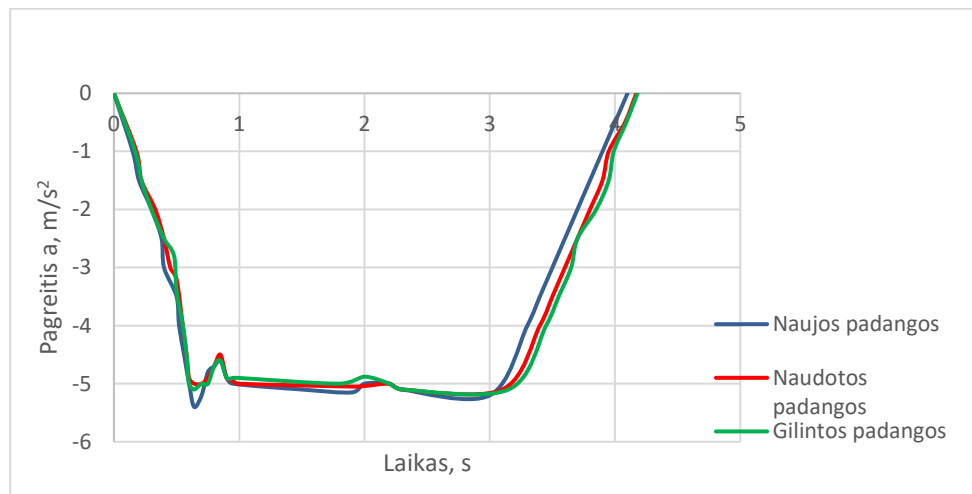
Susisteminius gautus duomenis sudaryti reikalingi grafikai. Grafike pateikti gauti rezultatai atlikus stabdymo bandymus miesto sąlygomis, kai greitis yra 50 km/h.



4 pav. Išvystomo pagreičio ir sustojimo laiko grafikas, esant 50 km/h

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš grafiko matyti, kad iki dugno nuspaudus stabdžių pedalą sunkvežimis nuo pradinio greičio 50 km/h sustoja per 2,8s, kai padangos yra naujos. Su dėvėtomis padangomis sunkvežimis sustoja per 2,84 s, o su gilintomis per 2,85 s. Atlikus skaičiavimus gaunama, kad sunkvežimis kol sustoja nuvažiuoja 19,47 m, o su dėvėtomis ir įgilintomis padangomis atitinkamai 19,72 m ir 19,79 m. Dominantis rezultatas yra su gilintomis padangomis. Palyginus rezultatus su dėvėtomis padangomis gaunama, jog sustojimo kelias pailgėja labai nedaug t.y apie 0,05m. Šis atstumas didelės įtakos saugumui neturi, todėl įgilintas padangas yra saugu naudoti.



5 pav. Išvystomo pagreičio ir sustojimo laiko grafikas, esant 80 km/h

Šaltinis: sudaryta autorių

Stabdant nuo 80 km/h greičio grafike matyti, kad sunkvežimis pilnai sustos per 4,1s. Esant naudotoms ir įgilintoms padangoms sustojimo laikas, skiriasi tik 0,01s. Užsiblokavus ir praslydus ratui, suveikia stabdžių antiblokavimo sistema. Dėl to grafike matyti stabdymo pagreičio sumažėjimas. Iš grafiko matyti, kad stabdymo pagreitis ir sustojimo laikas labai panašus. Gaunama, kad su naujomis padangomis stabdymo kelias siekia 45,56 m, o su dėvėtomis ir įgilintomis padangomis sustojimo kelias yra 46,67 m. Todėl galima teigti, kad įgilintas padangas yra pakankamai saugu naudoti.

Išvados

1. Stabdymo kelio ilgį lemia kompleksinis veiksnių derinys – transporto priemonės techninė būklė, kelio danga, meteorologinės sąlygos, vairuotojo reakcijos laikas bei saugos technologijų buvimas. Net ir esant idealioms transporto priemonės bei kelio sąlygoms, aplinkos faktoriai ar vairuotojo reakcija gali ženkliai padidinti bendrą sustojimo atstumą. Stabdymo kelias tiesiogiai priklauso nuo pradinio greičio – padidinus greitį nuo 50 km/h iki 100 km/h, stabdymo kelias sausame asfalte pailgėja nuo maždaug 27 m iki 70 m, t. y. daugiau nei 2,5 karto, nors greitis padvigubėja (Anderson & Plecher, 2019). Tai rodo kvadratinę priklausomybę tarp greičio ir stabdymo kelio.

2. Atliekant bandymus 50 km/h greičiu, sunkvežimis su naujomis padangomis sustoja per 19,47 m, su dėvėtomis – per 19,72 m, o su įgilintomis – per 19,79 m. Skirtumas tarp dėvėtų ir įgilintų padangų sudaro

vos 0,05 m, t. y. 0,25 % viso stabdymo kelio. Tai rodo, kad protektoriaus įgilinimas neturi praktinės įtakos stabdymo efektyvumui ir atitinka saugos reikalavimus. Tyrimo metu nustatyta, kad stabdant nuo 80 km/h, stabdymo kelias su naujomis padangomis siekė 45,56 m, o su dėvėtomis ir įgilintomis – 46,67 m. Skirtumas sudaro 1,11 m, t. y. tik apie 2,4 % viso stabdymo kelio. Šis nedidelis nuokrypis patvirtina, kad įgilintos padangos išlieka patikimos net intensyvesnio stabdymo metu.

Literatūra

1. Anderson, R., & Plecher, H. (2019). *Road traffic safety and braking distances: An international perspective*. Transportation Research Institute.
2. European Commission (2020). *EU Circular Economy Action Plan*. Brussels: European Union.
3. European Commission (EC). (2017). *Impact assessment on mandatory ABS for passenger cars*. Brussels: EC Mobility and Transport.
4. European Tyre and Rubber Manufacturers' Association (ETRMA). (2020). *Wet grip performance and tread depth analysis*. Brussels: ETRMA.
5. Continental. (2021). *Winter vs. summer tires: Grip performance in different temperatures*. Continental Technical Report. Retrieved from <https://www.continental-tires.com>
6. Direktyva 2014/45/ES <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/45/oj>.
7. Farmer, C. M. (2010). Effects of electronic stability control on fatal crash involvement. *Traffic Injury Prevention*, 11(5), 466–470. <https://doi.org/10.1080/15389588.2010.494274>
8. Gaca, S., & Tracz, M. (2015). Road friction as a factor of road safety. *Archives of Transport*, 33(1), 27–37. <https://doi.org/10.5604/08669546.1165587>
9. Greibe P. (2007). Determination of braking distance and driver behaviour based on braking trials. *Trafitec*, 1 – 16.
10. González, J., Pérez, A., & Rodríguez, M. (2020). Influence of tire tread depth on truck braking performance. *Journal of Transportation Engineering*, 146(5), 04020045.
11. Green, M. (2000). “How long does it take to stop?” Methodological analysis of driver perception–brake times. *Transportation Human Factors*, 2(3), 195–216. https://doi.org/10.1207/STHF0203_1
12. Michelin (2021). *Truck Tire Regrooving Guide*. Clermont-Ferrand: Michelin Group.
13. Németh, B., Török, Á., & Borsos, A. (2021). Vehicle brake performance and its effect on stopping distance. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 49(2), 155–162. <https://doi.org/10.3311/PPtr.17179>
14. Novák, P., & Procházka, J. (2017). Economic evaluation of truck tire regrooving. *Transport Research Procedia*, 25, 423–430.
15. Pečeliūnas R., Sokolovskij E. *Automobilių dinamika*. Vilnius. Leidykla Technika 2012. 141p.
16. Pereira, A., Silva, J., & Costa, M. (2019). Safety assessment of regrooved truck tires. *International Journal of Automotive Technology*, 20(4), 659–668.
17. Rosén, E., & Sander, U. (2009). Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 536–542. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.02.002>
18. Sandberg, U., & Ejsmont, J. A. (2002). *Tyre/Road Noise Reference Book*. Kisa: Informex.
19. Schmidt, K., & Mertens, H. (2021). Environmental benefits of extended tire use in heavy vehicles. *Sustainability*, 13(12), 6711.
20. Schoon, C. (2019). Influence of road surface irregularities on braking distance. *Journal of Safety Research*, 68, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2018.12.006>
21. Stawiarski, A., & Karpinski, M. (2018). Cost analysis of retreaded and regrooved truck tires. *LogForum*, 14(2), 255–265.
22. Transportation Research Board (TRB). (2016). *Surface conditions, weather, and their effect on braking performance*. Washington, DC: National Academies Press.
23. Vaitkus, A., Laurinavičius, A., & Skrodenis, E. (2019). Heavy vehicle tire wear impact on road safety. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 14(3), 410–418.
24. Vangi, D., Mangini, M., & Virga, A. (2018). The effect of speed on stopping distance: A detailed analysis. *Transportation Research Procedia*, 33, 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.018>
25. Zhao, W., Li, H., & Chen, X. (2018). Rolling resistance and fuel consumption of heavy truck tires with different tread depths. *Applied Energy*, 231, 437–445.
26. Zhao, X., Chen, S., & Li, Y. (2017). Influence of vehicle weight on braking performance of heavy-duty trucks. *International Journal of Heavy Vehicle Systems*, 24(2), 123–140. <https://doi.org/10.1504/IJHVS.2017.084957>
27. Žuraulis, V., & Andriejauskas, T. (2017). Truck tire wear and its effect on vehicle dynamics. *Transport*, 32(2), 145–153.

STUDY ON THE INFLUENCE OF THREAD TYRES ON BRAKING EFFICIENCY

Summary

This paper examines truck tire tread regrooving and its impact on braking distance. Experiments show that regrooving improves grip, reduces costs, and benefits the environment while maintaining safety standards. One of the main objectives

in the transport sector is cost reduction. Tread regrooving restores groove depth and extends tire lifespan, making it a practical solution. Worn-out tires pose a safety risk due to reduced road grip. Tread condition determines a tire's load-bearing, grip, and deformation properties. Only tires marked "Regroovable" can undergo regrooving. European Union regulations promote long-term tire use. Regrooved tires can last up to 30,000 km, reducing energy consumption and waste. Tread regrooving extends tire service life, lowers costs, and enhances grip. The process is performed using special heated blades powered by an electric current. It is a safe and efficient way to maximize tire mileage, reduce fuel consumption, and minimize environmental impact.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dalius Kalisinskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija, lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 681 77017, dalius.kalisinskas@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Autorė name, surname: Dalius Kalisinskas

Science degree and name: Master's degree.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, lector.

Author's research interests: transport engineering.

Telephone and e-mail address: 0 681 77017, dalius.kalisinskas@lik.tech.

LENGVOJO AUTOMOBILIO SU PRIEKABA STABDYMO YPATUMAI IR RIZIKOS ANALIZĖ

Gintas Mikolajūnas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Straipsnyje nagrinėjami lengvojo automobilio stabdymo procesai tempiant priekabą, išryškinant fizinius, techninius ir saugumo aspektus. Tyrimo tikslas – įvertinti, kaip priekabos masė, stabdžių sistema bei kelio sąlygos veikia stabdymo efektyvumą ir stabilumą. Remiantis literatūros analize, teoriniais skaičiavimais ir modeliavimo duomenimis, nustatyta, kad nepristabdoma priekaba reikšmingai pailgina stabdymo kelią, o netolygus krovinio paskirstymas didina šoninio nestabilumo riziką. Pateikiamos rekomendacijos dėl techninės priežiūros ir vairuotojų parengimo.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Stabdymo kelias, priekabos stabdžiai, lengvasis automobilis, inercija, stabdymo stabilumas.

Įvadas

Lengvųjų automobilių su priekabomis junginiai yra plačiai naudojami tiek asmeninėms, tiek komercinėms reikmėms. Prie lengvųjų automobilių jungiamos įvairios priekabos – nuo nedidelių (iki 750 kg) be savarankiškos stabdžių sistemos iki sunkesnių (750–3500 kg) su atskirais stabdžiais. Papildoma priekabos masė ir specifinė dinamika lemia, kad stabdant toks junginys elgiasi kitaip nei vien lengvasis automobilis. Dėl to stabdymo procesai su priekaba reikalauja atskiro tyrimo, siekiant užtikrinti saugų valdymą ir trumpą stabdymo kelią.

Daugelis vairuotojų neturi specialaus pasirengimo valdyti automobilį su priekaba. Europos Sąjungoje B kategorijos pažymėjimas leidžia vairuoti iki 3500 kg bendros masės junginį (t. y. lengvąjį automobilį su priekaba) be papildomo egzaminavimo (Kraft et al., 2020), o vairavimo kursuose priekabos valdymo įgūdžiai paprastai nėra ugdomi. Tyrimai rodo, kad neteisingai paskaičiuotas stabdymo atstumas yra dažna avarių priežastis važiuojant su priekaba, ypač kai priekaba be stabdžių arba apkrova paskirstyta netolygiai (Kumar Yadav & Velaga, 2021).

Svarbūs ir techniniai aspektai. Nemaža dalis lengvųjų priekabų neturi saugos sistemų, tokių kaip ABS ar ESC – vairuotojai klaidingai pasikliauna vien automobilio elektronika, kuri negali stabilizuoti prikabinotos priekabos (Sysoev et al., 2020). Be to, mažesnės priekabos dažnai eksploatuojamos be nuodugnios techninės priežiūros. Pagal ES reglamentavimą priekabos iki 750 kg (O1 kategorija) apskritai nėra reikalaujama tikrinti periodinėse techninėse apžiūrose (Hook et al., 2022).

Stabdymo metu ypač svarbus tampa junginio stabilumas. Priekabos šoninis svyravimas, vadinamas „snaking“ reiškiniu, išauga didėjant greičiui, ypač jei apkrova paskirstyta netolygiai (Martín et al., 2019). Optimalus vertikalus apkrovimas automobilio kablį taške turėtų siekti apie 6–10 % priekabos svorio, nes esant per mažam apkrovimui didėja slydimo rizika (Žuraulis & Sokolovskij, 2018a). Esant nepalankioms sąlygoms ar ekstremaliam stabdymui, gali pasireikšti „jackknife“ efektas – kai priekaba staiga pasisuka į šoną, sudarydama su automobiliu „V“ formos kampą (Nurul Habib et al., 2017).

Literatūroje vis dažniau nagrinėjamas kompleksinis automobilio su priekaba elgesys stabdymo metu. Krishnakumari et al. (2020) integravo priekabos stabdymo modelį į vienvėžį transporto modelį ir įvertino stabdymo jėgų paskirstymo įtaką stabilumui (Krishnakumari et al., 2020). Kituose darbuose tiriamas aktyvus priekabos stabdžių valdymas per LQR (Linear Quadratic Regulator) algoritmus, kurie leidžia išlaikyti stabilumą esant slydimui ar greitiems manevrams (Wang et al., 2019). Nepaisant šių tyrimų, pastebima, kad stabdymo su priekaba problematika dažnai analizuojama fragmentiškai – todėl būtinas tarpdisciplininis požiūris.

Tyrimo objektas ir tikslas: šiame darbe nagrinėjamas lengvojo automobilio su priekaba stabdymo procesas. Tikslas – visapusiškai ištirti šio proceso fizikinius, techninius ir saugumo aspektus bei pateikti analitinę išvargą apie dabartinę padėtį ir tobulinimo galimybes.

1. Automobilio su priekaba stabdymo fizikiniai pagrindai

Stabdant automobilį, pirmiausia veikia inercijos jėgos, kurios kyla dėl objekto judėjimo ir proporcingos jo masei. Kinetinė energija apskaičiuojama kaip:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2, \quad (1)$$

kur m – masė, v – greitis. Ji turi būti išsklaidyta stabdant, daugiausia trinties pavidalu tarp stabdžių mechanizmų ir kelio paviršiaus. Kuo didesnis greitis, tuo didesnė kinetinė energija, taigi – tuo ilgesnis stabdymo kelias

(Žuraulis & Sokolovskij, 2018b). Pavyzdžiui, esant dvigubam greičiui, stabdymo kelias keturėja.

Taikant formulę:

$$s = \frac{v^2}{2a}, \quad (2)$$

kai v – greitis, a – lėtėjimas, matyti, kad esant 22,2 m/s greičiui (80 km/h) ir lėtėjimui 7,85 m/s² (t. y. 0,8 · g), stabdymo kelias bus apie 32 m. Greičiui padidėjus iki 100 km/h (27,8 m/s), stabdymo kelias siektų apie 49 m (Kraft et al., 2020).

Stabdymo efektyvumas priklauso nuo padangos ir kelio dangos sukibimo – tai lemia trinties jėga:

$$F_t = \mu \cdot N, \quad (3)$$

kur μ – sukibimo koeficientas, N – normalioji jėga. Sauso asfalto sąlygomis $\mu \approx 0,8$ –1,0, o ant šlapio – 0,3–0,5, ant ledo – 0,1–0,2 (Surblys et al., 2017). Tyrimai patvirtina, kad slydimo metu trintis sumažėja, todėl ABS sistema padeda išlaikyti optimalų sukibimą ir stabdymo krypties kontrolę (Lorenčič, 2023).

Sukibimo sumažėjimas (pvz., per pereinant iš sausos dangos į ledą) ženkliai pailgina stabdymo kelią. Stabdymas ant ledo gali reikalauti net 4–10 kartų ilgesnio atstumo, palyginti su sausu asfaltu (Sysoev et al., 2020).

Sustojimo kelias susideda iš reakcijos kelio (kol vairuotojas sureaguoja) ir stabdymo kelio (nuo pedalo nuspaudimo iki sustojimo). Teoriškai stabdymo kelias apskaičiuojamas pagal:

$$s = \frac{v^2}{2\mu g}, \quad (4)$$

kur μ – sukibimo koeficientas, g – gravitacijos pagreitis. Pvz., važiuojant 100 km/h (27,8 m/s) ir su $\mu = 0,8$:

$$s = \frac{(27,8)^2}{2 \cdot 0,8 \cdot 9,81}, \quad (5)$$

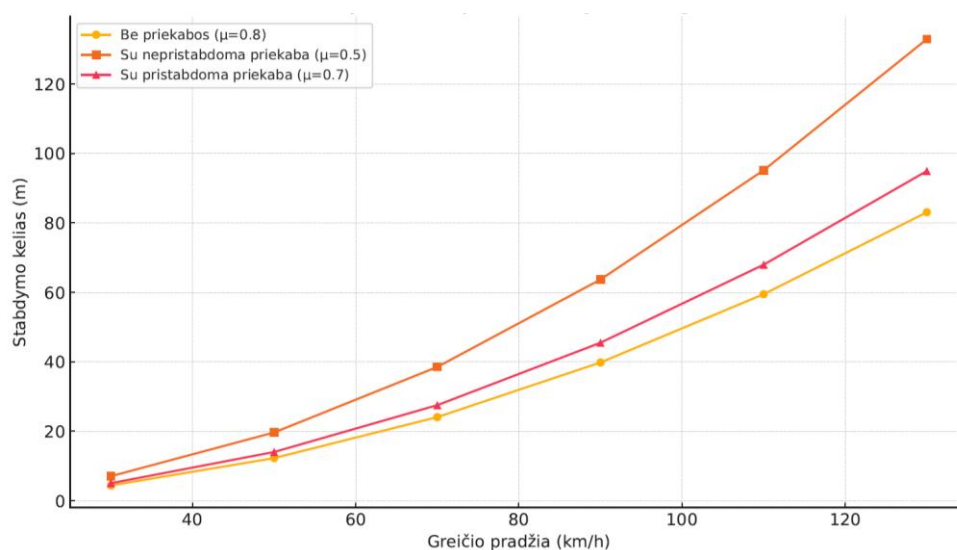
Jei μ sumažėja iki 0,4 (šlapia danga), $s \approx 98$ m – dvigubas padidėjimas (Kilikevičienė et al., 2015; Martín et al., 2019).

Priekabos prisijungimas pakeičia stabdymo dinamiką. Jei priekaba neturi stabdžių, automobilis turi sustabdyti ne tik save, bet ir ją. Tai padidina inerciją, o stabdymo kelias ženkliai pailgėja. Eksperimentai rodo, kad automobilio su 1000 kg be stabdžių priekaba stabdymo kelias gali padidėti 1,5–2 kartus (Marienka et al., 2020).

Inercinės stabdžių sistemos, kai priekaba stabdo save pasitelkdama savo judėjimo energiją, sumažina šį poveikį, bet reikalauja reguliaraus reguliavimo. Tyrimai patvirtina, kad priekaba su suveikiančiais stabdžiais gali net sutrumpinti viso junginio stabdymo kelią lyginant su vien tik automobilio stabdymu, jei apkrovos paskirstytos teisingai (Synák & Jakubovičová, 2024).

Tyrimų metu nustatyta, kad esant 90 km/h greičiui:

- Automobilis be priekabos stabdo per ~45 m ($\mu = 0,8$);
- Su 1000 kg be stabdžių priekaba – per ~85–90 m;
- Su ta pačia priekaba, bet su inercine stabdžių sistema – per ~55–60 m (Marienka et al., 2020)



1 pav. Stabdymo kelio priklausomybė nuo greičio

Šaltinis: sudaryta autoriaus

1 pav. pavaizduota teorinė stabdymo kelio priklausomybė nuo pradinio greičio trijose skirtingose situacijose: be priekabos, su nepristabdoma priekaba ir su pristabdoma (inercine) priekaba. Matyti, kad didėjant greičiui, stabdymo kelias visais atvejais ženkliai didėja, o priekaba be stabdžių labiausiai pailgina sustojimo distanciją. Inerciniai stabdžiai dalinai kompensuoja masės įtaką, tačiau optimalus stabdymas vis tiek reikalauja koreguoto vairavimo.

2. Lengvojo automobilio ir priekabos stabdžių sistemų techniniai aspektai

Lengvieji automobiliai dažniausiai naudoja dviejų tipų stabdžius – diskinių ir būgninių. Diskiniai stabdžiai, dėl geresnės šilumos sklaidos ir efektyvumo, dažniausiai montuojami priekinėje ašyje, o kai kuriuose automobiliuose – ir visose keturiose (Zaranka et al., 2021). Būgniniai stabdžiai pasižymi savistabos efektu ir dažniau naudojami galinėje ašyje dėl konstrukcijos ekonomiškumo (Marienka et al., 2020).

Hidraulinė stabdžių sistema perduoda spaudimą visiems ratams per dvigubas stabdžių grandines, užtikrinant dalinį stabdymą ir gedimo atvejų (Kraft et al., 2020).

Nuo 2000 m. visos ES naujos transporto priemonės privalomai komplektuojamos su ABS – stabdžių antiblokavimo sistema, kuri užkerta kelią ratų blokavimui ir išlaiko transporto priemonės valdomumą stabdymo metu (Lorenčič, 2023). ESC (elektroninė stabilumo kontrolė) papildomai analizuoja slydimo kampus ir automatiškai stabdo konkrečius ratus, padėdama išvengti šoninio slydimo ar apsvertimo (Sysoev et al., 2020).

Kai kurie gamintojai integruoja Trailer Stability Assist (TSA), kuri aptinka priekabos švytavimą ir inicijuoja asimetrinį stabdymą arba sumažina variklio galią (Wang et al., 2019).

Mažos (O1 kategorijos) priekabos dažnai neturi stabdžių – tuomet visa stabdymo apkrova tenka automobiliui, o tai pailgina stabdymo kelią ir didina riziką (Kumar Yadav & Velaga, 2021).

Populiariausi lengvųjų priekabų stabdžiai – inerciniai (overrun). Jie suveikia, kai stabdant automobilis lėtėja, priekaba dėl inercijos „atsiremia“ į vilkiką, suveikia mechaninė traukė, kuri aktyvuoja būgninius stabdžius (Krishnakumari et al., 2020). Tokia sistema veikia automatiškai ir nereikalauja elektros ar hidraulikos iš automobilio.

Elektriniai stabdžiai, dažnesni Š. Amerikoje, valdomi elektroniniu valdikliu iš automobilio salono. Jie leidžia reguliuoti stabdymo stiprumą pagal priekabos svorį ir sąlygas. Tokie stabdžiai veikia greitai, tiksliai ir gerai pritaikomi sunkesnėms (O2) priekaboms (Martín et al., 2019).

Kai kurios priekabos naudoja breakaway systems – nutrūkus nuo automobilio, stabdžiai įsijungia automatiškai (Nurul Habib et al., 2017).

Vis dėlto dauguma priekabų neturi ABS ar panašių sistemų – dėl to jų ratai linkę blokuotis, ypač tuščios ar netinkamai apkrautos. Šiuo atveju slydimas mažina stabdymo efektyvumą ir didina šoninio nestabilumo riziką (Sysoev et al., 2020).

Automobilio ir priekabos stabdžių sistemos veikia ne izoliuotai – jų sąveika lemia viso junginio stabdymo efektyvumą ir saugumą. Jei priekaba neturi savarankiškų stabdžių (pvz., O1 kategorijos), visa stabdymo jėga tenka automobiliui. Tai ne tik prailgina stabdymo kelią, bet ir gali sukelti pavojingą stabdymo nestabilumą, ypač važiuojant dideliu greičiu ar staigiai stabdant (Synák & Jakubovičová, 2024).

Kai priekaba turi inercinius stabdžius, ji „padeda“ stabdyti save naudodama savo masės inerciją – suveikia mechanizmas, kuris aktyvuoja priekabos būgninius stabdžius (Krishnakumari et al., 2020). Tačiau ši sistema turi reakcijos vėlavimą: stabdžiai suveikia tik tada, kai priekaba atsiremia į automobilį, todėl pradžioje didesnė apkrova vis tiek tenka vilkikui.

Palyginimui, žemiau pateiktoje stabdžių sistemų lentelėje apibendrinamos pagrindinės techninės charakteristikos:

1 lentelė

Lengvųjų automobilių ir priekabų stabdžių sistemų palyginimas

Stabdžių tipas	Veikimo principas	Efektyvumas
Diskiniai (automobilyje)	Trinkelės spaudžia diską, trintis lėtina ratą	Aukštas, gerai aušta
Būgniniai (automobilyje)	Trinkelės spaudžia būgną iš vidaus	Vidutinis, linkę kaisti
Be stabdžių (priekaba)	Automobilis stabdo visą masę	Žemas, ilgas stabdymo kelias
Inerciniai (priekaba)	Priekaba spaudžia jungtį, aktyvuojami jos stabdžiai	Vidutinis, priklauso nuo suregulavimo
Elektriniai (priekaba)	Elektromagnetai aktyvuoja stabdžius per valdiklį	Aukštas, reguliuojamas

Kaip matyti iš lentelės, inerciniai stabdžiai – paplitę ir gana veiksmingi, tačiau jiems reikia priežiūros ir reguliavimo. Netinkamai veikiantys inerciniai stabdžiai sukelia didelį rizikos veiksnių, ypač jei krovins paskirstytas netinkamai (pvz., sukrautas per toli gale), nes tai gali sumažinti vertikalią apkrovą vilkiko galinėje ašyje ir sumažinti sukibimą (Krishnakumari et al., 2020).

Elektriniai stabdžiai leidžia preciziškai valdyti stabdymo jėgą, tačiau reikalauja tinkamos elektros instaliacijos ir suderinimo su automobilio sistema (Martín et al., 2019). Jie dažniau naudojami sunkesnėse ar

komercinėse priekabose, taip pat karavanuose.

Todėl stabdžių sistemos pasirinkimas, jų būklė ir sąveika tarp automobilio ir priekabos yra kritiškai svarbūs efektyviam ir saugiam stabdymui realiomis sąlygomis.

Išvados

1. Stabdymo efektyvumui esminę įtaką daro priekabos masė, stabdžių sistemos tipas ir kelio dangos sąlygos. Junginio stabdymo kelias reikšmingai ilgėja, jei priekaba neturi savarankiškų stabdžių ar yra netinkamai pakrauta.

2. Techninės ir elektroninės saugos priemonės, tokios kaip ABS, ESC ir inerciniai stabdžiai, ženkliai pagerina automobilio su priekaba stabdymo stabilumą, tačiau jų veiksmingumas priklauso nuo sistemos būklės ir suderinimo.

3. Eismo sauga priklauso ne tik nuo technikos, bet ir nuo vairuotojo elgsenos, todėl būtina gerinti vairuotojų sąmoningumą, teisinį reglamentavimą bei techninę priekabų priežiūrą.

Literatūra

1. Hook, H., De Vos, J., Van Acker, V., & Witlox, F. (2022). 'On a road to nowhere....' analyzing motivations for undirected travel. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 163, 148–164. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.06.009>
2. Kilikevičienė, K., Skeivalas, J., Kilikevičius, A., Pečeliūnas, R., & Bureika, G. (2015). The analysis of bus air spring condition influence upon the vibration signals at bus frame. *Eksplotacija i Niezawodnosc - Maintenance and Reliability*, 17(3), 463–469. <https://doi.org/10.17531/ein.2015.3.19>
3. Kraft, A.-K., Maag, C., & Baumann, M. (2020). Comparing dynamic and static illustration of an HMI for cooperative driving. *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105682. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105682>
4. Krishnakumari, P., Cats, O., & Van Lint, H. (2020). A compact and scalable representation of network traffic dynamics using shapes and its applications. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 121, 102850. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102850>
5. Kumar Yadav, A., & Velaga, N. R. (2021). A comprehensive systematic review of the laboratory-based research investigating the influence of alcohol on driving behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 81, 557–585. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.07.010>
6. Lorenčič, V. (2023). The Effect of Tire Age and Anti-Lock Braking System on the Coefficient of Friction and Braking Distance. *Sustainability*, 15(8), 6945. <https://doi.org/10.3390/su15086945>
7. Marienka, P., Frančák, M., Jagelčák, J., & Synák, F. (2020). Comparison of Braking Characteristics of Solo Vehicle and Selected Types of Vehicle Combinations. *Transportation Research Procedia*, 44, 40–46. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.007>
8. Martín, I., Heras, I., Aguirrebeitia, J., Abasolo, M., & Coria, I. (2019). Static structural behaviour of wire bearings under axial load: Comparison with conventional bearings and study of design and operational parameters. *Mechanism and Machine Theory*, 132, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2018.10.016>
9. Nurul Habib, K., El-Assi, W., Hasnine, Md. S., & Lamers, J. (2017). Daily activity-travel scheduling behaviour of non-workers in the National Capital Region (NCR) of Canada. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 97, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.01.003>
10. Surblys, V., Žuraulis, V., & Sokolovskij, E. (2017). Estimation of road roughness from data of on-vehicle mounted sensors. *Eksplotacija i Niezawodnosc - Maintenance and Reliability*, 19(3), 369–374. <https://doi.org/10.17531/ein.2017.3.7>
11. Synák, F., & Jakubovičová, L. (2024). Assessing the risks arising from a trailer connected behind a passenger car. *Scientific Reports*, 14(1), 21937. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73107-2>
12. Sysoev, A., Khabibullina, E., Kadasev, D., & Voronin, N. (2020). Heterogeneous Data Aggregation Schemes to Determine Traffic Flow Parameters in Regional Intelligent Transportation Systems. *Transportation Research Procedia*, 45, 507–513. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.063>
13. Wang, C., Zhang, X., Liu, J., Yan, R., Cao, H., & Chen, X. (2019). Multi harmonic and random stiffness excitation for milling chatter suppression. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 120, 777–792. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.11.019>
14. Zaranka, J., Pečeliūnas, R., & Žuraulis, V. (2021). A Road Safety-Based Selection Methodology for Professional Drivers: Behaviour and Accident Rate Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312487>
15. Žuraulis, V., & Sokolovskij, E. (2018a). Vehicle Velocity Relation to Slipping Trajectory Change: An Option for Traffic Accident Reconstruction. *PROMET - Traffic&Transportation*, 30(4), 395–406. <https://doi.org/10.7307/ptt.v30i4.2720>

BRAKING CHARACTERISTICS AND RISK ANALYSIS OF A PASSENGER CAR WITH A TRAILER

Summary

The article analyzes the braking processes of a passenger car when towing a trailer, emphasizing physical, technical, and safety aspects. The aim of the study is to evaluate how the trailer mass, braking system, and road conditions affect braking efficiency and stability. Based on literature analysis, theoretical calculations, and simulation data, it was found that an unbraked trailer significantly increases the braking distance, while uneven load distribution raises the risk of lateral instability. Recommendations are provided for technical maintenance and driver training.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Gintas Mikalajūnas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universitetas, magistras.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių dinamika, automobilių konstrukcija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 685 87735, mikolajunasg@gmail.com

SANDĖLIO AUTOMATIZAVIMAS NAUDOJANT LOGISTIKOS ROBOTŲ TINKLUS

Diana Šateikienė, Lukas Dirmeikis

Klaipėdos valstybinė kolegija

Anotacija

Tyrimo metu analizuotas sandėlių automatizavimo procesas, pasitelkiant logistikos robotų tinklus – pažangią technologinę priemonę, skirtą didinti operacijų efektyvumą, mažinti darbo sąnaudas ir gerinti sandėliavimo procesų kokybę. Aptariamas robotų tinklų poreikis šiuolaikinėje logistikos aplinkoje, jų integracijos galimybės bei iššūkiai. Išskirti pagrindiniai robotų tinklų privalumai, tokie kaip tikslus užsakymų vykdymas, efektyvus sandėlio erdvės išnaudojimas, galimybė dirbti be sustojimo bei darbuotojų fizinio krūvio mažinimas. Atskleista robotų diegimo įtaka darbo jėgai: galimos socialinės pasekmės, darbo vietų transformacija ir naujų kompetencijų poreikis. Išanalizuotas faktas, kaip robotų tinklų taikymas sandėliavimo srityje prisideda prie konkurencinio pranašumo kūrimo bei sprendžia šiuolaikinius darbo rinkos iššūkius. Tyrimo pagrindu pateikiamos išvalgos apie robotizacijos tendencijas ir jų ilgalaikį poveikį logistikos sektoriui.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Automatizavimas, logistika, robotų tinklai, sandėliai.

IVADAS

Temos aktualumas. Sandėliavimas yra pripažintas kaip viena iš pagrindinių veiklų, kurias įmonės teikia savo klientams ir siekia įgyti konkurencinį pranašumą. Sandėliavimas taip pat yra vienas iš pagrindinių veiklų tiekimo grandinėje nuo kurio priklauso šiuolaikinio verslo sėkmė (Šeduikytė, 2022). Šiais laikais spartus elektroninės prekybos augimas, nuolat augančios darbo sąnaudos ir vis didesni klientų lūkesčiai paskatino sandėlius diegti pažangias automatizuotas technologijas (Cai, 2020). Pirmieji automatizuoti sandėliai buvo pastatyti maždaug prieš 50 metų (De Koster, 2018), ir nuo to laiko automatizacijos tempas vis spartėja, vis daugiau įmonių automatizuoja sandėlius, dažnu atveju pasitelkdami ir robotus. Automatizuotuose sandėliuose padidėja procesų efektyvumas bei sumažėja darbo sąnaudos (McKinsey ir Company, 2021).

Remiantis Tarptautinės robotikos federacijos duomenimis 2018 metais logistikos įmonėms robotų pardavimų vertė siekė 3,9 mlrd., 2019–2021 metais jau buvo parduota 485 000 vienetų, o iki 2030 m. pardavimų vertė turėtų siekti 85,03 mlrd. Pastaraisiais metais robotų poreikis dideliuose sandėliuose nuolat auga, nes klientai reikalauja greitesnių paslaugų, todėl robotai ir užsakymų valdymo programinė įranga tampa neatsiejami komponentai automatizuotame sandėlyje (Chatzisavvas, Chatzitoulousis, Ziouzos, ir Dasygenis, 2022). Gerai pritaikytas robotų tinklas sandėliuose sumažina žmoniškųjų klaidų skaičių, didina sandėliavimo tikslumą ir saugumą. Kooperuojančių robotų panaudojimas yra tikslingas tose vietose, kur žmonių įsikišimas yra sudėtingas ar visai neįmanomas (Sallam ir Baroudi, 2019). Robotų tinklai sandėliuose, kurie be žmogaus ar su minimalia jo pagalba, gali vykdyti prekių rinkimą, transportavimą ir pakavimą, padeda geriau valdyti didelius krovinių srautus bei greičiau atlikti užsakymus. Sandėlių automatizavimas ir robotų panaudojimas yra aktualus, norint patenkinti augančius vartotojų lūkesčius, ypač atsižvelgiant į elektroninės prekybos augimą. Tačiau ne visos įmonės pasiryžta tokioms permainingoms, nes sandėlio darbuotojai bijo ir mano, jog kyla grėsmė jų darbo vietų saugumui, o sandėlių savininkai nerimauja, kad investicijos į tokias technologijas nesuteiks jiems pakankamos grąžos, dėl per didelių investicijų. Svarbu analizuoti robotų ar robotų tinklų panaudojimą automatizuojant sandėlius, nes tai padeda nustatyti, kaip efektyviai pritaikyti technologijas sandėliavimo procesams, siekiant didesnio tikslumo, našumo ir kaštų optimizavimo. Robotų tinklai sandėliuose suteikia galimybę optimizuoti sandėlio valdymą, naudojant tarpusavyje susietus autonominius mobiliuosius robotus (AMR), kurie yra palaikomi dirbtinio intelekto, užtikrina efektyvų prekių transportavimą, tikslų užsakymų vykdymą ir optimizuotą sandėlio erdvės išnaudojimą.

Tyrimo problematika. Sandėlių automatizavimas naudojant robotų tinklus kelia daug iššūkių tiek įmonėms, tiek darbuotojams. Nors robotų ir automatizavimo diegimas gali žymiai padidinti veiklos efektyvumą, sumažinti darbo sąnaudas ir pagerinti prekių tvarkymo tikslumą, vis dėl to kyla klausimų apie šių technologijų poveikį įmonėms ir darbo rinkai, ypač darbo vietų saugumui ir darbuotojų kvalifikacijai. Dalis logistikos kompanijų siekia automatizuoti savo sandėlius ir pasinaudoti logistikos robotų tinklų privalumais, bet kyla rizika, kad investicijos į šias technologijas gali neatnešti laukiamų finansinių naudų. Kaip teigia van Geest, Tekinerdogan ir Catal, (2021), reikalingos didelės pradinės investicijos, diegiant robotų tinklus sandėliuose, nes yra brangios technologijos ir infrastruktūra. Aukštos pradinės investicijos, sudėtingi diegimų ir integravimo procesai, kol kas dažnai atgraso įmones įsidiesti šias naujas technologijas. Todėl svarbu išanalizuoti, kaip logistikos robotų tinklai gali padėti įmonėms pasiekti konkurencinį pranašumą, tuo pačiu išsprendžiant su darbo jėga susijusias problemas ir kokius iššūkius bei galimybes jie kelia įvairioms suinteresuotoms šalims.

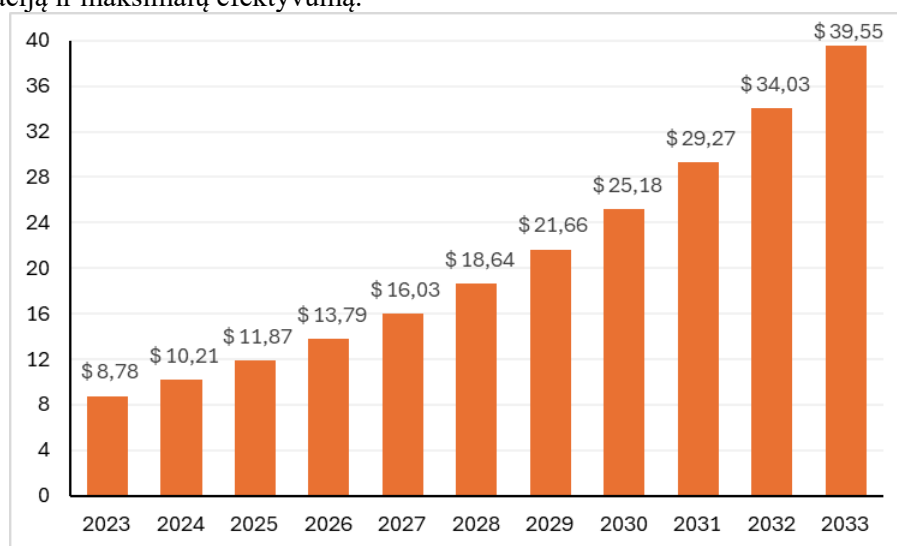
Tyrimo tikslas: išanalizuoti sandėlių automatizavimą naudojant logistikos robotų tinklus.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvardinti robotų tinklų poreikį automatizuojant sandėlius.
2. Identifikuoti logistikos robotų tinklų sandėlių automatizacijoje privalumus ir iššūkius.
3. Įvertinti logistikos robotų tinklų įtaką darbo jėgai ir darbo vietoms.

Robotų tinklų poreikis automatizuojant sandėlius

Robotų poreikis sandėliuose didėja, nes reikia optimizuoti logistikos procesus, sumažinti veiklos kaštus ir padidinti darbo efektyvumą, o automatizuoti sandėliai, naudodami robotų tinklus, suteikia galimybę įveikti šiuos iššūkius: augančių užsakymų kiekio aptarnavimą, greičiau įvykdyti užsakymus bei išspręsti darbo jėgos trūkumą. Pagal ABI Research (2019) prognozes, iki 2025 metų daugiau nei 4 milijonai komercinių robotų bus įdiegti daugiau nei 50 000 sandėlių, kai tuo tarpu 2018 metais robotai buvo naudojami mažiau nei 4000 sandėlių. Remiantis Procedure Research (2024) atlikta analize, logistikos robotikos rinkos dydis 2023 metais siekė 8,78 mlrd. JAV dolerių, tačiau iki 2033 metų prognozuojama, kad rinka išaugs iki 39,55 mlrd. JAV dolerių (1 pav.), su vidutiniu metiniu augimo tempu 16,24 %. Šios prognozės atspindi spartų robotizacijos augimą logistikos sektoriuje. Sparti augimo tendencija ne tik akcentuoja technologinę pažangą, bet ir atskleidžia naujus iššūkius, susijusius su robotų valdymu bei efektyviu išnaudojimu logistikos procesuose. Bendras šių tendencijų vaizdas pabrėžia būtinybę kurti efektyvius robotų tinklus, kurie užtikrintu veiksmingą robotų koordinaciją ir maksimalų efektyvumą.



1 pav. Logistikos robotikos rinkos dydis 2023-2033 m. (JAV doleriais, mlrd.)

Šaltinis: Precedence Research. (2024). *Logistics Robotics Market Size, Share, and Trends 2024 to 2033*.

Robotų tinklai sandėlių automatizacijoje apima integruotų robotų sistemų, dirbančių kartu su pažangiomis technologijomis visumą: mobilius robotus, robotizuotas rankas, autonomines transportavimo sistemas ir programinę įrangą. Pasak Husheng (2016) robotų tinklas apibrėžiamas kaip kibernetinė-fizinė sistema, kurioje keli robotai bendrauja per ryšį arba jutiklius, kad pasiektų konkrečius tikslus. Fizinis dinamiškumas apima robotų judėjimą, o kibernetinė pusė apima kiekvieno roboto ryšio, jutiklių ir skaičiavimo galimybes. Anot Baouya ir kt., (2023), robotai gali bendrauti tarpusavyje tiesiogiai decentralizuotose sistemose arba per pagrindinį valdiklį centralizuotose sistemose. Decentralizuotose sistemose kiekvienas robotas savarankiškai keičiasi duomenimis su kitais, tuo tarpu centralizuotose sistemose pagrindinis valdiklis analizuoja informaciją ir perduoda nurodymus. Tokios komunikacijos technologijos naudojamos siekiant sumažinti logistikos laiką, susidūrimų galimybes ir pagerinti bendrą sistemų efektyvumą.

Anot Liu, Wang, Wei ir kt. (2020), robotų tinklų galimybės yra gana didelės, jų pagalba galima atlikti įvairias užduotis, kurios gerokai pagerina sandėliavimo ir logistikos procesus. Viena iš svarbiausių funkcijų yra automatizuotas prekių rinkimas, kurio metu robotai naudoja pažangius jutiklius ir vaizdo atpažinimo sistemas, kad tiksliai identifikuotų ir parinktų prekes. Robotų tinklai gali automatiškai rūšiuoti prekes pagal skirtingus kriterijus, tokius kaip dydis, svoris ar paskirtis bei transportuoti jas į nurodytas vietas sandėlyje arba išsiuntimui. Robotų tinklai padeda užtikrinti efektyvų atsargų valdymą, nuolat stebėdami atsargų būklę ir pranešdami apie minimalius arba maksimalius jų lygius, suteikdami galimybę užtikrinti reikiamus atsargų kiekius. Integruoti robotai gali rinkti ir analizuoti duomenis apie sandėlio veiklą, todėl įmonės gali tiksliau prognozuoti paklausą ir optimizuoti procesus. Galiausiai, pažangios technologijos suteikia galimybę robotų tinklus valdyti ir stebėti nuotoliniu būdu, leidžiant specialistams, tokiems kaip inžinieriai, IT ekspertai ar

dirbtinio intelekto analitikai, efektyviai spręsti mechaninių gedimų, navigacijos klaidų ar programinės įrangos problemų klausimus.

Robotų valdymas sandėliuose yra grindžiamas algoritmais, kurie leidžia saugiai ir dinamiškai planuoti jų judėjimą bei paskirstyti sandėlio užduotis pagal prioritetus. Robotų tinklų diegimas yra tikslingas dideliuose sandėliuose, kuriuose vienu metu reikia valdyti šimtus robotų, nes šios technologijos pritaikymas leidžia ne tik sumažinti veiklos kaštus, bet ir laiką. Pasak McKinsey & Company (2021), pilnai automatizuotų sandėlių vizija yra tokia, kad robotai atlieka visas sandėliavimo operacijas be žmogaus įsikišimo, nuo krovinio atvežimo iki krovinio išvežimo.

Spiečių (Swarm) robotika gali būti vienas iš pagrindinių veiksnių, padedančių priartėti prie visiškai automatizuoto sandėlių vizijos, nes atskiri robotai kartu atlieka tokias užduotis kaip tyrinėjimas, paieška ir aplinkos stebėjimas. Spiečių robotika yra besivystanti sritis, siekianti pritaikyti gamtos spiečių fenomeną robotikoje ir tirti, kaip robotai gali imituoti natūralius spiečius, tokius kaip skruzdėlės ar bitės, kad sukurtų mastelio požiūriu pritaikomą, lanksčią ir atsparią robotų sistemą. Pagal Cheraghi, Shahzad ir Graffi, (2022), toks robotų tinklas, kuris veiktų pagal spiečiaus principus pasižymėtų saviorganizacija, autonomija, bendradarbiavimu ir koordinacija tarpusavyje. Pasak Ikumapayi, Laseinde, Elewa, Ogedengbe ir Akinlabi (2024) logistikos robotų tinklai, kurie veiktų pagal spiečiaus principą, turėtų atitikti tris savybes: lankstumą, atsparumą ir mastelį. Atsparumas – turima omenyje, jog tai gebėjimas atlaikyti gedimus, kad robotų tinklas galėtų veikti, net jei keletas narių sugestų. Ši savybė leistų robotų tinklui būti prisitaikančiam prie sąlygų, o tai yra itin svarbu dinamiškose aplinkose, tokiose kaip didelės apimties sandėliai. Lankstumas – tam tikro roboto užduotis tinkle gali būti pakeista atsižvelgiant į momento poreikius. Mastelis – kooperuojantis robotų tinklas turėtų gebėti atlikti užduotis įvairaus dydžio grupėse, galimybė pridėti daugiau robotų į tinklą ir tai neigiamai nepaveiktų sistemos efektyvumo.

Vertinant robotų tinklų progresą ir panaudojimo galimybes sandėlių automatizavimui ir spiečių robotikos principų integravimą, svarbu pabrėžti jų didelį potencialą optimizuoti ir efektyviau valdyti sandėliavimo procesus. Spiečių robotikos sprendimai gali sudaryti sąlygas greičiau įgyvendinti savarankiškai veikiančius, lanksčius ir efektyvius sandėlius, kuriuose visos operacijos, nuo prekių paėmimo iki išsiuntimo, būtų atliekamos visiškai autonomiškai robotų tinklų pagalba, be tiesioginio žmogaus įsikišimo. Didėjantis automatizacijos poreikis sandėliuose yra tiesiogiai susijęs su darbo jėgos trūkumu, el. prekybos plėtra ir reikalavimu trumpinti užsakymų įvykdymo terminus, todėl tinkamai suorganizuotas robotų darbas sumažina veiklos sąnaudas ir pagreitina logistikos procesus. Šių rezultatų pasiekti galima pasitelkiant robotų tarpusavio komunikaciją per IoT sistemas, todėl užduotys atliekamos dinamiškai, krovinių gabenimo maršrutai sandėlyje optimizuojami bei atsiranda galimybė prisitaikyti prie besikeičiančių sandėlio poreikių.

Logistikos robotų tinklų privalumai ir trūkumai

Didėjant elektroninės prekybos apimtims, daugeliui verslo subjektų tampa vis sudėtingiau efektyviai tenkinti augančius vartotojų lūkesčius ir paklausą. Ši situacija lemia būtinybę modernizuoti tiekimo grandines, diegiant pažangias technologijas, skirtas spręsti pagrindines veiklos problemas, tokias kaip neefektyvus atsargų valdymas ir darbo jėgos trūkumas. Vis daugiau sandėliavimo veikla užsiimančių verslo įmonių siekia didinti operacijų efektyvumą ir mažinti sąnaudas. Pasak Dhaliwal (2020), sandėlių automatizavimas pasitelkiant logistikos robotų tinklus sudaro sąlygas įmonėms greitai augti ir operatyviai reaguoti į didėjančią rinkos paklausą. Toks sprendimas padeda optimizuoti veiklos kaštus, išlaikyti konkurencinį pranašumą bei sumažinti darbo jėgos trūkumo keliamas problemas. Tačiau didėjant automatizacijos mastui ir logistikos robotų diegimui, išryškėja tiek šio proceso privalumai, tiek tam tikri iššūkiai, kuriuos būtina įvertinti siekiant tvaraus veiklos tobulinimo.

Pasak Ikumapayi, Laseinde, Elewa, Ogedengbe ir Akinlabi (2024), užsakymų surinkimas sandėliuose yra viena darbo jėgos imliausių veiklų, dažnai sudaranti apie 55 % visų finansinių sąnaudų, susijusių su užsakymų apdorojimu paskirstymo centruose. Sandėliavimo operacijų automatizavimas, pasitelkiant robotikos sprendimus, leidžia reikšmingai sumažinti šią sąnaudų dalį, kartu išryškinant logistikos robotų tinklų svarbą modernizuojant sandėlių veiklą. Anot Team Celona (2022), robotizacijos sprendimai sandėliuose leidžia optimizuoti operacijas, nes robotai, sujungti į integruotą tinklą, gali vykdyti įvairias funkcijas: nuo užsakymų surinkimo, rūšiavimo ir transportavimo iki atsargų lygio stebėsenos. Azadeh ir De Koster (2017) pažymi, kad vienas iš esminių robotų tinklų privalumų – galimybė veikti 24 valandas per parą, septynias dienas per savaitę, be pertraukų. Toks veiklos režimas ypač aktualus, atsižvelgiant į augantį kvalifikuotos ir nekvalifikuotos darbo jėgos trūkumą. Be to, robotai geba judėti greičiau ir tiksliau nei žmonės, kadangi jų darbo našumas nėra veikiamas nuovargio ar dėmesio koncentracijos sumažėjimo. Dėl šios priežasties ženkliai padidėja sandėlių produktyvumas ir trumpėja užsakymų įvykdymo laikas. Sec Group (2024) pabrėžia, kad tinkamai užprogramuoti robotų tinklai sumažina žmogiškųjų klaidų riziką, ypač prekių pakavimo, tvarkymo bei

siuntimo procesuose. Robotai vykdo užduotis nuosekliai, pagal iš anksto nustatytas instrukcijas, taip užtikrindami procesų tikslumą ir pastovumą, kas yra itin svarbu tiek įmonėms, tiek jų klientams. Remiantis McKinsey & Company (2021), automatizuoti sandėliai, naudojantys robotų tinklus, gali pasiekti aukštesnį pralaidumo lygį mažesnėje fizinėje erdvėje. Robotams nereikia tiek vietos manevravimui, kiek jos reikia žmonėms su krovos technika, todėl galima sumažinti praėjimų tarp lentynų plotį. Tai leidžia efektyviau išnaudoti sandėlio erdvę, o optimizuotas patalpų išdėstymas padeda mažinti energijos sąnaudas – mažesnėms patalpoms reikia mažiau šildymo, vėsinimo ir apšvietimo. Dar vienas svarbus aspektas – robotų tinklų diegimas prisideda prie saugesnės darbo aplinkos kūrimo. Team Celona (2022) nurodo, kad robotai perima fiziškai sudėtingas, pasikartojančias užduotis, tokiu būdu sumažindami darbuotojų patiriamą fizinę apkrovą ir nelaimingų atsitikimų riziką. Tai leidžia žmogiškiems ištekliams susitelkti į užduotis, kurios reikalauja kūrybiškumo ir techninių gebėjimų. Vis dėlto būtina pažymėti, kad netinkamai suprogramuoti ar prižiūrimi robotų tinklai gali kelti riziką incidentams ar net nelaimingiems atsitikimams. Todėl norint užtikrinti sklandžią ir saugią robotizacijos eigą, būtina nuolatinė sistemų priežiūra, testavimas ir atnaujinimas.

Analizuojant iššūkius, susijusius su sandėlių automatizavimu, Yarlagadda (2024) teigia, kad robotų, dirbtinio intelekto ir kitų pažangių technologijų diegimas reikalauja itin didelių finansinių išteklių. Didelės investicijos būtinos ne tik robotų bei programinės įrangos įdiegimui, bet ir infrastruktūros bei įrangos atnaujinimui. Nors ilgalaikėje perspektyvoje automatizacija gali sumažinti veiklos sąnaudas, pradinis investicijų poreikis yra reikšmingas, o investicijų grąžos laikotarpis gali būti ilgesnis nei planuota, ypač susidūrus su techninėmis problemomis. Robotai, kaip ir bet kuri kita įranga – genda, o jų remontas ar atsarginių dalių keitimas gali būti brangus ir užtrukti, ypač jei reikalingi specializuoti komponentai. Pasak Sec Group (2024), robotinės sistemos pasižymi technologiniu sudėtingumu ir reikalauja specifinių techninių žinių bei įgūdžių jų priežiūrai ir valdymui. Todėl įmonės dažnai priverstos investuoti į darbuotojų mokymus arba samdyti specialistus, o tai lemia papildomas išlaidas bei žmogiškųjų išteklių valdymo iššūkius. Be to, automatizuojant sandėliavimo procesus būtini esminių veiklos etapų pokyčiai. Naujosios technologijos reikalauja veiksmingos integracijos su esamomis sistemomis ir procesais. Pradinis automatizavimo etapas gali sumažinti veiklos efektyvumą, kol darbuotojai įgyja reikiamų žinių ir įgūdžių, leidžiančių efektyviai dirbti su robotizuotomis sistemomis. Anot Team Celona (2022), technologinių pokyčių diegimas dažnai susiduria su darbuotojų pasipriešinimu, ypač jei jie suvokia robotizaciją kaip grėsmę savo darbo vietai. Tokios baimės gali kilti dėl nežinomybės, nesaugumo ar baimės prarasti darbą, o tai sukelia stresą ir gali lemti nepalankų mikroklimatą organizacijos viduje, didindami įtampą tarp kolegų. Galiausiai, Xing ir kt. (2023) pažymi, kad robotų tinklų integravimas į esamas IT sistemas gali kelti suderinamumo problemų. Prieš priimant sprendimą investuoti į sandėlių automatizavimą, būtina atlikti išsamią esamos infrastruktūros analizę, siekiant įvertinti galimybes užtikrinti visų technologinių komponentų tarpusavio suderinamumą. Robotų tinklai gali perimti daugelį užduočių, kurios anksčiau buvo pavojingos ar fiziškai sudėtingos sandėlio darbuotojams. Pasak Amazon (2022), tokios užduotys apima sunkių ar pavojingų krovinių kėlimą, jų paėmimą iš didelio aukščio arba darbą kenksmingoje aplinkoje. Šiuos veiksmus gali atlikti koordinuoti veikiantys įvairūs robotai ir programinė įranga. Tačiau dėl technologijų išsivystymo ribotumų žmogaus vaidmuo išlieka svarbus atliekant lengvesnes, didesnio lankstumo ar sprendimų priėmimo reikalaujančias užduotis, kurių automatizavimas vis dar nėra efektyvus.

Įmonėms, investuojančioms į robotų tinklus, būtina nuolat peržiūrėti investicijų planus ir strategijas. Technologijų pažanga vyksta sparčiai, todėl konkurentai gali įdiegti pažangesnius sprendimus, įgyti veiklos pranašumą ir išstumti rinkos lyderius. Siekiant išlaikyti konkurencingumą, svarbu reguliariai atnaujinti naudojamą įrangą ir stebėti technologinių inovacijų tendencijas.

Robotų tinklų įtaka darbo jėgai ir darbo vietoms

Vis daugiau logistinių įmonių integruoja robotų tinklus, siekdamos padidinti efektyvumą, tikslumą ir sumažinti veiklos išlaidas. Robotų tinklų diegimas sandėlių automatizavimui sukelia esminių pokyčių sandėliavimo veikloje, ypač pakeičiant darbo jėgos sudėtį: sumažėja darbuotojų poreikis, kurie atlikdavo rankinį darbą pasikartojančiose užduotyse, tačiau išauga poreikis aukštos kvalifikacijos specialistų, gebančių prižiūrėti ir valdyti automatizuotas sistemas. Todėl yra natūralu, kad darbuotojų dirbančių sandėliuose struktūra keičiasi, darbuotojai prisitaiko prie šių pokyčių ir siekia užimti naujesnes, labiau paklausias ir aukštesnės kvalifikacijos reikalaujančias pozicijas. Dėl greitai tobulėjančių technologijų, robotų tinklai jau gali atlikti daugumą užduočių, kurios įprastai buvo daromos žmogaus: krovinių ar prekių surinkimas, rūšiavimas, transportavimas, pakavimas bei atsargų lygio kontrolė.

Pasak Acemoglu ir Restrepo (2020), pramoninių robotų ar jų tinklų diegimas turi neigiamą poveikį darbuotojų užimtumui ir darbo užmokesčiui. Jų atlikto tyrimo duomenimis, Jungtinėse Amerikos Valstijose, įdiegus vieną naują pramoninį robotą tūkstančiui darbuotojų, vidutinis darbo užmokestis sumažėja 0,42 %, o

užimtumo lygis – 0,20 %. Pichler ir Chiacchio (2018) tyrimas parodė, kad robotizacijos poveikis ypač ryškus jaunų darbuotojų bei asmenų, turinčių tik vidurinį išsilavinimą, grupėse. Analizuojant pramoninių robotų įtaką užimtumui ir atlyginimams šešiose Europos Sąjungos šalyse, kurios sudaro 85,5 % visos ES pramoninių robotų rinkos, nustatyta, kad vieno roboto įdiegimas tūkstančiui darbuotojų lemia užimtumo sumažėjimą nuo 0,16 % iki 0,20 %. Šie rezultatai atskleidžia, kad augantis robotų panaudojimas atliekant standartizuotas ir pasikartojančias užduotis mažina žmogiškosios darbo jėgos poreikį. Dėl to didėja konkurencija darbo rinkoje ir silpnėja darbuotojų derybinė galia dėl darbo užmokesčio augimo. Remiantis Tarptautinės robotikos federacijos duomenimis (2024), rugsėjo mėnesį 2023 metais veikė 4,28 mln. pramoninių robotų, o 2022 metais tik 3,90 mln., tai parodo 10 % augimą per metus. 2023 metais naujai įrengti robotai viršijo pusę milijono vienetų, o tai jau trečiasis iš eilės metų rekordas. Ši tendencija gali reikšti, jog robotų tinklų skaičius taip pat iššauks ne tik sandėliavime, bet ir daugelyje kitų sričių, nes atsiras didesnis poreikis juos kurti, siekiant efektyvesnio robotų darbo. Gali padidėti nedarbas ir sumažėti žmonių pajamos. Dėl sumažėjusio poreikio žmogaus darbo jėgai, kai kurie darbuotojai gali prarasti darbo vietas, o tai gali turėti neigiamų padarinių ekonominėje ir socialinėje srityje. Ypatingai paveiktų tuos regionus, kuriuose logistikos ir sandėliavimo sektorius yra labai svarbus darbdavys. Dėl šito aspekto darbuotojai neigiamai žiūri į sandėlių automatizavimą pasitelkiant robotų tinklus, nes jų atžvilgiu, robotų tinklai vagia žmonių darbus ir pragyvenimo šaltinius.

Kozak ir kt. (2020) nustatė, kad darbo vietų nesaugumo jausmas, kylantis dėl robotų ir kitos automatizavimo įrangos diegimo sandėliuose, nėra vien nepagrįsta baimė nežinomybei, bet pagrįsta reakcija į realią riziką, susijusią su žmogiškųjų funkcijų automatizavimu. Pasak Chwabe ir Castellacci (2020), automatizacijos poveikis darbuotojų pasitenkinimui darbu taip pat kelia pagrįstą susirūpinimą dėl dviejų esminių priežasčių. Pirma, žmonės darbe praleidžia didelę savo gyvenimo dalį, todėl pasitenkinimas darbu yra svarbus bendros subjektyvios gerovės komponentas. Antra, nepasitenkinimą darbu jaučiantys darbuotojai dažnai pasižymi mažesne motyvacija, prastesniu našumu ir didesne personalo kaita. Jei darbuotojai ima baimintis, kad jų pareigas perims pavieniai robotai ar jų tinklai, šis nerimas gali sukelti psichologinį stresą, sumažinti produktyvumą ir sulėtinti inovacijų diegimą. Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (2021) pabrėžia, kad tokioje situacijoje būtina taikyti darbuotojų įgūdžių tobulinimo ir perkvalifikavimo priemones, padedančias valdyti ne tik objektyvią, bet ir subjektyvią darbo praradimo grėsmę. Automatizuoti robotų tinklai reikalauja naujų kompetencijų, ypač inžinerijos, informacinių technologijų ir techninės priežiūros srityse. Nors dalis darbo vietų dėl automatizacijos gali išnykti, kartu atsiras naujų galimybių – reikės specialistų, atsakingų už robotų tinklų priežiūrą, programavimą, sistemų diegimą bei techninę pagalbą. Tokie pokyčiai rodo, kad automatizuotos sandėliavimo sistemos ne tik keičia darbo rinkos struktūrą, bet ir kelia būtinybę darbuotojams nuolat atnaujinti savo kvalifikaciją. Tai ypač aktualu sparčiai kintančiomis ekonominėmis ir technologinėmis sąlygomis, siekiant išlaikyti profesinį lankstumą ir didesnes savirealizacijos galimybes. Amazon (2022) duomenimis, per dešimtmetį įmonė įsigijo apie 520 tūkst. robotikos įrenginių, tačiau tuo pačiu laikotarpiu jos darbuotojų skaičius išaugo daugiau nei 1 milijonu visame pasaulyje. Ši statistika atskleidžia, kad sandėlių automatizavimas naudojant robotų tinklus ne tik mažina tam tikrų darbo vietų poreikį, bet ir sudaro prielaidas naujų darbo pozicijų atsiradimui.

Siekdamos sėkmingai prisitaikyti prie technologinių pokyčių, įmonės turėtų aktyviai investuoti į darbuotojų mokymus ir perkvalifikavimą. Toks požiūris ne tik didina darbuotojų gebėjimą valdyti pažangias sistemas ir mažina klaidų tikimybę, bet ir prisideda prie darbuotojų lojalumo išlaikymo. Priešingu atveju, darbuotojai, stokojantys karjeros augimo galimybių, gali imti ieškoti alternatyvų kitose organizacijose.

Išvados

1. Integruotos sistemos, apimančios mobilius robotus, robotizuotas rankas ir autonomines transportavimo sistemas, gali atlikti įvairias funkcijas, įskaitant automatizuotą prekių rinkimą, rūšiavimą ir atsargų valdymą. Šios technologijos ne tik pagerina efektyvumą, bet ir leidžia įmonėms geriau prognozuoti paklausą bei optimizuoti procesus. Vis dėlto, nors tokie lyderiai kaip *Ocado*, *Amazon* ar *Alibaba* jau plačiai taiko robotų tinklus, visiškas sandėlių automatizavimas vis dar reikalauja žmogaus įsikišimo. Dabartinės technologijų galimybės neleidžia pasiekti visiško autonomiškumo, nors ateityje, kaip prognozuoja *McKinsey & Company*, tai gali tapti realybe.

2. Robotų tinklų integracija į sandėliavimo procesus suteikia didelį potencialą efektyvumo didinimui, sąnaudų mažinimui ir darbo sąlygų gerinimui. Nors šios technologijos mažina klaidų galimybes ir užtikrina saugesnę aplinką, jos taip pat kelia ir iššūkių, tokių kaip didelės pradinės investicijos ir techninės problemos. Sėkmingas robotų tinklų diegimas reikalauja ne tik technologinių sprendimų, bet ir strateginio planavimo. Todėl įmonėms būtina išsamiai įvertinti tiek technologinius privalumus, tiek finansines ir organizacines rizikas prieš pradėdant automatizavimo projektus.

3. Sandėlių automatizavimas naudojant robotų tinklus gali turėti dvejopą poveikį darbo rinkai: viena vertus, jis mažina nekvalifikuotų darbuotojų poreikį, kita vertus – kuria naujas darbo vietas, reikalaujančias techninių ir skaitmeninių įgūdžių. Tai ypač svarbu siekiant ilgalaikės socialinės ir ekonominės pusiausvyros. Įmonės, norinčios išlikti konkurencingos, turi investuoti į darbuotojų kvalifikacijos kėlimą ir perkvalifikavimą. Priešingu atveju, jos rizikuoja prarasti kvalifikuotus darbuotojus ir sulėtinti inovacijų diegimą. Strateginis darbuotojų ugdymo planavimas turi tapti neatsiejama technologijų diegimo dalimi.

Literatūra

1. ABI Reasearch.(2019). *50,000 Warehouses to Use Robots by 2025 as Barriers to Entry Fall and AI Innovation Accelerates*. [Žiūrėta 2024-11-23]. Prieiga internetu: <https://www.abiresearch.com/press/50000-warehouses-use-robots-2025-barriers-entry-fall-and-ai-innovation-accelerates/>
2. Acemoglu, D., ir Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of political economy*, 128(6), p. 2188-2244.
3. Amazon (2022). *10 years of Amazon robotics: how robots help sort packages, move product, and improve safety*. Prieiga internetu: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/10-years-of-amazon-robotics-how-robots-help-sort-packages-move-product-and-improve-safety>
4. An, X., Wu, C., Lin, Y., Lin, M., Yoshinaga, T. ir Ji, Y. (2023). Multi-robot systems and cooperative object transport: *Communications, platforms, and challenges*. P 23-36.
5. Azadeh, K. ir De Koster, R. (2017). Robotized warehouse systems: Developments and research opportunities. Prieiga internetu: <https://repub.eur.nl/pub/99983/>
6. Baouya, A., Chehida, S., Bensalem, ir kt. (2023). Deploying warehouse robots with confidence: the BRAIN-IoT framework's functional assurance. *The journal of supercomputing*, 80, p. 1206–1237.
7. Cai, K. (2020). Warehouse automation by logistic robotic networks: a cyber-physical control approach. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, p. 693–704.
8. Chatzisavvas, A., Chatzitoulousis, P., Ziouzos, D., & Dasygenis, M. (2022). A routing and task-allocation algorithm for robotic groups in warehouse environments. *Information*, 13(6), 288.
9. Cheraghi, A.R., Shahzad, S., Graffi, K. (2022). Past, Present, and Future of Swarm Robotics. In *Intelligent Systems and Applications: proceedings of the 2021 Intelligent Systems Conference*, p. 190 – 233. Prieiga internetu: https://doi.org/10.1007/978-3-030-82199-9_13
10. De Koster, R. (2018). Automated and robotic warehouses: Developments and research opportunities. *Logistics and Transport*, p. 33-40.
11. Dhaliwal, A. (2020). The rise of automation and robotics in warehouse management. In *Transforming Management Using Artificial Intelligence Techniques*, p. 63-72.
12. Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra. (2021). Išsamių robotų automatizavimo ir sveikatas: santrauka. [žiūrėta 2024-10-09]. Prieiga internetu: https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-agency-safety-and-health-work-eu-osha_lt
13. Husheng Li. (2016). *Communications for Control in Cyber Physical Systems*. Prieiga internetu: <https://doi.org/10.1016/C2014-0-01276-2>
14. Yarlagadda, V. K. (2024). Cutting-edge developments in Robotics for Smart Warehousing and Logistics Optimization. *Robotics Xplore: USA Automation Digest*, 1(1), p, 61-79. Prieiga internetu: <https://hal.science/hal-04787280/>
15. Ikumapayi, O., Laseinde, O., Elewa, R., Ogedengbe, T. ir Akinlabi, E. (2024). Swarm Robotics in a Sustainable Warehouse Automation: Opportunities, Challenges and Solutions. Prieiga internetu: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455201080>
16. Kozák, M., Kozák, S., Kozáková, A. ir Martinák, D. (2020). Is Fear of Robots Stealing Jobs Haunting European Workers? A Multilevel Study of Automation Insecurity in the EU. Prieiga internetu: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2160>
17. Liu, Z., Wang, H., Wei, H., Liu, M., & Liu, H. (2020). Prediction, planning, and coordination of thousand-warehousing-robot networks with motion and communication uncertainties. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 18(4), 1705–1717.
18. McKinsey & Company. (2021). *Automation has reached its tipping point for omnichannel warehouses*. Prieiga internetu: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/ourinsights/automation-has-reached-its-tipping-point-for-omnichannel-warehouses>
19. Precedence Research. (2024). *Logistics Robotics Market Size, Share, and Trends 2024 to 2033*. [Žiūrėta 2024-11-23]. Prieiga internetu: <https://www.precedenceresearch.com/logistics-robotics-market>
20. Pricher, D., ir Chiacchio, F. (2018). The impact of industrial robots on EU employment and wages: *A local labour market approach*. Prieiga internetu: <https://www.bruegel.org/working-paper/impact-industrial-robots-eu-employment-and-wages-local-labour-market-approach>
21. Sallam, G. ir Baroudi, U. (2019). Cooperative Robot Deployment: Simulation and Real Experimental Analysis. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(3), p. 1843 – 1854.
22. Schwabe, H., ir Castellacci, F. (2020). Automation, workers' skills and job satisfaction. 15(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242929>

23. Sec Group. (2024). *Warehouse Robotics – The Ultimate Guide for 2024*. Prieiga internetu: <https://sec-group.co.uk/knowledge-hub/warehouse-robotics-the-ultimate-guide-for-2023/>
24. Šeduikytė, I. (2022). Sandėliavimo procesų tobulinimas x įmonės pavyzdžiu, p. 178-183.
25. Tarptautinė robotikos federacija. (2024). *Record of 4 Million Robots in Factories Worldwide*. [žiūrėta 2024-11-17]. Prieiga internetu: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-of-4-million-robots-working-in-factories-worldwide>
26. Team Celona. (2022). *Warehouse Robotics / Uses, Types, & Benefits*. Prieiga internetu: <https://www.celona.io/network-architecture/warehouse-robotics>

THE IMPLEMENTATION OF LOGISTICS ROBOT NETWORKS IN WAREHOUSE AUTOMATION

Summary

This paper explores the role of logistics robot networks in warehouse automation, focusing on their ability to enhance efficiency, improve accuracy, and reduce operational costs. Integrated systems combining mobile robots, robotic arms, and autonomous transport units can perform functions such as automated picking, sorting, and inventory control. While companies like Amazon, Ocado, and Alibaba have already adopted such technologies, complete automation remains out of reach due to current technological limitations. The implementation of robot networks requires not only technical solutions but also strategic planning, as challenges like high initial investment and system integration persist. Furthermore, automation has a dual impact on the labor market—reducing the need for low-skilled labor while creating demand for digitally and technically skilled workers. For companies to stay competitive, investing in workforce development must go hand in hand with technology deployment.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Diana Šateikienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė.

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinė kolegija, dėstytoja.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: sandėlių logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: d.sateikiene@kvk.lt

KAUNO 330/110/10 KV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS 10 KV TINKLO MODERNIZAVIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS, TAIKANT NEPLAN PROGRAMĄ

Gediminas Daukšys
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Kauno 330/110/10 kV. transformatorių pastotė yra netoli Kauno laisvosios ekonominės zonos, Biruliškėse. Ji tiekia elektros energiją daugiau kaip 5500 darbo vietų. Šioje teritorijoje esančios pastotės piko metu apkraunamos beveik 90 %. Ypač didelis įtampos sumažėjimas juntamas vartotojams, kurie prijungti prie 10 kV tinklo. Taip pat nustatyta, kad avariniu režimu, dalies 10 kV kabelių apkrova viršija maksimalią srovę. Surinkta informacija bus panaudota modernizuojant 10 kV elektros tinklo transformatorių pastotę Kaune.

Tyrimo problema - kaip avariniame režime užtikrinti 10 kV šynoms ir vartotojams elektros energijos tiekimą per ryšius iš kitų transformatorių pastovių?

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Transformatorių pastotė, 10 kV elektros tinklas, kabelių linija, programa Neplan.

Ivadas

Šiandieniam pasaulyje kokybiškai tiekiamą elektros energiją vertinama kaip niekada anksčiau. Žmonijos tobulėjimas vis labiau priklauso nuo elektrinių prietaisų, todėl akivaizdžiai pastebimas ir didesnis elektros suvartojimas pasaulyje, taip pat ir Lietuvos suvartotos energijos kiekis per metus vis didėja. Remiantis Lietuvos perdavimo sistemos operatoriaus LITGRID duomenimis, 2022 metais bendras elektros energijos suvartojimas pasiekė 10,47 TWh. Pastebima, kad kasmetinis elektros suvartojimas vis auga [7]. Šie duomenys ne tik Lietuvos, bet ir pasaulio mastu skatina didinti elektros tinklų pralaidumą, patikimumą bei plėtrą.

Dažniausiai tinklai jau būna sumontuoti ir prie jų jungiasi nauji vartotojai. Tam reikia įvertinti ir nustatyti ar prijungta papildoma galia neperkraus visų iki vartotojo esančių tinklo elementų. Jei susiduriama su perkrova tiesiamos naujos linijos - ar vietoje senų, montuojamos didesnio skerspjūvio linijos. Prieš nustatant rekonstrukcijos būtinumą atliekama srautų analizė, tam galima naudoti kelias programas. Tinklo patikimumui ir apkrovų skaičiavimams naudojama programa NEPLAN [4]. Šio tyrimo problema: kokie būdai ir metodai leistų atlikti planuojamą tinklo rekonstrukciją bei ar tai padidintų el. tinklo pralaidumą ir sumažintų perkrovą?

Tyrimo objektas - Kauno transformatorių pastotės 10 kV elektros tinklo modernizavimas.

Darbo tikslas – išanalizavus esamą 10 kV elektros tinklo situaciją Kauno 330/110/10 kV transformatorių pastotėje, ją modernizuoti ir įvertinti jos veikimą avarinėmis sąlygomis.

Tiksliui pasiekti keliami tokie uždaviniai:

1. Išanalizuoti 330/110/10 kV transformatorių pastotės, esančios Kauno laisvojoje ekonominėje zonoje, pagrindinius techninius parametrus.
2. Atlikti 10 kV elektros tinklo analizę avarinio darbo režimo sąlygomis, nustatant silpnąsias tinklo grandis, taikant NEPLAN programinę įrangą.
3. Įvertinti elektros tinklo būklę po naujų kabelinių jungčių įrengimo, analizuojant apkrovų pasiskirstymą ir sistemos stabilumą bei parinkti techninius kabelių ir jų jungiamųjų elementų sprendimus, atitinkančius AB „ESO“ keliamus reikalavimus.

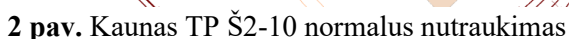
Tyrimas yra aktualus dėl sparčiai augančio elektros energijos poreikio pramoniniuose regionuose, ypač Kauno LEZ teritorijoje, kur didėjantis vartotojų skaičius kelia grėsmę tinklo patikimumui. Modernizuojant 10 kV tinklą ir taikant NEPLAN programą galima užtikrinti saugų ir efektyvų elektros energijos tiekimą net ir avarinėmis sąlygomis.

Esamos 330/110/10 kV transformatorių pastotės darbo analizė

Kauno 330/110/10 kV transformatorių pastotė yra Apynių g. Biruliškėse. Perdavimo tinklo dalis transformatorių pastotės priklauso AB Litgrid, kita dalis Energijos skirstymo operatoriui. TP yra du 200 MVA autotransformatoriai ir keturios 10 kV šynų sekcijos. Tarp autotransformatorių ir įtampos transformatorių sumontuoti RT-1, RT-2 galios transformatoriai kurių įėjimo ir išėjimo įtampos vienodos 10 kV, jų paskirtis reguliuoti pralaidumą. Transformatorių pastotė turi du savų reikalų transformatorius, kurie yra AB Litgrid tvarkyme ir 2 kombinuotus su kompensacinėmis ritėmis priklauso ESO. SRT transformatorių pastotėje maitina apšvietimo ir šildymo grandines, signalizacijos ir operatyvinio valdymo grandinės maitinamos per nuolatinės srovės skydus, dingus įtampai transformatorių pastotėje operatyviai valdyti jungtuvas galima nuotoliniu ir vietiniu būdu.

Transformatorių pastotė turi kabelinius ryšius per 10 kV. tinklą su Amalių, Eigulių, Muravos ir Palemono transformatorių pastotėmis. Kai kurie ryšiai per skirstomuosius punktus turi automatinę rezervinį jungimą, dažniausiai taip atstatomi I ir II kategorijos vartotojai.

Kaunas TP Š1-10 patikimiausias ir greičiausias permaitinimas per liniją L-SP1520 per SP-1520 (Kaunas) (1 pav.). Dingus įtampai Š1-10 linijoje L-SP1520 iš Kaunas TP skirstomajame punkte suveikus ARĮ įsijungia sekcijinis jungtuvas TS-10 ir atsijungia įvadinis jungtuvas L-Kaunas, Š1-10 permaitinama iš Muravos transformatorių pastotės, elektros įrenginių apkrovos normos ribose, įtampos nuostoliai nedideli, pas vartotojus įtampos geros [5].

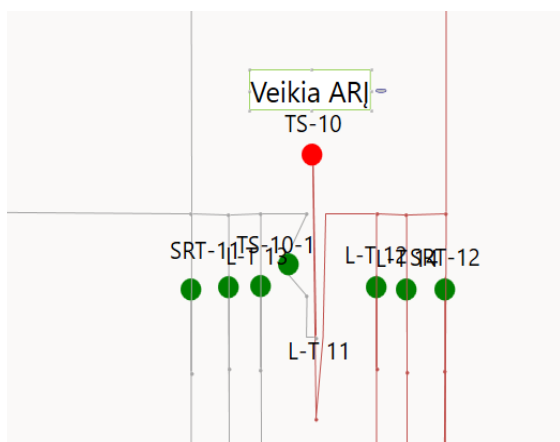


todėl Kaunas TP apkrovos sparčiai didėja. Visos Kauno LEZ teritorijoje esančios įmonės šiuo metu yra prijungtos prie Kaunas TP Š3-10, suveikus automatikai SP-825 (Kaunas) persimaitina iš transformatorių pastotės Eiguliai TP L-SP-950 linijos, tačiau jau linijos elementai perkraunami. Todėl Š4-10 šynų vartotojus sudėtingiau permaitinti, reikia nukrauti šynas per skirstomuosius punktus ar transformatorines kur nėra galios skyriklių ar valdomų komutacinių aparatų, kuriais komutuoti didelių srovių negalima. Šios problemos sprendimas būtų naujas kabelinis ryšys tarp kitos transformatorių pastotės, per modulinę transformatorinę su valdomais komutaciniais aparatais.

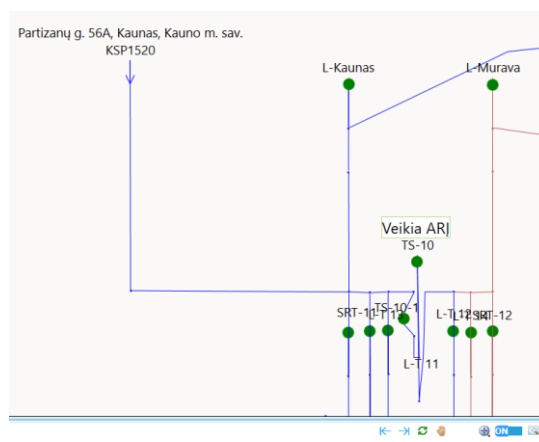
Avarinio režimo tyrimas

Transformatorių pastotės avarinis darbo režimas laikomas [6], kai abu transformatoriai atjungti, šynos ir klientai permaitinti per 10 kV. tinklo ryšius iš kitų TP (3 pav.). Atliekant tinklo analizę reikia atjungti šynų įvadinius komutacinius aparatus AT-11.1, AT-11.2, AT-11.3 ir AT-11.4.

Atjungus Kauno transformatorių pastotės visų šynų įvadinius komutacinius aparatus per normalius nutraukimus, pradedama permaitinti šynas ir klientus iš kitų transformatorių pastočių, Š1-10 turi ryšį su Muravos transformatorių pastote, skirstomajame punkte SP-1520 suveikus ARĮ (4 pav.) užmaitinama Kauno TP pirmos šynos Š1-10.



3 pav. Prieš ARĮ veikimą



4 pav. Suveikus ARĮ

Patikrinama kiek procentų apkrauti kabeliai ir ar geros įtampos transformatorinėse 0,4 kV dalyje. 0,37 kV. įtampa laikoma tinkama vartotojų užmaitinimui. Programoje patikrinami linijų apkrovimai (5 pav.)

Element results

Load Flow

Element

LV Distribution

☒ Show all results

☐ Filter lines by highest current

☐ One result per element

Header

Drag a column header and drop it here to group by that column

		Name	Element Type	Nodes	P kW	Q kvar	I A	I Angle °	Loading %	PLosses kW	QLosses kvar
		L-100 iš Palemono TP_503359.48x6088558.29x503355.32x6088571.01	Line	503355.324x6088571.015	-3220.58	-288.25	187.59	174.81	70.79	0.60779	0.4664
		L-100 iš Palemono TP_503359.48x6088558.29x503355.32x6088571.01	Line	N1_OLS_P101	3221.19	288.71	187.59	-5.19	70.79	0.60779	0.4664
		Palemono TP-OLS_P101_503508.44x6088175.22x503359.59x6088558	Line	503359.59x6088558.002	-3221.72	-288.71	187.59	174.81	70.79	10.98273	4.341
		Palemono TP-OLS_P101	Line	503508.441x6088175.223	-3232.7	-293.06	187.59	174.81	70.79	1.90954	0.7548
		Palemono TP-OLS_P101_503508.44x6088175.22x503359.59x6088558	Line	503508.441x6088175.223	3232.7	293.06	187.59	-5.19	70.79	10.98273	4.341
		Palemono TP-OLS_P101	Line	503497.089x6088107.994	3234.61	293.81	187.59	-5.19	70.79	1.90954	0.7548
		L-100 iš Palemono TP_503355.32x6088571.01x503148.35x6089304.6	Line	503148.35x6089304.6	-3130.49	-254.13	184.27	174.87	69.54	33.38843	25.6237

5 pav. Š1-10 Elementų apkrovimai

Rezultatų lentelėje elementų apkrovimas 70,79% (6 pav.). Pagal rezultatus matyti, kad atitinka permaitinimo kriterijus ir laikoma, kad permaitinimas teisingas. Pereinama prie sekančio žingsnio - Kauno TP Š2-10 permaitinimo. Automatika suveikia SP-785 (Kaunas) užmaitinama Kauno TP Š2-10 iš Palemono TP linijos L-SP539.

Element results

Load Flow ▾ Element ▾ ☒ Show all results

LV Distribution ▾ ☐ Filter lines by highest current ☐ One result per element

Drag a column header and drop it here to group by that column

Name	Element Type	Nodes	P kW	Q kvar	I A	IAngle °	Loading %	Plosses kW	Qlosses kvar
L-100 iš Palemono TP_503359.48x6088558.29x503355.32x6088571.01	Line	503355.32x6088571.015	-3220.58	-288.25	187.59	174.81	70.79	0.60779	0.4664
L-100 iš Palemono TP_503359.48x6088558.29x503355.32x6088571.01	Line	N1_OLS_P101	3221.19	288.71	187.59	-5.19	70.79	0.60779	0.4664
Palemono TP-OLS_P101_503359.48x6088175.22x503359.59x6088558	Line	503359.59x6088558.002	-3221.72	-288.71	187.59	174.81	70.79	10.98273	4.341
Palemono TP-OLS_P101	Line	503508.441x6088175.223	-3232.7	-293.06	187.59	174.81	70.79	1.90954	0.7548
Palemono TP-OLS_P101_503359.48x6088175.22x503359.59x6088558	Line	503508.441x6088175.223	3232.7	293.06	187.59	-5.19	70.79	10.98273	4.341
Palemono TP-OLS_P101	Line	503497.089x6088107.994	3234.61	293.81	187.59	-5.19	70.79	1.90954	0.7548
L-100 iš Palemono TP_503355.32x6088571.01x503148.35x6089304.6	Line	503148.35x6089304.6	-3130.49	-254.13	184.27	174.87	69.54	33.38843	25.6237

6 pav. Š1-10 Elementų apkrovimai

Permainius iš Palemono TP elementų apkrovimai ir įtampos atitinka teisingo permaitinimo kriterijus. Linijų elementai apsikrauna 90.47%, įtampos tinkamos 0,37 kV ir įtampos nuostoliai 4,19 % (7 pav.).

Element results

Load Flow ▾ Nodes ▾ ☒ Show all results

LV Distribution ▾ ☐ Filter lines by highest current ☐ One result per element

Drag a column header and drop it here to group by that column

Name	U kV	UAngle °	u %	Un kV	UnRef kV	DelUp %	UReg %	PGen kW	PLoad kW	QGen kvar	QLoad kvar	QShunt kvar	Distance m	Feeder
NT2_Kn-260_7297014	0.35	-3.73	88.3	0.4	0.4	5.88	6.25	0	671.9	0	0	0	3322.68	Kaunas L-SP2001-2
NT2_MT-1433_6609629	0.36	-6.74	89.7	0.4	0.4	4.38	4.58	0	728.99	0	0	0	2842.16	Kaunas L-SP885
NT2_TR-957_5659697	0.36	-1.3	90.31	0.4	0.4	3.74	3.88	0	46.94	0	0	0	2748.43	Kaunas L-SP785
NT2_TR-965_5604524	0.36	-2.11	90.45	0.4	0.4	3.59	3.72	0	63.84	0	0	0	3077.67	Kaunas L-SP885
NT2_TR-957_5659690	0.37	-1.13	91.47	0.4	0.4	8.49	9.28	0	61.34	0	0	0	3837.38	Amaliai L-SP539

7 pav. Š3-10 apkrova

Kaunas TP Š3-10 turi ryšį su Eigulių TP linija L-SP-950, skirstomajame punkte SP-825 (Kaunas) yra automatika, tačiau atlikus permaitinimą persikrauna kabelis tarp SP-950 ir SP-825 apkrautas 122.8% ir dalyje transformatorinių šiek tiek žemos įtampos 0,35 kV (8 pav.).

Element results

Load Flow ▾ Element ▾ ☒ Show all results

LV Distribution ▾ ☐ Filter lines by highest current ☐ One result per element

Drag a column header and drop it here to group by that column

Name	Element Type	Nodes	P kW	Q kvar	I A	IAngle °	Loading %
SP950-SP825_496190.93x6087910.19x496319.29x6087956.85	Line	496430.609x6088055.251	-4709.88	-537.36	267.71	173.01	122.8
SP950-SP825_496190.93x6087910.19x496319.29x6087956.85	Line	496190.928x6087910.194	4729.7	545.2	267.71	-6.99	122.8
Eigulių TP-SP950	Line	496192.346x6087910.12	-5520.58	-652.44	312.12	172.84	99.4
Eigulių TP-SP950	Line	496330.411x6087628.811	5543.94	663.21	312.12	-7.16	99.4
Eigulių TP-SP950_496114.1x6087493.86x496140.25x6087519.96	Line	496140.247x6087519.957	-5554.84	-668.23	312.12	172.84	99.4

8 pav. Š3-10 Įtampos ir nuostoliai

Kaunas TP Š4-10 suveikus automatai skirstomajame punkte SP-980 (Kaunas) užmaitinus iš Muravos TP linijos L-SP980 linijos elementai apkraunami 162,27% (9 pav.).

Element results

Load Flow Element Show all results

LV Distribution Filter lines by highest current One result per element

Drag a column header and drop it here to group by that column

Name	Element Type	Nodes	P kW	Q kvar	I A	I Angle °	Loading %	Losses kW
Muravos TP-SP980_497822.7x6087420.11x497938.91x6087472.95	Line	497938.908x6087472.954	-8885.92	-703.86	509.52	174.91	162.27	19.82809
Muravos TP-SP980_497822.7x6087420.11x497938.91x6087472.95	Line	497822.702x6087420.112	8905.74	713	509.52	-5.09	162.27	19.82809
Muravos TP-SP980_497807.02x6087407.18x497810.55x6087410.25	Line	497810.553x6087410.251	-8907.58	-714	509.52	174.91	162.27	0.60877
Muravos TP-SP980_497795.03x6087398.4x497803.87x6087404.63	Line	497803.869x6087404.634	-8908.59	-714.57	509.52	174.91	162.27	1.42196
Muravos TP-SP980_497807.02x6087407.18x497810.55x6087410.25	Line	497807.024x6087407.177	8908.19	714.28	509.52	-5.09	162.27	0.60877
Muravos TP-SP980_497795.03x6087398.4x497803.87x6087404.63	Line	497795.028x6087398.402	8910.01	715.22	509.52	-5.09	162.27	1.42196
Muravos TP-SP980_497751.16x6087364.63x497792.68x6087396.77	Line	497792.684x6087396.77	-8910.29	-715.42	509.52	174.91	162.27	7.96034
Muravos TP-SP980_497751.16x6087364.63x497792.68x6087396.77	Line	497747.969x6087362.078	8918.25	719.09	509.52	-5.09	162.27	7.96034
Muravos TP-SP980_497654.14x6087285.18x497744.03x6087359	Line	497744.027x6087359.003	-8918.74	-719.45	509.52	174.91	162.27	15.13288
Muravos TP-SP980_497654.14x6087285.18x497744.03x6087359	Line	497654.143x6087285.184	8933.87	726.42	509.52	-5.09	162.27	15.13288
Muravos TP-SP980	Line	497647.791x6087280.153	-8934.93	-726.91	509.52	174.91	162.27	44.88743
Muravos TP-SP980	Line	497375.743x6087068.16	8979.81	747.61	509.52	-5.09	162.27	44.88743

Copy Format: Excel(xlsx) Export Report

Select column for export

Close Help

9 pav. Š4-10 Elementų apkrovimai

Jeigu būtų problema tik Š3-10 šynose, būtų galima pakeisti tik kabelio intarpą, kuris persikrauna ir transformatorinėse perjungti transformatorių atšakas, kad padidinti ar pamažinti įtampas pagal poreikį. Kadangi Kauno LEZ visi vartotojai maitinasi iš Š3-10 ir Š4-10 ir neturi tiesioginių ryšių su kitomis transformatorių pastotėmis stipriai apkraunamos šynos. Avarinio režimo atveju reikia ieškoti būdų kaip nukrauti šynas, atlikti daug operacijų, nukraunant Š3-10 ir Š4-10 šynas apsikrauna Š1-10 ir Š2-10 šynos, bet to neužtenka, reikia ieškoti kitų ryšių per transformatorines. Vykdamas perjungimus ne visi komutaciniai aparatai valdomi nuotoliu, tad reikia siųsti OIB, kartais net tenka perjungti skyrikliais, kurių komutavimo srovė yra labai maža ir nėra saugu tai daryti [1]. LEZ teritorijoje vis daugėja vartotojų, todėl didėja ir apkrovimai. Kad išvengti šios problemos reikalingi nauji kabeliniai ryšiai iš kitų transformatorių pastočių. Sumontavus naujus ryšius, dalis Kauno TP apkrovos nusikraus ant Palemono, patikimiau, saugiau ir greičiau bus atstatytas elektros energijos tiekimas klientams.

Naujų kabelių prijungimas planuojamas Kauno TP ir esamose modulinėse transformatorinėse prie rezervinių fiderių.

Apkrovų mažinimo tyrimas

Norint sumažinti atitinkamų kabelių apkrovas reikia papildomų linijų. Tam reikia suprojektuoti kabelių linijas tarp atitinkamų pastočių. Projektuojama linija tarp Kaunas TP ir Palemonas TP.

Apskaičiuojame 10 kV linijų varžas. Kabelio vieno kilometro reaktyvioji varža:

$$X_0 = 2 * \pi * f * L_0 * 10^{-3}; \quad (1.1)$$

čia f - elektros tinklo dažnis Hz; L_0 - kabelio vieno kilometro induktyvumas mH/km; π - matematinė konstanta, išreiškianti apskritimo ilgio ir skersmens santykį, $\pi \approx 3.14$.

$$X_0 = 2 * \pi * f * L_0 * 10^{-3} = 2 * 3.14 * 50 * 0.3 * 10^{-3} = 0.094 \Omega/\text{km};$$

Linijų varžos:

$$X_{L*} = \frac{X_0 * L_1 * S_b}{U_b^2}; \quad (1.2)$$

čia X_0 – induktyvinė laidų varža, Ω ; L_1, L_2 – laidų ilgiai, km; U_b – bazinė įtampa, kV.

$$X_{L1*} = \frac{X_0 * L_1 * S_b}{U_b^2} = \frac{0.064 * 4.35 * 100}{10.5^2} = 0.253;$$

$$X_{L2*} = \frac{X_0 * L_2 * S_b}{U_b^2} = \frac{0.064 * 2.65 * 100}{10.5^2} = 0.154;$$

Projektuojant 10 kV naujus kabelinius ryšius tarp Kaunas TP ir Palemonas TP, parenkami kabeliai atsižvelgiant į AB „ESO“ reikalavimus su XLPE izoliacija [8], kabelio tipas 1x500AL+35CU. Kabeliai bus prijungti prie jau esamų rezervinių narvelių.

Su NEPLAN programa patikrinama kaip keičiasi linijų apkrovos nutiesus šias linijas. Jeigu programoje naujai nubraižytų ryšių skaičiavimai yra sėkmingi ir nemeta klaidų, galima pradėti programoje modeliuoti operatyvinius perjungimus per normalius atskyrimus. Prieš 10 kV tinklo modernizavimą Š1-10 ir Š2-10 šynoms elektros energijos tiekimas buvo atstatytas sėkmingai taip ir paliekama, komutacinių aparatų padėtis kokios buvo pirminės analizės metu SP-1520 (Kaunas) suveikus ARĮ įjungtas sekcijinis jungtuvas TS-10

užmaitina Š1-10 šynas. Š2-10 atstatytas elektros energijos tiekimas per skirstomąjį punktą SP-785, suveikus ARĮ įsijungia sekcijinis jungtuvas TS-10.

Name	Element Type	Nodes	P kW	Q kvar	I A	IAngle °	Loading %	PLc kW
Palemonas TP-KP 690_503148.72x6089327.23x503021.28x6089289.95	Line	503021.28x6089289.954	-9795.2438	-1046.4199	574.5419	173.1909	100.8	
Palemonas TP-KP 690_503148.72x6089327.23x503021.28x6089289.95	Line	503148.718x6089327.233	9803.9243	1059.907	574.5419	-6.8091	100.8	
Palemonas TP-KP 690	Line	503148.718x6089327.233	-9803.9243	-1059.907	574.5419	173.1909	100.8	
Palemonas TP-KP 690	Line	503497.059x608105.646	9880.9637	1179.6045	574.5419	-6.8091	100.8	
P690-P684_503161.38x6090151.63x503204.91x6090154.83	Line	503204.909x6090154.834	-9719.4283	-928.9989	574.4246	173.2039	100.78	
P690-P684_503161.38x6090151.63x503204.91x6090154.83	Line	503161.382x6090151.63	9722.0421	933.0601	574.4246	-6.7961	100.78	
P690-P684_503207.8x6089876.42x503161.38x6090151.63	Line	503161.382x6090151.63	-9722.0421	-933.0601	574.4246	173.2039	100.78	
P690-P684_503207.8x6089876.42x503161.38x6090151.63	Line	503148.726x6089327.383	9784.6136	1030.2787	574.4246	-6.7961	100.78	
P690-P684_503021.41x6089290.03x503148.73x6089327.38	Line	503148.726x6089327.383	-9784.6136	-1030.2787	574.4246	173.2039	100.78	
P690-P684_503021.41x6089290.03x503148.73x6089327.38	Line	503021.412x6089290.027	9793.2779	1043.7406	574.4246	-6.7961	100.78	
Muravos TP-SP980_497822.7x6087420.11x497938.91x6087472.95	Line	497938.908x6087472.954	-4730.4796	-328.9485	277.9931	175.6887	88.53	
Muravos TP-SP980_497822.7x6087420.11x497938.91x6087472.95	Line	497822.702x6087420.112	4736.382	331.6699	277.9931	-4.3113	88.53	

10 pav. Š4-10 Elementų apkrovimai

Š3-10 skirstomajame punkte SP-825 (Kaunas) suveikia ARĮ užmaitinamos šynos, kadangi atsirado nauji 10 kV kabeliniai ryšiai buvusi problema išsprendė, dalis apkrovos nusikrovė ant Palemonas TP. Š4-10 šynoms patikimai atstatyti elektros energijos tiekimą neišsina, todėl papildomai naudojama operatyvinių perjungimų seka:

- SP-980 suveikia ARĮ ir išsijungia Kaunas TP LJ L-SP980 atstatomas elektros energijos tiekimas linijoje esantiems vartotojams, dėl patikimesnio elektros energijos tiekimo SP-980 prijungiamas televaldymu LJ L-TR716-1 ir išjungiamas SJ, skirstomojo punkto Š1-10 ir Š2-10 turi maitinimus iš skirtingų linijų.
- MT P-686 televaldymu įsijungia sekcijinis galios skyriklis SGS atstatomas elektros energijos tiekimas Kaunas TP Š4-10 šynoms ir vartotojams;

Patikrinus gaunamas linijų apkrovas matyti, kad Š4-10 vis dar apkrauta 100,8 % (10 pav.).

Name	Element Type	Nodes	P kW	Q kvar	I A	IAngle °	Loading %	PLc kW
Palemonas TP-KP 690_503148.72x6089327.23x503021.28x6089289.95	Line	503021.282x6089289.954	-9304.9157	-927.6961	518.6279	173.6914	90.99	7
Palemonas TP-KP 690	Line	503148.718x6089327.233	-9311.9888	-938.6858	518.6279	173.6914	90.99	62
Palemonas TP-KP 690_503148.72x6089327.23x503021.28x6089289.95	Line	503148.718x6089327.233	9311.9888	938.6858	518.6279	-6.3086	90.99	7
Palemonas TP-KP 690	Line	503497.059x608105.646	9374.7631	1036.2194	518.6279	-6.3086	90.99	62
P690-P684_503161.38x6090151.63x503204.91x6090154.83	Line	503204.909x6090154.834	-9242.7829	-831.3127	518.5141	173.7067	90.97	2
P690-P684_503161.38x6090151.63x503204.91x6090154.83	Line	503161.382x6090151.63	9244.9127	834.6218	518.5141	-6.2933	90.97	2
P690-P684_503207.8x6089876.42x503161.38x6090151.63	Line	503161.382x6090151.63	-9244.9127	-834.6218	518.5141	173.7067	90.97	50
P690-P684_503207.8x6089876.42x503161.38x6090151.63	Line	503148.726x6089327.383	9295.8965	913.8364	518.5141	-6.2933	90.97	50
Muravos TP-SP980_497822.7x6087420.11x497938.91x6087472.95	Line	497938.908x6087472.954	-4730.5228	-329.272	277.9972	175.6848	88.53	5
Muravos TP-SP980_497822.7x6087420.11x497938.91x6087472.95	Line	497822.702x6087420.112	4736.4254	331.9935	277.9972	-4.3152	88.53	5
Muravos TP-SP980_497807.02x6087407.18x497810.55x6087410.25	Line	497810.553x6087410.251	-4736.9725	-332.2912	277.9972	175.6848	88.53	0
Muravos TP-SP980_497751.16x6087364.63x497792.68x6087396.77	Line	497792.684x6087396.77	-4737.7782	-332.7147	277.9972	175.6848	88.53	2

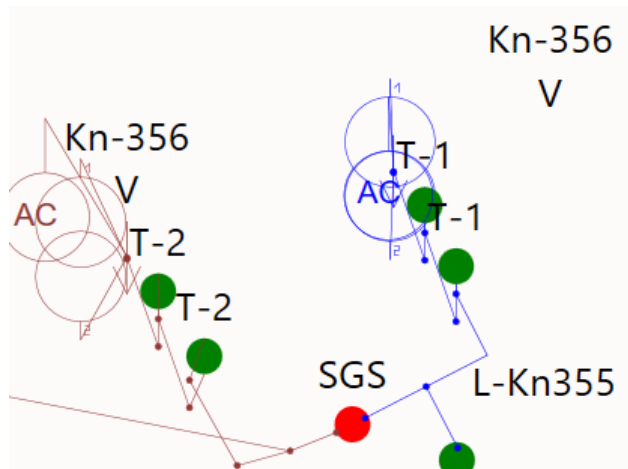
11 pav. Š4-10 Elementų apkrovimai įjungus SP-772 ir atjungus LJ L-SP722-2

Š4-10 šynos nukraunamos televaldymu įjungiant skirstomajame punkte SP-772 ir Kaunas TP televaldymu išjungiant LJ L-SP722-2, po atliktų papildomų perjungimų apkrovimai sumažėja iki 90,99 %

srovė 518 A (11 pav.).

Žemiausia įtampa KT-1059 yra 0,371 kV, įtampos nuostoliai 7,15 %, parametrai po permaitinimo normos ribose, elektros energijos atstatymą vartotojams laikome patikimu ir sėkmingu.

Sumontavus naują 10 kV kabelinį ryšį iš Palemonas TP ir MT Kn-356 atjungus sekcijinį galios skyriklį SGS antros kategorijos vartotojui ir prie MT prijungtiems kitiems vartotojams didėja elektros energijos tiekimo patikimumas [3] (12 pav.).



12 pav. Prie Kn-356 prijungtiems vartotojams energija tiekama per du lygiagrečius kabelius

Modulinės transformatorinės Kn-356 abi 10 kV. šynų sekcijos turi atskirus maitinimus iš Kaunas TP ir Palemonas TP. Pagal kabelį parenkamos galinės movos 1x500-630 mm² RAYCHEM ir jungiamosios movos 1x500mm² RAYCHEM.

2.5 lentelė

Linijų parametrų palyginimai

Eil. Nr.	TP ir linijos pavadinimai	Prieš modernizavimą			Po modernizavimo		
		Galia, kW	Srovė, A	Apkrovimas, %	Galia, kW	Srovė, A	Apkrovimas, %
1	Eigulių TP L-SP950	5543,58	172,84	99,4	1478,06	86,35	27,5
2	SP950-SP825	4709,88	267,71	122,8	693,72	40,53	18,59
3	Muravos TP L-SP-980	8885,92	509,52	162,27	4801	277,99	88,53

Po 10 kV tinklo modernizavimo linijų apkrovų ir įtampų palyginimai atvaizduoti lentelėse 2.5 ir 2.6.

Modernizavus tinklą, visų trijų linijų apkrovos reikšmingai sumažėjo. Labiausiai kritusi apkrova – linijoje SP950–SP825, nuo 122,8 % iki 18,6 %, nustatyta, kad nauji kabeliniai ryšiai efektyviai paskirstė srautą ir pašalino perkrovos riziką. Muravos TP linijoje apkrova sumažėjo nuo kritinės 162,3 % iki saugesnio 88,5 %, tačiau ši vertė vis dar arti didelės apkrovos ribos, tad šiai atkarpai prireiks papildomo tyrimo ateityje.

2.6 lentelė

Linijų parametrų palyginimai

Eil. Nr.	Transformatorinės pavadinimas	Prieš modernizavimą		Po modernizavimo	
		Įtampa, kV	Įtampos nuostoliai, %	Įtampa, kV	Įtampos nuostoliai, %
1	Kn-260	0,352	5,88	0,377	5,66
2	MT-1433	0,364	4,38	0,383	4,03
3	TR-957	0,361	5,74	0,377	5,68
4	TR-965	0,366	5,59	0,385	3,63

Po modernizacijos įtampa transformatorinėse padidėjo iki 0,377–0,385 kV ir priartėjo prie normatyvinės 0,4 kV vertės. Įtamos nuostoliai sumažėjo visose transformatorinėse, išskyrus TR-957, kur pokytis nereikšmingas. TR-965 transformatorinėje – nuostoliai sumažėjo beveik 2 proc. punktais, tai rodo tiesioginę naudą dėl tinklo apkrovų perskirstymo.

Diskusija: Atlikta Kauno 330/110/10 kV transformatorių pastotės analizė parodė, kad esama 10 kV tinklo struktūra nepajėgi užtikrinti patikimo elektros energijos tiekimo avarinėmis sąlygomis, ypač Kauno LEZ teritorijoje, kur elektros energijos poreikis nuolat auga. Avarinio režimo tyrimas parodė, kad esant dviem atjungtiems autotransformatoriams dalis kabelių tinklo elementų buvo perkrauti virš 120 %, o kai kuriose transformatorinėse fiksuotas įtamos kritimas iki 0,35 kV, kas neatitinka tiekimo kokybės reikalavimų.

Sumodeliavus naujus kabelinius ryšius tarp Kaunas TP ir Palemonas TP bei prijungus juos prie esamų modulių, pastebėta reikšminga tinklo apkrovų mažėjimo tendencija – apkrovos sumažėjo nuo 122 % iki 18,59 %, o kai kurių kitų linijų nuo 162 % iki 88 %. Įtamos nuostoliai taip pat sumažėjo, o vartotojams tiekiamos įtamos pasiekė normines vertes (apie 0,37–0,38 kV). Tai patvirtina, kad naujų kabelinių ryšių projektavimas ne tik padidina tinklo patikimumą, bet ir leidžia žymiai sumažinti operatyvinių perjungimų skaičių – nuo 45 iki 19. Dalis perjungimų vis dar reikalauja rankinio įsikišimo dėl kai kurių nevaldomų skyriklių, o tai kelia tiek saugumo, tiek laiko sąnaudų iššūkių. Tad siekiant visiško automatizavimo būtina plėsti televaldomų komutacinių aparatų diegimą. Be to, modernizuotas tinklas turi būti lankstus ir pasirengęs priimti naujus vartotojus bei generacijos šaltinius, kurių skaičius LEZ zonoje toliau didės. Atliktas tyrimas parodė būtinybę modernizuoti esamą 10 kV tinklą. Tyrime pateiktas sprendimas, leidžia sumažinti perkrovos riziką ir pagerinti elektros energijos tiekimo kokybę vartotojams.

Išvados

1. Specializuota programa NEPLAN Electricity galima atlikti modeliavimą ir analizę, įkeliant faktinį tinklą iš Gis portalo panaudojant Arcgis Pro programą ir Python programą skripto paleidimui.
2. Išanalizavus tinklą avariniu režimu, kai Kauno TP atjungti abu autotransformatoriai ir 10 kV šynos užmaitintos iš kitų transformatorių pastočių. Analizės metu pastebėta, kad užmaitinus Š3-10 persikrauna kabelis tarp SP-950 ir SP-825 apkrautas 122,8% ir dalyje transformatorinių šiek tiek žemos įtamos 0,35 kV. Š4-10 užmaitinus iš Muravos TP linijos L-SP980 linijos elementai apkraunami 162,27 %.
3. Kabeliniams ryšiams pagal AB „ESO“ reikalavimus parinkti kabeliai su XLPE izoliacija, kabelio tipas 1x500AL+35CU, galinės movos 1x500-630mm² 24kV POLT-24F/1XO-L20A-RAYCHEM, jungiamosios movos 1x500mm² 24kV POLJ-24/1x500-RAYCHEM.
4. Sumontavus naujus kabelius, operatyvinių perjungimų sumažėjo nuo 45 iki 19, linijų elementų apkrovimai nuo 122 % iki 18 %, kitos linijos nuo 162 % iki 68 %. Naujo kabelinio ryšio tarp Palemono TP ir Kauno TP linijos elementai apkrauti 90 %.

Literatūra

1. Ahmed Ali, Sanjeevikumar Padmanaban, Bhakisipho Twala and Tshilidzi Marwala. Electric Power Grids Distribution Generation System for Optimal Location and Sizing - A Case Study Investigation by Various Optimization Algorithms. Journal: Energies, 2017, Volume: 10, Number: 960. Link: <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/7/960>
2. Fahed Qureshi; Moustafa Ali; Mohammad Azizur Rahman; Ibrahim Hassan; Golam Rasul; Rashid Hassan. Experimental Investigation of Multi-Phase Flow in an Annulus Using Electric Resistance Tomography. Paper presented at the SPE Kuwait Oil & Gas Show and Conference, Mishref, Kuwait, October 2019. Paper Number: SPE-198011-MS, <https://doi.org/10.2118/198011-MS>.
3. K. Ramirez-Meyers, W. Neal Mann, T. A. Deetjen, S. C. Johnson, J. D. Rhodes and M. E. Webber. How different power plant types contribute to electric grid reliability, resilience, and vulnerability: a comparative analytical framework. Published 29 April 2021. Published by IOP Publishing Ltd. Progress in Energy, Volume 3, Number 3. DOI: <https://doi.org/10.1088/2516-1083/abf636>
4. NEPLAN programme [žiūrėta 2024.12.01]. Link: <https://neplan.ch/anywhere-completely-mobile-usable/>
5. NEPLAN programme instruction [žiūrėta 2024.12.07]. Link: <https://www.neplan.ch/wp-content/uploads/2015/01/Electricity.pdf>
6. Oleksandr Miroshnyk, Oleksandr Moroz, Taras Shchur, Andrii Chepizhnyi, Mohamed Qawaqzeh and Sławomir Kocira. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. Journal: Energies, 2023, Volume: 16, Number: 2638. <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/6/2638>
7. Sorrell, Steven Robert, Reducing Energy Demand: An Overview of Issues, Challenges and Approaches. (October 15, 2014). SWPS 2014-22, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2743108> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2743108>
8. XLPE 24 kV cables catalog, 2022m., [žiūrėta 2023 04 16]. Link: <https://library.e.a.highbvoltage.com/public.pdf>

POSSIBILITY STUDY OF MODERNIZATION OF THE 10 KV NETWORK OF THE KAUNAS 330/110/10 KV TRANSFORMER SUBSTATION UNDER THE NEPLAN PROGRAMME

Summary

Kaunas 330/110/10 kV transformer substation is located near the Kaunas free economic zone in Biruliškės. It supplies electricity to more than 5500 workplaces. The substations located in this area are loaded by almost 90% during peak hours. A particularly large voltage drop is felt by consumers connected to the 10 kV network. It has also been determined that in emergency mode, the load of some 10 kV cables exceeds the maximum current. The information collected will be used to modernize the 10 kV electricity network transformer substation in Kaunas.

The problem is how to ensure the supply of electricity to 10 kV buses and consumers through connections from other transformer substations in emergency mode?

Key words: Transformer substation, 10 kV electricity network, cable line, Neplan program.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Gediminas Daukšys.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Inžinerinės pramonės ir technologijų fakultetas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: elektros inžinerija, energetika ir termoinžinerija, matavimų inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 68659120 gediminas.dauksys@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Gediminas Daukšys.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Higher Education Institution, Faculty of Industrial Engineering and Technology

Author's research interests: Electrical Engineering, Energy and Thermal Engineering, Measurement Engineering.

Telephone and e-mail address: +370 68659120 gediminas.dauksys@lik.tech

ĮTRAUKAUS UGDYMO BENDROJO LAVINIMO MOKYKLOSE PROBLEMINIAI ASPEKTAI

Kęstutis Vitkauskas
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Lietuva 2010 m. prisijungdama prie JT Neįgalųjų teisių Konvencijos (toliau - JT Konvencija) įsipareigojo įgyvendinti įtraukties principą nacionalinėje švietimo sistemoje. 2024 m. šalyje pradėjus įgyvendinti įtraukųjį ugdymą, mokyklų bendruomenės susiduria su įvairiais sunkumais ir iššūkiais.

Straipsnyje, remiantis teisės aktų analize bei specialiaja literatūra nagrinėjamas įtraukaus ugdymo įgyvendinimo bendrojo lavinimo mokyklose veiksmingumas. Tuo tikslu aptariama įtraukaus ugdymo samprata ir ugdymo įgyvendinimo kryptys, tiriamas švietimo pagalbos teikimo mokiniams veiksmingumas, analizuojami mokytojų nuostatos į įtraukųjį ugdymą formuojantys veiksniai.

Tyrimo daroma išvada, kas švietimo prieinamumas dar nėra užtikrintas visiems SUP turintiems mokiniams. Mokyklų bendruomenėse vyraujančios problemos (dideli darbo krūviai, nepakankamas atlyginimas, vyraujančios patyčios ir pasitaikantis smurtas prieš mokytojus, administracijos negebėjimas optimaliai spręsti problemų ir nenoras padėti mokytojams) įtakoja mokytojų savijautą, profesijos nepatrauklumą, kliudo kurti saugią darbinę aplinką. Dėl iki galo neišspręstų ugdymo proceso organizavimo mokyklose problemų požiūris į neįgalųjų integraciją pedagoginėje visuomenėje keičiasi gana lėtai.

Reikšminiai žodžiai. Įtraukusis ugdymas, specialiųjų ugdymosi poreikių mokinys, švietimo pagalba.

Įvadas

Lietuvoje, kaip daugelyje kitų šalių, specialusis ugdymas realizuojamas keliomis formomis: 1) ugdymas specialiose įstaigose arba namuose (segreguotas ugdymas); 2) integruotas ugdymas pagal bendrą ugdymo vietą (neįgalūs vaikai ugdomi toje pačioje mokykloje, bet atskirose patalpose nuo sveikųjų); 3) socialinė integracija (sveiki ir neįgalūs vaikai bendrai būna ne akademinį užsiėmimų metu); 4) funkcinė integracija (vaikai visą laiką mokykloje mokosi kartu, tačiau programos pakeitimai, specialių priemonių turėjimas minimalus); 5) įtraukusis ugdymas (neįgalaus vaiko integruotas ugdymas tokiame ugdyme pasirengusioje mokykloje: pakankama pedagogų kompetencija, priemonių, kabinetų ir specialistų konsultantų buvimas, administracijos palaikymas, teigiamos mokytojų ir visų vaikų tėvų nuostatos). Tad įtraukusis ugdymas yra integruoto ugdymo siekiamybė, aukščiausia jo reiškimosi forma (A. Bagdonas, 1997).

Visuomenės nuostatos, lemiančios socialinę ir ugdymo politiką neįgalųjų atžvilgiu, pastariausias metais keitėsi integruoto ugdymo naudai (A. Galkienė, 2001, Ruškus, 2002; Labinienė, ir kt., 2003). Požiūrio į socialinį teisingumą transformacija sudarė prielaidas įgyvendinti lygių galimybių principą Lietuvos švietimo politikoje - užtikrinant asmens teisių įgyvendinimą ir laiduojant švietimo prieinamumą vienodai visiems besimokantiems (ŠĮ, 5 str. 1 d.).

Lietuva, 2010 m. prisijungdama prie JT Neįgalųjų teisių Konvencijos (toliau - JT Konvencija), įsipareigojo įgyvendinti įtraukties principą nacionalinėje švietimo sistemoje. Tuo tikslu Lietuva turėjo nacionalinius teisės aktus suderinti su tarptautinės teisės principais. Dėl to 2020 m. birželio 30 d. buvo priimti reikšmingi Švietimo įstatymo (*Nr. I – 1489*) 5, 14, 29, 30, 34, 36 straipsnių pakeitimai, įsigalioję nuo 2024 m. rugsėjo 1 d. Švietimo įstatymas 2021 m. buvo papildytas nauju *įtraukties švietime* principu, nustatančiu, kad „švietimo sistema sudaro sąlygas kiekvienam asmeniui ugdytis <...> ir būti nediskriminuojamam dėl ugdymosi poreikių įvairovės ir (ar) švietimo pagalbos reikmės“ (ŠĮ 5 str.5 d.). Šis principas sudarė teisinę prielaidą atvirai, prieinamai ir kiekvieno vaiko specialiuosius ugdymosi poreikius atliepiančiai mokyklai kurti.

Specialiųjų ugdymo poreikių (SUP) vaikų mokymas bendrojo lavinimo švietimo įstaigose nuo 2024 m. tapo ne tik įsisąmonintu būtinumu, bet ir faktu. 2024 m. pabaigoje Lietuvoje buvo maždaug 48 tūkst. mokyklinio amžiaus vaikų, turinčių SUP. Jie sudarė apie 14 proc. visų bendrojo ugdymo mokyklose besimokančių mokinių. Net 90 proc. šių vaikų mokėsi su savo bendraamžiais įprastose klasėse, 3 proc. specialiose klasėse bendrojo ugdymo mokyklose ir 7 proc. – specialiose, jiems skirtose mokyklose.

Tačiau pradėjus taikyti įtraukųjį ugdymą, mokyklų susiduria su įtraukties sunkumais ir iššūkiais. Pavyzdžiui, Švietimo, mokslo ir sporto ministerijos (ŠMSM) duomenimis, apie 20 proc. švietimo įstaigų iki 2024 m. neturėjo infrastruktūros, iš dalies pritaikytos asmenims su judėjimo negalia ar sutvarkytos pagal universaliojo dizaino principus. Daug mokyklų neturi liftų, pandusų, specialių sanitarinių mazgų, trūksta sensorinių kambarių, atskirų ramių erdvių mokiniams, turintiems emocijų ar elgesio sutrikimų (Kniukštienė, 2023). Dalis mokyklų neturi švietimo pagalbos specialistų, o mokinio padėjėjai dažnai neturi pakankamų žinių ir įgūdžių dirbti su SUP turinčiais vaikais, pvz., Švenčionių Zigmo Žemaičio gimnazijoje yra 120 tokių

mokinių, tačiau tik 1,5 etato specialiojo pedagogo, kas reiškia, kad pagalbą gali gauti tik 45 mokiniai (Švietimo bendruomenė, 2024). Daugelyje mokyklų mokytojai ir specialistai susiduria su nuolatiniu stresu, nes trūksta tinkamos pagalbos ir išteklių, tai lemia perdegimą, išėjimą iš darbo ar net streikus (Targamadzė, 2024). Nors dauguma tėvų pritaria įtraukiamam ugdymui, tačiau kai kurie vis dar priešinasi, kad jų vaikai mokytųsi kartu su neįgaliaisiais mokiniais, kas sąlygoja todėl formuojasi atmetimo kultūros formavimąsi, kai kurių savivaldybių vadovai deklaruoja siekį ir toliau SUP turinčius vaikus ugdyti atskirai nuo kitų mokinių (Pinskuvienė, 2024). Tai suponuoja probleminį klausimą, ar Lietuvoje įgyvendinamas įtraukusis ugdymas dera su JT Neįgaliųjų teisių konvencijos 24 str. nuostatomis ir atitinka įtraukties švietime principo idėjas.

Tyrimo tikslas - remiantis teisės aktų analize bei specialiaja literatūra įvertinti įtraukaus ugdymo įgyvendinimo bendrojo lavinimo mokyklose efektyvumą. Tikslui pasiekti darbe bus aptarta įtraukaus ugdymo samprata ir įgyvendinimo kryptys, švietimo pagalbos teikimo mokiniams veiksmingumas bei mokytojų nuostatos į įtraukųjį ugdymą.

Specialiųjų ugdymosi poreikių užtikrinimą bendrojo lavinimo mokyklose nagrinėjo A. Ališauskas (2002), darbo su specialiųjų poreikių vaikais, integruotais į bendrąją švietimo sistemą, bei jų mokymo ir mokymosi bruožus atskleidė J. Ambrukaitis (2002). Negalės fenomenas bei visuomenės požiūris į neįgalius asmenis atskleidžiamas J. Ruškaus, I. Kaffemanienės darbuose. A. Galkienės (2003), J. Pivorienės (1999) darbuose daugiausia nagrinėjami konkrečių ugdymo metodikų, negalių identifikavimo klausimai, pateikiama specialiųjų ugdymą reglamentuojančių teisinių dokumentų apžvalga.

Įtraukaus ugdymo teisiniai veiksniai tarptautinių teisės aktų kontekste Lietuvoje bei švietimo pagalbos mokiniams veiksmingumas iki šiol tyrinėti nebuvo.

Įtraukties ugdyme apibrėžtis

Mokslo doktrinoje nėra visuotinai pripažinto įtraukaus ugdymo (angl. inclusive education) apibrėžimo, nes šį reiškinį įvairūs mokslininkai ir pedagogai apibrėžia skirtingai. Bendrąja prasme įtrauktis į švietimą grindžiama filosofija, kad vaikai su specialiaisiais poreikiais turi teisę mokytis su negalios neturinčiais mokiniais bendrose mokyklose laikant juos mokyklos dalimi (Gupta & Tandon, 2018: 17) Tai visuomenės įsisąmonintas poreikis transformuoti mokymo įstaigų kultūrą, politiką ir praktiką, prisitaikant prie skirtingų individualių mokinių poreikių, šalinant kliūtis, trukdančias pilnavertiškai įsitraukti į ugdymo procesą visiems mokiniams, nepriklausomai nuo jų individualių charakteristikų (UNICEF, 2014). Įtraukusis ugdymas apibūdinamas, kaip procesas, kurį sudaro šios jungtis: vizija, vieta, ugdymo turinio ir vertinimo pritaikymas, priėmimas, prieinamumas, pagalba, ištekliai ir lyderystė (Mitchell, 2020). Panašiai šį ugdymo modelį apibūdina ir A. Galkienė (2001), pabrėždama, kad atvira ugdymo aplinka yra esminė socialinės neįgaliųjų integracijos sąlyga.

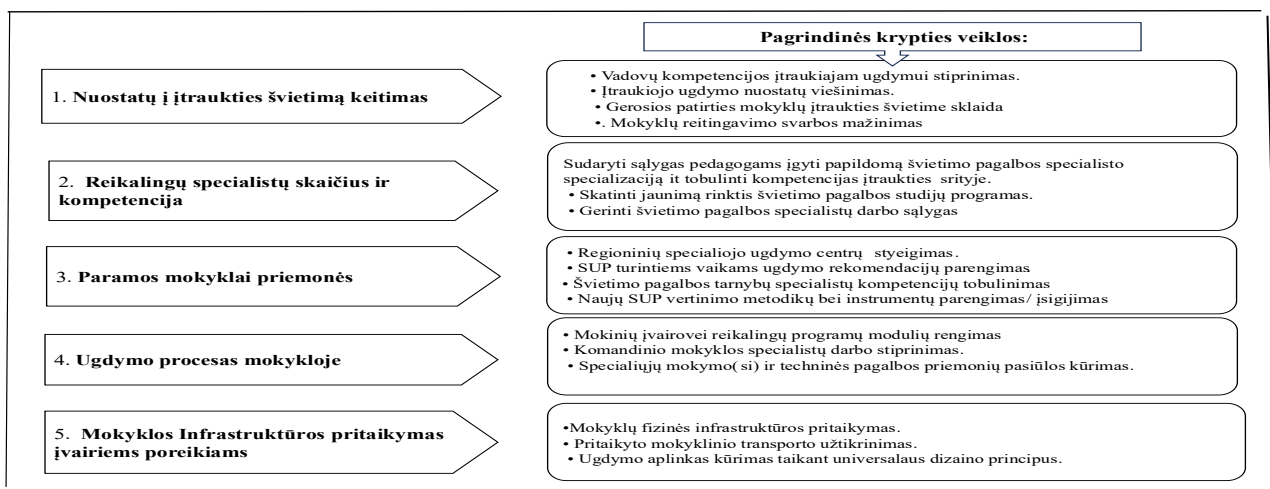
Nagrinėjant įtraukties švietime taikymą, neretai tapatinamos integracijos (angl. integration) ir „įtraukties“ (angl. inclusion) sąvokos, nors jų reikšmės skiriasi. Integruotas ugdymas apima SUP turinčių vaikų įtraukimą į mokyklas, sukuriant specialiai jiems pritaikytas klases, tuo tarpu įtraukusis ugdymas siekia pertvarkyti mokyklos kultūrą (vadybą, aplinką, mokymo metodus ir kt.) pagal mokinių individualius poreikius, neakcentuojant skirtumų, o keičiant požiūrį į tokius vaikus, kaip į galimybę keistis ir tobulėti (Tiwari, Das, Sharma, 2015: 128). Kitaip tariant, taikant integracijos modelį ugdymo sistema nėra pritaikoma mokiniui – priešingai, pats mokinis turi prisitaikyti prie sistemos.

Iki XX a. paskutiniojo dešimtmečio daugelyje šalių dominavo integracijos modulių grindžiamas ugdymas, kai SUP turintys vaikai mokėsi bendrojo ugdymo mokyklų atskirose klasėse. Įtraukties švietime formavimosi procesams reikšmingą postūmį davė Salamankos deklaracija (1994), kurioje įtraukties švietime politikos plėtra pripažinta valstybių siekiamybe: „bendrojo ugdymo mokyklos, orientuotos į įtraukųjį ugdymą, yra efektyviausias būdas kovoti su diskriminacijos apraiškomis, kurti įtraukią visuomenę ir užtikrinti veiksmingą ugdymą ir ugdymąsi kiekvienam“ (The Salamanca Statement and Framework, 1994). 2006 m. buvo priimta JT Konvencija, kurios 24 str. sudarė prielaidas kurti įtraukią švietimo sistemą, reiškiančią, kad asmenys su negalia gali rinktis bet kokią bendrojo ugdymo mokyklą, neatsižvelgiant į asmeninius apribojimus (negalią, sutrikimą, mokymosi sunkumus). Siekiant įgyvendinti UNESCO programos *Švietimas visiems* (angl. *Education for all*) idėjas, įtraukaus ugdymo modulio formavimas pratęstas Pasaulio švietimo forume Dakare (2000) tarptautinei bendruomenei susitarus iki 2015 užtikrinti švietimą visiems. UNESCO (2015) generalinėje konferencijoje buvo patvirtinta naują *Švietimas 2030* programą, kurios pagrindinis tikslas - užtikrinti kokybišką įtraukųjį ir teisingą švietimą bei skatinti mokymosi visą gyvenimą galimybes. Programoje prioritetą skirtas mokytojų rengimui, švietimo ir ugdymo aplinkų prieinamumui, mokinių kompetencijų ir vertybių nuostatų formavimui.

Lietuva, 2010 metais prisijungdama prie JT Konvencijos ir įsipareigodama kurti ir įgyvendinti įtraukties švietime sistemą, turėjo nacionalinius teisės aktus suderinti su tarptautinės teisės principais. Tuo tikslu 2020

m. birželio 30 d. buvo priimti reikšmingi Švietimo įstatymo (Nr. I – 1489) 5, 14, 29, 30, 34, 36 straipsnių pakeitimai, įsigalioję nuo 2024 m. rugsėjo 1 d. Švietimo įstatymas 2021 m. buvo papildytas nauju *įtraukties švietime* principu, nustatančiu, kad „švietimo sistema sudaro sąlygas kiekvienam asmeniui ugdytis <...> ir būti nediskriminuojamam dėl ugdymosi poreikių įvairovės ir (ar) švietimo pagalbos reikmės“ (ŠĮ 5 str.5 d.). Šis principas sudaro teises prielaidas atvirai, prieinamai ir kiekvieno vaiko specialiuosius ugdymosi poreikius atliepiančiai mokyklai kurti.

Pritariant R. Želvio teiginiui, kad politiniai sprendimai ir priimti nauji įstatymai yra lengviausias reformos etapas, o didžiausi sunkumai kyla pradėjus įgyvendinti reformą praktiškai (Želvys, 2003), galima sakyti, jog vienas iš svarbesnių švietimo politikos įgyvendinimo iššūkių buvo – įtraukties ugdymo plėtos kryptį apibrėžimas nacionaliniame lygmenyje, kadangi įtraukties modelis apima skirtingų poreikių įvairovę (žmonės su negalėmis, patiriančius socialinę atskirtį, negalintčius mokytis dėl nepalankių aplinkos sąlygų ir turinčius išskirtinius gabumus), kuri suponuoja gana platų reikalavimų spektrą įtraukiam ugdymui. Pavyzdžiui, siekiant įtraukaus ugdymo kokybiškos plėtos bendros paskirties mokyklose, UNICEF (2014) akcentuoja svarbiausius veiksnius, į kuriuos reikia atkreipti dėmesį nacionaliniuose lygmenyse: teigiamo mokyklos bendruomenės narių požiūrio formavimas, pedagogų rengimas darbui su SUP, į kiekvieną mokinį orientuotų ugdymo programų rengimas, lanksčių mokymo(–si) metodų diegimas, įvairiapusės pagalbos mokykloms ir mokytojams teikimas, tėvų ir bendruomenės įtraukimas. C. Holden (1996) išskiria tokius įtraukties švietimo komponentus: 1) *prieinamumas*: mokymosi aplinkos pritaikymas, specializuota kompiuterinė ir kita įranga, mokymo priemonės akliesiems, fiziškai neįgaliesiems ar silpnaregiams ir kt. 2) *mokyklos pedagogų ir viso personalo pasirengimas*: pakankamas informuotumas apie įvairias negales ir darbą su neįgaliais asmenimis; 3) *ugdymo programų ir mokymo būdų pritaikymas*: visų mokinių ir pedagogų teigiamų nuostatų suformavimas ir kt. (Holden C., Meggit, 1996:330). Kiti autoriai išskiria 3 įtraukties dimensijas, kurių ribose plėtojamas įtraukusis ugdymas mokykloje: 1) įtraukaus ugdymo vertybėmis grindžiama mokyklos bendruomenės kultūra; 2) įtrauki švietimo politika, paremta SUP turintiems mokiniams paramos teikimu; 3) įtrauki ugdymo praktika, skatinanti ugdymąsi ne tik mokyklos ribose, bet ir už jų (Booth, Ainscow ir kt., 2002). Paminėtus veiksnius didele dalimi atliepia ir Lietuvos *Įtraukties švietimo plėtos gairėse* (2023) nustatytos šio ugdymo įgyvendinimo pagrindinės veiklos kryptys: 1) keisti vyraujančias nuostatas į SUP turinčių mokinių ugdymą; 2) užtikrinti reikalingų specialistų skaičių ir kompetenciją, 3) užtikrinti paramos mokyklai priemones; 4) tobulinti ugdymo procesus mokyklose; 5) sukurti įvairiems poreikiams pritaikytą mokyklos infrastruktūrą (1 pav.)



1 pav. Įtraukaus ugdymo plėtos kryptys

Pasirinktos veiklos kryptys ir keliama uždaviniai ugdymo moduliui įgyvendinti yra rimtas valstybei iššūkis, kadangi numatytų tikslų pasiekimas iš esmės reikalauja visos švietimo sistemos pertvarkymo, t.y. didesnio jos lankstumo, papildomų išteklių, kvalifikuotų specialistų bei visuomenės, įskaitant mokyklų bendruomenes ir mokinių tėvus, paramos. Mokslo doktrinoje visuotinai pritariama, kad įtraukaus ugdymo sėkmė didžiąja dalimi priklauso nuo visuomenės ir mokyklų bendruomenių nuostatų į SUP turinčių vaikų lavinimo galimybes bei šiam ugdymui teikiamos pagalbos įvairovės ir apimties. Pagrindiniais veiksniais, skatinančiais įtraukiam ugdymui palankios aplinkos kūrimą švietimo organizacijose galima įvardinti: sistemingą visos mokyklos bendruomenės pedagogų, tėvų bei mokinių švietimą įtraukiojo ugdymo klausimais, pozityvias mokyklos bendruomenės nuostatas įvairių gebėjimų mokinių atžvilgiu, pagarba ir tolerancija grįstus

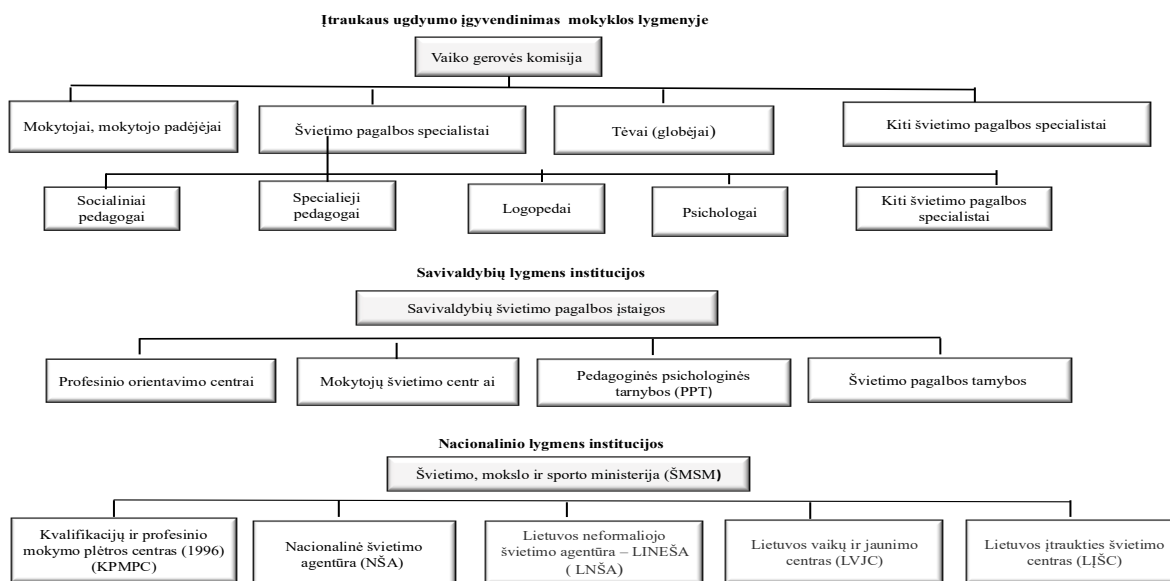
administracijos - mokytojų - mokinių – tėvų – švietimo pagalbos specialistų santykius, mokymąsi skatinantį pasiekimų vertinimą, fizinės aplinkos pritaikymą bei aprūpinimą ugdomąją įrangą (Burbulevičienė, 2021:1).

Sociologiniai tyrimai rodo, kad įtraukusis ugdymas vidurinės mokyklos lygmenyje pripažįstama Europos šalių bendra problema. Daugelyje ES šalių išskiriami šios pagrindinės įtraukties ugdymo kliūtys: mokyklų vadovų, mokytojų nuostatos, kad vaikų individualūs poreikiai yra jų asmeniniai trūkumai, įtraukties neskatinanti finansavimo sistema, išlikusios segreguotų institucijų veiklos tradicijos, resursų bei paramos šiam ugdymui stoka bendrojo lavinimo mokyklų viduje, atotrūkis tarp „sveikų“ ir neįgalių bendraamžių galimybių ir interesų ir kt. (SP vaikų integravimo problemos, 2003:3) Ugdymo trikdžiu taip pat laikomas per didelis mokinių klasėje skaičius bei vaikų negalės pobūdis, pavyzdžiui, ypač daug problemų sudaro kurčiųjų, elgesio ir emocijų sutrikimų turinčių mokinių ugdymas (*Special Needs Education in Europe*, 2003: p. 19-20).

Švietimo pagalbos teikimas mokyklose įtraukaus ugdymo procese

Užtikrinti įtraukties principo švietimo sistemoje įgyvendinimą gali būti sudėtinga, jei mokiniams, jų tėvams bei pedagogams trūksta pagalbos arba ji sunkiai prieinama. Todėl mokiniams teikiama švietimo pagalba reprezentuoja įtraukaus ugdymo, kaip tą numato JT Konvencija, įgyvendinimo efektyvumą. Švietimo pagalba suprantama kaip mokiniams, jų tėvams, mokytojams ir švietimo teikėjams specialistų teikiama pagalba, kurios tikslas – didinti švietimo veiksmingumą (Švietimo įstatymo 2 str. 29 d.). Įstatyme išskirtos šios švietimo pagalbos mokiniui rūšys: psichologinė pagalba, socialinė pedagoginė pagalba, specialioji pedagoginė ir specialioji pagalba.

Lietuvoje, įgyvendinant įtraukųjį ugdymą, SUP turintiems mokiniams pedagoginės psichologinės švietimo pagalbos (toliau - švietimo pagalba) teikimą įgyvendina nacionalinio, savivaldybės ir ugdymo įstaigos (mokyklos) lygmenyse veikiančios struktūros: mokykla, pedagoginį psichologinį vertinimą atliekančios įstaigos, regioniniai specialiojo ugdymo centrai ir Lietuvos įtraukties švietime centras (2 pav.)



2 pav. Įtraukiojo ugdymo švietimo pagalbos sistema.

Šaltinis: Nacionalinės švietimo agentūros tinklalapis. Prieiga per internetą: <https://www.nsa.smm.lt/>

Mokyklų lygmenyje – pirmiausia vaiko mokymosi sunkumus pastebi mokytojas ir reaguodamas į sunkumus koreguoja darbo klasėje organizavimą, ugdymo bei vertinimo metodus, mokomąją medžiagą. Esant poreikiui mokytojas kreipiasi į mokykloje esančius švietimo pagalbos specialistus ir į vaiko gerovės komisiją (VGK), kuri organizuoja švietimo pagalbą ir analizuoja jos veiksmingumą, atlieka pirminį SUP vertinimą, valdo krizines situacijas mokykloje, teikia rekomendacijas mokytojams ir tėvams, atlieka kitas su ugdymu susijusias veiklas. Nacionalinės švietimo agentūros (NSA) 2021 m. atlikta mokyklose dirbančių švietimo pagalbos specialistų veiklų analizė atskleidė šių darbuotojų trūkumą, per didelį jiems tenkantį krūvį dėl nuolat augančio mokinių, turinčių SUP, skaičiaus. Pripažįstant, kad mokymo įstaigos lygmeniu teikiama švietimo pagalbos kokybė yra vienas iš svarbiausių rodiklių, leidžiantis įvertinti įtraukaus ugdymo plėtrą T Konvencijos 24 str. kontekste, švietimo pagalbos teikimo mokyklose aspektai bus aptarti atskirai.

Savivaldybių lygmenyje veikiančios švietimo pagalbos institucijos (žr. 1 pav.) įvertina SUP turinčių mokinių (nevertina išskirtiniais gabumais pasižyminčių vaikų) pedagogines ir psichologines problemas, teikia švietimo informacinę pagalbą vaikams, specialiąją pedagoginę pagalbą – SUP turintiems asmenims iki 21 metų ir konsultacinę pagalbą jų tėvams, mokykloms ir pedagogams, kompleksškai vertina ugdymo įstaigų

mokinių poreikius. Savivaldybių Pedagoginės psichologinės tarnybos (PPT) teikia pagalbą neturinčioms savo specialistų mokykloms ir skiria mokiniams specialųjį ugdymą, kai specialiojo ugdymo komisijos neturi specialisto. Pažymėtina, kad „2021 -2024 m. įtraukties veiksmų plane“ specialiųjų ugdymo centrų (skyrių) metodinių konsultacinių paslaugų gerinimui buvo numatyta 2021 -2024 metais iš viso skirti 1,38 mln. eurų bei modernizuoti 10 regioninių metodinių konsultacinių centrų, aprūpinant juos reikalingomis priemonėmis, tačiau 2022 m. šis siekinys buvo sumažintas iki 8 modernizuotinų konsultacinių centrų, kurių pertvarkymas nebuvo užbaigtas numatytu laiku (Įtraukties veiksmų planas 2021–2024 m. 2,4 uždavinys.).

2019 m. savivaldybės lygmens švietimo pagalbos įstaigose dominavo psichologinės pagalbos paslaugos (55 proc. nuo visų teiktų paslaugų), iš kurių apie pusę buvo skirta vaikams, trečdalis jų tėvams. Specialiųjų pedagogų ir logopedų paslaugos sudarė 37 proc., o socialinės pedagoginės – 8 proc. (Švietimas šalyje ir regionuose 1 d., 2022:89). Teikiamų psichologinių paslaugų mastas rodo visuomenės emocinio nestabilumo didėjimą, ypač pasireiškusi po COVID -19 pandemijos, kai visuomenės streso lygis išaugo 2 kartus, nerimo, pykčio ir liūdesio jausmai – 1,5 karto ir beveik pusės šalies gyventojų pablogėjo emocinė savijauta, 11 proc. sumažėjo gerai besijaučiančių vaikų, beveik penktadaliui jų nustatyta depresijos rizika (Lietuva: švietimas šalyje ir regionuose, 2022:16).

Nacionaliniame lygmenyje ŠMSM formuoja ir įgyvendina šalies įtraukiojo ugdymo politiką. Kitos šio lygmens institucijos *teikia*: kvalifikacijos tobulinimo konsultacinę informaciją, ugdymo aplinkos kūrimo pagalbą savivaldybių švietimo pagalbos įstaigoms (NŠA); ugdymo institucijų pedagogams ir mokiniams pagalbą, skirtą neformaliojo vaikų švietimo politikai įgyvendinti (LVJC); konsultacinę ir kvalifikacijos tobulinimo pagalbą švietimo paslaugas teikiantiems subjektams, plėtojantiems profesinio mokymo ir mokymosi visą gyvenimą politiką (KPMPC), pagalbą neformaliojo vaikų švietimo paslaugų teikėjams, rengia ir įgyvendina šios sistemos dalyvių kvalifikacijos tobulinimo programas (LNŠA)

Įgyvendinant „Įtraukties veiksmų plano 2021 -2024 m.“ 2.3 uždavinį, 2023 m. įsteigtas naujas nacionalinio lygmens Lietuvos įtraukties švietime centras (LĮŠC), skirtas stiprinti švietimo sistemos, grindžiamos įtraukiojo ugdymo kultūra ir praktika, veiksmingumą. LĮŠC analizuoja ir vertina specialiųjų mokymo, techninės pagalbos priemonių taikymo ugdymo įstaigose galimybes, teikia rekomendacijas dėl jų tikslingumo ir konsultacijas dėl specialiųjų mokymo priemonių naudojimo ir kt.

Mokslo doktrinoje švietimo pagalbos prieinamumas vertinamas, pagal įvairius kriterijus: pagalbos specialistų skaičių mokykloje, specialistui tenkančių mokinių skaičių, gaunančių švietimo pagalbą SUP turinčių mokinių dalį mokykloje, mokinio padėjėjų skaičių ir mokytojų pasirengimą dirbti su specialiųjų poreikių vaikais.

Švietimo pagalbos prieinamumą mokyklose atspindi jose dirbančių specialistų skaičius, jų darbo krūviai ir kompetencijos. Pastaruoju metu Lietuvoje bendras švietimo pagalbos specialistų skaičius didėja - 2020 - 2023 metais jų išaugo nuo 3 275 iki 3 663. Mažėja ir šių specialistų neturinčių mokyklų šalyje skaičius: nuo 5,4 proc. (2019 m.) iki 2,8 proc. (2023 m.). Tačiau žiedinėse savivaldybėse 4,8 proc. mokyklų vis dar neturi šių specialistų (Lietuva. Švietimas šalyje ir regionuose, 2024: 97). Kita vertus, atskirų švietimo pagalbos rūšių specialistų trūkumas bendrojo ugdymo mokyklų lygmenyje dar išlieka didelis (1 lentelė).

1 lentelė

Mokyklos, neturinčios psichologinės pedagoginės pagalbos specialistų

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Mokyklų, neturinčių psichologų, dalis Lietuvoje (proc.)	52,7	52,3	47,21	47,52	44,3	40,34
Mokyklų, neturinčių specialiojo pedagogo (logopedo) dalis (proc.)	28,3	26,4	27,2	27,1	26,5	24,3

Šaltinis: Švietimo valdymo informacinė sistema

Mokymo įstaigose daugiausiai problemų kelia psichologinės pagalbos specialistų trūkumas ir netolygus jų pasiskirstymas savivaldybėse (2020 m. mokyklose iš viso dirbo 553 psichologai, o 2023 m. - 618). Miestuose šios paslaugos lengviau prieinamos ir sunkiai pasiekiamos daugumoje kaimo mokyklų, pavyzdžiui, 2024 m. 40,3 proc. šalies mokyklų (mieste - 32, 9 proc. kaime – 56,6 proc.) neturėjo psichologo etatų. Biržų rajone iš 6 mokyklų - 5 neturėjo psichologo (83, 3proc.), Kauno mieste - 12, 5proc., o Vilniuje - 30 proc., Šakių r. savivaldybėje – tik 11, 1 proc. mokyklų neturėjo psichologo.

Socialinio pedagogo 2021 m. neturėjo kas penkta Lietuvos mokykla (20,7 proc.). Blogiausia padėtis buvo žiedinėse (Alytaus r., Klaipėdos r., Panevėžio r., Šiaulių r. Vilniaus r.) savivaldybėse, kuriose net 135 mokyklos dirbo be šių darbuotojų. Miestų savivaldybių tarpe blogiausia padėtis fiksuota Vilniaus mieste, kur net 27,2 proc. mokyklų neturėjo socialinio pedagogo (Lietuvos pedagoginės psichologinės pagalbos, 2021: 45). Trūkstant reikiamo etato mokykloje, pagalbą teikia savivaldybės PPT ar švietimo pagalbos tarnybų specialistai, kurių dėl to darbo krūviai ženkliai viršija nustatytas normas.

Švietimo pagalbos prieinamumas gali būti vertinamas pagal specialistui faktiškai tenkančių mokinių skaičiaus ir normatyvuose nustatytų vienu etatu dirbančio specialisto (psichologo ar specialaus pedagogo) pareigybei skirtų mokinių skaičiaus (vienas etatas – ne daugiau 400 mokinių) santykį (2016.11.02 įsakymas Nr. V-950). Lietuvoje 2020 -2021 metais vienu etatu dirbančiam psichologui teko 1225 mokiniai: Kauno regione (8 savivaldybės) 2018 m. vienu etatu dirbančiam psichologui teko 1053 mokiniai, o 2021 m. - 1042,9, t. y. sumažėjo tik 0,9 proc., Kauno mieste per šį laikotarpį vienam psichologui tenkančių mokinių sumažėjo nuo 1434 iki 1301 vaikų, o Kėdainių r. savivaldybėje - išaugo nuo 916 iki 1598 vaikų. Tikėtina, kad dideli darbo krūviai gali neigiamai įtakoti specialistų darbo kokybę.

ŠMSM 2024–2026 m. strateginiame veiklos plane kėlė tikslą mažinti vienam švietimo pagalbos specialistui tenkančių SUP turinčių mokinių skaičių, atitinkamai – 2024 m. iki 16,6 mokinio, 2025 m. – 15,9, 2030 m. – 12,5 SUP turinčių mokinių. Deja, mažai tikėtina, kad šis tikslas bus pasiektas, kadangi didėjant bendram švietimo pagalbos specialistų skaičiui šalyje, tuo pačiu gausėja ir SUP turinčių mokinių mokyklose, todėl realiai vienam specialistui tenkančių mokinių skaičius mažėja labai nežymiai: nuo 18,5 mokinio (2018 m.) iki 18,3 mokinio 2024 metais (2020.09.09 nutarimas Nr. 998).

Švietimo pagalbos prieinamumo vertinimą apsunkina tai, jog ministerija deklaruoja bendrai visų SUP turinčių mokinių duomenis, neišskirdama negalią turinčiųjų ir atskirai neanalizuodama pradinio, pagrindinio ir gimnazijos lygmens ugdymo pakopų. Atskirai skaičiuojant mokinių su negalia skaičių vienam specialistui, tai 2023 m. pagrindinės mokyklos psichologui teko 32,6 mokiniai su negalia (pradinėje mokykloje ir gimnazijoje atitinkamai – 8,78 ir 7,7 mokiniai), specialiajam pedagogui – pagrindinėje mokykloje teko - 29,6 vaikai (pradinėje ir gimnazijoje atitinkamai -9,72 ir 11,4); logopedui - pagrindinėje mokykloje 29,6 (pradinėje mokykloje ir gimnazijoje atitinkamai – 5,36 ir 12,77 mokiniai) (Lietuvos švietimas ir kultūra, 2023). Taigi, statistinių duomenų analizė atskleidžia atskirų švietimo pagalbos rūšių specialistų, ypač pagrindinėse mokyklose, kuriose yra daugiausiai SUP turinčių mokinių, trūkumą. Savivaldybėse švietimo pagalbos prieinamumas taip pat skiriasi – 2023 m. šimtui mokinių teko nuo 0,56 iki 1,67 specialisto.

2021 -2030 m. Nacionaliniame pažangos plane buvo užsibrėžta pasiekti, kad iki 2025 metų švietimo pagalba būtų suteikta 85 proc. (2030 m. – 97 proc.) mokinių, turinčių SUP, tačiau kol kas šio rodiklio pasiekti taip pat dar nepavyko.

Švietimo pagalbos prieinamumą, mūsų nuomone, gali mažinti šį institutą reglamentuojančių kai kurių teisės normų nesuderinamumas. Pagal galiojančią Švietimo įstatymo redakciją, švietimo pagalba skiriama mokiniams, jų tėvams, mokytojams ir švietimo teikėjams (ŠĮ 2 str. 29 d.). Tačiau 2024 m. patvirtintuose šios pagalbos teikimo aprašuose nustatyta, kad psichologinės ir socialinės pedagoginės pagalbos gavėjai yra tik mokiniai (2024.05.13 įsakymas Nr. V-547). Tokiu būdu poįstatyminiu teisės aktu susiaurintas įstatymu nustatytas teisinis reguliavimas. Pastebėtina, kad ankstesnėse šių aprašų redakcijose švietimo pagalbos gavėjų ratas buvo platesnis: ji buvo numatyta ne tik mokiniams, bet ir mokytojams, kitiems švietimo įstaigos darbuotojams. Greičiausiai, naujaisiais normatyvais siekta mažinti specialistų darbo krūvius, nukreipiant jų veiklą tik mokinių poreikiams tenkinti. Tačiau kaip tai atsilieps bendram mokyklos emociniam klimatui, sunku atsakyti, tačiau žinant, kad „tiek mokytojai, tiek švietimo pagalbos specialistai <...> natūraliai jaučiasi pervargę, asmeniškai išgyvena ugdymo procese kylančias problemas“ (2021 m. NŠA tyrimo rezultatai), tikėtina, jog mokyklos bendruomenėse psichologinio pobūdžio problemų gausės.

Plėtojant įtraukties procesus, nuo 2011 m. mokyklose buvo steigiamos mokytojo padėjėjo pareigybės. Nors ši pareigybė nepriskiriama švietimo pagalbos specialistų kategorijai, tačiau mokytojo padėjėjo vaidmuo labai svarbus, nes jis tiesiogiai dalyvauja visame SUP turinčio mokinio ugdymo procese. Nuo 2020 m. šių darbuotojų šalyje gana sparčiai daugėjo - 2023 m. iš viso dirbo 4597 mokytojo padėjėjai. Nuo 2024 m. rugsėjo mėn. ŠĮ vietoje mokytojo padėjėjo buvo patvirtinta mokinio padėjėjo pareigybė (ŠĮ 21 str.2 d.). Mokinio padėjėjas turi padėti mokiniui įsitraukti į ugdomasias veiklas ir pasiruošti pamokai reikalingas technines priemones, padėti elgtis socialiai priimtiniu būdu ir išvengti galimų konfliktinių situacijų, konsultuotis su mokyklos V GK, vykdyti švietimo pagalbos specialistų rekomendacijas, instrukcijas, dalyvauti individualaus ugdymo plano įgyvendinimo aptarimuose, bendradarbiauti su mokytojais ir kt. (2024.08.22 įsakymas Nr. V-89820). Akivaizdu, kad šių funkcijų vykdymas reikalauja atitinkamų žinių, įgūdžių ir patirties. Tačiau pagal jo pareigybei nustatytus reikalavimus, jam pakanka vidurinio išsilavinimo ir reikia per du metus nuo darbo pradžios išklaudyti 16 val. specialų kursą. Tokiu būdu realiai du metus asmuo gali dirbti su vaikais, nerudėdamas jokio specialaus pasirengimo. Manytina, mokinio padėjėjas, be atitinkamo pasirengimo, gali negebėti adekvačiai reaguoti į sunkiai prognozuojamą vaiko elgesį (pvz., su autizmo, elgsenos, dėmesio sutrikimais), ir tai gali kelti pavojų tiek vaikui, tiek ir pačiam darbuotojui. Todėl tikslinga būtų teisiniu reguliavimu nustatyti reikalavimą mokinio padėjėjui išklaudyti atitinkamus mokymus prieš pradedant eiti pareigas, o ne dviejų metų laikotarpyje.

Taigi, apibendrinant galima teigti, jog Lietuvoje įgyvendinant įtraukties principą švietime, greta

teigiamų pokyčių šioje srityje, švietimo pagalbos prieinamumas vis dar susiduria su rimtais iššūkiais.

Mokyklos bendruomenės pasirengimas ugdyti skirtingus poreikius turinčius mokinius

Vienu iš veiksnių, skatinančių įtraukiamą ugdymui palankios aplinkos kūrimą švietimo organizacijose įvardinamas pozityvios mokyklos bendruomenės nuostatos įvairių gebėjimų mokinių atžvilgiu buvimas (Burbulevičienė, 2021:1). Lietuvoje visuomenės sąmonėje (ir teisiniame reguliavime) požiūrio į asmenį su negalia transformacija vyko kur kas lėčiau nei Vakarų demokratinėse valstybėse, kas savo ruožtu įtakojo ir mokyklų bendruomenės nuostatas į įtraukųjį ugdymą. Šalyje iki 2011 metų bendrojo ir specialiojo ugdymo sistemos buvo atskirtos: jų įstaigos turėjo skirtingus finansavimo šaltinius, skirtingą atskaitomybę bei pavaldumą. Bendrojo ir specialiojo ugdymo politiką reglamentuojančių įstatymų - švietimo ir specialiojo ugdymo - nuostatose sunkiai galima buvo aptikti integracinį tarpusavio ryšį. Tuo metu veikusiame švietimo įstatyme (ŠĮ 1998-07-02 Nr. VIII-854), kalbant apie ugdymo sistemą, nebuvo akcentuojama nei integruoto ugdymo būtinybė, nei LR Vyriausybės ar Švietimo ministerijos atsakomybė už integruotą specialiųjų poreikių asmenų ugdymą įvairiuose jo lygiuose (Specialiųjų poreikių, 2003:6). Dauguma šalies bendrojo lavinimo mokyklų mokytojų nebuvo pasiruošę ugdyti sutrikusio intelekto vaikus ir nenorėjo jų turėti savo klasėse (Adomaitienė, Samsonienė, 1999, 2003). 1999 m. SUP vaikų integruotam mokymui pritarė tik apie 12 proc. pedagogų (Ambrukaitis, 1999:26). Turintys didelį darbo stažą mokytojai (apie 61 proc.), vertindami neįgalių bei normalių vaikų bendravimą bei bendro mokymo organizavimo sunkumus, buvo nusiteikę prieš integraciją – jų požiūriu neįgalūs vaikai yra nepriimtini bendrojo lavinimo mokyklose ir turi mokytis jiems skirtose mokyklose (Kaffemanienė, 2001:22-29).

2003 m. atliktas pedagogų nuostatų į neįgalių moksleivių socialinę integraciją tyrimas parodė, kad integracijai nepritaria ketvirtadalis pedagogų. Toks neigiamas pedagogų požiūris į neįgaliųjų mokinių integraciją mokykloje buvo aiškinamas bendresne nuostata - neigiamu požiūriu į bet koki silpnesnį (kognityvinių ar socialinių požiūriu) moksleivį apskritai. Segregacinės mokytojų nuostatos pasireiškė pedagogų polinkiu orientuotis į didaktiškai pajėgesnius mokinius silpnesniųjų ugdytinių sąskaita, polinkiu atsiriboti nuo nepažangių ir pedagogiškai apleistų ugdytinių (Gribačiauskas E., G, Merkys, 2003:120). Pedagogų požiūrio į SUP vaikus ir jų integracijos galimybes tyrimas (2008) atskleidė, jog kaimo mokykloje tik 7 proc. mokytojų sutiktų (norėtų), kad jų pamokose dalyvautų įvairias negalias turintys vaikai (Gudonis, Mockevičiūtė, 2008:132).

Mokslininkai pripažįsta, kad mokyklų bendruomenės požiūrį į integruotą ugdymą formuoja daugelis veiksnių – darbo sąlygos ir krūviai, darbo užmokestis, informacijos apie SUP mokinių ugdymą kiekis, vadovų parama ir kt. Pavyzdžiui, mokytojų požiūrį į integraciją įtakoja jų amžiaus: neigiamai integraciją vertina 23 proc. mokytojų, turinčių iki 5 metų pedagoginį stažą, nuo 6 iki 10 metų - apie 55%, nuo 11 iki 20 - apie 65%, daugiau kaip 20 metų - apie 46%. (Kaffemanienė, 2001). Taigi, sprendžiant iš tyrimų rezultatų iki 2011 metų (kol veikė Specialaus ugdymo įstatymas) Lietuvos mokyklų pedagogai nebuvo pasirengę priimti SUP vaikų į savo klases, ir tokią situaciją lėmė to meto nacionalinė švietimo sistemos teisinis reguliavimas, nesudaręs reikiamų prielaidų įgyvendinti įtraukųjį ugdymą bendrojo lavinimo mokyklose.

Lietuvai ratifikavus JT Neįgaliųjų teisių konvenciją (2010 m.) ir įsipareigojus įgyvendinti įtraukųjį ugdymą švietimo srityje nacionaliniuose strateginiuose švietimo dokumentuose mokytojų kompetencija ir motyvacija dirbti buvo įvardijami kaip esminiai veiksniai, skatinantys inovatyvų požiūrį į SUP mokinių lavinimą, įtraukties principo taikymą švietime, gerinantys ugdymo kokybę ir pasiekimus.

Švietimo modernizavimo strategijoje su mokymo įstaigų bendruomenės palankaus požiūrio į įtraukųjį ugdymą formavimu siejami siekiniai apima mokytojų darbo užmokesčio didinimą, darbo sąlygų gerinimą, jaunų pedagogų įsidarbinimo mokyklose skatinimą, mokytojų kompetencijų plėtojimą ir kitus veiksnius.

Keliameis tikslams įgyvendinti *Nacionaliniame pažangos plane* (2020) iškeltas uždavinys iki 2025 m. pasiekti, kad 30 proc. mokytojų būtų įgiję magistro laipsnį, o iki 2030 m. – 40 proc. Įgyvendinant UNESCO programos „Švietimas 2030“ (2015) rekomenduojamą stebėti rodiklį, Lietuva išsikėlė siekinį, kad atestuotų ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo mokytojų dalis 2025 m. sudarytų 90 proc., o 2030 m. – 95 proc. *Švietimo plėtros programoje* (2021) buvo numatytos pažangos priemonės „Pirmiausia – mokytojas“, „Tūkstantmečio mokyklų“ programa, „EdTech“, skirtos gerinti pedagogų darbo sąlygas, kvalifikaciją, modernizuoti edukologijos mokslą, plėtoti skaitmeninę švietimo sistemą ir kt. Taip pat šioje programoje buvo numatyta iki 2030 m. pasiekti, kad mokytojų, kurių amžius – 30–49 metai, dalis sudarytų 60 proc. SMSM, įgyvendindama šį uždavinį savo 2024–2026 m. strateginiame veiklos plane (2024) nusibrėžė tarpines šio siekio reikšmes – 2024 m. siekis – 42 proc., 2025 m. – 45 proc. (Švietimas šalyje ir regionuose 1d., 2024: 42). Mokytojų darbo užmokesčio didinimo strategija numatyta *Švietimo plėtros programoje* (2021); *LR Vyriausybės programos nuostatų įgyvendinimo plane* (2021; 2023 m. redakcija), *Susitarime dėl Lietuvos švietimo politikos* (2021) ir kituose dokumentuose, užsibrėžiant, kad iki 2024 m. mokytojų vidutinio darbo

užmokesčio dalis nuo šalies vidutinio darbo užmokesčio sudarytų 130 proc. ir iki 2030 m. tvariai didėtų. Siekiant didinti švietimo pagalbos prieinamumą, stiprinti švietimo pagalbos specialistų ir mokyklų administracijos kompetencijas, buvo reorganizuota švietimo pagalbos sistema, taip pat numatyta eilė priemonių mokytojų pasirengimui įtraukiamam ugdymui: sumažintas didžiausias nustatytas mokinių skaičius klasėje, organizuoti mokytojams specialiosios pedagogikos ir specialiosios psichologijos kvalifikacijos tobulinimo kursai, kurių paskirtis - suteikti mokytojams žinių, būtinų ugdyti mokinius, turinčius SUP, pvz., iš 879 AIKOS registruotų pedagoginių darbuotojų kvalifikacijos tobulinimo programų 32 buvo skirtos socialinių ir emocinių kompetencijų tobulinimui (Švietimas šalyje ir regionuose 2 d., 2024:55).

Įgyvendinat strateginius švietimo politikos tikslus, per pastaruosius 5 metus pavyko pasiekti kai kuriuos strateginiuose planuose užsibrėžtus siekinius, pavyzdžiui, 2024 m. pabaigoje pasiektas tikslas, kad mokytojų vidutinis darbo užmokestis sudarytų 130 proc. šalies vidutinio darbo užmokesčio, 2018 m. 69 proc. jaunų mokytojų, baigusį studijas ne anksčiau kaip prieš 5 metus, studijuodami buvo susipažinę su įtraukiojo ugdymo metodika dirbant su skirtingų gebėjimų mokiniais ir kt. Greta to, reikia pripažinti, kad kai kurių tikslų pasiekti nepavyko. Pavyzdžiui, ŠVIS duomenimis, 2023–2024 m. m. mokytojų, turinčių magistro laipsnį, dalis siekė 19,4 proc. (kai iki 2025 m. buvo planuotas 30 proc. rodiklis); šalyje išryškėjo atestuotų ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo mokytojų mažėjimo tendencija - 2024 m. jų dalis sudarė 63,4 proc. (kai iki 2025 m. buvo planuoti 90 proc.); nepavyko sumažinti pedagogų amžiaus vidurkio pritraukiant jaunimą į mokyklas - ŠVIS duomenimis, 2023 m. 30–49 metų amžiaus mokytojų dalis buvo 36,6 proc., tačiau kyla rizika 2025 metais nepasiekti šiai amžiaus grupei numatytų 45 proc. rodiklio, nes pastaruosius keletą metų kasmet pastebima šio rodiklio mažėjimo tendencija – 2020 m. šios amžiaus grupės mokytojų dalis sudarė 38,1 proc., 2021 m. – 37,1 proc., 2022 m. – 37,0 proc. (Švietimas šalyje ir regionuose 1 d., 2024: 42).

Įtraukties švietimo sistemoje plėtros procesų, nukreiptų formuoti pažangias mokyklos bendruomenės nuostatas į įtraukųjį ugdymą, efektyvumą ir įgyvendinamų priemonių veiksmingumą galima vertinti pagal mokytojų savijautos ir saugumo darbe lygį, patiriamą stresą, administracijos palaikymą, kvalifikacijos kėlimo galimybes bei pasitenkinimą gaunamu atlygiu už darbą.

Mokytojų jaučiamas pasitenkinimas darbu ir emocinė savijauta darbe įtakoja jų pasirengimą bei gebėjimą efektyviai ugdyti mokinių kompetencijas bei pasiryžimą profesionaliai tobulėti (Collie, Shapka, Perrie, 2012). Šiuo požiūriu aktualu analizuoti mokytojų savijautą nulemiančius veiksnius. Vienu iš pedagogų motyvaciją dirbti įtakančių veiksnių galima laikyti pedagogo profesijos vertės pripažinimą visuomenėje. Deja Lietuvoje stebima mokytojo profesijos prestižo vertinimo smukimo tendencija. Jei 2019 metais gyventojų, manančių, kad mokytojas – itin prestižinė profesija buvo 13 proc., tai 2023 m. taip galvojo tik 3,1 proc. šalies gyventojų. Reikšminga tai, kad patys mokytojai savo profesiją vertino dar nepalankiau: kad jų profesijos prestižas yra labai aukštas arba aukštas 2023 m. manė tik 2,7 proc. (2019 m. – 17,8 proc.) mokytojų, o kad jis žemas ar labai žemas, – net 59,8 proc. (2019 m. – 47,0 proc.) mokytojų (Petronytė-Urbonavičienė ir kt., 2024). Mokytojų vertinimą daugiausia lėmė subjektyviai suvokiami kaip per maži, neadekvatūs atlyginimai, palyginti su jų atliekamo darbo krūviais ir duodama nauda visuomenei. Taip pat neigiamą mokytojų požiūrį į savo profesiją lėmė visuomenės pagarbos stoka, kurią apklausoje dalyvavę mokytojai jautė, bendraudami su mokinių tėvais ir susidurdami su iškreiptu jų profesijos įvaizdžiu žiniasklaidoje.

Mokytojų motyvaciją įtakoja ir problemos su kuriomis jie susiduria savo veikloje ir ypač tų problemų sprendimo galimybės. 2023 m. Pilietinės galios indekso tyrimo (PGI) duomenimis, mokytojams jų darbe yra aktualiausios problemos: pervargimas ar perdegimas (73,6 proc.), dideli darbo krūviai (70,7 proc.), mokinių elgesio problemos (70,7 proc.), sumaištį keliančios reformos (67,2 proc.), per didelis vaikų skaičius klasėje (58,4 proc.), mažas darbo užmokestis (56,2 proc.). Minėtų problemų sprendimas (arba negalėjimas jų išspręsti) sukelia jiems daugiau ar mažiau streso. Remiantis EBPO TALIS (2018) apklausos rezultatais 32,7 proc. Lietuvos mokytojų stresą mokyklose patiria dažnai arba labai dažnai (32,7 proc.), o 67,3 kartais arba niekada. Dažniausiais streso šaltiniais mokytojai laikė atsakomybę už mokinių pasiekimus (labai ar gerokai šis streso šaltinis veikė 74,8 proc. mokytojų), prisitaikymą prie besikeičiančių švietimo politikos reikalavimų (64,2 proc.) ir administracinio darbo krūvius (53,0 proc.).

Vienas iš labiausiai demotyvuojančių veiksnių – galima mokinių agresija ir pasitaikančios patyčios. Tiriant švietimo darbuotojų smurto patirtis švietimo įstaigose nustatyta, kad Lietuvoje daugėja smurto prieš mokytojus atvejų: iš mokinių patyčias patyrė 36,8 proc. pedagogų, tačiau mokyklose gajos ir patyčios, kylančios iš tėvų, administracijos ar kolegų (jas patyrė, atitinkamai, 54,9 proc., 46,9 proc. ir 49,7 proc. tyrimo dalyvių). Reikšminga tai, kad, mokytojų nuomone, jiems patiriant patyčias labiausiai linkę užstoti mokytoją prieš kitų mokinių patyčias yra mokiniai (35,8 proc.), mažiausiai – administracijos darbuotojai (20,2 proc.). Pasak tyrimo autorių, smurto ir patyčių sprendimą apsunkina tai, kad šalies teisinėje sistemoje ne tik trūksta smurto švietimo įstaigose apibrėžties, bet ir nenustatyta konkrečių teisinių priemonių, taikytinų smurto atvejais (Švietimas šalyje ir regionuose 2 d., 2024:58). Su smurtu ir patyčiomis darbe artimai susijęs mokyklos

bendruomenės tarpusavio bendravimo ir žinojimo, kad sulauksi pagalbos iš vadovų suvokimas. Daugelio mokytojų nuomone, profesinis bendravimas pasižymi orumu ir pagarba, tačiau jam stinga atlaidumo ir rūpesčio. Susidūrę su smurtu ar patyčiomis pedagogai dažniausiai pagalbos sulaukia iš šeimos narių (30,0 proc.), rečiausiai – iš pedagoginės psichologinės tarnybos (3,1 proc.) ir tik 1,8 proc. iš savivaldybės švietimo centro (Diržytė, Gušauskienė, Indrašienė ir kt., 2023).

Įvairios patyčių ar smurto formos, pasitaikantys mobingo atvejai bei veiksmingos pagalbos iš administracijos trūkumas įtakoja mokytojų savijautą, profesijos nepatrauklumą, kliudo kurti saugią darbinę aplinką, todėl tikėtina, jie turi silpnesnį nusiteikimą ugdyti socialines ir emocines kompetencijas ir stengtis tai daryti efektyviai. Ir atvirkščiai, savo profesine kompetencija pasitikintys, saugiai besijaučiantys Lietuvos mokytojai pedagoginės veiklos ir aplinkos problemas linkę traktuoti kaip motyvuojančius iššūkius. Tokie mokytojai save vertina kaip gebančius mokyti ir noriai stiprina savo pasirengimą tai daryti (Collie, Shapka, Perrie, 2012). Tikėtina, kad daugelio mokyklose esančių problemų sėkmingą sprendimą apsunkina mokytojų gerovė ir mokyklos sėkmę užtikrinančio efektyvaus vadovavimo stoka mokymo įstaigose. 2018 m. tyrimo duomenimis, tik 20 proc. šalies mokyklų vadovų buvo baigę lyderystės programą arba kursą; iš viso lyderystės mokymuose nebuvo dalyvavę apie 35 proc. vadovų (Švietimas šalyje ir regionuose 2 d., 2024:55).

Tai, kad mokytojų minimos problemos ir administracijos nepasirengimas jas tinkamai spręsti įtakoja mokyklos bendruomenės nuostatas į įtraukųjį ugdymą bei pasirengimą dirbti su SUP turinčiais vaikais patvirtina sociologinių tyrimų rezultatai: 2018 m. atliktų apklausų metu savo pasirengimą dirbti klasėje su skirtingų gebėjimų mokiniais tik maždaug pusė mokytojų vertino gerai arba labai gerai, o prastai – penktadalis. 34,1 proc. Lietuvos mokytojų pripažino, kad pamokų pritaikymas SUP turintiems mokiniams jiems kelia didelį stresą (Švietimas šalyje ir regionuose, 2022:100). Tik 15,4 proc. Lietuvos mokytojų, 2022 m. dalyvavusių IEA ICCS tyrime dalyvavę, jautėsi pasirengę mokyti įtraukties ir įvairovės tematika. Objektvumo dėlei verta pastebėti, jog vertinti pedagogų pasirengimą (ir nusiteikimą) dirbti su SUP turinčiais mokiniais, remiantis vien tik mokytojų apklausomis, reikėtų atsargiai, nes, gana dažnai mokinių apklausos pateikia priešingus rezultatus. Pavyzdžiui, vertinant įtraukiojo ugdymo praktiką (2018) nustatyta, kad mokytojai gana gerai vertina savo pastangas pamokose taikyti universalaus dizaino mokymuisi (UDM) principus, teigia skatinantys mokinių iniciatyvumą mokantis, tačiau mokinių apklausos rodo, kad mokiniai pastebi mažai UDM požymių pamokose, ir tokia tendencija nustatyta visose klasėse (Švietimas šalyje ir regionuose, 2022:102).

Apibendrinus paminėtų tyrimų rezultatus, galima teigti, kad dėl iki galo neišspręstų ugdymo proceso organizavimo mokyklose problemų praėjus beveik 15 metų nuo Lietuvos prisijungimo prie JT Konvencijos, požiūris į neįgaliųjų integraciją pedagoginėje visuomenėje vis dar keičiasi gana lėtai.

Išvados

1. Iki 2024 metų įtraukiamam ugdymui reikalingas teisinis reguliavimas, atitinkantis JT Neįgaliųjų teisių konvencijos nuostatas, Lietuvoje nebuvo sukurtas. 2021 m. Švietimo įstatymo papildymas nauju *įtraukties švietime* principu bei 2020 m. priimti šio įstatymo pakeitimai, įsigalioję nuo 2024 m. rugsėjo 1 d., sudarė teisinę prielaidą įtraukųjį ugdymą, atliepiant kiekvieno vaiko specialiuosius ugdymosi poreikius, plėtoti mokyklose. Lietuvos *Įtraukties švietimo plėtros gairėse* (2023) nustatytos šio ugdymo įgyvendinimo pagrindinės veiklos kryptys: 1) keisti vyraujančias nuostatas į SUP turinčių mokinių ugdymą; 2) užtikrinti reikalingų specialistų skaičių ir kompetenciją, 3) užtikrinti paramos mokyklai priemones; 4) tobulinti ugdymo procesus mokyklose; 5) sukurti įvairiems poreikiams pritaikytą mokyklos infrastruktūrą.

2. Lietuvoje, įgyvendinant įtraukųjį ugdymą, SUP turintiems mokiniams pedagoginės psichologinės švietimo pagalbos teikimą įgyvendina nacionalinio, savivaldybės ir ugdymo įstaigos (mokyklos) lygmenyse veikiančios struktūros. Teisės aktų ir strateginių planų analizės pagrindu daroma išvada, kas švietimo prieinamumas dar nėra užtikrintas visiems SUP turintiems mokiniams: neįgyvendintas 2021-2030 m. Nacionaliniame pažangos plane užsibrėžtas siekinys iki 2025 metų pasiekti, kad švietimo pagalba būtų suteikta 85 proc. (2030 m. – 97 proc.) mokinių, turinčių SUP; nepasiektas ŠMSM 2024–2026 m. strateginiame veiklos plano tikslas mažinti vienam švietimo pagalbos specialistui tenkančių SUP turinčių mokinių skaičių; bendrojo ugdymo įstaigose dar trūksta švietimo pagalbos specialistų. Švietimo pagalbos teisinis reglamentavimas turi trūkumų: praktikoje ženkliai viršijamas vienu etatu dirbančiam specialistui teisės aktuose nustatytas mokinių skaičius, teisės aktuose neaiškiai apibrėžta mokinio padėjėjo kompetencijų įgijimo tvarka, poįstatyminiu teisės aktu (ministro įsakymu) susiaurintas psichologo paslaugų gavėjų ratas, nustatytas įstatyme ir kt.

3. Mokyklų bendruomenėse vyraujančios problemos (dideli darbo krūviai, nepakankamas atlyginimas, vyraujančios patyčios ir pasitaikantis smurtas prieš mokytojus, administracijos negebėjimas optimaliai spręsti problemų ir nenoras padėti mokytojams įtakoja mokytojų savijautą, profesijos nepatrauklumą, kliudo kurti saugią darbinę aplinką. Dėl iki galo neišspręstų ugdymo proceso organizavimo mokyklose problemų praėjus beveik 15 metų nuo Lietuvos prisijungimo prie JT Konvencijos, požiūris į

neįgaliųjų integraciją pedagoginėje visuomenėje vis dar keičiasi gana lėtai. Penktadalis mokytojų savo pasirengimą dirbti klasėje su skirtingų gebėjimų mokiniais vertina prastai, daugiau kaip trečdaliui Lietuvos mokytojų pamokų pritaikymas SUP turintiems mokiniams kelia didelį stresą, tik 15,4 proc. Lietuvos mokytojų, dalyvavusių 2022 m. apklausoje, jautėsi pasirengę mokyti įtraukties ir įvairovės tematika.

Literatūra

1. Ambrukaitis J., 1999, Pedagogų požiūris į specialiųjų poreikių vaikų integraciją. Specialusis ugdymas: mokslo darbai II. Šiauliai. P. 24-37.
2. Adomaitienė R., Samsonienė L. *Pedagogų požiūris į neįgaliųjų mokinių integraciją bendrojo lavinimo mokyklose* Lietuvos mokyklai – 600 metų, Konferencijos medžiaga. II. Vilnius. 1999. P. 36-45.
3. Booth, T., & Ainscow, M., Black–Hawkins, K., Vaughan, M., & Shaw, L. (2002). *Index for inclusion. Developing learning and participation in schools*, 2, 1 – 11.
4. Burbulevičienė, Ž., Įtraukusis ugdymas: vizija ar realybė?. Lazdijų švietimo centras, (2021). Prieiga per internetą <https://www.svietimocentras.lt/itraukusis-ugdymas-vizija-ar-realybe>
5. Collie, R. J., Shapka, J. D., Perry, N. E. (2012). School Climate and Social-Emotional Learning: Predicting Teacher Stress, Job Satisfaction, and Teaching Efficacy. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 104 Nr. 4 pp. 1189-1204. American Psychological Association. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1037/a0029356>
6. Diržytė, A., Gušauskienė, M., Indrašienė, V., Jегelevičienė, V., Merfeldaitė, O., Prakapas, R., Railienė, A. (2023). Pedagogų ir kitų švietimo darbuotojų smurto patirtys švietimo įstaigose. Vilnius, LŠMPS, MRU, 2023. Prieiga per internetą: https://www.svietimoprofsajunga.lt/wp-content/uploads/2023/12/MRU-tyrimo-Pedagogu-irkitu-svietimo-darbuotoju-smurto-patirtys-svietimo-istaigose-trumprastis_2023-11-30.pdf
7. Galkienė, A. (2021). *Kokybinė įtraukiojo ugdymo slinktis visuomenės raidos kontekste: dialektinis modeliavimas*. edagogika, 141(1), 190–213.
8. Gribačiauskas E., Merkys G., *Pedagogų nuostata į ugdytinių integraciją ir segregaciją*. Specialusis ugdymas. 2003. Nr. 1 (8). P. 115-122.
9. Gudonis V., Mockevičiūtė M. *Pedagogų požiūris į specialiųjų poreikių vaikus bendrojo lavinimo mokykloje*. Jaunųjų mokslininkų darbai Nr. 4 (20), 2008, P. 131 -139.
10. Gupta, A. K., & Tandon, B. (2018). *Attitude of teacher trainees towards inclusive education*. MIER Journal of Educational Studies Trends and Practices, 17–28.
11. Kaffemanienė L., 2001, Moksleivių bei pedagogų požiūris į specialiųjų poreikių bendraamžius. Specialusis ugdymas: mokslo darbai. Nr. 1. P. 22-29.
12. Holden C., Meggit C., Collard D. and Rycroft Ch. *Further Studies for Social Care*. L.: Hodder and Stoughton, 1996.
13. Įtraukiamam ugdymui Lietuvoje sąlygos nuolat gerinamos, tačiau vien investicijų neužteks, ŠMSM, 2024-08-26. msm.lrv.lt/lt/naujienos-1/pranesimai-ziniasklaidai-1/itraukiamam-ugdymui-lietuvoje-salygos-nuolat-gerinamos-taciau-vien-investiciju-neuzteks/?utm_source=chatgpt.com
14. Įtraukties veiksmų planas 2021–2024 m., patvirtintas LR švietimo, mokslo ir sporto ministro 2021 m. spalio 14 d. įsakymu Nr. V-1879. „Dėl pasirengimo įgyvendinti Švietimo įstatymo Nr. I-1489 5, 14, 21, 29, 30, 34 ir 36 straipsnių pakeitimo ir įstatymo papildymo 45 straipsniu nuostatas 2021–2024 metų veiksmų plano patvirtinimo“.
15. Kniukštienė I., Nuo rugsėjo – pokyčiai mokyklose ir darželiuose: penktadalis ugdymo įstaigų teigia pasiruošti nespėjusios, 2023. Prieiga per internetą : https://www.delfi.lt/projektai/pulsas/poveikis/nuo-rugsejo-pokyciai-mokyklose-ir-darzeluose-penktadalis-ugdymo-istaigu-teigia-pasiruosti-nespejusios-120043462?utm_source=chatgpt.com [žiūrėta 2025.05.12]
16. Lietuvos Respublikos švietimo įstatymo 5 str.5 d. (2021). TAR, 2020-07-10, Nr. 15543
17. Lietuva. švietimas šalyje ir regionuose 2022. Įtraukusis ugdymas. Vilnius, 2022.
18. Lietuvos pedagoginės psichologinės pagalbos teikimo modelio ekspertinis vertinimas (2021). Prieiga per internetą: https://www.nsa.smm.lt/wp-content/uploads/2021/08/PPP_modelio_ekspertinis_vertinimas_2021m..pdf
19. LT švietimo, mokslo ir sporto ministro 2016 m. lapkričio 2 d. įsakymas Nr. V-950 Dėl Socialinės pedagoginės pagalbos teikimo vaikams ir mokiniams tvarkos aprašo patvirtinimo (*Suvestinė redakcija nuo 2024-09-01*. TAR, 2016-11-03, Nr. 26187
20. LR švietimo, mokslo ir sporto ministras 2024 m. gegužės 13 d. Įsakymas Nr. V-547 Dėl Psichologinės pagalbos teikimo tvarkos aprašo patvirtinimo. TAR, 2024-05-13, Nr. 8733
21. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2020 m. rugsėjo 9 d. nutarimas Nr. 998 Dėl 2021–2030 metų Nacionalinio pažangos plano patvirtinimo. TAR, 2020-09-16, Nr. 19293
22. Lietuvos švietimas ir kultūra (2023 m. leidimas) Oficialiosios statistikos portalas. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=7cbb268c-9506-4c13-b248-9c561b3503e5#/> [žiūrėta 2025.03.12]
23. Mitchell, D. (2020). *What really works in special and inclusive education: Using evidence– based teaching strategies*. Routledge
24. Mokyklų, neturinčių psichologo, dalis (2023-2024). Prieiga per internetą: <https://www.svis.smm.lt/pedagogai>
25. Petronytė-Urbonavičienė, I., Žiliukaitė, R., Degutis, M., Ramonaitė, A. (2024). Pilietinės galios indeksas 2023 m. Vilnius, Pilietinės visuomenės institutas, 2024. Prieiga per internetą: https://www.civitas.lt/wpcontent/uploads/2024/03/PGI_2023metai.pdf

26. Pinskuvienė Ž., „Įtraukusis ugdymas sukuria daugiau problemų negu jų išsprendžia“. Lietuvos aidas, 2024.08.28. Prieiga per internetą: https://www.aidas.lt/lt/aktualijos/article/32291-?utm_source=chatgpt.com [žiūrėta 2025.05.12]
27. The Salamanca Statement and Framework for Action on Special Needs Education. Salamanca, Spain, 7-10 June 1994, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; Ministry of Education and Science. Prieiga per internetą: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000098427> [žiūrėta 2025.02.15].
28. Specialiųjų poreikių vaikų integravimo problemos. Ataskaita Švietimo ir mokslo ministerijai, Vilnius, 2003.
29. Specialiųjų poreikių asmenų ugdymo reformos nacionalinės strategijos projektas (2003). Prieiga per internetą: <https://smsm.lrv.lt/uploads/smsm/documents/files/kiti/STRATEGIJA-RA.pdf> [žiūrėta 2025.03.12].
30. *Special Needs Education in Europe: Thematic Publication*. Brussels: European Agency for Development in Special Needs Education, 2003. 96 p.
31. Švietimo bendruomenė: įtraukiamam ugdymui trūksta pinigų, specialistų, požiūrio. Verslo žinios, 2024.09.01. Prieiga per internetą: https://www.vz.lt/verslo-valdymas/2024/09/01/svietimo-bendruomene-itraukiamam-ugdymui-truksta-pinigu-special-istu-pozuorio?utm_source=chatgpt.com [žiūrėta, 2025.05.12].
32. Targamadžė V. Ar nepasiklydome tarp įtraukiojo ugdymo ir specialiųjų ugdymosi poreikių vaikų integracijos? Delfi naujienos, 2024.11.29. Prieiga per internetą https://www.delfi.lt/news/ringas/politics/vilija-targamadze-ar-nepasiklydome-tarp-itraukiojo-ugdymo-ir-specialiuju-ugdymosi-poreikiu-vaiku-integracijos-120068428?utm_source=chatgpt.com [žiūrėta 2025.05.12].
33. Tiwari, A., Das, A., & Sharma, M. (2015). *Inclusive education a “rhetoric” or “reality”? Teachers' perspectives and beliefs*. Teaching and Teacher Education, 52, 128–136.
34. Želvys, R., Būdienė, V., & Zabulionis, A. (2003). *Švietimo politika ir monitoringas*. Garnelis. 2 – 57.

PROBLEMATIC ASPECTS OF INCLUSIVE EDUCATION IN GENERAL EDUCATION SCHOOLS

Summary

In 2010, Lithuania joined the UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities (hereinafter referred to as the UN Convention) and committed to implementing the principle of inclusion in the national education system. Since the implementation of inclusive education in the country in 2024, school communities have faced various difficulties and challenges.

This article examines the effectiveness of inclusive education in general education schools based on an analysis of legislation and specialist literature. To this end, the concept of inclusive education and the directions of its implementation are discussed, the effectiveness of educational support for students is examined, and the factors shaping teachers' attitudes towards inclusive education are analyzed.

The study concludes that access to education is not yet guaranteed for all students with SEN. The problems prevalent in school communities (heavy workloads, insufficient pay, prevalence of bullying and occasional violence against teachers, the administration's inability to optimally solve problems and unwillingness to help teachers) affect teachers' well-being, make the profession unattractive, and hinder the creation of a safe working environment. Due to unresolved issues in the organization of the educational process in schools, attitudes toward the integration of people with disabilities in the teaching community are still changing rather slowly.

Key words: inclusive education, students with special educational needs, educational assistance.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kęstutis Vitkauskas .

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Mechanikos ir statybos inžinerijos studijų krypties programų docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogaus teisės, edukologija

Telefonas ir el. pašto adresas: kestutis.vitkauskas@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kęstutis Vitkauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Higher Education Institution, Associate professor at the Mechanical and Civil Engineering Department

Author's research interests: human rights, educology.

Telephone and e-mail address: kestutis.vitkauskas@lik.tech

NEGALIAŲ TURINČIŲ ASMENŲ TEISĖS Į ŠVIETIMĄ UŽTIKRINIMAS: TEISINIAI ASPEKTAI

Kęstutis Vitkauskas
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija.

Lietuva, ratifikavusi *JT Konvenciją (2010)* įsipareigojo suderinti nacionalinius įstatymus su JT Konvencijos ir kitų tarptautinių teisės aktų principais bei imtis reikiamų priemonių užtikrinti neįgaliųjų teisę į visavertį ugdymą. Vykdydama tarptautinius įsipareigojimus, Lietuva numatė įvairias neįgaliųjų teisių apsaugai skirtas priemones, tačiau jų įgyvendinimas kelia rimtų problemų ir iššūkių.

Tarptautinių ir nacionalinių teisės aktų bei specialiosios literatūros analizės pagrindu straipsnyje daromos išvados, kad iki 2024 m. Lietuvos įstatymuose nebuvo įtvirtintas valstybės įsipareigojimas užtikrinti neįgaliųjų teises ir laisves, taip kaip tai numatyta JT Konvencijoje, teisinis reguliavimas neskatino neįgalaus asmens savarankiškumo, kas prieštaravo JT Konvencijos nuostatomis dėl teisinio neįgaliojo veiksnio. Tik 2024 m. Asmens su negalia teisių apsaugos pagrindų įstatyme įtvirtinus pagrindinės asmens su negalia teises, buvo pripažinta neįgaliųjų teisė dalyvauti visuomenės gyvenime lygiai su kitais nariais. Švietimo įstatymą (2021) papildžius nauju *įtraukties švietime* principu, formaliai buvo įtvirtinta įtraukties modulių grindžiama švietimo sistema, o 2024 metais įsigaliojusios Švietimo įstatymo pataisos, sudarė teisinę prielaidą įtraukties ugdymą taikyti mokymo įstaigose.

Tyrimo nustatyta, kad Švietimo įstatymo normos formaliai dera su tarptautiniais strateginiais švietimo principais, tačiau kartu atkreipiamas dėmesys ir į kai kurias teisinio reguliavimo trūkumus, galinčius riboti negalią turinčio mokinio teisę į visavertį ugdymą.

Reikšminiai žodžiai. Neįgaliųjų teisės, neįgaliųjų socialinė integracija, specialūs ugdymo poreikiai.

Išvadas

Jungtinių Tautų Neįgaliųjų teisių konvencijos (toliau - JT Konvencija) 24 str. įtvirtinta neįgaliųjų teisė į švietimą. Šios teisės pripažinimas reiškia, kad Konvencijos šalys privalo užtikrinti negalią turinčių asmenų teisę į mokslą, laiduojant, kad jiems galimybę mokytis bendroje švietimo sistemoje įgyjant pradinį arba vidurinį išsilavinimą be diskriminacijos ir lygiomis teisėmis su kitais asmenimis (JT Konvencija: 24 str.) JT Konvencijos šalių nesugebėjimas užtikrinti lygių galimybių neįgalia turintiems mokiniams patekimo į bendrojo ugdymo mokyklas su įtraukiu ir kokybišku švietimu, traktuojamas kaip diskriminavimas, tiesiogiai pažeidžiantis JT Konvencijos 5 ir 24 straipsnius (JT NTK, 2018).

Lietuva, ratifikavusi *JT Konvenciją (2010)* bei *JT Darnaus vystymosi darbotvarkę (2015)*, įsipareigojo suderinti nacionalinius teisės aktus su JT Konvencijos ir kitų tarptautinių teisės aktų principais bei imtis reikiamų priemonių užtikrinti neįgaliųjų teisę į visavertį ugdymą. Tačiau 2016 m. JT Neįgaliųjų teisių komitetas (toliau – JT NTK), vertindamas Lietuvoje įgyvendinamas priemones neįgaliųjų teisių užtikrinimo srityje, atkreipė dėmesį, jog šalyje dėl prieinamumo trūkumo bendrojo švietimo sistemoje daugelis neįgaliųjų mokinių yra priversti lankyti specialiąsias mokyklas. JT NTK Lietuvai rekomendavo: 1) *suderinti neįgalumo sampratos teisinę apibrėžtį su Konvencijos principais*; 2) *įgyvendinti vientisą įtraukiojo ugdymo strategiją šalyje pagal Konvencijos 24 straipsnio ir Darnaus vystymosi 4 tikslo nuostatas*; 3) *užtikrinti mokyklų aplinkos prieinamumą ir ugdymo sąlygų kokybę*; 4) *įstatyme įtvirtinti ir užtikrinti teisę į įtraukų, kokybišką ir nemokamą išsilavinimą lygiai su kitais* (JT NTK Bendrosios pastabos, 2016).

Lietuva, vykdydama JT Konvencijos ir JT NTK įpareigojimus, įgyvendino *Nacionalinę neįgaliųjų socialinės integracijos 2013–2020 m. programą (NNSIP 2013–2020 m.)*, Nacionaliniame 2021–2030 metų pažangos plane išsikėlė uždavinius „geriau pritaikyti aplinką žmonėms su negalia, atliepiant negalios poreikius, <...> užtikrinant fizinės aplinkos prieinamumą žmonėms su negalia“ (2021–2030m. NPP), 2020 metais buvo priimti LR Švietimo įstatymo (toliau – ŠI) pakeitimai, patobulinę specialiuosius ugdymo poreikius dėl negalios turinčių mokinių ugdymo teisinį reglamentavimą.

Nors valstybės inicijuojamos priemonės spartina negalią turinčių mokinių integraciją į bendrąsias ugdymo įstaigas, tačiau Lietuva vis dar susiduria su rimtais šių procesų įgyvendinimo iššūkiais: netolygiu mokinių su negalia pasiskirstymu mokyklose ir klasėse, privačių mokyklų vengimu priimti neįgalius mokinius, pagalbos specialistų, įrangos, mokymo priemonių ir lėšų mokyklose trūkumu, visuomenės neigiamomis nuostatomis dėl vaikų su negalia integracijos į bendrą švietimo sistemą ir kt.

2024 m. lapkričio mėn. Lietuvos mokytojų asociacijų vadovų tarybos viešas kreipimasis dėl įtraukaus ugdymo švietime problemų, Širvintų savivaldybėje keltas diskusinis klausimas, jog vienoje klasėje besimokantys specialiuosius ugdymo poreikius (toliau - SUP) turintys vaikai galimai pažeidžia kitų mokinių teisę į visavertį ugdymą, faktas, kad iki 2025 m. į bendrąsias ugdymo klases pavyko perkelti tik 55,6 proc. negalią turinčių mokinių (kai *Nacionaliniame 2021–2030 metų pažangos plane* buvo planuota perkelti 85

proc.) kelia pagrįstų abejonių, ar valstybėje taikomos teisinės priemonės yra pakankamos veiksmingai įgyvendinti JT Konvencijos 24 str. reikalavimus.

Tyrmo tikslas- aptariant negalią turinčių mokinių teisės į švietimą kartu su kitais besimokančiaisiais užtikrinimo teisinius aspektus, įvertinti nacionalinių teisės aktų dermę su tarptautinių ir ES teisės aktų nuostatomis.

Negalią turinčių mokinių ugdymo integracinius procesus analizavo ne mažai užsienio mokslininkų, tokių kaip R. Hurst (1995), R.R. Geyer (2000), C.J. Meijer (2003), R. Rose (2003) ir kt. Šių autorių tyrimuose buvo nagrinėjamas pedagogų bei visuomenės požiūris į neįgaliuosius mokinius, tėvų parama bei valstybės švietimo politikos aspektai neįgaliųjų ugdymo srityje.

Lietuvos autorių darbuose negalią bei specialiuosius ugdymo poreikius turinčių vaikų integracijos problemos ugdymo aplinkoje taip pat buvo tiriamos įvairiais aspektais. G. Lastauskienė (2004) tyrė neįgalaus asmens statusą žmogaus teisių apsaugos kontekste, taip pat nagrinėjo valstybių, priklausiusių socialistinei sistemai, neįgaliųjų socialinės integracijos ypatumus. Miltenienė (2005), Ambrukaitis (2004) domėjosi neįgaliųjų integracija į bendrojo lavinimo įstaigas. Jų darbuose atskleidžiamos švietimo įgyvendinimo problemos, tokios kaip menkas finansavimas, dideli mokytojų krūviai, specialistų trūkumas ir kt. Apibendrintai galima sakyti, jog daugiausiai buvo akcentuojami ugdymo proceso administravimo, finansinės paramos, medicininių paslaugų suteikimo klausimai.

Mokinių, turinčių negalią, ugdymo teisiniai veiksniai tarptautinių teisės aktų kontekste Lietuvoje iki šiol tyrinėti nebuvo. Taip pat nebuvo bandyta įvertinti nacionalinių teisės aktų dermę su JT Konvencijos nuostatomis. Lietuvos teisės aktai straipsnyje analizuojami jų atitikties tarptautiniams ir ES dokumentams aspektu 2010 - 2024 metų laikotarpyje, per kurį Lietuva vykdė savo įsipareigojimus JT Konvencijai.

Turinčio negalią asmens apibrėžtis specialiųjų ugdymo poreikių kontekste

Mokslinėje ir teisinėje literatūroje naudojami du terminai – *neįgalumas* ir *specialieji ugdymosi poreikiai* (SUP). Nors šie du reiškiniai dažnai persidengia, jie nėra tapatūs ir turi skirtingas nustatymo institucijas, paskirtį bei teisinius padarinius. JT Konvencijos 24 str. įtvirtinta negaliųjų teisė į švietimą tiksliai orientuota į vieną ugdymo procese dalyvaujančių asmenų grupę – neįgaliuosius. Todėl svarbu šią grupę, patenkančią į JT Konvencijos apsaugos sferą, aiškiai atriboti nuo kitų į specialiuosius ugdymo poreikius turinčių asmenų grupių. Užsienio valstybių patirtis rodo, kad negalios lygio asmenims priskyrimas bei SUP jiems nustatymas priklauso nuo dominuojančio visuomenėje požiūrio į negalią turintį žmogų bei valstybės švietimo politikos įgyvendinimo modelių (Rodrigues, 1994).

Neįgalumas – tai mediciniškai įvertintas ilgalaikis organizmo funkcionavimo sutrikimas, kuris gali riboti asmens savarankiškumą, ugdymąsi, bendravimą ar dalyvavimą bendruomenės gyvenime. *Asmens su negalia teisių apsaugos pagrindų įstatymas* (toliau - ANTAPI), apibrėžia sąlygas (asmeniui būtinas savybės), kurių buvimas leidžia konstatuoti žmogui negalią – tai įstatymo tvarka nustatytas neįgalumo lygis arba 55 procentų ar mažesnis asmens *dalyvumo* lygis (ANTAPI 2 str. 5d.). Minėtų aplinkybių nustatymas laikytinas svarbiu teisinės pasekmės sukeliančiu veiksniu tiek asmens statuso pripažinimo, tiek ir valstybės teikiamos jam paramos apimtį požiūriu.

Nuo 2024 m. sausio 1 d. Lietuvos teisės aktuose buvo atlikti svarbūs pakitimai, susiję su negalios nustatymo tvarka: Neįgalumo ir darbingumo nustatymo tarnybos (NDNT) funkciją perėmė Asmens su negalia teisių apsaugos agentūra (toliau - Agentūra), kurios teritoriniai padaliniai, nustato asmenims neįgalumo lygį, vadovaudamiesi *Neįgalumo lygio nustatymo kriterijų ir tvarkos aprašu* (Neįgalumo nustatymo aprašas, 2024). Agentūra, naudodama specialų, pagal amžiaus grupes parengtą klausimyną, nustato individualios pagalbos poreikio mastą bei neįgalumo lygį: *lengvo* neįgalumo lygis - kai dėl ligos, traumos, neigiamo aplinkos veiksnių poveikio asmens savarankiškumas ir galimybės ugdytis yra nežymiai sumažėjusios, 2) *vidutinio* – kai dėl paminėtų aplinkybių asmuo iš dalies neįgyja jo amžiaus grupei būdingo savarankiškumo ir gebėjimo ugdytis, 3) *sunkaus* - kai asmens amžius atitinkantis savarankiškumas visiškai neįgyjamas, o galimybės ugdytis labai sumažėjusios. Atsižvelgiant į asmens organizmo funkcinių sutrikimų bei aplinkos veiksnių įtakos pasikeitimų prognozes, neįgalumo lygis nustatomas nuo 6 iki 24 mėnesių, o kai minėtų pakeitimų nesitikima – iki pilnametystės. Asmeniui, nustačius neįgalumo lygį, jo teisės yra ginamos JT Konvencijos bei LR Asmens su negalia teisių apsaugos pagrindų įstatymo nuostatomis. Šie asmenys įgyja teisę Lietuvos įstatymuose nustatyta tvarka gauti atitinkamas išmokas, lengvatas bei socialines paslaugas.

Mokinių, turinčių negalią, grupei priskiriami socialinę, emocinę asmenybės raidą trikdančios įgimtų ar įgytų sveikatos sutrikimų, kurių pedagoginėmis priemonėmis pašalinti neįmanoma, dėl ko jiems gali būti reikalinga kitų žmonių priežiūra, būtina medicininė, švietimo ar socialinė pagalba pritaikant jų individualiems poreikiams ugdymosi programas ir aplinką. Dažnai mokiniai, turintys *neįgalumą*, taip pat turi ir SUP, tačiau tai – du skirtingi statusai, nustatomi pagal skirtingus kriterijus ir procedūras. Todėl vien neįgalumo fakto

nepakanka, kad būtų užtikrinta švietimo pagalba mokykloje. Norint nustatyti veiksmingą, individualius mokinio poreikius atitinkančią švietimo pagalbą, būtina tiksliai identifikuoti vaiko negalią sukeliančių sutrikimų pobūdį (sunkumą) bei rūšį ir pagal tai numatyti atitinkamas SUP patenkinimo priemonės. Tam reikalingas papildomas vertinimas – SUP nustatymas, kurį atlieka pedagoginė psichologinė tarnyba (PPT) arba mokyklos vaiko gerovės komisija. Vertinama, kaip sveikatos sutrikimas veikia vaiko gebėjimą mokytis, dalyvauti pamokose, bendrauti ir pažinti pasaulį. Taigi, negalią turintis mokinys švietimo pagalbą gauna tik po atskiros pedagoginio vertinimo. Ši pagalba priklauso nuo realių ugdymosi poreikių, o ne tik nuo medicininės diagnozės.

Mokiniai, turintys negalių, ugdymo aplinkoje traktuojami kaip *specialiuosius ugdymo poreikius dėl negalios turintys mokiniai*. Greta to ugdymo procese dalyvauja ir mokiniai, kuriems nėra nustatytas neįgalumo lygis, tačiau turintys įvairių asmenybės sutrikimų ar mokymosi sunkumų (1 lentelė).

1 lentelė

Neįgalumo ir SUP skirtumai: palyginamoji lentelė

Kriterijus	Neįgalumas	Specialieji ugdymosi poreikiai (SUP)
Nustatymo tikslas	Įvertinti asmens sveikatos būklę, funkcionavimo sutrikimus	Įvertinti, kaip mokinys geba mokytis, dalyvauti ugdymo procese
Nustatymo institucija	Asmens su negalia teisių apsaugos agentūra (nuo 2024 m.)	Pedagoginė psichologinė tarnyba (PPT) arba mokyklos Vaiko gerovės komisija (VGK)
Pagrindas	Medicininiai duomenys, sveikatos būklė, funkcijų sutrikimai	Pedagoginiai duomenys, mokymosi ir elgesio sunkumai
Amžius	Visi asmenys (nuo gimimo)	Dažniausiai – mokyklinio amžiaus vaikai
Reikšmė	Suteikia teisę į socialinę paramą, techninės pagalbos priemones, priežiūrą	Suteikia teisę į švietimo pagalbą: specialistų pagalbą, pritaikytą ar individualų ugdymą
Galiojimo trukmė	Nustatomas terminuotai arba neterminuotai (priklauso nuo sveikatos būklės)	Peržiūrimas periodiškai – pagal mokinio pokyčius ir ugdymo eigą
Priklausomybė nuo vieno kito	Neįgalumas gali būti SUP priežastis, bet nebūtinai	SUP gali atsirasti ir be neįgalumo (pvz., dėl mokymosi sutrikimų)
Pagalbos koordinavimas	Socialinės apsaugos sistema (SADM, savivaldybių socialinės tarnybos)	Švietimo sistema (mokykla, PPT, savivaldybių švietimo padaliniai)

Šaltinis: sudarė autorius

2011 m. buvo patvirtintas (galiojantis šiuo metu) Mokinių specialiųjų ugdymosi poreikių skirstymo į lygius tvarkos aprašas (2011. 07.13 įsakymas Nr. V1265/V-685/A1-317), pagal kurį SUP mokiniai iki 21 metų amžiaus skirstomi į negalių, sutrikimų ir mokymosi sunkumų turinčių kategorijas (2 lentelė).

2 lentelė

Mokinių, turinčių SUP, grupės

Mokiniam su negalia priskiriami:	Turintys sutrikimų	Turintys mokymosi sunkumų.
Intelektiniai sutrikimai; Regos sutrikimai, Klausos sutrikimai, Kochlearinius implantus; Judesio ir neurologiniai sutrikimai Raidos sutrikimai (autizmas), Kompleksinė negalia ir kt.	Mokymosi sutrikimai Elgesio ir emocijų sutrikimai Aktyvumo ir dėmesio sutrikimas, Prieštaraujančio neklusnumo sutrikimas Kalbėjimo ir kalbos sutrikimai; Kompleksiniai sutrikimų ir kt.	Kurie dėl nepalankios (kultūrinės, kalbinės socialinės-ekonominės) aplinkos ar susidariusių aplinkybių negali įsisavinti bendrojo ugdymo programų: - turintys sulėtėjusią raidą; - turintys sveikatos problemų; - dėl nepalankios aplinkos - išgyvenantys emocinę krizę ir kt.

Šaltinis: Valstybės žinios, 2002-08-30, Nr. 84-3672

Taip pat SUP poreikiai gali atsirasti mokiniams, kai dėl jų išskirtinių gebėjimų ar individualių gabumų, jiems reikia atitinkamai pritaikyti mokymosi programas ir aplinką. Kitaip tariant, mokinio specialūs ugdymo poreikiai suvokiami kaip papildomo laiko ir pagalbos reikmė negalių, sutrikimų, mokymosi sunkumų ar ypatingų gabumų turintiems vaikams. Tačiau SUP turinčių mokinių grupėms priskiriami asmenys, skirtingai nei turintys negalių, formaliai nepatenka į JT Konvencijos ir Asmens su negalia teisių apsaugos pagrindų įstatymo reguliavimo sritį.

Lietuvoje 2001-2002 mokslo metais mokėsi apie 55000 specialiųjų poreikių mokinių, t. y. 10 proc. nuo visos mokinių skaičiaus, neįgaliaisiais buvo pripažinta virš 13000 vaikų (Bagdonas, Brazauskaitė, 2003). Tačiau, reikia pastebėti, kad to laikotarpio duomenys galėjo būti netikslūs, kadangi tuo laikotarpiu negalios ar raidos sutrikimai buvo skirtingai klasifikuojami, o sveikatos priežiūros institucijos neįgalių vaikų skaičiaus pagal amžiaus grupes neteikė. Dalies tyrėjų nuomone, Lietuvos specialiųjų poreikių vaikų statistika neatitiko kitų šalių statistinės struktūros, pavyzdžiui, Vakarų šalyse SP vaikų kategorijai buvo priskiriama apie 15 proc. visų vaikų, o JAV specifinės mokymosi negalės sudaro iki 50 % visų sutrikimų. Tuo tarpu Lietuvoje į neįgaliųjų statistiką nebuvo įtraukiami elgesio, emocijų ar somatinių sutrikimų turintys mokiniai, dėl to

oficialus neįgaliųjų mokinių skaičius (apie 2 proc.) galėjo sumažintas. Šį reiškinį mokslininkai aiškino nepakankamu specialiųjų pedagoginių paslaugų finansavimu, netobula vaiko specialiųjų poreikių diagnozavimo sistema bei bendru asmens vertinimo kultūros atsilikimu (Bagdonas, Brazauskaitė, 2003: p.5).

2024 m. Lietuvoje gyveno apie 231 tūkst. asmenų su negalia, tai sudarė 8,5 proc. nuo bendro šalies gyventojų skaičiaus. Palyginti su 2023 m., asmenų su negalia skaičius padidėjo 2,3 proc. 2023 m. su negalia vaikų, priskirtų šalpos neįgalumo pensijų gavėjams, buvo užregistruota 16 957, t.y. 3,37 proc. nuo bendro vaikų skaičiaus šalyje (Neįgaliųjų socialinės integracijos veiklos rezultatų, 2023), o 2024 metais šis skaičius padidėjo iki 18,6 tūkst., t.y. 5,05 proc. (SADM tinklalapis).

Lietuvoje taip pat stebima negalių turinčių mokinių skaičiaus augimo tendencija: 2020 m. ugdymo procese dalyvavo iš viso 8496 negalią turintys mokiniai, 2022 m. – 9069, o 2024 m. – 10306 mokiniai (Lietuvos švietimas ir kultūra, 2023). Negalią turinčių mokinių dalis nuo SUP turinčių mokinių bendrojo ugdymo įstaigose taip pat nuosekliai didėja ir sudaro apie 11 -12 proc. (3 lentelė).

3 lentelė

Negalią turinčių mokinių dalis nuo SUP mokinių bendrojo ugdymo mokyklose

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Mokinių, turinčių SUP, ugdomų integruotai bendrojo ugdymo mokyklose, dalis nuo visų mokinių (proc.)	11,2	11,2	11,4	11,8	11,9	11,9	12,6
Negalią turinčių mokinių dalis nuo mokinių, turinčių SUP, bendrojo ugdymo mokyklose (proc.)	10,9	10,9	11,0	10,8	11,2	11,7	12,0

Šaltinis: Lietuvos švietimas ir kultūra (2023 m. leidimas) Oficialiosios statistikos portalas

Negalią turinčių mokinių tarpe dominuoja lengvos ir vidutinės formos intelekto sutrikimai (34,1 proc.), raidos sutrikimai (28 proc.), kompleksinės nelės (15,7 proc.) ir kt. Skirtingos negalės rūšys suponuoja platų ugdymosi poreikių spektrą, kas reikalauja atitinkamai pertvarkyti ugdymo procesą pritaikant jį individualiems mokinių poreikiams.

Negalią turinčių asmenų teisės į švietimą teisinės prielaidos

Visuomenės sąmonėje ir teisės doktrinoje negalios traktavimas istoriškai kito nuo jos suvokimo išimtinai medicinine (biologine) prasme iki negalios sąsajų su socialine (kultūrine) aplinka pripažinimo. Biologine prasme negalia dažniausiai buvo įvardijama „*vystymosi sutrikimu*“ terminais (Kazakevičius, 1991), kuriems apibūdinti taikyti įvairūs kriterijai (Bagdonas, 1995; Prasauskienė, 2003;). Medicininiais kriterijais traktuojama negalia nulėmė ir neįgaliojo teisinį statusą visuomenėje bei valstybės teikiamus neįgaliesiems paramos modelius, kuriais, atsižvelgiant valstybės ekonominius, politinius ar socialinius ypatumus, buvo siekiama suderinti neįgalaus asmens *atskyrimą* nuo visuomenės su jam valstybės *teikiama* parama. Žmonės su negalia atskirti nuo bendruomenės (spec. internatuose, specialios ugdymo įstaigos ir kt.) buvo mokomi bei lavinami, kad galėtų geriau save aptarnauti. Ir nors daugelis jų materialiai buvo pakankami aprūpinti, tačiau iš esmės valstybės vykdyti paramos modeliai formavo visuomenės nuostatą, kad „*likusiai visuomenės daliai neįgalieji nereikalingi*.“ (Lastauskienė, 2004:76). Susiformavęs požiūris į asmenį su negalia, kaip į ligonį, nesudarė prielaidų jam sėkmingai integruotis į socialinę aplinką ir tapti visaverčiu subjektyvių teisių ir pareigų turėtoju.

XX a. pabaigoje asmens fizinius ir psichikos sutrikimus ėmus labiau traktuoti kaip socialinį (kultūrinį), o ne kaip biologinį reiškinį, požiūris į žmogaus negalią ėmė keistis, suvokiant, kad neįgalus žmogus negali vienas pats susikurti visų reikalingų pragyvenimui sąlygų, todėl iš to kyla valstybės pareiga padėti jam susikurti palankią socialinę aplinką didinant prieinamumą prie viešųjų objektų ir paslaugų.

Negalia turinčio asmens teisės į švietimą įtvirtinimas tarptautinėje ir ES teisėje. Požiūrio į negalią kaita palietė ir valstybių švietimo sistemas, palaipsniui negalią pripažįstant kaip mokinio individualių skirtumų įvairovės ugdymo procese pasireiškimą. Tiesa, Vakarų valstybėse negalią turinčių asmenų teisės į švietimą užtikrinimo politikoje perėjimas nuo ilgą laiką dominavusio segregacinio modelio prie socialinio lygių galimybių (integracinio) modelio tęsėsi daugiau kaip tris dešimtmečius. Šio proceso metu suformuluotos bendrosios žmogaus teisių, įskaitant neįgaliųjų, gynimo koncepcijos išdėstytos *Visuotinėje žmogaus teisių deklaracijoje* (Universal Declaration of Human Rights, 1948), *JTO Tarptautiniame pilietinių ir politinių teisių pakte* (International Covenant on Civil and Political Rights, 1966 m.), *Europos socialinė chartija* (European Social Charter, 1961) ir kituose tarptautiniuose dokumentuose.

Neįgaliųjų teisės į švietimą įgyvendinimo politikai teisinius pagrindus padėjo *Salamankos deklaracija* (1994), kurioje žmogaus teisėmis grįstas ugdymas siejamas su „mokyklos visiems“ kūrimu: visi vaikai, nepriklausomai nuo jų gebėjimų ar negalios, turi turėti galimybę mokytis bendrojo ugdymo mokyklose, o ne specialiose. Deklaracijoje (53 punktas) apibrėžtos įtraukiajam ugdymui užtikrinti būtinos sąlygos: 1) švietimo

sistemų pritaikymas prie įvairių mokinių poreikių, 2) pedagogų, gebančių dirbti su įvairių poreikių mokiniais, rengimas, 3) mokyklų aprūpinimas reikiama is ištekiais ir specialiosiomis mokymo priemonėmis, 4) tėvų ir bendruomenės, nevyriausybinų organizacijų įtraukimas ugdymo procesą.

2006 metais buvo priimtas vienas reikšmingiausių neįgaliųjų teisių apsaugai skirtas tarptautinis teisės aktas – JT Konvencija, įtvirtinusi naują negalią turinčio žmogaus teisinį statusą, pripažįstant neįgaliojo orumą bei lygias teises su kitais žmonėmis. Dokumente apibrėžta negalią turinčio asmens samprata, įtvirtinti pagarbos jų teisėms, savarankiškumui, laisvės rinktis, lygių galimybių principai. Viena iš įtvirtintų neįgaliojo teisių – teisė į švietimą (24 str.). Šio straipsnio nuostatomis buvo sudarytos prielaidos kurti įtraukią švietimo sistemą, reiškiančią, kad asmenys su negalia privalo turėti tokias pačias teises ir galimybę įgyti išsilavinimą tose bendruomenėse, kuriose gyvena. JT Konvencijos 9 straipsniu valstybės įpareigotos imtis visų priemonių, kad būtų pašalinti prieinamumo trukdžiai ir kliūtys, ribojančios neįgaliojo teisę į švietimą.

Neįgaliųjų teisės į švietimą užtikrinimo kontekste svarbi yra JT NTK Pastaba dėl lygybės ir nediskriminavimo (Bendroji pastaba Nr. 6, 2018), kurioje nurodyta, kad valstybių, negebėjimas sudaryti neįgaliesiems mokiniams lygių galimybių patekti į bendrojo lavinimo mokyklą su įtraukiu švietimu, laikytinas diskriminaciniu, prieštaraujančiu Konvencijos tikslams ir tiesiogiai pažeidžiančiu 5 ir 24 jos straipsnius. Reikšmingu neįgaliųjų teisių įgyvendinimo garantu laikytina dokumento nuostata, kad Valstybės įsipareigojimai Konvencijai yra platesni nei mokyklų, tai reiškia, jog valstybei tenka visa atsakomybė už įtraukaus ugdymo plėtrą visose mokymo įstaigose, nepriklausomai nuo jų statuso.

Apibendrinant JT Konvencijos principines nuostatas, galima sakyti, jog neįgalumo pagrindinė problema yra ne asmens individualūs sutrikimai (ligos, būsenos), nulemiantys neįgaliojo statusą visuomenėje, bet įvairios kliūtys, galinčios apsunkinti jo visavertį gyvenimą bendruomenėje. Tokių kliūčių šalinimas socialiai atsakingoje visuomenėje tampa neįgaliojo teisių užtikrinimo priemone ir garantu. Valstybė turi atsakyti už aplinkos pritaikymą neįgalių žmonių reikmėms ir užtikrinti tinkamas priemones aplinkos prieinamumui. Neefektyvūs valstybės veiksmai šioje srityje laikomi neteisėtu neįgalaus asmens teisių ribojimu (Žmogaus teisės Baltijos šalyse, 2021: p.9).

Europos Sąjungos institucijos savo kompetencijų ribose taip pat priima įvairius dokumentus, skirtus neįgaliųjų teisėms į švietimą plėtoti. 1996 m. Europos Komisija (EK) patvirtino naują *Neįgaliųjų lygių galimybių strategiją ir EK neįgaliesiems strategiją* (Equality of Opportunity for People with Disabilities, 1996), kurioje pabrėžtas kliūčių, trukdančių neįgaliesiems dalyvauti visose bendruomeninio gyvenimo srityse, įskaitant ir švietimą, šalinimo būtinumas. Vėliau šios strategijos, patvirtintos Europos ministrų Tarybos rezoliucijoje, padėjo teisinius pagrindus neįgaliųjų teisių apsaugos plėtrai ES (Resolution of the Council of Ministers, 1996). 2019 m. Europos Parlamentas ir Taryba priėmė direktyvą *Dėl gaminių ir paslaugų prieinamumo reikalavimų* (Direktyva (ES) 2019/882), skirtą suderinti valstybių nacionalinę teisę gaminių, paslaugų bei objektų prieinamumo (šalinant jį apsunkinančias kliūtis) neįgaliesiems srityje. Į nacionalinę teisę direktyvos nuostatos turėjo būti perkeltos iki 2022 m. birželio 28 d., o įsigalioji nuo 2025 m. birželio 28 dienos. 2021 m. Europos Komisija patvirtino 2021–2030 m. neįgaliųjų teisių strategiją, kurios vienas iš tikslų – užtikrinti neįgaliesiems įtraukų ir prieinamą švietimą, mokymąsi visą gyvenimą. Strategijoje siūloma stiprinti šalių bendradarbiavimą įgyvendinant nacionalines švietimo reformas, skiriant ypatingą dėmesį mokytojų kvalifikacijos kėlimui (ESK *Lygybės Sąjunga. 2021-2030 m. neįgaliųjų teisių strategija*).

Tarptautiniuose ir ES dokumentuose nustatyti reikalavimai neįgaliųjų teisių užtikrinimo srityje formavo atitinkamus standartus valstybių nacionalinei teisei. Lietuva, 2010 m. ratifikavusi JT Konvenciją ir kitus tarptautinius teisės aktus bei būdama ES nare, yra įsipareigojusi įgyvendinti jų reikalavimus.

Neįgaliųjų teisės į švietimą plėtra nacionalinėje teisėje. Lietuvos teisėje, kaip ir visuomenės sąmonėje, požiūris į asmens su negalia ugdymą keitėsi kur kas lėčiau nei Vakarų demokratinėse valstybėse. *Invalidų socialinės integracijos įstatymu* (1991) invalidumas buvo nustatomas remiantis mediciniais kriterijais, profesinė ir socialinė rehabilitacija buvo teikiama per valstybės skiriamą paramą, bet ne ugdant asmenybės savarankiškumą ir pagarbą žmogaus teisėms. Neįgalumas išimtinai buvo siejamas su žmogaus biologinio pobūdžio sutrikimais ir specialiųjų institucijų (komisijų) diskrecija juos nustatyti. Toks teisinis reguliavimas švietimo politikoje ilgam įtvirtino segregacijos modelį, neleidusį diegti neįgaliųjų integracijos ugdyme, pavyzdžiui, 2000 m. Lietuvoje specialiosiose mokyklose mokėsi apie 12% visų specialiųjų poreikių mokinių, o 2005 metais jų sumažėjo tik 2 proc. (Neįgaliųjų vaikų globa ir ugdymas, 2005).

2004 m. netekusį galios *Invalidų socialinės integracijos įstatymą* pakeitusiame *Neįgaliųjų socialinės integracijos įstatyme* (toliau -NSII) buvo patikslintas negalios apibrėžimas, „invalidumo“ sąvoka keičiant „neįgalumu“, traktuojant jį kaip ilgalaikį asmens sveikatos būklės pablogėjimą bei galimybių dalyvauti visuomenės gyvenime sumažėjimą, atsiradusį dėl kūno sandaros ir funkcijų sutrikimo bei nepalankių aplinkos veiksnių sąveikos“ (NSII 2 str. 5d.). Nors įstatyme iki 2024 m. buvo įtvirtinta nemažai socialinės integracijos priemonių, tačiau jo nuostatomis trūko aiškiai apibrėžtų neįgalaus asmens teisių, nebuvo įtvirtinta valstybės

prievolė šias teises užtikrinti, valstybės institucijos nebuvo įpareigosotos teikti prieinamą informaciją neįgaliesiems, teisiniu reguliavimu neįgalusis nebuvo skatinamas veikti savarankiškumo – visa tai prieštaravo JT Konvencijos nuostatomis dėl teisinio neįgaliojo asmens veiksnio.

Bene svarbiausių pokyčių neįgaliųjų teisių apsaugos politikoje laikytinas 2022 m. gruodžio 20 d. priimtas ANTAPI, pakeitęs nustojusį galioti NSIĮ. Įstatyme nustatytos pagrindinės asmens su negalia teisės, jų apsaugos įgyvendinimo principai ir tvarka: teisė į švietimą, įskaitant mokymąsi visą gyvenimą lygiai su kitais asmenimis (8 str.), teisė į prieinamą aplinką (mokymo įstaigas) visoje Lietuvos teritorijoje (5 str.). ANTAPI *negalia* siejama su funkcinio organizmo sutrikimu, kuris dėl aplinkos veiksnių (kliūčių) neleidžia veiksmingai dalyvauti bendruomenės gyvenime lygiai su kitais asmenimis (2 str. 13 d). Tokiu būdu šiais pakeitimais naujai apibrėžus negalios sampratą ir jos vertinimo modelį buvo padėti teisiniai pagrindai neįgaliųjų teisių apsaugos plėtrai. Kita vertus, reikia pripažinti, kad negalios sampratos apibrėžimo ir neįgaliųjų teisių įtvirtinimo įstatyminėse normose, taip kaip to reikalavo JT Konvencija, procesas Lietuvoje užtruko 14 metų.

LR Konstitucijos 29 str. įtvirtinto lygiateisiškumo principo vykdymo užtikrinimui skirtas Lietuvos Respublikos *lygių galimybių įstatymas* (2003) įpareigoja sudaryti vienodas sąlygas visiems asmenims priimant juos į mokymo įstaigas, tvirtinant studijų programas ir vertinant pasiekimus (6 str.). 2019 m., įsigaliojus LGI pakeitimams, prie Lygių galimybių kontrolieriaus tarnybos, įsteigta nepriklausoma Žmonių su negalia teisių stebėsenos komisija, kurios funkcija - JT Konvencijos įgyvendinimo stebėseną.

Viename pagrindinių švietimo politiką įgyvendinančių teisės aktų - LR *Švietimo įstatyme* (toliau - ŠĮ) apibrėžiančiame švietimo sistemos veikimo principus, neįgaliųjų ugdymui skiriamas dėmesys priklausė nuo to, kaip konkrečiu laikotarpiu buvo traktuota pati negalia. Pavyzdžiui, ŠĮ 1991 m. nors ir buvo leista vaikams su fiziniais ar psichikos sutrikimais mokytis bendrojo lavinimo mokyklose kartu su kitais mokiniais, tačiau integruotam ugdymui būdingas teisinis reguliavimas nebuvo sukurtas, nes iki 2011 metų veikė du skirtingi – švietimo ir specialiojo ugdymo – įstatymai buvo atskyrę bendrojo ir specialiojo ugdymo sistemas, turėjusias skirtingus finansavimo šaltinius, atskaitomybę bei kontrolę, kas apsunkino specialiųjų poreikių turinčių mokinių integracijos procesus. To meto ŠĮ net neužsiminta nei apie integruoto ugdymo būtinybę, nei apie LR Vyriausybės ar Švietimo ministerijos atsakomybę už integruotą specialiųjų poreikių asmenų ugdymą įvairiuose jo lygiuose (SP asmenų ugdymo reformos nacionalinės strategijos projektas, 2003:6).

Derinant nacionalinę teisę su JT Konvencijos 24 str. nuostatomis, ŠĮ buvo atnaujinamas naujomis, su tarptautinės teisės principais derančiomis, normomis. Pavyzdžiui, atliepian kiekvieno asmens teisės į švietimą principo turinį, nuo 2015 m. šalyje leista mokytis užsieniečiams, turintiems teisę nuolat ar laikinai gyventi Lietuvoje (24 str. 2d.). Valstybės įpareigojimas imtis priemonių, „kad kiekvienas vaikas Lietuvoje mokytųsi pagal bendrojo lavinimo programas“ (24 str. 2), švietimo sistemos apibrėžimas, kaip socialiai teisingos ir laidojančios švietimo prieinamumą kiekvienam asmeniui (5 str. 1p), įpareigojimas savivaldybėms rūpintis specialiųjų poreikių mokinių ugdymo aplinkos prieinamumu (34 str. 3 d.) – išreiškė tarptautinius lygiateisiškumo ir socialinio teisingumo principus. Vertybiniu požiūriu reikšmingas 2021 m. ŠĮ papildymas „*įtraukties švietime*“ principu, kuriuo apibrėžta įtraukiojo ugdymo paskirtis (5 str. 5 p.).

Siekiant įtvirtinti teisinius pagrindus įtraukiam ugdymui švietimo sistemoje, atsisakant neįgaliosios diskriminuojančių nuostatų, 2020 m. buvo priimti ŠĮ 5, 14, 21, 29, 30, 34 ir 36 straipsnių pakeitimai, turėję įsigaliojti nuo 2024 metų rugsėjo mėnesio. Per šį laikotarpį mokymo įstaigos privalėjo pasirengti priimti SUP turinčius mokinius, o valdžios institucijos – skirti būtina joms pagalbą įtraukiam ugdymui įgyvendinti. Svarbiausi teisinio reguliavimo aspektai, susiję su negalią turinčių mokinių teisės į švietimą užtikrinimu, įgyvendinant įtraukųjį ugdymą, bus aptarti.

Viena svarbiausių teisinių priemonių, gerinančių švietimo prieinamumą, laikytina ŠĮ 29 str. 10 punkto, leidusio mokyklai atsisakyti priimti negalią turintį mokinį, motyvuojant reikalingų jo poreikiams patenkinti sąlygų nebuvimu, panaikinimas. Nuo 2024 metų mokyklos įpareigosotos sudaryti tinkamas ugdymo sąlygas SUP turintiems vaikams, todėl negalės jų nepriimti dėl nepakankamų tokiame ugdyme sąlygų. Visgi ši įstatyminė norma gali būti „apeinama“, remiantis 29 str. 3¹ dalimi (įsigaliojo 2024 m. birželio 30 d.), kurioje nustatyta, kad mokyklai, priėmusiai mokinį iš jai priskirtos aptarnavimo teritorijos (29 str. 3 d) ir negalinti patenkinti jo ugdymosi poreikių, švietimo ministro nustatyta tvarka įvertinus, kad dėl neproporcingos ar nepagrįstos naštos to ji padaryti negali, mokyklos vadovas gali kreiptis į savivaldybę dėl siūlymo mokiniui mokytis kitoje mokykloje arba tinkamo sąlygų pritaikymo ugdytis. Pastebėtina, kad poįstatyminio teisės akto, kuriuo vadovaujantis būtų vertinamas ugdymo sąlygų užtikrinimas, kol kas nėra, todėl dėl neaiškaus teisinio reguliavimo kyla rizika negalią turinčiam mokiniui nepasinaudoti teise pasirinkti pageidaujamą mokyklą.

Švietimo prieinamumo kontekste svarbi ŠĮ įtvirtinta galimybė kurčiamam mokiniui mokytis gimtosios (gestų) kalbos ikimokyklinio ir bendrojo ugdymo mokyklose, įpareigojant savivaldybes ir mokymo įstaigas sudaryti tam tinkamas sąlygas (30 str. 6 d.). Anksčiau šio pobūdžio ugdymas galėjo vykti specialiose mokymo

įstaigose. Taip pat ŠĮ pakeitimu išplėsta negalią ir didelių SUP turintiems mokiniams pagalbos apimtis: šiems mokiniams pamokas gali vesti mokytojas vienas arba kartu su švietimo pagalbą teikiančiu specialistu, arba keli mokytojai, o mokiniams, turintiems didelių ir labai didelių SUP, - mokytojas kartu su pagalbą teikiančiu asmeniu arba daugiau kaip vienas mokytojas (14 str. 7 d.);

Siekiant sureguliuoti netolygų SUP turinčių mokinių pasiskirstymą mokyklų lygmenyje, ŠĮ nustatyta, kad bendrojo ugdymo mokyklose jų gali mokytis iki 20 proc., tačiau jeigu mokyklai priskirtoje teritorijoje gyvena tokių mokinių daugiau, šis reikalavimas netaikomas (28 str. 6 d.). Tai reiškia, kad mokykloje (jeigu tam yra reikalingi ištekliai) SUP turinčių vaikų skaičius gali ir viršyti 20 proc. nuo visų mokyklos mokinių arba, gavus tėvų sutikimą, mokykla gali siūlyti jiems kitas mokyklas. Tačiau Švietimo įstatyme nenurodyta, kaip turėtų būti sprendžiamas šis klausimas, jeigu tėvai nesutinka perkelti vaiko į kitą mokyklą, o mokykla nepajėgi visiems užtikrinti vienodų ugdymosi sąlygų. Ar šio klausimo sprendimas nebus skirtingai interpretuojamas savivaldybėse? Pastebėtina, kad mokinių su SUP ar negalia skaičiaus limitas reglamentuojamas mokyklos lygmenyje, tačiau, kiek jų turi būti atskiroje klasėje teisės aktuose neapibrėžta (pvz., Vilniaus šv. Kristoforo progimnazijoje vienoje pradinukų klasėje iš 21 mokinio 8 vaikai turi SUP, kai kitose trijose klasėse tokių vaikų yra po vieną ar du). Tokia situacija gali sukelti interpretacijų ir iššūkių, susijusių su ugdymo kokybe ir klasės valdymu, pvz., kaip užtikrinti kokybišką ugdymą tiek SUP turintiems, tiek ir jų neturintiems mokiniams klasėje, ir kaip tai paveiks mokytojo darbą bei atmosferą klasėje? Neaiškus reglamentavimas gali sukelti ugdymo sunkumų bei socialinių ir emocinių iššūkių, todėl šios įstatyminės nuostatos turėtų būti patikslintos.

Siekiant aiškiau apibrėžti atsakingų už ugdymo procesą institucijų veiklos ir atsakomybės ribas, švietimo ministras kartu su savivaldybėmis bei Vyriausybė įpareigoti užtikrinti *pakankamą* valstybinių ir savivaldybių bendrojo ugdymo mokyklų, skirtų SUP turintiems mokiniams, tinklą. (28 str. 4 d.), o savivaldybės - visų lygių švietimo programų teikėjų *optimalų* tinklą (28 str. 6d.). Sąvokų „*pakankamas*“, „*optimalus*“ reikšmė įstatyme neapibrėžta - tai vertybinio pobūdžio terminai, todėl jos gali būti traktuojamos įvairiai, priklausomai nuo poreikių, išteklių, požiūrio į švietimą ir pan. Pavyzdžiui, vienos savivaldybės, formuodamos programų teikėjų tinklą gali sutelkti dėmesį į geografinį pasiekiamumą, kitos į mokyklų pastatų atnaujinimą ar švietimo įvairovę ir mokytojų kvalifikaciją. Nuosekliai, vienodais kriterijais paremtam švietimo teikėjų tinklo formavimui šalies teritorijoje tikslinga būtų teisės aktuose nustatyti konkretesnius šio tinklo kūrimo kriterijus, leidžiančius objektyviai įvertinti savivaldybių veiklos veiksmingumą.

Švietimo įstatymo nuostatose SUP siejami su pagalbos poreikiu, atsirandančiu dėl asmens sutrikimų, išskirtinių gebėjimų ar nepalankių aplinkos sąlygų (2 str. 26 d.), tačiau individualūs (ne išskirtiniai) mokinio gebėjimai ir poreikiai įstatyme neišskiriami, nors JT NTK 2016 m. pateiktuose pasiūlymuose Lietuvai buvo nurodęs atkreipti dėmesį į būtinumą teisinėmis priemonėmis skatinti individualių poreikių ugdymą per steigiamus būrelius, klubus, draugijas ir kitą veiklą. Deja, į šią pastabą Lietuvoje atsižvelgta.

Socialinio teisingumo požiūriu jautrus negalią turinčių vaikų galimybės mokytis nevalstybinėse mokyklose klausimas. Dėl teisinio reguliavimo spragų iki 2024 m. šioms mokykloms buvo palikta galimybė nepriimti negalią turinčių mokinių, kadangi jos naudojosi teise vykdyti selektyvią mokinių atranką, o savivaldybės nebuvo įpareigosios rūpintis ugdymo prieinamumu privačiose mokyklose (34 str. 3d.). Paplitusių nevalstybinių mokyklų požiūris į SUP turinčius mokinius iliustruoja žiniasklaidoje viešinami faktai, pavyzdžiui, privačios Kauno Panemunės pradinės mokyklos direktorė per atvirų durų dieną viešai informavo tėvus, kad SUP mokiniai į mokyklą nepriimami, nebent šie poreikiai yra dėl ypatingų mokinio gabumų (Aukustytė, 2018). 2021 m. LRT pavišino, kad Vilniaus krikščionių gimnazija atsisakė priimti klausos negalią turinčią mergaitę, motyvuojant, kad „vaikui nebus fizinės vietos klasėje“ (Platūkytė, 2021). 2024 metų ŠĮ redakcijoje, detalizavus SUP turinčių mokinių ugdyme dalyvaujančių subjektų sąrašą, privačioms švietimo įstaigoms išimčių nenumatyta, todėl tėvų pageidavimu jos privalo priimti individualių poreikių turintį mokinį (14 str. 7d.). Visgi, esant tam tikromis aplinkybėmis, šios normos taikymas gali būti neveiksmingas, kadangi įstatyme palikta galioti 29 str. 5 d. nuostata, leidžianti nevalstybinėms mokykloms nusistatyti atskirus akademinius reikalavimus bei priėmimo tvarkos kriterijus, kurie neturi būti diskriminaciniai lyties, rasės, tautybės, socialinės padėties, negalios, lytinės orientacijos, religijos ir kitais pagrindais. Būtent *diskriminacijos draudimas*, įpareigojantis mokinių testavimą ir motyvacinius pokalbius pagal mokyklos pasirinktus kriterijus taikyti visiems vienodai, neatsižvelgiant į negalią turinčių vaikų individualius poreikius, gali tapti legalia priežastimi atsisakyti šių mokinių. Taigi, mokyklos, vadovaujantis mokinių nediskriminavimo jokiais pagrindais principu, gali neatsižvelgti į individualius mokinio poreikius. Taip pat privačių mokyklų teisė nusistatyti mokesčius ir pasirinkti pageidaujamus specialistus, formaliai leidžia joms imti didesnę mokesčių už SUP turinčių vaikų mokymą. Tokią praktiką patvirtina mokyklų vadovų asociacijos prezidentas cituodamas vienos privačios mokyklos vadovės teiginį: „įtraukusis ugdymas yra brangus, todėl tam reikia pinigų, tam vaikui, kuris pas mus ateina, mes nustatome kitą mokesť“ (Įtraukusis ugdymas: ar privačios mokyklos, 2024).

Taigi, nesant įstatyme nustatyto priėmimo į privačias mokyklas aiškaus teisinio reguliavimo, grindžiamo pozityvia diskriminacija, gali susidaryti situacija, kai negalią turinčių vaikų priėmimo į nevalstybines mokyklas galimybė bus labiau teorinė nei praktinė. Esamas teisinis reglamentavimas gali būti interpretuojamas kaip užmaskuota negalią turinčių asmenų diskriminacija.

Apibendrintai galima sakyti, kad Švietimo įstatyme įtvirtintos objektinės teisės normos didžiąja dalimi dera su tarptautiniais ir ES strateginiais principais: pagarbai žmogaus teisėms, teisei į mokymąsi, švietimo prieinamumą visiems lygiai, socialinio teisingumo ir kt. Greta to, dėl kai kurių 2024 m. rugsėjo mėnesį įsigaliojusių ŠĮ nuostatų veiksmingumo kyla diskusinių klausimų, kurių atsakymus galės pateikti atskiros mokyklos, pradėjusios taikyti šias nuostatas savo praktikoje. Įstatyminės normos tik sukuria objektyviųjų teisių įgyvendinimo praktikoje prielaidas, todėl šiame kontekste svarbūs ir kiti aspektai: įstatymus lydintieji teisės aktai, įtraukiojo ugdymo plėtros strateginiai ir veiksmų planai, planuojamų priemonių stebėseną, pagalbos mokiniams bei kokybės vertinimo procedūrų sukūrimas, mokyklų bendradarbiavimas, vietos politikų ir tėvų parama ir kiti veiksniai.

Išvados

1. Negaliai priskiriami socialinę, emocinę asmenybės raidą trikdančios įgimtą ar įgytą sveikatos sutrikimai, kurių pedagoginėmis priemonėmis pašalinti neįmanoma. Ilgą laiką negalios nustatymas Lietuvoje buvo grindžiamas pagrindu mediciniais kriterijais, pagalbos poreikius nustatydavo skirtingos įstaigos, į neįgalųjų statistiką nebuvo įtraukiami elgesio ar somatinių sutrikimų turintys vaikai, dėl to buvo sunku tiksliai nustatyti negalią turinčių vaikų skaičių. Oficialus mokinių, turinčių negalią, skaičius (apie 2 proc. nuo visų mokinių) galėjo būti mažesnis nei realybėje. Pastaruoju metu stebima negalią turinčių mokinių skaičiaus augimo tendencija: 2020 m. buvo 8496 negalią turintys mokiniai, o 2024 m. – 10306 mokiniai.

2. Neįgalųjų socialinės integracijos politika Lietuvoje pastaraisiais metais keičiasi nuo šalpos ir palaikymo link pačių asmenų su negalia gebėjimo integruotis į socialinį gyvenimą. Lietuva, siekdama įgyvendinti JT Konvencijos ir JT NTK reikalavimus, atliko eilę teisės aktų pakeitimų, turėjusių užtikrinti, kad teisės aktai, papročiai, institucijos, paslaugos, informacija nediskriminuotų asmenų su negalia, sudaryti negalią turinčiam asmeniui galimybę gyventi savarankiškai bendruomenėje ir pagerinti fizinės aplinkos (statinių, transporto) prieinamumą negalią turintiems asmenims. Tuo tikslu vykdyta Nacionalinė neįgalųjų socialinės integracijos 2013–2020 m. programa ir kitos priemonės. Vis gi įstatyminėse normose nebuvo įtvirtintas valstybės įsipareigojimas užtikrinti neįgalųjų lygiateisį naudojimąsi visomis žmogaus teisėmis ir pagrindinėmis laisvėmis, taip kaip tai numatyta JT Konvencijoje, teisinis reguliavimas neskatino neįgalaus asmens savarankiškumo, kas prieštaravo JT Konvencijos nuostatomis dėl teisinio neįgaliojo veiksnio. Tik 2024 m. NSĮ buvo įtvirtintos pagrindinės asmens su negalia teisės, įskaitant teisę į švietimą. Tačiau JT NTK rekomendacija iš teisės aktų pašalinti menkinamos konotacijos žodžius, apibūdinančius neįgaliuosius, liko neįvykdyta.

3. Iki 2011 metų integruotam ugdymui reikalingas teisinis reguliavimas šalyje nebuvo sukurtas, kadangi SUP turinčių mokinių ugdymą reglamentavo atskiras specialus įstatymas. Teisinis pagrindas integracijai atsirado šių mokinių ugdymo teisinį reguliavimą įtraukus į Švietimo įstatymą, kuriame, siekiant atitiktis JT Konvencijos 24 str. nuostatomis, per dešimtmetį buvo atlikta eilė pakeitimų, padėjusių pagrindus įtraukties ugdymui įtvirtinti.

4. Švietimo įstatyme įtvirtintos objektinės teisės normos formaliai dera su tarptautiniais strateginiais švietimo principais. Greta to, pastebėtini ir kai kurie teisinio reguliavimo trūkumai, galintys riboti negalią turinčio mokinio teises į visavertį ugdymą. Pvz., SUP siejami su pagalbos poreikiu, atsirandančiu dėl asmens sutrikimų, išskirtinių gebėjimų ar nepalankių aplinkos sąlygų, tačiau dėmesys individualiems (ne išskirtiniams) gebėjimams ir poreikiams neakcentuojamas; neaiškiai apibrėžta mokinio perkėlimo į kitą mokyklą galimybė gali riboti jo teisę pasirinkti norimą mokyklą; įstatyme neregamentuojamas SUP turinčių mokinių skaičiaus klasėje; nevalstybinėms mokykloms išlieka formali galimybė nepriimti SUP turinčių mokinių ir kt.

Literatūra

1. Adomaitienė R. Specialiųjų poreikių asmenų ugdymo reformos nacionalinės strategijos projektas (2003), p.21. Prieiga per internetą: <https://smsm.lrv.lt/uploads/smsm/documents/files/kiti/STRATEGIJA-RA.pdf> [žiūrėta 2024.10.18]
2. Ambrukaitis J. (2005). Specialiojo ugdymo kaitos bruožai. Šiauliai: VšĮ Šiaulių universiteto leidykla.
3. Aukšutytė L. Specialiųjų ugdymosi poreikių turinčių vaikų integracija – misija (ne)įmanoma? Lietuvos rytas, 2018 m. rugpjūčio 10 d. Prieiga per internetą: <https://www.lrytas.lt/gvvenimo-budas/seima/2018/08/10/news/specialiuju-ugdymosi-poreikiu-turinciu-vaiku-integracija-misija-ne-imanoma--72235> [žiūrėta 2025.02.22].
4. Bagdonas, A. (1995). Vystymosi sutrikimų klasifikacija. Vilnius: Vilniaus universitetas;

5. ES Komisija. *Lygybės Sąjunga. 2021-2030 m. neįgaliųjų teisių strategija*. Briuselis, 2021 03 03 COM(2021) 101 final. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/LT/legal-content/summary/european-disability-strategy-2010-2020.html?fromSummary=23> [lankytasi 2025.01.03]
6. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2019/882 Dėl gaminių ir paslaugų prieinamumo reikalavimų (2019 m. balandžio 17 d.). Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0882>
7. Equality of Opportunity for People with Disabilities – A New Community Disability Strategy (1996). Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:51996DC0406> [žiūrėta 2025.01.30].
8. Hallahan D., Kauffman J. (2003). Ypatingieji mokiniai: specialiojo ugdymo įvadas. Vilnius: Alma litera.
9. Jungtinių Tautų neįgaliųjų teisių konvencija ir jos Fakultatyvus protokolai, Žin. (2010-06-19, Nr. 71-3561).
10. JT Neįgaliųjų teisių komitetas; Baigiamosios pastabos dėl pirminės Lietuvos ataskaitos (2016 05 20, CRPD/C/LTU/CO/1)
11. JT Neįgaliųjų teisių Komiteto bendroji pastaba Nr. 6 dėl lygybės ir nediskriminavimo (2018). Prieiga per internetą: <https://anta.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2024/2/P5DiQjORqE0.pdf> [žiūrėta 2025.02.04]
12. Įtraukusis ugdymas: ar privačios mokyklos turi svertų nepriimti specialiųjų poreikių turinčių vaikų? (2024) Dienraštis „Bernardinai.lt“. Prieiga per internetą: https://www.bernardinai.lt/itraukusis-ugdymas-ar-privacios-mokyklos-turi-svertu-nepriimti-specialiuju-poreikiu-turinciu-vaiku/?utm_source=chatgpt.com [žiūrėta 2025.02.22].
13. Kazakevičius R., Vileišis A. ir kt. (1991). Patologinė fiziologija. Vilnius: Mokslas.
14. Lastauskienė G. (2004) Neįgalus asmuo žmogaus teisių apsaugos požiūriu. Jurisprudencija, t.54 (56), p.76.
15. Lietuvos Respublikos valstybinių socialinio draudimo senatvės ir invalidumo pensijų dalies išmokėjimo įstatymas. Valstybės žinios, 2007-11-22, Nr. 120-4880
16. Lietuvos Respublikos asmens su negalia teisių apsaugos pagrindų įstatymas. (Nauja redakcija nuo 2024-01-01). TAR 2023-01-04, i. k. 2023-00135
17. Lietuvos Respublikos švietimo įstatymas (1991) (suvestinė redakcija nuo 2024-09-01). Lietuvos aidas, Nr. 153-0
18. LR socialinės apsaugos ir darbo ministro, LR sveikatos apsaugos ministro ir LR švietimo, mokslo ir sporto ministro 2023 m. spalio 17 d. įsakymas Nr. A1-682/V-1092/V-1364 Dėl Neįgalumo lygio nustatymo kriterijų ir tvarkos aprašo patvirtinimo. TAR 2023-10-17, i. k. 2023-20309
19. LR švietimo ir mokslo, sveikatos apsaugos ir socialinės apsaugos ir darbo ministrų 2002 m. liepos 12 d. įsakymas Nr. 1329/368/98 Dėl Specialiųjų poreikių asmenų sutrikimų ir jų laipsnių nustatymo ir specialiųjų poreikių asmenų priskyrimo specialiųjų ugdymosi poreikių grupei tvarkos. Valstybės žinios, 2002-08-30, Nr. 84-3672
20. LR švietimo ir mokslo, sveikatos apsaugos ir socialinės apsaugos ir darbo ministrų 2000 m. spalio 4 d. įsakymas Nr. 1221/527/83 „Dėl asmens specialiųjų ugdymosi poreikių įvertinimo tvarkos“ (Žin., 2000, Nr. 85-2608).
21. Lietuvos švietimas ir kultūra (2023 m. leidimas) Oficialiosios statistikos portalas. Prieiga per internetą: https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=7cbb268c-9506-4c13-b248-9c561b3503e5# [žiūrėta 2025.03.12]
22. Miltenienė L. (2005). Bendradarbiavimo realybė tenkinant vaiko specialius ugdymosi poreikius bendrojo lavinimo mokykloje. *Specialusis ugdymas*. Nr. 2 (13), p. 34 – 44.
23. Nacionalinė neįgaliųjų socialinės integracijos 2013–2020 m. programa (2012-11-21, Nr. 1408)
24. Nacionalinis 2021–2030 metų pažangos planas (2020). Prieiga per internetą <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/c1259440f7dd11eab72ddb4a109da1b5?jfwid=-> [žiūrėta 2025.01.03].
25. Neįgaliųjų vaikų globa ir ugdymas (2005). Prieiga per internetą https://mokslo.lietuviuzodinas.lt/pedagogika/neigaliuju-vaiku-globa-ir-ugdymas?utm_source=chatgpt.com [žiūrėta 2024.12.19]
26. Neįgaliųjų socialinės integracijos veiklos rezultatų bei Jungtinių Tautų Neįgaliųjų teisių konvencijos ir jos fakultatyvaus protokolo įgyvendinimo stebėsenos tvarkos aprašo Priedas Nr. 2 Kriterijų lentelė (duomenys už 2023 m.
27. Nuo sausio 1 d. keičiasi negalios ir darbingumo nustatymo tvarka: ką svarbu žinoti?(2023) Asmens su negalia teisių apsaugos agentūros tinklalapis. Prieiga per internetą: <https://anta.lrv.lt/lt/naujienos/nuo-sausio-1-d-keiciasi-negalios-ir-darbingumo-nustatymo-tvarka-ka-svarbu-zinoti> [žiūrėta 2025.01.07]
28. Platūkytė D. Tėvus šokiravo mokyklos sprendimas atsisveikinti su negalia turinčia dukra: likome ant ledo. LRT TV, 2021.05.11. Prieiga per internetą: https://www.lrt.lt/naujienos/lietuvoje/2/1463678/tevus-sokiravo-mokyklos-sprendimas-atsisveikinti-su-negalia-turincia-dukra-likome-ant-ledo?utm_source=chatgpt.com [žiūrėta 2025.02.21].
29. Prasauskienė, A. (2003). Normali ir sutrikusi raida. Vaikų raidos sutrikimai. Mokomoji knyga studentams, gydytojams, abilitacijos ir reabilitacijos specialistų komandos nariams. Kaunas: AB Spindulys
30. Resolution of the Council of Ministers, December 1996. Prieiga per internetą https://ec.europa.eu/employment_social/soc-prot/disable/com406/res_en.htm [žiūrėta 2025.01.30]
31. Rodrigues D. (Edt.) (1994) Helios European Seminar. School and integration in EUROPE. Portugal, Lisbon, 15-17 December.
32. Soriano V. (Ed.) (1999) Teacher support. Organization of Support for Teachers Working with Special Needs in Mainstreamed Education. European Agency for Development in Special Needs Education
33. Specialiųjų poreikių asmenų ugdymo reformos nacionalinės strategijos projektas (2003), p.6. <https://smsm.lrv.lt/uploads/smsm/documents/files/kiti/STRATEGIJA-RA.pdf> [žiūrėta 2025.03.12].

34. Žmogaus teisės Baltijos šalių sveikatos priežiūros srityje. Tyrimo ataskaita pagal Europos Komisijos projektą „Žmogaus teisių stebėsena ir apsauga nuo smurto Baltijos šali uždaroje institucijose: kalėjimuose, policijos areštinėse ir psichikos sveikatos priežiūros įstaigose“. Vilnius, 2021.

ENSURING THE RIGHTS OF PEOPLE WITH DISABILITIES TO EDUCATION: LEGAL ASPECTS

Summary

Lithuania, having ratified the UN Convention (2010), has undertaken to align its national legislation with the principles of the UN Convention and other international legislation and to take the necessary measures to ensure the right of persons with disabilities to a full education. As part of its international commitments, Lithuania has put in place various measures to protect the rights of persons with disabilities, but their implementation poses serious problems and challenges.

On the basis of the analysis of international and national legal acts and special literature, the article concludes that until 2024, Lithuanian legislation did not enshrine the state's obligation to ensure the rights and freedoms of persons with disabilities as stipulated in the UN Convention, and that the legal regulation did not promote the autonomy of a person with a disability, which was in conflict with the UN Convention's provisions on the legal capacity of a person with a disability. It was not until 2024, when the Basic Law on the Protection of the Rights of Persons with Disabilities established the fundamental rights of persons with disabilities, that the right of persons with disabilities to participate in society on an equal basis with other members of society was recognised. The addition of a new principle of inclusion in education to the Education Act (2021) formally established an education system based on the inclusion module, and the amendments to the Education Act, which entered into force in 2024, created the legal prerequisites for the application of inclusive education in educational institutions.

The study found that the norms of the Law on Education are formally in line with the international strategic principles of education, but at the same time points out some shortcomings in the legal framework that may limit the right of a pupil with a disability to a full education

Key words: disability rights, social integration of people with disabilities, special educational needs

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kęstutis Vitkauskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas. **Darbo vieta ir pozicija:** Lietuvos inžinerijos kolegija, Mechanikos ir statybos inžinerijos studijų krypties programų docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogaus teisės, edukologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: kestutis.vitkauskas@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kęstutis Vitkauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Higher Education Institution, Associate professor at the Mechanical and Civil Engineering Department

Author's research interests: human rights, educology.

Telephone and e-mail address: kestutis.vitkauskas@lik.tech

PROJEKTŲ ŽMOGIŠKŲJŲ IŠTEKLIŲ DARBO LAIKO APSKAITOS SISTEMA

Jurij Tekutov^{1, 2, 3}

*Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas, Informatikos ir elektros inžinerijos katedra¹
Klaipėdos universitetas, Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, Informatikos ir statistikos katedra²
Lietuvos verslo kolegija, Technologijų katedra³*

Anotacija

Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemų rinkoje mažai, todėl bus kuriama nauja sistema. Be to, numatyta integracija į egzistuojantį aplikacijų rinkinį, leidžiantį patogiai matyti agreguojamą informaciją, susijusią su darbuotojais (žmogiškieji ištekliai), vesti darbo laiko apskaitą, valdyti projektų priskyrimus bei pildyti darbuotojų priedus ar išskaitas. Sukurta projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistema, kurios pagalba žmogiškųjų išteklių vadovai gali patogiai bei greitai vesti darbo laiko apskaitą, valdyti darbuotojų projektų priskyrimus, pildyti priedus ar išskaitas bei patogiai matyti susijusių objektų informaciją viename lange. Taip pat sistema integruota į pagrindinį sistemų rinkinį, kur ji sugeba sąveikauti su kitomis sistemos dalimis.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: žmogiškasis ištekliai, projektas, verslo valdymo sistema, portalas.

Įvadas

Aktualumas. Siekiama sukurti sistemą, gebančią tinkamai agreguoti duomenis jų patogiam atvaizdavimui bei įgyvendinti funkcionalumą, kuris palengvintų darbą žmogiškųjų išteklių vadovams sekti jų įmonių darbuotojų darbo laikus prie projektų.

Problema. Šiuo metu teikiami nepatogūs įrankiai darbuotojų laiko sekimui, priskyrimui prie projektų, dėl kurių žmogiškųjų išteklių vadovai negali efektyviai dirbti su sistema. Šios sistemos kūrimas išspręstų ne tik sunkaus sistemos naudojimo problemas, bet ir užtikrintų šios sistemos tinkamo darbo palaikymą ateičiai bei galimą plėtimą.

Tyrimo objektas – projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistema.

Tyrimo tikslas – sukurti projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemą, leidžiančią vesti darbuotojų priskirtų prie projektų darbo laiko apskaitą, sąveikauti su jų priedais ar išskaitomis ir turėti tinkamą integraciją su kitomis pagrindinės sistemos dalimis.

Naudota programinė įranga:

- diagramų ir vektorinės grafikos aplikacija *Microsoft Visio Online*;
- diagramų ir objektinės grafikos įrankis *MagicDraw UML*;
- duomenų bazių schemų vizualizavimo įrankis *dbdiagram.io*.

1. Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos sampratų bei panašių sistemų analizė

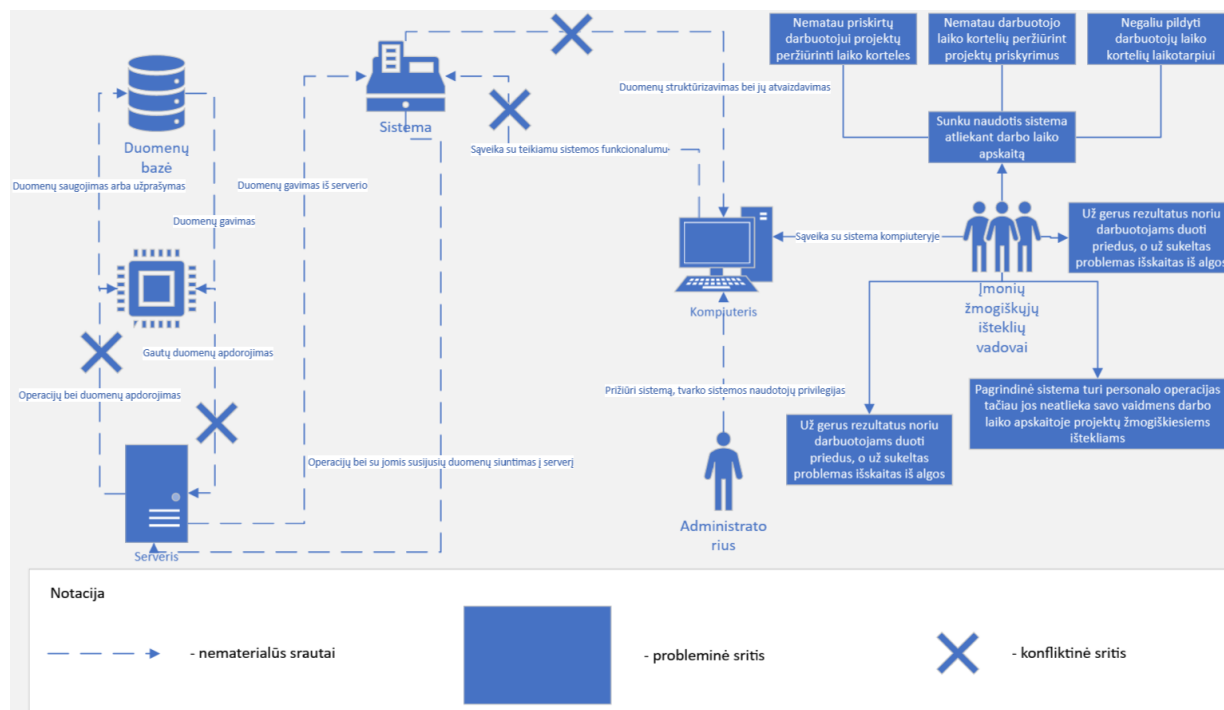
Informacinė sistema (apskaitos sistema) – tai sistema kuri apdoroja duomenis rezultatų (informacijos) išvedimui į ekraną. Tačiau tą pačią išvedamą informaciją gali naudoti tolimesnėms apdorojimo operacijoms (Gupta ir Goyal, 2020). Atsižvelgus į tai, vedant darbo laiko apskaitą žmogiškiems ištekliams, pasinaudojus funkcionalumu, galima išgauti suvestines apie darbuotojų dirbtą laiką, šią informaciją panaudoti algų apskaičiavime ar vidurkių išvedime. Žmogiškųjų išteklių valdymas – tai įmonės darbuotojų darbų atitinkamas planavimas, šių darbuotojų paskyrimas užduotims, kurias jie geriausiai atlieka. Šių darbuotojų užsiėmimų koordinavimas maksimaliai didinant jų strateginį panaudojimą įmonės labui (Depoo ir Hermida, 2024).

Atsižvelgiant į pagrindinę žmogiškųjų išteklių valdymo sampratą, bei tai, kad kuriama sistema turi žmogiškąjį išteklių kaip pagrindinį objektą, galima teigti, kad darbo laiko apskaitos sistemos srityje šių išteklių valdymas yra pagrindžiamas vedant darbo laiko apskaitą. Tuo pačiu atsižvelgiant į darbuotojų atliktų darbų rezultatus ar padarytas klaidas yra galimybė teikti tam tikrus bonusus ar išskaitas kas leidžia didinti šių darbuotojų efektyvumą.

Dalykinė sritis. Projektų žmogiškųjų išteklių dalykinė sritis – tai sistema, kuri yra atsakinga už lengvesnį šios sistemos teikiamų funkcijų naudojimą, geresnį duomenų pateikimo būdą atsižvelgiant į užsakovų pateiktus reikalavimus.

Probleminė sritis. Klientai, kurie naudojami teikiama informacine sistema, neturi patogios prieigos prie susijusių duomenų viename lange, norint vesti darbo laiką ar kitus su darbuotoju (žmogiškuoju ištekliu) susijusius duomenis, tai padaryti yra nepatogu, užtrunka per daug laiko su dabartine teikiama grafine naudotojo sąsaja.

Apibrėžus šios sistemos dalykinę bei probleminę sritis, jų pagalba bus kuriamas raiškūs paveikslėlis (angl. *Rich Picture*), kuris padės išnagrinėti iškeltų reikalavimų sudėtingus klausimus bei leis pažvelgti į probleminę sritį (Bell ir Morse, 2013). Dalykinės srities raiškūs paveikslėlis pateikiamas 1 paveiksle.



1 pav. Probleminės srities raiškūs paveikslėlis

Šaltinis: [sudaryta](#) autoriaus

Atsižvelgiant į aukščiau pateiktą raiškų paveikslėlį galima išvelgti keturias konfliktines sritis.

Pirmoji konfliktinė sritis atsiranda, kai sistemos naudotojai nori pamatyti išsaugotų duomenų struktūrizuotą atvaizdavimą, tačiau nemato susijusių duomenų viename lange. Dabartiniame grafines naudotojo sąsajos įgyvendinime darbuotojams priskirtų projektų, laiko kortelių atvaizdavimas vykdomas skirtinguose languose, kur tik per papildomą filtravimą galima bandyti atlikti duomenų susiejimą.

Antroji konfliktinė sritis atsiranda, kai naudotojai sąveikauja su esamu sistemos funkcionalumu. Esant poreikiui užpildyti darbuotojui (-ams) darbo laiką kažkuriam laikui iškarto tą atlikti galima tik kuriant po vieną laiko kortelę kaip objektą kiekvienai dienai (laikotarpio automatinio pildymo nėra). Taip pat nėra galimybės už gerus ar blogus rezultatus darbuotojams suvesti priedus ar išskaitas.

Trečia probleminė sritis atsiranda atsižvelgiant į klientų poreikius, nėra įgyvendintas operacijų bei duomenų apdorojimas pagal naujo funkcionalumo reikalavimus.

Ketvirta probleminė sritis atsiranda dėl kliento poreikio matyti duomenis viename lange, nėra įgyvendintos atitinkami duomenų agregavimai kurie užtikrintų šių duomenų tinkamą atvaizdavimą viename lange.

Taigi, kuriama sistema turi turėti patogų bei lengvai suprantamą grafines naudotojo sąsają. Turėti atitinkamą funkcionalumą, kurio pagalba galima atlikti veiksmus, kurie šiuo metu atliekami pavieniui (laiko kortelių pildymas laikotarpiui). Taip pat sistemos naudotojas turi matyti agreguotus, susijusių objektų su žmoniškųjų išteklių, duomenis.

Žemiau pateiktos dviejų esamų rinkoje žmoniškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemų įvertinimas pagal iškeltus reikalavimus: *Karbon* (<https://karbonhq.com/>) ir *HubStaff* (<https://hubstaff.com/>).

Išanalizavus teikiamus rinkoje pasiūlymus ir pasižymėjus kriterijų atitikimus, sistemų palyginimui išvedama 1 lentelė.

1 lentelė

Panašių ir kuriamos darbo laiko apskaitos sistemų palyginimas

Reikalavimas	<i>Karbon</i>	<i>Hubstaff</i>	Kuriamos sistemos projektų laikai
Patogi grafines naudotojo sąsaja, turinti lengvą pasiekiamumą.	Taip	Taip	Taip
Funkcionalumas leidžiantis vykdyti operacijas smulkiau ir stambiu mastu.	Taip	Taip	Taip
Papildomas teikiamas funkcionalumas.	Nėra priedų/išskaitų vedimo	Nėra priedų/išskaitų vedimo	Taip
Tinkamas duomenų agregavimas ir jo atvaizdavimas, sąveika su	Taip, tačiau nėra galimybės turėti subrangos darbuotojų	Taip, tačiau nėra galimybės turėti	Taip

Reikalavimas	Karbon	Hubstaff	Kuriamos sistemos projektų laikai
atvaizdavimu.	bei juos filtruoti.	subrangos darbuotojų bei juos filtruoti.	
Kuriamų ar pildomų duomenų tinkamas integravimas su kitomis sistemos dalimis.	Taip	Taip	Taip
Detalus darbuotojo valandinio užmokesčio valdymas.	Taip, bet valdymas yra daugiau sietas prie standartinio užmokesčio keitimo tam tikrai situacijai (nėra galimybės nusirodyti užmokesčio keitimosi plano)	Taip	Taip
Kaina už produktą.	Neprieinama	Neprieinama	Prieinama

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Kaip galima matyti lentelėje, *HubStaff* darbo laiko apskaitos sistema padengia daugiau reikalavimų negu *Karbon*, tačiau nors ir preliminarai kaina yra vidutinė, yra teikiami skirtingi planai, iš kurių pigesni turi daug apribojimų, kas gali maišyti užsakovams vesti tinkamą darbo laiko apskaitą. Taip pat ši sistema kaip ir *Karbon* neturi priedų ar išskaitų vedimo darbuotojams bei nėra galimybės turėti subrangos darbuotojų įmonėje ir filtruoti pagal juos.

Atsižvelgus į šių dviejų sistemų teikiamo funkcionalumo analizę bei jų atitikimą pagal iškeltus sistemos kriterijus galima teigti, kad rinkoje nėra atitinkamos sistemos, dėl šios priežasties bus kuriama projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistema.

2. Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos projektavimas

Reikalavimų specifikacija sistemai. Siekiant tinkamai suprojektuoti projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemą, reikia nustatyti šios sistemos reikalavimus. Tam reikia apibrėžti sistemos panaudojimo atvejus ir jų pagrindus suformuluoti funkcinis ir nefunkcinis reikalavimus (Schneider ir Winters, 2001).

Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos panaudojimo atvejų diagrama yra pavaizduota 2 paveiksle.

Paveikslėlyje pavaizduota sistemos panaudojimo atvejų diagrama, joje matoma, kad:

Administratorius – turi turėti galimybę administruoti sistemos naudotojų teises į teikiamą funkcionalumą.

Sistema – turi agreguoti duomenis pagal iškeltus atvaizdavimo reikalavimus bei palaikyti naujų operacijų tipus kurių reikalauja kuriama sistema.

Programuotojas – turi užtikrinti tinkamą sistemos veikimą bei tolimesnį funkcionalumo plėtimą pagal iškeltus reikalavimus.

Sistemos naudotojas (žmogiškųjų išteklių vadovas) – turi turėti galimybę peržiūrėti darbuotojų užpildytas korteles (valandas) bei matyti, prie kurių projektų jie priskirti. Taip pat turi gebėti pildyti laiko korteles vienoje dienoje arba nurodžius laikotarpį. Esant poreikiui, išrašyti darbuotojui(-ams) priedus ar išskaitas, perskirti darbuotojui(-ams) projektą ir pažymėti dominančias eilutes kaip „favoritus“, pagal kuriuos galima filtruoti rodomus duomenis.

Pagrindiniai sistemos funkciniai reikalavimai yra pažymėti:

PA1 – galimybė administruoti sistemos funkcionalumo prieigą sistemos naudotojams;

PA2 – duomenų agregavimas pagal atvaizdavimo reikalavimus;

PA3 – funkcionalumas palaikantis naujus operacijų tipus iškeltus dėl klientų poreikių;

PA4 – sistemos funkcionalumo plėtimas pagal poreikius;

PA5 – sistemos tinkamo darbo palaikymas;

PA6 – darbas su sistema;

PA7 – duomenų matymas atsižvelgiant į iškeltus reikalavimus;

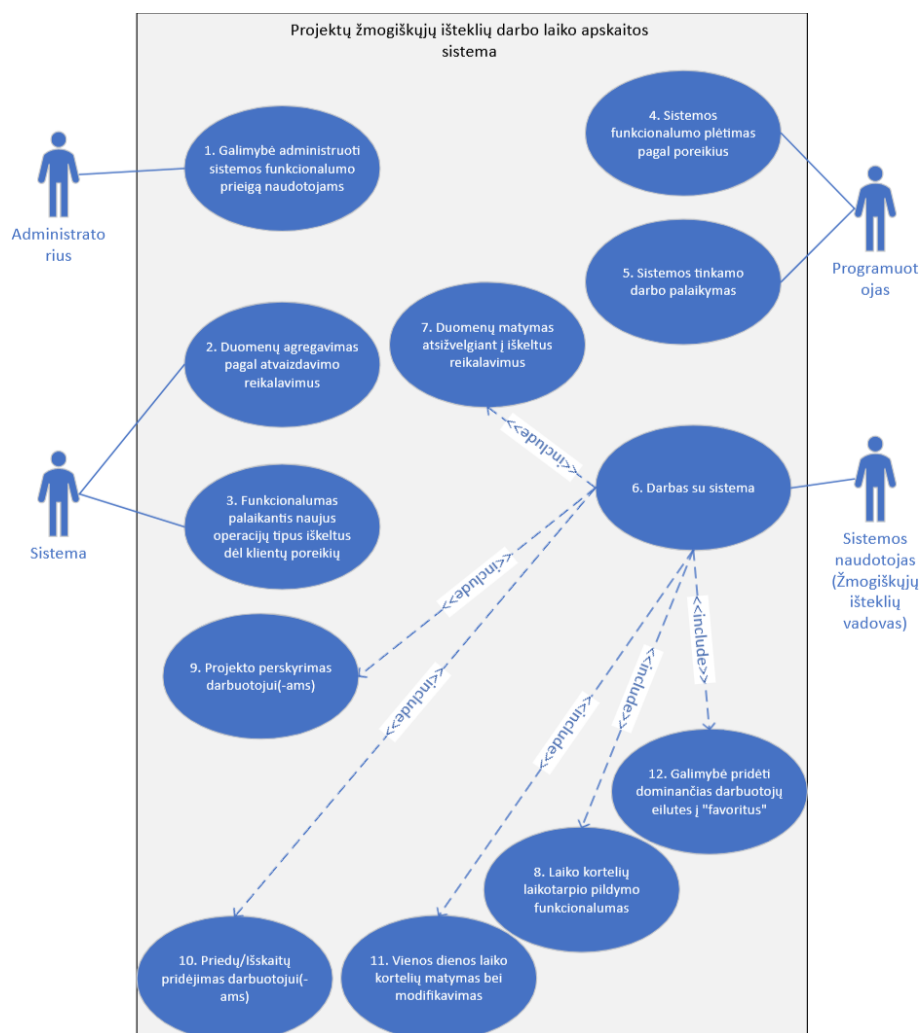
PA8 – laiko kortelių laikotarpio pildymo funkcionalumas;

PA9 – projekto perskyrimas darbuotojui (-ams);

PA10 – priedų/išskaitų vedimas darbuotojui (-ams);

PA11 – vienos dienos laiko kortelių matymas bei modifikavimas;

PA12 – galimybė pridėti dominančias darbuotojų eilutes į „favoritus“.



2 pav. Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos panaudojimo atvejų diagrama

Šaltinis: [sudaryta](#) autoriaus

Panaudojimo atvejo „Galimybė administruoti sistemos funkcionalumo prieigą sistemos naudotojams“ (PA1) aprašymas pateikiamas 2 lentelėje.

2 lentelė

„Galimybė administruoti sistemos funkcionalumo prieigą sistemos naudotojams“ panaudojimo atvejo aprašymas

Panaudojimo atvejo Nr.	1
Panaudojimo atvejis (PA)	Galimybė administruoti sistemos funkcionalumo prieigą sistemos naudotojams
Tikslas	Nustatymai bei operacijų teisės sukurtos sistemos ribose kurių pagalba galima riboti funkcionalumo prieigą sistemos naudotojams.
Aktoriai	Administratorius
Ryšiai su kitais PA	-
Nefunkciniai reikalavimai	Nurodomi tinkamų pavadinimų operacijų teisių bei sistemos nustatymų objektai kurių pagalba yra ribojama/leidžiama prieiga prie sistemos teikiamo funkcionalumo naudotojams
Prieš-sąlygos	Sistemoje egzistuoja operacijų teisių ir sistemos nustatymų objektai kurie turi sąryšį su kuriama sistema ir jo teikiamu funkcionalumu.
Sužadinimo sąlygos	Administratorius įjungia/išjungia atitinkamus operacijų teisių ar sistemos nustatymų objektus naudotojams ar jų grupėms.
Po-sąlygos	Naudotojas turi/neturi prieigą prie sistemos bei jo teikiamo funkcionalumo.
Pagrindinis scenarijus	Įmonė nusiperka sistemą kaip modulį, jiems suteikiama prieiga prie sistemos funkcionalumo, kuriuo gali naudotis.
Alternatyvūs scenarijai	Įmonė turint nusipirkus modulį, riboja prieigą grupėms naudotojų kuriems ši sistema nėra aktuali. Įmonė riboja dalinį sistemos funkcionalumą grupei naudotojų, norint neleisti darbuotojams pildyti laiko į priekį.

Šaltinis: [sudaryta](#) autoriaus

Sudarius panaudojimo atvejų lenteles, toliau išvedami sistemos funkciniai reikalavimai.

Funkciniai reikalavimai – tai pagrindiniai sistemos funkcijų reikalavimai. Tai yra, kokie yra reikalavimai

techninei ar programinei įrangai, kurie yra iškelti atsižvelgus į panaudojimų atvejus (Yaseen ir kt., 2023), (Rahman ir kt., 2024).

Funkciniai reikalavimai iškelti iš panaudojimo atvejų:

1. Sistemoje turi būti sukurti operacijos teisių bei programos nustatymų objektai, kurie leidžia administratoriams sąveikauti su naudotojų prieiga prie sistemos teikiamų funkcijų.

2. Sistema turi būti gabi agreguoti su projektais susijusius duomenis. Agregavimas apima projektų informacijos, darbuotojų priskyrimo prie projektų, darbuotojų laiko kortelių, personalo operacijų, priedų ar išskaitų duomenis. Šis agregavimas leidžia atvaizduoti reikiamus naudotojui duomenis ekrane pagal nustatytus reikalavimus.

3. Sistema turi gebėti apdoroti naujus užklausų tipus, tokius kaip – laikotarpio laiko kortelių pildymas darbuotojams, „favoritų“ funkcionalumas, agreguotų duomenų užprašymas (paieškos funkcionalumas) ir kita.

4. Sistema turi turėti paieškos filtrų pasirinkimą – pagal projektą ar projektas yra subranga bei tekstinės paieškos lauką kuris veikia per kelis laukus.

5. Sistema turi gebėti atvaizduoti tinkamai iš sistemos gautus duomenis su kuriais naudotojas gali sąveikauti.

6. Sistema turi gebėti modifikuoti/atvaizduoti vienos dienos darbuotojo laiko korteles su projekto, laiko, darbo bei vietos ir priežasties ar komentaro laukais kuriuos supildo pats naudotojas.

7. Sistema turi turėti laikotarpio darbuotojų laiko kortelių pildymo funkcionalumą, kuri sugeba modifikuoti senas nurodytame laikotarpyje nurodyto projekto laiko korteles, bei kurti naujas.

8. Sistema turi turėti priedų bei išskaitų modifikavimo, trynimo pasirinktiems darbuotojams funkcionalumą.

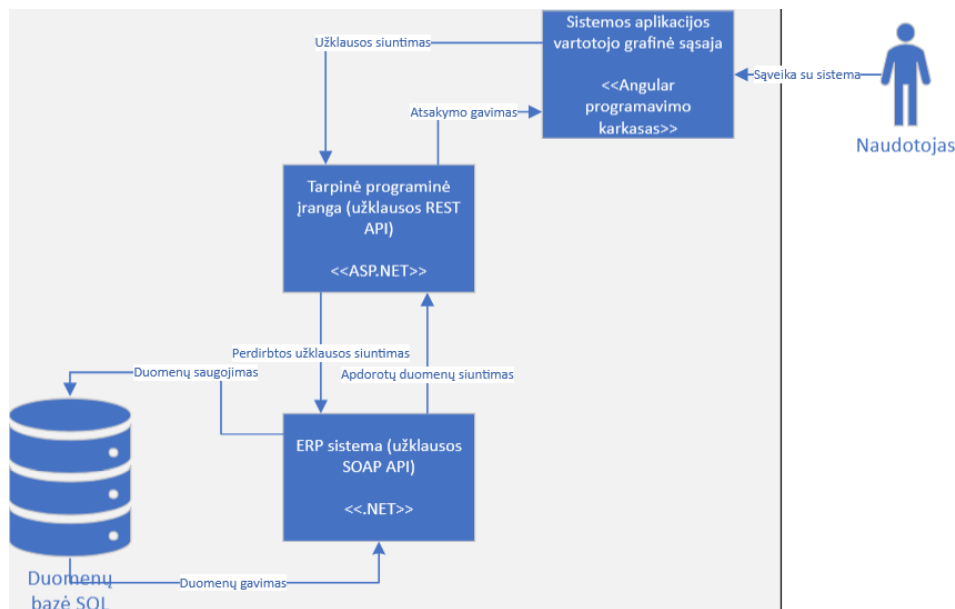
9. Naudotojas sistemoje turi gebėti perskirti darbuotojui ar darbuotojams projektą nurodytam laikotarpiui.

10. Naudotojas turi gebėti pridėti dominančius jį laukus į favoritų sekciją, pagal kurią vėliau jis gali filtruoti duomenis, kad vaizduoti jam tik jį dominančius.

11. Didžioji dalis atliekamų operacijų sistemoje turi siųsti automatiškai atnaujintus laukus, naujausios informacijos ekrane palaikymui. Sistema turi gebėti šiuos atsiųstus duomenis atnaujinti grafinėje sąsajoje.

Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos architektūra. Programinės įrangos architektūra yra esminė sistemų kūrimo veikla, leidžianti pagrįsti sistemos savybes labai ankstyvoje jos kūrimo stadijoje. Ji leidžia organizuoti sistemą, kad ji vienu metu tiek teiktų reikiamas funkcijas, tiek užtikrintų reikiamų paslaugų kokybę (Oquendo ir kt., 2016).

Architektūrinis projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos brėžinys pateikiamas 3 paveiksle.



3 pav. Sistemos architektūra

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Paveikslėlyje galima matyti, kad sistema bendraus su pagrindiniu sistemos funkcionalumu per vidurinę tašką. Iš sistemos aplikacijos siunčiamos užklausos keliaus per REST API užklausų tipo servisą, ten užklausa bus konvertuojama į SOAP API užklausos tipą ir siunčiama į ERP (angl. *Enterprise Resource Planning*)

sistemą kur vyks pagrindinė duomenų apdorojimo logika. Duomenų saugojimui naudojama SQL duomenų bazė. ERP sistemos ribose bus atliekamas pagrindinis duomenų agregavimo bei modifikacijos funkcionalumas, visi galimi atsakymai į užklausas siunčiami atgal į tarpinę programinę įrangą, kuri, esant poreikiui, apdoroja duomenis ir siųs į naudotojo grafines sąsajos aplikaciją. Naudotojo grafines sąsajos pusėje duomenys bus vizualizuojami bei bus teikiamas funkcionalumas sąveikai su aukščiau paminėtais duomenimis.

Sistemos aplikacijos grafinės naudotojo sąsajos projektavimas. Šioje dalyje pateikiama projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos aplikacijos grafinės naudotojo sąsajos vizija, kuri vėliau bus įgyvendinta dokumentų valdymo sistemos ribose ir sujungta su ERP sistema.

Pagrindinį duomenų atvaizdavimo langą su įrankių juosta galima matyti 4 paveiksle.

Atvaizduojamos darbuotojų duomenų eilutės

4 pav. Pagrindinis sistemos duomenų atvaizdavimo langas

Šaltinis: [sudaryta autoriaus](#)

Paveikslėlyje galima matyti pagrindinį duomenų atvaizdavimo langą, tai yra duomenų lentelė informacijos atvaizdavimui. Kiekvienas darbuotojas turi papildomą atvaizduojamą informaciją, kaip jo darbdavį, vardą ir pavardę, tabelio numerį ir kita, taip pat yra atvaizduojamos nurodyto laikotarpio dienos, kuriuose atvaizduojamos dienos dirbtos valandos ir papildoma informacija parinkta atvaizdavimo skiltyje iš įrankių juostos. Įrankių juostoje naudotojas gali pasirinkti tinkamą laikotarpį mėnesio, savaitės ar dienos tikslumu. Taip pat turi prieigą prie paieškos lauko ir filtrų, tinkamam duomenų filtravimui. Mygtukai skirti atlikti papildomas funkcijas, kaip laikotarpio laiko kortelių pildymas, projekto perskyrimas bei priedų ar išskaitų modifikavimas. Yra galimybė sąveikauti su papildomos informacijos (stulpelių) rodymu naudojant ratlankio ženkluką.

Vienos dienos kortelių modifikavimo langą galima matyti 5 paveiksle.

5 pav. Vienos dienos kortelių modifikacijos langas

Šaltinis: [sudaryta autoriaus](#)

Šiame paveikslėlyje galima matyti darbuotojo vienos dienos laiko kortelių modifikavimo langą. Čia naudotojas gali nurodyti projektą, laiką, darbą bei lokaciją. Turi galimybę suvesti kelias laiko korteles ir nurodyti komentarą ar nedarbo priežastį. Taip pat naudojant kryžiuoką gali ištrinti egzistuojančias laiko korteles.

Duomenų bazės projektavimas. Šioje dalyje apibendrintai aprašoma esamų šios sistemos ribose naudojamų duomenų bazės lentelių sąryšio analizė aukščiau minėtos sistemos tinkamam veikimui. Iš žemiau paminėtų duomenų bazės lentelių bus agreguojami duomenys, skirti sistemos duomenų atvaizdavimui pagal

iškeltus klientų reikalavimus.

Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos sritys susijusias duomenų bazės lenteles galima matyti 6 paveiksle.



6 pav. Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos naudojamos duomenų bazės lentelės

Šaltinis: [sudaryta](#) autoriaus

Paveiksle galima matyti, kad yra 12 lentelių, iš kurių bus tiek traukiami, tiek saugojami ar modifikuojami duomenys. Lentelių paaiškinimai:

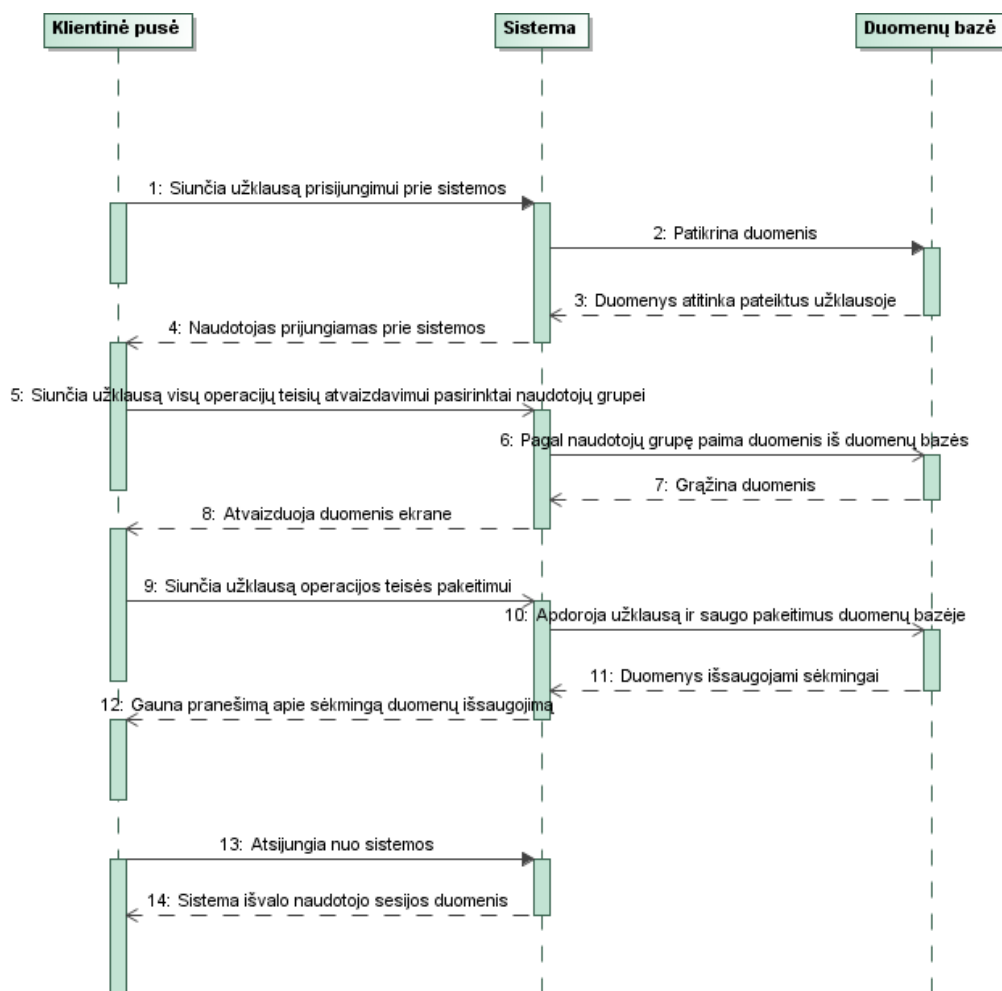
- **Projects** – projektų informacijos duomenų bazės lentelė. Laiko savyje pagrindinę informaciją, kaip projekto pavadinimą, jo aprašymą, tipą pradžios bei pabaigos datas, esamą statusą.
- **TimeCards_ReferencedObjects** – prie laiko kortelių pridėtų susiejimui objektų duomenų bazės lentelė. Laiko pagrindinę informaciją apie koks objektas yra priskirtas (ryšys į projektą arba darbdavį bei į laiko kortelę).
- **Staff_Positions** – darbuotojų pareigų informacijos duomenų bazės lentelė. Laiko savyje informaciją apie sukurtas darbuotojo pareigas, jų kompetencijas bei šių kompetencijų reitingus.
- **Project_Activities_Employee_Data** – projekto priskyrimo prie darbuotojo informacijos duomenų bazės lentelė. Laiko savyje informaciją apie projektą, darbuotoją bei jo pareigas projekte (ryšys į projektą, darbuotoją ir pareigas).
- **Business_Accounts** – partnerių (darbdavių) informacijos duomenų bazės lentelė. Laiko savyje bendrą informaciją apie darbdavį kaip jo kontaktus bei jo pavadinimą.
- **Contracts** – darbuotojų darbo sutarčių informacijos saugojimo lenta. Laiko informaciją apie darbuotojo sutarties galiojimo datas bei jos statusą (ryšys į darbuotoją).
- **Project_Assignments** – projektų priskyrimų prie darbuotojų (laikotarpių) informacijos saugojimo lenta (ryšys į darbuotojo priskyrimo prie projekto informacijos lentą).
- **TimeCards** – laiko kortelių objektų duomenų bazės lentelė. Saugo savyje pagrindinę informaciją apie laiko kortelės užpildymo dieną, valandų kiekį, jos tipą, priskyrimą prie darbuotojo bei darbus ir jų lokacijas (ryšys į darbuotoją).
- **Employees** – darbuotojo informacijos saugojimo lenta. Laiko savyje pagrindinę informaciją apie darbuotoją, vardas pavardė, kontaktinė informacija.
- **Additions_Deductions** – darbuotojo priedų ir išskaitų saugojimo lenta. Laiko savyje informaciją apie priedo ar išskaitos tipą, nuo kada iki kada jis galioja, priežastį ir sumą (ryšys į darbuotoją).
- **Staff_Operations** – personalo operacijų informacijos saugojimo lenta. Laiko savyje bendra informaciją apie personalo operacijos trukmę, prie kurios sutarties priskirta ir koks yra naudojamas žymėjimas

(Ryšys į darbo sutartį bei žymėjimą).

- **Operation_Markings** – personalo operacijų tipų ir jų informacijos saugojimo lenta. Laiko savyje operacijos žymėjimo tipą bei jo pavadinimą ir aprašą.

Numatomi sistemos veikimo algoritmai. Sekų diagramos – scenarijai, kurių pagalba galima numatyti projektuojamos sistemos veikimo principus atsižvelgiant į iškeltus galimus scenarijaus kelius bandant pasiekti norimo rezultato (Barker, 2023).

Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos sekų diagrama iš administratoriaus perspektyvos nurodyta 7 paveiksle (sukurta naudojant *MagicDraw UML*).



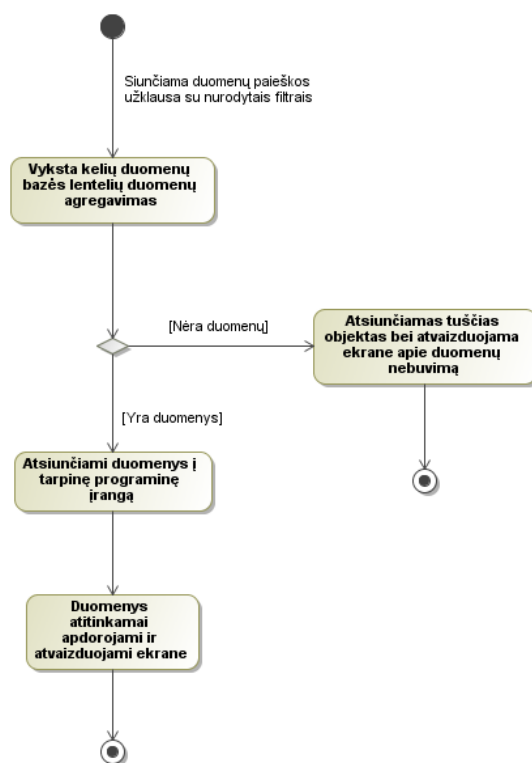
7 pav. Administratoriaus sąveikos su sistemos prieiga sekų diagrama

Šaltinis: [sudaryta](#) autoriaus

Veiklos diagramos, tradiciškai vadinamos srauto diagramomis, kurios iliustruoja darbo eigą tarp skirtingų sistemos komponentų. Tačiau šios diagramos turi galimybę išsišakoti ir apsaiko sistemos nuoseklias bei lygiagrečias veiklų sekas (Tatale ir Prakash, 2022).

Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos duomenų agregavimo veiklos diagrama nurodyta 8 paveiksle.

Diagramoje galima matyti atitinkamą veiklos seką, pateikiant sistemai duomenų paieškos užklausą, kurios metu vyksta duomenų agregavimas iš skirtingų susijusių duomenų lentelių. Nusiuntus užklausą, sistema bando agreguoti atitinkamai duomenis pagal nurodytus filtrus, jų nebuvimo atveju yra atsiunčiamas tuščias objektas ir nurodoma puslapyje, jog nėra duomenų atvaizdavimui. Duomenims esant sistemoje, jie yra atsiunčiami į tarpinę programinę įrangą, kurioje šie duomenys yra apdorojami ir vėliau siunčiami į grafinės naudotojo sąsajos aplikaciją, jų atvaizdavimui.



8 pav. Duomenų agregavimo veiklos diagrama

Šaltinis: [sudaryta](#) autoriaus

Toliau aprašoma, kokias buvo pasirinkta naudoti programas ir technologijas realizuojant šią sistemą.

Sistemos aplikacijos grafinės naudotojo sąsaja. Kuriama sistema bus integruojama į egzistuojančią dokumentų valdymo sistemą, todėl bus panaudota plataus naudojimo Google sukurta ir prižiūrima žiniatinklio programų platforma ir sistema, programavimo karkasas Angular (Dhananjay, 2019).

Sistemos bendravimas su serverine dalimi. Grafinės naudotojo sąsajos bendravimui su pagrindine sistemos serverine dalimi naudojama tarpinės programinės įrangos serviso sluoksniu, kuris yra pastatytas REST API principu, leidžiantis naudotojams gauti prieigą prie duomenų neturint tiesioginės prieigos prie duomenų bazės, bet nurodant reikalaujamą autentiškumo patvirtinimą bei siunčiant numatomą duomenų struktūrą kaip užklausą ir gauti struktūrizuotą atsakymą iš serviso (Guerrero, 2020). Sistemos reikalingų galinių taškų kūrimas bus atliekamas C# programavimo kalba naudojantis didelio našumo, palaikantį daugelį platformų atvirojo kodo programavimo karkasą ASP.NET (Sanctis, 2023).

ERP sistemos funkcionalumas. ERP sistema arba įmonės išteklių planavimo sistema yra programinė įranga skirta visų organizacijos išteklių valdymui (Gupta ir Goyal, 2020). Šios sistemos ribose bus realizuojamas naujas reikiamas funkcionalumas kuriamos sistemos tinkamam darbui bei sąveikai su duomenų baze. Ši sistema naudoja SOAP protokolą, kuris yra skirtas prieigai prie žiniatinklio paslaugos. Šis protokolą yra pagrįstas XML leidžiantis programoms keistis informacija per HTTP (Banzal, 2020). Naują funkcionalumą teikiančias operacijas bus įgyvendintos naudojantis .NET programavimo karkaso pagalba, kuris leidžia užsiimti atminties valdymu, apsauga, klaidų tvarkymu ir turintis kitas naudingas funkcijas (Metzgar, 2018). Naudojama C# programavimo kalba.

Duomenų bazė sistemos ribose. Kadangi ši sistema yra integruojama į egzistuojančią pagrindinę sistemą, jau egzistuoja bazinis funkcionalumas bei duomenų lentelės duomenų bazėje, kuris patenkina mažąją dalį iškeltų reikalavimų, todėl naujos lentelės nebus kuriamos. Bet pagal duomenų paieškos reikalavimus bus agreguojami duomenys iš kelių vėliau nurodytų lentelių. Sistema naudoja SQL reliacinę duomenų bazę, kurios pagalba sukuria atitinkamus ryšius tarp saugomų objektų (Weiss ir Haythem, 2023).

3. Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos realizacija ir testavimas

Žiniatinklio grafinės naudotojo sąsajos kūrimas. Pasitelkiant programavimo karkasą *Angular* (Madden, 2020), buvo realizuotas vienas pagrindinis ir keturi papildomi langai, kurie atvaizduoja tam tikrus svarbius klientams duomenis bei leidžia su jais sąveikauti:

- žmogiškųjų išteklių paieškos langas;
- darbuotojo dienos laiko kortelių pildymo langas;
- darbuotojo/-ų projekto perskyrimo langas;

- darbuotojo/-ų laikotarpio laiko kortelių pildymo langas;
- darbuotojo/-ų priedų išskaitų vedimas.

Projekto funkcinų reikalavimų vykdymo eigoje pirmiausia buvo sukurtas žmoniškųjų išteklių paieškos langas, kuriame atvaizduoja agreguoti duomenys susiję su darbuotojais ir jų (prie kurių yra priskirti) projektais. Norint suvesti darbuotojams darbo laiką, kurį jie praleido prie projektų, sistemos naudotojas gali tai padaryti dviem būdais. Pasirinkus vieną iš dienų, kur darbuotojas turi priskirtą projektą, ir paspaudžius ant jos, atsidaro dienos laiko kortelių pildymo langas (9 pav.).

9 pav. Dienos laiko kortelių darbuotojui pildymo langas

Šaltinis: [sudaryta](#) autoriaus

Galima įžvelgti penkias pažymėtas zonas:

1) zona atvaizduoja jau egzistuojančias ar pildomas laiko korteles. Vienos laiko kortelės objektas iš grafinės naudotojo sąsajos pusės susideda iš projekto, kuriam priklauso laikas, darbo laikas bei projekto darbas ir jo lokacija. Projektų pasirinkimo sąrašas priklauso nuo prisijungusio naudotojo priskirtų projektų, kur jis yra pažymėtas kaip projekto vadovas. Projekto darbų bei jų lokacijų galimi sąrašai priklauso nuo pačio projekto, čia veikia duomenų objektas, kuris gaunamas su aukščiau paminėtu prieigos tašku **/projectTimes/projectsWithWorkPlans**. Taip pat laiko kortelės eilutė turi X ženkluką, kurio pagalba galima ištrinti laiko korteles.

2) zonoje randasi mygtukas, kuris leidžia pridėti naujas laiko korteles pildymui (prideda naujas eilutės susidedančias iš projekto, dirbto laiko, projekto darbo ir darbo lokacijos įvedimų langelių).

3) zonos ribose gali atvaizduoti vienas iš dviejų galimų įvedimo laukų. Esant suvestų ekrane laiko kortelių darbo laiko sumai 0, vietoj pastabos atvaizduojamas priežasties sąrašas, kuriame naudotojas turi nurodyti dėl kokios priežasties darbuotojas nedirbo pasirinktą dieną.

4) zonoje randasi mygtukas atmesti, jo pagalba galima uždaryti šį langą neįvykdant jokių duomenų pokyčių.

5) zonoje randasi mygtukas patvirtinti, kurio pagalba galima vienu metu išsaugoti visus darytus laiko kortelių pakeitimus.

Šiame lange verta atsižvelgti, kad yra vykdoma validacija. Tokiu būdu užtikrinama, kad visų suvestų laiko kortelių valandų suma neviršytų 24 valandų. Taip pat nėra galimybės suvesti negatyvaus laiko. Yra būtina turėti suvedus į laiko korteles darbo laiką (bent 0) ir parinkti joms projektą. Taip pat esant darbo laiko sumai 0, yra būtina parinkti priežastį iš duodamo sąrašo.

Antras būdas yra pildyti laiko korteles darbuotojui ar darbuotojams priklausomai nuo pasirinkimo (tai gali naudotojas atlikti pažymėjęs darbuotojus spaudžiant ant keturkampių esančių kairėje ekrano pusės žr. 9 pav.) laikotarpio laiko kortelių pildymo lange 10 paveiksle.

Laiko suvedimas - Pavardė X

1) Data nuo 2024-04-01 Data iki 2024-04-30

2) Pasirinkite projektus

3) Dirbtas laikas

4) Rašyti pastabą...
Max 300 simbolių

ATMESTI

PATVIRTINTI

10 pav. Darbuotojo/-ų laikotarpio laiko kortelių pildymas

Šaltinis: [sudaryta](#) autoriaus

Galima įžvelgti keturias svarbias zonas:

1) zonoje naudotojas nurodo, koku laikotarpiu sugeneruoti darbuotojui/-ams laiko korteles. Atsidarius langą į šiuos laukus automatiškai įsistato data nuo iki, kuri atitinka pagrindinio lango atvaizduojamą laikotarpį.

2) zonoje naudotojas nurodo projektus, kuriems bus generuojamos šios laiko kortelės. Čia yra galimybė nusirodyti kelis projektus iškart. Taip pat projektai, kurie yra atvaizduojami šiame sąrašė, priklauso nuo pasirinkto darbuotojo/-ų projektų priskyrimų ir jų laikotarpių bei nurodyto laikotarpio datos laukuose šiame lange.

3) zonoje naudotojas nurodo, kokį laiką vesti į generuojamas laiko korteles.

4) zonoje pagal tai ar suvestas darbo laikas 3) zonoje yra 0 arba daugiau atsivaizduoja pastabų įvestis arba priežasties pasirinkimo sąrašas (ta pati logika kaip ir 3) zona).

Šiame lange taip pat atliekamos papildomos įvesties validacijos. Naudotojas negali suvesti laikotarpio, kurio data iki yra mažesnė nei data nuo. Taip pat naudotojas turi būtinai išsirinkti bent vieną projektą. Dirbtas laikas negali būti suvestas negatyvus bei negali viršyti 24 valandų. Ir taip pat esant nurodytam dirbtam laikui 0, turi būti nurodyta priežastis kurią naudotojas pasirenka iš teikiamo sąrašo.

Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos realizacija buvo atlikta pagal visus iškeltus pirminius kuriamos sistemos reikalavimus, kaip galima matyti aukščiau. Darbo atlikimo metu buvo susidurta su tam tikrais iššūkiais, dėl kurių reikėjo skirti daugiau laiko pagrindinės sistemos analizei, tačiau galutinis rezultatas palaikė visus iškeltus reikalavimus susietus su kuriamos sistemos integracija.

Projektų žmogiškųjų išteklių darbo laiko apskaitos sistemos testavimas. Šioje dalyje vykdomas sukurtos sistemos grafinės vartotojo sąsajos bei jos funkcijų testavimas.

Sistemos tarpinio API prieigos taškų testavimas buvo vykdomas nuo pat sistemos realizacijos pradžios, kadangi pirmiausiai reikėjo realizuoti galinę verslo logiką prieš grafinę naudotojo sąsają (Spillner ir Tilo, 2021). API testavimas reikalauja specifinių įrankių kurie palaiko testuojamo API protokolus, tokie kaip *Postman*, *RestAssured* ir kita (Jagdeep, 2022; Panagiotis, 2023). Dėl testuojamo API protokolų ir jau esama patirtimi dirbant su *Postman*, buvo pasirinktas būtent šis įrankis. Taip pat, kadangi testavimo eigoje gaunami duomenys iš prieigos taško buvo lyginami su duomenimis duomenų bazėje, buvo panaudotas *SQL Server Management Studio* įrankis, kuris leidžia kurti duomenų bazines, sąveikauti su duomenimis duomenų bazėje bei matyti pilną duomenų bazės struktūrą ir architektūrą (Petkovic, 2020).

Detalesniam grafinės naudotojo sąsajos testavimui taip pat buvo pasirinkta ištestuoti skirtingus ekranų dydžius. Šio testo pagrindas – užtikrinti tinkamą sistemos komponentų atvaizdavimą naudotojams naudojant skirtingų kraštinių santykių ekrano dydžius:

- 21:9 (originalus – 43:18) (ekrano raiška – 3440x1440);
- 16:9 (ekrano raiška – 1920x1080);
- 4:3 (ekrano raiška – 800x600).

Norint užtikrinti iškeltų klientų reikalavimų išpildymą, grafinės naudotojo sąsajos realizacijos pabaigoje buvo testuojamas sistemos serverinės dalies veikimas, bei tuo pačiu ir grafinės naudotojo sąsajos darbas su duomenų atvaizdavimu ar funkcionalumo vykdymu.

Viena iš svarbiausių vietų, į kurią reikėjo atkreipti dėmesį realizuojant šią sistemą, tai darbuotojų laiko

kortelių tarifų apskaičiavimas pagal esančius išsaugotus tarifus prie pačio projekto ar darbuotojo. Šių tarifų tinkamas užsidėjimas atkreipiant dėmesį į tam tikras sąlygas yra svarbus, kadangi pagal juos yra apskaičiuojami darbuotojų užmokesčiai.

Išvados

1. Buvo sukurtas įmonės raiškusis paveikslėlis, kurio pagalba iškeliami pirminiai abstraktūs kuriamos sistemos kriterijai. Pasinaudojus šiais kriterijais buvo ieškoma panašių sistemų rinkoje ir vykdomas jų palyginimas, ko pasėkoje buvo pagrįstas šios sistemos kūrimo reikalingumas.

2. Projektavimo metu buvo sukurta panaudojimų atvejų diagrama, kurios pagalba buvo iškelti 12 sistemos panaudojimo atvejų. Remiantis šiais panaudojimo atvejais buvo sukurti 11 funkciniai reikalavimai, kurie nustatė sistemos pagrindinius reikalavimus teikiamam funkcionalumui bei paslaugų kokybei. Atlikus projektų srities duomenų bazės analizę, buvo nubraižyta esama duomenų bazės schema su objektais, kurie naudojami sistemoje.

3. Pasitelkus sistemos projektavimo dalies vizijomis buvo sukurtas 1 pagrindinis žmogiškųjų išteklių paieškos langas bei 4 papildomi langai. Taip pat realizuotas serverinės dalies funkcionalumas, palaikantis naujus operacijų tipus.

4. Atlikus sukurto sistemos testavimą buvo šalinamos verslo logikos klaidos, kurios neatitiko iškeltiems klientų poreikiams, taip pat buvo užtikrinamas pagrindinės sistemos komponentų darbas dėl integracijos.

Šis straipsnis prisideda prie Klaipėdos valstybinėje kolegijoje vykdomo taikomojo mokslinio tyrimo „Dalykinės srities domeno turinio atnaujinimo valdymo informacinių sąveikų pagrindu modelis“ (MTEP prioritetas (-ai): Informacinės ir ryšių technologijos; MTEP tematika (-os): Procesų ir sistemų modeliavimas, TMV-240).

Literatūra

1. Banzal, S., 2020. *XML Basics*. Mercury Learning.
2. Bell, S., ir Morse, S., 2013. *How People Use Rich Pictures to Help Them Think and Act*. Systemic Practice & Action Research, 26(4), 331–348. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s11213-012-9236-x>.
3. Depoo, L., ir Hermida, A., 2024. *The Role and Factors Impacting Virtual Human Resource Management Capacity to Build Remote Teams' Effectiveness and Retention*. Serbian Journal of Management, 19(1), 187–205. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.5937/sjm19-46329>.
4. Dhananjay, K., 2019. *Angular Essentials*. The Essential Guide to Learn Angular. BPB Publications.
5. Guerrero, S., 2020. *Microservices in SAP HANA XSA*. A Guide to REST APIs Using Node.js. Apress.
6. Gupta, P. C., ir Goyal, K. K., 2020. *Computer Concepts and Management Information Systems*. Mercury Learning.
7. Jagdeep, J., 2022. *Learn API Testing: Norms, Practices, and Guidelines for Building Effective Test Automation*. Apress.
8. Yaseen, M., Mustapha, A., Shah, M. A., ir Ibrahim, N., 2023. *A hybrid technique using minimal spanning tree and analytic hierarchical process to prioritize functional requirements for parallel software development*. Requirements Engineering, 28(3), 347–376. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s00766-023-00397-9>.
9. Madden, N., 2020. *API Security in Action*. Manning Publications.
10. Metzgar, D., 2018. *.NET Core in Action*. Manning Publications.
11. Oquendo, F., Leite, J., ir Batista, T., 2016. *Software Architecture in Action: Designing and Executing Architectural Models with SysADL Grounded on the OMG SysML Standard*. Springer International Publishing.
12. Panagiotis, L., 2023. *Introduction to software testing: a practical guide to testing, design, automation and execution*. Apress.
13. Petkovic, D., 2020. *Microsoft SQL Server 2019: A Beginner's Guide*, Seventh Edition. Oracle Press.
14. Rahman, K., Ghani, A., Rahman, A. U., ir Misra, S., 2024. *A deep learning framework for non-functional requirement classification*. Scientific Reports, 14(1), 1–18. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52802-0>.
15. Sanctis, D. V., 2023. *Building Web APIs with ASP.NET Core*. Manning Publications.
16. Schneider, G., ir Winters, J., 2001. *Applying Use Cases: A Practical Guide*. Pearson Education.
17. Spillner, A., ir Tilo, L., 2021. *Software Testing Foundations*, 5th Editions: A Study Guide for the Certified Tester Exam. Rocky Nook.
18. Tatale, S., ir Prakash, V. C., 2022. *Automatic Generation and Optimization of Combinatorial Test Cases from UML Activity Diagram Using Particle Swarm Optimization*. Ingénierie Des Systèmes d'Information, 27(1), 49–59. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.18280/isi.270106>.
19. Weiss, A. K., ir Haythem, B., 2023. *Job Ready SQL*. John Wiley & Sons.

PROJECT HUMAN RESOURCES TIME ACCOUNTING SYSTEM

Summary

The company provides cumbersome tools to maintain time accounting for project human resources. The aim is to speed up the process of maintaining time and attendance and to reduce the knowledge requirements for working with the system, taking into account the requirements of the customers. According to the requirements, there are no such systems on the market, so a new system will be developed which will be integrated into an existing suite of applications and will allow the user to easily view aggregated information relating employees (human resources), maintain time accounting, manage project assignments and fill in employee bonuses or deductions. Implemented project human resources time accounting system that allows human resources managers to easily and quickly maintains time accounting, manage staff project assignments, fill in bonuses or deductions and view conveniently aggregated information.

Keywords: human resource, project, enterprise resource planning, website.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jurij Tekutov.

Mokslo laipsnis ir vardas: dr. docentas

Darbo vietą ir poziciją: Klaipėdos valstybinė kolegija, Klaipėdos universitetas Lietuvos verslo kolegija

Autoriaus mokslinių interesų sritys: programavimas, sistemų teorijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 685 87735, j.tekutov@kvk.lt

ISSN 2029-9303
ISSN 2783-6215

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2025 Nr. 1

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**
Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Tiražas 70 egz. 89 psl. Parengimo spaudai data 2025-06-30 Išleido
Lietuvos inžinerijos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas

www.lik.tech
El.p. info@lik.tech