

TECHNOLOGIJOS IR MENAS

TECHNOLOGY AND ART

2020 / 11

TYRIMAI IR AKTUALIJOS
RESEARCH AND TOPICALITIES



VILNIAUS TECHNOLOGIJŲ IR DIZAINO KOLEGIJA

VILNIUS COLLEGE OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

VILNIUS 2020

ŽURNALO „TECHNOLOGIJOS IR MENAS. TYRIMAI IR AKTUALIJOS“ REDKOLEGIJOS NARIŲ SĄRAŠAS

VYRIAUSIOJI REDAKTORĖ

Doc. Dr. Asta Anikėnienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija / Vilnius College of Technologies and Design (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

ATSAKINGAS SEKRETORIUS

Doc. Dr. Marija Vaičienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija / Vilnius College of Technologies and Design (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

REDAKTORIŲ KOLEGIJA / EDITORIAL BOARD:

Prof. Habil. Dr. Jozsef GAL

Šegedo universitetas / University of Szeged, Hungary (HUN)
Socialiniai mokslai / Social Sciences

Prof. Habil. Dr. Máté Zöldy

Budapešto technologijos ir ekonomikos universitetas / Budapest University of Technology and Economics, Hungary (HUN)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Prof. Habil. Dr. Sławomir Wierbicki

Warmia ir Mazury universitetas Olštine / University of Warmia and Mazury in Olsztyn, (POL)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Prof. Habil. Dr. Vytautas Bučinskas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas / Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH) (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Doc. Dr. Donatas Rekus

Kauno Technologijos universitetas / Kaunas University of Technology (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Prof. Habil. Dr. Šarūnas Paulikas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas / Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH) (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Dr. Aušra Stankiuvienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas / Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH) (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Doc. Dr. Alfredas Rimkus

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija / Vilnius College of Technologies and Design (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Dr. Mindaugas Grigonis

UAB „Kiwa Inspecta“ Sertifikavimo ekspertas / JSC „Kiwa Inspecta“ Certification expert (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Doc. Dr. Aurelijus Pitrėnas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija / Vilnius College of Technologies and Design (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Doc. Dr. Ela Jarmolajeva

Vilniaus Gedimino technikos universitetas / Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH) (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Dr. Andrius Buska

UAB „ROCKWOOL“ techninis vadovas / JSC „ROCKWOOL“ Technical head (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Dr. Vytenis Surblis

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija / Vilnius College of Technologies and Design (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

Doc. Dr. Saugirdas Pukalskas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas / Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH) (LTU)
Technologijos mokslai / Technological Sciences

TURINYS

<i>Aušra Špuraitė, Rolandas Vitkūnas</i> Kelionės laiko vertės ir statistinės gyvybės vertės apskaičiavimas transporto projektų sąnaudų naudos analizėje.....	4
<i>Iveta Stanevičiūtė</i> Kelių saugumo audito procedūros Lietuvoje praktikos apžvalga	11
<i>Janina Labutytė</i> Geležinkelio veiklos organizavimo, esant keletui vežėjų, analizė.....	17
<i>Janina Labutytė, Irina Briuchoveckaja</i> Lietuvos geležinkelių transporto sektoriaus liberalizacijos analizė.....	23
<i>Jurgita Ginavičienė, Vanda Lukočienė, Indrė Sprogytė</i> Importo svarba tarptautinėje prekyboje	29
<i>Saulius Stravinskas, Donatas Kriaučiūnas</i> Slėginio uždegimo variklių, veikiančių dyzelinu ir biodujomis, degimo proceso ir ekologinių rodiklių apžvalga.....	36
<i>Aleksandra Minajeva, Algirdas Jasinskas</i> Pašarinių pupų atliekų panaudojimas biokuro gamybai.....	40
<i>Asta Anikėnienė, Natalija Augūnienė, Renata Bagdžiūnaitė</i> Apleistų žemės ūkio paskirties žemių nustatymas.....	48
<i>Donatas Pilipuitis, Vytenis Surblys</i> Galimybės nustatyti kelio paviršių naudojant išmanaus telefono jutiklius apžvalga	53
<i>Alfredas Rimkus, Donatas Kriaučiūnas, Jonas Matijošius, Eldin Hušič</i> Dyzelinių automobilių dūmingumo ir kietųjų dalelių emisijų eksperimentinis tyrimas.....	57
<i>Roma Rinkevičienė, Bronė Mitkienė</i> Modeling of fuzzy logic controlled tracking system with six-phase induction motor.....	62
<i>Donatas Kriaučiūnas, Saulius Stravinskas</i> Uždegimo paskubos kampo įtaka kibirkštinio uždegimo variklio,veikiančio biodujomis, energetiniams ir ekologiniams parametrams	70
<i>Audrius Matulis, Alfredas Rimkus</i> Variklio įsiurbiamo oro savybių pokyčio tyrimas keičiant tarpinio oro aušinimo intensyvumą	74
<i>Jurijus Tretjakovas</i> Veleno su griovelio skerspjūvio geometriniai parametrai	79
<i>Audrius Čereška, Jelena Selivonec</i> Varžtinio junginio su specialios konstrukcijos veržle modeliavimas	83
<i>Donatas Lukšys</i> Eisenos analizė naudojant inercinius jutiklius.....	88
<i>Airida Tylienė</i> Vilniaus miesto gynybinės sienos dalių ir jos liekanų vertingųjų architektūros savybių ir mūro analizė	91
<i>Ramunė Čekuolytė</i> Meninio profilio studentų patiriamos patyčios akademinėje erdvėje.....	99
<i>Vaiva Mickevičienė</i> Naujų ekonomikos koncepcijų iššūkiai Europoje.....	105
<i>Jelena Mamčenko, Inga Piščikienė, Jūratė Romeikienė, Brigita Štustickienė</i> Kibernetinio saugumo socialiniai aspektai aukštųjų mokyklų akademinės bendruomenės akimis.....	115
<i>Daiva Makutėnienė, Edgaras Timinskas, Olga Ovtšarenko</i> Mokymo proceso skaitmenizavimas statybos specialybių studentams	120
<i>Remigijus Klišauskas, Dalius Mažeika</i> Suklastotų žiniatinklio svetainių identifikavimas taikant mašininio mokymo metodus	127

KELIONĖS LAIKO VERTĖS IR STATISTINĖS GYVYBĖS VERTĖS APSKAIČIAVIMAS TRANSPORTO PROJEKTŲ SĄNAUDŲ NAUDOS ANALIZĖJE

Aušra Špuraitė, Rolandas Vitkūnas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama investicinių projektų, kaip viešųjų iniciatyvų, įgyvendinimo ekonominis aspektas. Apžvelgiama sąnaudų naudos analizės (SNA) esmė, nauda, metodai. Atskiras dėmesys skiriamas SNA etapams ir plačiau nagrinėjama kelionės laiko vertės bei statistinės gyvybės vertės problematika. Remiantis oficialių institucijų rekomendacijomis ir mokslinėje literatūroje pateiktais metodais, buvo surinkti ir apibendrinti šalyje skelbiami statistiniai makroekonominiai bei darbo rodikliai ir apskaičiuotos keleivių laiko vertės bei statistinės gyvybės vertės rodikliai Lietuvos sąlygomis.

Reikšminiai žodžiai: investicinių projektų įgyvendinimas, sąnaudų naudos analizė (SNA), kelionės laiko vertė, statistinės gyvybės vertė.

Įvadas

ES lygmeniu įgyvendinama Europos pažangaus, tvaraus ir integracinio augimo strategija Europa 2020 (toliau Europa 2020) yra pagrįsta trimis vienas kitą papildančiais prioritetais:

- **Pažangus augimas** – tai žiniomis ir naujovėmis pagrįstos ekonomikos plėtojimas;
- **Tvarus augimas** skatina veiksmingiau naudojamą išteklius, ekologiškesnę ir konkurencingesnę ekonomiką;
- **Integracinis augimas** puoselėja aukštą užimtumo lygį ir užtikrina socialinę bei teritorinę sanglaudą.

Minėta strategija atskleidė ilgalaikę socialinės ekonomikos viziją ir užtikrino, kad šalis narės eitų tvaraus augimo keliu gerovės ir socialinės pažangos link. Svarbiausias vaidmuo teko Sanglaudos politikai, nes ji reikšmingai prisidėjo prie visų trijų strategijos prioritetų- pažangaus, tvaraus ir integracinio augimo įgyvendinimo. Efektyvus investicijų į šalies sektorius, tame tarpe transporto sistemą, planavimas, organizavimas, įgyvendinimas ir stebėseną tapo kertine priemone siekiant užsibrėžtų Europos augimo tikslų (Europa 2020).

1 lentelė atskleidžia kaip tam tikri šalies ūkio sektoriai yra susiję su „Europa 2020“ prioritetais, įgyvendinimo iniciatyvomis ir tikslais.

Kaip parodyta 1 lentelėje, šalies transporto sektorius dalyvauja siekiant antrojo prioriteto – **Tvarus augimas** iniciatyvos **Efektiviai išteklius naudojanti Europa** užimtumo didinimo, inovacijų įgyvendinimo ir aplinkos tausojimo tikslų.

Kaip efektyviai siekti tikslų naudojantis ekonomiais metodais, nurodo Europos Komisija patvirtintose Investicinių projektų Sąnaudų naudos analizės gairėse (2015).

Atsižvelgiant į tai, investiciniai projektai, ypač didelės apimties, atlieka pagrindinį vaidmenį, o jų išankstinė finansinė bei ekonominė analizė turėtų

būti vertinama kaip aukštesnio lygmens planavimo, kuriuo siekiama nustatyti konkretaus projekto indėlį, siekiant strategijos Europa 2020 tikslų, dalis. Savaiame suprantama, kad šis procesas turi atitikti ES teisės aktų reikalavimus (pvz., sąnaudų naudos analizės metodų taikymo, viešųjų pirkimų, konkurencijos ir valstybės pagalbos) ir atskirų sektorių politiką.

„Investiciniams projektams pagrįsti ir stebėti naudojama Sąnaudų naudos analizė (SNA) yra plačiai taikomas ekonominės analizės metodas, leidžiantis įvertinti tam tikros viešosios iniciatyvos tiesiogines ir netiesiogines ekonomines sąnaudas bei naudą“ teigiama Finansų ministerijos rekomenduojamose Socialinių sąnaudų- naudos analizės metodinės gairėse (toliau- FM gairės). Šios sąnaudos ir nauda išreiškiami pinigine išraiška. Tokiu būdu galima įvertinti grynąją investicijos naudą, palyginti tarpusavyje skirtingas alternatyvas. Sąnaudų naudos analizė atliekama, kai numatomos intervencijos pasekmės yra platesnės nei tik finansinės pasekmės ją įgyvendinančiai organizacijai (FM gairės). Sąnaudų naudos analizės tikslas – nustatyti, ar investicija reikalinga, ar ji prisidės prie visuomenės gerovės. Sąnaudų-naudos analizė naudinga ir tuo, kad suteikia vieningą metodinį pagrindą sprendimo poveikiui įvairiais aspektais vertinti.

Sąnaudų ir naudos analizė (SNA) pasižymi tuo, kad šalia finansinės grąžos kartu siekiama įvertinti ir svarbiausius ekonominio-socialinio poveikio kiekybinius ir kokybinius aspektus ir priskirti tokiems aspektams piniginę reikšmę. Piniginės reikšmės priskyrimui sąnaudų ir naudos analizėje yra taikomi įvairūs metodai, tokie kaip pasiryžimas sumokėti (angl. *willingness-to-pay*, *WTP*) ar ilgojo laikotarpio ribinės sąnaudos (angl. *long-run marginal cost*, *LRMC*) (FM gairės, 2011).

Sąnaudų-naudos analizė leidžia pamatuotai įvertinti kaip iniciatyva paveiks vartojimą, sveikatą, saugumą, laisvalaikio trukmę ir pan. – dalykus, nuo kurių priklauso žmonių gerovė (Kuodis, R. 2009).

Straipsnyje bus koncentruojamasi ties nepiniginė-

1 lentelė. Europos prioritetų/ iniciatyvų ir tikslų bei šalies ūkio sektorių, į kuriuos investuojama, matrica

Europa 2020 prioritetai	Europa 2020 pavyzdinės iniciatyvos	Sektorius	Europa 2020 tikslai				
			Užimtumai	Inovacijos	Klimato kaita	Lavinimais	Skurdas
Pažangus augimas	Inovacijų sąjunga	Tyrimai, technologijų plėtra ir inovacijos	x	x	x		
	Judus jaunimas	Švietimas	x			x	
	Europos skaitmeninė darbotvarkė	Informacinės technologijos	x	x			
Tvarus augimas	Efektyviai išteklius naudojanti Europa	Aplinkosauga Transportas Energetika	x	x	x		
	Europos pramonės politika	Verslas Pramonė	x	x	x		
Integracinis augimas	Naujų gebėjimų ir darbo vietų kūrimo darbotvarkė	Kultūra Vaikų priežiūra	x			x	
	Europos kovos su skurdu platforma	Sveikata Gyvenimo sąlygos					x

Šaltinis: European Commission (2015). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020.

mis projektų sąnaudomis ar nauda, svarbu paminėti, kad tokias sąnaudas būtina įtraukti, jei jos gali būti patikimai išmatuotos ir atsakyti šio žingsnio, jei nėra galimybės patikimai įvardinti ir išmatuoti tam tikrą projektą charakterizuojančių rodiklių.

Darbo tikslas- remiantis institucijų, reglamentuojančių investicinių projektų sąnaudų naudos analizės mechanizmą bei Lietuvos faktiniais statistiniais duomenimis apskaičiuoti aktualius keleivių laiko vertės (EUR/ 1 kel.val.) ir statistinės gyvybės vertės (SGV) dydžius.

Uždaviniai:

1. Išnagrinėti transporto investicinių projektų ekonominėje analizėje dažniausiai pasitaikančius nepiniginių atvejus.
2. Atlikti viešai skelbiamų šalies statistinių makroekonominių bei darbo rodiklių analizę ir apskaičiuoti kelionių laiko vertės dydžius.
3. Apskaičiuoti statistinės gyvybės vertės rodiklį ir išanalizuoti šio rodiklio taikymo aspektus.
4. Pateikti apibendrintas išvadas.

1. Piniginių ir nepiniginių sąnaudų atvejai bei vertinimas

Kaip jau buvo paminėta, ekonominės sąnaudos yra skirstomos į pinigines ir nepinigas sąnaudų grupes. Piniginės kiekybinės sąnaudos savo ruožtu skirstomos į fiksuotas, kintamas ir sąlyginai kintamas, o nepiniginės gali būti kiekybinės- pvz. vartotojų pretenzijų skaičius, eismo nelaimių keliuose skaičius ir kokybinės- išaugusi transporto darbuotojų profesinė kompetencija.

Nagrinėjant sprendimo alternatyvas prognozuojamas numatomas pokytis, kiek įmanoma išreikštas fiziniiais vienetais: pavyzdžiui, nurodoma, kiek bus išgelbėta gyvybių, kiek sutaupyta žmonių laiko, sumažintas avarių skaičius ar aplinkos užterštumas.

Sprendimo sąnaudos ir nauda skaičiuojamos naudojantis realiomis rinkos kainomis. Tačiau praktikoje vertinant projektus susiduriama su situacija, kuomet rinkos kainą nustatyti nėra galimybių. Kokie tai atvejai?

2 lentelėje apžvelgiami sąnaudų ar naudos vertinimo pinigine išraiška, kai nėra rinkos kainos, pavyzdžiai.

2. Transporto projektų sąnaudų (naudos) apskaičiavimas

Pateiktoje 3 lentelėje išvardinti galimi transporto projektų palankūs ir nepalankūs veiksniai bei jų nustatymo metodai.

Toliau kiek plačiau bus nagrinėjama kelionės laiko sutaupymo bei nelaimingų atsitikimų sąnaudų mažinimo, įskaitant gyvybės išsaugojimą, problematika.

3. Laiko vertės apskaičiavimo transporte kriterijai

Kelionės arba gabenimo trukmės sutrumpinimas yra viena reikšmingiausių naudų, kurių siekiama tiek kuriant iš esmės naują infrastruktūrą, tiek atnaujinant jos atskiras dalis.

Atliekant SNA, naudotini įvairūs metodai, įgalinantys nustatyti keleivių laiko, praleidžiamą skirtingos paskirties kelionėse, trukmę. Kalbama apie darbo ir laisvalaikio keliones (įskaitant keliones į darbą ir atgal). Kaip efektyviai nustatyti šių rūšių kelionių laiko trukmę?

Pirmasis metodas – atlikti konkrečius empirinius tyrimus ir (arba) apklausas konkrečiame regione ar vietovėje, kad būtų galima įvertinti darbo ir laisvalaikio kelionių trukmę.

2 lentelė. Sąnaudų vertinimo, kai nėra rinkos kainos, metodai

Metodai	Turinys
Laiko vertė	Praktikoje dažniausiai daroma prielaida, kad žmogaus darbo užmokestis yra jo laiko įvertinimo pinigais matas. Ekonominiuose modeliuose žmogus renkasi tarp darbo ir laisvalaikio trukmių: ar atsisakyti valandos laisvalaikio ir padidinti vartojimą (t. y. gauti daugiau vartojimo prekių) kiekiu, lygiu jo valandos darbo užmokesčiui, ar sumažinti darbą (padidinti laisvalaikį) valanda ir sumažinti vartojimą (t. y. gauti mažiau vartojimo prekių) kiekiu, lygiu jo valandos darbo užmokesčiui. Todėl siekiant įvertinti laiko ekonomiją dėl, pavyzdžiui, pagerėjusios transporto sistemos, galima remtis darbo užmokesčiu žmonių, kurie naudojami šia transporto sistema.
Gyvybės vertė	Siekiant įvertinti sprendimus, kurie turi įtakos mirties tikimybei (pvz., transporto, viešosios tvarkos ir sveikatos apsaugos srityje), gali būti taikomi du pagrindiniai metodai. Konstruktivinis būdas – jį taikant vertinama, ką žmogus būtų uždirbęs, jeigu jis liktų gyvas (iki jo „normalaus“ mirties amžiaus). Tai daroma ekstrapoliuojant jo užimtumo istoriją, palyginant ją su kitų žmonių panašiose pareigose pajamų istorija. Šis vertinimo būdas turi trūkumą – neišskiria gyvenimo trukmės ir su tuo susijusio buvimo gyvu. Dėl šios priežasties pagal šį metodą po išėjimo į pensiją žmogaus gyvenimas turi nulinę vertę, nes nėra pajamų nuostolio. Atskleisto prioriteto metodas – šiuo metodu gyvybės vertė apskaičiuojama nagrinėjant, kiek asmeniui reikia papildomų pajamų, kad būtų kompensuotas mirties tikimybės padidėjimas. Šias pajamas atspindi rinkos darbo užmokestis už rizikingesnes darbo vietas.
Gamtinių išteklių vertė	Vienas iš metodų, taikomų vertinant viešosios iniciatyvos poveikį aplinkai, yra vertės įkainojimo metodas (angl. <i>contingent valuation</i>). Tai apklausa pagrįstas metodas, skirtas gėrybių, kuriomis neprekiaujama rinkoje, vertei nustatyti. Apklauso ar interviu metu siekiama išsiaiškinti respondento nusiteikimą mokėti už viešąją gėrybę, t. y. kiek individas yra linkęs sumokėti už teigiamus kiekybinius ir kokybinius gamtinių išteklių pokyčius.

Šaltinis: R. Kuodis. „Lietuvai siūlytinas kaštų – naudos analizės modelis“

Antrasis metodas – apskaičiuoti laiko vertę naudojant sąnaudų sutaupymo opciją, darant prielaidą, kad darbdaviai sutaupyta kelionėms laiką galėtų panaudoti alternatyviu būdu – gaminti produkciją ar teikti sukurtas paslaugas. Analizė gali būti atliekama tokia tvarka:

- naudojami šalies statistikos institucijos sugeneruoti vidutiniai šalies ar pasirinkto segmento atlyginimai bruto;
- prie aukščiau minėto darbo užmokesčio dydžio pridėdami ir kiti darbdavio į darbo vietos sąnaudas įskaičiuojami personalo sąnaudų elementai – atskaitymai į pensijų fondus, socialinio draudimo išmokos ir kitos galimos priemokos.

Kalbant apie laisvalaikio keliones, svarbu įvertinti tai, kad šiuo atveju sutaupyto laiko ekonominė vertė nustatoma palyginant laisvalaikio kelionių ir laisvalaikio kaip tokio ribines vertes. Nėra teorinių prielaidų laisvalaikio kelionės vertę nustatyti tiesiogiai pagal vidutinio darbo užmokesčio dydį.

Europos Komisijos patvirtintose sąnaudų naudų analizės gairėse teigiama, kad nedarbo laikas gali būti laikomas su darbu susijusios vertės dalimi. Ekspertai apskaičiavo, kad skirtingose šalyse ši dalis sudaro nuo 25 iki 40 procentų darbo laiko. Europos investicijų banko (EIB) paskelbtame EIB investicinių projektų vertinime ir London Economics (2013) parengtame Maltos SNA rengimo vadove, taip pat HEATCO studijoje randamas panašus darbo laiko ir ne darbo laiko verčių santykis – nuo 30 iki 42 procentų.

Skaičiuojant kelionių laiko vertę taip pat svarbu vertinti ir kitus veiksnius – darbo rinkos situaciją – koku lygiu oficialiai skelbiamą darbo užmokesį galima prilyginti vieno darbuotojo sukuriama pridėtinei vertei, nes čia svarbūs tokie rodikliai kaip nedarbo lygis ar šešėlinės darbo rinkos sukuriama vertė.

Taip pat pramonės sektoriuje svarbu įvertinti, kad skirtingų profesijų darbuotojai kuria skirtingą pridėtinę vertę, todėl idealu būtų analizėje taikyti papildomą

3 lentelė. Tipiniai transporto projektų naudų (sąnaudų) pavyzdžiai

Efektas	Vertės nustatymo metodai
Kelionės laiko sutaupymas	pareikšto prioriteto; atskleisto prioriteto; požiūris į sąnaudų ekonomiją.
Riedmenų eksploatavimo sąnaudų sutaupymas	rinkos vertės
Operatorių sąnaudų sutaupymas	rinkos vertė
Nelaimingų atsitikimų sąnaudų mažinimas	pareikšto prioriteto; atskleisto prioriteto; požiūris į žmogiškąjį kapitalą
Triukšmo sumažinimo efektas	hedonistinės kainos pasiryžimas priimti/pasiryžimas mokėti
Oro taršos mažinimo efektas	šešėlinė oro teršalų kaina
Šiltnamio efekto sumažinimas	šešėlinė šiltnamio efektą sukeliančių dujų kaina.

Šaltinis: European Commission (2015). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic*

duomenų išskaidymą pagal aktualius segmentus.

Analizei svarbi transporto moda, nes laiko vertė gali būti susijusi su transporto rūšimi. Įrodyta, kad keliaujančiųjų viešuoju transportu vidutinė laiko vertė yra žemesnė nei keliaujančių lengvaisiais automobiliais. Mažesnes pajamas gaunantys asmenys naudojami lėtesniu ir pigesniu transportu nei labiau pasiturintys asmenys (oro transporto, greitųjų traukinių keleiviai). Todėl yra prasmės laiko vertės analizę diferencijuoti pagal pajamų dydžio intervalus.

Šalia jau paminėtų yra vertinami ir tokie veiksniai kaip ėjimo pėsčiomis ir laukimo laikas, kelionės atstumas, kelionės sąlygos kaip kad komfortas ar keliautojo gebėjimas pasinaudoti kelionės teikiama pranašumais. Čia paminėtinas geležinkelių ir oro, kaip transporto rūšių, privalumas sudaryti sąlygas kelionės metu

dirbti. Visi aukščiau paminėti veiksniai vienaip ar kitaip turi įtakos kelionės laiko vertei.

3.1. Keleivių laiko vertės apskaičiavimas Lietuvos sąlygomis

Kelionių laiko trukmės taupymo efektui apskaičiuoti remiamasi Statistikos departamento Oficialiosios statistikos portale skelbiama Gyventojų ir socialinės srities statistika. Pateiktoje 4 lentelėje apibendrinti aktualūs metiniai gyventojų skaičiaus ir darbo rodikliai. Analizei pasirinkti 2016 metai, nes tik šiais metais buvo atliekamas atrankinis tam tikros dalies darbo rodiklių apskaičiavimas (pvz. metinių darbo sąnaudų) (Statistikos departamento oficialios statistikos portalas).

Kaip galima pastebėti iš pateiktų duomenų, atliekant SNA ir stengiantis apskaičiuoti kelionės laiką, remiantis bruto darbo atlyginimu, kuris sudaro reikšmingą darbo sąnaudų dalį, verta apžvelgti darbo sąnaudų svorį šalies bendrojo vidaus produkto (BVP) struktūroje ir šio ekonominio rodiklio reikšmę ekonomikai.

Jakutis, A. (2016) teigia, kad bendrasis vidaus produktas yra apskaičiuojamas remiantis trimis galimais metodais- taikant gamybos, išlaidų ir pajamų būdus. BVP, kaip pajamų suma, apskaičiuojamas sudedant visas pajamas, kurias gauna visų gamybos veiksnių savininkai už savo paslaugas, ir pridendant ilgalaikio turto nusidėvėjimo sąnaudas bei netiesioginius verslo mokesčius. Pajamos susideda iš keturių pagrindinių elementų: atlyginimų (darbo sąnaudų), nuomos mokesčių, palūkanų ir pelno. Atlyginimai- stambiausia pajamų grupė. 4 lentelės duomenys rodo, kad 2016 metais atlyginimai BVP, apskaičiuoto pajamų meto-

du, struktūroje sudarė 43,8 proc. Remiantis 2019 metų statistikos departamento informacija, darbo sąnaudų suma išaugo 32,6 proc. ir sudarė 22566,4 mln eurų arba 46,2 proc. BVP vertės. Taigi darbo sąnaudos yra pakankamai svarus rodiklis, naudotinas nustatant laiko vertės rodiklio reikšmę.

4 lentelės duomenys rodo, kad vidutinės 1 darbuotojo valandos darbo sąnaudos 2016 metais sudarė **7,22 euro** ir, jei ekspertiniu būdu šį dydį pakoreguoti naudojant 2019 metų BVP, darbo sąnaudų bei užimtųjų gyventojų (rodiklis nuo 1361,4 tūkst. gyventojų augo iki 1378,4 tūkst. arba 1,2 proc., BVP to meto kainomis didėjo 32,6 proc.) statistinius duomenis, būtų gautas **9,46 EUR/val.** rodiklis. Svarbu atkreipti dėmesį, kad investicinių projektų SNA prielaidose labai svarbu apibrėžti ne tik paties darbo sąnaudų rodiklio naudojimą, bet ir kitus su tuo susijusius veiksnius – šalies regioną, veiklos segmentą, gyventojų grupes pagal darbo užmokesčio dydį, profesijas. Kaip galime matyti iš 4 lentelės duomenų, vidutinių sąnaudų rodiklis ženkliai svyruoja pagal apskritis – nuo 6 EUR/val. Mažeikių apskrityje iki 8,2 EUR/val. sostinės regione. Statistikos departamento 2018 kas 4 metus vykdomo darbo užmokesčio tyrimas pagal profesijas rodo, kad 2018 metais šalies vidutinis valandinis bruto darbo užmokestis sudarė 5,17 EUR/val., tuo tarpu pirmo decilio žemiausias atlyginimas buvo 2,39 EUR/val., paskutinio decilio – 8,63 EUR/val. Šie faktai dar kartą patvirtina, kad tiriamosios grupės segmentavimas yra būtinas.

Kalbant apie laisvalaikio (ne darbo) keliones, jų valandos vertę galima būtų apskaičiuoti taikant Europos komisijos patvirtintų Investicinių projektų sąnaudų naudos analizės gairių rekomendacijas- naudoti 30-42 proc. darbo sąnaudų vertės proporciją. Pasirinkus

4 lentelė. Šalies 2016 metų gyventojų skaičiaus, darbo ir BVP rodiklių pagal regionus suvestinė*

Regionas	Gyventojų skaičius, tūkst.	Užimtųjų skaičius, tūkst.	Dalis šalies BVP, proc.	Sukurta BVP, mln. eur	Metinės darbo sąnaudos, tūkst. eur/1 darb.	Metinės darbo sąnaudos, mln. eurų	Dalis nuo sukurto BVP, proc.	Valandos darbo sąnaudos eur/1 gyv. *
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Sostinės	805,4	416,7	40,7	15 828,0	14,2	5 896,3	37,3	8,2
Alytaus	145,1	65,9	3,1	1 205,6	10,6	698,5	57,9	6,1
Kauno	577,4	274,7	20,3	7 894,6	12,2	3 351,3	42,4	7,03
Klaipėdos	324,6	155,0	11,4	4 433,4	12,4	1 922,0	43,3	7,2
Mažeikių	149,1	59,4	3,0	1 166,7	10,4	617,8	52,9	6,0
Panevėžio	231,0	102,3	5,9	2 294,5	11,0	1 125,3	49,0	6,34
Šiaulių	276,3	121,1	7,2	2 800,1	11,1	1 344,2	48,0	6,4
Tauragės	101,2	46,1	1,9	738,9	10,2	470,2	63,6	5,9
Telšių	141,3	62,9	3,4	1 322,2	11,1	698,2	52,8	6,4
Utenos	137,2	57,4	2,9	1 127,8	10,7	614,18	54,4	6,2
Iš viso Lietuva	2 888,6	1 361,4	100	38 889,9	12,5	17 048,8	43,8	7,22

* Statistikos departamento duomenys bei autorių ekspertiniai skaičiavimai

**į valandos darbo sąnaudas įskaičiuojamas darbo užmokestis bruto, darbo užmokestis už nedirbtą, bet apmokėtą laiką, taip pat darbdavio sumokėta socialinio draudimo išmokų suma.

5 lentelė. Laiko vertės, remiantis 2019 metų darbo rodiklių statistika, skaičiuotė

Darbo valandos per mėnesį, val.	167
Darbo valandos per metus, val.	2010
Faktiškai dirbto laiko trukmė, val.	2500
Metinis atlyginimas, Eur.	16403,6
Mokesčiai, proc.*	34,8
Atlyginimas atskaičius mokesčius, Eur./val	7,0
Atlyginimas įvertinus visą dirbtą laiką, Eur. / 1 val.	5,6
Eur/0,5 val.	2,8
Eur/15 min	1,4

*Statistikos departamento duomenys ir autorių skaičiavimai

vidutinę reikšmę – 36 procentus, gautume **3,4 EUR val.** vienos laisvalaikio kelionės valandos vertės ekvivalentą.

Individo laiko vertės klausimas nagrinėtinas ir platesniame kontekste. Kiekvienam iš mūsų kasdien tenka daryti alternatyvius pasirinkimus renkantis kelio būdą, logistikos alternatyvas. Dažnai savęs klausiamo – ar apsimoka atlikti vieną ar kitą veiksmą. Apie kokią laiko vertės dydį turėtume galvoti, kad atliktume optimalų pasirinkimą? Clear, J. (2016) teigia, kad vertinti reikėtų daug plačiau nei dydžiai, atspindintys kalendorinį darbo laiką ar gautą faktinį darbo užmokestį. Autorius teigia, kad asmenys per metus dažnai dirba ne apie 2000 suplanuotų darbo valandų, tačiau apie 25 proc. daugiau. Taip pat kad vertinimui reikia naudoti neto pajamas, atmetus mokėtinus mokesčius. Remiantis autoriaus pasiūlytu metodu atlikta ir 5 lentelėje pateikta skaičiuotė.

Naudojant autoriaus siūlomą metodą ir darant prielaidas, kad metinės darbo sąnaudos, įskaitant darbuotojo ir darbdavio mokesčius, sudarė 16403,6 eurų (1367 EUR/mėn.) bei darant prielaidą, kad dirbama 25 proc. laiko daugiau nei planuotas kalendorinis darbo laikas, vienos valandos vertė (atskaičius mokesčius) sudarytų 5,6 EUR. Toks vertinimas būtų naudingas kalbant apie asmeninį laiko ir alternatyvų pasirinkimą, o kalbant apie dirbančiojo laiko ekonominę naudą šalies ekonomikos makro rodiklių kontekste, naudotinas aukščiau pateiktas laiko, kaip BVP struktūrinės dalies, apskaičiavimas.

3.2. Krovinių gabenimo laiko vertės apskaičiavimo kriterijai

Trumpai apžvelgsime krovinių gabenimo laiko taupymo aspektą. Krovinių gabenimo trukmės trumpinimas taip pat turi sąnaudų dydžiui palankų poveikį:

- visų pirma mažinamos vairuotojų ar kito krovinių lydinčio personalo konkrečios kelionės darbo apmokėjimo sąnaudos;
- mažėja transporto priemonės eksploatavimo sąnaudos;
- didinamas pasitikėjimas vežėju dėl kokybinių vežimo proceso savybių gerėjimo.

Pirmosios dvi sąnaudų grupės apskaičiuojamos remiantis tiesiogiai patiriamų išteklių rinkos kainomis, o paskutinis naudos vertinimas atliekamas netiesioginiu ir daug sudėtingesniu būdu. Jei transportavimo trukmė ir greitis labiau nuspėjamas, tai didina paslaugos patrauklumą. Gabenimo trukmės prognozavimas labai svarbus gabenant gendančius produktus, planuojant jų iškrovimo ir pakrovimo procesus, saugojimo, rūšiavimo pajėgumus. Čia reikalingas kompleksinis analizės prielaidų nustatymas, kad būtų teisingai identifiukuoti logistikos procesai, nesudubliuoti efekto skaičiavimo rezultatai skirtinguose komponentuose.

Krovinių gabenimo laiko vertė siejama su kapitalo „iššaldymo“ sąvoka, nes kapitalas yra investuotas į tas prekes, kurios tuo metu gabenamos. Tai ypač svarbu, kalbant apie didelės vertės krovinius. Laiko vertės rodiklis koreliuoja su investuoto kapitalo kaina (palūkanų dydžiu). Taip pat laiko vertė gali būti sietina su greitai gendančių krovinių dalies praradimo kaštais bei gamintojų nuostolių verte, kuomet dėl gamybos išteklių gabenimo trikdžių sutrinka gamybos procesai ir produkcijos realizavimas. Kadangi procesai yra sudėtingi, ganėtinai sudėtinga atliekant SNA tinkamai aprašyti analizuojamus procesus ir jų tarpusavio ryšius. Kad supaprastinti analizę, rekomenduojama naudoti prieinamą ekonominę literatūrą. Bet koku atveju kiekvienoje šalyje, kuri įgyvendina stambius infrastruktūros projektus, rekomenduojama parengti ir patvirtinti tos šalies sąlygoms pritaikytas sąnaudų naudos apskaičiavimo metodikas.

4. Vežėjams priklausančių transporto priemonių eksploatacinių sąnaudų vertinimas

Transporto priemonių eksploatavimo sąnaudos apima: degalus, tepalus, padangų dėvėjimosi kaštus, draudimą, remonto ir techninės priežiūros sąnaudas, administravimą. Svarbu įvertinti, kad šių sąnaudų dydis varijuoja priklausomai nuo riedmens tipo, vidutinio greičio, kelio charakteristikų, dizaino standartų, dangos savybių.

Transporto eksploatacinių sąnaudų sumažinimas tipiškas kelių transporto projektų naudos pavyzdys. Net esamo kelio rekonstrukcija iš esmės pagerina dangos charakteristiką, mažina grūstis, kas palankiai įtakoja vidutinį važiavimo greitį. Geležinkelių transporto projektai paskatina keleivių skaičiaus persiskirstymą ir sumažina srautus automobilių pervežimuose ir asmeninių automobilių naudojimą, kas jau generuoja ekonominę naudą visos ekonomikos mastu.

5. Eismo įvykiai ir gyvybės kaina

EK sąnaudų ir naudos analizės gairėse teigiama, kad transporto veiklos pobūdis lemia nelaimingų atsitikimų riziką. Tiek techniniai gedimai, tiek žmogaus klaidos sukelia eismo įvykius visuose be išimties trans-

porto sektoriuose. Kompleksiškos, kokybiškos bei integruotos signalizavimo (kelių, geležinkelių ir kt.), saugos (daugiausia geležinkelių) sistemos ženkliai prisideda prie įvykių statistikos mažinimo ir turi būti vertinamos ekonominėje analizėje.

Akademinėje literatūroje įvykių sąnaudos skirstomos į šias dvi grupes:

- tiesioginių sąnaudų- medicininės pagalbos ir reabilitacijos, policijos, teismo, įvykių tyrimų, pagalbos, draudimo sąnaudas ir kt.;
- netiesioginių sąnaudų- kuomet apskaičiuojama bendrojo vidaus produkto sumažėjimas, t.y. produktų ir paslaugų vertė, kuri būtų sukurta, jei incidentas nebūtų įvykęs.

Mirties dėl įvykio atveju visuomeninio produkto sumažėjimas siejamas su statistinės gyvybės vertės sąvoka, kuri apibrėžiama kaip vertė, kurią visuomenė laiko ekonomiškai pagrįsta išleisti, kad būtų išvengta individo mirties.

Į investicinių projektų, kurių įgyvendinimas susijęs su mirtingumo rizika, analizę įprasta įtraukti statistinės gyvybės vertės (SGV) apskaičiavimą. Remiantis darbo užmokesčiu pagrįstu metodu formulė būtų tokia:

$$SGV = \sum_t^T \frac{L_t}{(1+i)^t}$$

čia: SVG – statistinės gyvybės vertė, eurai; T – likusi gyvenimo trukmė, metais; L_t – tam tikrų metų darbo pajamos, eurai; i – socialinio diskonto norma.

Mokslinėje literatūroje vertinama, kad vidutinė likusio gyvenimo trukmė T yra 40 metų, L – tam tikrų metų darbo pajamos, lygios bruto darbo užmokesčiui. Baranauskienė, J., Aleknavičienė, V. (2016) savo straipsnyje teigia, kad socialinio diskonto norma i kinta nuo 0 iki 7 proc. ir yra rekomenduojama skirtingo dydžio atskiroms investavimo sritims. Europos komisija sąnaudų naudos analizės gairėse (2015) nurodo taikyti 3,5–5,5 proc., atsižvelgiant į konkrečios šalies ekonominius socialinius rodiklius ir įgyvendinamo projekto rezultatų naudojimo trukmę. Juo didesnis laikotarpis, juo mažesnė diskonto norma taikytina.

Naudojantis nurodyta formule ir darant prielaidas, kad:

- darbo užmokestis neatskaičius mokesčių 2019 metais sudarė 16403,6 EUR, o
- atlyginimo augimo tempai sutampa su šalies 2–3 proc. BVP augimo prognozėmis (EK prognozė iki pandemijos – 2020 ir 2021 m. 2,4 proc., LRFM 2020 m. rugsėjo mėnesio Ekonominis raidos scenarijus: 2020 m. – 1,5 proc., 2021 m. +3,3 proc., 2022 m. +2,3 proc., 2023 m. +2,3 proc.),
- pasirinktas i – 3,5 proc.

SVG suma, skaičiuojant 40 metų laikotarpiui, sudarytų apie **650000 EUR**. Tai formalus vertinimas, kuris leidžia indikuoti kiek visuomeninės naudos būtų netenkama vertinant per individo tiesioginį įnašą į šalies ekonomiką.

Kaip teigia Jones, R. (2012), individualiu vertinimu kiekviena gyvybė yra neįkainojama. Tačiau socialiniu ar verslo požiūriu net žmogaus gyvybės kaina turi ribas. Įvertinus visuomenės ribotų išteklių faktą kyla realus klausimas – kiek visuomenė ar verslo vienetas gali investuoti, kad išgelbėti gyvybę ar ženkliai sumažinti traumų tikimybę. Statistinė gyvenimo vertė (SGV) padeda atsakyti šį nelengvą klausimą.

Praktinis pavyzdys – tarkime valstybė nusprendžia sumažinti didžiausią greitį autokeliuose iki 80 km/h ir 20 gyvybių būtų išgelbėta. Naujo nurodymo įgyvendinimas pareikalautų 105 mln. eurų papildomų išteklių. Taigi valstybei tai kainuotų 105 mln. eurų arba 5,3 mln. EUR už vieną gyvybę.

Tai tik vienas pavyzdys, tačiau skaičiuojant bet kokią alternatyvą būtina vertinti abu komponentus: kiek gyvybių bus išgelbėta ir kokios sąnaudos susiję su iniciatyvos įgyvendinimu. JAV Aplinkos apsaugos agentūra 2010 m. yra apskaičiavusi, kad SGV, susijusi su vidaus degimo variklių tarša yra lygi 9,1 mln. USD, Maisto ir vaistų administracija operuoja 8 mln. USD, vyriausybės institucijos apie 6 mln. USD (Jones, R. 2012).

Suprantama, kad kiekvienas individas skirtingai vertina susidariusias aplinkybes, lygiai taip pat skiriasi suma, kurią būtų pasirengęs mokėti už neparduodamas gėrybes ar kokio dydžio kompensacija tenkintųsi už patirtą žalą. Todėl būtina nustatyti agreguotus visų palankaus ar nepalankaus pokyčio paliestų individų rodiklius. Tik agreguotas nusiteikimas mokėti ar priimti kompensaciją atspindi pinigais išreikštą gerovės pokyčio įvertinimą.

Dar vienas pavyzdys iliustruoja SGV esmę- tarkime 100.000 šalies gyventojų yra apklausiami kiek kiekvienas iš jų būtų pasirengęs sumokėti, kad būtų panaikinta tikimybė, kad 1 iš 100.000 gyventojų (0,001% tikimybė) žus per ateinančius metus. Rizikos panaikinimas reikštų, kad viena statistinė gyvybė būtų išsaugota. Tarkime apklaustųjų gyventojų hipotetinis atsakymas buvo – 100 EUR. Bendra grupėje susidaranti suma būtų 100.000* 100 EUR = 10 mln. EUR. Tai ir būtų šio atvejo statistinės gyvybės vertė.

Sąnaudų naudos analizė ir SGV skaičiavimai kartu gali padėti atsakyti į klausimą ar visuomenė „pakankamai“ daro siekdama sumažinti riziką ir galbūt į dar svarbesnį klausimą- ar galėtume nuveikti daugiau?

Išvados

1. Literatūros šaltinių analizė atskleidė, kad transporto projektuose dažniausiai pasitaikantys nepiniginės naudos atvejai yra kelionių ar krovinių gabenimo trukmės sutaupymai, o šio efekto pinigais išreikšta ekonomija dažnai sudaro didžiąją dalį visos apskaičiuotos projekto įgyvendinimo naudos. Gamtinių išteklių ir kitų gėrybių, kuriomis neprekiuojama rinkoje vertė nustatoma individualios apklausos būdu siekiant

išsiaiškinti respondentų nusiteikimą mokėti už viešąją gėrybę (angl. *willingness to pay*) ir parodo kiek individas linkęs sumokėti už kokybinius gamtinių išteklių pokyčius. Transporto projektai savo pobūdžiu labai dažnai sprendžia gyvybių išsaugojimo ir eismo įvykių rezultate gautų sužalojimų rizikos sumažinimo problemą. Tinkamai alternatyvai parinkti dažnai pasitelkiamas Statistinės gyvybės vertės apskaičiavimas, kuris vėlgi parodo pirma, kiek bendrojo vidaus produkto sumažėjimo būtų išvengta sumažinus mirties riziką ir antra, padeda išsiaiškinti kiek visuomenė pasirengusi mokėti, kad būtų išsaugotos gyvybės.

2. Pasitelkus oficialius šalies Statistikos departamento informacijos šaltinius buvo apskaičiuota, kad pagal 2019 metų darbo sąnaudų duomenis transporto kelionės laiko vertė būtų lygi 9,46 EUR/val., atitinkamai laisvalaikio kelionė galėtų būti vertinama 3,4 EUR/val. Svarbu įvertinti, kad diferencijavimas pagal transporto rūšį, regioną, profesijų grupę yra labai svarbūs, siekiant gauti objektyvius skaičiavimo rezultatus.

3. Apskaičiavus statistinės gyvybės vertės (SGV) rodiklį, pagrįstą individo bruto atlyginimo dydžiu, pritaikius tam tikras prielaidas dėl prognozuojamų darbo užmokesčio augimo tempų bei socialinio diskonto normų, buvo gautas 650.000 EUR dydis, individo mirties atveju atspindintis tiesioginę BVP sumažėjimo riziką. Įvertinus visuomenės ar verslo pasiryžimą mokėti, SGV rodiklis išreiškiamas suma, kurią būtų verta mokėti už mirties ar sužalojimų rizikos panaikinimą.

Literatūra

- Andriušaitienė, D., Drejeris, R., Jakutis, A., Petraškevičius, V., Stepanovas, A. (2016). *Ekonomikos teorija*. Vilnius: VGTU leidykla Technika.
- Baranauskienė, J., Aleknavičienė, V. (2016) *Socialinės diskonto normos įtaka viešųjų projektų investiciniam sprendimui*. Kaunas: Mokslo žurnalas Apskaitos ir finansų studijos: problemos ir perspektyvos. Prieiga internete: <http://erd.asu.lt/ssaf/article/view/122>.
- BIG consulting (2020). Kontrafaktinė analizė. Prieiga internete: <http://www.bgiconsulting.lt/kontrafaktine-analize>.
- BIG consulting (2020). Sąnaudų ir naudos analizė. Prieiga internete: <http://www.bgiconsulting.lt/sanaudu-ir-naudos-analize-2>.
- Clear, J. (2016). *The Value of Time: How much is Your Time Really Worth?* Prieiga internete: <https://jamesclear.com/>.
- European Commission(2010) Europe 2020. A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Prieiga internete: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/>.
- European Commission (2015). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. Directorate-General for Regional and Urban policy, European Union, (2015). Prieiga internete: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf.
- European Commission (2020) .Winter 2020 Economic Forecast Lithuania : Offsetting forces confirm subdued growth. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/economy_finance/forecasts/2020/winter/ecfin_forecast_winter_2020_lt_en.pdf.
- Finansų ministerija (2011). Socialinių sąnaudų- naudos analizės metodinės gairės. Prieiga internete: https://finmin.lrv.lt/uploads/finmin/documents/files/sanaudu_gaires.pdf.
- Finansų ministerija (2020). Ekonominės raidos scenarijus. Prieiga internete: <https://finmin.lrv.lt/lt/aktualus-valstybes-finansu-duomenys/ekonomines-raidos-scenarijus>.
- HM Treasury. The Green Book. Appraisal and Evaluation in Central Government. Treasury Guidance. – London. Prieiga internete: http://www.hm-treasury.gov.uk./media/3/F/green_book_260907.pdf.
- Jones, R. (2012). *The Value of Life, Statistically Speaking*. CFO. Prieiga internete: <https://www.cfo.com/risk-management/2012/01/the-value-of-life-statistically-speaking/>.
- Kuodis, R. (2009). *Lietuvai siūlytinas kaštų ir naudos analizės modelis, Lietuvos valdžia: atvirumo link?* Vilnius: Versus aureus.
- Statistikos departamentas (2020). Gyventojai ir socialinė statistika. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?theme=all#/>.
- Statistikos departamentas (2020). Ūkis ir finansai (makroekonomika). Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?theme=all#/>.

CALCULATION OF THE VALUE OF TRAVEL TIME AND THE STATISTICAL LIFE VALUE IN THE COST BENEFIT ANALYSIS OF TRANSPORT PROJECTS

Aušra Špuraitė, Rolandas Vitkūnas

Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT

Abstract. The article examines the economic dimension of the implementation of investment projects as public initiatives. The essence, benefits, methods of cost-benefit analysis (SNA) are reviewed. Authors pay particular attention to the SNA stages, as well as the issue of the travel time and the statistical value of life. Statistical macroeconomic and labour indicators were collected and summarised based on the recommendations of the official institutions and methods presented in the scientific literature. Authors calculated statistical values of passenger time and values of life according to conditions in Lithuania.

Key words: implementation of investment projects, cost benefit analysis, value of travel time, value of statistical life.

KELIŲ SAUGUMO AUDITO PROCEDŪROS LIETUVOJE PRAKTIKOS APŽVALGA

Iveta Stanevičiūtė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Straipsnyje analizuojama normatyviniais dokumentais apibrėžta ir įprastai taikoma Kelių saugumo audito atlikimo ir organizavimo praktika Lietuvos Respublikoje. Analizės atlikimo metu aprašoma Valstybinės reikšmės kelių saugumo auditų organizatoriaus veikla, įvairiais pūviais atliekamas valstybinės reikšmės rajoninių kelių Kelių saugumo audito ataskaitų, parengtų 2019–2020 m. palyginimas ir vertinimas. Nagrinėjami privalomieji normatyviniai dokumentai apibrėžiantys reikalavimus keliamus Kelių saugumo audito procedūrai, trumpai apžvelgiama užsienio šalių mokslinė literatūra ir įžvalgos, taip pat užsienio šalyse taikoma kelių saugumo audito atlikimo praktika.

Reikšminiai žodžiai: Kelių saugumo auditas (KSA), Poveikio kelių eismo saugumui vertinimas (PKESV), Valstybinės reikšmės automobilių keliai.

Įvadas

Vertindama Lietuvos kelių įskaitinių eismo įvykių dinamiką, Lietuvos kelių policijos tarnyba (LKPT) viešai periodiškai skelbia eismo įvykių statistikos duomenis. Šiais metais, pirminiais tarnybos duomenimis nustatytos 146 žūtys. Palyginus šį skaičių su praėjusių metų (2019 m. laikotarpiu sausio – spalio mėnesiais) duomenimis, šiemet galime stebėti 4,28 proc. eismo įvykių augimą.

Atlikus LKPT pateikiamų statistinių duomenų apžvalgų nuoseklesnę analizę, matyti, kad įskaitinių eismo įvykių, kuriuose žuvo žmonės pagrindinės priežastys, žvelgiant istoriniu laikotarpiu, vis dar išlieka tos pačios: saugaus leistino greičio nepasirinkimas ir leistino greičio viršijimas, pėsčiųjų, dviratinkų ir motorinių transporto priemonių vairuotojų KET pažeidimai. Stebint šį įskaitinių eismo įvykių keliuose augimą ir anksčiau istorinių duomenų dinamiką reikalinga lygia-grečiai nagrinėti ir priemones, kuriomis stengiamasi pasiekti įskaitinių eismo įvykių sumažėjimą ir eismo saugumo padidėjimą Lietuvoje.

2008 m. lapkričio 19 d. buvo išleista Europos parlamento ir Tarybos direktyva 2008/96/EB dėl kelių infrastruktūros saugumo valdymo. Pagrindinis direktyvos tikslas susijęs su siekiu sukurti procedūras kurios galėtų padidinti kelių infrastruktūros saugumą. Šiame dokumente pirmą kartą buvo apibrėžta kelių eismo saugumo (KSA) vertinimo sąvoka. Sąvokoje nurodyta, kad šis vertinimas yra strateginė palyginamoji naujo ar svarbaus esamo kelio tinklo pakeitimo poveikio greta esančio kelio tinklo saugumui analizė. Taip pat, direktyvos 3 straipsnyje nurodytas reikalavimas, kad valstybės narės turi užtikrinti, kad būtų atliekami visų infrastruktūros projektų poveikio kelių saugumui vertinimai.

Lietuva, atsižvelgdama į direktyvos reikalavimus, 2010–2013 m. dalyvavo tarptautinėje programoje „Kelių infrastruktūros saugumo didinimas Baltijos jūros regione“ (BALTRIS). Projektas buvo finansuojamas Baltijos jūros regiono programos lėšomis. Projekte

dalyvavo Lietuvos automobilių kelių direkcija, Estijos kelių direkcija, Švedijos transporto direkcija ir šių, bei Latvijos Respublikos, šalių universitetai. Programos tikslas buvo sukurti įrankius, pajėgumus ar kitaip tariant kompetenciją geresniam kelių infrastruktūros valdymui Baltijos jūros regione. Projekto metu buvo kečiamasi patirtimi ir žiniomis, kurta bendros kelių infrastruktūros saugos valdymo procedūros, kurios pirmiausia susijusios su KSA vertinimo atlikimu. (Laurinavičius et al. 2012)

Straipsnyje koncentruojamasis į valstybinės reikšmės kelių projektuose atliekamo KSA praktiką Lietuvoje.

Darbo tikslas – remiantis normatyvinių dokumentų reikalavimais, KSA organizatoriaus taikoma praktika ir auditorių parengtomis KSA ataskaitomis atlikti Kelių saugumo audito praktikos analizę Lietuvoje.

Uždaviniai:

1. Išnagrinėti ir aprašyti Valstybinės reikšmės Kelių saugumo audito organizatoriaus taikomą darbo praktiką.

2. Atlikti kelių saugumo auditų ataskaitų atitikimo normatyviniams dokumentams vertinimą.

3. Apžvelgti užsienio šalyse taikomas kelių saugumo audito atlikimo / organizavimo praktikas.

1. KSA vertinimo reglamentavimas Lietuvoje

Remiantis 2008/96/EB direktyva, Lietuva, kaip ir kitos bendrijos narės, turėjo parengti ir įgyvendinti procedūras, susijusias su KSA, poveikio kelių eismo saugumui vertinimu (PKESV), kelių tinklo saugumo valdymu ir kelių saugumo patikrinimais.

Atsižvelgiant į aukščiau minėtus reikalavimus buvo papildytas Lietuvos Respublikos Seimo priimtas Lietuvos Respublikos saugaus eismo automobilių keliais įstatymas, 2008 m. birželio 12 d. išleisti Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos (LAKD) priimti „Kelių saugumo audito reikalavimai“ ir tų pačių metų birželio 26 d. LAKD priimtas

ir patvirtintas „Kelių saugumo audito atlikimo tvarkos aprašas“. LAKD patvirtintuose dokumentuose, po 2011 m. jokie pakeitimai nebuvo registruoti.

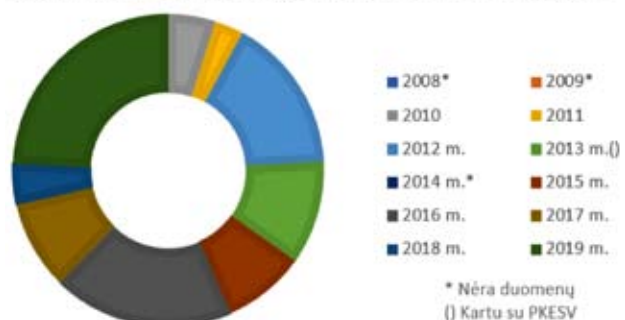
Bendrosiose dokumentų – Kelių saugumo audito reikalavimai ir Kelių saugumo audito atlikimo tvarkos aprašas – nuostatose pažymėta, kad šiuose dokumentuose nurodyti reikalavimai ir gairės reglamentuoja kelių saugumo audito planavimą, organizavimą ir atlikimą (vykdymo tvarka). KSA reikalavimai tai trumpas dokumentas, bendrąją tvarką apžvelgiantis Kelių saugumo audito tikslus ir Kelių saugumo audito reikalavimus. Reikalavimuose aprašomas KSA inicijavimas, poreikis, privalomumas, paslaugų pirkimo sąlygos, pateikimas procedūros aprašymas, etapiškumas ir reikalavimai dalyviams (organizatoriui, auditoriui, projektuotojui). KSA atlikimo tvarkos apraše galima sutikti analogiškų reikalavimų, pateiktų KSA reikalavimuose, tačiau šis dokumentas yra kur kas platesnis, jame nuosekliai apžvelgiamas KSA planavimo ir organizavimo etapas ir jam keliami reikalavimai. Nuosekliai aprašoma kelių saugumo audito atlikimo tvarka apimanti:

- KSA organizavimą – KSA atlikimą planuoja ir organizuoja kelio savininkas (valdytojas). Pažymėtas audito plano sudarymas ir tvirtinimas, informacijos pateikimas apie audito atlikimą.
- Dokumentacijos auditoriui pateikimą – pateiktas konkretus dokumentų sąrašas, kuriuo vadovaujantis bendrąją tvarką teikiama informacija audito atlikimui. Pabrėžiama, kad pateikiamų dokumentų sąrašas gali kisti atsižvelgiant į projekto sudėtingumą ir etapą, kuriame numatytas KSA atlikimas. Taip pat akcentuojama, kad reikalingą dokumentaciją auditoriui turi pateikti užsakovas – kelio savininkas (valdytojas).
- Auditoriui privalomus vertinimo rodiklius (tokius kaip vietovės geografiniai ypatumai, kelio aplinka, kelio geometrija ir kiti svarbūs reikalavimai).
- Auditoriaus darbo eigą – apsilankyti objekte, išnagriniėti dokumentaciją, aprašyti apibendrintus ir susistemintus rezultatus.
- Audito ataskaitos turinį – aiškinamasis raštas, aprašomoji dalis, pasiūlymai, informacija apie auditorių.
- Užsakovo pareigas gavus KSA ataskaitą – peržiūrėti ar ji atitinka tvarkos aprašo reikalavimus ir informuoti projekto rengėją apie atlikto KSA rezultatus.
- Projekto rengėjo pareigas gavus KSA ataskaitą – išnagriniėjus ataskaitą pateikti raštiškus motyvuotus atsakymus kelio savininkui (valdytojui) / užsakovui apie auditorių nustatytus trūkumus ir problemas. Atlikti nurodytas pakitimus jei juos įmanoma nurodytoje situacijoje įgyvendinti arba pagrįsti kodėl tam tikri sprendimai negali būti įgyvendinti ir pateikti alternatyvas.
- Užsakovo pareigas gavus projektuotojo atsakymus – galutinį sprendimą dėl sprendinių nurodytų KSA ataskaitoje įgyvendinimo turi priimti užsakovas / kelio savininkas (valdytojas).

- Reikalavimus auditoriui – dėl nepriklausomumo (auditoriumi negali būti audituojamo projekto rengėjas, objekto valdytojas (savininkas) ar asmuo, atsakingas už objekto priežiūrą. KSA atlikti gali vienas specialistas, arba grupė specialistų. (Pabrėžtina, kad reikalavimai specialistams aprašyti „Kelių saugumo audito reikalavimai“ III skyriaus 12 p. kuriame nurodyta, kad „fiziniai ir (ar) juridiniai asmenys, Europos Sąjungoje ir kitose Europos ekonominės erdvės valstybėse įsteigtos kitos organizacijos bei šių valstybių juridinių asmenų ar kitų organizacijų padaliniai, kurių veiklos pobūdis ir kvalifikacija atitinka kelių saugumo audito paslaugų specifiką ir kurių darbuotojai turi išsilavinimą kelių projektavimo, kelių saugumo inžinerijos ir eismo įvykių analizės srityse arba kelių saugumo audito atlikimo patirties.“ Kelių saugumo audito atlikimo tvarkos apraše auditorius įvardijamas kiek trumpiau, kaip „fizinis ar juridinis asmuo, kuris yra sudaręs sutartį su kelio savininku (valdytoju) dėl kelių saugumo audito paslaugų teikimo.“).

2. Valstybinės reikšmės kelių KSA organizatoriaus analizė ir vertinimas

LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ DIREKCIJOS ORGANIZUOTŲ KELIŲ SAUGUMO AUDITŲ PASISKIRSTYMAS 2008-2019 M. LAIKOTARPIU



Lietuvos Respublikoje, BĮ „Lietuvos automobilių kelių direkcija“ administruoja valstybinės reikšmės kelius (VRK), įgyvendina šių kelių priežiūros ir plėtros, bei saugaus eismo keliuose valstybinę politiką, organizuoja kelių atkūrimą, priežiūrą iš kelių tinklo plėtrą.

1 pav. LAKD organizuojamų KSA skaičiaus pasiskirstymas 2008–2019 m. laikotarpiu

Šaltinis: sudarytas autorės

1 pav. pateikta informacija apie KSA atlikimo dinamiką nuo 2008 m patvirtintos 2008/96/EB direktyvos iki šių dienų. Duomenys surinkti iš viešai skelbiamų biudžetinės įstaigos veiklos ataskaitų.

Vizualiai vertinant pateiktą paveikslėlį, matyti, kad daugiausia kelių saugumo auditų yra atlikta 2019 m. O mažiausiai KSA atlikta 2011 m – vertinant visų metų, kurių duomenys buvo pateikiami, apimtyje. 2008, 2009 ir 2014 m. veiklos ataskaitose duomenys nebuvo pateikti, arba ataskaitų rasti nepavyko. 2013 m. pateiktas bendras KSA ir PKESV skaičius, todėl tiksliai palyginti duomenų su šiuo laikotarpiu taip pat nėra galimybės.

Trumpai nagrinėjant 2019 m. ataskaitą, kurioje vėrauja didžiausias, lyginant 2008–2019 m. laikotarpiu duomenis, saugumo auditų atlikimo skaičius, lentelėje pavadinimu „Informacija apie Kelių direkcijos 2019 m. veiklos plano priemonių įgyvendinimą“ matyti, kad 2019 m. veiklos plane buvo numatyta atlikti 180 KSA, metu pabaigoje fiksuota, jog planas įvykdytas 88 proc. Taigi vietoje 180 KSA, praėjusiais metais atlikti 158 KSA. Taip pat lentelės pastabose nurodyta, jog „Saugumo auditai atliekami pagal poreikį“. 2019 m. duomenimis, buvo tiesta, rekonstruota ar taisyta – 914 km valstybinės reikšmės kelių (į skaičių patenka ir žvyrkelių asfaltavimo, bei paprastojo remonto darbai). Tiksliai procentiškai įvertinti kokios dalios visų 2019 m. parengtų projektų buvo atliktas kelių saugumo auditas nėra galimybės, kadangi veiklos ataskaitoje nepateikiamas patvirtintų projektų skaičius.

Vertinant veiklos ataskaitą taip pat sudėtinga identifikuoti ar 2008/96/EB direktyvos 4 straipsnio 1 p. nurodyti reikalavimai, kurie buvo perkelti ir patikslinti Kelių saugumo audito reikalavimų 9 p. – KSA turi būti atliekamas, kai tiesiamas naujas kelias, kelias rekonstruojamas arba kapitališkai remontuojamas – yra įgyvendinami. Tačiau vertinant lentelėje pateiktas pastabas – *saugumo auditai atliekami pagal poreikį* – galime daryti išvadą, jog galimai KSA buvo numatyta atlikti ne visiems KSA reikalavimų 9p. minimiems infrastruktūros projektams.

Atsižvelgiant į susiformavusią praktiką, paskutiniaisiais 2019 – 2020 m. KSA organizatorius savo pareigas vykdo tokia tvarka:

- 1) Organizuoja kelių eismo saugumo audito darbų pirkimą.
- 2) Iš projektuotojo gautą medžiagą pateikia auditoriams KSA atlikimui.
- 3) Gavę KSA ataskaitą, informuoja projektuotoją ir persiunčia medžiagą susipažinimui.
- 4) Organizuoja Kelių tiesimo (rekonstravimo) projektų kelių saugumo auditų vertinimo posėdžius. Kuriuose dalyvauja, projektuotojas, auditorius ir Kelių tiesimo (rekonstravimo) projektų kelių saugumo auditų vertinimo komisijos nariai – LAKD Eismo saugos skyriaus atstovai. Be anksčiau minėtų dalyvių, papildomai posėdyje dalyvauti gali ir kitų LAKD skyrių atstovai.
- 5) Posėdžio metu nuosekliai peržiūrimos auditorių pateiktos pastabos, nagrinėjama objekto vieta pasitelkiant informacines sistemas (pavyzdžiui Lietuvos kelių informacinė sistema (LAKIS)), išklašomas projektuotojo paaiškinimas ir pozicija audito ataskaitoje pateiktoms problemoms ar pasiūlymams. Posėdžio pabaigoje rengiamas protokolas, kuriame pažymėti nutarimai projektuotojui yra privalomi.
- 6) Nagrinėjant audituojamą projektą LAKD organizuojamoje komisijoje, dažnu atveju būna priimti papildomi nutarimai, kurie yra įtraukiami į nutarimo protokolą.
- 7) Projektas koreguojamas atsižvelgiant į protokole nurodytą informaciją, o pataisytas projektas teikiamas

protokole nurodytam asmeniui peržiūrėti ir tvirtinti.

- 8) Gavus projekto tvirtinimą, projektas papildomai turi būti teikiamas Eismo saugos skyriui, kur dar kartą peržiūrimi ir derinami kelių ženklų įrengimo ir kelio ženklinimo sprendiniai.

Jei vertinsime KSA organizatoriaus darbą atsižvelgiant į normatyvinius reikalavimus, galime daryti išvadą, kad LAKD 2019 – 2020 m. taikyta KSA atlikimo organizavimo ir tvirtinimo tvarka neprieštarauja normatyviniams reikalavimams. Vertinant taikomą tvarką, matyti, kad projekto peržiūra organizuojama keliais etapais. Tokius darbų organizavimo principus galime vertinti kaip pastangas eliminuoti kiek galima daugiau žmogiškųjų klaidų ir peržiūrėti parengtą projektą nuosekliai, smulkiai ir įvairiais pjūviais daugumos į kelių saugumą orientuotų specialistų.

3. Kelių saugumo auditų atitikimo normatyviniams dokumentams analizė

Analizei atlikti pasirinkta nagrinėti 15 KSA ataskaitų, parengtų 2019 – 2020 m. Ataskaitos parengtos 4 skirtingų auditorių – juridinių asmenų (jei auditoriaus sąvoka apibrėšime KSA atlikimo tvarkos aprašo I skyriaus 3.1 p. nuostatomis).

Nagrinėjamų KSA ataskaitų bendrieji požymiai apima:

- 1) Ataskaitų parengimo metus – 2019–2020 m.
- 2) Bendrą nagrinėjamą objektą – Valstybinės reikšmės rajoninį kelią, ne urbanizuotoje arba mažai urbanizuotoje teritorijoje.

Žemiau esančioje lentelėje Nr.1 pateikti kelių saugumo auditų vertinimo normatyvinių dokumentų pozicijų analizės rezultatai. Vertinimui pasirinkti Kelių saugumo audito atlikimo tvarkos apraše pateikti vertinimo rodikliai, kuriuos KSA ataskaitą rengdamas auditorius turi išnagrinėti ir įvertinti. Vertinimo rodikliai analizės metu buvo vertinti balais. Kiekvienam rodikliui, nagrinėjant ataskaitą buvo galima skirti 0; 0,5 ir 1 balą. 0 balų skirtas tuo atveju jeigu nagrinėtoje ataskaitoje apie šį rodiklį nebuvo visiškai užsiminti ar neįmanoma nustatyti ar šis rodiklis ataskaitos metu buvo vertintas. 0,5 balo skirta tiems rodikliams kurie ataskaitoje buvo iš dalies paminėti, o 1 balas skirtas tuomet, kai vertinimo rodiklis ataskaitoje buvo nagrinėtas ir aiškiai aprašytas.

Atsižvelgiant į nagrinėjamo objekto specifiką ir lentelėje pateiktus duomenis, galime eliminuoti keletą objektui nebūdingų vertinimo rodiklių, kurie užtikrintų tikslesnę pirminę duomenų analizę. Kadangi nagrinėjamas objektas yra valstybinės reikšmės rajoninis kelias ne urbanizuotoje arba mažai urbanizuotoje teritorijoje, tikėtina, kad vertinimo elementų, tokių kaip geležinkelių pervažos ar kelio ir (ar) sankryžos apšvietimas šiuose ruožuose nepasitaikė natūraliai. Todėl šių elementų, atliekant auditorių parengtų ataskaitų vertinimą, nenagrinėsime.

Pateiktoje 1 lentelėje matyti, kad pirmasis vertinimo

1 lentelė. Kelių saugumo audito atlikimo tvarkos apraše numatyti vertinimo rodikliai rengiant KSA ataskaitą.

	Auditorius, atlikdamas kelių saugumo auditą, turi išnagrinėti ir įvertinti projektą remdamasis šiais vertinimo rodikliais:	Surinkti balai
1	vietovės geografiniai ypatumai (pvz., nuošliaužų, potvynių, užpustymo, apledėjimo tikimybė ir t. t.) ir meteorologinės sąlygos;	0
2	kelių aplinka (eismo dalyviams skirti aptarnavimo statiniai, pėsčiųjų ir dviračių takai, kelio statiniai, želdynai, kiti įrenginiai ir t.t.);	15
3	geležinkelio pervažos;	0
4	kelių tinklui priklausancio kelio funkcija ir reikšmė socialiniu ir ekonominiu aspektais, kelio kategorija;	8
5	nauju (rekonstruotu) keliu važiuoti leidžiamos transporto priemonių rūšys;	8
6	leistinas greitis, greičio, kuriuo važiuojama, intervalas;	8,5
7	eismo juostų skaičius, plotis;	9
8	sankryžų tipai ir atstumai tarp jų, nuvažos;	5,5
9	tramos planas ir išilginis kelio profilis;	10,5
10	skersinis(-iai) kelio profilis(-iai);	11
11	matomumas įvairiomis sąlygomis, (tamsiu paros metu ir numatomomis meteorologinėmis sąlygomis)	1,5
12	kelio ar (ir) sankryžos apšvietimas;	0
13	kelio ženklai, ženklinimas ir kitos techninės eismo reguliavimo priemonės (atitvarai, aptvarai, salelės ir t.t.), jų matomumas;	13
14	stacionarios kliūtys kelio juostoje;	8
15	eismo saugumas kelio naudotojų atžvilgiu įvairiomis sąlygomis (tamsiu paros metu ir numatomomis meteorologinėmis sąlygomis);	7,5
16	kelio dangos būklė;	2
17	duomenys apie eismo intensyvumą ir eismo įvykius.	15

Šaltinis: Sudaryta autorės

kriterijus nesurinko balų, o tai reiškia, kad nei vienoje ataskaitoje informacija apie šį rodiklį nebuvo pateikta arba identifikuoti, ar ši informacija nagrinėta, nėra galimybės. Analizės atlikimo metu pastebėti bendrieji ataskaitų požymiai susiję su per mažu meteorologinių sąlygų ir geografinių ypatumų nagrinėjimu. Maža dalimi ataskaitose buvo užsiminta apie matomumą, o visiškai neužsiminta apie eismo dalyvių matomumą ir eismo saugumą tamsiuoju paros metu. Tik keliose ataskaitose buvo pateikta informacija apie esamą kelio dangos būklę. Daugiausiai ataskaitose apžvelgiami elementai apėmė kelio aplinkos aprašymą, kelio trasos planą ir išilginį profilį, kelio ženklus, ženklinimą ir kitas technines eismo reguliavimo priemones, leistiną važiavimo greitį, stacionarias kliūtis, eismo saugumą kelio naudotojų atžvilgiu dienos metu, kelio skersinį profilį ir duomenis apie eismo intensyvumą ir eismo įvykius.

Analizės atlikimo metu pastebėta, jog tik 53 proc. audito ataskaitų buvo pažymėti duomenys apie projektuotojų pateiktą medžiagą auditui atlikti. Projektuotojų pateikiama medžiaga, kuri minima audito ataskaitose, apėmė aiškinamąjį raštą, situacijos schemą, kelio ir eismo organizavimo planus, išilginį ir skersinius profilius. Atsižvelgiant į Kelių saugumo audito atlikimo tvarkos aprašo III skyriaus 15 p. auditoriui pateikiamos dokumentacijos sąrašas yra kintantis atsižvelgiant į projekto sudėtingumą ir etapą, kuriame numatyta atlikti KSA.

Vertinant audito ataskaitos turinį – galima sakyti, kad visos pateiktos KSA ataskaitos atitinka Kelių saugumo audito atlikimo tvarkos aprašo III skyriaus 27 p. nurodytus ataskaitos turinio reikalavimus, kurie pažymi, kad ataskaitose turi būti parengtos aiškinamo-

ji ir aprašomoji dalys, pateikti pasiūlymai numatytų problemų sprendimui, trūkumai turi būti sugrupuoti pagal nurodytą svarbos laipsnį – labai svarbus, vidutiniškai svarbus ir mažai svarbus.

Auditoriaus pareigose, minėtame apraše nurodytas reikalavimas apsilankyti audituojamame objekte, tačiau atlikus 15 KSA ataskaitų analizę, buvo nustatyta, kad vienos ataskaitos metu auditorius galimai nesilankė objekto vietovėje, kadangi projekte visiškai nebuvo pateikta esamo objekto fotofiksacija, o aprašomojoje dalyje pateiktoje trūkumų lentelėje, trūkumai pažymėti ir vizualizuoti pasinaudojant „Google maps“ sistema. Auditorių rengtos KSA ataskaitos gana šabloniškos, vieno auditoriaus rengtose ataskaitose dažnu atveju galima sutikti analogiškus trūkumus, pastebėjimus ir problemų sprendimo būdus.

Atlikus KSA ataskaitų analizę normatyvinių dokumentų požiūriu, nustatyta, kad bendruoju atveju Lietuvoje rengiamos ataskaitos atitinka Kelių saugumo audito atlikimo tvarkos apraše nurodytiems reikalavimams. Didesni trūkumai / neatitikimai ataskaitose fiksuotini dėl per mažo apsilankymų objekte skaičiaus. Todėl siekiant tinkamai išanalizuoti ir įvertinti visus vertinimo rodiklius, rekomenduojama audituojamame objekte apsilankyti bent du kart – šviesiuoju ir tamsiuoju paros metu.

4. Užsienio šalių patirties apžvalga

Amerikos tyrimų instituto leidžiamame reitinguojamame žurnale „Inžinerija ir architektūra“ 2016 m. buvo publikuojamas straipsnis apie KSA atlikimą

projektavimo stadijoje. Straipsnyje minima šalių kandidačių į Europos sąjungos nares – Kosovo ir Albanijos – patirtis ir pastangos įgyvendinti 2008/96/EB direktyvoje numatytus reikalavimus. Kelių saugumo auditą šiose šalyse pirmiausia buvo numatyta atlikti naujų arba rekonstruojamų kelių projektams. Kosove ir Albanijoje auditoriaus sąvoka apibrėžiama taip – auditorius yra kelių projektavimo, eismo dalyvių elgesio ir eismo saugumo ekspertas, nedalyvavęs ir (ar) niekaip nesusijęs su audituojami projektu, taip pat baigęs auditoriaus kursą. Atsižvelgiant į projekto dydį, sudėtingumą ir reikalaujamą rezultatą, audito ataskaitą organizatorius gali nurodyti rengti auditorių komandai, kurią turi sudaryti bent du nariai. Straipsnyje minima, jog auditoriai nurodytose šalyje ataskaitų rengimui gali naudoti kontrolinius sąrašus, kurie užtikrina, kad visi svarbiausi aspektai būtų aprašyti. Vienas iš labiausiai išsiskiriančių KSA organizavimo bruožų yra pageidavimas, kad kelių saugumo audito procedūra būtų atliekama visuose penkiuose (kaip įvardinta autorių) projekto etapuose:

1. Planavimo;
2. Projektinių pasiūlymų rengimo;
3. Projektavimo;
4. Po statybos užbaigimo, bet prieš objekto atidarymą;
5. Praėjus keletai mėnesių po objekto atidarymo.

Šis pageidavimas vėliau straipsnyje detalizuojamas ir įvardijama, kad reikalavimas KSA atlikti visuose penkiuose etapuose turėtų būti taikomas tik svarbiausiems ir didžiausiems projektams t.y. naujų magistralinių kelių ir greitkelių tiesimui, o rekonstravimo ir kapitalinio remonto projektams KSA galėtų būti taikytinas 4 etapuose: 1 arba 2, 3, 4 ir 5. Mažesnės apimties projektams pageidautina, kad vienas KSA būtų atliekamas 1, 2 arba 3 etapuose, ir vienas 4 arba 5 etapuose. (Gashi *et al.* 2016).

Artimiausios kaimyninės šalies – Lenkijos – patirtis aprašyta straipsnyje „Kelių infrastruktūros saugumo valdymas“ publikuotame 2017 m. tarptautinėje konferencijoje „Medžiagų mokslas ir inžinerija“. Straipsnyje minima, kad Kelių saugumo audito atlikimo patirtis šioje šalyje skaičiuoja jau 10 – tus metus. Sukaupta patirtis leidžia suskirstyti pagrindines problemas į dvi grupes:

- Kelių projektavimo proceso ir saugumo standartų naudojimosi klaidos.
- Audito procedūrų atlikimo teisingumas ir veiksmingumas.

Pirmoje problemų grupėje atlikus saugumo auditą gaunami rezultatai susiję su kelio skersinio pjūvio projektavimu, ašies padėtimi, nuovažomis, sankryžomis ir nuvažiavimais. Antroje grupėje esančios problemos susijusios su profesionalų trūkumu, auditorių pastabų nepriklausomumu ir auditorių objektyvumu vertinant projekto pasiūlymus. Audito atlikimo procedūros Lenkijoje aprašytos Valstybinės reikšmės kelių generalinio direktoriaus įsakymu išleistose taisyklėse ir kituose tei-

sės aktuose. Auditą atlikti numatyta projektavimo, statybos (tiesimo) etapuose naujam ar rekonstruojamam keliui. Kelių saugumo auditą atlieka sertifikuoti specialistai. (Budzynski *et al.* 2017)

Straipsnyje „Kelių saugumo auditas“ 2016 m. publikuoti pagrindiniai KSA metodų ypatumai ir taikymo modelis parengtas remiantis ilgalaikiu Rusijos ir Suomijos specialiosios paskirties programos projektu, skirtu eismo saugumo Leningrado srityje didinimui ir kūrimui. Straipsnyje akcentuojama audito naudota, pažymėta, kad atlikus kelių saugumo auditą 27 proc. sumažėja eismo įvykių. Taip pat smulkiai aprašyti audito metu vertinami rodikliai ir šių rodiklių nauda atsižvelgiant į eismo įvykių skaičių, atsipirkimą ir ekonominį naudingumą. Pavyzdžiui, Leningrado srityje 18 – oje avarijų koncentracijos ruožų įrengus kelio apšvietimą arba pagerinus esamą apšvietimo sistemą, sprendinių įgyvendinimui skiriant 28 mln. RUB (310 900 EUR), būtų galima užkirsti kelią 4 žūtims ir 28 sužeidimams per metus. Dėl avarijų prevencijos pasiskaičiuota ekonominė nauda siektų 97 mln. RUB (1 077 047 EUR). Nurodytas priemonių atsipirkimo laikotarpis – 4 mėnesiai. Be šių rodiklių vertinimo, kelių saugumo audito strateginė misija įvardijama kaip kelių sektoriaus ir kitų sričių patirties derinimas tarpusavyje, kad būsiami keliai būtų draugiškesni naudotojams – eismo dalyviams, atsižvelgiant į žmogaus psichologiją lygiavertę fizikos ir mechanikos dėsniams. (Huvarinen *et al.* 2016)

Išvados

1. Straipsnyje išnagrinėta ir aprašyta Valstybinės reikšmės Kelių saugumo audito organizatoriaus (Lietuvos automobilių kelių direkcijos) 2019 – 2020 m. taikoma darbo praktika Analizės metu nustatytas praktikos atitikimas normatyviniams dokumentams parodė, kad kelių saugumo auditas atitinka ne visus reikalavimuose ir aprašuose nurodytus reikalavimus Kelių saugumo auditų organizavimui. Tačiau taikomi daugiakriteriniai projektų vertinimai, įtraukiantys didelį eismo saugumo specialistų kiekį yra naudingi ir galimai prisideda prie poveikio kelių saugumui didinimo ir žmoniškųjų klaidų eliminavimo.

2. Atlikus kelių saugumo auditą ataskaitų atitikimo normatyviniams dokumentams vertinimą identifikuoti rodikliai, kurie praktikoje rengiant Kelių saugumo audito ataskaitas yra mažiausiai nagrinėjami. Pateikti siūlymai audituojamame objekte apsilankyti bent du kartus (šviesiuoju ir tamsiuoju paros metu), skirti daugiau dėmesio matomumo ir meteorologinių, bei geografinių ypatumų analizei.

3. Užsienio patirties apžvalgos metu nustatytos panašios darbo praktikos ir taikomas Lietuvoje. Taip pat, vertinant užsienių šalių patirtį auditų atlikimo procedūroje aprašytos dažniausiai pasitaikančios problemos. Per Leningrado srityje taikytų saugumo audito

metu pasiūlytų sprendinių didinančių eismo saugumą nagrinėjimo patirtį, aprašyta ne tik pavienių sprendinių, bet ir bendroji auditų ataskaitų nauda, sukuriama atlikus Kelių saugumo auditą viename iš kelio gyvavimo ciklo etapų.

Literatūra

- Budzynski, Marcin, et al. (2017) Road infrastructure safety management in Poland. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* Vol. 245.
- Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2008/96/EB. *Dėl kelių infrastruktūros saugumo valdymo*: 2008 m. lapkričio 19 d.
- Gashi, Esat, et al. (2016) Road safety audit from design point of view at the Western Balkan Countries. *Journal of Engineering*. 4.2, p. 193-203.
- Huvarinen, Yuha, et al. (2017) Road safety audit. *Transportation Research Procedia*. 20, p. 236-241.
- Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos. (2011) *Dėl kelių saugumo audito reikalavimų patvirtinimo pakeitimo: Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos direktoriaus 2011 m. kovo 25 d. įsakymas Nr. V-65*.
- Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos. (2011). *Dėl kelių saugumo audito atlikimo tvarkos aprašo patvirtinimo pakeitimo: Susisiekimo ministerijos generalinio direktoriaus 2011 m. kovo 25 d. įsakymas Nr. V-63*.
- Laurinavičius, Alfredas, et al. (2012) Policy instruments for managing EU road safety targets: road safety impact assessment. *The baltic journal of road and bridge engineering*. 7.1, p. 60-67.

REVIEW OF ROAD SAFETY AUDIT PROCEDURE PRACTICE IN LITHUANIA

Iveta Stanevičiūtė

*Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnis
str. 54, LT-10303 Vilnius, LT*

Abstract. The article analyzes the practice of performing and organizing Road Safety Audits in the Republic of Lithuania, which are defined by normative documents. The analysis describes practice of organizers of national significance road safety audits. Also, the analysis includes the comparison and evaluation of road safety audit reports of the roads of regional significance prepared in 2019–2020. The article studies normative documents for road safety audit procedures, includes a brief review of foreign countries scientific literature of road safety audit organization and practice.

Key words: Road Safety Audit, Road Safety Impact Assessment, Roads of National Significance

GELEŽINKELIO VEIKLOS ORGANIZAVIMO, ESANT KELETUI VEŽĖJŲ, ANALIZĖ

Janina Labutytė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjami geležinkelio veiklos organizavimo, esant keletui vežėjų, klausimai. Išanalizuoti Europos Sąjungos 2012/34/ES ir 2016/2370 direktyvų reikalavimai dėl geležinkelių infrastruktūros valdytojo nešališkumo, nepriklausomumo ir finansinio skaidrumo, užtikrinant vienodas galimybes naudotis geležinkelių infrastruktūra ir su geležinkelių infrastruktūra susijusiomis paslaugomis. Atlikta Lietuvos geležinkelių veiklos ir darbų organizavimo analizė iki ir po reorganizacijos, vykdančios Europos Sąjungos direktyvų reikalavimus. Išanalizuotos vežėjų ir viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijos iki ir po reorganizacijos, problemos ir reikalavimai vežėjams, norintiems vežti Lietuvos Respublikos viešosios geležinkelių infrastruktūros keliais ir tarptautiniais maršrutais.

Reikšminiai žodžiai: Europos Sąjunga, geležinkelis, geležinkelio stotis, viešoji geležinkelių infrastruktūra, viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas, vežėjas.

Įvadas

Lietuvos geležinkeliai, vykdydami savo veiklą, turi laikytis Europos Sąjungos 2012/34/ES ir 2016/2370 (ES, 2012 ir 2016) direktyvų ir Lietuvos Respublikos geležinkelių transporto kodekso (LRS, 2004) reikalavimų ir suteikti visiems vežėjams vienodas teises ir galimybes naudotis viešąja geležinkelių infrastruktūra ir su geležinkelių infrastruktūra susijusiomis paslaugomis.

Siekiant nustatyti, ar vykdomi šie reikalavimai, būtina atlikti Lietuvos geležinkelių veiklos ir darbų organizavimo analizę, išanalizuoti vežėjų ir viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijas, problemas ir jų sprendimo būdus.

Pagrindinės sąvokos

Geležinkelio įmonė (vežėjas) – licencijuota įmonė (juridinis asmuo, kita organizacija, juridinio asmens, kitos organizacijos padalinys), kurios veikla yra teikti keleivių, bagažo ir (ar) krovinių vežimo geležinkelių transportu vietiniais ir (ar) tarptautiniais maršrutais paslaugas ir (ar) kombinuotojo keleivių vežimo vietiniais maršrutais paslaugas ir užtikrinti trauką, taip pat įmonė (juridinis asmuo, kita organizacija, juridinio asmens, kitos organizacijos padalinys), kuri užtikrina tik trauką. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Geležinkelio stotis – geležinkelių infrastruktūros dalis, kurią sudaro kelių, pastatų, statinių ir įrenginių kompleksas, užimantis tam tikrą žemės sklypą ir skirtas traukiniams priimti, rūšiuoti, formuoti, praleisti ir išleisti, keleiviams, bagažo ir krovinių siuntėjams (gavėjams) aptarnauti. (LR SM ir LR AM 2004)

Manevravimas – geležinkelių riedmenų judėjimas formuojant sąstatus geležinkelio stoties keliuose ir privažiuojamuosiuose geležinkelio keliuose, stumiant geležinkelių riedmenis į krovos, tikrinimo, parangos, remonto, stovėjimo vietas ir iš jų į geležinkelio stoties

geležinkelio kelius, taip pat traukiant geležinkelių riedmenis į šias vietas ir iš jų. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Privažiuojamasis geležinkelio kelias – fizinių ir juridinių asmenų veiklai vykdyti skirtas geležinkelio kelias, tiesiogiai ar per kitus geležinkelio kelius sujungtas su geležinkelio stotimi. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Stoties knyga – dokumentas, kuriame yra pateikta nustatyta stoties techninės įrangos naudojimo tvarka, kuria laiduojamas sklandus ir saugus eismas. (Juškaitė ir kt., 2006)

Viešoji geležinkelių infrastruktūra – geležinkelių infrastruktūra, skirta viešiesiems ir ūkio subjektų poreikiams tenkinti – keleiviams, bagažui ir (ar) kroviniams vežti, manevruoti ir (ar) važiuoti į geležinkelių infrastruktūros objektų statybos, remonto ir (ar) techninės priežiūros darbų atlikimo vietą ir iš jos. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas – Lietuvos Respublikos geležinkelio kodekso 23 straipsnio 1 dalyje nurodyta įmonė, kuri Kodekso nustatyta tvarka yra atsakinga už viešosios geležinkelių infrastruktūros techninę priežiūrą, eksploatavimą, atnaujinimą ir plėtrą. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Santrumpos

GIE – Eismo valdymo departamentas

GIP – Infrastruktūros paslaugų departamentas

GTT – Geležinkelių transporto taryba

IS – Informacinė sistema

LTG – AB „Lietuvos geležinkeliai“

LTG INFRA – AB „LTG Infra“

OSŽD – Geležinkelių bendradarbiavimo organizacija (rus. ОЖД)

PGV – Sutartis dėl prekinų vagonų naudojimo tarptautiniam susisiekimui (rus. ПГВ)

SMGS – Tarptautinis krovinių vežimo geležinkeliais susitarimas (rus. СМГС)

1. Lietuvos geležinkelių reorganizacija

Vykdam Europos Sąjungos 2012/34/ES ir 2016/2370 (ES, 2012 ir 2016) direktyvas 2017–2018 m. AB „Lietuvos geležinkeliai“ reorganizuota, atskyrus infrastruktūros ir vežėjų funkcijas ir įsteigus Infrastruktūros, Krovinių ir Keleivių vežimo direkcijas, 2020 m. reorganizuotas į AB „LTG Infra“, AB „LTG Cargo“, UAB „LTG Link“, kurių visos akcijos priklauso valstybei.

Europos Sąjungos direktyvų reikalavimai ir kai kurių Europos geležinkelių, tarp jų Lietuvos, veiklos modeliai aprašyti straipsnyje *Lietuvos geležinkelių transporto sektoriaus liberalizacijos analizė* (Labutytė ir Briuchoveckaja, 2020).

1.1. Geležinkelio stočių veiklos valdymo struktūra ir funkcijos iki reorganizacijos

Iki reorganizacijos Lietuvos geležinkelių valdymas ir struktūra – tai dešimtmečiais nekintantis modelis: vienas valstybinis vežėjas, organizuojantis ir vykdamis krovininių ir keleivių vežimus ir valdantis geležinkelių infrastruktūrą, išskyrus įmonėms priklausančius privačiuojamuosius kelius.

Geležinkelio stotie veiklos valdymo struktūra iki ir po reorganizacijos pavaizduota 1 paveiksle.

Geležinkelio stoties veiklą organizuodavo ir kontroliuodavo stoties viršininkas ir jo pavaduotojai eismui, krovininių ir vagonų ūkiui bei vyr. inžinierius, kuris buvo atsakingas už įrenginių naudojimą, techninės dokumentacijos rengimą, informacinių sistemų diegimą ir veikimą stotyje, pirkimus ir pan.

Sotyje veikiantys vagonų remonto, techninės ir komercinės apžiūros punktai, krovos barai ir kt. buvo pavaldūs stoties vadovybei (GS, GSPE, GSPK, GSPV, GSI).

Problemos, kurios kildavo stotyje, buvo sprendžiami stoties viršininko ar jo pavaduotojų.

Stoties kelius, šviesoforus ir kitus įrenginius prižiūrėdavo darbuotojai, tiesiogiai pavaldūs Infrastruktūros direkcijai (filialui).

Vykdam Europos Sąjungos direktyvas ir atsiradus naujiems vežėjams toks geležinkelio ir stoties valdymo modelis neužtikrino kitų vežėjų lygių teisių ir galimybės naudotis viešąja geležinkelių infrastruktūra, todėl 2017 m. pradėta Lietuvos geležinkelių reorganizacija.

1.2. Geležinkelio stočių veiklos valdymo struktūra ir funkcijos po reorganizacijos

Vykdam Europos Sąjungos direktyvas viešosios infrastruktūros valdymas buvo atskirtas nuo vežėjo funkcijų ir įsteigtos naujos akcinės bendrovės AB „LTG Infra“, UAB „LTG Link“ ir AB „LTG Cargo“, vežančios keleivius ir krovininius, jos sudarė AB „Lietuvos geležinkeliai“ grupę.

Reorganizacijos metu stotyse buvo atskirtos eismo organizavimo ir vežėjų funkcijos bei stoties padalinių valdymas (žr. 1 pav.): eismo ūkio darbuotojams vadovauja stoties vadovas (gali būti kelių stočių), kitų ūkių darbuotojams – vežėjas („LTG Cargo“, „LTG Link“). Kiti licencijas turintis vežėjai, pvz., „Gargždų geležinkelis“, kol kas tik atvaro / nuvaro vagonus į / iš stoties kelių.



TDS – Traukinių dokumentų skyrius, VPS – Vagonų perdavimo skyrius, KAP – komercinės apžiūros punktas, TVPP – techninės vagonų priežiūros punktas, STOKIS – stoties kompiuterinė informacinė sistema; KDV – kompiuterizuota darbo vieta, ITC – Informacinių technologijų centras; OPKIS – operatyvi kompiuterinė informacinė sistema; SCB – signalizacija, centralizacija, blokuotė; TPP – traukinių priežiūros punktas.

1 pav. Geležinkelio stoties veiklos valdymo struktūra

Šaltinis: sudaryta autorės

1.3. Pagrindinės AB „LTG Infra“ Eismo valdymo departamento (GIE) funkcijos

Pagrindinės AB „LTG Infra“ Eismo valdymo departamento (GIE) funkcijos:

1. Organizuoja traukinių eismą tarpstočiais ir per stotis (LGB, traukinių eismo tvarkdariai, GSB).
2. Rengia manevrų maršrutus stočių viešojo naudojimo keliuose (GSB).
3. Rengia traukinių išformavimo ir formavimo maršrutus (GSB, GSK).
4. Užtikrina saugų vagonų važiavimo greitį skirstymo per kalnelį metu, įtvirtina vagonus skirstymo kelyne (GSK, ratstabdinkai).
5. Rengia ir koreguoja traukinių eismo grafikus ir organizuoja eismo pertraukas geležinkelio infrastruktūros priežiūros ir remonto darbams atlikti.

1.4. Pagrindinės vežėjo funkcijos

Pagrindinės vežėjo funkcijos:

1. Veža traukinius.
2. Rengia traukinių formavimo planą.
3. Rengia ir teikia paraišką viešosios infrastruktūros valdytojui skirti viešosios infrastruktūros pajėgumus traukiniams praleisti.
4. Sudaro traukinių priėmimo ir perdavimo per Tarpvalstybinius sandūros punktus (MGSP, rus. МГСП) mėnesio (paros) planą.
5. Planuoja tuščių vagonų vežimą pakrovai.
6. Planuoja vagonų vartymą į/iš krovos barų, privažiuojamųjų kelių.
7. Varo vagonus į/iš krovos barų, privažiuojamųjų kelių, manevruoja ten, rengia maršrutus, įtvirtina vagonus.
8. Planuoja ir atlieka manevrus stotyje, perstato vagonus iš vieno kelio/kelyno į kitą.
9. Sudaro su siuntėjais krovinio vežimo sutartis, įformina važtos dokumentus, traukinio lapus.
10. Įtvirtina ratstabdžiais vagonus stoties keliuose (išskyrus kaupiamuosius kelius).

1 lentelė. Bendrojo naudojimo informacinės sistemos ir įrenginiai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Naudotojas	Pastabos
1.	AKAS, AVANUM – automatizuotoji komercinės apžiūros ir vagonų atpažinimo bei vagonų numerių sutikrinimo su traukinio lapo duomenimis sistema	Vežėjas	Sistemos savininkė AB „LTG Infra“
2.	ASTĮ – stacionarus stabdžių tikrinimo įrenginys su automatinio duomenų registravimu	Vežėjas	Viešosios geležinkelių infrastruktūros keliuose
3.	Dinaminės vagonų svarstyklės	Muitinė Vežėjas	Viešosios geležinkelių infrastruktūros keliuose
4.	MILIS – mašinisto įspėjamųjų lapelių informacinė sistema	Vežėjas	Mašinistui įteikiamas popierinis įspėjamasis lapelis. Ateityje numatomas tiesioginis informacijos perdavimas į mašinisto kabiną
5.	RAKP – vagonų ašidėžių įkaitinimo kontrolės įrenginys	Vežėjas	Viešosios geležinkelių infrastruktūros keliuose
6.	Aširačių skaičiavimo įrenginys	GIE	Patikrinti, ar traukinys į stotį atvyko visu sąstatu
7.	Skirstomasis kalnelis, vagonų stabdikliai		Skirstomi vežėjo vagonai, valdo įrenginius GIE
8.	Jonizacijos tikrinimo įrenginiai	Valstybės institucijos	Įrengiami pasienio/perdavimo stotyse viešosios geležinkelių infrastruktūros keliuose
9.	Vagonų ir krovinių tikrinimo estakados pasienio/perdavimo stotyse	Vežėjas	Viešosios geležinkelių infrastruktūros keliuose

Šaltinis: sudaryta autorės

11. Atlieka vagonų techninę ir komercinę apžiūras, šalina gedimus ir komercinius pažeidimus.
12. Planuoja sąstatų išformavimą, sudaro atkabų lapus.
13. Stumia sąstatus ant kalnelio, atkabina vagonus, sustumia ir sujungia vagonus po skirstymo, formuoja traukinius, baigia traukinių formavimą kaupiamajame kelyne.
14. Planuoja traukinių formavimą ir išleidimą, lokomotyvų atvartymą ir keitimą.
15. Sujungia vagonų stabdžių rankoves, tikrina traukinio stabdžių sistemą, įteikia mašinistui pažymą apie stabdžius.
16. Formuoja ir įteikia mašinistui važtos dokumentų rinkinį ir įspėjamuosius lapelius.

2. Bendrojo naudojimo informacinės sistemos ir įrenginiai

Bendrojo naudojimo informacinių sistemų ir įrenginių sąrašas pateiktas 1 lentelėje.

Naudojimas kai kuriomis iš šių informacinių sistemų ir įrenginių įtrauktas į Minimalųjį prieigos prie viešosios geležinkelių infrastruktūros paketą.

Minimalusis prieigos prie viešosios geležinkelių infrastruktūros paketas (toliau – minimalusis prieigos paketas) – paslaugos, kurias sudaro prašymų skirti viešosios geležinkelių infrastruktūros pajėgumus tvarkymas; teisės naudotis viešąja geležinkelių infrastruktūra pagal paskirtus viešosios geležinkelių infrastruktūros pajėgumus, taip pat iešmais, elektros energijos tiekimo įrenginiais traukos srovei užtikrinti tuo atveju, kai yra tokie įrenginiai, suteikimas; traukinių eismo valdymas, kuris apima ir signalizavimą, reguliavimą, traukinių eismo tvarkymą; informacijos apie traukinių judėjimą, taip pat visos kitos informacijos, reikalingos norint pradėti teikti paslaugą arba paslaugai, kuriai buvo skirti viešosios geležinkelių infrastruktūros pajėgumai, teikti, perdavimas ir teikimas (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004).

3. Funkcijų atlikimo, įrenginių ir inventoriaus naudojimo problemos

Nors pagrindinės vežėjų ir viešosios infrastruktūros valdytojo funkcijos yra paskirstytos, tačiau išskyla problemų dėl jų vykdymo, taip pat dėl kai kurių įrenginių ir įrangos naudojimo bei priklausomybės.

3.1. Traukinio lapo įforminimas

Traukinio lapas – svarbiausias visą kelią vežamas nustatytos formos traukinio dokumentas, kuriame pateikti bendrieji traukinio duomenys (numeris, indeksas, svoris ir ilgis, ašių skaičius, išskirtinių vagonų kiekis), duomenys apie kiekvieną vagoną ir jo krovinį pavagoniui ir pagaliau apibendrinamieji duomenys. (Juškaitė ir kt., 2006)

Traukinio lapas (pagrindinis traukinio, kurį veža vežėjas, dokumentas) įforminamas vadovaujantis vežamų krovinių važtos dokumentais, todėl jį turi įforminti vežėjas, o traukinio lapo duomenys turi būti perkelti į tam tikras informacines sistemas.

Tačiau vežėjas, atkabindamas ar prikabindamas vagonus tarpinėse stotyse, ne visada turi galimybę darbuotojų duomenis perkelti į informacines sistemas, todėl vykdant *Traukinio lapo įforminimo metodikos* 3.5 p. (LGI, 2019) tai atlieka viešosios infrastruktūros darbuotojas.

Traukinio lapo įforminimo metodikoje (LGI, 2019) taip pat nurodyta, kad geležinkelio įmonės (vežėjai) ir remonto įmonės, kurioms nesuteikta prieiga prie IS, traukinio lapą pildo ranka. Tokį traukinio lapą pasirašo geležinkelio įmonės (vežėjo) ar remonto įmonės įgaliotas AB „Lietuvos geležinkelių infrastruktūra“ atstovas ir pateikia viešosios geležinkelių infrastruktūroje valdytojo geležinkelio stoties budėtojui. Viešosios geležinkelių infrastruktūrose valdytojo geležinkelio stoties budėtojas ar kitas atsakingas darbuotojas gaustus duomenis įveda į IS.

Jei bus daugiau vežėjų – padidės tokio neefektyvaus darbo mastai, todėl reikia spręsti klausimą dėl vežėjo traukinio lapo duomenų automatizuoto (be popierinio varianto) perdavimo į LTG informacines sistemas (OPKIS, STOKIS ir kt.). Tai yra tobulintina sritis tiek infrastruktūros valdytojui, tiek ir vežėjams, nes reikia rasti optimalų, saugų ir ekonomišką sprendimą.

3.2. Vagonų įtvirtinimas viešosios geležinkelių infrastruktūros keliuose

Vagonai viešosios geležinkelių infrastruktūros keliuose įtvirtinami ratstabdžiais (žr. 2 pav.).

Ratstabdžiai – paprasčiausias įtaisas riedantiems nuokalnėlio vagonams stabdyti ar pristabdyti, stovintiems vagonams įtvirtinti. (Juškaitė ir kt., 2006)

Ratstabdžiai laikomi griežtos apskaitomybės inventoriūmų, todėl jie numeruojami, dažomi ir registruojami. Nenaudojami ratstabdžiai laikomi užrakinti specialiai įrengtuose stovuose.



2 pav. Ratstabdžiai

Šaltinis: <https://oef.com.ua/viewtopic.php?t=365>

Pagrindiniai riedmenų įtvirtinimo reikalavimai ir normų apskaičiavimo tvarka nurodyti Geležinkelių eismo taisyklių (SM, 1999) 2 priede, o konkrečios normos riedmenims (vagonams) įtvirtinti viešosios infrastruktūros stoties keliuose – Stoties knygoje.

Pagal galiojančią tvarką vagonus stoties keliuose įtvirtina vežėjo atstovas (vagonų tikrintojas, derintojas, konduktorius, kt.) savo ratstabdžiais. Tačiau pasitaiko atvejų, kai vagonus į stoties kelius atvaro/nuvaro vienas vežėjas, o vagonai įtvirtinami kito vežėjo ratstabdžiais. Be to, ratstabdžių poreikis gali kilti ir kitiems vežėjams.

Taigi, svarstoma dėl ratstabdžių vagonams įtvirtinti geležinkelio stočių keliuose perdavimo viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojui. Tačiau toks sprendimas gali sukelti sunkumų dėl ratstabdžių apskaitos ir naudojimo kontrolės bei sukelti grėsmę eismo saugai, nes didelėse stotyse ratstabdžius naudojantys darbuotojai gali nejausti atsakomybės už jų saugojimą.

Pavyzdžiui, Vaidotų, Radviliškio, Klaipėdos, Kauono (Palemono), Kenos, Kybartų ir Draugystės stotyse atvykusių į stotį traukinių sąstatus ratstabdžiais įtvirtina, juos išima ir už juos atsako „LTG Cargo“ vagonų tikrintojai. Ratstabdžių poreikis šiose stotyse yra didelis, nes gana didelis traukinių srautas (iki 40 traukinių per parą). Jei už ratstabdžius bus atsakingas geležinkelių infrastruktūros valdytojas, jų saugojimą užtikrinti gali būti gan sudėtinga.

Tinkamai organizuoti ratstabdžių priežiūrą, naudojimą ir kontrolę bei užtikrinti eismo saugą AB „LTG Infra“ prireiks papildomų žmogiškųjų išteklių ir priemonių, todėl logiškas būtų toks sprendimas: stotyse, kuriose yra AB „LTG Cargo“ vagonų tikrintojai, ratstabdžiai priklausytų vežėjui, o kitose stotyse prireikus vagonus galima būtų tvirtinti ir AB „LTG Infra“ ratstabdžiais. Kiti vežėjai ratstabdžių naudojimo ir nuosavybės klausimą turėtų spręsti kompleksiskai su AB „LTG Infra“ ir AB „LTG Cargo“ pagal įtvirtinamų sąstatų skaičių ir ratstabdžių poreikį.

3.3. Pavojingųjų ir negabaritinių krovinių vežimas

Pavojingųjų ir negabaritinių krovinių vežimo reikalavimai ir tvarka nustatyti taisyklėse ir tarptautiniuose susitarimuose.

AB „LTG Infra“ nustato, kokiais stočių keliais galima praleisti ir laikyti tokius krovinius. Tačiau kol kas neaišku, kas turėtų spręsti, derinti, leisti tokių krovinių vežimą viešosios geležinkelių infrastruktūros keliais: infrastruktūros valdytojas ar AB „Lietuvos geležinkeliai“ atitinkamas padalinys, ypač jei kalbama apie tarpautinius vežimus.

3.4. Stoties kelių paskirstymas, manevriniai lokomotyvai ir paslaugų eiliškumas

Jei būtų keletas vežėjų, kurie vežtų pakankamai didelį traukinių srautą, kai kuriose stotyse gali kilti problemų dėl kelių paskirstymo ir paslaugų eiliškumo: Susiklosčius tokiai situacijai reikės svarstyti, ar kiekvienam vežėjui priskirti atskirus traukinių atvykimo ir išvykimo bei vagonų kaupimo kelius, ar pasirinkti slenkančią specializaciją pagal kelių laisvumą. Jeigu būtų pasirinkta priskirti traukinių atvykimo ir išvykimo bei vagonų kaupimo kelius kiekvienam vežėjui, gali pritrukti kelių, nes traukinių atvykimo ir išvykimo kelių laukimas, kol atvyks vežėjo traukinys, reikiamo vagonų skaičiaus kaupimas traukiniui suformuoti gali užtrukti. Be to, tokiais atvejais keliai būtų naudojami neefektyviai.

Skirstymo stotyse traukinių sąstatai išformuojami ir performuojami per skirstomuosius kelius, vagonai/sąstatai perstatomi vežėjo manevriniais lokomotyvais, tačiau atsiradus daugeliui vežėjų gali kilti problemų dėl manevrinių lokomotyvų naudojimo ir paslaugų suteikimo eiliškumo. Todėl, siekiant užtikrinti vežėjų vienodas teises ir sąlygas, reikės nustatyti manevrinių lokomotyvų naudojimo ir manevravimo paslaugų suteikimo tvarką ir eiliškumą.

4. Traukinių ir krovinių vežimas tarptautiniais maršrutais

Tarptautiniais vežimais rūpinasi tarptautinė geležinkelio įmonių (vežėjų) grupė.

Tarptautinė geležinkelio įmonių (vežėjų) grupė – tai bent dviejų skirtingose Europos Sąjungos valstybėse narėse ar kitų Europos ekonominės erdvės susitarimo dalyvių teritorijoje įsikūrusių geležinkelio įmonių (vežėjų) susivienijimas vežti keleivius, bagažą ir (ar) krovinius geležinkelių transportu tarptautiniais maršrutais. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Vežėjas, pageidaujantis dalyvauti tarptautinėse vežimuose, turi:

- turėti Lietuvos Respublikos licenciją verstis geležinkelių transporto ūkine komercine veikla su teise vežti krovinius tarptautiniais maršrutais;
- būti OSŽD (SMGS, SMPS, PGV) dalyviu (<https://osjd.org/ru/8927/>);
- pasirašyti atitinkamus susitarimus ir sutartis su kitais tarptautiniais vežėjais;
- vykdyti Geležinkelių transporto tarybos (GTT, <https://www.sovetgt.org/>) nutarimus (vežant 1520 mm pločio keliais);
- susitarti dėl:
 - tarpvalstybinių atsiskaitymų už kitų valstybių vagonų naudojimą (vežant 1520 mm pločio geležinkeliais);
 - vagonų pravažiavimo per MGSP apskaitos ir buvimo 1520 mm pločio geležinkeliuose;
 - kitų reikalavimų, numatytų OSŽD ir GTT dokumentuose.



3 pav. Lietuvos geležinkelių schema

Šaltinis: sudaryta autorės

Vežami tarptautiniais maršrutais vagonai, kroviniai ir konteineriai perduodami pasienio ar perdavimo stotyse (žr. 3 pav.).

Pasienio stotis – valstybės sienos perėjimo vietose projektuojamos stotys pasienio procedūroms vežant keleivius ir krovinius tarptautiniais maršrutais atlikti. (Geležinkelio stočių projektavimo taisyklės, 2015).

Perdavimo stotis – tai geležinkelio stotis, turinti išplėtotą kelių tinklą, būtinus techninius įrenginius ir darbuotojų, privalančių užtikrinti, kad kitai valstybei būtų perduodami ir iš jos priimami techniniu bei komerciniu požiūriu tvarkingi riedmenys, kroviniai, konteineriai ir pervežimo įrenginiai, tinkamai įformintas traukinio perdavimo žiniaraštis ir suformuoti būtini nacionalinės informacinės sistemos pranešimai, kurių duomenys reikalingi perdavimo apskaitai ir vagonų numerinei apskaitai tvarkyti. (LG 294/FS, 2014). Lietuvos teritorijoje tai Kenos, Vaidotų, Kybartų, Radviliškio, Pagėgių, Bugenių ir Mockavos geležinkelio stotys (žr. 3 pav.).

Perdavimo stotyse vežėjas:

- pasirašytinai prima ir perduoda krovinius, vagonus, konteinerius iš/į gretimo (kaimyninio) geležinkelio;
- įformina traukinio/vagonų/krovinių/konteinerių perdavimo žiniaraštis ir perduoda informacinius pranešimus kaimyniniam geležinkeliui;
- vykdo valstybės institucijų (pasienio, muitinės, fitosanitarines, kt.) reikalavimus.

Tarptautinių vežimų pavyzdys pateiktas 4 paveiksle.



4 pav. Konteinerių vežimas traukiniu „Saulė“

Šaltinis: „LTG Cargo“, 2020

Išvados

Straipsnyje išnagrinėtos Europos Sąjungos direktyvos, pateikti Lietuvos Respublikos ir tarptautinių geležinkelių organizacijų dokumentai, susiję su viešosios geležinkelių infrastruktūros naudojimu, viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo ir vežėjų funkcijomis ir reikalavimais.

Siekiant įvykdyti Europos Sąjungos direktyvų reikalavimus dėl galimybės suteikti vienodas sąlygas geležinkelių vežėjams, reorganizuota AB „Lietuvos geležinkeliai“ struktūra ir valdymas, atskirtos vežėjų ir viešosios geležinkelio infrastruktūros funkcijos.

Aprašyta geležinkelio stočių struktūra ir valdymo funkcijos iki ir po reorganizacijos. Įvardyti skirtumai ir dar nesuderinti procesai (pvz., riedmenų įtvirtinimo ratstabdžiais ir kt.), kurie viešosios geležinkelio infrastruktūros valdytojo ir vežėjų nuodugnai nagrinėjami.

Taip pat nustatyta, kad Lietuvos vežėjams, siekiantiems vežti Lietuvos Respublikos viešosios geležinkelių infrastruktūros keliais ir tarptautiniais maršrutais, būtina ne tik turėti ką vežti (krovinių), bet ir įvykdyti Lietuvos Respublikos bei tarptautinių organizacijų (OSŽD, GTT ir kt.) reikalavimus.

Nepaisant išskylančių sunkumų AB „Lietuvos geležinkeliai“ veikla yra sklandi, siekiama suteikti visiems vežėjams vienodas teises ir užtikrinant vienodas galimybes naudotis geležinkelių infrastruktūra bei su geležinkelių infrastruktūra susijusiomis paslaugomis.

Literatūra

- AB „Lietuvos geležinkelių infrastruktūra“ (2019). Traukinio lapo įforminimo metodika. (2019 gruodžio 27 d. Nr. 2019 m. gruodžio 27 d. Nr. ĮS(LGI)-69). [žiūrėta 2020-10-13]. Prieiga per internetą: http://lginfrastruktura.lt/documents/12778/8367915/1_Traukinio+lapo+%C4%AFforminimo+metodika+MDI70E.pdf/dfd2ecd4-cbb3-482a-a46c-ecf1ffc76809.
- AB „LTG Cargo“. Konteinerių vežimas. (2020). [žiūrėta 2020-10-09]. Prieiga per internetą: <http://cargo.litrail.lt/konteineriniai-vezimai;jsessionid=3B7B65E58E318513714B1A0ED1348833>.
- AB „Lietuvos geležinkeliai“. (2014). Kitų valstybių prekinį vagonų naudojimo, numerinės apskaitos ir atsiskaitymo už jų naudojimą taisyklės 294/FS.
- Europos Sąjunga. (2012). Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2012/34/ES. [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=celex%3A32012L0034>.
- Europos Sąjunga. (2016). Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2016/2370. [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A32016L2370>.
- Geležinkelių bendradarbiavimo organizacija (OSŽD, rus. ОСЖД). (2020). Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) [žiūrėta 2020-10-09]. Prieiga per internetą: <https://osjd.org/ru/8978/page/106077?id=2247>.

Sutartis dėl prekinį vagonų naudojimo tarptautiniame susisiekiame (rus. ДОГОВОР о пользовании грузовыми вагонами в международном сообщении (Договор о ПГВ). (2020). [žiūrėta 2020-10-24]. Prieiga per internetą: <https://osjd.org/api/media/resources/1643131>.

- Juškaitė, N., N., Keinys, S., Sakalauskas, K. (2006). Aiškinamasis geležinkelių transporto terminų žodynas: terminai lietuvių, anglų, vokiečių ir rusų kalbomis. Vilnius: Lodvila.
- Lietuvos Respublikos Seimas. (2004). Lietuvos Respublikos geležinkelių transporto kodeksas (2004 m. balandžio 22 d. Nr. IX-2152). [žiūrėta 2020-10-08]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.232217/asr>.
- Lietuvos Respublikos Seimas (LRS). (2017) Aiškinamasis raštas dėl Lietuvos Respublikos geležinkelių transporto kodekso pakeitimo. [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActPrint/lt?jfwid=bkyibmcdc&documentId=571d34405f0f1e896f6c1bcc8cd3a8&category=TAK>.
- Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija (1999). Geležinkelių eismo taisyklės. [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.749A8714F911/asr>.
- Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija ir Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2004). Geležinkelio stočių projektavimo taisyklės (2004 m. gegužės 5 d. Nr. 3-250/D1-249). [žiūrėta 2020-10-13]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.236475?jfwid=rivwzvpyvg>.
- Lietuvos transporto saugos administracija. (2020). Licencijos verstis geležinkelių transporto ūkine komercine veikla. [žiūrėta 2020-10-24]. Prieiga per internetą: <https://ltsa.lrv.lt/lt/paslaugos/administraciniu-paslaugu-sarasas/gelezinkeliu-transporto-2/licencijos-verstis-gelezinkeliu-transporto-ukine-komercine-veikla>.

ANALYSIS OF THE ORGANIZATION OF RAILWAY ACTIVITIES IN THE PRESENCE OF SEVERAL CARRIERS

Janina Labutytė

Vilnius College of Technology and Design,
Antakalnio str. 54, LT-10303, Vilnius

Annotation. The article deals with the issues of the organization of railway activities in the presence of several carriers. The requirements of the European Union Directives 2012/34 / EU and 2016/2370 regarding the impartiality, independence and financial transparency of the railway infrastructure manager, ensuring equal access to railway infrastructure and services related to railway infrastructure, have been analyzed. An analysis of Lithuanian railway activities and work organization before and after the reorganization was performed in compliance with the requirements of the European Union directives. The functions of carriers and the public railway infrastructure manager before and after the reorganization, problems and requirements for carriers wishing to transport the public railway infrastructure of the Republic of Lithuania on roads and international routes are analyzed.

LIETUVOS GELEŽINKELIŲ TRANSPORTO SEKTORIAUS LIBERALIZACIJOS ANALIZĖ

Janina Labutytė, Irina Briuchoveckaja

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjami Lietuvos geležinkelių transporto sektoriaus liberalizacijos klausimai, siekiant sudaryti vienodas sąlygas visiems vežėjams. Išanalizuoti Europos Sąjungos 2012/34/ES ir 2016/2370 direktyvų reikalavimai dėl geležinkelių infrastruktūros valdytojo nešališkumo, nepriklausomumo ir finansinio skaidrumo, užtikrinant vienodas galimybes naudotis geležinkelių infrastruktūra ir su geležinkelių infrastruktūra susijusiomis paslaugomis. Pateikti kai kurių Europos Sąjungos valstybių geležinkelių transporto sektoriaus veiklos valdymo modeliai. Išnagrinėta Lietuvos geležinkelių transporto sektoriaus reorganizacijos eiga, vykdamas Europos Sąjungos direktyvų ir Lietuvos Respublikos geležinkelių transporto kodekso reikalavimus.

Reikšminiai žodžiai: Europos Sąjunga, geležinkelis, viešojo geležinkelių infrastruktūra, geležinkelio stotis, viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas, vežėjas.

Įvadas

Lietuvos geležinkelių transporto sektorius, vykdydamas savo veiklą, turi laikytis Europos Sąjungos direktyvų reikalavimų ir suteikti visiems vežėjams vienodas teises ir galimybes naudotis viešąja geležinkelių infrastruktūra ir su geležinkelių infrastruktūra susijusiomis paslaugomis.

Lietuvos Respublikos geležinkelių transporto liberalizacijos pokyčiai susieti su 2019 m. gruodžio 13 d. ir 2020 m. birželio 26 d. Lietuvos Respublikos įstatymais Nr. XIII-2686 ir Nr. XIII-3193, patvirtintais Lietuvos Respublikos geležinkelių transporto kodekso (LRS, 2004) pakeitimais ir papildymais, kurie, įgyvendinant Europos Sąjungos direktyvas, nulėmė pokyčius Lietuvos geležinkelių transporto sektoriuje ir suteikė galimybę steigti geležinkelio įmones, kurios dirba atviros rinkos sąlygomis.

Pagrindinės sąvokos

Geležinkelio įmonė (vežėjas) – licencijuota įmonė (juridinis asmuo, kita organizacija, juridinio asmens, kitos organizacijos padalinys), kurios veikla yra teikti keleivių, bagažo ir (ar) krovinių vežimo geležinkelių transportu vietiniais ir (ar) tarptautiniais maršrutais paslaugas ir (ar) kombinuotojo keleivių vežimo vietiniais maršrutais paslaugas ir užtikrinti trauką, taip pat įmonė (juridinis asmuo, kita organizacija, juridinio asmens, kitos organizacijos padalinys), kuri užtikrina tik trauką. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Geležinkelių infrastruktūra – geležinkelio keliai, išskyrus geležinkelio kelius, esančius geležinkelių riedmenų techninės priežiūros atlikimo vietose (depuose, cechuose, dirbtuvėse), kiti statiniai, geležinkelių infrastruktūros objektų užimama žemė, įranga ir įrenginiai, būtini geležinkelių transporto eismui organizuoti ir valdyti bei geležinkelių transporto eismo saugai užtikrinti. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Geležinkelių infrastruktūros valdytojas – juridinis asmuo, kita organizacija, juridinio asmens, kitos organizacijos padalinys ar fizinis asmuo, teisėtu pagrindu valdantis geležinkelių infrastruktūrą. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Transporto infrastruktūros objekto valdytojas – fizinis asmuo, juridinis asmuo ar kita organizacija ar jų padalinys (toliau – fizinis asmuo ar juridinis asmuo), teisėtai valdantis transporto infrastruktūros objektą. (LR transporto veiklos pagrindų įstatymas, 1991)

Viešojo geležinkelių infrastruktūra – geležinkelių infrastruktūra, skirta viešiesiems ir ūkio subjektų poreikiams tenkinti – keleiviams, bagažui ir (ar) kroviniams vežti, manevruoti ir (ar) važiuoti į geležinkelių infrastruktūros objektų statybos, remonto ir (ar) techninės priežiūros darbų atlikimo vietą ir iš jos. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004).

Santrumpos

LTG – AB „Lietuvos geležinkeliai“

LTG CARGO – AB „LTG Cargo“ (krovinių vežimas)

LTG INFRA – AB „LTG Infra“

LTG LINK – UAB „LTG Link“ (keleivių vežėjas)

OSŽD – Geležinkelių bendradarbiavimo organizacija (rus. ОЖД)

SMGS – Tarptautinis krovinių vežimo geležinkeliais susitarimas (rus. CMTC)

1. Europos Sąjungos reikalavimai geležinkeliams

Europos Sąjungos 2012/34/ES ir 2016/2370 (ES, 2012 ir 2016) direktyvos nustato reikalavimus dėl geležinkelių infrastruktūros valdytojo nešališkumo, nepriklausomumo ir finansinio skaidrumo, užtikrinant vienodas galimybes naudotis geležinkelių infrastruktūra ir su geležinkelių infrastruktūra susijusiomis paslaugomis.

Pagal šias direktyvas ES valstybė narė turi užtikrinti tinkamą ES reikalavimų dėl geležinkelių transporto sektoriaus veiklos vykdymą.

Pagrindiniai ES direktyvų reikalavimai: (LRS, 2017):

- esminių viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijų vykdymo teisinis, organizacinis ir sprendimų priėmimo nepriklausomumas nuo geležinkelio įmonės (vežėjo) ar bet kurio kito juridinio asmens;
- geležinkelių infrastruktūros valdytojas turi būti atsakingas už geležinkelių infrastruktūros naudojimą, techninę priežiūrą ir atnaujinimą bei plėtrą;
- geležinkelių infrastruktūros valdytojo nepriklausomumas, apimantis geležinkelių infrastruktūros valdytojo vadovaujama asmenų pareigą veikti laikantis nediskriminavimo principo, neturint jokio interesų konflikto (šio reikalavimo įgyvendinimas turėtų būti užtikrinamas bent jau apribojant šių asmenų galimybę eiti pareigas kituose vertikalčiai integruotos įmonės subjektuose, draudimą gauti atlyginimą, priklausantį nuo tokių subjektų veiklos rezultatų, suteikiant prieigą prie neskelbtinos informacijos, susijusios su esminėmis viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijomis, tik geležinkelių infrastruktūros valdytojo įgaliotiems darbuotojams);
- geležinkelių infrastruktūros valdytojo nešališkumas dėl geležinkelių transporto eismo valdymo ir geležinkelių infrastruktūros techninės priežiūros planavimo (šie darbai turi būti atliekami skaidriai ir nediskriminuojant geležinkelio įmonių (vežėjų);
- geležinkelių infrastruktūros valdytojo finansinis skaidrumas (draudžiama geležinkelių infrastruktūros valdytojui ir geležinkelio įmonėms (vežėjams) skolintis tarpusavyje, pareiga infrastruktūros valdytojo siūlomas paslaugas grįsti sutartimis ir už jas atsiskaityti pagal rinkos kainą, atskirai tvarkyti infrastruktūros valdytojo skolas, taip pat infrastruktūros valdytojo sąskaitas taip, kad būtų užtikrinta atskira infrastruktūros valdytojo apskaita ir finansinių operacijų skaidrumas).

2. Europos Sąjungos valstybių geležinkelių transporto sektoriaus veiklos valdymo modeliai

Vokietijoje, Švedijoje, Prancūzijoje ir Latvijoje egzistuojantys geležinkelių transporto sektoriaus veiklos valdymo modeliai (LRS, 2017):

Vokietijos geležinkelių reforma laikytina komerciškai efektyvaus geležinkelių veiklos koordinavimo pavyzdžiu. 1999 m. *Deutsche Bahn AG* veiklos buvo išskaidytos į pavienes akcines bendroves, o jų vieninteliu akcininku tapo *Deutsche Bahn AG*, kurio 100 procentų akcijų priklauso Vokietijos valstybei. Koncerno įmonių, kurių veikla buvo geležinkelių infrastruktūros valdymas, valdymas ir apskaita, atskirti nuo *Deutsche*

Bahn AG priklausančių įmonių, kurių veikla apėmė krovinių ir keleivių vežimą geležinkelių transportu.

Švedijoje, pasirinkusioje visišką geležinkelių infrastruktūros valdytojo atskyrimą, šiuo metu ieškoma būdų, kaip sumažinti dideles rinkos koordinavimo sąnaudas, susijusias su funkcijų dubliavimo, atsakomybės stokos ir investicijų prioriteto problemomis, taip pat ieškoma būdų paskatinti geležinkelio įmonių (vežėjų) ir geležinkelių infrastruktūros valdytojų bendradarbiavimą, sprendžiant geležinkelių transporto eismo planavimo ir geležinkelių tinklo apkrovos problemas.

Prancūzijos pavyzdys patvirtina visiško geležinkelių infrastruktūros valdytojo ir geležinkelio įmonių (vežėjų) atskyrimo neefektyvumą. Prancūzijoje 1997 m. buvo visiškai atskirtas geležinkelių infrastruktūros valdytojas ir geležinkelio įmonė (vežėjas). Pasiėkus 40 milijardų eurų skolą dėl neefektyvaus geležinkelių infrastruktūros investicijų koordinavimo, 2015 m. Prancūzijos geležinkeliai buvo restruktūrizuoti į kontroliuojančią bendrovę – įsteigta nauja geležinkelio įmonė (vežėjas) ir geležinkelių infrastruktūros valdytojas.

Latvijoje, kurios geležinkelių transporto rinka yra artimiausia Lietuvos geležinkelių transporto rinkai, geležinkelių infrastruktūros valdytojas veikia iš dalies atskirto geležinkelių transporto sektoriaus valdymo modelio pagrindu. Vis dėlto Latvijos iš dalies atskirtas geležinkelių transporto sektoriaus modelis vertinamas kritiškai. Pirma, dėl to, kad geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijos yra padalytos tarp kelių subjektų: Latvijos geležinkelių patronuojamosios įmonės, atsakingos už esminių viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijų vykdymą, ir Latvijos geležinkelių patronuojančiosios įmonės, atsakingos už likusių geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijų įgyvendinimą. Antra, kvestionuotinas ir geležinkelių infrastruktūros valdytojo nepriklausomumas nuo geležinkelio įmonės (vežėjo), ypač vertinant faktą, kad geležinkelio įmonė (vežėja) kontroliuoja įmonė, kuri yra geležinkelių infrastruktūros valdytoja.

Lenkijos geležinkelių reorganizacija prasidėjo 2000 m. Geležinkelio linijos „Hrubieszow – Slawkow“ operatorius PKP LHS tapo pirmąja akcine bendrove geležinkelio pramonėje. 2001 m. buvo sukurta akcinė bendrovė „Lenkijos geležinkeliai“ (PKP) ir keletas patronuojančių įmonių: „PKP Cargo“ (krovinių vežimas), „PKP Intercity“ (tarp miestinis transportas), „PKP Przewozy Regionalne“ (priemiesčio transportas), PKP PLK (infrastruktūra), PKP „Informatika“ (signalizacija ir automatika), „PKP Energetika“ (energijos tiekimas) ir kt. Įsteigta priežiūros institucija – Geležinkelių transporto biuras (*Urząd Transportu Kolejowego*). Reformuojant nacionalinę bendrovę steigti ir privatūs operatoriai; įkurta 15 bendrovių, turinčių licencijas keleiviams vežti ir 53 įmonės kroviniams vežti. (CTS (rus. IJTC), 2016)

Pasak amerikiečių transporto eksperto Džefersono Sinklerio (2020), „**Europos**“ geležinkelių reforma numato esamos vertikalčiai integruotos geležinkelių mono-

polijos padalijimą į atskiras įmones. Pirmiausia, viena valstybinė įmonė, turinti infrastruktūros ir traukinių eksploatavimo monopolį, yra padalinta į bendrovę, kuri ir toliau turi infrastruktūros monopoliją, ir nors vieną traukinių vežimo bendrovę (geležinkelio vežėją), kuri privalo konkuruoti su kitais privačiais vežėjais. Visoje Europoje tiek infrastruktūros įmonė, tiek šie vežėjai turi bendrą valstybinę patronuojančią bendrovę.

3. Vežimų geležinkeliais organizavimo bendrieji principai

Kiekvieno geležinkelio struktūra susideda iš trijų pagrindinių sričių: infrastruktūra, krovinių ir keleivių vežimai.

Krovinius ir keleivius geležinkeliais gali vežti vienas arba keletas vežėjų, pvz., SMGS (OSŽD, 2020) 5 priedo duomenimis, Latvijoje yra 4, Lenkijoje – 34, Estijoje – 2, Lietuvoje – 4 krovinių vežėjai. Krovinių ir keleivių vežėjai gali vežti keleivius ir krovinius visomis šalies geležinkelio linijomis arba tik tam tikromis, pvz., Lenkijos vežėjai – visomis, Estijos ir Rusijos – tik tam tikromis geležinkelio linijomis.

(<https://osjd.org/api/media/resources/1641760>)



1 pav. Pagrindiniai geležinkelių sektoriai
KLV – keleivių vežėjai, KRV – krovinių vežėjai

Sudaryta autorės

Tarptautinio krovinių vežimo geležinkeliais susitarimo (SMGS) 5 priede (OSŽD, 2020) nurodyti 4 vežėjai, dalyvaujantys tarptautinėse vežimuose SMGS sąlygomis: AB „Lietuvos geležinkeliai“, AB „LTG Cargo“, UAB „Gargždų geležinkelis“ ir UAB „LGC Cargo“. Tačiau Lietuvos transporto saugos administracijos (2020) tinklapyje nurodyta, kad šiuo metu licencijos verstis Lietuvos Respublikoje geležinkelių transporto ūkine komercine veikla galioja devynioms įmonėms, daugelis iš kurių krovinius veža tik iš savo privažiuojamųjų kelių į viešosios geležinkelių infrastruktūros kelius. Licencijos vykdyti vežimus tarptautiniais maršrutais galioja tik 4 įmonėms: AB „LGC Cargo“, AB „Gargždų geležinkelis“, UAB „Baltloco“ ir UAB „LGC Keleiviams“. Licencija UAB „LGC Cargo“ sustabdyta 2018-12-19, tačiau, BNS duomenimis, vienintelis UAB „Baltloco“, kuriai licencija išduota 2020-01-30, akcininkas yra UAB „LGC Cargo“ vadovas.

Viešoji geležinkelių infrastruktūra – geležinkelių infrastruktūra, skirta viešiesiems ir ūkio subjektų poreikiams tenkinti – keleiviams, bagažui ir (ar) krovi-

niams vežti, manevruoti ir (ar) važiuoti į geležinkelių infrastruktūros objektų statybos, remonto ir (ar) techninės priežiūros darbų atlikimo vietą ir iš jos. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

Viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas – šio Kodekso 23 straipsnio 1 dalyje nurodyta įmonė, kuri šio Kodekso nustatyta tvarka yra atsakinga už viešosios geležinkelių infrastruktūros techninę priežiūrą, eksploatavimą, atnaujinimą ir plėtrą. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

LR geležinkelių transporto kodekso 23 straipsnio 1 dalyje nurodyta: šio Kodekso ir įstatymų, kuriuose reguliuojami valstybės turto valdymo, naudojimo ir disponavimo juo teisiniai santykiai, nustatyta tvarka viešąją geležinkelių infrastruktūrą patikėjimo teise valdo, naudoja, ja disponuoja viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytoja – akcinės bendrovės „Lietuvos geležinkeliai“ viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijoms vykdyti įsteigta patronuojanti bendrovė. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004)

LR geležinkelių transporto kodekso 23 straipsnio 1 dalis pakeista 2018 metais (Nr. XIII-1858, 2018-12-20, paskelbta TAR 2019-01-08, i. k. 2019-00218), šie pakeitimai neprieštaruoja Lietuvos Respublikos transporto veiklos pagrindų įstatymo nuostatomis ir įrašyti į geležinkelio įmonių (vežėjų) steigimo įstatus (AB „Lietuvos geležinkeliai“. Įstatai 2019-07-25. Kodas 110053842, 10 p.; AB „LTG Infra“. Įstatai 2020-08-26. Kodas 305202934, 7 p.)

Šiuo metu Viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijas vykdo AB „LTG Infra“, o keleivius ir krovinius veža UAB „LTG Link“ ir AB „LTG Cargo“, kurių visos akcijos priklauso valstybei. AB „Lietuvos geležinkeliai“ grupės struktūra pateikta 2 pav.

Didžiausios Baltijos šalyse geležinkelių grupės „Lietuvos geležinkeliai“ (LTG) krovinių vežimo bendrovė „LTG Cargo“ pradeda plėtrą į Vakarų. Bendrovė įsteigė antrinę įmonę „LTG Cargo Polska“, kuri plėtos krovinių vežimo geležinkeliais veiklą Lenkijoje. Taip siekiama didinti krovinių vežimo geležinkeliu patrauklumą, sustiprinti logistikos tiekimo grandines ir pagerinti didelių krovinių mobilumą tarp Lietuvos ir Lenkijos. (<https://www.litrail.lt/-/%E2%80%9Eltg-cargo-zengia-i-lenkijos-gelezinkeliu-rinka-isteigta-bendrove-%E2%80%9Eltg-cargo-polska->).

Be to, iš kaimyninių šalių atvyksta tų geležinkelių vežėjai: iš Lenkijos – PKP „Cargo“ ir DB „Schenker“, iš Latvijos – LDZ, Baltarusijos – BČ (БЧ), iš Rusijos RŽD (РЖД). Jie savo lokomotyvais atveža ir išveža traukinius iki ar iš Lietuvos geležinkelių pasienio ar perdavimo stočių (dažniausiai pariteto pagrindais). Vežimai šiais tarptautiniais maršrutais organizuojami ir vykdomi vadovaujantis tarptautiniais susitarimais ir sutartimis. Lietuvos geležinkelių schema pateikta 3 pav.

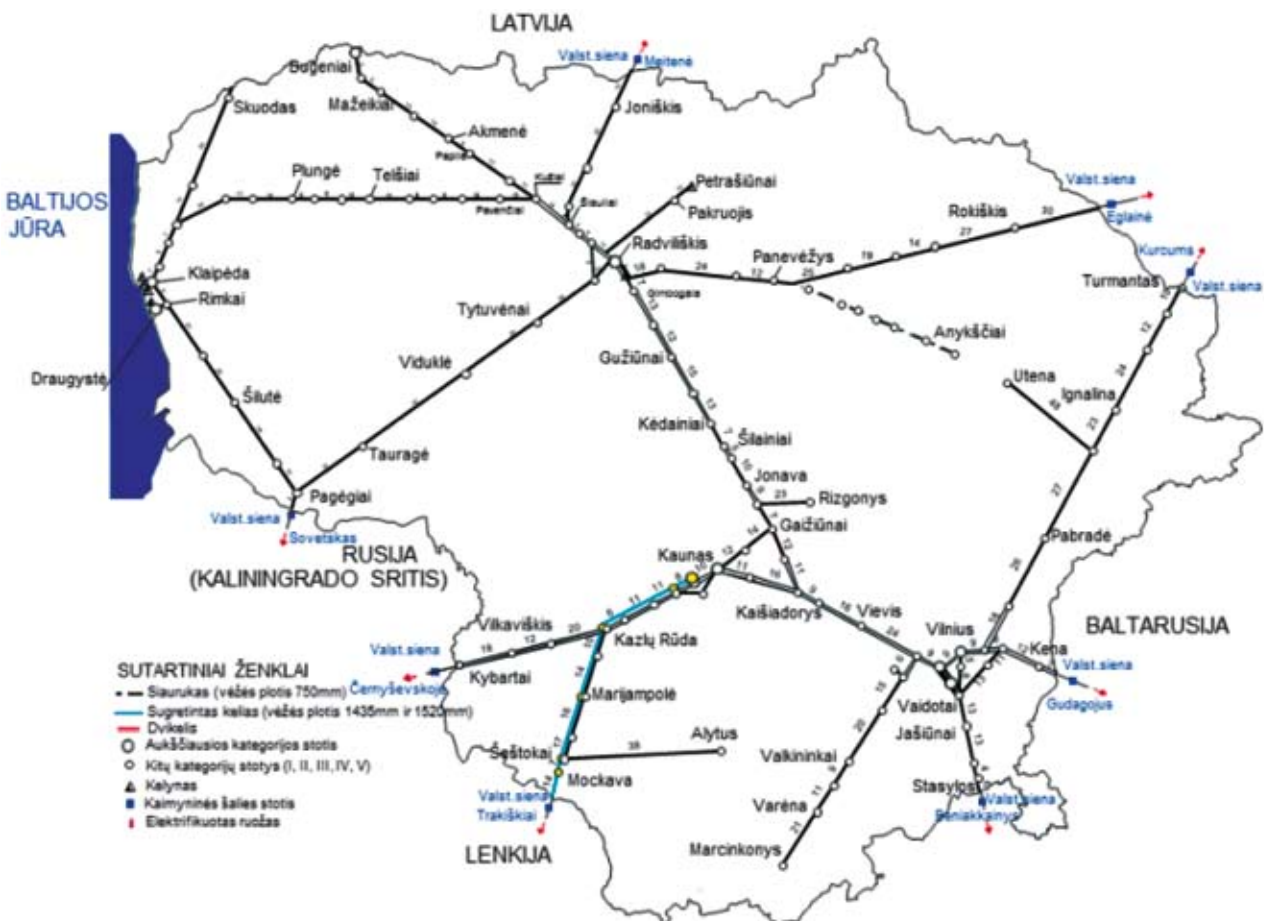
Viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas ir visi vežėjai organizuojami ir vykdydami vežimus vadovaujasi Lietuvos Respublikos geležinkelių trans-



2 pav. AB „Lietuvos geležinkeliai“ grupės struktūra (LTG, 2020.)

*2020 m. įsteigtas naujas struktūrinis vienetas

Šaltinis: <https://www.litrail.lt/grupes-imos>



3 pav. Lietuvos geležinkelių schema

Šaltinis: *Krovinių vežimo tarifų knyga, 2019*

porto kodeksu (LR Seimas, 2004), Lietuvos Respublikos transporto veiklos pagrindų įstatymu (LR Seimas, 2003), ES direktyvomis, tarptautinėmis sutartimis ir susitarimais, kitais geležinkelių transporto veiklą reglamentuojančiais teisės aktais, nurodytais LR susisiekimo ministerijos tinklapyje: <https://sumin.lrv.lt/lt/teisine-informacija/gelezinkeliu-transportas#gelezinkeliu>

Esminės viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo funkcijos – sprendimų dėl viešosios geležinke-

lių infrastruktūros pajėgumų skyrimo, įskaitant konkrečių traukinio linijų skyrimo galimybės nustatymą, įvertinimą ir jų paskyrimą, taip pat sprendimų dėl užmokesčio už minimalųjį prieigos paketą dydžio nustatymo ir šio užmokesčio surinkimo priėmimas. (LR geležinkelių transporto kodeksas, 2004).

Geležinkelio įmonė AB „LTG Infra“ viešosios geležinkelio infrastruktūros įrenginius nuomoja kitoms geležinkelio įmonėms (vežėjams), tą skelbia savo tin-

klapyje: *Geležinkelių paslaugų įrenginiai* (<http://lginfrastruktura.lt/gelezinkeliu-paslaugu-irenginiai>).

Vadovaujantis *Viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo valdomuose geležinkelių paslaugų įrenginiuose teikiamų su geležinkelių transportu susijusių pagrindinių ir (ar) papildomų paslaugų teikimo 2019-2020 metų tarnybinio traukinių tvarkaraščio galiojimo laikotarpiu taisyklėmis*, kurios atnaujinamos kasmet, bei *Paslaugų teikimo geležinkelių paslaugų įrenginiuose sutartimis* geležinkelio įmonės (vežėjai) galės naudotis viešąja geležinkelio infrastruktūra vienodomis nediskriminacinėmis sąlygomis.

4. Lietuvos geležinkelių reorganizacija

Vykdamas Europos Sąjungos direktyvas 2017–2018 m. AB „Lietuvos geležinkeliai“ reorganizuota, atskyrus infrastruktūros ir vežėjų funkcijas ir įsteigus Infrastruktūros, Krovinių ir Keleivių vežimo direkcijas, 2020 m. reorganizuotas į AB „LTG Infra“, AB „LTG Cargo“, UAB „LTG Link“, kurių visos akcijos priklauso valstybei.

Kaip skelbiama internete, AB „Lietuvos geležinkelių“ kontroliuojama krovinių vežimo bendrovė „LTG Cargo“ vagonų nuomos veiklą perkelia į naujai steigiamą bendrovę „LTG Wagons“. „LTG Wagons“ savarankiškai vykdys komercinę vagonų nuomos veiklą, o „LTG Cargo“ teiks tik krovinių pervežimo (traukos) paslaugas. (Delfi, 2020).

Reorganizavus Lietuvos geležinkelių transporto sektorių ir atnaujinus santykius tarp įmonių bei sukūrus pareigybių pavadinimus, būtina atnaujinti ir galiojančias taisykles, metodikas bei tvarkas, užtikrinančias naujų terminų vartoseną, pvz.: Techninio geležinkelių naudojimo nuostatuose (LR SM, 1996) įrašytos pareigybės *stoties viršininkas* Lietuvos geležinkeliuose šiuo metu nebėra, o funkcijos paskirstytos tarp AB „LTG Infra“ ir vežėjų darbuotojų.

Išvados

Lietuvos Respublika įvykdė Europos Sąjungos direktyvų nuostatas dėl galimybės suteikti vienodas sąlygas geležinkelių vežėjams. Siekiant įvykdyti šiuos reikalavimus reorganizuota Lietuvos geležinkelių struktūra ir valdymas, atskirtos vežėjų ir viešosios geležinkelio infrastruktūros funkcijos. Tačiau ne visi procesai vyksta sklandžiai ir ne visos problemos dar išspręstos, pvz., dėl terminų ir darbuotojų funkcijų, nurodytų Techninio geležinkelių naudojimo nuostatuose (LR SM, 1996).

Atlikus geležinkelio veiklos organizavimo, esant keletui vežėjų, analizę, ištirti reikalavimai vežėjams ir viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojui bei jų atliekamos funkcijos, taip pat nustatyta, kad Geležinkelių bendradarbiavimo organizacijoje (OSŽD) įregistruoti 4 krovinių vežėjai, o licencijos verstis Lietuvos Respublikoje geležinkelių transporto ūkine komercine veikla galioja devynioms įmonėms. Realiai šio metu vežimus viešosios geležinkelių infrastruktūros keliais vykdo tik AB „LTG Link“ (keleivių) ir AB „LTG Cargo“ (krovinių) bei kaimyninių geležinkelių vežėjai iki pasienio/perdavimo stočių.

Nepaisant kai kurių dar sprendžiamų klausimų ir tobulinamų veiklų Lietuvos geležinkeliai yra pasiruošę teikti vienodas teises visiems geležinkelio vežėjams.

Literatūra

- AB „LTG Cargo“. Konteinerių vežimas. (2020). [žiūrėta 2020-10-09]. Prieiga per internetą: <http://cargo.litrail.lt/konteineriniai-vezimai;sessionId=3B7B65E58E318513714B1A0ED1348833>
- BNS. (2020). Viena „LGC Cargo“ steigėjų „Baltoco“ nori vežti krovinius Europoje. [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://www.bns.lt/topic/1912/news/60766655/>.
- Delfi. Traukinių vagonus nuomos nauja „Lietuvos geležinkelių“ įmonė. [žiūrėta 2020-10-18] Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/verslas/transportas/traukiniu-vagonus-nuomos-nauja-lietuvos-gelezinkeliu-imone.d?id=85496267>
- Europos Sąjunga. (2012). Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2012/34/ES. [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=celex%3A32012L0034>
- Europos Sąjunga. (2016). Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2016/2370. [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A32016L2370>
- Geležinkelių bendradarbiavimo organizacija (OSŽD, rus. ОСЖД). (2020). Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) [žiūrėta 2020-11-27]. Prieiga per internetą: <https://osjd.org/ru/8978/page/106077?id=2247>
- Lietuvos Respublikos Seimas. (2004). Lietuvos Respublikos geležinkelių transporto kodeksas (2004 m. balandžio 22 d. Nr. IX-2152). [žiūrėta 2020-10-08]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.232217/asr>
- Lietuvos Respublikos Seimas (LRS). (2017) Aiškinamasis raštas dėl Lietuvos Respublikos geležinkelių transporto kodekso pakeitimo. [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActPrint/lt?fwid=bkyibmcdc&documentId=571d34405f0f1e896f6c1bcca8cd3a8&category=TAK>
- Lietuvos transporto saugos administracija. (2020). Licencijos verstis geležinkelių transporto ūkine komercine veikla. [žiūrėta 2020-11-27]. Prieiga per internetą: <https://ltsa.lrv.lt/lt/paslaugos/administraciniu-paslaugu-sarasas/gelezinkeliu-transporto-2/licencijos-verstis-gelezinkeliu-transporto-uki-ne-komercine-veikla>
- Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija. (1996). Techninio geležinkelių naudojimo nuostatai (1996 m. rugsėjo 20 d. Nr. 297). [žiūrėta 2020-10-24]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalActEditions/TAR.254635749895?faces-redirect=true>
- AB „LTG“. (2020). „LTG Cargo“ žengia į Lenkijos geležinkelių rinką: įsteigta bendrovė „LTG Cargo Polska“ [žiūrėta 2020-10-18]

Prieiga per internetą: (<https://www.litrail.lt/-/%E2%80%9Eltg-cargo-zengia-i-lenkijos-gelezinkeliu-rinka-isteigta-bendrove-%E2%80%9Eltg-cargo-polska->).

Sinkleris, D. (2020). Реформа железной дороги: инфраструктура и инвестиции. [žiūrėta 2020-10-13]. Prieiga per internetą: <https://voxukraine.org/ru/reforma-zheleznoj-dorogi-infrastruktura-i-investitsii/>

Центр транспортных стратегий. (2016). Успехи и провалы: чему учат железнодорожные реформы у западных соседей Украины. [žiūrėta 2020-10-13]. Prieiga per internetą: https://cfts.org.ua/articles/uspekhi_i_provaly_chemu_uchat_zheleznodorozhnye_reformy_u_zapadnykh_sosedey_ukrainy_1066

ANALYSIS OF THE LIBERALIZATION OF THE RAILWAY TRANSPORT SECTOR IN LITHUANIA

Janina Labutyte, Irina Briuchoveckaja

*Vilnius College of Technology and Design,
Antakalnio str. 54, LT-10303, Vilnius*

Annotation. The article examines the issues of liberalization of the Lithuanian railway transport sector in order to create equal conditions for all Carriers. The requirements of the European Union Directives 2012/34 / EU and 2016/2370 regarding the impartiality, independence and financial transparency of the railway infrastructure manager, ensuring equal access to railway infrastructure and services related to railway infrastructure, have been analyzed. Models of management of the railway transport sector in some European Union countries are presented. The course of reorganization of the Lithuanian railway transport sector in compliance with the requirements of the European Union Directives and the Railway Transport Code of the Republic of Lithuania has been examined.

IMPORTO SVARBA TARPTAUTINĖJE PREKYBOJE

Jurgita Ginavičienė, Vanda Lukočiienė, Indrė Sprogytė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Atlikta importo iš Rusijos į Europos Sąjungos šalis duomenų analizė. Analizuojant buvo taikoma literatūros analizė, statistinių duomenų analizė ir atliktų skaičiavimų reikšmių įvertinimas. Išanalizuota importo svarba, vykdant tarptautinę prekybą. Remiantis atlikta statistinių duomenų analize, įvertinta importo sąveika tarp Europos Sąjungos šalių ir Rusijos. Visose 3-ose grupėse esančios šalys pagal importą yra nevienodos, ypač I-ji grupė, kai Slovėnija, sudaro 42,8 % šios grupės importo. Tą rodo ir sklaidos koeficientas $\sim 90,8\%$. Modos nėra viena grupė neturi, nes nėra pasikartojančios importo sumos lyginant šalis savose grupėse. Visų grupių osciliacijos koeficientai žymiai viršija teorinį parametrai, t. y. 33 %, o tai reiškia, kad tiriamos visumos yra nevienarūšės ir šalys pagal importo dydį yra labai skirtingos. Vertinant importą ypač I-oje ir III-oje grupėse, yra nedaug šalių, o sklaida didelė, visumos – labai nevienarūšės, todėl jų vidurkiai mažai informatyvūs. Įvertinus visų 28 Europos Sąjungos šalių rodiklius, galima teigti, kad pusei Europos Sąjungos šalių labai svarbi Rusijos rinka. Jų importo dydis yra priklausomas nuo valstybių priimamų sprendimų plėtoti arba riboti tarptautinę prekybą.

Reikšminiai žodžiai: importas, Rusija, Europos Sąjungos šalys, tarptautinė prekyba.

Įvadas

Rusijos rinka yra didžiausia prekių pardavimo rinka visose Europos šalyse. Svarbu nustatyti Rusijos užsienio prekybos įgyvendinimo praktiką ir jos strateginius interesus Europos prekyboje šiuolaikinėmis sąlygomis. Vertinant Rusijos užsienio prekybą svarbu tai analizuoti atsižvelgiant į politinę padėtį ir importo pokyčius. Tai yra svarbios ekonominės priemonės.

Tyrimo objektas – importo iš Rusijos į Europos Sąjungos (ES) šalis duomenys.

Tyrimo tikslas – įvertinti importo pasiskirstymą iš Rusijos į Europos Sąjungos šalis.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti importo svarbą, vykdant tarptautinę prekybą.
2. Remiantis atlikta statistinių duomenų analize, įvertinti importo sąveika tarp Europos Sąjungos šalių ir Rusijos.

Tyrimo metodika – literatūros analizė, statistinių duomenų analizė ir atliktų skaičiavimų reikšmių įvertinimas.

Importo svarba tarptautinei prekybai

Analizuojant importo svarbą reikia išsiaiškinti, kas yra importas ir kaip jis susijęs su galutiniu produktu. Taigi, „importas yra prekių, paslaugų pirkimas iš užsienio šalies“ (Chomov, 2013).

Fedyunia & Averyanova, 2019 straipsnyje teigiama, kad „Rusijos rinka yra didžiausia prekių pardavimo rinka visose Europos šalyse“. Todėl svarbu analizuoti valstybių rinkas, kurios iš Rusijos rinkos importuoja. Kiekvienai su Rusija prekiaujančiai šaliai svarbu nustatyti prekių pardavimo sąlygas ir kainas, kas lemia tarptautinės prekybos sėkmingus mainus.

Kvederienė, 2017 teigia, kad „prekių mainai naudingi visoms šalims: tiek ekonomiškai išsivysčiusioms, o ypač besivystančioms šalims. Mažoms šalims užsienio prekyba, ypač importas, ypatingai svarbus. Galima teigti, jog tai vienintelis būdas ekonomiškai neatsilik-

ti nuo didžiųjų šalių. Taigi, nors tarptautinė prekyba svarbi visoms valstybėms, tačiau neapsieinama nuo įvairiausių būdų, kaip ją riboti. Nors dažniausiai prekybos apribojimai virsta žala visuomenei, tačiau prekių gamintojams tai gali būti naudinga. Jeigu prekės gaminamos šalies viduje, o gamybos kaštai dideli, tai įmonė negali konkuruoti su importuojamomis prekėmis. Dėl to mažėja ir gamyba ir užimtumas šioje šakoje. Taigi, neigiamas pasekmes patiriančio sektoriaus darbuotojai turi ypatingai didelį stimulų siekti to, kad sektorius būtų kuo labiau apsaugotas nuo užsienio prekių konkurencijos“.

Valentinavičius, 2000 teigia, kad „valstybė per įvairius reguliavimo mechanizmus gali teigiamai lemti importo mainus ir tokiu būdu didinti bendrą šalies ekonomikos produktyvumą“. Taigi importas tiesiogiai daro įtaką produktyvumui.

Šalies dydį lemia ir produktyvumas. Klimašauskaitė, 2020 rašo, kad „mažos šalys yra labiau priklausomos nuo tarptautinės prekybos nei didesnės, nes jos mažiau sugeba pagaminti prekių, kurių reikia. Didesnės šalys (pagal gyventojų skaičių) importuoja mažiau pagamintų prekių, tenkančių vienam gyventojui, nes tokios šalys paprastai turi diversifikuotą ekonomiką, leidžiančią joms gaminti didžiąją dalį savo poreikių. Dažnai šalys pačios neužsiima galutinių produktų gamyba, nes dėl pigesnės darbo jėgos importas yra žemesnėmis kainomis. To rezultatas – valstybės eksportuoja žaliavas ir importuoja jau gatavus produktus.“

Aristei et. al, 2013 teigia, kad „importuojamos prekės yra gyvybiškai svarbus veiksnys, nustatant įmonės eksporto veiklą.“

Ryšys tarp importo ir eksporto yra susijęs su tuo, kad importas suteikia įmonėms galimybę naudotis daugiau tarpinių išteklių, kad jos galėtų padidinti efektyvumą, modernizuoti technologijas, diegti produktų naujoves (Goldberg, 2010) ir galiausiai patekti į eksporto rinkas (Bustos, 2011).

Bagdžiūnas, 2014 teigia, kad „technologijų pažanga yra labai svarbus dalykas, nes negalima atsilikti nuo kitų pasaulio šalių naudojamų pažangių technologijų“.

Remiantis Vengrijos įmonių duomenimis buvo įrodyta, kad prekių importas gali padidinti įmonės pajamas 22 % (Halpern et al., 2015).

Taigi, didėjantis importas šalyje gali lemti efektyvumo rodiklių didėjimą, mažėjantis importas lemia efektyvumo rodiklių mažėjimą (Chomov, 2013). Logiška manyti, kad importo didėjimas šalyje leidžia įmonėms pasirinkti konkurencingesnę prekę kainų atžvilgiu, mažėjant importuojamoms prekėms, įmonėms tenka mažesnis kainų pasirinkimas, ir dėl to šalies verslas gali brangiau mokėti už žaliavas ir t.t. Kaštų didėjimas neigiamai veikia įmonių finansinius rodiklius, kadangi įmonės uždirba mažiau pelno (pelningumo rodikliai), dėl to gali mažėti gamybos apimtys (apyvartumo rodikliai), taip palaikant pagamintos produkcijos apimtį. Pablogėjusi finansinė būklė gali priversti kreditorių pradėti reikalauti grąžinti savo skolas (mokumo ir likvidumo rodikliai).

Castellani & Fassio (2017) atlikę tyrimą, teigia, kad „atsižvelgiant į 11 000 Švedijos įmonių duomenis, teigia, kad naujoviškų komponentų importas lemia naujų produktų eksportą į rinką, taigi ir didesnę našumą įmonės lygmeniu“.

Importo svarbą įmonėse analizavo skirtingų šalių mokslininkai. Belgijoje analizę atliko Mirabelle & Mauro, (2009). Vokietijoje Vogel & Wagner (2010), Ispanijoje Fariñas, J. C., & Martín-Marcos, A. (2010).

Šalių importas negali vykti be transporto ir jo tinklų (Juonytė & Peleckienė, 2019). Tad kiekviena valstybė plėtoja savo transporto sistemą, atsižvelgdama į techninius ir ekonominius parametrus, vysto visas transporto rūšis ir gerina tų transporto rūšių veiklų koordinavimą. Krovinių vežimo technologijų supratimas ir tinkamas naudojimas labai svarbus kiekvienos šalies ūkio elementas.

Bagdžiūnas, 2014 teigia, „daugiausia problemų gabenant tarptautinius krovinius kelia Rusija bei kitos NVS šalys. NVS šalys dažnai įveda labai daug įvairių apribojimų, trukdančių sklandžiam tarptautinių pervežimų verslui. Europoje komplikotas krovinių gabenimas iš Italijos bei Ispanijos. Rusija itin propaguoja įvairių draudimų įvedimą importo prekėms“.

NVS šalys svarbios lietuviškų prekių realizacijai, jos turi gana daug perkamosios galios, bet šių šalių įstatymai bei valdžios požiūris neretai neleidžia sklandžiai dirbti Lietuvos įmonėms.

Rusija yra pagrindinė transporto paslaugų eksporto klientė, todėl būtina palaikyti su ja gerus santykius.

Remiantis kitų mokslininkų atliktų tyrimų rezultatais, galima daryti prielaidą, kad transporto sektorius yra kaip jungiamoji grandis tarp visų kitų ekonominės veiklos sektorių – apjungia gamybą, vartojimą ir prekybą. (Klemenytė, 2015). Išryškėja esminė transporto funkcija – tai prieinamumas, plečiant ir atnaujinant transporto infrastruktūrą, plečiasi prekybinių santykių sferos bei geografinis pagamintų gėrybių paskirstymas ne tik vietiniu, bet ir tarptautiniu mastu. Visa tai svarbu, vertinant importą.

Sankcijų ir embargo reikšmė tarptautinei prekybai

Vyriausybė priimdama sprendimus dėl prekybos ribojimo, turėtų atsižvelgti į tai, kad per ilgą laiką tokia apsauga kenkia vidaus gamybai (Kvederienė, 2017).

Ilčiukaitė & Skvarciany, 2019, teigia, kad „siekiant kontroliuoti importą eksportą įvedamos sankcijos“. Sankcijų poveikis neigiamai gali pasireikšti ir per importo apimčių sumažėjimą, tačiau tai gali sukelti ir teigiamų rezultatų, kadangi eksporto ir importo apimčių sumažėjimas į vienas šalis, privers ieškoti alternatyvų, kur realizuoti tam tikrus produktus ar paslaugas, tad tai gali iššaukti prekybos srautų persikirstymą (Amadeo, 2017).

Rusija paskelbusi sankcijas ES kaip atsaką ir bandymą politikos nepakeis, tai padaryti pavyko ir padarė nemažai žalos Baltijos šalių ekonominiams rodikliams.

Dažniausiai pasitaikantys sankcijų įgyvendinimo būdai yra šie (Ilčiukaitė & Skvarciany, 2019):

- Lėšų blokavimas arba užšaldymas.
- Žmonių ar kapitalo judėjimo apribojimas.
- Prekių, kurios importuojamos iš sankcionuojamos šalies, apribojimai bei jų apmokestinimas.
- Kvotos prekių kiekiams, kurios gali būti eksportuojamos arba importuojamos į/iš šalies, kuriai taikomos sankcijos. Toliau ne mažiau reikšmingas yra embargas turintis įtakos importui.

Kvederienė, 2017, teigia, kad „embargo terminas dažnai naudojamas tiek versle, tiek politikoje. Tuomet, kai viena šalis taiko embargą kitos šalies produktams, tai kita šalis turi besąlygiškai laikytis šio įstatymo. Ir nors embargas paprastai draudžia kuo nors prekiauti ir yra labai panašus į ekonomines sankcijas, tačiau užsienio autorių nuomone, jo nederėtų painioti su blokadamis“.

Saghafian (2014) embargą suskirsto į dvi pagrindines grupes: eksporto embargą ir importo embargą.

Eksporto embargas tai situacija, kuomet embargą paskelbusi šalis draudžia atitinkamų prekių eksportą į šalį, kuriai paskelbtas embargas.

Importo embargas apibūdinamas tuomet, kai embargą paskelbusi šalis dėl tam tikrų priežasčių uždraudžia importuoti atitinkamas prekes iš užsienio šalių (Kvederienė, 2017; Ilčiukaitė & Skvarciany, 2019).

Importo draudimas gali įvykti dėl dviejų priežasčių. Pirma šalis, kuri paskelbė draudimą nori padaryti neigiamą įtaką tam tikrai pramonės šakai šalyje. Antroji priežastis dėl ko gali būti paskelbtas importo embargas, siekis apriboti gaunamą užsienio valiutos kiekį toje šalyje.

Klemenytė, 2015, teigė, kad „pastaruoju metu susidariusi politinė situacija su Rusijos federacija, pritaikytas lietuviškų prekių embargas, paveikė Lietuvos ekonomiką. Tai turėjo įtakos ir transporto sektoriaus

vykdomai veiklai. Kyla klausimas, kaip stipriai transporto sektorius susijęs su ekonominio augimo tempais? Kokią įtaką turi šio sektoriaus vystymas ekonomikai?“

Nuo tada kai prasidėjo embargas, ES maisto produktų sektorius, turėjo rimtų iššūkių, kadangi reikėjo kompensuoti dėl Rusijos embargo patirtus nuostolius (Kvederienė, 2017).

Daugėlienės (2016) straipsnyje teigiama, kad šalys, labiausiai nukentėjusios nuo Rusijos embargo maisto produktams tai Lietuva (daržovės, vaisiai, pieno produktai), Latvija (daržovės, vaisiai, pieno produktai), Estija (pieno produktai), Danija (pieno produktai, vaisiai, daržovės, mėsa) ir kt. Sparčiai mažėjantys prekybos srautai maisto produktais bei atšalę šalių tarpusavio santykiai dar ne vienintelė problema. Rusijos kompanijos taip pat atsitraukia iš Rytų ir Vidurio Europos regiono. Pavyzdžiui, didžiausias Rusijos bankas „Sberbank“ pardavė savo padalinį Slovakijoje, o naftos gamintoja „Lukoil“ pardavė savo degalinių tinklus Vengrijoje, Čekijoje ir Slovakijoje. Taigi, tokie Rusijos veiksmai ilgainiui gali sukelti didelių nemalonumų bei smarkiai paveikti tiek ES, tiek Rusijos prekybos politiką.

Dėl paskelbto Rusijos embargo, kai kurios ES šalys visai nustojo importuoti iš Rusijos. Galima teigti, kad embargo neigiamas poveikis bus jaučiamas tiek ES, o ypatingai Rusijos ekonomikoje (Venskuvienė & Mas-teikienė (2015), Kvederienė, 2017).

Atlikus literatūros analizę galima teigti, kad importas yra svarbus ekonominis veiksnys, lemiantis šalių tarptautinės prekybos plėtrą. Deja, bet atsirandantys apribojimai, kaip sankcijos ar embargas, tiesiogiai veikia tiek mažų, tiek didelių šalių importo iš Rusijos mažėjimą, o tai skatina šalis ieškoti naujų galimų sprendimų.

Importo analizė tarp Rusijos ir Europos Sąjungos valstybių

Siekiant įvertinti importo pasiskirstymą analizuojami šie rodikliai:

- Procentinė dalis.
- Paprastasis aritmetinis vidurkis.
- Moda.
- Mediana.
- Sklaidos (variacijos) koeficientas.
- Osciliacijos koeficientas.

Europos Sąjungos tinklapyje (Europa.eu, 2020) pateikiami 2019 m. statistiniai duomenys apie importą iš Rusijos į Europos Sąjungos šalis. Duomenys pateikti įvertinus importą eurais. Vertinamos 28 Europos Sąjungos valstybės, įskaitant Jungtinę Karalystę.

Pagal 2019 m. statistinius duomenis buvo nuspręsta importo duomenis suskirstyti į 3 grupes. Pirma grupė – tai yra šalys, kurios importavo iki 1 milijardo eurų, antra grupė – importas buvo nuo 1 iki 5 mi-

lijardų eurų ir trečia grupė – importuota buvo virš 5 milijardų eurų.

1 lentelėje yra pateiktos pirmos grupės šalys, kurių importo suma nuo 0 iki 1 milijardo eurų tarp ES ir Rusijos.

1 lentelė. Pirmos grupės ES šalių importas iš Rusijos, 2019 m., eurais.

Eil. Nr.	Šalys	Eurai	Proc.
1.	Malta	12 000 023	0,84
2.	Liuksemburgas	23 644 589	1,65
3.	Kipras	102 016 239	7,11
4.	Kroatija	294 175 433	20,50
5.	Airija	388 994 835	27,10
6.	Slovėnija	614 368 420	42,80
Iš viso:		1 435 199 539	100,00

Šaltinis: sudaryta autorių

Remiantis 1 lentelės duomenimis, galima teigti, kad iki 1 milijardo eurų importuota iš 6 Europos Sąjungos šalių. Mažiausiai importavo Malta, tik 0,84 %. Daugiausia iš Rusijos importavo Slovėnija ~ 42,81 %.

Toliau bus vertinami pirmos grupės ES šalių importo į Rusiją statistiniai rodikliai.

Kai duomenys nesikartoja, yra negrupuoti, taikomas **paprastas aritmetinis vidurkis**:

$$\bar{x}_{a.p.} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

čia: $\sum x_i$ – šalių importo duomenys eurais; n – šalių skaičius.

Pirmosios grupės importo paprastas aritmetinis vidurkis

$$\bar{x}_{a.p.} = 239 199 923$$

Vadinasi, pirmosios grupės šalių vidutinis importas iš Rusijos į ES apytikriai sudaro 239 199 923 eurų.

Moda – tai dažniausiai pasikartojanti požymio reikšmė tiriamojoje visumoje. Analizuojant pirmosios grupės importą modos nėra, nes visos šešios šalys importuoja už skirtingą eurų sumą.

Mediana – vidurinis statistinės eilutės narys. Mediana pasiskirstymo eilutėje surandama pagal formulę:

$$M_e = \frac{\frac{xn}{2} + \frac{xn}{2} + 1}{2} \quad (2)$$

čia: $\frac{xn}{2} + \frac{xn}{2} + 1 - 3$ ir 4 šalių importo duomenys, eurais

1-oje lentelėje yra nagrinėjamos 6 šalys, tai mediana bus Kipro ir Kroatijos aritmetinis vidurkis.

$$M_e = 198 095 836$$

Apskaičiuota mediana parodė, kad Malta Liuksemburgas ir Kipras importuoja mažiau nei už 198 095 836 eurų. Kai tuo tarpu Kroatija, Airija ir Slovėnija importuoja daugiau nei už 198 098 836 eurų.

Toliau bus vertinami sklaidos ir asimetricijos koeficientai.

Skaidos (variacijos) koeficientas – tai standartinio nuokrypio ir aritmetinio vidurkio santykis:

$$V_{\sigma} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

čia: σ – vidutinis nuokrypis, \bar{x} – vidurkis.

Vidutinis kvadratinis (standartinis) nuokrypis yra kvadratinė šaknis iš dispersijos. Dispersiją skaičiuosime pagal formulę

$$\sigma_x^2 = \overline{x^2} - (\bar{x})^2 \quad (4)$$

čia: $\overline{x^2}$ – kvadratų vidurkis, $(\bar{x})^2$ – vidurkio kvadratas

Įvertinus pirmosios grupės šalių importą, gauname, kad dispersija yra:

$$\sigma_x^2 = 47\,185\,913\,872\,293\,800$$

Vidutinis nuokrypis yra:

$$\sigma = 217\,223\,189,1$$

Galima apskaičiuoti pirmosios grupės šalių importo sklaidos (variacijos) koeficientą.

$$V_{\sigma} = 90,8 \%$$

Skaidos koeficientas nusako sklaidos laipsnį. Kai variacijos koeficientas yra iki 10 % – sklaida maža; nuo 10 % iki 20 % – sklaida vidutinė; nuo 20 % iki 30 % – sklaida didelė; nuo 30 % iki 50 % – sklaida labai didelė ir daugiau 50 % – sklaidos koeficientas realios prasmės jau neturi.

Atliktos analizės metu gautas sklaidos koeficientas yra 90,8 %, šis koeficientas yra daugiau nei 50 %, tai reiškia, kad sklaidos koeficientas realios prasmės neturi.

Osciliacijos koeficientas – visuma laikoma viena rūšė (vienoda), jeigu osciliacijos koeficientas neviršija 33 %.

$$V_R = \frac{R}{\bar{x}} \cdot 100 \% \quad (5)$$

čia: R – sklaidos pokytis tarp didžiausios ir mažiausios reikšmės, \bar{x} – vidurkis.

Remiantis 1 lentelės duomenimis, osciliacijos koeficiento dydis yra:

$$V_R = 251,8 \%$$

Taigi, įvertinus osciliacijos koeficientą, gauname, kad duomenų visuma yra nevienarūšė (251,8 > 33) ir lyginti ES šalių importą iš Rusijos, pagal 1 lentelėje pateiktus duomenis, negalima.

Asimetrijos koeficientas (A_s) reikšmės vertinamos, pagal šias taisykles: jei $A_s = 0$, tai pasiskirstymas simetrinis. Jei $A_s > 0$, teigiama asimetrija: požymio reikšmės yra susikaupę daugiau į kairę nuo vidurkio, t.y. gausiau atstovaujamos reikšmės mažesnės už vidurkį \bar{x}_a . Jei $A_s < 0$, neigiama asimetrija: požymio reikšmės yra susikaupę daugiau į dešinę nuo vidurkio, t.y. gausiau atstovaujamos reikšmės didesnės už vidurkį \bar{x}_a .

Asimetrijos koeficientas gali būti skaičiuojamas taip:

$$A_s = \frac{\bar{x} - M_e}{\sigma} \quad (6)$$

čia: \bar{x} – vidurkis, σ – vidutinis nuokrypis, M_e – medianos reikšmė

Remiantis 1 lentelės duomenimis asimetrijos koeficientas yra:

$$A_s \approx 0,19 > 0$$

Taigi turime teigiamą asimetriją. Iš 1 –oje lentelėje pateiktą 6-ių šalių, 4-ių importas mažesnis už vidurkį, t. y. už ~ 239 199 923 eurų Tai yra Malta, Liuksemburgas, Kipras ir Kroatija.

Pagal 2019 m. statistinius duomenis analizuojamas kitos grupės importas. 2 lentelėje yra pateiktos antros grupės šalys, kurių importas iš Rusijos į ES sudarė nuo 1 milijardo iki 5 milijardų eurų. Tarp jų matome ir Lietuvą.

2 lentelė. Antros grupės ES šalių importas iš Rusijos, 2019 m., eurai

Eil. Nr.	Šalys	Eurai	Proc.
1.	Portugalija	1 090 913 289	2,72
2.	Latvija	1 169 713 504	2,92
3.	Estija	1 381 569 603	3,45
4.	Danija	1 415 042 259	3,53
5.	Austrija	2 107 216 488	5,26
6.	Čekija	2 936 622 517	7,33
7.	Rumunija	3 092 317 721	7,72
8.	Bulgarija	3 285 524 717	8,20
9.	Slovakija	3 302 777 479	8,24
10.	Ispanija	3 360 856 690	8,39
11.	Švedija	3 646 620 095	9,10
12.	Graikija	4 081 471 211	10,19
13.	Vengrija	4 514 861 288	11,27
14.	Lietuva	4 679 080 677	11,68
Iš viso:		40 064 587 538	100,00

Šaltinis: sudaryta autorių

Apskaičiuosime 2 lentelėje esančių šalių aritmetinį vidurkį:

$$\bar{x}_{a.p.} \sim 2\,861\,756\,253$$

Antrosios grupės šalių vidutinis importas iš Rusijos į ES apytikriai sudaro 2 861 756 253 eurų.

Modos II-oje grupės nėra, taip pat kaip ir I-oje grupėje.

Įvertinus medianą, $M_e = 3\,188\,921\,219$ eurų. Vertinant medianą apskaičiuotas Rumunijos ir Bulgarijos importo aritmetinis vidurkis. O tai reiškia, kad šios grupės pusė šalių, tokių kaip Rumunija, Čekija, Austrija, Danija, Estija, Latvija ir Portugalija importuoja prekių už mažesnę sumą nei 3 188 921 219 eurų.

Tuo tarpu Bulgarija, Slovakija, Ispanija, Švedija, Graikija, Vengrija ir Lietuva importuoja iš Rusijos už didesnę sumą nei 3 188 921 219 eurų.

2 lentelėje galima matyti, kad iš 14 šalių daugiausiai prekių į ES iš Rusijos importavo Lietuva, tai sudarė 4 679 080 677 eurų.

Remiantis 2 lentelės duomenimis apskaičiuotas sklaidos (variacijos) koeficientas $V_{\sigma} \sim 41,4 \%$ ir osciliacijos koeficientas $V_R \sim 125,4 \% > 33 \%$. Įvertintas

osciliacijos koeficientas leidžia, teigti, kad sklaida labai didelė ir nevienarūšė. Kai sklaida labai didelė, šalių importai skiriasi kartais. II-oje grupėje esanti Lietuva beveik penkis kartus daugiau importuoja nei Portugalija.

Asimetrijos koeficientas yra neigiamas, $A_s \approx -0,28 < 0$. Tai yra neigiama asimetrija: požymio reikšmės yra susikaupę daugiau į dešinę nuo vidurkio, t. y. gausiau atstovaujamos reikšmės didesnės už vidurkį $\bar{x}_a \approx 2\,861\,756\,253$. Žiūrėdami į 2 lentelę, matome, kad tai yra 9-ios šalys iš 14: Čekija, Rumunija, Bulgarija, Slovakija, Ispanija, Švedija, Graikija, Vengrija ir Lietuva. Jų prekių importas iš Rusijos į ES yra didesnis nei 2 861 756 253 eurų

Kadangi šioje grupėje yra daugiau šalių, nei pirmoje grupėje, (imtis lygi 14), tai galima šalis suskirstyti į mažesnes grupes, skaičiuodami kvartilius.

Kvartiliai. Analizuojant 2 lentelės duomenis, pirmasis kvartilis lygus 1 406 674 095 eurų. O tai reiškia, kad šalys, tokios, kaip Portugalija, Latvija ir Estija sudaro tuos 25 %, kurių importas mažesnis už 1 406 674 095 eurų, o likusios šalys, tokios kaip Danija, Austrija, Čekija, Rumunija, Bulgarija, Slovakija, Ispanija, Švedija, Graikija, Vengrija, Lietuva sudaro 75 %, kurių importas didesnis.

Antrasis kvartilis yra lygus medianai $Q_2 = M_e = 3\,188\,921\,219$ eurų. Apskaičiavus trečiąjį kvartilį, jo rezultatas yra 3 755 332 874 eurų. Trečiojo kvartilio pagalba atskiriame šalis, kurių importas neviršija 3 755 332 874 eurų (75 %) ir tai yra 11 iš 14 šalių (žr. 2 lentelė). Kiekviena iš likusių šalių, tokių kaip Graikija, Vengrija ir Lietuva, importuoja prekių už didesnes sumas nei 3 755 332 874 eurų. Jos sudaro 25 % iš visų II-osios grupės analizuojamų šalių.

Pagal 2019 m. statistinius duomenis analizuojamas kitos grupės importas. 3 lentelėje yra pateiktos trečios grupės šalys, kurių importas iš Rusijos sudarė nuo 5 iki 30 milijardų eurų.

3 lentelė. Trečios grupės ES šalių importas iš Rusijos, 2019 m., eurai.

Eil. Nr.	Šalys	Eurai	Proc.
1.	Belgija	8 126 641 423	7,02
2.	Prancūzija	8 187 770 934	7,07
3.	Suomija	8 937 896 367	7,72
4.	Jungtinė Karalystė	12 773 169 539	11,03
5.	Lenkija	14 226 510 179	12,29
6.	Italija	14 324 183 148	12,38
7.	Nyderlandai	21 281 531 293	18,38
8.	Vokietija	27 905 111 792	24,11
Iš viso:		115 762 814 675	100,00

Šaltinis: sudaryta autorių

Pagal 3 lentelės duomenis, skaičiuojamas trečios grupės šalių paprastas aritmetinis vidurkis:

$$\bar{x}_{a.p.} \approx 14\,470\,351\,834$$

Modos negalima įvertinti, nes nėra pasikartojančių importo sumų.

Mediana yra 13 499 839 859 eurų. Vadinasi, šios grupės lygiai pusė šalių, tokių kaip Jungtinė Karalystė, Suomija, Prancūzija ir Belgija importuoja prekių už mažesnę sumą nei 13 499 839 859 eurų. Tuo tarpu Lenkija, Italija, Nyderlandai ir Vokietija importuoja iš Rusijos už didesnę sumą nei 13 499 839 859 eurų.

Trečioje grupėje esančios Vokietijos importas sudaro daugiau nei 24 procentus nuo visos grupės importo, o Belgijos – tik 7,02 procentus, t. y. beveik 3,5 kartų Vokietija importuoja daugiau nei Belgija. Vadinasi, požymių sklaida yra labai didelė ir nevienarūšė, šalių importo sumos labai skirtingos.

Remiantis 3 lentelės duomenis įvertinamas sklaidos (variacijos) koeficientas. Jis yra $V_\sigma \approx 45,1\%$. Taip pat įvertintas osciliacijos koeficientas, kurio dydis yra 136,7 %. Apskaičiuotas dydis $136,7\% > 33\%$. Įvertintas osciliacijos koeficientas leidžia, teigti, kad sklaida labai didelė ir nevienarūšė. Kai sklaida labai didelė, šalių importai skiriasi kartais.

Remiantis 3 lentelės duomenimis vertinamas asimetrijos koeficientas $A_s \approx 0,15 > 0$. Taigi turime teigiamą asimetriją, kai požymio reikšmės yra susikaupę daugiau į kairę nuo vidurkio, t. y. 6-ios šalys, tokios kaip Italija, Lenkija, Jungtinė Karalystė, Suomija, Prancūzija, Belgija importuoja už mažesnes sumas nei 14 470 351 834 eurų. Tik dvi šalys, Nyderlandai ir Vokietija importuoja už didesnes sumas nei vidurkis. Šios dvi šalys sudaro didelę importo dalį, t. y. $\approx 42,5\%$ nuo visos grupės importo sumos.

Apskaičiuojant importą iš Rusijos į Europos Sąjungos šalis ir jų neskirstant į tris grupes, paprastas aritmetinis vidurkis $\bar{x}_{a.p.} \approx 5\,616\,521\,491$ eurų.

Analizuojant bendrai visų šalių importą modos nėra, nes visos šalys importuoja už skirtingą eurų sumą.

Vertinant visų 28 Europos Sąjungos šalių importą iš Rusijos mediana yra $M_e = 3\,294\,151\,098$ eurų. Taigi, tokios šalys kaip Malta, Liuksemburgas, Kipras, Kroatija, Airija, Slovėnija, Portugalija, Latvija, Estija, Danija, Austrija, Čekija, Rumunija ir Bulgarija importuoja iš Rusijos mažiau nei už 3 294 151 098 eurų. Iš 28-erių Europos Sąjungos šalių, net 14 šalių importuoja mažiau.

Tokios šalys kaip Slovakija, Ispanija, Švedija, Graikija, Vengrija, Lietuva, Belgija, Prancūzija, Suomija, Jungtinė Karalystė, Lenkija, Italija, Nyderlandai ir Vokietija importuoja iš Rusijos daugiau nei už 3 294 151 098 eurų. Todėl šioms šalims yra svarbi Rusijos rinka.

Apskaičiavus visų 28-erių Europos Sąjungos šalių importo iš Rusijos sklaidos (variacijos) koeficientą, jis yra $A_\sigma \approx 119,7\%$, tai reiškia, kad sklaida labai didelė ir nevienarūšė. Kai sklaida labai didelė, šalių importai skiriasi kartais. Maltos importas iš Rusijos sudaro tik 0,007 proc. lyginant su visomis Europos Sąjungos šalimis. Kai tuo tarpu Vokietijos importas iš Rusijos sudaro net 17,7 proc. importo.

Įvertintas osciliacijos koeficientas yra lygus 496,6 %. Taigi, duomenų visuma yra nevienarūšė ir lyginti ES šalių importą iš Rusijos negalima.

Analizuojant visų 28 Europos Sąjungos šalių importą iš Rusijos, turime teigiamą asimetriją.

$$A_s \approx 0,34 > 0$$

Jei $A_s > 0$ – teigiama asimetrija: požymio reikšmės yra susikaupę daugiau į kairę nuo vidurkio, t.y. daugiau atstovaujamos reikšmės mažesnės už vidurkį \bar{x}_a . Iš analizuotų 28-ių šalių, 14-ių importas mažesnis už vidurkį, t. y. už 3 294 151 098 eurų.

Vadinasi, įvedus sankcijas Rusijai, tokių šalių, kaip Malta, Liuksemburgas, Kipras, Kroatija, Airija, Slovėnija, Portugalija, Latvija, Estija, Danija, Austrija, Čekija, Rumunija, Bulgarija tarptautinė prekyba su Rusija nebuvo paveikta, kaip kitų Europos Sąjungos šalių. Tuo tarpu, tokios šalys, kaip Slovakija, Ispanija, Švedija, Graikija, Vengrija, Lietuva, Belgija, Prancūzija, Suomija, Jungtinė Karalystė, Lenkija, Italija, Nyderlandai, Vokietija priklauso nuo Rusijos rinkos. Joms yra svarbūs priimami sprendimai dėl tarptautinės prekybos plėtros, dėl įvedamų sankcijų ir embargo.

Išvados

1. Rusijos rinka yra didžiausia prekių pardavimo rinka visose Europos šalyse. Kiekvienai su Rusija prekiaujančiai šaliai svarbu nustatyti prekių pardavimo sąlygas ir kainas, kas lemia tarptautinės prekybos sėkmingus mainus. Tarptautinė prekyba svarbi visoms valstybėms, tačiau neapsieinama nuo įvairiausių būdų, kaip ją riboti. Sankcijų poveikis neigiamai gali pasireikšti per importo apimčių sumažėjimą. Embargo neigiamas poveikis jaučiamas tiek ES, o ypač Rusijos ekonomikoje.

2. Visose 3-ose grupėse esančios šalys pagal importą yra nevienodos, ypač I-ji grupė, kai Slovėnija, sudaro 42,8 % šios grupės importo. Tą rodo ir sklaidos koeficientas $\sim 90,8$ %. Modos nėra viena grupė neturi, nes nėra pasikartojančios importo sumos lyginant šalis savose grupėse. Visų grupių osciliacijos koeficientai žymiai viršija teorinį parametą, t. y. 33 %, o tai reiškia, kad tiriamos visumos yra nevienarūšės ir šalys pagal importo dydį yra labai skirtingos. Vertinant importą ypač I-oje ir III-oje grupėse, yra nedaug šalių, o sklaida didelė, visumos – labai nevienarūšės, todėl jų vidurkiai mažai informatyvūs. Įvertinus visų 28 Europos Sąjungos šalių rodiklius, galima teigti, kad 14 šalių labai svarbi Rusijos rinka. Jų importo dydis yra priklausomas nuo valstybių priimamų sprendimų plėtoti arba riboti tarptautinę prekybą.

Literatūra

- Amadeo K., (2017). Four reasons why international trade is slowing [interaktyvus]. Aristei, D., Castellani, D., Franco, C. (2013). Firms' exporting and importing activities. *Review of World Economics*, [interaktyvus]. Nr. 149 (1), 55–84. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s10290-012-0137-y>.
- Bagdžiūnas, V., A. (2014). Tarptautinis krovinių pervežimas autotransportu, tendencijų analizė ir plėtros perspektyvos Lietuvoje. [interaktyvus].
- Bustos, P. (2011). Trade liberalization, exports, and technology upgrading: Evidence on the impact of MERCOSUR on Argentinian firms. *American Economic Review*, [interaktyvus]. Nr. 101 (1). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1257/aer.101.1.304>.
- Castellani, D., Fassio, C. (2017). Export innovation: The role of new imported inputs and multinationality. *Papers in Innovation Studies*, [interaktyvus]. No. 2017/16. Prieiga per internetą: http://wp.circle.lu.se/upload/CIRCLE/workingpapers/201716_castellani_et_al.pdf.
- Chomov, K. (2013). Ekonominių ciklų įtaka transporto sektoriaus efektyvumui [interaktyvus]. ŠU. Prieiga per internetą: <http://gs.elaba.lt/object/elaba:2131116/index.html>.
- Daugėlienė R. (2016). Lietuva, Latvija, Estija ir Vokietija Rusijos prekybos embargo akistatoje [interaktyvus].
- Ec.Europa.eu. (2020). *Russia-EU trade in goods: €83 billion deficit* Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190805-1?inheritRedirect=true>.
- Europa.eu. (2020). *Statistics*. Prieiga per internetą: https://madb.europa.eu/madb/statistical_form.htm.
- Fariñas, J., C., Martín-Marcos, A. (2010). Foreign sourcing and productivity: Evidence at the firm level. *The World Economy*, [interaktyvus]. Nr. 33 (3), 482–506. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9701.2010.01264.x>.
- Fedyunia, A., Averyanova, Y. (2019). Import and export of high-tech products in Russian manufacturing companies. *Russian Journal of Economics* [interaktyvus]. Nr. 5 (2019). DOI 10.32609/j.ruje.5.38706
- Goldberg, P. K., Khandelwal, A. K., Pavcnik, N., Topalova, P. (2010). Imported intermediate inputs and domestic product growth: Evidence from India. *Quarterly Journal of Economics*, [interaktyvus]. Nr. 125 (4). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1162/qjec.2010.125.4.1727>.
- Halpern, L., Koren, M., Szeidl, A. (2015). Imported inputs and productivity. *American Economic Review*, [interaktyvus]. Nr. 105 (12). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1257/aer.20150443>.
- Ilčiukaitė V., Skvarciany, V. (2019). Rusijos sankcijų poveikis Baltijos šalių ekonomikai. *22-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija*. [interaktyvus]. 2019. Prieiga per internetą: <http://jmk.vvf.vgtu.lt/index.php/Verslas/2019/paper/view/443>.
- Juonytė, I., Peleckienė, V. (2019) Transporto rinkos paslaugų efek-

- tyvumo vertinimas. 22-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija. [interaktyvus]. 2019. Prieiga per internetą: <http://jmk.vvf.vgtu.lt/index.php/Verslas/2019/paper/view/457>.
- Klemenytė, I. (2015). Transporto sektoriaus vystymosi poveikis Lietuvos ekonomikos augimui. ŠU. [interaktyvus].
- Klimašauskaitė, M. (2020). Galutinių produktų eksporto konkurencingumo vertinimas Europos Sąjungos šalyse. [interaktyvus]. VDU. Prieiga per internetą: https://www.vdu.lt/cris/bitstream/20.500.12259/106557/1/monika_klimasauskaite_bd.pdf.
- Kvederienė, L. (2017). Rusijos embargo poveikis Europos Sąjungos maisto produktų eksportui. [interaktyvus]. KTU. Prieiga per internetą: <https://epubl.ktu.edu/object/elaba:22358842/>.
- Mirabelle, M., Mauro, P. (2009). Imports and exports at the level of the firm: Evidence from Belgium. *The World Economy*, [interaktyvus], Nr. 32 (5). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9701.2009.01172.x>.
- Saghafian A., (2014). How economic sanctions affect income inequality [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://thesis.eur.nl/pub/17047/MA-thesis-Saghafian-A..pdf>.
- Valentinavičius, S. (2000). Pramonės konkurencingumas ir ekonominė plėtra. *Ekonomika* [interaktyvus], Nr. 52. 2000. DOI: 10.15388/Ekon.2000.16919.
- Venkuvienė V., Masteikienė R. (2015). The impact of Russian Federation Economic Embargo on the Central and Easter Countries Business Enviroment [interaktyvus].
- Vogel, A., Wagner, J. (2010). Higher productivity in importing German manufacturing firms: self-selection, learning from importing, or both? *Review of World Economics*, [interaktyvus]. Nr. 145 (4). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s10290-009-0031-4>.
- Гладков, И. С. Внешняя торговля Российской Федерации и Европейского союза в 2018 г.: новые тренды или «трудности перевода». *Экономические и социально-гуманитарные исследования* [interaktyvus]. № 1 (21) 2019. DOI: 10.24151/2409-1073-2019-1-31-42 .

INTERNATIONAL TRADE: THE IMPORTANCE OF IMPORT

Jurgita Ginavičienė, Vanda Lukočienė,
Indrė Sprogytė

Vilnius College of Technology and Design,
Antakalnio str. 54, LT-10303, Vilnius

Abstract. An analysis of import data from Russia to European Union countries has carried out. The analysis included literature analysis, statistical analysis and an assessment of the values of the calculations made. The importance of imports in international trade has been analysed. Based on the analysis of the statistics carried out, the interaction of imports between the countries of the European Union and Russia. The countries in all 3 groups are the same as imports, in particular group I, where Slovenia accounts for 42,8 % of imports in this group. Modos does not have any group because there is no recurring import amount when comparing countries in their own groups. The oscillation factors for all groups significantly exceed the theoretical parameter of 33 %, which means that the populations concerned are heterogeneous and the countries are very different according to the import size. When assessing imports, especially in groups I and III, there are few countries and the dispersion is high, the population is very heterogeneous and therefore their averages are little informative. The evaluation of the indicators of all 28 countries in the European Union suggests that the Russian market is of great importance to half of the countries of the European Union. The volume of their imports is dependent on decisions taken by states to develop or restrict international trade.

Key words: import, Russian, European Union, international trade.

SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIŲ, VEIKIANČIŲ DYZELINU IR BIODUJOMIS, DEGIMO PROCESO IR EKOLOGINIŲ RODIKLIŲ APŽVALGA

Saulius Stravinskas, Donatas Kriaučiūnas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Slėginio uždegimo varikliai, nors ir stipriai prisidedantys prie aplinkos teršimo, vis dar plačiai naudojami transporto sektoriuje. Norint mažinti naftinės kilmės degalų naudojimą, aplinkos užterštumą, bet išnaudoti transporte paplitusius dyzelinius variklius, būtina plėsti alternatyvių energijos šaltinių naudojimą. Vienas iš būdų siekiant šio tikslo – biodujų naudojimas šiuose varikliuose. Biodujos yra sąlyginai nebrangios ir gali būti naudojamos kaip pagrindiniai degalai slėginio uždegimo varikliuose. Šiame straipsnyje apžvelgiamos biodujų savybės ir panaudojimo dyzeliniuose varikliuose galimybės. Taip pat nagrinėjamos biodujų ir dyzelino degimo charakteristikos ir kenksmingų cheminių elementų susidarymo tendencijos išmetamosiose dujose.

Reikšminiai žodžiai: slėginio uždegimo variklis, biodujos, dvejopi degalai, degimas, emisijos.

Įvadas

Energijos resursų naudojimo efektyvumas, dėl atliekamų mokslinių tyrimų ir tobulėjančių technologijų sparčiai auga, bet tuo pačiu metu auga ir šių resursų poreikis. Auganti žmonių populiacija ir gerėjantis vidutinis pragyvenimo lygis labiausiai prisideda prie didėjančio energijos resursų poreikio. Manoma, kad iškastinių degalų naudojimas dar kurį laiką bus pagrindinis energijos šaltinis, tačiau vis labiau suvaržytas dėl mažėjančių atsargų ir griežtėjančių aplinkosauginių reikalavimų išmetamųjų dujų emisijoms.

Slėginio uždegimo varikliai pastaraisiais dešimtmeciais yra sparčiai tobulinami, ir vis dar yra pagrindiniai galios šaltiniai tiek stacionariam naudojimui, tiek transporte. Jie yra patikimi ir atitinka nustatytus išmetamųjų dujų emisijos reikalavimus.

Ypač didelis slėginio uždegimo variklio privalumas, dėl naudojamo slėginio uždegimo tipo, yra galimybė naudoti įvairesnius degalus nei kibirkštinio uždegimo variklyje. Jau nuo senų laikų dyzeliniuose varikliuose naudojami įvairūs degalai, ir ne tik skysti, bet ir dujiniai. Tikėtina, kad šio tipo variklių naudojimas elektros generatoriuose ir kogeneracinėse jėgainėse toliau didės dėl sąlyginai lengvo jų pritaikymo įvairiems degalams, įskaitant tiesioginį biodujų panaudojimą.

Varikliai, veikiantys dvejopais degalais, įprastai yra standartiniai dyzeliniai varikliai pritaikyti deginti dujinius degalus naudojant tik nedidelį kiekį skystų degalų degimo pradžia. Tokie varikliai, kurie reikalauja tik minimalių pakeitimų, gali veikti naudojant ypač įvairius dujinius degalus, tuo pačiu metu išlaikant galimybę, esant poreikiui, naudoti tik skystus degalus.

Šio darbo tikslas – išnagrinėti slėginio uždegimo variklio, pritaikyto veikti dvejopais degalais, degimo ypatumus ir kenksmingų cheminių elementų susidarymo tendencijas išmetamosiose dujose.

1. Biodujų panaudojimo slėginio uždegimo varikliuose apžvalga

Biodujos, kurios laikomos tinkamu atsinaujinančios energijos šaltiniu, yra gaunamos iš gyvūnų, auga-

lų ar maisto atliekų. Jos gali būti deginamos tiesiogiai slėginio uždegimo varikliuose, arba būti paverčiamos į skystus degalus, tokius kaip bioetanolis ar biodyzelinas. Biodujos gaminamos iš biomasės skaidant organines medžiagas anaerobinėje aplinkoje. Biodujos, kurios pagrinde susideda iš metano (CH_4) ir anglies dioksido (CO_2), dėl jose esančio metano yra degios. Tipinė biodujų sudėtis pagal tūrį yra 40–70% metano, 20–40% anglies dioksido, nedideli kiekiai vandens, vandenilio, azoto (Barik and Murugan, 2014). Metano ir anglies dioksido santykis priklauso nuo biomasės šaltinio didžiausios temperatūros, slėgio, dydžio ir poringumo. Biodujų žemutinis šilumingumas (LHV) yra santykinai mažas, bet jos turi aukštą savaiminio užsiliepsnojimo temperatūrą, todėl biodujos yra atsparios detonacijai (Valipour Berenjestanaki et al., 2021).

1 lentelė. Pagrindinės degalų savybės

Savybės	Dyzelinas	Biodujos
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	42.5	19.1
Cetanis skaičius	52.1	-
Oktaninis skaičius	-	130
Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra, °C	180–220	600–650
Stechiometrinis oro/degalų santykis, kg/kg	14.3	6.17
Anglies dalis, %	87	-
Užsiliepsnojimo ribos, tūrio % ore	0.6–7.5	7.5–14

Šaltinis: Rahman and Ramesh, 2019, Li et al., 2019

Dėl aukštos biodujų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros jų negalima naudoti vienu slėginio uždegimo varikliuose. Tam reikalingas degimo iniciatorius. Dvejopų degalų (skystų ir dujinių) naudojimas laikomas pačia tinkamiausia strategija biodujų panaudojimui slėginio uždegimo varikliuose. Dvejopais degalais veikiantys slėginio uždegimo varikliai, kaip pagrindinius degalus naudoja dujas, o skystus degalus – kaip pilotinius degalus. Įprastai biodujos purškiamos į įsiurbimo kolektorių, kuriame maišosi su oru. Biodujų ir oro mišinys, patekęs į cilindrą, yra suspaudžiamas, tačiau dėl aukštos savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros savaime neužsiliepsnoja. Tai padaro suspaudi-

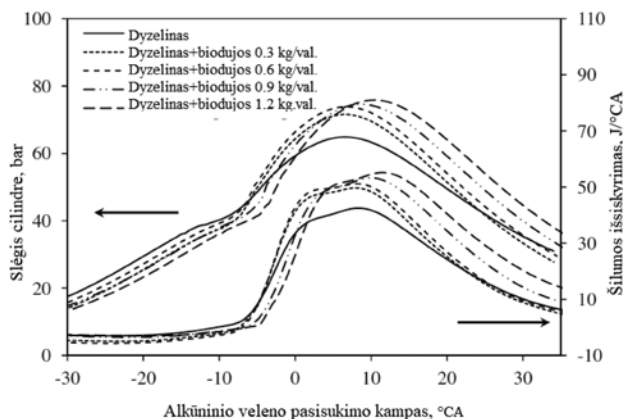
mo takto pabaigoje tiesiogiai į cilindrą įpurkšti skysti degalai (dyzelinas ar biodyzelinas).

Pagrindinės biodujų ir dyzelino savybės pateiktos 1 lentelėje.

2. Biodujų-dyzelino degimo charakteristikos

Mokslininkai (Barik and Murugan, 2014) atliktame eksperimentiniame tyrime nagrinėjo slėginio uždegimo variklio, veikiančio biodujomis ir dyzelinu degimo procesą. Tyrimui buvo naudotas vieno cilindro, keturtaktis, oru aušinamas slėginio uždegimo variklis, išvystantis 4,4 kW galingumą. Variklis buvo pritaikytas veikti dvejopais degalais – dyzelinu ir biodujomis. Tyrimo metu buvo keičiamas biodujų ir dyzelino santykis.

Slėgio cilindre priklausomybė nuo alkūninio veleno pasisukimo kampo pateikta 1 paveiksle. Iš jo galima pastebėti, kad varikliui veikiant dvejopais degalais, degimo pradžia vėlyvėja 2–3°, lyginant su grynu dyzelino degimo pradžia, kai variklis veikia didžiausiu galingumu. Tai atsitinka dėl biodujose esančio anglies dioksido (17%) ir aukštesnės biodujų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros. Varikliui veikiant dyzelinu, didžiausias slėgis cilindre yra apie 64,9 bar. alkūniniui velenui pasisukus 6,7° už VGT. Tuo tarpu, varikliui veikiant dvejopais degalais, didžiausias slėgis cilindre yra 71,6 bar., 73,9 bar., 74,6 bar. ir 75,8 bar., prie 6,4°, 6,9°, 8,6° ir 10,6° už VGT. Kai biodujų srautas 0,3, 0,6, 0,9 ir 1,2 kg/val., esant didžiausiai apkrovai, fiksuojamas maksimalaus slėgio cilindre prieaugis, kai variklis veikia dvejopais degalais. Tai nutinka dėl deguonies trūkumo, kuris sukelia degimo uždelimą, lemiantį slėgio augimą ankstyvojoje fazėje (Duc and Wattanavichien, 2007). Pastebima, kad CO₂ kiekis biodujose neturi didelės įtakos didžiausiam slėgiui cilindre, tačiau slėgio pikas pasiekiamas šiek tiek vėliau (Park et al., 2014).



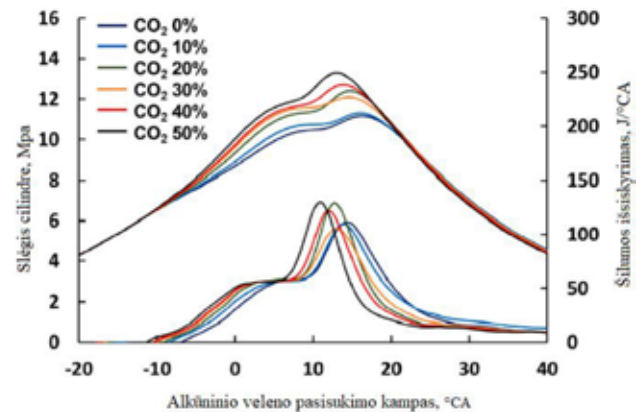
1 pav. Slėgio cilindre ir šilumos išsiskyrimo priklausomybė nuo alkūninio veleno pasisukimo kampo esant didžiausiai apkrovai

Šaltinis: (Barik and Murugan, 2014)

Šilumos išsiskyrimo intensyvumas ankstyvojoje fazėje priklauso nuo užsidegimo gaisties mišinio formavimosi ir degimo intensyvumo ankstyvojoje degimo stadijoje. Iš 1 pav. matyti, kad intensyvesnis šilumos išsiskyrimas vyksta varikliui veikiant dvejopais dega-

lais, nei dyzelinu. Tai gali būti dėl degalų kaupimosi santykinai ilgesnėje degimo gaisties fazėje ir kombinuoto pilotinių degalų ir dujinių degalų degimo višai šalia pilotinių degalų uždegimo ir degimo centrų, kurie modifikuoja ir išplečia užsiliepsnojamos zoną aplink pilotinius degalus (Mustafi et al., 2013).

Mokslininkai (Valipour Berenjestanaki et al., 2021) nagrinėjo dvejopų (skystų ir dujinių) degalų degimo ypatumus, kai keičiamas CO₂ kiekis biodujose. 2 pav. pavaizduota slėgio cilindre ir šilumos išsiskyrimo priklausomybė nuo alkūninio veleno pasisukimo kampo, kai biodujose yra nuo 0 iki 50% CO₂. Tyrimas atliktas prie optimalaus skystų degalų įpurškimo pradžios kampo, kai nepasireiškia detonaciniai reiškiniai. Didžiausias slėgis cilindre pastebimas, kai biodujose yra 50% CO₂. Mažiausias slėgis cilindre pastebėtas, kai biodujose yra 10% CO₂ ir 0% CO₂. Tačiau, kai įpurškimo pradžios momentas nėra keičiamas, CO₂ koncentracijos didėjimas biodujose lemia didžiausio slėgio cilindre mažėjimą (Feroskhan and Ismail, 2016; Verma et al., 2017).



2 pav. Slėgio cilindre ir šilumos išsiskyrimo priklausomybė nuo alkūninio veleno pasisukimo kampo esant didžiausiai apkrovai

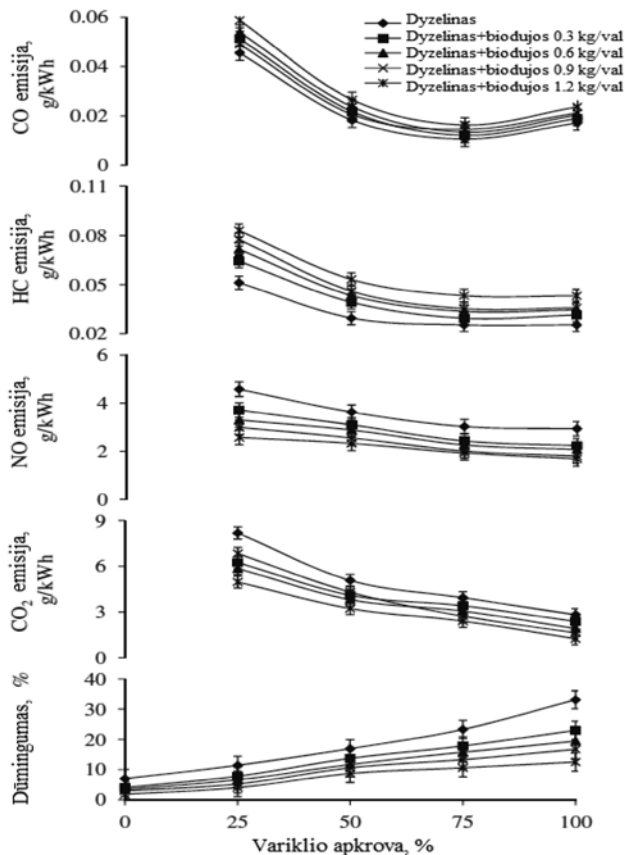
Šaltinis: (Valipour Berenjestanaki et al., 2021)

Pirmasis šilumos išsiskyrimo pikas, sukeltas pilotinių degalų, nėra aiškiai matomas. Antrasis šilumos išsiskyrimo pikas, sklindant liepsnos frontui, pasiekia beveiki vienodas reikšmes prie visų CO₂ koncentracijų.

3. Emisijos

Varikliui veikiant dvejopais degalais, anglies monoksido (CO) emisijos yra didesnės, nei varikliui veikiant grynu dyzelinu, prie visų apkrovų (3 pav.). Tai yra dėl nepilno degimo, kurį sukelia kartu su oru patenkančios CO₂ dujos ir atsirandančio deguonies trūkumo. Taigi, liepsnos frontas, susiformavęs degant pilotiniams degalams, yra slopinamas, ir neplinta tol, kol biodujų – oro mišinys nepasiekia minimalios savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros (Abdelaal et al., 2013; Papagiannakis et al., 2010). CO emisijos didesnės apie 24% su biodujomis, kai jų srautas 1,2 kg/val. esant didžiausiai apkrovai, lyginant su dyzelinu, kai tuo tarpu tik 17% CO padidėjimas pastebimas su biodujomis, kai jų srautas 0,9 kg/val. Blogas skystų ir dujinių degalų mišinio formavima-

sis gali taip pat turėti įtakos didesnėms CO emisijoms (Mustafi and Raine, 2008).



3 pav. Emisijų priklausomybė nuo variklio apkrovos

Šaltinis: (Barik and Murugan, 2014)

Angliavandenilių (HC) emisijos, varikliui veikiant dvejopais degalais, yra žymiai aukštesnės nei veikiant grynu dyzelinu, esant visoms variklio apkrovoms (3 pav.). Tai yra dėl nepilno degalų sudegimo. Biodujų tiekimas į įsiurbimo kolektorių sumažina oro kiekį, todėl, degimas vyksta esant mažiau deguonies, kas lemia didesnę HC emisiją (Papagiannakis et al., 2010). Be to, įsiurbimo ir išmetimo vožtuvų persidengimas gali turėti įtakos HC emisijai, nes nesudegęs oro – biodujų mišinys išeina pro išmetimo kolektorių (Bedoya et al., 2009).

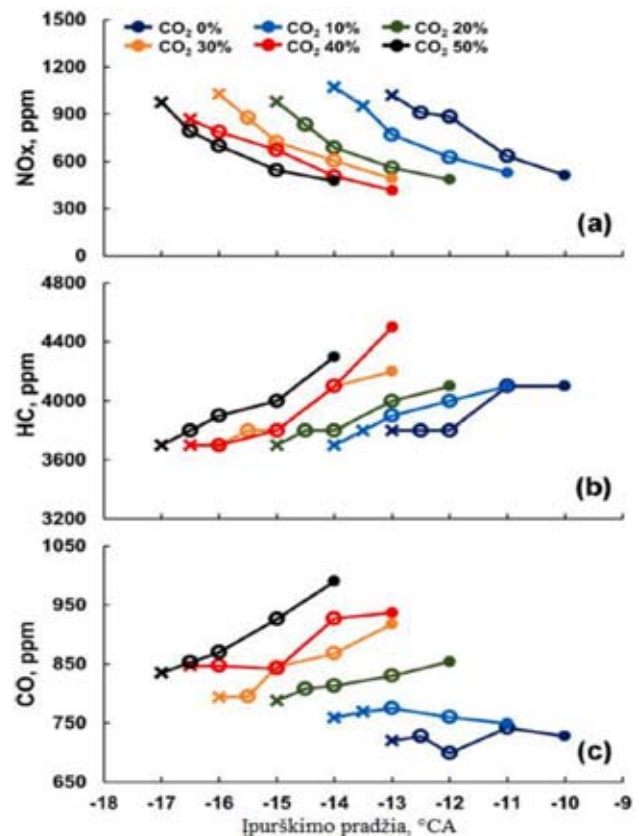
Iš 4 pav. matome, kad HC ir CO koncentracija didėja didėjant CO₂ kiekiui biodujose, dėl žemesnės degimo temperatūros (Yoon and Lee, 2011). Mažiausia HC ir CO koncentracija pastebėta varikliui veikiant, kai CO₂ santykis mažiausias ir įpurškimo pradžios momentas paankstintas.

Azoto oksidų (NO_x) formavimasis labai priklauso nuo degimo temperatūros, deguonies kiekio, suspaudimo laipsnio. Pastebima, kad NO_x emisija varikliui veikiant dvejopais degalais yra žymiai mažesnė, ypač, prie didesnių variklio apkrovų. Tai yra dėl patenkančio į cilindrus CO₂, kuris užima vietą ir mažina deguonies kiekį, taip sumažėja degimo temperatūra (Al-Dawody and Bhatti, 2013; Saravanan et al., 2012).

Įpurškimo pradžios momento ankstinimas skatina azoto oksidų (NO_x) formavimąsi (4 pav.). Kai skystų ir dujinių degalų santykis išlaikomas toks pats, o skys-

tų degalų įpurškimo pradžios momentas ankstinamas, didėja NO_x koncentracija (Valipour Berenjestanaki et al., 2021). Kai įpurškimo pradžia ankstinama, degimas prasideda ankstyvesnėje fazėje, todėl dega daugiau degalų, kas lemia didesnes degimo temperatūras, ir, žinoma, didesnę NO_x koncentraciją.

Anglies dioksidas (CO₂) yra pilno degimo produktas (Mustafi and Raine, 2008). CO₂ emisija, prie visų apkrovų, varikliui veikiant dvejopais degalais yra mažesnė, nei veikiant grynu dyzelinu. Tai yra dėl deguonies trūkumo, mažesnės degimo temperatūros, mažiau laiko degalams sudegti, kas lemia nevisišką degalų sudegimą sukeltą mažesnes CO₂ emisijas (Wu et al., 2014).



4 pav. Išmetamųjų dujų koncentracija: (a) NO_x; (b) HC; (c) CO.

Šaltinis: (Valipour Berenjestanaki et al., 2021)

Pastebima, kad dūmingumas mažesnis, kai variklis veikia dvejopais degalais. Tai yra dėl to, kad biodujose nėra aromatinių junginių (Mustafi et al., 2013). Taip pat, dūmingumais labai priklauso nuo oro kiekio (tuo pačiu ir deguonies), patenkančio į cilindrus. Akivaizdu, kad degalų sudėtis turi įtakos dūmingumui. Varikliui veikiant dvejopais degalais, dalis dyzelino yra pakeičiama biodujomis, kas sukelia mažesnę dūmingumą. Dūmingumo mažėjimas yra siejamas su degimo temperatūros sumažėjimu ir padidėjusiu suodžių oksidavimusi (Mustafi et al., 2013).

Išvados

Biodujų naudojimas slėginio uždegimo varikliuose kartu su dyzelinu nereikalauja ypatingai sudėtingos

ir brangios įrangos. Todėl, šis metodas susliaukė daug dėmesio ir įvairūs mokslininkai atlieka tyrimus siekiant pagerinti variklio ekologinius rodiklius. Apžvelgus literatūros šaltinius, galima daryti tokias išvadas:

1. Naudojant biodujas ir dyzeliną, dėl pakitusios suslegiamų dujų sudėties ir degimo proceso, slėgis suspaudimo takto pabaigoje ir darbo tako metu yra mažesnis nei naudojant gryną dyzeliną. Taip pat užsiliepsnojimo gaištis periodas yra ilgesnis.
2. Didėjant biodujų koncentracijai susidaro lieso degimo zonos, mažėja degimo temperatūra ir tai didina CO emisiją.
3. Dėl sumažėjusios degimo temperatūros ir pablogėjusio degimo bei vožtuvų perdengimo metu į išmetimo kolektorių patenkančių metano dujų, HC koncentracija deginiuose gali padidėti nuo kelių iki kelių dešimčių kartų.
4. Naudojant biodujas ir dyzeliną, degimas vyksta mažesniu intensyvumu ir tai žymiai mažina CO₂ ir NO_x emisiją.

Literatūra

- Abdelaal, M.M., Rabee, B.A., Hegab, A.H., (2013). Effect of adding oxygen to the intake air on a dual-fuel engine performance, emissions, and knock tendency. *Energy* 61, 612–620. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.022>.
- Al-Dawody, M.F., Bhatti, S.K., (2013). Optimization strategies to reduce the biodiesel NOx effect in diesel engine with experimental verification. *Energy Conversion and Management* 68, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.12.025>.
- Barik, D., Murugan, S., (2014). Investigation on combustion performance and emission characteristics of a DI (direct injection) diesel engine fueled with biogas–diesel in dual fuel mode. *Energy* 72, 760–771. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.106>.
- Bedoya, I.D., Arrieta, A.A., Cadavid, F.J., (2009). Effects of mixing system and pilot fuel quality on diesel–biogas dual fuel engine performance. *Bioresource Technology* 100, 6624–6629. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.052>.
- Duc, P.M., Wattanavichien, K., (2007). Study on biogas premixed charge diesel dual fuelled engine. *Energy Conversion and Management* 48, 2286–2308. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.03.020>.
- Feroskhan, M., Ismail, S., (2016). Investigation of the effects of biogas composition on the performance of a biogas–diesel dual fuel CI engine. *Biofuels* 7, 593–601. <https://doi.org/10.1080/17597269.2016.1168025>.
- Mustafi, N.N., Raine, R.R., (2008). A Study of the Emissions of a Dual Fuel Engine Operating with Alternative Gaseous Fuels. *Presented at the SAE World Congress & Exhibition*, pp. 2008-01-1394. <https://doi.org/10.4271/2008-01-1394>.
- Mustafi, N.N., Raine, R.R., Verhelst, S., (2013). Combustion and emissions characteristics of a dual fuel engine operated on alternative gaseous fuels. *Fuel* 109, 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.03.007>.
- Papagiannakis, R.G., Kotsiopoulos, P.N., Zannis, T.C., Yfantis, E.A., Hountalas, D.T., Rakopoulos, C.D., (2010). Theoretical study of the effects of engine parameters on performance and emissions of a pilot ignited natural gas diesel engine. *Energy* 35, 1129–1138. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.06.006>.
- Park, S.H., Yoon, S.H., Cha, J., Lee, C.S., (2014). Mixing effects of biogas and dimethyl ether (DME) on combustion and emission characteristics of DME fueled high-speed diesel engine. *Energy* 66, 413–422. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.007>.
- Saravanan, S., Nagarajan, G., Anand, S., Sampath, S., (2012). Correlation for thermal NOx formation in compression ignition (CI) engine fuelled with diesel and biodiesel. *Energy* 42, 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.028>.
- Valipour Berenjestanaki, A., Kawahara, N., Tsuboi, K., Tomita, E., (2021). Performance, emissions and end-gas autoignition characteristics of PREMIER combustion in a pilot fuel-ignited dual-fuel biogas engine with various CO₂ ratios. *Fuel* 286, 119330. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119330>.
- Verma, S., Das, L.M., Kaushik, S.C., (2017). Effects of varying composition of biogas on performance and emission characteristics of compression ignition engine using exergy analysis. *Energy Conversion and Management* 138, 346–359. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.01.066>.
- Wu, H.-W., Wang, R.-H., Chen, Y.-C., Ou, D.-J., Chen, T.-Y., (2014). Influence of port-inducted ethanol or gasoline on combustion and emission of a closed cycle diesel engine. *Energy* 64, 259–267. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.11.027>.
- Yoon, S.H., Lee, C.S., (2011). Experimental investigation on the combustion and exhaust emission characteristics of biogas–biodiesel dual-fuel combustion in a CI engine. *Fuel Processing Technology* 92, 992–1000. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.12.021>.

OVERVIEW OF COMBUSTION PROCESS AND ECOLOGICAL INDICATORS FOR COMPRESSION IGNITION ENGINES WORKING ON DIESEL AND BIOGAS

Saulius Stravinskas, Donatas Kriauciūnas

Vilnius College of Technology and Design,
Antakalnio str. 54, LT-10303, Vilnius

Abstract. Compression ignition engines, although strongly contributing to environmental pollution, are still widely used in the transport sector. In order to reduce the use of petroleum fuels and pollution of the environment, but still keep using compression ignition engines, it is necessary to consider the use of alternative energy sources. One of the ways to achieve this goal is to use biogas in compression ignition engines. Biogas is produced in many parts of the world, is relatively inexpensive and can be used as the main fuel in compression ignition engines. This article reviews the properties of biogas and their use in compression ignition engines. Combustion characteristics of biogas and diesel are also analysed, as well as trends in the formation of harmful chemical elements in the exhaust gas.

Key words: Compression ignition engine, Biogas, Dual-fuel, Combustion, Emission.

PAŠARINIŲ PUPŲ ATLIEKŲ PANAUDOJIMAS BIOKURO GAMYBAI

Aleksandra Minajeva^{1,2}, Algirdas Jasinskas²

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g., 54, Vilnius, Lietuva, el.paštas: a.minajeva@vtdko.lt

²Vytauto Didžiojo Universiteto Agrikultūros Akademijos, Žemės Ūkio Inžinerijos ir Saugos Institutas, Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno raj., Lietuva, el.paštas: algirdas.jasinskas@vdu.lt

Anotacija: Šiame straipsnyje analizuojamas ir vertinamas dirvožemio perdirbimo technologijos poveikis pupų atliekų biokuro rodikliams. Buvo paimti ir išanalizuoti mėginiai iš penkių skirtingų pirminio žemės dirbimo sistemų. Pupų atliekų žaliava buvo perdirbta ir supresuota į granules. Eksperimentinių granulių savybių tyrimų rezultatai atskleidė, kad granulių dregmės kiekis pakito nuo $8,2 \pm 0,5\%$ (3-GP) iki $10,8 \pm 0,2\%$ (5-ND). Didžiausias pupų atliekų granulių tankis buvo gautas iš įprasto dirvos arimo mėginio (1-IA) (1300 ± 600 kg m⁻³), o mažiausias tankis buvo užfiksuotas sekliame arime (2-SA) - 1300 ± 500 kg m⁻³. Žemutinis sausojo biokuro, gauto iš pupų atliekų granulių, šilumingumas buvo panašus visuose mėginiuose ir svyravo nuo $16,9 \pm 0,4$ MJ kg⁻¹ (5-ND) iki $17,1 \pm 0,4$ MJ kg⁻¹ (2-SP). Pupų atliekų granulių kalingumas buvo palyginti didelis ir artimas kai kurių rūšių medienos atliekų kalingumui. Analizuoti ir įvertinti šie kenksmingų dujų išmetimai: anglies monoksidas CO, anglies dioksidas CO₂, nesudegę angliavandeniliai C_xH_y ir azoto oksidai NO_x. Deginant pupų atliekų granules, nustatytas kenksmingas dujų išmetimas aplinkai neviršijo leistinų ribų. Geriausi granulių savybių, pelenų kiekio ir išmetamų kenksmingų dujų rezultatai buvo gauti iš mėginių 1-IA ir 3-GP. Tyrimo rezultatai rodo, kad pupų atliekos galėtų būti naudojamos kaip granuliuotas biokuras, nes pagrindiniai šių ankštinių augalų atliekų parametrai atitinka pagrindinius kietojo biokuro reikalavimus. Nustatyta, kad naudojant neapdorotą dirvožemio (5-ND) technologiją CO₂ emisija buvo dvigubai mažesnė nei naudojant įprastą dirvos arimą (1-IA). Šie rezultatai rodo, kad žemės dirbimo technologija yra svarbi tvariai žemės ūkio praktikai auginant pupų grūdus ir perdirbant granules iš šios kultūros atliekų.

Reikšminiai žodžiai: pašarinės pupos, atliekos, kietasis biokuras, sudėtis, granulių savybės, dujų emisijos.

Sutrumpinimai

(1-IA), įprastas (22–25 cm) arimas verstuviniu plūgu;
(2-SA), negilus (12–15 cm) arimas verstuviniu plūgu;
(3-GP), gilus (25–30 cm) kultivavimas neverčiant dirvožemio;
(4-SP), negilus (10–12 cm) kultivavimas lėkštiniu kultivatoriumi;
(5-ND), neartas, nekultivuotas ir kitaip neįdirbtas dirvožemis.

Įvadas

Siekiant padidinti energijos išteklius ir saugumą, energijos išgavimas iš biomasės užima svarbų vaidmenį ES strategijoje. Biomasė, atsinaujinantis energijos šaltinis, užima 10% pasaulinės energijos išteklių. Ateityje tikėtina, kad biomasė padengs trečdalį pasaulinės energijos poreikio (World Energy Council, 2013). Pakeičiant iškastinį kurą biomasės kuru anglies dioksido kiekis atmosferoje stabilizuotųsi (Ericsson, Nilsson, 2005; Jasinskas, Streikus, Šarauskis, Palšauskas, Venslauskas, 2020; Streikus, Jasinskas, Šarauskis, Romanekas, Marks, 2019). Darniojo vystymosi idėja susideda iš trijų dalių: ekonominio vystymosi, aplinkos apsaugos bei socialinio vystymosi. Šiuolaikiniame pasaulyje prieštaraujama augalų bei maisto produktų naudojimui išgauti energiją dėl vis augančio susirūpinimo dėl maisto išteklių. Tačiau, svarbiausias argumentas už biomasės gaminimą yra riboti ir senkantys žemiškieji ištekliai. Taip pat, biomasės naudojimas sumažina maisto gaminimo bei tiekimo nuostolius įskaitant ir nuostolius po kūlimo (Faostat, 2018). Todėl

labai naudinga ir svarbu naudoti ūkines atliekas energijos išgavimui.

Reikia atkreipti dėmesį į tai, kad darnios bei energetiškai efektyvios žemės ūkio technologijos yra žemės ūkio produktų gamybos proceso dalis, nes jos suteikia progresyviausias ekonomines, energetines bei aplinkos apsaugos galimybes (Mitchell, Carter, et. al., 2016). Anksčiau minėtos technologijos turi keletą tikslų: apriboti mechaninių bei cheminių procesų įtaką dirvožemiui bei augalijai; racionaliai panaudoti medžiagas, energetinius bei darbo išteklius; užtikrinti dirvožemio derlingumo atsistatymą; saugoti gamtą; gaminti sveiką maistą ir galiausiai, užtikrinti ekonominį našumą žemės ūkio produkcijos gamybos procese (Šarauskis, Kriauciūnienė, Romanekas, Buragienė, 2018; Vaitauskienė, Šarauskis, Romanekas, Jasinskas, 2017).

Ūkininkams yra žinoma, kad auginant pupas ar žirnius (Nebiyu, Diels, Boeckx, 2016) gali pagerėti dirvožemio kokybė. Pupos yra auginamos visame pasaulyje dėl savo derliaus ir žaliojo ankštinio pūdinio, pagerinančio derlingumą. Pupos prisotina dirvožemį azotu ir todėl jos prisideda prie derliaus ir dirvos mainų sistemų darnos. Azotas atsiranda biologinės sistemų diversifikacijos metu sumažinant ligų tikimybę, taip pat, ir mažiau kenkėjų bei žolių ir galimai padidina bioįvairovę (Jensen, Peoples, Hauggaard-Nielsen, 2009). Atsižvelgiant į daugelelio pasėlių produktyvumą, azoto trąšos yra pačios svarbiausios (Černý, Balík, Kulhánek, Časová, Nedvěd, 2010). Tyrimai atskleidė, kad ankštinis derlius palieka daug azoto bei geros kokybės organinės masės dirvožemyje ir taip paspartina dirvožemio humuso atsinaujinimą. Be to, stiprios šių augalų šaknų sistemos išpureną viršutinį dirvožemio sluoksnį ir pri-

traukia maistingąsias medžiagas iš gilesnių sluoksnių, pagerina dirvožemio sudėtį bei pagerina dirvožemio mikroorganizmų aktyvumą (Gao-Lin et. al., 2017).

Todėl nieko keisto, kad šių augalų auginami plotai Lietuvoje sparčiai išaugo. Per penkerius metus, nuo 2014 iki 2018, auginamų pupų plotai išaugo daugiau nei tris kartus, iki 73197,40 ha 2018 (Statistikos departamentas, 2019).

Pašarinės pupos gali būti geras maisto bei biokuro šaltinis (Frame, Charlton, Laidlaw, 2017). Atsižvelgiant į augantį ankštinių (žirnių bei pupų) poreikį ir tai, kad jų auginimo plotai išsiplėtė, jų pirminiai bei pašaliniai produktai taip pat išaugo. Galima nuspėti, kad pašarinių pupų produkcijos bei perdirbimo kiekiai išaugs ateityje, kaip ir jų panaudojimo galimybės atsinaujinančios energijos sektoriuje. Šaknų bei augalų liekanų po kūlimo užtenka dirvožemio tręšimui azotu. Likusios ankštinių augalų dalys gali būti panaudotos kompostui ar biokurui.

Pašarinių pupų atliekos gali būti naudojamos kaip alternatyvus energijos šaltinis dėl savo sudėtyje esamo didelio kiekio polisacharidų ir mažo kiekio lignino (48,8–56,5% biomasės dalis ir 13,1–14,4% biomasės dalis) (1). Atsižvelgus į tai, kad pupų atliekos palieka didelius biomasės pėdsakus, nuo 3,7 iki 5,7 t ha⁻¹ ir sudaro 42,3–50,5% visos pasėlių biomasės, todėl, daug tyrimų buvo atlikta biomasės potencialui kuriant pupų atliekų biokurui gaminti. Pupų lignoceliuliozinė biomasė taip pat gali būti panaudojama bioetanolio bei biodujų gamybai. Danų mokslininkai studijavo cheminę pupų sudėtį, celiuliozę, hemiceliuliozę, ligniną bei pelenų turinį ir taip vertino jų potencialumą etanolio bei biodujų gamybai (Petersson, Thomsen, Nielsen, Thomsen, 2007).

Dirvožemio įdirbimas gali būti sumažintas daugiau ar mažiau, pradedant nuo paprasto kultivavimo dirvos sluoksnio neapverčiant iki ekstremalesnės technikos, tokios kaip negilus kultivavimas, skutimas ar tiesioginė sėja. Tačiau, santykis tarp dirvožemio kultivavimo, aplinkos sąlygų, derliaus bei biomasės dar nebuvo pakankamai ištirtas iki šiol. Šis tyrimas buvo atliktas norint įvertinti technologijų įtaką pašarinių pupų derliui bei biomasės kokybei.

Šio tyrimo tikslas yra ištirti dirvos paruošimo technologijos įtaką pupų augalinės biomasės savybėms; įvertinti fizines-mechanines savybes bei kokybės rodiklius pupų atliekinę biomasę perdirbant, ją malant, granuliuojant ir panaudojant deginimui bei nustatant granuliu deginimo įtaką aplinkai.

Šio darbo išskirtinumas yra dėl pristatytų dirvos įdirbimo technologijų įtakos biomasės rodikliams ir pašarinių pupų atliekoms, perdirbtoms ir panaudotoms biokuro gamybai. Daug tyrimų buvo atlikta siekiant įvertinti svarbiausius biokuro kokybės rodiklius – fizines, mechanines bei šilumines savybes, taip pat įvertinti kenksmingų dujų išsiskyrimą į aplinką deginant pupų atliekų granuliuotą biokurą.

1. Medžiagos ir metodai

1.1. Mėginių rinkimas

Pašarinės pupos buvo auginamos ir eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami Vytauto Didžiojo Universiteto Žemės ūkio Akademijos (VDU AA) bandymų stotyje, Lietuvoje (54°52' N, 23°49' E). Regionas, kuriame buvo atliekamas eksperimentas, yra subarktinio klimato zonoje, kur vyrauja vidutinės temperatūros 6,2–6,7°C, metinis kritulių kiekis 625 mm (vidutinė 59 metų reikšmė). Kritulių kiekis svyruoja nuo 39,6% gruodį iki 66,7% spalį.

Šis žemės sklypas pasižymi smėlėto ir dulkėto dirvožemio lygumomis, ledyninės kilmės karbonizuotomis sąnašomis iš Nemuno upės plynaukštės. Dirvožemis susidarė iš apatinės morenos arba apatiniųjų ledyninių struktūrų bei limnoglacialinių nuogulų.

Pavyzdžiai buvo paimti ilgai vykstančio pupų auginimo eksperimento metu (nuo 1988). Penki žemės apdirbimo metodai buvo naudojami auginti pupas: 1) įprastas (22–25 cm) arimas su apverčiamuoju plūgu (1-IA); 2) negilus (12–15 cm) arimas su apverčiamuoju plūgu (2-SA); 3) gilusis (25–30 cm) kultivavimas neverčiant dirvožemio (3-GP); 4) negilus (10–12 cm) lėkščiavimas (4-SP); 5) neartas, neapverstas ir mechanškai neįdirbtas dirvožemis (5-ND). Sklypo išdėstymas buvo parinktas atsitiktine tvarka, kiekvieno sklypo plotas 70 m².

Mažiausiai dešimt pašarinių pupų derliaus biologinių pavyzdžių (ūglio biomasės) buvo paimta iš kiekvieno eksperimentinio sklypo atsitiktinėse vietose (0,25 m² plote). Mėginiai buvo išdžiovinti ir duomenys perskaičiuoti iki 15% drėgno. Biomasės atliekos buvo džiovinamos natūraliose sąlygose aplinkos ore.

Dešimt pašarinių pupų atliekų pavyzdžių buvo iš-tirta, penki pavyzdžiai paimti iš penkių skirtingų žemės įdirbimo technologinių variantų su trimis pakartojimais kiekvieno ėmimo metu.

Išdžiūvę pupų atliekos buvo smulkinamos, malmamos ir granuliuojamos nedidelio našumo (100–120 kg h⁻¹) granuliatoriumi, taip pat buvo tirti technologiniai–techniniai pupų atliekų granuliuavimo parametrai bei granuliu fizinės-mechaninės, cheminės ir energetinės savybės.

Kietojo kuro savybėms nustatyti buvo naudojami visame pasaulyje pripažinti metodai ir Lietuvoje patvirtinti standartai. Svarbiausi biokuro kokybės rodikliai yra nustatomi atliekant kuro elementinę analizę pagal drėgmės kiekį, šiluminę vertę (šilumingumą) ir peleningumą (Niedziolka et. al., 2015).

1.2. Susmulkintų augalų pjaustinio frakcinė sudėtis

Dešimt surinktų pupų atliekų pavyzdžių buvo paruošti analizei. Būgniniu smulkintuvu "Maral 125" buvo smulkinamos pupų atliekos. Siekiant nustatyti susmulkintų pupų atliekų pjaustinio frakcinę sudėtį, buvo taikyta kitose ES šalyse naudojama metodika (5). Susmulkintų augalų frakcinė sudėtis buvo nustatoma

naudojant 400 mm skersmens sietų komplektą, kur vienas ant kito sudėti sietai su apvaliomis skylutėmis (eilės tvarka nuo viršutinio sieto): 63 mm, 45 mm, 16 mm, 8 mm, 3,15 mm ir 1,0 mm skersmens, 5 kg masės mėginį sijojant specialiu sietų kratytuvu „Haver EML Digital plus“. Ant sietų likusi masė pasveriamą ir apskaičiuojamas kiekvienos frakcijos mėginio dalis procentais. Kiekvienas bandymas kartojamas 3 kartus.

1.3. Miltų tankio ir kokybės nustatymas

Prieš paruošiant pupų atliekas granuliavimui, jos susmulkinamos į miltus (0,1 – 0,2 skersmens dalelės). Šiai užduočiai atlikti buvo naudojamas įrenginys „Retsch SM 200“ (Jasinskas, Ulozeviciute, Šarauskis, Sakalauskas, Puskunigis, 2011).

Malimo kokybė buvo nustatoma analogiškai, kaip ir būgniniu smulkintuvu susmulkinant augalus, naudojant sietus su skirtingo skersmens skylutėmis: 0 mm, 0,25 mm, 05 mm, 0,63 mm, 1 mm ir 2 mm. Ant sietų likusi masė pasveriamą ir apskaičiuojama kiekvienos frakcijos mėginio dalis procentais. Kiekvienas bandymas kartojamas 3 kartus.

1.4. Drėgno nustatymas

Remiantis jau atliktų tyrimų rezultatais nustatyta, kad drėgmės kiekis labai įtakoja granulių savybes, tokias kaip tūris, tankis, šilumingumas, deformacijos jėgų charakteristikos (Rhen, Ohman, Gref, Wasterlund, 2007). Be to, drėgmė gali paveikti gaminamų granulių energijos sąnaudas ir ekonominius rodiklius (Tumuluru, Tabil, Song, Iroba, Meda, 2014).

Medžiagos drėgnis nustatomas chemijos laboratorijoje pagal standartinę metodiką. Drėgniui nustatyti buvo atsitiktinai paimami 5 mėginiai su susmulkintų augalų pjaustiniu ar miltais, jie pasveriami ir džiovinami 24 h (iki pastovios masės), 105°C temperatūroje. Išdžiovinti ėminiai vėl pasveriami, po to sveriami tušti indeliai ir tada apskaičiuojamas kiekvieno ėminio drėgnis. Augalo masės drėgmės kiekis buvo išreikštas procentais (Jasinskas ir kt., 2011).

1.5. Biometrinių granulių savybių nustatymas

Biokurui gaminti iš pašarinių pupų atliekų naudotas nedidelio našumo granuliavimo įrenginys su horizontalia matrica, skirta 6 mm skersmens granulėms gaminti. Nustatytos šios pupų atliekų granulių savybės: matmenys, drėgnis, tūris ir tankis (EN ISO 17225-6, 2014).

Granulių ilgis ir skersmuo buvo nustatomas slankmačiu (0,05 mm tikslumo) matuojant dešimt atsitiktine tvarka parinktų granulių.

Granulių masė nustatyta jas sveriant svarstyklėmis „KERN ABJ“ (0,01 g tikslumas). Vidutinė penkių granulių masės vertė paskaičiuota su paklaida.

Nustačius granulių matmenis (skersmenį ir ilgį) paskaičiuotas tūris. Iš granulių masės ir ilgio duomenų (svarstyklių tikslumas 0,01 g) buvo skaičiuojamas

jų tankis.

Granulių drėgnis nustatomas jas sveriant ir džiovinant laboratorijoje. Drėgmės kiekiui nustatyti buvo naudojama ta pati metodologija kaip ir miltams.

1.6. Granulių energetinė vertė ir poveikis aplinkai jas deginant

Pagamintų pupų augalinių atliekų granulių elementinės sudėties, peleningumo ir šilumingumo tyrimai atlikti Lietuvos energetikos instituto (LEI) Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje pagal Lietuvoje ir Europos šalyse galiojančią standartinę metodiką:

- visuminio anglies, vandenilio, azoto, sieros ir deguonies kiekio nustatymo įrenginyje Nr. 8B/3 pagal 15104:2010 standarto reikalavimus;
- peleningumo bandymo įrenginyje Nr. 8B/5 pagal LST EN 14775:2010 standarto reikalavimus;
- šilumingumo bandymo įrenginyje Nr. 8B/2 pagal LST EN 14918:2010 standarto reikalavimus;
- visuminio chloro kiekio pagal ISO 16994:2015 standarto reikalavimus.

Vienas iš pagrindinių granulių kokybės rodiklių yra granulių šilumingumas. Šiam rodikliui nustatyti buvo naudojamas kalorimetras su kalorimetrine bomba „IKA C 5012“

Pelenų sudėtis buvo nustatoma sudeginant pupų atliekų granules ir pasveriant jų pelenus. Bandymai buvo atlikti specialioje bandymų laboratorijoje Nr. 8B/5 su 0,1% paklaida. Granulių partija svėrė 500 g, o kiekvienas bandymas pakartotas tris kartus.

Išsiskiriančių dujų leistinas emisijas kietojo kuro deginimo jėgainėms patvirtino Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministras. Šie apribojimai reguliuoja kenksmingų medžiagų išsiskyrimą į aplinką deginant biokurą iš žolinių augalų bei šiaudų (LST EN 303-5, 2012). Teisės aktas nustato išskiriamų medžiagų reikšmių ribas naujoms bei esamoms jėgainėms kurių tiekiamą šiluminę galią kinta nuo 0,12 iki 1,0 MW ($O_2 = 6\%$):

$SO_2 \rightarrow 2000 \text{ mg Nm}^{-3}$; $NO_x \rightarrow 750 \text{ mg Nm}^{-3}$ ir kietosios dalelės $\rightarrow 800 \text{ mg Nm}^{-3}$.

Ribojamos CO emisijos automatiniam bei rankinio krovimo kietojo kuro katilams, kurių galingumas iki 500 kW, aprašomos standarte LST EN 303-5: 2012 (LST EN 303-5, 2012). Pagal standarto reikalavimus, šios CO išmetimų normos yra leidžiamos katilams su automatinio pakrovimu: 3000 – 3 klasės, 1000 – 4 klasės, ir 500 – 5 klasės katilams.

Katiluose kūrenamuose kietuoju kuru, kuro degumas, tarša, koncentracija priklauso nuo kuro tipo, kokybės ir formos. Norint nustatyti kenksmingas aplinkai chemines medžiagas, pupų granulės buvo deginamos žemo galingumo (5 kW) kietojo kuro katile. Kenksmingos medžiagos buvo nustatomos „Datatest 400CEM“ degimo produktų analizatoriumi. Anglies, vandenilio, azoto, sieros bei deguonies kiekiai buvo ištirti pagal patvirtintus reikalavimus (Jasinskas ir kt., 2011).

Dešimt sugranuliuotų augalų pavyzdžių buvo pa-
imta ir sudeginta tyrimų laboratorijoje tiriant išskiria-
mas emisijas. Kiekvienas mėginys degė 10–12 min.

Tyrimo duomenys statistiškai įvertinti vieno fakto-
riaus dispersine analize, koreliacija ir regresija (Rau-
donius, Jodaugienė, Pupalienė, Trečiokas, 2009). ANOVA programinė įranga buvo naudojama siekiant
nustatyti ribas fundamentalių skirtumų tarp tikimybių
lygių R05 ir R01 pagal *P* kriterijų (Tarakanovas, Rau-
donius, 2003). Koreliacinei analizei buvo naudojama
SigmaStat ir SYSTAT programinė įranga.

2. Rezultatai ir aptarimas

2.1. Susmulkintų ir sumaltų pupų atliekų frakcinė sudėtis

Būgniniu smulkintuvu susmulkintos masės frakci-
nė sudėtis buvo nustatoma taikant ES šalyse paplitu-
są metodiką, naudojant sietus su skirtingo skersmens
skylutėmis. Ant sietų likusi masė pasverama ir paskai-
čiuojamas kiekvienos frakcijos ėminio dalis procen-
tais. Nukultų pupų augalinių atliekų pjaustinio frakci-
nė sudėtis pateikta 1 lentelėje.

Atlikus būgniniu smulkintuvu susmulkintų pupų
atliekų frakcinės sudėties tyrimus buvo nustatyta, kad
didžiausia augalinių atliekų pjaustinio frakcijos dalis
susikaupė ant sietų su 3,15 ir 8 mm skylėmis – 29,6 ±
1,4% ir 37,9 ± 4,9%. Sąlyginai didelė frakcijos dalis
susikaupė ir ant sietų su 1,0 mm skersmens skylutė-
mis – siekė 14,3 ± 2,9% (labai smulki frakcija), ir ant
sietų su 63,0 mm skersmens skylutėmis – 10,9 ± 9,0%
(labai stambi frakcija). Mažiausia frakcijos dalis buvo
susikaupusi ant sietų su 45 mm skylėmis 0,5 ± 0,4% ir
1,2 ± 0,6%. Šių tyrimų rezultatai rodo, kad būgniniu
smulkintuvu susmulkintų pupų atliekų pjaustino frak-
cija gaunama gana stambi, netinkama granuliavimu, ją
reikia susmulkinti iki smulkesnės miltų frakcijos.

Toliau norint paruoštą pupų atliekinės masės pjaus-
tinį panaudoti granulių gamybai, jį reikia susmulkinti

1 lentelė. Frakcinė susmulkintų pupų atliekų sudėtis

Mėginys	Drėgnis, %	Frakcinė pjaustinio sudėtis, %							
		Ø 0 mm	Ø 1,0 mm	Ø 3,15 mm	Ø 8 mm	Ø 16 mm	Ø 45 mm	Ø 63 mm	Suma
(1-IA)	7,2	1,7 ± 0,3	10,1 ± 1,4	29,6 ± 1,4	37,9 ± 4,9	10,9 ± 1,1	0,6 ± 0,3	9,2 ± 6,0	100
(2-SA)	11,0	2,1 ± 0,3	11,7 ± 1,0	32,0 ± 4,4	30,2 ± 2,9	12,3 ± 2,0	0,7 ± 0,4	10,9 ± 9,0	100
(3-GP)	11,5	3,0 ± 1,7	14,3 ± 2,9	32,0 ± 1,4	35,0 ± 3,7	8,5 ± 2,9	0,5 ± 0,4	6,5 ± 3,0	100
(4-SP)	10,7	3,2 ± 1,5	12,4 ± 2,4	32,7 ± 0,5	34,9 ± 2,7	12,3 ± 0,4	1,2 ± 0,6	2,8 ± 0,7	100
(5-ND)	10,3	2,4 ± 0,5	14,3 ± 1,9	33,0 ± 6,2	35,2 ± 3,2	10,3 ± 3,2	0,7 ± 0,2	3,1 ± 2,7	100

Šaltinis: sudaryta autorių

2 lentelė. Pupų miltų frakcinė sudėtis

Mėginys	Drėgnis, %	Frakcijų, likusių ant sieto procentas, %							Suma
		Ø 2,0 mm	Ø 1,0 mm	Ø 0,63 mm	Ø 0,5 mm	Ø 0,25 mm	Ø 0 mm		
(1-IA)	9,1	0,0 ± 0,01	34,8 ± 6,2	18,7 ± 3,9	7,6 ± 2,2	21,7 ± 4,3	17,2 ± 3,4	100	
(2-SA)	11,1	0	31,7 ± 2,4	18,2 ± 2,6	8,3 ± 1,1	22,7 ± 1,2	19,2 ± 0,4	100	
(3-GP)	11,5	0	34,1 ± 5,7	19,3 ± 2,6	6,5 ± 0,4	22,0 ± 1,8	18,1 ± 1,0	100	
(4-SP)	10,9	0	36,9 ± 4,6	18,5 ± 4,6	6,6 ± 5,1	21,0 ± 2,7	17,0 ± 1,8	100	
(5-ND)	11,1	0	34,5 ± 3,8	18,0 ± 2,0	7,7 ± 2,0	22,1 ± 2,1	17,6 ± 1,1	100	

Šaltinis: sudaryta autorių

iki miltų pavidalo (0,1–2,0 mm skersmens dalelių).
Tam naudojamas malūnas „Retsch SM 200“.

Atlikus eksperimentinius tyrimus nustatytos ma-
lūniniu smulkintuvu susmulkintų pupų atliekų miltų
savybės – drėgnis ir frakcinė sudėtis.

Malimo kokybė buvo nustatoma naudojant sietus
su skirtingo skersmens skylutėmis: 0 mm, 0,25 mm, 05
mm, 0,63 mm, 1 mm ir 2 mm skersmens. Ant sietų liku-
si masė pasverama ir apskaičiuojama kiekvienos frakci-
jos mėginio dalis procentais. Kiekvienas bandymas kar-
tojamas 3 kartus. Rezultatai pateikti 2 lentelėje.

Atlikus malūnu susmulkintų pupų atliekų frakci-
nės sudėties tyrimus (2 lentelė) buvo nustatyta, kad
didžiausia augalinių atliekų miltų frakcijos dalis susi-
kaupė ant sietų su 1,0 mm skersmens skylutėmis – sie-
kė iki 36,9% (4-SP). Panašiai, didelės frakcijos miltai
buvo randami ant sietų su 0,25 mm skersmens skylė-
mis – iki 22,7 ± 1,2%, ir ant sieto su 0,63 mm skers-
mens skylėmis – 19,3 ± 2,6% (vidutinė – smulki frak-
cija). Mažiausiai miltų susikaupė ant sietų su 2,0 mm
skylėmis – 0,0 ± 0,01%. Nustatytas smulkiųjų dalelių,
dulkių kiekis (iki 1,0 mm) buvo gana didelis, svyra-
vo nuo 17,0 ± 1,8% iki 19,2 ± 0,4% nuo bendro svo-
rio. Maža miltų frakcija susikaupė ant sietų su 0,5 mm
skersmens skylutėmis – 6,5 ± 0,4% iki 8,3 ± 1,1%.

Šių tyrimų rezultatai atskleidė, kad sumaltų pupų
atliekų frakcijų dydžiai yra gana įvairūs. Dalelių dy-
džiai frakcijose išsidėstę gana vienodai, frakcijos smul-
kumas tinkamas granuliavimui.

Pašarinių pupų atliekų miltų drėgnis yra panašus į
nedžiovitų ir nesumaltų pupų atliekų. Nustatyta, kad
miltų drėgmės kiekis tinkamas granuliavimui (nuo 9,1
iki 11,5%).

2.2. Biometrinės, fizinės bei mechaninės granulių savybės

Granuliavimo technologija ir naudojami įrenginiai
priklauso nuo žaliavos, jos frakcinės sudėties ir drė-
gnio, tiriamojo darbo atveju tai yra susmulkintų pupų
atliekų savybės.

Buvo nustatytos susmulkintų pupų dorėjimo atliekų granulių šios biometrinės ir fizikinės-mechaninės savybės: matmenys, masė, drėgnis, tūris, šilumingumas, elementinė sudėtis ir peleningumas. Tyrimai buvo atlikti Vytauto Didžiojo Universiteto Žemės Ūkio Akademijos (VDU ŽŪA) ir Lietuvos energetikos instituto (LEI) laboratorijose.

Granulių savybių (drėgmės kiekio, biometrinių savybių, matmenų, tūrio ir paskaičiuoto tankio rezultatai pateikti 3 lentelėje.

Rezultatai atskleidė, kad drėgmės kiekis pupų atliekų granulėse keitėsi nuo $8,2 \pm 0,5\%$ (3-GP) iki $10,8 \pm 0,2\%$ (5-ND). Drėgmės kiekis granulėje paveikia degimo efektyvumą bei šiluminę vertę (38). Nustatyta, kad didžiausio tankio pupų atliekų granulės gautos iš mėginio 1-IA – $1300 \pm 700 \text{ kg m}^{-3}$, ir 5-ND – $1300 \pm 400 \text{ kg m}^{-3}$, o mažiausio tankio granulės pagamintos iš mėginio 2-SA – $1300 \pm 500 \text{ kg m}^{-3}$. Pažymėtina, kad remiantis daugelio šalių standartais ir kitų tyrėjų rezultatais, rekomenduojamas aukštos kokybės granulių tankis yra $1000\text{--}1200 \text{ kg m}^{-3}$ (Said, Abdeldaiem, Garcia-Maraver, Zamorano, 2015).

Kitų pavyzdžių pupų atliekų granulių tankis skyrėsi nežymiai. Tačiau, visais atvejais jos atitiko keliamus reikalavimus kokybiškam granuliuotam biokuroi ($1000\text{--}1300 \text{ kg m}^{-3}$).

2.3. Granulių cheminė sudėtis

Gaminamo biokuro žaliavoje chloro (Cl) ir sieros (S) kiekiai yra svarbūs energijos konversijos procesui – deginimui. Pavyzdžiui, sieros (S) kiekis biokure nulemia išmetamų kenksmingų dujų kiekį. Gerai žinoma, kad

aukšta sieros koncentracija gali sukelti koroziją kamine ar deginimo įrenginyje. Chloras (Cl) gali sukelti koroziją ant pakuros iš šiluminių įrenginių paviršių. Todėl biokuro cheminiai elementai yra labai svarbūs ir turi būti ištirti. Atliktų tyrimų rezultatai pateikti 4 lentelėje.

Sieros kiekis visuose pupų atliekų granulių pavyzdžiuose buvo apie $0,1 \pm 0,3\%$. Mažiausias kiekis sieros, $0,01\%$ aptiktas 1-IA atveju. Didžiausias kiekis chloro (Cl) buvo rastas 5-ND pupų atliekose, iki $0,5\%$, o žemiausias kiekis 1-IA – $0,3\%$. Tolimesnė rezultatų analizė atskleidė, kad kuo aukštesnė anglies (C) ir vandens (H) koncentracija, tuo geresnė šiluminė vertė ir mažesnis peleningumas.

2.4. Granulių peleningumas ir šilumingumas

Sudegus granulėms likusių pelenų kiekis svyruoja nuo $3,9 \pm 0,1\%$ 1-IA atveju ir $6,9 \pm 0,1\%$ 2-SA atveju.

Apatinis sausų pašarinių pupų atliekų granulių šilumingumas buvo panašus visuose tirtuose pavyzdžiuose. Žemiausia reikšmė buvo aptikta 3-GP ir 5-ND bandiniuose – $16,9 \pm 0,4 \text{ MJ kg}^{-1}$, aukščiausia – 1-IA, bei 4-SP – $17,0 \pm 0,3$ ir $17,1 \pm 0,3 \text{ MJ kg}^{-1}$, atitinkamai.

Palyginus vidutines apatinio šilumingumo vertės sausų pupų atliekų granulių reikšmes su kitų žemės ūkio augalų reikšmėmis, nustatyta, kad pašarinių pupų atliekos turi panašią energetinę vertę kaip kitų žolinių augalų atliekos (šiaudai bei kai kurios žolių rūšys). Pažymėtina, kad beržo granulių apatinis šilumingumas yra apie $10\text{--}15\%$ didesnis nei pupų atliekų granulių, jis siekia $19,3 \text{ MJ kg}^{-1}$ (Vares, Kask, Muiste, Pihu, Soosaar, 2007).

3 lentelė. Pupų atliekų granulių biometrinės, fizinės ir mechaninės savybės

Mėginys	Drėgnis, %	Ilgis, mm	Skersmuo, mm	Tankis, m^3	Masė, g	Tankis, kg m^{-3}
(1-IA)	$8,7 \pm 0,3$	$24,3 \pm 2,0$	$6,0 \pm 0,1$	$7 \times 10^{-7} \pm 0,6$	$1,0 \pm 0,1$	$13 \times 10^2 \pm 7 \times 10^2$
(2-SA)	$10,4 \pm 0,4$	$25,4 \pm 2,0$	$6,0 \pm 0,1$	$7 \times 10^{-7} \pm 0,7$	$1,0 \pm 0,0$	$13 \times 10^2 \pm 5 \times 10^2$
(3-GP)	$8,2 \pm 0,5$	$25,8 \pm 1,7$	$6,0 \pm 0,1$	$7 \times 10^{-7} \pm 0,5$	$1,0 \pm 0,1$	$13 \times 10^2 \pm 7 \times 10^2$
(4-SP)	$10,5 \pm 0,9$	$23,3 \pm 1,8$	$6,0 \pm 0,0$	$7 \times 10^{-7} \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,1$	$13 \times 10^2 \pm 8 \times 10^2$
(5-ND)	$10,8 \pm 0,2$	$23,3 \pm 2,4$	$6,0 \pm 0,1$	$7 \times 10^{-7} \pm 0,6$	$0,9 \pm 0,1$	$13 \times 10^2 \pm 4 \times 10^2$

Šaltinis: sudaryta autorių

4 lentelė. Elementinė granulių sudėtis

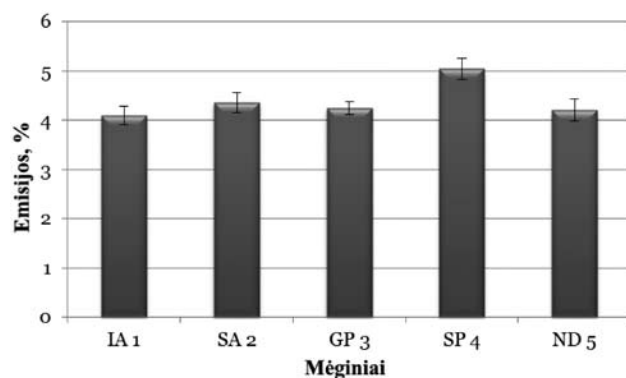
Parameterai	Reikšmės				
	1-IA	2-SA	3-GP	4-SP	5-ND
C, %	$46,2 \pm 1,1$	$45,5 \pm 1,1$	$46,1 \pm 1,1$	$46,1 \pm 1,1$	$46,0 \pm 1,1$
H, %	$5,7 \pm 0,4$	$5,4 \pm 0,4$	$5,7 \pm 0,4$	$5,5 \pm 0,4$	$5,7 \pm 0,4$
N, %	$1,3 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$
S, %	$<0,01$	$0,1 \pm 0,3$	$0,1 \pm 0,3$	$0,1 \pm 0,3$	$0,1 \pm 0,3$
O, %	$42,9 \pm 0,0$	$40,5 \pm 0,0$	$42,7 \pm 0,0$	$40,2 \pm 0,0$	$40,3 \pm 0,0$
Cl, %	$0,3 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,0$	$0,4 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,0$
Pelenai, %	$3,9 \pm 0,1$	$6,9 \pm 0,1$	$4,0 \pm 6,7$	$6,9 \pm 0,0$	$6,7 \pm 0,1$
Drėgmės kiekis, %	$8,9 \pm 0,1$	$9,1 \pm 0,1$	$9,2 \pm 0,1$	$9,8 \pm 0,1$	$9,8 \pm 0,1$
Sauso kuro viršutinis šilumingumas, MJ/kg	$18,2 \pm 0,3$	$18,0 \pm 0,5$	$18,1 \pm 0,4$	$18,2 \pm 0,3$	$18,0 \pm 0,4$
Sauso kuro apatinis šilumingumas, MJ/kg	$17,0 \pm 0,3$	$16,9 \pm 0,6$	$16,9 \pm 0,4$	$17,1 \pm 0,4$	$16,9 \pm 0,4$
Drėgno kuro viršutinis šilumingumas, MJ/kg	$16,5 \pm 0,3$	$16,4 \pm 0,5$	$16,4 \pm 0,4$	$16,5 \pm 0,3$	$16,3 \pm 0,4$
Drėgno kuro apatinis šilumingumas, MJ/kg	$15,3 \pm 0,3$	$15,1 \pm 0,6$	$15,1 \pm 0,4$	$15,2 \pm 0,4$	$15,0 \pm 0,4$

Šaltinis: sudaryta autorių

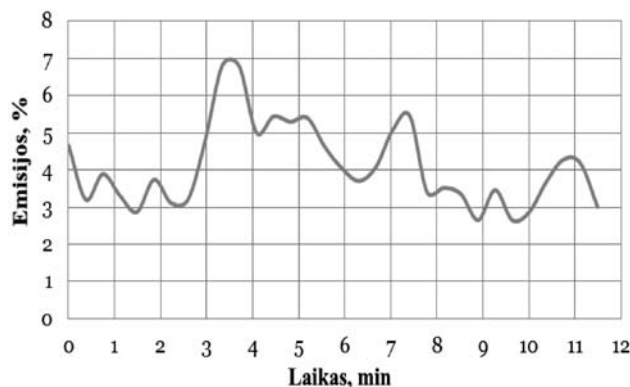
2.5. Kenksmingų aplinkai emisijų nustatymas deginant pupų atliekų granules

Išskiriamų emisijų reikšmės kietojo kuro jėgainėms yra nustatytos standartais (3), patvirtintais Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministro. Šie apribojimai galioja degiam biokurui, žoliniams augalams bei šiaudams. Granulės pagamintos iš žemės ūkio augalinių atliekų gali sumažinti degimo proceso metu išskiriamas emisijas (Miranda, 2011). Be to, biomase turi mažesnę sieros kiekį nei anglis, todėl SO_x išskyrimas į aplinką gali būti sumažintas.

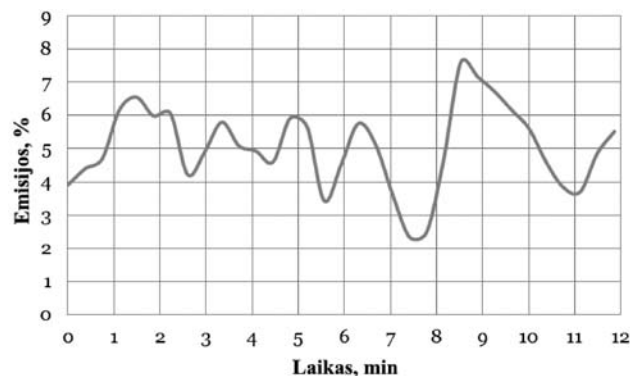
Sudeginus pupų atliekų granulių mėginius buvo atlikta kenksmingų aplinkai išsiskiriančių medžiagų analizė. Sugranuluotų augalų mėginiai (po 5 kg) buvo pristatyti į tyrimų laboratoriją deginimui bei emisijų



1 pav. CO_2 emisijos išskleidžiamos deginant pupų atliekų granules
Šaltinis: sudaryta autorių



2 pav. CO_2 emisijos 1-IA atveju
Šaltinis: sudaryta autorių



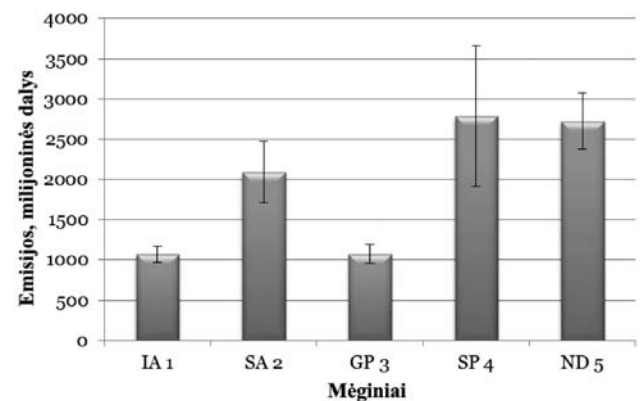
3 pav. CO_2 emisijos 4-SP atveju
Šaltinis: sudaryta autorių

tyrimui. Kiekvienas mėginys degė po 10–12 minučių.

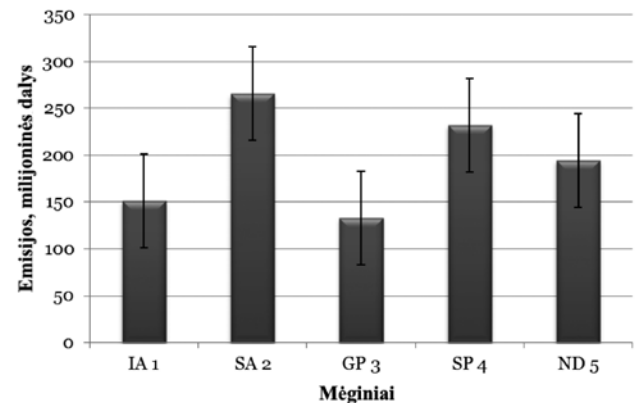
Tyrimo metu užfiksuoti deguonies O_2 lygiai, kenksmingos anglies dioksido CO_2 emisijos, anglies monoksido lygiai CO , azoto oksidai NO_x , nesudegę angliavandeniliai C_xH_y . Vidutinės išmetamų į aplinką medžiagų reikšmės pateiktos 1–7 pav.

Didžiausias anglies dioksido kiekis buvo nustatytas deginant pupų atliekų granules iš 4-SP varianto – $5,0 \pm 0,2\%$, o mažiausias – varianto I-1A – $4,1 \pm 0,2\%$ (1–3 pav.).

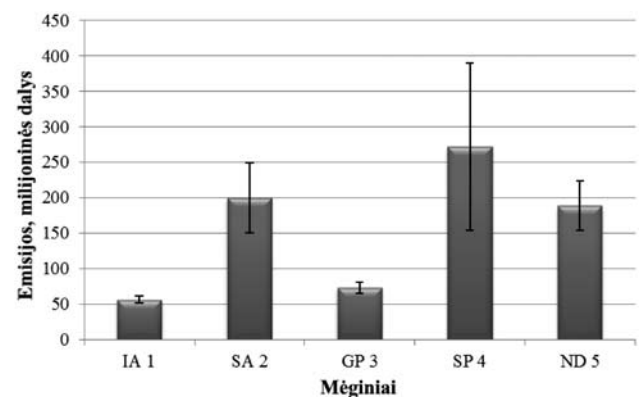
Didžiausias kiekis anglies monoksido (CO) deginant pašarinių pupų atliekų granules buvo aptiktas 4-SP mėginyje – 2700 ± 900 ppm, o žemiausia CO koncentracija 1-1A – 1000 ± 100 ppm (4 pav.). Nors



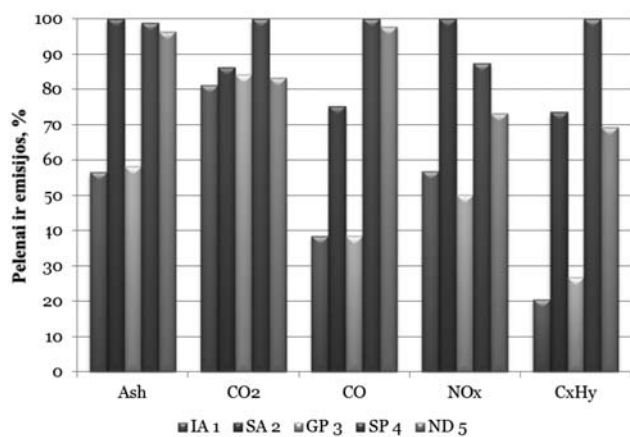
4 pav. CO emisijos iš sudegintų pupų atliekų granulių
Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. NO_x emisijos išmetamos deginant pupų atliekų granules
Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. C_xH_y emisijos išmetamos deginant pupų atliekų granules
Šaltinis: sudaryta autorių



7 pav. Peleningumo ir emisijų palyginimas

Šaltinis: sudaryta autorių

CO koncentracija buvo ganėtinai didelė palyginus su įprastais reikalavimais, 0,12–1,0 MW šiluminio efektyvumo katilų emisijos ribos nebuvo peržengtos.

NO_x emisijų rezultatai atskleidė, kad reikšmės taip pat neviršėjo leistinų ribų. Azoto oksido emisijos svyravo nuo 133,2 ± 5,5 ppm (3-GP) iki 265,7 ± 19,7 ppm (2-SA) (5 pav.).

Nustatyti C_xH_y kiekiai labai svyravo, nuo 56,1 ± 4,8 ppm (1-IA) iki 272,1 ± 118,2 ppm (4-SP) (6 pav.).

Procentinės išraiškos kenksmingų emisijų palyginimas (7 pav.) atskleidžia, kad geriausi biokuro rezultatai gaunami 1-IA bei 3-GP variantuose. Blogiausi rezultatai – 2-SA bei 4-SP variantuose.

Tačiau, emisijų bei įvairių granuliuotų savybių tyrimai parodė, kad granulėms pagamintoms iš pupų atliekų neturėjo jokio statistinės reikšmės skirtumo, iš kurio eksperimentinio lauko paimti pavyzdžiai.

Apibendrinant pupų atliekų granuliuotų deginimo bei emisijų tyrimo rezultatus įrodyta, kad pašarinių pupų atliekos, antžeminė dalis ir nuokulos rekomenduojamos biokuro gamybai. Atliekos gali būti tinkamai perdirbtos, sugranuliuotos, tačiau džiovinimas reikalauja papildomo energijos sunaudojimo. Šio tipo biokuro degimo procesas apibūdinamas, kaip tinkamos kokybės, efektyvus degimas ir svarbiausia, daroma minimali kenksmingų medžiagų žala aplinkai.

Išvados

Biokuro pagaminto iš pašarinių pupų atliekų kokybė iš dalies priklauso nuo žemės apdirbimo metodo bei dirvožemio paruošimo pupoms augti. Vertinant granuliuotų savybes – šilumingumą, peleningumą ir emisijas, geriausi rezultatai gauti naudojant pašarinių pupų, augintų laukeliuose (1-IA) ir (3-GP), atliekas.

Eksperimentinio tyrimo rezultatai rodo, kad drėgmės kiekis granulėse svyravo nuo 8,2 ± 0,5% (3-GP) iki 10,8 ± 0,2% (5-ND). Didžiausio tankio pašarinių pupų granulės gautos iš 1-IA mėginio – 13 × 10² ± 6 × 10² kg m⁻³. Apatinis sauso kuro šilumingumas granuliuotų, pagamintų iš pašarinių pupų atliekų, buvo panašus visuose mėginiuose. Nustatytas šilumingu-

mas svyravo nuo 16,9 ± 0,4 MJ kg⁻¹ (5-ND) iki 17,1 ± 0,4 MJ kg⁻¹ (4-SP). Palyginus pašarinių pupų atliekų biokuro ir kitų žemės ūkio augalų šilumingumą, galima teigti, kad jis panašus į šiaudų, kitų žolinių augalų bei jų atliekų šilumingumą. Pašarinių pupų atliekų granuliuotų deginimo procesas užtikrina aukštos kokybės degimą bei efektyvumą. Ištirta, kad kenksmingų emisijų, tokių kaip anglies dioksidas, anglies monoksidas CO, azoto oksidas NO_x bei nesudegę angliavandeniliai C_xH_y neviršėjo leistinų normų. Apibendrinant galima teigti, kad pašarinių pupų atliekos gali būti perdirbtos į granules ir naudojamos energetinėms reikmėms. Šio tipo biokuro degimo procesui būdinga gana aukšta kokybė, efektyvus degimo procesas bei minimalus kenksmingų emisijų poveikis aplinkai.

Literatūra

- Alkhtib, A.S., Wamatu, J.A., Wegi, T., Rischkowsky, B.A. Variations in the straw traits of morphological fractions of faba bean (*Vicia faba* L.) and implications for selecting for food-feed varieties, *Anim. Feed Sci. Technol.* 222 (2016) 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.006>
- Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Časová, K., Nedvěd, V. Mineral and organic fertilization efficiency in long term stationary experiments, *Plant, Soil and Environment*. 56 (2010) 28–36. DOI: 10.17221/200/2009-PSE
- EN ISO 17225-6:2014. Solid Biofuels Fuel Specifications and Classes. Part 6: Graded Non-woody Pellets. National Standards Authority of Ireland, UK, 2014.
- Ericsson, K., Nilsson, L.J. Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach. *Biomass Bioenergy*. 30 (2005) 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.09.001>
- EU DD CENT/TS15149-1: 2006. Solid biofuels. Methods for the determination of particle size distribution. Oscillating screen method using sieve apertures of 3.15 mm and above.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Available online at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>, 2018 (accessed 20 January 2018).
- Frame, J., Charlton, J.F.L., Laidlaw, A.S. Temperate Forage Legumes, CAB International, Wallingford. 317 (1997). ISBN: 0851992145.
- Gao-Lin Wu, Yu Liu, Fu-Ping Tian, Zhi-Hua Shi, Legumes Functional Group Promotes Soil Organic Carbon and Nitrogen Storage by Increasing Plant Diversity, *Land degradation and development*. 28–4 (2017) 1336–1344. <https://doi.org/10.1002/ldr.2570>.
- Jasinskas, A., Ulozeviciute, I., Šarauskius, E., Sakalauskas, A., Puskunigis, M. Determination of energy plant chopping quality and emissions while burning chaff, *Agronomy Research*. 9:1 (2011) 49–61. <http://agronomy.emu.ee/vol09Spec1/p09s107.pdf>.
- Jasinskas, A., Streikus, D., Šarauskius, E., Palšauskas, M., Venslauskas, K. Energy Evaluation and Greenhouse Gas Emissions of Reed Plant Pelletizing and Utilization as Solid Biofuel, *Energies*. 13:1516 (2020) 1–14. www.mdpi.com/journal/energies. DOI:10.3390/en13061516.
- Jensen, E.S., Peoples, M.B., Hauggaard-Nielsen, H. Faba Bean in cropping systems, *Field Crops Research*. 115 (2009) 203–216.

- <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.10.008>.
- LAND 43-2013. Norms for combustion plants emissions, 2013. Vilnius: Lithuanian Department of Standardization. (In Lithuanian).
- LST EN 303-5: 2012. Heating boilers. Part 5. Manual and automatic loading of solid fuel heating boilers with a rated thermal input of up to 500 kW. Terminology, requirements, testing and marking. (In Lithuanian).
- Miranda, T., Arranz, J.I., Monter, O.I., Roman, S., Rojas, C.V., Nogales, S. Characterization and combustion of olive pomace and forest residue pellets, *Fuel Process. Technol.* 103 (2011) 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.10.016>.
- Mitchell, J.P., Carter, L.M., Reicosky, D.C., Shrestha A., Pettygrove, G.S., Klonsky, K.M., Marcum, D.B., Chessman, D., Roy, R., Hogan, P., Dunning, L. A history of tillage in California's Central Valley, *Soil and Tillage Research.* 157 (2016) 52–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.10.015>
- Nebiyu, A., Diels, J., Boeckx, P. Phosphorus use efficiency of improved faba bean (*Vicia faba*) varieties in low-input agro-ecosystems. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 179 (2016) 347–354. <https://doi.org/10.1002/jpln.201500488>.
- Niedziolka, I., Szpryngiel, M., Kachel-Jakubowska, M., Kraszkiewicz, A., Zawislak, K., Sobczak, P., Nadulski, R. Assessment of the energetic and mechanical properties of pellets produced from agricultural biomass, *Renewable Energy.* 76 (2015) 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.040>
- Obernberger, G., Thek, G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour, *Biomass and Bioenergy.* 27 (2004) 653–669. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.07.006>
- Petersson, A., Thomsen, M.H., Nielsen, H.H., Thomsen, A.B. Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean, *Biomass Bioenergy.* 31 (2007) 812–819. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.06.001>.
- Raudonius, S., Jodaugienė, D., Pupalienė, R., Trečiokas, K. Research methodology. Akademijska, Kaunas distr., 2009, 34 p. (In Lithuanian).
- Rhen, C., Ohman, M., Gref, R., Wasterlund, I. Effect of raw material composition in woody biomass pellets on combustion characteristics, *Biomass Bioenergy.* 31 (2007) 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2006.06.016>.
- Said, N., Abdeldaiem, M.M., Garcia-Maraver, A., Zamorano, M. Influence of densification parameters on quality properties of rice straw pellets, *Fuel Processing Technology.* 138 (2015) 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.05.011>.
- Šarauskis, E., Kriauciūnienė, Z., Romaneckas, K., Buragienė, S. Impact of Tillage Methods on Environment. *Energy and Economy, Sustainable Agriculture Reviews.* 33 (2018) 53–97. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99076-7_2.
- Statistikos departamentas. Žemės ūkio ir maisto sektorius Lietuvoje 2018 m. : Lietuvos statistikos departamento duomenys. Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas, 2019, 92 p.
- Streikus, D., Jasinskas, A., Šarauskis, E., Romaneckas, K., Marks, M. Technological-technical and environmental evaluation of herbaceous plant usage for the production and burning of granulated biofuel, *Polish journal of environmental studies.* ISSN 1230-1485. 28:6 (2019) 4369–4379.
- Tarakanovas, P., Raudonius, S. Statistical analysis of agronomic research data using computer programs ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT from the package SELEKCIJA and IRRISTAT. Akademijska, Kėdainiai distr., 2003, 58 p.
- Tumuluru, J.S., Tabil, L., Song, Y., Iroba, K., Meda, V. Grinding energy and physical properties of chopped and hammer-milled barley, wheat, oat, and canola straws, *Biomass Bioenergy.* 60 (2014) 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.10.011>.
- Vaitauskienė, K., Šarauskis, E., Romaneckas, K., Jasinskas, A. Design, development and field evaluation of row-cleaners for strip tillage in conservation farming, *Soil and Tillage Research.* 174 (2017) 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.006>.
- Vares, V., Kask, U., Muiste, P., Pihu, T., Soosaar, S. *Biofuel User's Manual.* Vilnius, 2007, 168 p. Available online at: http://www.ena.lt/doc_atsti/biokuras.pdf.
- World Energy Council. *World Energy Resources: Bioenergy.* World Energy Council; 2013. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019m. sausio mėn.]. Prieiga per internetą: https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WER_2013_7_Bioenergy.pdf

USE OF FABA BEAN WASTE FOR BIOFUEL PRODUCTION

Aleksandra Minajeva^{1,2}, Algirdas Jasinskas²

¹Vilnius College of Technology and Design, Antakalnio str. 54, LT-10303, Vilnius

²Vytautas Magnus University

Agriculture Academy Institute of agricultural engineering and safety, Studentų str.15A, LT-53362 Akademijska, Kaunas

Abstract. This article analyses and evaluates the impact of the technology of soil processing on the biomass indicators of faba bean waste. Samples from five different primary tillage systems were taken and analysed. The raw material of faba bean waste was processed and pressed into cylindrical pellets. The results of the experimental research of the pellet properties revealed that the content of moisture of the pellets from faba bean waste changed from $8.2 \pm 0.5\%$ (deep cultivation, 3-GP) to $10.8 \pm 0.2\%$ (untreated soil, 5-ND). The highest density of faba bean waste pellets was obtained from the sample of conventional soil ploughing, (1-IA) ($1300 \pm 600 \text{ kg m}^{-3}$), while the lowest density was recorded under shallow ploughing (2-SA) – $1300 \pm 500 \text{ kg m}^{-3}$. The lower calorific value of dry biofuel from faba bean waste pellets was similar in all the samples and ranged from $16.9 \pm 0.4 \text{ MJ kg}^{-1}$ (5-ND) to $17.1 \pm 0.4 \text{ MJ kg}^{-1}$ (2-SP). The calorific value of faba bean waste pellets was relatively high and was close to the calorific value of some types of wood waste. The following harmful gas emissions were analysed and evaluated: carbon monoxide CO, carbon dioxide CO₂, unburned hydrocarbons C_xH_y, and nitrogen oxides NO_x. The harmful gas environmental emissions detected while burning the pellets of faba bean waste have not exceeded the permissible limits. The best results of the pellet properties, the content of ash and the emissions were obtained under conventional ploughing (1-IA) and deep cultivation (3-GP). The research results suggest that faba bean waste could be used as granulated biofuel, since the main parameters of this legume waste correspond to the basic requirements of solid biofuel. It was determined that under untreated soil (5-ND) technology the CO₂ emissions were twice lower than under conventional soil ploughing (1-IA). These results show that no-till technology is suitable for sustainable agricultural practise both for producing the faba bean grain and for processing the pellets from the waste.

Key words: faba bean, the waste, gas emissions

APLEISTŲ ŽEMĖS ŪKIO PASKIRTIES ŽEMIŲ NUSTATYMAS

Asta Anikėnienė¹, Natalija Augūnienė², Renata Bagdžiūnaitė³

^{1,2}Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

³Nacionalinė mokėjimo agentūra prie Žemės ūkio ministerijos, Blindžių g. 17, LT-08111 Vilnius

Anotacija. Tikrinimas ir priežiūra žemės sklypų, kuriuose yra žemės ūkio naudmenos yra svarbi strateginė Lietuvos žemės ūkio užduotis. Netinkamai prižiūrimos žemės ūkio naudmenos gali apaugti savaiminiais medžiais, krūmų želdiniais ar kitais daugiamečiais sumedėjusiais augalais ir tapti nebenaudojamais pagal pagrindinę žemės naudojimo paskirtį. Straipsnyje vadovaujantis naujausiais teisiniais dokumentais detalai išaiškinama apleistų žemės ūkio paskirties žemių sąvoką, nagrinėjamas apleistų žemių nustatymas, duomenų tikslinimas bei apžvelgiamas apleistų žemės ūkio paskirties žemių nepriežiūros dydis 2019-2020 metais.

Reikšminiai žodžiai: apleistos žemės, žemės ūkio paskirties žemė, valstybinė kontrolė.

Įvadas

Žemės naudojimo valstybinės kontrolės tikslas – užtikrinti, kad valdant ir naudojant žemę būtų laikomasi Lietuvos Respublikos žemės įstatymo ir kitų įstatymų, reglamentuojančių žemės naudojimo priežiūrą, reikalavimų (Anikėnienė, Augūnienė ir Puzienė, 2019).

Sprendžiant apleistų žemių problemą labai svarbu išaiškinti bei apibrėžti apleistų žemių sąvoką, taip pat nustatyti apleistų žemių priežastis bei išanalizuoti apleistų plotų kitimo tendencijas.

Apleistos žemės ūkio naudmenos pagal LR Žemės mokesčio įstatymą – sumedėję augalai (išskyrus želdinius) apaugę žemės sklype ar jo dalyje esančių žemės ūkio naudmenų plotai, nustatyti nuotoliniais kartografavimo metodais Lietuvos Respublikos Vyriausybės ar jos įgaliotos institucijos nustatyta tvarka (Lietuvos Respublikos žemės mokesčio įstatymas, 2020).

2013 metais įsigaliojus naujai Žemės mokesčio įstatymo redakcijai vietoj pastovaus 1,5 proc. mokesčio tarifo įvestas svyruojantis mokesčio tarifas nuo 0,01 proc. iki 4 proc. Maksimalus tarifas buvo taikytinas dirvonuojančių sklypų ar apleistų statinių savininkams ir viršutinė galima mokesčio riba išaugo nuo 1 iki 3 proc. Tai buvo rekomendacinė nuostata paliekant teisę apspręsti mokesčio dydį ir diferencijavimą savivaldybių taryboms (Lietuvos Respublikos žemės mokesčio įstatymas, 2020).

Lietuvos žemės savininkų sąjungos (LŽSS) tarybos pirmininkas Gintaras Nagulevičius komentuodamas Žemės mokesčio įstatymo pataisais pastebėjo kad nei įstatymas, nei poįstatyminiai aktai neapibrėžia, kokiais principais, metodais ar rekomendacijomis bus remiamasi nustatant tarifą, kuris kai kuriais atvejais gali išaugti 400 proc. Tai pat įvardijo kad neaiški sąvoka – kas yra apleistas sklypas. Bei nuogaštavo, kad naujas mokestis skaudžiausiai palies prie Vilniaus, Kauno ar pajūryje nedirbamos žemės ūkio paskirties žemes turinčius savininkus (*Iš archyvu: Sumaištis dėl naujų mokesčių*, 2012).

Vykdam žemės reformą pagal Nacionalinės žemės tarnybos duomenis iki 2013 m. liepos 1 d. 257,14 tūkst.

piliečių privatizavo 560 tūkst. ha asmeniniam ūkiui suteiktos žemės, su 24,63 tūkst. asmenimis sudarytos sutartys dėl 51,56 tūkst. ha valstybinės žemės nuomos, o 8,5 tūkst. šios žemės naudotojų parduodant ar išnuomojant žemės sklypus (14,00 tūkst. ha) įregistruoti Nekilnojamojo turto registre. Valstybės vardu Nekilnojamojo turto registre privatizuota ir išnuomota asmeninio ūkio žemė sudaro bemaž 95 proc. asmeninio ūkio žemės ploto. Liko neįteisinta 34,59 tūkst. ha, arba apie 5 proc., asmeninio ūkio žemės. Į tokias žemes ir nusiųškite tikrintojai. Valstybės suteiktą asmeninio ūkio žemę turi dirbti tas, kam ji buvo suteikta naudotis. Žemės ūkio ministerija informavo, kad gaunama nemažai skundų, dėl asmeninio ūkio žemių nepriežiūros. NŽT teritoriniams skyriams buvo pavesta atlikti patikras ir nustatyti, ar patys naudotojai disponuoja žeme ir ar jie tą žemę dirba (*Apleistų žemių savininkų medžioklė įsibėgėja*, 2013).

2016 metais *Europos audito rūmai* parengė ataskaitą, kurioje išsakė savo nuomonę apie besivystančią Žemės sklypų identifikavimo sistemą (toliau – ŽSIS). Viena iš rekomendacijų buvo jog „ŽSIS duomenys turi būti atnaujinti, patikimi ir išsamūs. Valstybės narės turi reguliariai atnaujinti savo ortofotografinės nuotraukas ir tinkamai jas įvertinti. Tais atvejais, kai foto analizė yra neaiški, valstybės narės, atsižvelgdamos į rizikos vertinimą ir papildomų kontrolės priemonių sąnaudas, turėtų apsvarstyti galimybę apsilykyti atitinkamuose sklypuose ir tiksliai nustatyti jų maksimalius reikalavimus atitinkančią plotą“. Ataskaitos išvadose buvo parašyta kad „ŽSIS yra efektyvi priemonė žemės ūkio paskirties sklypų tinkamumo finansuoti stabiliems elementams tikrinti, tačiau iš tikrųjų yra tam tikrų tinkamumo finansuoti sąlygų, kaip antai priežiūros veikla, kurias sudėtingiau kontroliuoti per ŽSIS. ŽSIS sistemoje *nepriežiūrimos žemės sąvoką* (t. y. tokia, kurioje nevykdoma žemės ūkio veikla) ir *apleista žemė* vertinamos skirtingai. Nors abi yra netinkamos finansuoti (išmokoms), nepriežiūrima žemė gali būti tik laikinas reiškinys, o apleista žemė veikiausiai yra netinkama finansuoti ilgą laiką“ (Europos audito rūmų specialioji ataskaita, 2016).

Lietuvoje apleistų žemių plotus nuotoliniais kartografavimo metodais, naudodamasis ortofotografinius vaizdus, spektrinius žemės paviršiaus vaizdus nustato bei tikslina VĮ Valstybės žemės fondas. Apleistų žemių erdviųjų duomenų rinkinio tvarkymo pagrindas – Žemės ūkio ministerijos ir Nacionalinės žemės tarnybos prie Žemės ūkio ministerijos sutartis su Valstybės žemės fondu, remiantis „Žemės tvarkymo ir administravimo bei erdvinės informacijos infrastruktūros vystymo“ programa. Apleistų žemės ūkio naudmenų plotų erdviniai duomenys (AŽ_DRLT) kaupiami nuo 2011 metų ir nuo 2012 metų nuolat atnaujinami vadovaujantis Žemės tvarkymo ir administravimo bei erdvinės informacijos infrastruktūros vystymo programos priemonės „Žemės informacinės sistemos plėtra ir palaikymas“ veiklos srities „Apleistų žemių erdviųjų duomenų rinkinio tvarkymas“ programa (www.vzf.lt^a, 2020).

Vadovaujantis naujomis įstatymų redakcijomis – Želdynų įstatymas, Specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas bei Žemės ūkio ministro įsakymo patikslintu aprašu, dėl apleistų žemės ūkio naudmenų plotų nustatymo tvarkos buvo patikslinta apleistų žemių sąvoka, kuri leidžia lengviau identifikuoti apleistų žemių plotus (Apleistų žemės ūkio naudmenų plotų nustatymo tvarkos, 2020; Specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas, 2020).

Tikslas: aprašyti Lietuvos Respublikos apleistų žemės ūkio paskirties žemių nustatymo principus.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apžvelgti žemės ūkio paskirties apleistų žemių žemės plotų nustatymo bei tikslinimo ypatumus.
2. Įvertinti apleistų žemių kitimą 2019-2020 laikotarpiu.
3. Pateikti pasiūlymus AŽ indentifikavimo tobulinimui.

Tyrimo objektas – Lietuvos valstybės apleisti žemės ūkio paskirties žemės plotai 2019-2020 m.

Tyrimo metodai – straipsnyje naudota mokslinės literatūros, teisės aktų ir kitų dokumentų analizė. Taip pat buvo taikoma lyginamoji bei grafinė analizės.

1. Apleistų žemės ūkio paskirties žemės plotų identifikavimas

Vadovaujantis Žemės ūkio ministro įsakymo patikslinta redakcija (2020-04-17), dėl Apleistų žemės ūkio naudmenų plotų nustatymo tvarkos aprašo patvirtinimo (Žemės ūkio ministro 2013 m. kovo 21 d. įsakymu Nr. 3D-212), 13 punktu buvo patikslinta apleistų žemių plotų sąvoka ir nustatyta, kad apleistų žemės ūkio naudmenų plotai nenustatomi:

– Georeferencinio pagrindo kadastro kelių, gatvių, geležinkelių, hidrografijos, užstatytų teritorijų, pastatų, pažeistos žemės, pelkių bei miško kvartalinių linijų ir proskynų erdviuose objektuose;

– Lietuvos Respublikos miškų valstybės kadastro taksacinių miško žemės sklypų ribų erdviuose objektuose;

– Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų valstybės kadastro gamtinių rezervatų ir telmologinių draustinių erdviuose objektuose (Apleistų žemės ūkio naudmenų plotų nustatymo tvarkos aprašas, 2020).

2020-01-01 įsigaliojus Želdynų įstatymo Nr. X-1241 pakeitimui buvo pakoreguota želdinių sąvoka. *Želdinai* yra žmogaus pasėti ar pasodinti medžiai (tarp jų ir pasodinti pavieniai ar natūraliai išaugę), krūmai, krūmokšniai, puskrūmiai, lianos ir žoliniai augalai. Tai buvo svarbu nes žemės savininkai ar naudotojai skirtingai interpretavo apleistų ūkio paskirties žemių plotų sąvoką, nesuprasdami kokie augalai yra laikomi sumedėjusiais augalais (Lietuvos Respublikos želdynų įstatymas, 2020). Vadovaujantis šio įstatymo 20 straipsnio 1 dalimi, Lietuvos Respublikos Vyriausybė priėmė nutarimą 2008-03-12 Nr. 206, dėl Kriterijų, pagal kuriuos medžiai ir krūmai, augantys ne miškų ūkio paskirties žemėje, priskiriami saugotiniams, patvirtinimo ir medžių ir krūmų priskyrimo saugotiniams, suvestinė redakcija 2020-03-18. Šiame nutarime nustatyti kriterijai, kuriais remiantis medžiai ir krūmai, augantys ne miškų ūkio paskirties žemėje, priskiriami saugotiniams. Nustatant saugotinių medžių ir krūmų kriterijus privačioje žemėje (didesni kaip 20 cm skersmens medžiai), pakrantės apsaugos juostoje (ąžuolai, uosiai, klevai, guobos, skroblai, skirpstai, bukai, vinkšnos – didesni kaip 12 cm skersmens; pušys, eglės, maumedžiai, pocūgės, kėniai, juodalksniai, liepos, šermukšniai, riešutmedžiai, kaštonai, miškinės obelys, miškinės kriaušės – didesni kaip 20 cm skersmens; beržai, gluosniai – didesni kaip 30 cm skersmens; paprastieji kadagiai – didesni kaip 3 m.), nekilnojamųjų kultūros vertybių teritorijoje (didesni kaip 20 cm skersmens medžiai), geležinkelio želdinių apsaugos zonoje (didesni kaip 20 cm skersmens medžiai), valstybinės ir vietinės reikšmės kelio juostoje (didesni kaip 30 cm skersmens medžiai / didesni kaip 20 cm skersmens medžiai) (Kriterijai, pagal kuriuos medžiai ir krūmai, augantys ne miškų ūkio paskirties žemėje, priskiriami saugotiniams, 2020).

Tai pat 2020-01-01 įsigaliojus naujam Specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymui Nr. XIII-2166, kuriame buvo pakoreguotas paviršinio vandens telkinio pakrantės apsaugos juostos aprašas – prie paviršinio vandens telkinio nustatoma su paviršiniu vandens telkiniu besiribojanti paviršinio vandens telkinio apsaugos zonos dalis, kurioje vykdoma ūkinė veikla gali turėti tiesioginį neigiamą poveikį paviršiniam vandens telkiniui arba riboti jo naudojimo visuomenės poreikiams galimybes, todėl joje draudžiama tam tikra ūkinė veikla. (Specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas, 2020). Vadovaujantis LRV Saugomų teritorijų įstatymu 20 straipsnio 2 dalimi patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Paviršinių vandens telkinių apsaugos zonų ir pakrančių apsaugos juostų nustatymo taisyklių tvarkos aprašas, aktualiai redakcija 2019-12-18 (Paviršinio vandens telkinių apsaugos zonų ir pakrančių apsaugos juostų nustatymo taisyklės, 2019).

Atsižvelgiant į aukščiau paminėtus teisinius dokumentus buvo plačiau išaiškinta apleistų žemių sąvoka, nustatyta kuriose teritorijose nebus nustatomi apleisti žemės plotai bei kokiais kriterijais vadovaujantis nustatomi saugotini želdiniai tiek paviršinio vandens telkinių pakrantės apsaugos juostoje, tiek nekilnojamųjų kultūros vertybių teritorijoje, tiek geležinkelio želdinių apsaugos zonoje, tiek valstybinės ir vietinės reikšmės kelio juostoje.

Vadovaujantis teisės aktų pakeitimais VI Valstybės žemės fondas peržiūrėjo ir patikslino želdinių ir paviršinio vandens telkinių pakrantės apsaugos juostoje erdvinius duomenis (AŽ_DRLT).

2. Apleistų žemės ūkio paskirties žemės plotų nustatymas

Valstybės žemės fondas sistemingai atlieka apleistų žemių apskaitos bei tvarkymo darbus pagal Aprašą (www.vzf.lt^b, 2020). Šis aprašas naudojamas apleistų žemės ūkio naudmenų duomenims nustatyti ir apdoroti bei žemės mokesčiui apskaičiuoti. Apleistų žemių duomenų tikslinimas atliekamas bendradarbiaujant su Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centru (toliau – ŽŪIKVC) bei NMA. Už tinkamai prižiūrimą žemės plotą (ne mažesnę kaip 1 ha) žmogus gali prašyti paramos už vykdomą žemės ūkio veiklą pagal įvairias programas. Už netinkamai prižiūreitą plotą parama nemokama ir jeigu anksčiau buvo išmokėta, gali būti net susigrąžinama (www.nma.lt, 2020). Apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotų tikslinimui naudojami žemės ūkio naudmenų, pasėlių ir kitų plotų deklaravimo duomenys. Buvo nagrinėjamos tik tokios teritorijos kurių plotai didesni nei 0,007 ha, o tokių teritorijų 2019 m. nustatyta apie 8,2 tūkst. ha. VŽF duomenimis bendras apleistų žemių bei deklaruotų žemės ūkio naudmenų plotų persidengimas sudarė apie 162 hektarus. Apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotai nustatomi lyginamosios analizės metodu lyginant senesnę ortofotografinę medžiagą esančius duomenis su naujesne ortofotografinė medžiaga. Kadangi ortofotografiniai žemėlapiai atnaujinami kas tris metus, tai apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotų nustatymui buvo naudojami ir spektriniai žemės paviršiaus vaizdai iš dirbtinių Žemės palydovų (Sentinel ar kitas atitinkamas palydovas). (1 pav.)

Analizuojant spektrinius vaizdus galima vertinti situacijos pokyčius ir nustatyti aiškiai pastebimus plotų pasikeitimus: apleistų žemių plotų sumažėjimą arba padidėjimą bei galima atskirti ar tai yra ariamoji žemė, ar vandens apsemta žemė, ar vandens telkinys, ar krūmai bei pamatuoti laukų plotą (pav. 2).

3 paveiksle pateiktas ortofotografinių vaizdų palyginimas: a) 2017 m. lauko vaizdas, kuris buvo tvarkomas b) 2020 m. tas pats laukas, tačiau jau jame pradėję augti krūmai.



1 pav. Palydovinio vaizdo fragmentas
Šaltinis: sentinel-hub.com



2 pav. Apleistos žemės ūkio paskirties žemės ploto fragmentas 2020 m.: ortofotografinis vaizdas su deklaruotais pasėlių laukais (iš kairės); su apleistų plotų laukais (iš dešinės).

Šaltinis: Geoportal.lt



3 pav. Ortofotografinių vaizdų fragmentai pagal 2017 ir 2020 m. a) 2017 m. b) 2020 m.

Šaltinis: sudaryta autorių

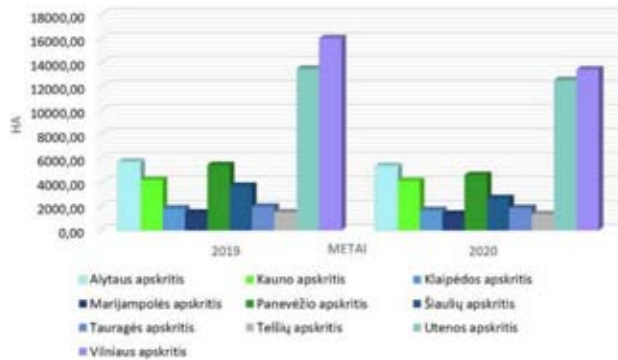
3. Apleistų žemės ūkio paskirties žemės plotų kaita 2019 – 2020 m.

Analizuojant 2019-2020 metų duomenis nustatyta, kad didžiausi apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotai 2019 metais yra Vilniaus apskrityje – 16023,99 ha, bei Utenos apskrityje – 13488,75 ha., mažiausi Marijampolės apskrityje 1492,75 ha. 2020 metais didžiausi apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotai yra

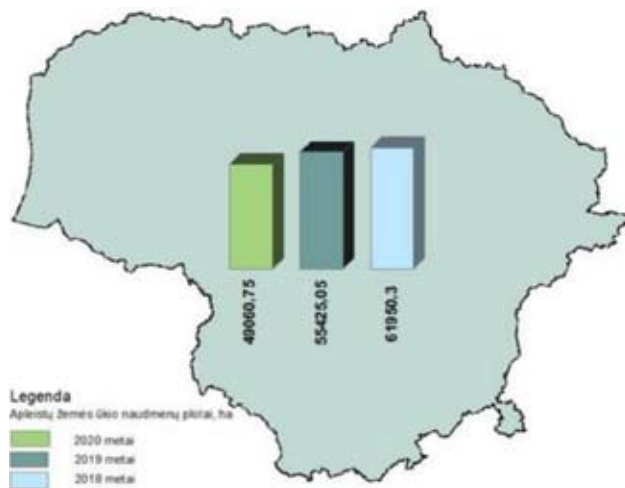
Vilniaus apskrityje– 13421,6 ha bei Utenos apskrityje – 12537,37 ha., mažiausi Marijampolės apskrityje 1393,59 ha. (4 pav).

Iš 5 paveikslu matome, analizuojant 2018-2020 duomenis, kad apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotai proporcingai 0,1 % mažėja.

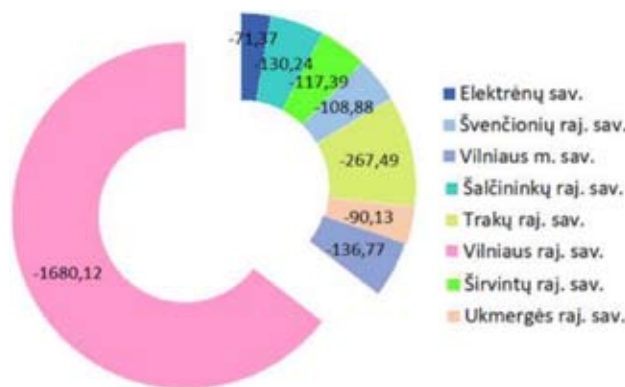
Iš 6 paveikslu matome, kad didžiausias apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotų mažėjimas Vilniaus apskrityje analizuojant 2019-2020 metus yra Vilniaus



4 pav. Apleistų žemės ūkio naudmenų plotai apskrityse
Šaltinis:sudaryta autorių



5 pav. Apleistų žemės ūkio naudmenų kaita 2018-2020 metais Lietuvoje
Šaltinis:sudaryta autorių



6 pav. Apleistų žemės ūkio naudmenų plotų kaita 2019–2020 metais(ha) Vilniaus apskrityje
Šaltinis:sudaryta autorių

raj. sav. – 1680,12 ha, o mažiausias Elektrėnų raj. sav. – 71,37 ha.

Atlikus duomenų analizę matome apleistų žemės ūkio paskirties žemės plotų mažėjimą. Tačiau apibendrinant, galima teigti, kad apleistų žemės ūkio paskirties žemių sutvarkymas Lietuvoje yra prioritetinga veikla, išsaugant, tvarkant bei formuojant šalies kraštovaizdį, atsižvelgiant į ekologinius, ekonominius, kultūrinius visuomenės poreikius. Bet tai nėra tik žemės mokesčio ar apleistos žemės ploto identifikavimo klausimas. Reikėtų vertinti apleistus žemės ūkio paskirties žemės sklypų plotus pagal papildomus kriterijus, kurie priklausytų nuo ekonominių rodiklių (žemės kaina, žemės naudojimo perspektyva, išmokų dydžiai), gamtinių rodiklių (našumo balas, klimatas, reljefas, geologinė sandara, kraštovaizdis), socialinių rodiklių ir politinių rodiklių.

Atsižvelgiant į aukščiau paminėtus teisinius dokumentus buvo plačiau išaiškinta apleistų žemių sąvoka, bei kokiais kriterijais vadovaujantis nustatomi saugotini želdiniai tiek paviršinio vandens telkinių pakrantės apsaugos juostoje, tiek nekilnojamųjų kultūros vertybių teritorijoje, tiek geležinkelio želdinių apsaugos zonoje, tiek valstybinės ir vietinės reikšmės kelio juostoje.

Išvados

1. Atsižvelgiant į Apleistų žemės ūkio naudmenų plotų nustatymo tvarkos aprašą bei Lietuvos Respublikos želdynų įstatymą patikslinta apleistų žemių plotų sąvoka bei identifikuotos teritorijos, kuriose nenustatomos apleistos žemės plotai.

2. Nagrinėjant apleistų žemių paplitimą apskrityse 2019-2020 metais nustatyta, kad didžiausi apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotai 2019 metais yra Vilniaus apskrityje – 16023,99 ha, bei Utenos apskrityje – 13488,75ha., mažiausi Marijampolės apskrityje 1492,75ha, o 2020 metais yra Vilniaus apskrityje– 13421,6 ha bei Utenos apskrityje – 12537,37 ha., mažiausi Marijampolės apskrityje 1393,59 ha.

3. Išnagrinėjus Lietuvoje apleistų žemės ūkio naudmenų trijų metų (2018-2020) duomenis matome, apleistų žemės ūkio paskirties žemių plotai proporcingai 0,1 % mažėja.

4. Nustatant apleistų žemių plotus, naudojant ortofotografinius ir palydovinius spektrinius vaizdus nepakanka informacijos identifikuoti apleistas žemes. Tam reikėtų taikyti ir kitus nustatymo metodus.

5. Nustatant apleistų žemių priežastis reikėtų vertinti kompleksiskai įtraukiant papildomus kriterijus. Kriterijai priklausytų nuo ekonominių rodiklių (žemės kaina, žemės naudojimo perspektyva, išmokų dydžiai), gamtinių rodiklių (našumo balas, klimatas, reljefas, geologinė sandara, kraštovaizdis), socialinių rodiklių bei politinių rodiklių.

Literatūra

- Anikėnienė, A., Augūnienė, N. ir Puzienė, R. (aut., metr.) (2019). *Apleistų žemių tvarkymas bei kontrolė Lietuvos teritorijoje*. Technologijos ir menas: tyrimai ir aktualijos //Technology and art: research and topicalities. Vilnius: ISSN 2029-400X.
- Europos audito rūmai. (2016). Specialioji ataskaita. *Žemės sklypų identifikavimo sistema: naudinga žemės ūkio paskirties žemės atitikties reikalavimams nustatymo priemonė, tačiau jos valdymą dar būtų galima patobulinti*. Europos Sąjunga, 2016.
- www.infolex.lt. (2012.06.05, Veidas.lt). *Iš arčiau: Sumaištis dėl naujų mokesčių*. Infolex. [Žiūrėta 2020-11-10]. Prieiga per internetą <https://www.infolex.lt/portal/start.asp?Tema=43&str=50392>.
- Lietuvos Respublikos želdynų įstatymas*, Suvestinė redakcija nuo 2007-06-28 iki 2020-01-01. Nr. X-1241 [Žiūrėta 2020-11-01]. Prieiga per internetą <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.301807/asr>.
- Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas*, suvestinė redakcija nuo 2020-11-01 iki 2020-12-31, Nr. XIII-2166, [Žiūrėta 2020-10-30]. Prieiga per internetą <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/46c841f290cf11e98a8298567570d639/asr>.
- Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerija. (2013). *Apleistų žemės ūkio naudmenų plotų nustatymo tvarkos aprašas* (suvestinė redakcija nuo 2020-04-17). [žiūrėta 2020-11-02]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.445047/asr>.
- Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos. *AŽ_DRLT – Lietuvos Respublikos teritorijos apleistų žemių erdvinių duomenų rinkinys*. 2020.
- Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos. *Lietuvos Respublikos žemės fondas 2018-2020 metai*.
- Nacionalinė mokėjimo agentūra prie Žemės ūkio ministerijos. *Ūkininkaujantiems nederlingose žemėse – naujovės (atnaujinta)*. (2018.04.05). NMA. [žiūrėta 2020-11-02]. Prieiga per internetą: [jienos/ukininkaujantiems-nederlingose-zemese-naujovės-atnaujinta/17086.](https://www.nma.lt/index.php/nau-</p>
</div>
<div data-bbox=)

www.tv3.lt (2013.08.21). *Apleistų žemių savininkų medžioklė įsibėgėja*. TV3, [Žiūrėta 2020-11-10]. Prieiga per internetą <https://www.tv3.lt/naujiena/verslas/748840/apeistu-zemiu-savininku-medziokle-isibegeja>.

Valstybės įmonė Valstybės žemės fondas^a. *Apleistos žemės*. VZF [Žiūrėta 2020-11-01]. Prieiga per internetą: <https://www.vzf.lt/apeistos-zemes/>.

Valstybės įmonė Valstybės žemės fondas^b. *Atliekami apleistų žemių duomenų bazės tikslinimai(2020-05-11)*. VZF. [Žiūrėta 2020-11-02], Prieiga per internetą: <https://www.vzf.lt/?naujienos=atliekami-apeistu-zemiu-duomenu-bazes-tikslinimai>.

DETERMINATION OF ABANDONED LAND IN THE TERRITORY OF LITHUANIA

Asta Anikėnienė¹, Natalija Augūnienė²,
Renata Bagdžiūnaitė³

^{1,2}Vilnius kolege of Technologies and Design,
Antakalnio str. 54, LT-10303, Vilnius

³National Paying Agency under the Ministry of
Agriculture of the Republic of Lithuania, Blindžių str.
17, LT-08111, Vilnius

Abstract. The important strategic aim of Lithuanian agriculture is the inspection and maintenance of land plots containing agricultural land. Improperly maintained agricultural land can be overgrown with spontaneous trees, shrubs or other perennial woody plants and become obsolete for the mainland use.

The article explains in detail the concept of abandoned land, analyzes the identification of abandoned land, revises the data and reviews the extent of neglect of abandoned land in 2019-2020.

Key words: Abandoned Land, Agricultural land, State control.

GALIMYBĖS NUSTATYTI KELIO PAVIRŠIŲ NAUDOJANT IŠMANAUS TELEFONO JUTIKLIUS APŽVALGA

Donatas Pilipuitis¹, Vytenis Surblys^{1,2}

¹Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10303 Vilnius

²Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Išmanieji telefonai gali būti naudojami norint nustatyti kelio paviršiaus nelygumą. Žinant kelio paviršių ir dangos kokybę galima pagerinti saugumą keliuose ir sumažinti automobilių važiavimo kaštus. Išmaniuose telefonuose yra integruojamas akcelerometras, giroskopas ir GPS, kurie gali nustatyti kelio paviršiaus nelygumo indeksą. Šiame darbe analizuojami kelio paviršiaus nelygumo indekso rezultatai priklausomai nuo tyrime naudojamo automobilio, išmaniųjų telefonų montavimo vietos automobilyje ir išmaniųjų telefonų operacinės sistemos. Taip pat pateikiama literatūros analizė, kitų mokslininkų tyrimų apžvalga ir išvados.

Reikšminiai žodžiai: kelio paviršius, akcelerometras, vertikalus pagreitis, išmanus telefonas, kelio paviršiaus nelygumo indeksas.

Įvadas

Visais laikais kelias buvo neatsiejamas nuo transporto. Senaisiais romėnų laikais buvo įrengiami keliai norint greičiau transportuoti karius tarp Romėnų imperijos (Evangelidis et al., 2015). Šiais laikais lygiai taip pat keliai yra naudojami norint keliauti iš vieno taško į kitą. Kelio paviršius gali nulemti kaip greitai keliausime norimą atkarpą. Jeigu kelias bus nelygus ir netinkamas, tai bus sunku saugiai pasiekti didelį greitį. Keliui esant lygiam, automobilis gali pasiekti didesnę greitį ir įveikti atkarpą žymiai greičiau.

Kelio paviršiaus danga yra vienas iš svarbiausių elementų analizuojant automobilio stabilumą ir komfortą (Society...). Tinkamas kelio paruošimas padeda sumažinti automobilio eksploatacinius išlaidas, kuro sąnaudas, bei kenksmingas medžiagas (Alessandroni et al., 2015). Norint tinkamai paruošti kelią eksploatacivimui yra didelis iššūkis valstybei ir už tai atsakingoms institucijoms. Šiam darbui atlikti reikia surinkti labai didelį kiekį informacijos apie vietovę, reljefą, klimato sąlygas. Informacija yra reikalinga, kad būtų galima tinkamai susiplanuoti ir paskirstyti darbus. Dažnu atveju, dėl mažo biudžeto skirto keliams ir technologinių įrenginių stokos, institucijos nesurenka reikiamo kiekio informacijos ir nesugeba tinkamai suplanuoti kelių remonto darbų (Douangphachanh et al., 2013).

Atliekant kelio dangos analizę yra naudojamas gana sudėtingos programos, lazeriniai jutikliai, specialūs akcelerometrai, kurie yra montuojami automobiliuose atliekant tyrimus. Taip pat šiems tyrimams rei-

kalingi šios srities ekspertai. Tokiu atveju kelio dangos analizė reikalauja nemažo finansavimo (Alessandroni et al., 2015).

Šio darbo tikslas – išsiaiškinti galimybę nustatyti kelio paviršių naudojant išmanaus telefono jutiklius.

1. Literatūros apžvalga

Norint nustatyti automobilio kėbulo virpesnius naudojamas išmanusis telefonas, kuris sugeba nustatyti savo padėties laisves laipsnius. Bandytas atliekamas naudojant išmaniajame telefone esantį akcelerometrą, GPS ir programinę įrangą (Singh et al., 2017). Išmaniojo telefono ir automobilio ašys pavaizduotos 1 paveiksle.

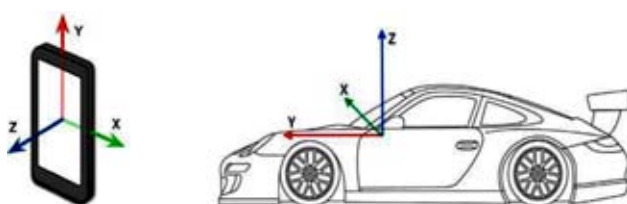
2. IRI indeksas

Pasaulyje plačiai naudojamas tarptautinis kelio nelygumo indeksas (International Roughness Index (IRI)) (Sivilevičius, Vansauskas 2013; Prashant et al., 2018; ISO 8608; ASTM E1926-08 2015) kelio lygumui įvertinti. IRI – tarptautinis nelygumo indeksas, įvertinantis nelygumus – jų dydį ir išdėstymą, tenkantį kelio dangos ilgio vienetui. IRI indeksas apibūdina kelio dangos kokybę, kuri veikia automobilį. Žinant IRI indeksą galima apibūdinti: automobilio eksploatacivimo kainą, važiavimo komfortiškumą, dinamines ratų apkrovas ir bendru atveju – kelio dangą (Sayers et al., 1998).

1 lentelėje pateikiamas IRI indekso intervalai, esant skirtingai kelio dangai (Sayers et al., 1986, Zhang et al., 2019).

Japonų mokslininkas V. Douangphachanh vertina kelio dangą, kai IRI indeksas yra:

- nuo 0 iki 4 – gera danga;
- nuo 4 iki 7 – vidutinė danga;
- nuo 7 iki 10 – prasta danga;
- 10 ir daugiau – labai bloga danga.



1 pav. Automobilio ir išmaniojo telefono tiesinio svyravimo ašys

Šaltinis: Singh et al., 2017

1 lentelė. Kėbulo svyravimų tipai ir apibūdinimas

IRI indeksas	Kelio danga
0-2	Oro uosto arba greitkelio danga
1,5-3,5	Nauja kelio danga
2,5-6	Sena kelio danga
3,5-10	Neasfaltuota danga
4-11	Sugadinta, pažeista kelio danga
8-16	Neasfaltuota, pažeista kelio danga

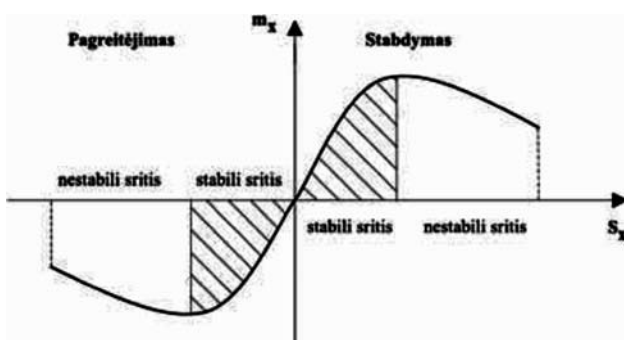
Šaltinis: Sayers et al., 1986

IRI indeksui išmatuoti reikalingas akselerometras, kuris matuoja pagreitį X, Y, Z kryptimis. Taip pat galima naudoti ir giroskopą, tokiu atveju pridėdama vibracija ir gaunamas tikslesnis IRI indeksas. IRI indeksas gali būti modeliuojamas kaip tiesinė vidutinio greičio funkcija, kurią nustato akselerometras (Douangphachanh et al., 2013). Kuo bandymų matavimo dažnumas platesnis, tuo IRI indekso rezultatai gaunami tikslesni (Zhao et al., 2019).

3. Rato ir kelio dangos sąveika

Automobiliui judant nelygia kelio danga įvyksta atsiktinis automobilio ratų su kelio danga kontakto praradimas. Kelio dangos paviršius gali būti modeliuojamas baigtiniais elementais, kurių kiekviename mazge parenkamas tam tikras kelio dangos paviršiaus nelygumo aukštis, paviršiaus ir automobilio rato sukibimo koeficientai rato išilgine ir skersine kryptimi (Levulytė 2013).

Viena iš pagrindinių rato charakteristikų yra išilginio sukibimo koeficiento μ_x priklausomybė nuo išilginio santykinio slydimo s_x , vadinamoji $\mu_x - s_x$ diagrama (2 pav.).

2 pav. Charakteringa $\mu_x - s_x$ diagrama

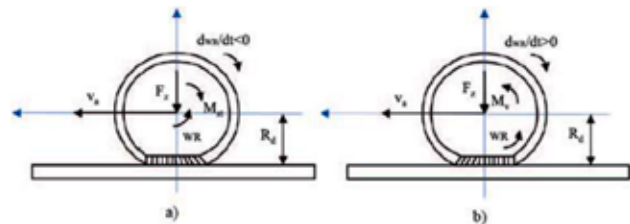
Šaltinis: Bogdevičius, 2012

Ratas su pneumatine padanga nagrinėjamas kaip kietas deformuojamas kūnas, kuris sąveikauja su kelio paviršiumi. Sąveikos sritis yra plotas, kuris vadinamas „kontakto pėdsaku“, kurio geometrinis centras nukryęs tam tikru atstumu nuo vertikaliios ašies, pereinančios per rato centrą. Rato ir kelio kontakte apskritimine kryptimi atsiranda dvi zonos: padangos protektorius suspaudžiamas (kontakto pradžioje); kita zona – pro-

tektorius ištempiamas (po kontakto). Kontakto plote vyksta praslydimas arba padangos sluoksnių šlitis, kuriuose tangentiniai įtempimai didesni už sankybio jėgų įtempimus. Transporto priemonės rato linijinis greitis v_a rato centre nesutampa su apskritiminiu rato greičiu $R_d\omega_r$ kontakte (R_d – rato dinaminis spindulys, ω_r – rato kampinis greitis). Dėl šių greičių nesutapimo atsiranda praslydimo greitis (2 pav.). Praslydimo greitis v_s rato ir kelio kontakte yra lygus:

$$\text{Pagreitėjimas: } v_s = R_d\omega_r - v_a \quad (1)$$

$$\text{Stabdymas: } v_{st} = v_a - R_d\omega_r \quad (2)$$



3 pav. Padangos deformacija: a – stabdymas; b – pagreitėjimas

Šaltinis: Bogdevičius, 2012

Rato teorijoje įvedama santykinio išilginio ir skersinio slydimo koeficientų sąvokos:

$$s_x = \frac{v_s}{v_a} \quad (3)$$

$$s_y = \frac{v_y}{v_a} \quad (4)$$

čia v_y – rato greitis, statmenas išilginiam rato greičiui.

4. Išmaniųjų telefonų operacinės sistemos ir atliekamos funkcijos

Mokslininkai atliekantys kelio dangos tyrimus naudoja skirtingus išmaniuosius telefonus. G. Singh ir V. Douangphachanh tyrimuose (Douangphachanh et al., 2013, Singh et al., 2017) naudojami išmanieji telefonai su Android 5.1 operacine sistema, tuo tarpu B. Zhao su kitais mokslininkais iš Japonijos (Zhao et al., 2019), tyrime naudoja iOS operacinę sistemą. Nepriklausomai nuo operacinės sistemos, tyrimuose gaunami šie rezultatai: telefono padėtis, laikas, greitis ir vieta (Alqudah et al., 2017). Alqudah ir Sababha 2017 metų tyrime teigia, kad visi išmanieji telefonai gali atlikti akselerometro, giroskopo, GPS ir magnetometro funkcijas. Pagal G. Singh tyrimą, nors visuose išmaniuose telefonuose yra tie patys prietaisai, bet gautieji rezultatai šiek tiek skiriasi. Šis mokslininkas tyrime nustatė, kad naujesniuose telefonuose akselerometras yra šiek tiek jautresnis ir rezultatai yra tikslesni. Taip pat V. Douangphachanh tyrime naudoja papildomą prietaisą pavadinimu VIMI, šis prietaisas skaičiuoja kelio dangos IRI indeksą.

Kelio dangos tyrimuose naudojamos skirtingos išmaniųjų telefonų aplikacijos: „Smart-Patrolling“, „Andro sensor“, „iDRIMS“. Tyrimuose teigiama, kad operacinė sistema ir aplikacijos neturi įtakos rezulta-

tams, pagrindinį skirtumą sudaro išmaniuose telefonuose esantys akcelerometro jutikliai.

5. Išmaniųjų telefonų įmontavimas automobilyje

Tyrimu metu mokslininkai naudoja skirtingą kiekį išmaniųjų telefonų. Mokslininko Alqudah tyrime naudojamas tik vienas telefonas, tuo tarpu mokslininkai V. Douangphachanh ir B. Zhao naudoja keturis išmaniuosius telefonus, o G. Singh, netgi šešis. Išmaniųjų telefonų montavimo vietos pateikiamos 2 lentelėje. 4 paveiksle vaizduojamos vietos, kuriuose įmontuojami išmanieji telefonai B. Zhao tyrime.

Išmaniųjų telefonų kiekis ir jų padėtis automobilyje gali stipriai keisti rezultatus, tai teigia B. Zhao tyrimas. Kai kurie mokslininkai į tai neatsižvelgia darydami tyrimus. Mokslininko B. Zhao tyrimo rezultatai patvirtina šį teiginį, rezultatai pateikiami 3 lentelėje.

Nepaisant to, kad automobilis važiuo vienu keliu, išmanieji telefonai rodo skirtingus rezultatus priklausomai nuo jų padėties automobilyje. Tai nutinka dėl to, kad kelias kairėje ir dešinėje pusėje gali skirtis. Tyrimą atlikęs mokslininkas B. Zhao teigia, kad dėl priekinės pakabos ir padangų slopinimo rezultatai negali ryškiai skirtis, nes priekinė ir galinė ašis atlieka panašų darbą. IRI indekso rezultatai priklauso nuo važiavimo grei-

2 lentelė. Išmaniųjų telefonų kiekio ir įmontavimo vietos automobilyje palyginimas.

Tyrimo autorius	Telefonų skaičius	Montavimo vieta
G. Singh	6	1. Ant prietaisų skydelio (vairuotojo vieta). 2. Ant prietaisų skydelio (keleivio vieta). 3. Ant Galinių sėdynių.
V. Douangphachanh	4	1. Ant prietaisų skydelio (vairuotojo vieta). 2. Ant prietaisų skydelio (keleivio vieta). 3. Automobilio porankio vietoje. 4. Ant Galinių sėdynių.
B. Zhao	4	1. Ant prietaisų skydelio (vairuotojo vieta). 2. Ant prietaisų skydelio (keleivio vieta). 3. Ant Galinių sėdynių. 4. Automobilio bagažinėje.
Y. Alqudah	1	1. Ant prietaisų skydelio (vairuotojo vieta).

Šaltinis: sudaryta autorių



4 pav. Išmaniųjų telefonų montavimo vietos

Šaltinis: Zhao et al., 2019

3 lentelė. IRI indekso rezultatas, kai išmanusis telefonas įmontuotas skirtingose automobilio vietose

Išmaniojo telefono montavimo vieta	IRI indeksas	
	B. Zhao tyrime	V. Douangphachanh tyrime
Priekinio skydelio (vairuotojo vieta)	6,3	0,735
Ant prietaisų skydelio (keleivio vieta)	6,8	0,666
Galinė automobilio keleivio vieta	7,4	0,790
Automobilio bagažinė	5,9	-
Porankio vieta	-	0,725

Šaltinis: sudaryta autorių

4 lentelė. IRI indekso rezultatas, kai naudojami įvairūs automobiliai tyrime.

Automobilio klasė	IRI indeksas	
	B. Zhao tyrime	V. Douangphachanh tyrime
Lengvasis automobilis	6,3	-
Mažos klasės automobiliai (Toyota Yaris)	6,6	0,735
Vidutinės klasės automobiliai (Toyota Camry)	6,2	0,616
Visureigio klasės automobiliai (Toyota Vigo)	-	0,600

Šaltinis: sudaryta autorių

čio, automobilio, akcelerometro jautrumo, bandymų dažnio, aukštų dažnių filtravimo vietose (Zhao et al., 2019).

6. Automobilio įtaka tyrimų rezultatams

2013 metais Japonų mokslininko V. Douangphachanh tyrime naudojami Toyota Vigo, Toyota Yaris, Toyota Camry automobiliai. G. Singh tyrime naudojamas vienas Toyota Etios automobilis. B. Zhao tyrime naudojami keturi automobiliai, kurių modeliai nepaminti, bet jie skirstomi į lengvuosius, mažuosius ir vidutinius automobilius.

Rezultatų skirtumai atsiranda dėl to, kad visi automobiliai turi skirtingas pakabas, automobiliai yra skirtingų bazių ir dėl kelio ruožo neatitikimo (Zhao et al., 2019).

Išvados

Apžvelgiant kitų mokslininkų atliktus tyrimus galima daryti išvadą, kad išmanieji telefonai, akcelerometro, giroskopo ir GPS pagalba sugeba gana tiksliai nustatyti kelio paviršiaus būklę.

Kelio paviršiaus apibūdinimui dažniausiai naudojamas tarptautinis kelio nelygumo indeksas. Šis indeksas nurodo nelygumų dydį ir išdėstymą, tenkantį kelio dangos ilgio vienetui.

Atlikus tyrimų analizę nustatyta, kad išmaniųjų te-

lefonų operacinė sistema neturi įtakos rezultatams, rezultatai gali turėti įtakos akcelerometro jautrumas, išmaniojo telefono padėtis automobilyje, bei pačio automobilio parinkimas.

Literatūra

- Alessandroni, G., Carini, A., Lattanzi, E., Bogliolo, A. (2015). Sensing Road Roughness via Mobile Devices: a Study on Speed Influence, *9th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*: 270-275. <https://doi.org/10.1109/ISPA.2015.7306071>
- Alqudah, Y., Sababha, B. (2017). On the Analysis of Road Surface Conditions Using Embedded Smartphone Sensors, *8th International Conference on Information and Communication Systems*: 177-181. <https://doi.org/10.1109/IACS.2017.7921967>.
- ASTM E1926-08. (2015). *Standard practice for computing International Roughness Index of Roads from longitudinal profile measurements*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Bogdevičius M. (2012). Transporto priemonių dinamika. Vilnius: Technika, 206 p.
- Douangphachanh, V., Oneyama, H. (2013). Estimation of Road Roughness Condition from Smartphones under Realistic Settings, *13th International Conference on ITS Telecommunications*: 433-439. <https://doi.org/10.1109/ITST.2013.6685585>.
- Evangelidis, V., Tsompanas, M., Sirakoulis, G., Adamatzky, A. (2015). Slime mould imitates development of Roman roads in the Balkans, *Journal of Archaeological Science: Reports* 2: 264-281. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.02.005>
- ISO 8608:1995. Mechanical vibration – Road surface profiles – Reporting of measured data.
- Levulytė, L., Uzialo, J., Žuraulis, V., Sokolovskij, E. (2013). Kelio nelygumų įtaka automobilio judėjimui. *Konferencijos "Mokslas – Lietuvos ateitis" straipsnių rinkinys*: 231–236.
- Prashant, R. P.; Arun, T. M.; Saraf, M. R. (2018). IRI (International Roughness Index): An Indicator Of Vehicle Response, *Materials Today: Proceedings* 5(5): 11738–11750. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.02.143>
- Sayers, M. W., Karamihis, S. M. (1998). *The little book of profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles*. Michigan: 100 p.
- Sayers, M., Gillespie, T. D., Paterson, W. (1986). *Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements*, Washington: 96 p.
- Singh, G., Bansal, D., Sofat, S., Aggarwal N. (2017). Smart patrolling: An efficient road surface monitoring using smartphone sensors and crowdsourcing, *Pervasive and Mobile Computing* 40: 71-88. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2017.06.002>
- Sivilevičius, H.; Vansauskas, V. (2013). Research and evaluation of ruts in the asphalt pavement on Lithuanian highways, *Journal of civil engineering and management* 19(5): 609–621. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.817481>
- Society of Automotive Engineers, *Ride and Vibration Data Manual (SAE J6A)*, SAE information report. 1965.
- Zhao, B., Nagayama, T., Xue, K. (2019). Road profile estimation, and its numerical and experimental validation, by smartphone measurement of the dynamic responses of an ordinary vehicle, *Journal of Sound and Vibration* 457: 92-117. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2019.05.015>

OVERVIEW OF THE POSSIBILITY TO IDENTIFY ROAD SURFACE USING SMARTPHONE SENSORS

Donatas, Pilipuitis¹, Vytenis Surblis^{1,2}

¹Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius

²Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT

Abstract. Smartphones could be useful to determine road surface roughness condition. Knowing road surface quality can give a lift to improve road safety and reduce vehicle operating cost. Accelerometers, gyroscopes and GPS are integrate into smartphones and can collect data to find out road roughness index. This work analyzes road roughness index results, when smartphones are in different locations, with different operating systems and different vehicles. The literature review, research review and conclusions are presented.

Key words: road surface, accelerometer, vertical acceleration, smartphone, road roughness index.

DYZELINIŲ AUTOMOBILIŲ DŪMINGUMO IR KIETŪJŲ DALELIŲ EMISIJŲ EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Alfredas Rimkus¹, Donatas Kriaučiūnas¹, Jonas Matijošius¹, Eldin Hušič²

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius, Lietuva

²Lubljanos Universitetas, Aškerčeva c. 6, Ljubljana, Slovėnija

Anotacija. Straipsnyje pateikiama mokslinių tyrimų apžvalga, kuriuose analizuojama slėginio uždegimo variklių teršalų susidarymo mechanizmai ir tendencijos bei jų įtaka žmogaus sveikatai. Atliekant eksperimentinį tyrimą išmatuotas kolegijos dėstytojų ir studentų dyzelinių automobilių (16 vnt.) dūmingumas ir kietųjų dalelių (KD) koncentracija išmetamosiose dujose. Surinkta informacija apie šių automobilių gamybos metus, ridą, gamintojo sertifikuotą ekologinę sistemą (EURO), kietųjų dalelių filtro (KDF) egzistavimą, galimus automobilio defektus ir kt. Nustatyta, kaip įvairūs gedimai ir variklio modifikacijos įtakoja automobilio dūmingumą ir KD emisiją. Atlikta dūmingumo priklausomybės nuo KD analizė, KDF veikimo efektyvumo vertinimas. Pateikta dūmingumo ir KD koncentracijos vizualizacija, esant tvarkingam automobiliui ir atsiradus įvairiems gedimams.

Reikšminiai žodžiai: slėginio uždegimo variklis, dūmingumas, kietosios dalelės, kietųjų dalelių filtras.

Įvadas

Griežtėjantys aplinkosauginiai standartai verčia automobilių gamintojus imtis taršos prevencijos priemonių (Burr and Gregory, 2011). Tokių priemonių taikymas leidžia transporto priemonėms pasiekti geresnius išmetamųjų dujų rodiklius (Dobrzyńska et al., 2020), kas savo ruožtu leidžia skatinti mažateršio transporto naudojimą (Turkensteen, 2017). Tokio transporto perspektyvos jau yra perkeltos į ES ir nacionalinę teisę (Kniūkšta, 2017). Pagal Baltosios transporto knygos reikalavimus transporto priemonės turi būti ekologiškos, o metams bėgant (iki 2050 m.) tradicinių (dyzelinių ir benzinių) transporto priemonių neturi likti (Jakubauskas, 2011). Siekiant gerinti miestų ekologinę situaciją automobilių gamintojai naudoja selektyvinius katalitinius neutralizatorius (SCR) (Solaimuthu et al., 2015), ekologiškus degalus (atitinkančius Pasaulinės degalų chartijos (WWFC) reikalavimus) (Bae and Kim, 2017), kuriuose yra mažiau anglies bei kietųjų dalelių filtrus (KDF) (Pechout et al., 2019).

Tokie sprendimai ateityje leidžia užtikrinti gerus išmetamųjų dujų taršumo reikalavimus, bet iš esmės neatspindi dabartinės situacijos. Vidutinis automobilių amžius Lietuvoje (pagal 2018 m. Registros duomenis) siekė 14,4 metų kas savo ruožtu lėmė ir esamą taršos situaciją Lietuvoje ("Valstybės įmonė REGISTRA," 2020). Tokie automobiliai atitinka EURO 3 ar EURO 4 taršos reikalavimus (Cleophas et al., 2019, p. 3), bet eksploatacijos metu automobilis gali neatitikti deklaruotų EURO taršos standartų dėl sistemų nusidėvėjimo (Aghbashlo et al., 2015), nekokybiškų degalų naudojimo (Armas et al., 2013) automobilių eksploatacijos nurodymų nesilaikymo (Bereczky, 2017) ir t.t.

Labai svarbu apibrėžti realias priemones, kurios leidžia technologiškai užtikrinti išmetamųjų dujų taršos mažėjimo tendencijas, pvz. SCR leidžia sumažinti CO, CH ir NO_x (Bereczky, 2017), EGR sistema – NO_x (Yamada et al., 2011), o KDF filtrai kietųjų dalelių emi-

sijas (Galindo et al., 2020). Lietuvos atveju ypač svarbios kietųjų dalelių emisijos, kurios ne tik daro žalą žmonių sveikatai (Kinney, 2018), bet ir sukelia smogą miestuose, kas yra ryškiausiai pastebima šaltuoju metų laikotarpiu (Bogacki and Bzdziuch, 2019).

Naujai paskelbtas EURO 7 taršos standartas numato reglamentuoti ne tik dūmingumo reikšmę (kietųjų dalelių koncentraciją išmetamosiose dujose), bet ir pačių kietųjų dalelių skaičių (Ehsanifar et al., 2019). Tai iš esmės keičia naudojamų technologijų pobūdį, kur esminis kriterijus tampa ne tik smulkinti kietąsias daleles, mažinant jų koncentraciją, bet ir jas efektyviai neutralizuoti (Holnicki et al., 2016).

Todėl šio tyrimo tikslas – identifikuoti esamą dyzelinių automobilių taršos kietosiomis dalelėmis situaciją.

1. Tyrimų metodika

Tyrimo metu buvo testuota 16 įvairių firmų dyzelinių automobilių, kurių amžius nuo 4 iki 20 metų. Automobilių rida svyravo nuo 162000 km iki 392000 km. Tai automobiliai šiuo metu važinėjantys Lietuvos keliuose. Šių automobilių ekologinės sistemos sertifikuotos ir gamybos metu atitiko EURO 3, EURO 4 ar EURO 6 teršalų emisijų standartą.

Dyzelinių automobilių tarša įvertinta naudojant du skirtingus metodus – matuojant išmetamųjų dujų dūmingumą ir kietųjų dalelių koncentraciją. Dūmingumas matuotas dūmomačiu *CET2200C*, kuris nustato šviesos absorbcijos koeficientą, parodantį, kiek šviesos, išspinduliuojamos matuoklyje įrengto šviesos šaltinio, sugeria transporto priemonės skleidžiami teršalai. Dūmomačio matavimo ribos 0–99.99 m⁻¹, tikslumas 0,01 m⁻¹. Bandymai atlikti laikantis Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos numatytų dūmingumo matavimo reikalavimų ("Dėl aplinkos apsaugos normatyvinių dokumentų LAND 14-2000 ir LAND

15–2000 patvirtinimo,” 2015): Prieš kiekvieną matavimą patikrinama, ar transporto priemonė yra tinkamos būklės ar variklis yra išilęs iki įprastos darbinės temperatūros. Išmetimo sistema prapučiamą ne mažiau kaip tris kartus nuo minimalių laisvosios eigos sūkių iki ribotuvo ribojamų sūkių. Išmetamų dujų dūmingumas matuojamas, kai varikliui leidžiama laisvai greitėti be apkrovos nuo minimalių laisvosios eigos sūkių iki ribotuvo ribojamų sūkių. Prieš kiekvieną laisvojo greičio ciklą variklis ir turbokompresorius turi veikti nusistovėjusiais minimaliais laisvosios eigos sūkiu ne mažiau kaip 15 sekundžių. Kiekvienas laisvojo greičio ciklas pradedamas greitai ir nuosekliai, kad degalų įpurškimas veiktų didžiausiu našumu. Kiekvieno laisvojo greičio ciklo metu, prieš atleidžiant akceleratoriaus pedalą variklis turi pasiekti ribinį sukimosi dažnį.

Kietųjų dalelių koncentracija išmetamosiose dujose matuotas iš karto po dūmingumo matavimo, varikliui veikiant tuščiąja eiga, naudojant KD koncentracijos skaitiklį *P-Trak ultrafine particle counter 8525*. Dalelių skaitiklio techniniai rodikliai pateikti 1-oje lentelėje.

Kietųjų dalelių skaitiklis aptinka tik itin smulkias KD, kurių aerodinaminis skersmuo siekia 0,02–1 μm. Prietaiso korpuse sumontuotas siurblys, duomenų apdorojimo įranga, izoproponolį talpinanti kasetė, prijungiamas teleskopinis zondas. Kasetėje būtina palaikyti reikiamą izoproponolio lygį (“P-Track Ultrafine Particle Counter Model 8525: Operation and Service Manual,” 2019). Šis techninis skystis užtikrina pačių smulkesnių mikroskopinių dalelių aptikimą, kadangi jos, pratekėdamos pro izoproponolį, smarkiai padidėja.

Siekiant užtikrinti kad tiriamų išmetamųjų dujų temperatūra neviršytu leistinos 70 °C temperatūros, automobilio išmetamasis vamzdis prailgintas 1,5 m ilgio metaliniu gofruotu vamzdžiu, kuris užtikrina išmetamųjų dujų temperatūros sumažėjimą. Dalelių matuoklio teleskopinis zondas buvo įstatomas į gofruotą vamzdį. Kietųjų dalelių koncentracijos matavimo trukmė – 10 sekundžių. Per šį laiką tarp prietaisais fiksavo ir ekrane parodė vidutinę išmatuotą reikšmę.

Atliekant matavimą buvo fiksuojami visų tiriamų transporto priemonių pagaminimo metai, rida, variklio darbinis tūris, variklio galingumas, gamintojo ser-

1 lentelė. Kietųjų dalelių skaitiklio techniniai rodikliai

Parametras	Vertė
Koncentracijos diapazonas	0–500 000 vnt./cm ³
Aerodinaminio dalelių skersmens diapazonas	0,02–1 μm
Temperatūros diapazonas	-40–70 °C
Įsiurbiamo oro srautas	apie 100 cm ³ /min
Prietaiso atmintis	470 taškų
Maitinimo šaltinis	6 AA tipo baterijos
Prietaise naudojamo alkoholio rūšis	100 % isopropilas
Prietaiso svoris (su baterijomis)	1,7 kg

Šaltinis: (“P-Track Ultrafine Particle Counter Model 8525: Operation and Service Manual,” 2019)

tifikuotas EURO standartas, ar transporto priemonės gamyklinėje konstrukcijoje buvo numatytas kietųjų dalelių filtras. Kiekvienam automobiliui dūmingumo ir KD koncentracijų matavimai atlikti po penkis kartus.

Atlikus bandymus rezultatai buvo analizuojami ir pagal tarpusavio dūmingumo ir kietųjų dalelių skaičiaus duomenis, imant visą bandomųjų automobilių imtį.

2. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Tyrimų duomenų lentelėje (2 lent.) yra pateikti visų testuotų automobilių duomenys. Paryškintai pažymėti automobiliai, kurie turėjo įvairias technines problemas. 4 (PEUGEOT 306) ir 14 (TOYOTA AVENSIS) automobiliai turėjo akivaizdžius purkštuvų ar EGR gedimus ir tai įtakojo labai išaugusį dūmingumą. Testuojant 6 (BMW E60 530D) automobilį maksimalų dūmingumą neleido nustatyti sūkių ribotuvus. Automobilis 7 (VW PASSAT) turėjo modifikuotą maitinimo

2 lentelė. Automobilių dūmingumo ir KD emisijų tyrimų duomenys

Eil. Nr.	Modelis	KD konc. cm ⁻³	Dūming. m ⁻¹	Metai	Euro/KDF	Rida, tūkst km.
1	Volvo XC60	1012	0.016	2012	6 KDF	220
2	Toyota RAV4	2940	0.028	2014	6 KDF	197
3	VW Touran	4858	0.030	2016	6 KDF	230
4	PEUGEOT 306 (EGR gedimas)	184800	7.116	2001	3	162
5	Volvo V50	193400	1.668	2008	4	240
6	BMW E60 530D (sūk. rib.)	222200	0.440	2006	4	285
7	VW PASSAT (modif.)	234800	6.036	2000	3	270
8	Toyota Avensis	239800	1.606	2004	4	270
9	Audi A4	260200	1.066	2001	3	320
10	SAAB 93	301200	1.324	1999	2	290
11	Toyota Avensis	304000	2.142	2001	3	301
12	VWPassat	305600	1.966	2000	3	270
13	Range Rover	319200	1.212	2001	3	297
14	TOYOTA AVENSIS (purkštuvų gedimas)	320600	6.420	2004	4	392
15	VW PASSAT (pakeistas variklis)	384800	0.050	2006	4 KDF	344
16	Toyota Avensis	422600	1.564	2004	4	392

Šaltinis: sudaryta autorių

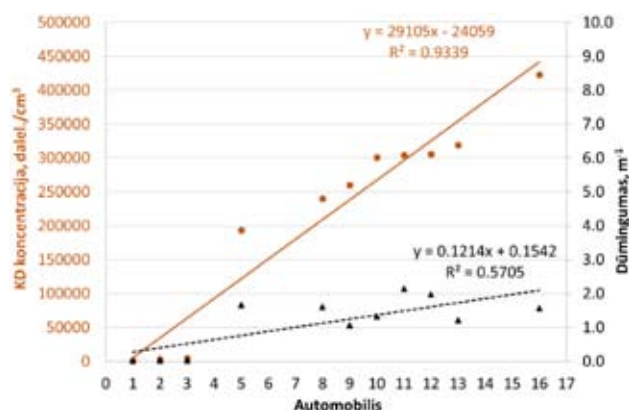
sistemą, kuri tiekė didesnę nei numatytą degalų kiekį ir tai padidino dūmingumą. Automobilyje 15 (VW PAS-SAT) buvo pakeistas variklis, o KD filtras likęs senas ir dėl šios priežasties KD koncentracija buvo didelė, nors dūmingumas mažas.

Normatyviniai dokumentai numato išmetamųjų dujų šviesos absorbcijos koeficiento (dūmingumo) ribinę vertę iki 3 m^{-1} automobiliams, kurių pirmosios registracijos data iki 2008 m. liepos 1 d. kai variklis su turbopripūtumu ir iki $1,5 \text{ m}^{-1}$ automobiliams, kurių pirmosios registracijos data nuo 2008 m. liepos 1 d. Automobiliams, kurių pirmosios registracijos data nuo 2012 m. sausio 1 d. išmetamųjų dujų dūmingumas neturi viršyti lygio, užrašyto transporto priemonės gamintojo įrengtoje lentelėje. Analizuojant 2 lentelės duomenis matome, kad automobilių turinčių maitinimo sistemos defektus ar esant jos modifikacijai dūmingumas viršijo leistiną normą 2–2.3 karto ir tokių automobilių buvo ~20 %.

Automobilių, kurių maitinimo sistemos buvo netvarkingos ir buvo išaugęs dūmingumas, KD emisija (koncentracija) nebuvo ženkliai išaugusi, nes degalus išpurškiant nekokybiškai ar esant „užstrigusiam“ EGR vožtuvui susidaro didesnės kietosios delelės ir dėl šios priežasties jų skaičius gali net sumažėti. Priešingas efektas pastebėtas automobilyje 15 (VW PASSAT), kuriame pakeitus sugedusį variklį liko senas KDF. Šiuo atveju naujame variklyje degalai išpurškiami kokybiškai, susidaro didelė koncentracija smulkių kietųjų dalelių tačiau mažos KD nesukelia didelio dūmingumo. Šio variklio gamintojas, įvertindamas KD emisiją yra numatęs KDF, nors Euro 4 standartas to dar nereikalavo.

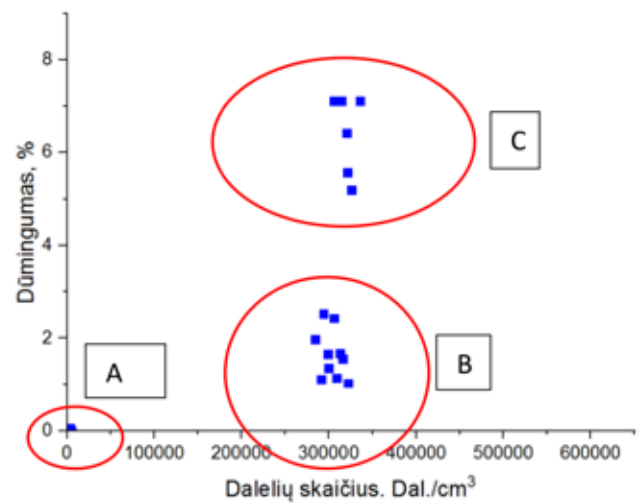
1 paveikslėlyje pateiktas grafikas parodantis koks yra įvairių automobilių dūmingumas, transporto priemonės išdėstius kietųjų dalelių emisijos didėjimo tvarka. Šiame grafike nėra pateikti anksčiau aptartų defektuotų ar modifikuotų automobilių duomenys.

Grafike (1 pav.) matome, kad pirmi trys automobiliai ženkliai išsiskiria mažu dūmingumu ir KD koncentracija, nes jie turi kokybiškai funkcionuojančius KD filtrus. Pastebėta, kad šių transporto priemonių išmetamų KD koncentracija nustatyta mažesnė, nei buvo aplinkos ore. Tačiau tokie automobiliai sudarė tik ~20 % tirtų transporto priemonių. Analizuojant



1 pav. Bandomų automobilių KD koncentracija ir dūmingumas

Šaltinis: sudaryta autorių



2 pav. Automobilių KD koncentracijos ir dūmingumo tarpusavio priklausomybė

Šaltinis: sudaryta autorių

kitus automobilius pastebima tendencija, kad didėjant KD emisijai auga ir šių automobilių dūmingumas.

2 paveiksle pateikta dūmingumo priklausomybė nuo KD koncentracijos. Pastebima, kad išsiskiria jau aukščiau automobiliai su KDF – „A“ zona. „B“ zonoje matome automobilius kurie turi maitinimo sistemą be akivaizdžių gedimų, o „C“ zona identifikuoja automobilius su gedimais ar modifikuota maitinimo sistema.

Išvados

Atlikus automobilių dūmingumo ir kietųjų dalelių emisijos eksperimentinį tyrimą ir gautų rezultatų analizę galime teigti:

1. Tam tikra dalis (~20 %) tirtų automobilių turėjo maitinimo sistemos gedimus ir dėl šios priežasties variklių dūmingumas išaugo 2–2.3 karto. Dūmingumas išaugo ir modifikavus maitinimo sistemą (padidinus variklio galią).

2. Automobilių, kurių dūmingumas ženkliai padidėjo dėl nekokybiškai veikiančios maitinimo sistemos, KD emisija (koncentracija) galėjo ir nepadidėti, nes susidarė didesnės KD.

3. Atlikus variklio, turinčio didelę ridą (virš 300000 km) remontą ar keitimą, bet nepakeitus gamintojo numatytą KDF, dūmingumas yra nedidelis tačiau KD emisija ženkliai išaugusi, nes esant kokybiškam degalų įpurškimui variklis generuoja daug smulkių kietųjų dalelių.

4. Tik ~20 % tirtų dyzelinių variklių turėjo kokybiškai veikiančias kietųjų dalelių neutralizavimo sistemą. Šių automobilių išmetamosiose dujose esančių KD koncentracija buvo mažesnė nei aplinkos ore.

5. Automobilių, kurių maitinimo sistemose nepastebėti defektai, dūmingumas didėjo augant KD koncentracijai išmetamosiose dujose.

6. Atvaizdžius dūmingumo priklausomybę nuo KD skaičiaus buvo identifikuoti automobiliai su KDF („A“ zona), automobiliai be gedimų („B“ zona) ir au-

tomobiliai su gedimais ar maitinimo sistemos modifikacija („C“ zona).

Literatūra

- Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Mohammadi, P., Pourvosoughi, N., Nikbakht, A.M., Goli, S.A.H. (2015). Improving exergetic and sustainability parameters of a DI diesel engine using polymer waste dissolved in biodiesel as a novel diesel additive. *Energy Convers. Manag.* 105, 328–337. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.07.075>.
- Armas, O., Gómez, A., Ramos, Á. (2013). Comparative study of pollutant emissions from engine starting with animal fat biodiesel and GTL fuels. *Fuel* 113, 560–570. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.06.010>.
- Bae, C., Kim, J. (2017). Alternative fuels for internal combustion engines. *Proc. Combust. Inst.* 36, 3389–3413. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2016.09.009>.
- Bereczky, A. (2017). The Past, Present and Future of the Training of Internal Combustion Engines at the Department of Energy Engineering of BME, in: Jarmai, K and Bollo, B (Ed.), *VEHICLE AND AUTOMOTIVE ENGINEERING*, Lecture Notes in Mechanical Engineering. pp. 225–234. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51189-4_22.
- Bogacki, M., Bździuch, P. (2019). Urban bus emission trends in the Krakow metropolitan area (Poland) from 2010 to 2015. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 67, 33–50. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.11.003>.
- Burr, M., Gregory, C. (2011). Vehicular Exhausts, in: *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier, pp. 645–653. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52272-6.00664-4>.
- Cleophas, C., Cottrill, C., Ehmke, J.F., Tierney, K. (2019). Collaborative urban transportation: Recent advances in theory and practice. *Eur. J. Oper. Res.* 273, 801–816. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.037>.
- Dėl aplinkos apsaugos normatyvinių dokumentų LAND 14-2000 ir LAND 15-2000 patvirtinimo [WWW Document] (2015). URL <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.97168/asr> (accessed 10.26.20).
- Dobrzyńska, E., Szewczyńska, M., Pośniak, M., Szczotka, A., Puchałka, B., Woodburn, J. (2020). Exhaust emissions from diesel engines fueled by different blends with the addition of nanomodifiers and hydrotreated vegetable oil HVO. *Environ. Pollut.* 259, 113772. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113772>.
- Ehsanifar, M., Tameh, A.A., Farzadkia, M., Kalantari, R.R., Zavarreh, M.S., Nikzaad, H., Jafari, A.J. (2019). Exposure to nanoscale diesel exhaust particles: Oxidative stress, neuroinflammation, anxiety and depression on adult male mice. *Ecol. Environ. Saf.* 168, 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.090>.
- Galindo, N., Yubero, E., Clemente, Á., Nicolás, J.F., Varea, M., Crespo, J. (2020). PM events and changes in the chemical composition of urban aerosols: A case study in the western Mediterranean. *Chemosphere* 244, 125520. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125520>.
- Holnicki, P., Kałusko, A., Trapp, W. (2016). An urban scale application and validation of the CALPUFF model. *Atmospheric Pollut. Res.* 7, 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.10.016>.
- Jakubauskas, G. (2011). *Transporto politikos 2011 m. baltoji knyga* 23.
- Kinney, P.L. (2018). Interactions of Climate Change, Air Pollution, and Human Health. *Curr. Environ. Health Rep.* 5, 179–186. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0188-x>.
- Kniūkšta, B. (2017). Biodegalų gamybos ir vartojimo modeliai baltijos šalyse. *Manag. Theory Stud. Rural Bus. Infrastruct. Dev.* 39, 25.
- P-Track Ultrafine Particle Counter Model 8525: Operation and Service Manual [WWW Document] (2019). <https://www.tsi.com/getmediad1f26f38-5f1d-4851-80a2-B99d95c7c9c8-Model-8525-P-Trak-20OpSvcMnl1980380extpdf>. URL https://www.tsi.com/getmedia/d1f26f38-5f1d-4851-80a2-b99d95c7c9c8/Model-8525-P-Trak-%20Op_Svc_Mnl_1980380?ext=.pdf (accessed 10.26.20).
- Pechout, M., Kotek, M., Jindra, P., Macoun, D., Hart, J., Vojtisek-Lom, M. (2019). Comparison of hydrogenated vegetable oil and biodiesel effects on combustion, unregulated and regulated gaseous pollutants and DPF regeneration procedure in a Euro6 car. *Sci. Total Environ.* 696, 133748. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133748>.
- Valstybės įmonė REGITRA (2020). URL <https://www.regitra.lt/lt/duomenu-teikimo-paslaugos/duomenu-teikimo-paslaugos-1> (accessed 11.14.18).
- Solaimuthu, C., Ganesan, V., Senthilkumar, D., Ramasamy, K.K. (2015). Emission reductions studies of a biodiesel engine using EGR and SCR for agriculture operations in developing countries. *Appl. Energy* 138, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.023>.
- Turkensteen, M. (2017). The accuracy of carbon emission and fuel consumption computations in green vehicle routing. *Eur. J. Oper. Res.* 262, 647–659. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.005>.
- Yamada, H., Misawa, K., Suzuki, D., Tanaka, Koichi, Matsumoto, J., Fujii, M., Tanaka, Kotaro. (2011). Detailed analysis of diesel vehicle exhaust emissions: Nitrogen oxides, hydrocarbons and particulate size distributions. *Proc. Combust. Inst.* 33, 2895–2902. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2010.07.001>.

EXPERIMENTAL STUDY OF SMOKE AND PARTICULATE EMISSIONS OF DIESEL CARS

**Alfредas Rimkus¹, Donatas Kriaučiūnas¹,
Jonas Matijošius¹, Eldin Hušić²**

¹*Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT*

²*University of Ljubljana*

Abstract. The article provides an overview of research that analyzes the mechanisms and trends of pollutant generation in compression ignition engines and their impact on human he-

alth. The experimental study measured the opacity of diesel cars (16 cars) and the concentration of particulate matter (PM) in the exhaust gas of college teachers and students. Information was collected and sorted by the year of manufacture of these cars, mileage, manufacturer's certified ecosystem (EURO), existence of a particulate filter (DPF), possible car defects, etc. It has been determined how various failures and engine modifications affect the car's smoke and PM emissions. Analysis of smoke dependence on PM, evaluation of DPF operation efficiency was performed. Visualization of smoke and PM number in the presence of car breakdowns was also performed.

Key words: compression ignition engine, smoke, particulates, particulate filter

MODELING OF FUZZY LOGIC CONTROLLED TRACKING SYSTEM WITH SIX-PHASE INDUCTION MOTOR

Roma Rinkevičienė, Bronė Mitkienė

Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnio str. 54, LT-10303 Vilnius

Abstract. The paper presents developed MATLAB Simulink model of tracking system with fuzzy controllers of symmetrical six phase motor and analyses its transients and performance at set up tracking speed input. Simulink model of the motor was based on the actual parameters of real six-phase motor having displacement of phase windings sets of 60 electrical degrees. The model of the six-phase motor is based on d-q mathematical model and indirect field-oriented control. The simulation results are presented and analysed. Blocks for transform of reference frame are proposed. Fuzzy controllers with 49 rules are considered and elaborated. Simulation results indicate the robustness of tracking system with six-phase motor to disturbance and with great accuracy in following of reference input. Response of fuzzy controlled system to complex reference input including acceleration, steady state and deceleration indicates a small speed delay at beginning of process and accurate following the response input. Response to sine wave type input proves the robustness and accuracy of the system.

Key words: six-phase motor, field oriented control, fuzzy controllers, model, simulation, tracking.

Introduction

Interest in design and application of multiphase motors began with fast development of power electronics and design multiphase converters. In 1990's perfection and upgrading of electronic devices raised new wave of interest in multiphase motors. Mostly they were used in high power applications. The multiphase motors divide the controlled power on more converter legs and reduce the current of power electronic switches as well as on the larger number of electric motor phase windings. State of the art of multiphase drives is analysed in (Jones & Levi, 2002, Levi et al., 2007, Singh, 2002, Ashley, 2006). Development of multiphase motors lead to solve the main problem of minimization and miniaturization of actuators and electric drives.

The multiphase motors and drives were distinguished for improved reliability: they were able operate under fault conditions in loss one or more converter legs.

Multiphase induction machine finds its applicability in the area of high degree reliability demand as in more electric aircrafts, electric ship propulsion electric vehicles (Bugade V. & Pradeep Katti K., 2018), and hybrid electric vehicles. The submarine industry also began operation with the presence of multiphase motors. Normally, every submarine is driven by two or more propulsion motors and the motors have their different control panels. It was found that application of the six-phase motors has more advantages due its simplicity in converting a conventional three phase machine to six-phase (Akpama, E.J., 2018).

Author (Venter P. et al., 2014) proposes to develop a prototype of "3 & 6 phase" induction machine removing the three-phase stator winding of a conventional three phase machine and apply a newly designed six phase winding wound in the stator slots. Both sides of all six windings proposed to be terminated externally. This machine can operate as six-phase or three phase-machine after proper connection of windings.

Steady-state or dynamic characteristics of six-phase motor drive can be analysed by solving of the motor state-space equations describing dynamic performance. They can be expressed in matrix form and be solved by elaborated computer program. Otherwise the Simulink model, made from typical Simulink blocks can be used and simulation results can be analysed. Both methods are used to analyse dynamics of the multiphase drives. The first method is used (Levi et al., 2007, Nabi et al., 2011, and Sumit, 2015). Applications of these transforms depend on problem to be solved.

Due to motor state-space equations containing variable coefficients and non-linearity of the controlled system, application of numerical methods to solve these equations becomes complicated. Simulation models are more convenient and more universal (Gregor et al., 2008, Rinkeviciene et al., 2013). Simulation models, elaborated in *Simulink* can be applied for real time control systems.

Elaboration of controlled six-phase electric drive demands to model the control system and the motor. Nevertheless, many researches in modelling of six phase electric drives do not consider models of power electronic devices assuming supply of the motor by sine wave sources.

Application of fuzzy controllers gives some advantages for the systems, having no mathematical model of the plant. Even a well-defined plan such as a d-q dynamic model of an induction motor can have a parameter variation problem. The controlled drive system is a higher-order nonlinear system.

The paper analyses ability *Simulink* toolbox "SimPowerSystems" converter blocks developed for three phase motor control using additional means to apply for multi-phase motor control. The model block diagram and Simulink model of indirect rotor flux-oriented control for six phase drive with designed fuzzy controllers, having 49 rules is presented and analysed. Simulation results are discussed.

Advantages and proper design of fuzzy logic con-

trollers indicate getting adaptive and robust control for a drive system with parameter variation and load disturbance (moment of inertia or load torque).

1. Dynamical Model of Six-Phase Motor

Dynamics of multiphase electric drive is described by nonlinear differential equations with time varying coefficients. Mathematical description of three phase motor in a stationary three phase reference frame $A - B - C$ due to varying mutual inductances because rotation is seldom used for modelling and analysis. Time varying inductances can be eliminated. Clarke proposed transformation (Bose, 2001) to transforms both stator and rotor variables to a synchronously rotating reference frame which moves with magnetic field eliminating time variables.

An equivalent circuit of symmetrical six-phase machine with an arbitrary displacement between two winding sets together with mathematical model of machine is given in (Renukadevi & Rajambal, 2011). Stator of equivalent circuit has two direct current supply voltages v_{qs1} and v_{qs2} and v_{ds1} and v_{ds2} in arbitrary reference frame with d and q axis. Rotor is supplied by voltages v'_{qr} and v'_{dr} . They are assumed equal to zero for cage type rotor.

Six-phase voltage system was split to two three phase reference frames: $A - B - C$ and $D - E - F$. The reference frame $D - E - F$ is shifted by 60 electrical degrees with respect to reference frame $A - B - C$.

The mathematical model of the motor in synchronously rotating reference frame is expressed as voltage drops v_{qs1} and v_{ds1} as well as v_{qs2} and v_{ds2} across two sets of stator wind-

ings and single common rotor winding voltages v'_{qr} and v'_{dr} , referred to a stator (Renukadevi & Rajambal, 2011). Six-phase motor model is designed in synchronously rotating reference frame. The block diagram in Fig. 1 indicates elaboration of Simulink model of six-phase motor with indirect field-oriented control and fuzzy controllers.

Reference speed, denoted as ω^* is compared with motor speed ω in Fuzzy controller blocks 1 and 2. These blocks amplifier and integrate error signal, producing input to fuzzy logic controller, as shown in Fig. 2. Fuzzy controllers elaborate reference torque input T^* to two field-oriented blocks. Field oriented control blocks generate control pulses to three phase inverters, separately producing two voltage sets $A - B - C$ and $D - E - F$ shifted by 60 electrical degrees. The voltages in each set are shifted by 120 degrees apart.

Three phase reference frame $A - B - C$ is transformed to two phase stationary reference frame $d^s - q^s$ and synchronously rotating reference frame $d - q$ (Bose, 2001), where the stator voltage v_A axis is aligned with v_{qs} axis.

The synchronously rotating $d - q$ axes rotate with synchronous speed ω_e with respect to stationary $d^s - q^s$ axes and form the angle $\theta_e = \omega_e t$.

According to reference frame transform theory we propose set of three phase voltages v_D, v_E and v_F shifted by 120° apart, starting with phase voltage v_D lagging the voltage v_A by 60 electrical degrees, transform to stationary reference frame in the way, described in (R. Rinkeviciene et al., 2019)

Thus, we have two transforms for two three phase voltage sets $v_A - v_B - v_C$ and $v_D - v_E - v_F$. The voltages are shifted by

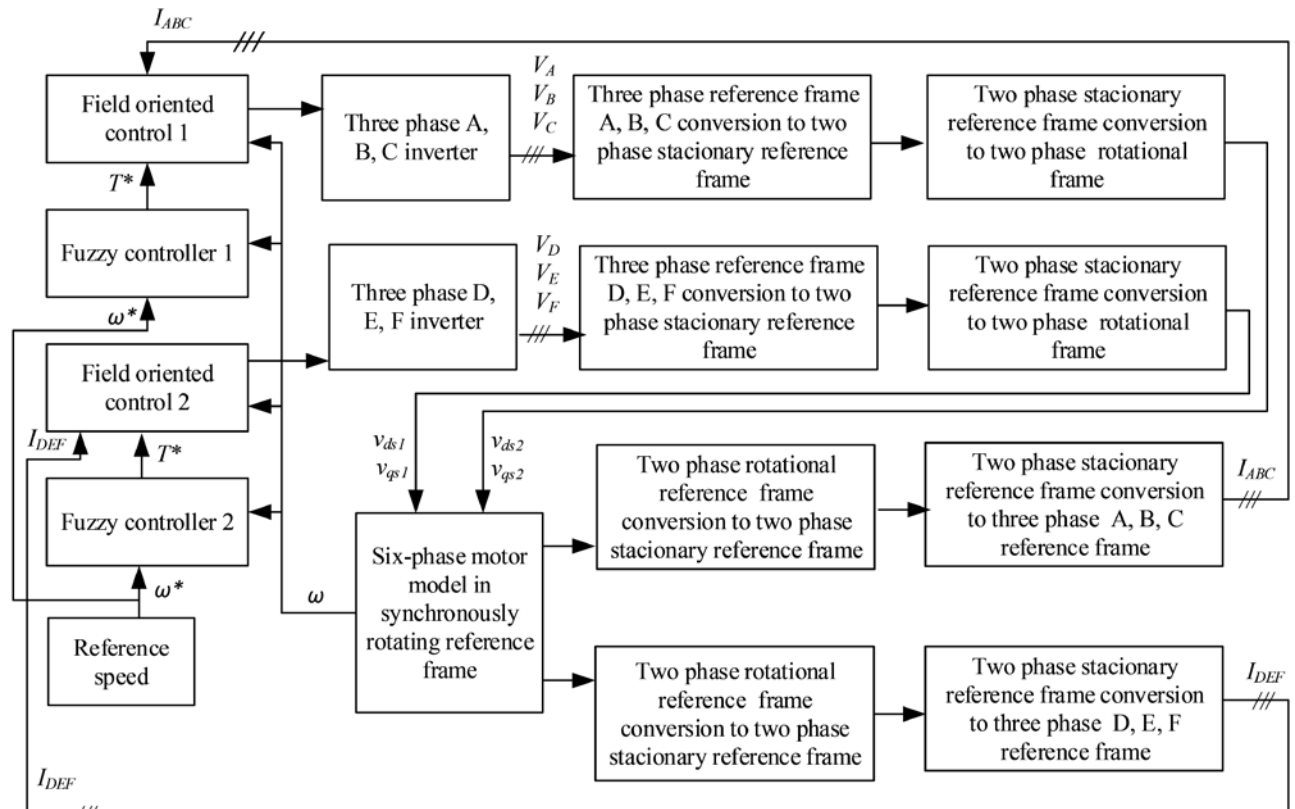


Fig. 1. Structure of tracking system with six-phase motor

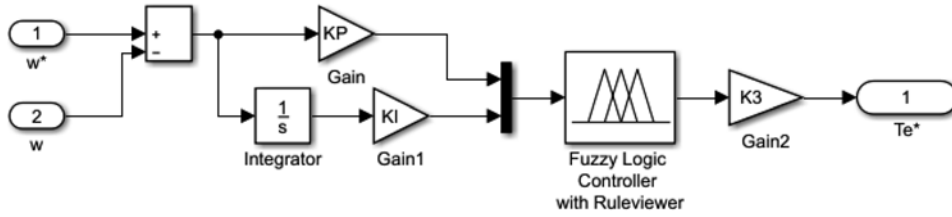


Fig. 2. Model of fuzzy controller

Source: authors

120 electrical degrees in each set. These sets are transformed to stationary rectangular reference frame. The variables from rectangular stationary reference frame are transformed to synchronously rotating reference frame.

Simulink model of six phase motor elaborated in synchronously rotating reference frame is given in (Rinkeviciene et al., 2013).

2. Indirect rotor flux vector control

In indirect field-oriented control rotor flux vector is aligned with axis d of revolving $d-q$ reference frame. Two reference frames stationary $d^s - q^s$ and revolving at synchronous speed $d - q$ are shown in Fig. 3.

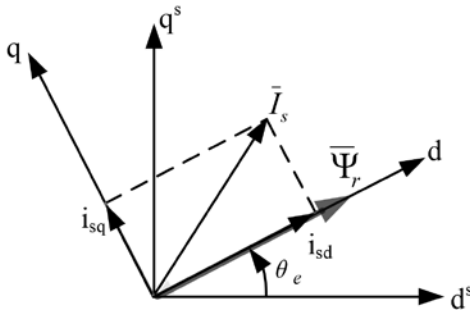


Fig. 3. Reference frames for indirect rotor flux orientation control

Source: authors

θ_s is angle between two reference frames. It changes with rotor rotation. Rotor flux $\bar{\Psi}_r$ is aligned with d axis and its projection to d axis $\Psi_{rd} = |\bar{\Psi}_r|$ and $\Psi_{rd} = 0$. Then torque, delivered by induction motor is calculated as:

$$T_s = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m}{L_r} (\Psi_{rd} i_{sq}), \quad (1)$$

where P is number of poles and i_{sq} is torque producing current.

Current i_{sq} is calculated in rotating reference frame from given speed reference ω_s^* and current i_{sd}^* from given flux reference Ψ_r^* , rotating at synchronous speed ω_0 .

The angular position of Ψ_r is reference frame orientation angle and is calculated as:

$$\theta_s = \int \omega_0 dt. \quad (2)$$

In vector control, flux orientation angle must be obtained at every instant of time and conversion formulas from rotating $d-q$ to stationary $d^s - q^s$ reference frame is used.

Motor synchronous speed ω_0 is sum of slip speed ω_{sl} and electrical rotor speed ω_r :

$$\omega_0 = \omega_{sl} + \omega_r \quad (3)$$

and angle

$$\theta_s = \int (\omega_{sl} + \omega_r) dt. \quad (4)$$

Slip speed is calculated from equation (Bose, 2002):

$$\omega_{sl} = \frac{L_m}{L_r} \frac{R_r}{\Psi_{rd}} i_{sq} = \frac{L_m i_{sq}}{\tau_r \Psi_{rd}}, \quad (5)$$

where $\tau_r = \frac{L_r'}{R_r}$ is rotor time constant.

Closed loop implementation under constant flux condition requires to calculate reference current i_{sd}^* from reference flux Ψ_r^* :

$$i_{sd}^* = i_{mrd}^* = \frac{\Psi_{rd}^*}{L_r} \quad (6)$$

Current component i_{sq}^* in revolving reference frame is proportional to reference torque T_m^* and is calculated as:

$$i_{sq}^* = \frac{T_m^*}{k_1 i_{sd}^*} = \frac{T_m^*}{k_1 \Psi_{rd}^*} \quad (7)$$

where $k_1 = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m}{L_r}$ and i_{sd} is field producing current.

The angular position of flux vector is obtained on the base (3-5) equations:

$$\theta_s = \int \omega_0 dt = \int (\omega_{sl}^* + \omega_r) dt = \int \left(\frac{i_{sq}^*}{\tau_r i_{sd}^*} + \frac{P}{2} \omega_m \right) dt \quad (8)$$

where ω_m is measured mechanical speed of the motor.

Vector control Simulink model of six-phase motor is presented in Fig 1. Vector control block 1 is elaborated on the base of equations (1-8) and together with reference frame conversion equations produces transform of reference frame. Block "Vector control 2" correspondingly is based on the same equations (1-8). The model was simulated with fuzzy controllers.

Thus, inputs into Vector control blocks are: torque reference T^* , motor speed ω and three currents: I_A , I_B , I_C and correspondingly I_D , I_E and I_F .

3. Fuzzy controller

Structure of fuzzy logic controller is shown in Fig. 4.

Operation of fuzzy logic controller is based on sets. Each set represents some linguistic variables defining the possible state of the output. Each possible state of the input and the degrees of change of the state are a

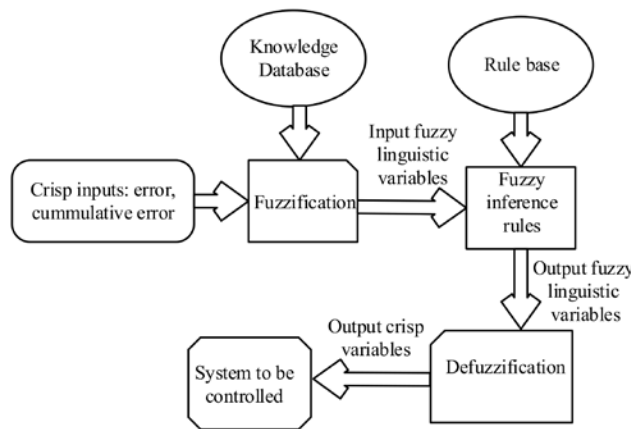


Fig. 4. Structure of Fuzzy logic controller
Source: authors

Table 1. Rule base for field oriented control of six-phase drive with fuzzy controller

		Error						
		NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
Derived error	PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB
	PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
	PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
	ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
	NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
	NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
	NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE

Source: authors

part of the set, depending upon which the output is predicted.

3.1. Fuzzification

The fuzzification block converts each piece of input data to degrees of membership by a lookup in one or several membership functions (Reznik, 1997).

Fuzzy knowledge database stores the knowledge about all the input-output fuzzy relationships. It also has the membership function which defines the input variables to the fuzzy rule base and the output variables to the plant under control.

3.2. Rule base and fuzzy inference engine

Fuzzy rule base stores the knowledge about the operation of the process of domain. The proposed system controller is based on the error, and the integral of error as inputs. The control objective is to track the reference speed input. The controller consists of the knowledge base and the inference engine. It performs the fuzzy logic operation of assigning the outputs based on the linguistic information, i.e., it performs approximate reasoning based on the human way of interpretation to achieve control logic. The controller consists of the knowledge base and the inference engine. The knowledge base consists of the membership functions and the fuzzy rules, which are obtained by knowledge of the system operation according to the environment.

Knowledge base defines the rules represented by IF-THEN rule base, relating the input and output variables.

The inference engine, which is based upon the input fuzzy sets, uses the IF-THEN rules in the knowledge base to make the decisions. According to relationships, given in Table 1, forty-nine IF-THEN rules are developed to design operation of the system.

3.3. Membership functions

The applied fuzzy rule contains the fuzzy variables (speed, torque) which are defined by several fuzzy sets. An elaborated fuzzy set is defined by a linguistic variables NB (negative big), NM (negative medium), NS (negative small) ZE (zero), PS (positive small), PM (positive medium), PB (positive big), which are defined by membership functions shown in Fig. 4. The forty-nine IF-THEN rules relate input signals and output. Two input signals enter the Table I.

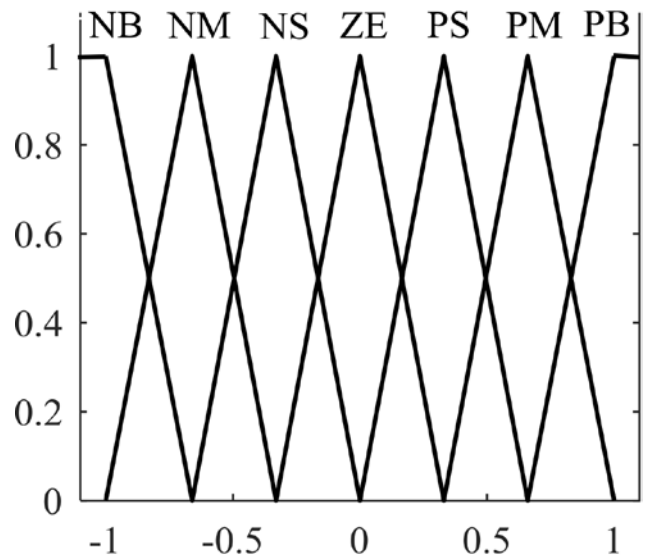


Fig. 4. Membership functions
Source: authors

Error is the difference between speed reference and actual speed, and derived error is a cumulative error.

All membership functions for the system input and output are assumed symmetrical triangles of the same width. The leftmost and the rightmost are chosen as shouldered ramps. Error and error change membership functions are defined on already known input and error values.

3.4. Defuzzification

The output of the inference engine produces the output for the fuzzy set. The method of defuzzification used in this is the centroid or centre of gravity to calculate the final fuzzy value. In this way the final crisp value of reference for field-oriented control system torque T^* is obtained.

4. Simulation results of tracking system

4.1. Tracking the reference signal with acceleration, steady state and deceleration

Figure 5 presents six-phase motor reference speed with acceleration, steady state and deceleration stages. Simulation results correspond to no-load conditions. Torque reference, elaborated by fuzzy logic controller, acts as input of field-oriented control block. It is nonlinear signal, producing the motor torque, which depends on the error – difference between reference speed and actual motor speed.

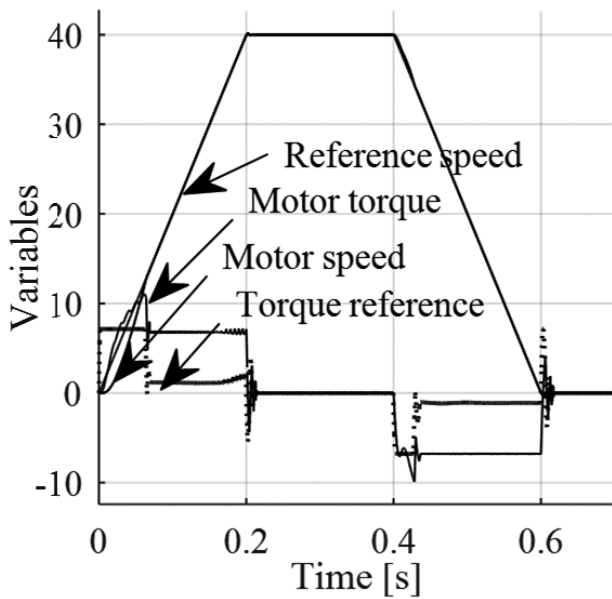


Fig. 5. Reference speed, motor speed, torque reference and motor torque at no load

Source: authors

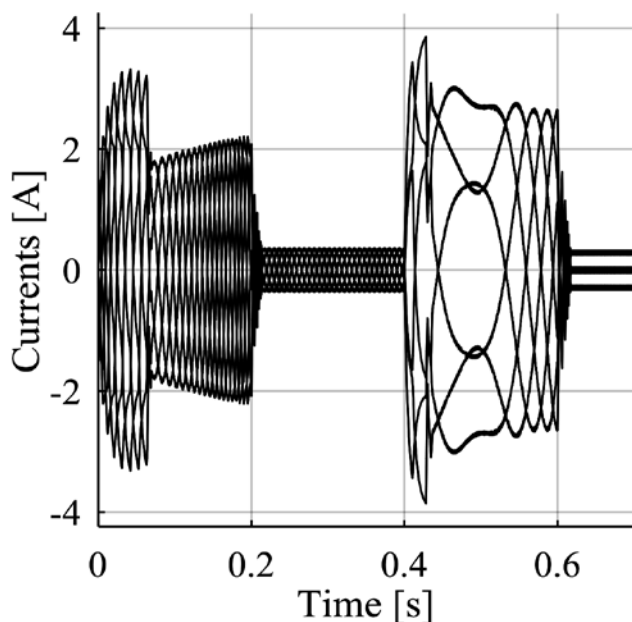


Fig. 6. Six-phase motor currents at acceleration, steady state and deceleration

Source: authors

The change of six-phase motor currents is shown in Fig. 6.

At initial starting stage they reach the maximum value, then reduces and increase slightly to accelerate the motor. When the motor speed reaches the steady state, the currents reach the smallest values. Deceleration is performed with produced negative torque, as shown in Fig. 6, caused by changed direction of currents.

The main variables: reference speed, motor speed, error and torque reference to field-oriented control block as well as load torque stepwise changing at $t=0.3$ s, are shown in Fig.7.

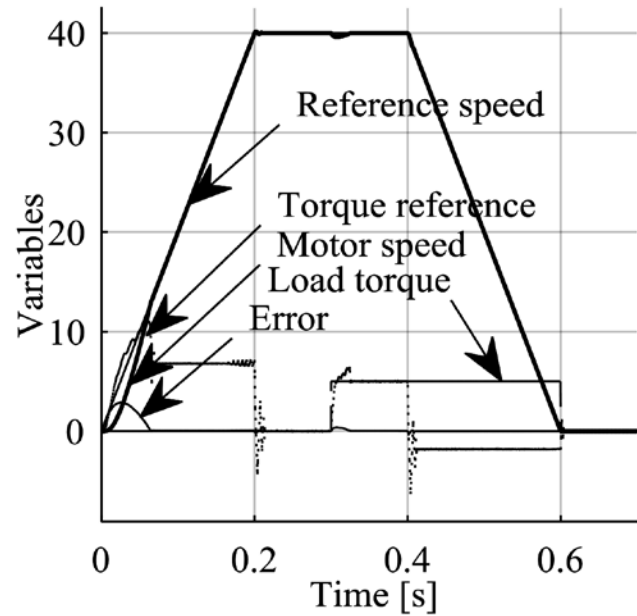


Fig. 7. Reference speed, motor speed, torque reference and motor load torque of 5 Nm.

Source: authors

Fuzzy controller elaborates control signal (“Fuzzy controller” dash line in Fig. 8) to calculate reference torque

T^* (variable “Torque”) of field-oriented control system.

Motor speed follows the reference input (dotted line) starting from 0.05 s approximately without error. Error (dotted line) appears only at initial motor starting time. Fuzzy controller elaborates nonlinear signal, shown by thick solid line. Torque reference repeats this shape, but is 8 times greater. Initial speed error does not exceed 3 rad/s. Proportional component of error rises up to 14 rad/s, while integral component rises slowly with accordance of small integral gain.

The model gives possibility to calculate all six currents of motor. Fig. 9 presents all currents of six-phase motor. The peak of starting current 3.2 A is limited by great stator resistance while steady-state current is equal to 0.4 A.

They have the same shape at acceleration and steady state, then rise with applied load and again reduces with deceleration.

Motor speed, speed error and delivered torque at

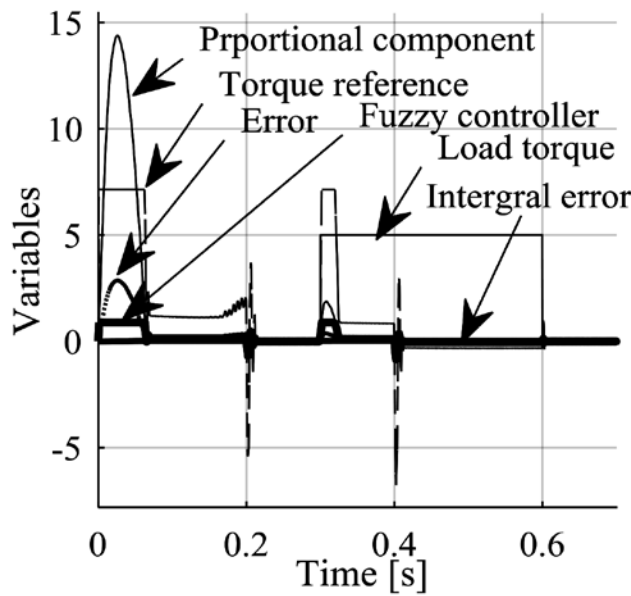


Fig. 8. Control signals of the system

Source: authors

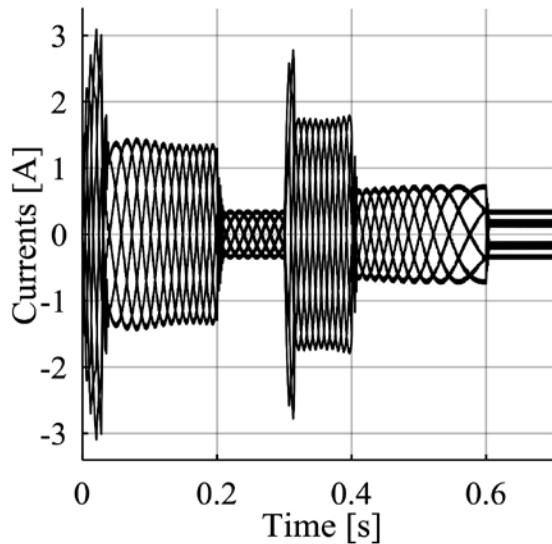


Fig. 9. Six phase motor currents at operation with load applied at $t=0.3$ s

Source: authors

different acceleration, speed steady state value and deceleration are shown in Fig. 10. Load torque is applied at $t=0.3$ s. Load torque for short time causes error, not exceeding 0.5 % of steady state value, afterwards the system is tracking reference input. The system with smaller acceleration gives the smaller error at beginning of tracking.

Due to multiple control signals observed in this system, they are given separately in Fig. 11 and Fig. 12 for most important time interval during beginning of tracking.

Comparison of both Fig. 11 and Fig. 12 allows to conclude, that the system, tracking faster reference input, has greater error (1) and amplified error value (2), greater output of fuzzy controller (3), greater torque reference (4) and greater motor produced torque (5). Nevertheless, response to load torque, applied at 0.3 s

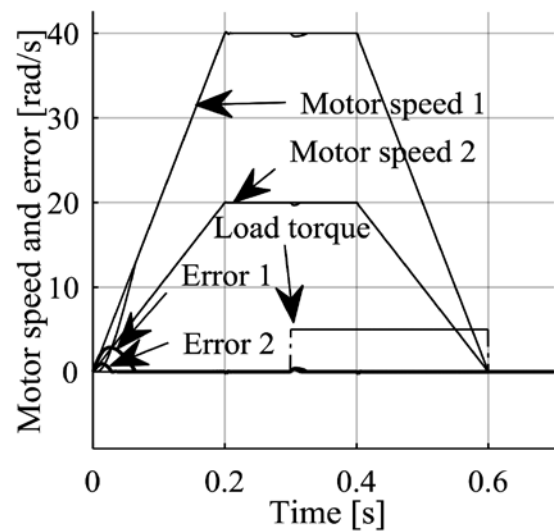


Fig. 10. Motor speed, speed error and delivered torque at different acceleration

Source: authors

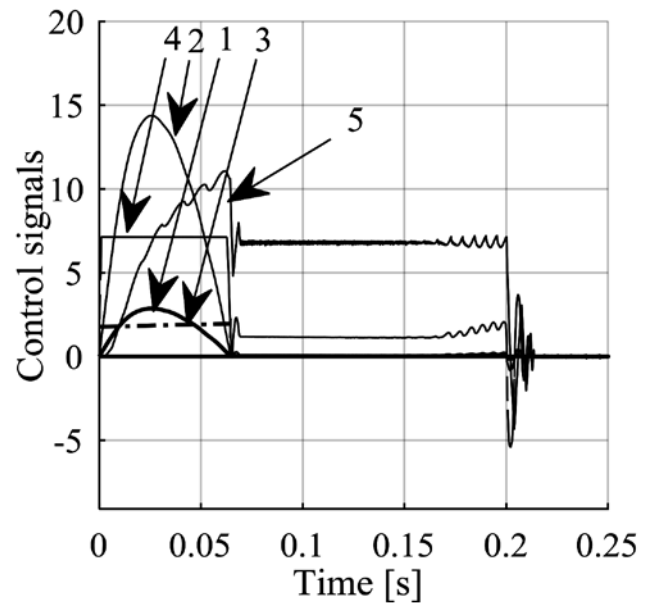


Fig. 11. Control signals of the system with acceleration 200 rad/s: error (1), amplified error (2), output of fuzzy controller (3), torque reference (4) and motor produced torque (5)

Source: authors

after starting when motor rotates with constant speed in both cases causes increase of torque, produced by motor. The final value – speed of the motor has a negligible short time decrease at instant of load application for both speed reference inputs.

1.2. Simulation results at tracking sine wave reference signal

Sometimes tracking system is applied in mechanisms requiring to follow the input signal changing by sine wave form.

Fig. 13 presents reference speed, motor speed, load torque and speed error. Load torque of 5 N·m was applied at $t = 0.3$ s. At loading instant negligible reduce of speed can be observed, not greater than 0.5 %. At

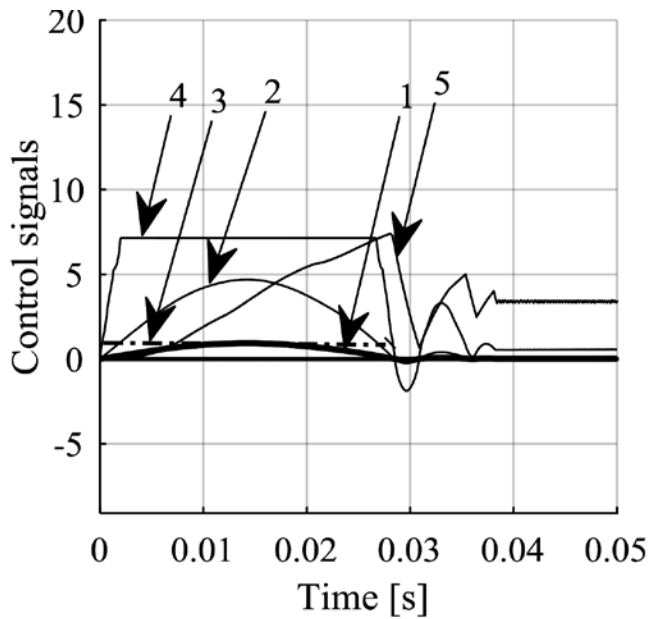


Fig. 12. Control signals of the system with acceleration 100 rad/s: error (1), amplified error (2), output of fuzzy controller (3), torque reference (4) and motor produced torque (5)

Source: authors

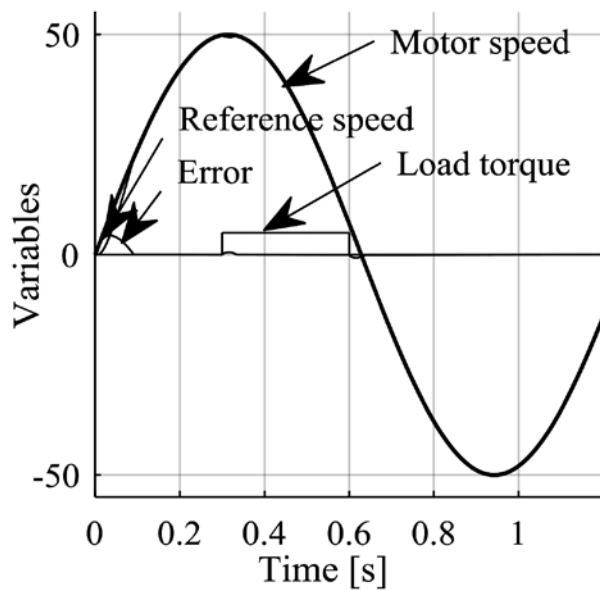


Fig. 13. Response of the system tracking sine wave input

Source: authors

at $t=0.6$ s the load was taken off. There was no any disturbance indicated at this instant. It reveals robustness of the system.

Figure 14 presents variables of tracking sine wave signal system: motor speed (1), reference input (2), error (3), amplified error (4), torque reference (5), load torque (6).

Error due to load is small, not greater than 0.5 %. Initial delay of speed is short and lasts no longer 0.06 s.

Conclusions

1. Elaborated model of indirect vector control of six-phase electric drive with fuzzy controllers compo-

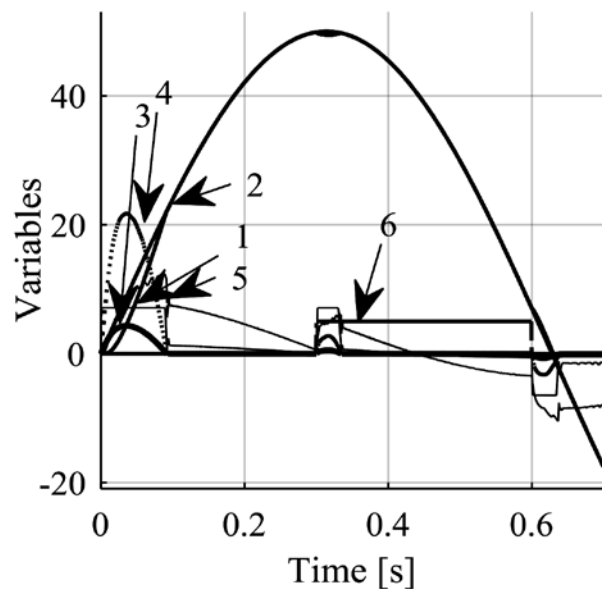


Fig. 14. Variables of tracking sine wave signal system: motor speed (1), reference input (2), error (3), amplified error (4), torque reference (5), load torque (6)

Source: authors

se robust tracking system, with negligible 0.5 % short time error due to load and exact tracking of reference input.

2. Block diagram and model of examined tracking system with six-phase motor are designed and elaborated.

3. Fuzzy controllers with 49 linguistic rules are considered and elaborated.

4. Simulation results indicate, that modelled six-phase electric drive is robust and exactly follows reference input. The greatest speed error at starting does not exceed 10 % and reduces to zero after 0.05 s.

Reference list

- Akpama, E. J. (2018). Six Phase Induction Motor Modelling for Submarine Application. *OSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*. e-ISSN: 2278-1676, p-ISSN: 2320-3331, Volume 13, Issue 1 Ver. IV (Jan. – Feb. 2018), 61-66. Access via internet: www.iosrjournals.org.
- Ashley, J. et al. (2006). Induction motor performance as a function of phase number, *IEE Proceedings – Electric Power Applications*, 153 (6), 898 – 904. DOI: 10.1049/ip-epa:20060091. (Article in series publications).
- Bose B. K. (2002). *Modern power electronics and electric drives*. Prentice Hall PTR. ISBN 0-13-016743-6. (Book).
- Bugade, V. and Katti, P. K. Multiphase Induction Motor Drive for Energy and Electrical Transportation Applications (2018), *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, ISSN: 2321-9653; Volume 6, Issue IV, April 2018. Access via internet: www.ijraset.com.
- Gregor, R. et al. (2008). *Model Based Predictive Current Control of Asynchronous Six-phase Motor Drive*. Access via internet: <http://www.icrepq.com/icrepq-08/230-gregor.pdf>. Internet page.

- Jones, M. and Levi, E. (2002). A literature survey of state-of-the-art in multiphase AC drives, *International Universities Power Engineering Conference UPEC*, 505-510. ISBN: 190413307X. (Conference paper).
- Levi, E. et al. (2007). Multiphase induction drives – a technology status review, *IET Electrical and Power Applications*, 1 (4), 489-516. DOI:10.1049/iet-epa:20060342. (Article in series publications).
- Nabi, H. P., Dadashi, P. and Shoulaie, A. (2011). A novel structure for vector control of symmetrical six-phase induction machines with three current sensors, *Engineering, technology and applied science research*, 2 (1), 23-29. eISSN: 1792-8036.
- Renukadevi, G. and Rajambal K. (2011). Generalized Model of Multi-Phase Induction Motor Drive Using Matlab/Simulink, *Innovative Smart Grid Technologies*, 114–119. DOI: 10.1109/ISET-India.2011.6145366. (Conference paper).
- Reznik L. (1997). *Fuzzy controllers*. 240 p. Newness. ISBN 9780750634298. (Book).
- Rinkeviciene, R., Mitkienė, B. and Udris, D. (2019). Modelling of Six-phase Electric Drive with Fuzzy Controller. *Published in: 2019 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream)*. Date Added to IEEE Xplore: 06 June 2019, INSPEC Accession Number: 18740360, DOI: 10.1109/eStream.2019.8732152 Publisher: IEEE.
- Rinkeviciene R., Kundrotas, B. and Lisauskas, S. (2013). Model of controlled six phase induction motor. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 1 (7), 217-221. DOI: doi.org/10.5281/zenodo.1060257. (Article in series publications).
- Singh, G. K. (2002). Multiphase induction drive research – a survey, *Electric Power Systems Research*, 61, 139 – 147. DOI: doi.org/10.1016/S0378-7796(02)00007-X.
- Sumit, M. (2015). Performance Analysis of Six-Phase Induction Motor, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 4 (02), 589 – 593. ISSN: 2278-0181. (Article in series publications).
- Venter, P., Jimoh, A. A. and Munda, J. L. (2012). Realization of a “3 & 6 Phase” Induction Machine. *Conference Paper*, January 2012. DOI: 10.1109/ICELMach.2012.6349907.

NERAIŠKIOSIOS LOGIKOS REGULIATORIUMI VALDOMOS SEKIMO SISTEMOS SU ŠEŠIAFAZIŲ VARIKLIŲ MODELIAVIMAS

Roma Rinkevičienė, Bronė Mitkienė

*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g.
54, LT-10303 Vilnius*

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjamas šešiafazio variklio, valdomo vektoriniu būdu su neraiškiosios logikos reguliatoriais Simulink modelis ir analizuojamas sistemos sekimas greičio nuostato signalus. Variklio modeliui sudaryti buvo panaudoti realūs šešiafazio variklio, kurio apvijų perstumtos erdvėje 60 laipsnių elektrinių laipsnių, parametrai. Modelis sudarytas sinchroniškai besisukančioje d- q koordinačių sistemoje taikant netiesioginį rotorius srauto vektorius valdymo metodą. Pasiūlyti koordinačių transformacijos blokai. Sudarytas neraiškiosios logikos reguliatorius, veikiantis 49 taisyklių pagrindu. Imitacijos rezultatai rodo, kad sekos sistema su šešiafaziu varikliu yra atspari trukdžiams ir seka nuostato signalą dideliu tikslumu. Neraiškiosios logikos reguliatoriumi valdomos sistemos atsakas į sudėtinį įėjimo signalą, turinį greitėjimo, pastovaus greičio ir lėtėjimo zonas, rodo kad greičio atsakas nedaug atsilieka nuo užduoto signalo kitimo proceso pradžioje, o po to tiksliai seka nuostato signalą. Atsakas į sinuso dėsnio kintantį nuostato signalą rodo, kad sistema yra atspari ir tiksli.

Reikšminiai žodžiai: šešiafazis variklis, vektorinis valdymas, neraiškiosios logikos reguliatoriai, modelis, imitacija, sekimas.

UŽDEGIMO PASKUBOS KAMPO ĮTAKA KIBIRKŠTINIO UŽDEGIMO VARIKLIO, VEIKIANČIO BIODUJOMIS, ENERGETINIAMS IR EKOLOGINIAMS PARAMETRAMS

Donatas Kriaučiūnas^{1,2}, Saulius Stravinskas¹

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

²Vilniaus Gedimino technikos universitetas, J. Basanavičiaus g. 28, 03224 Vilnius, LT

Anotacija. Pritaikant variklį veikti alternatyviais degalais svarbu žinoti, kokios modifikacijos turi būti atliekamos. Perdarant variklį, veikusį naudojant suslėgtas gamtines dujas (SGD), į variklį, veikiantį naudojant biodujas, atliekami tik minimalūs pakeitimai. Tačiau dėl pasikeitusių degalų savybių reikia perprogramuoti variklio valdymo bloką. Reikia žinoti kaip pasikeičia variklio energetiniai ir ekologiniai parametrai pakeitus degalų rūšį ir koks uždegimo paskubos kampas turėtų būti naudojamas naujiems degalams. Todėl šio bandymo metu tirtos biodujos, kurių tūrinė sudėtis yra 60% metanas ir 40% anglies dioksidas. Nustatyti variklio energetiniai ir ekologiniai parametrai uždegimo paskubos kampą keičiant nuo 16° iki 42° laipsnių prieš viršutinį galinį tašką. Bandymai atliekami pasirinkus kibirkštinio uždegimo variklį HR16DE, kuris buvo naudojamas *Nissan Qashqai* automobiliuose.

Reikšminiai žodžiai: kibirkštinio uždegimo variklis, metanas, biodujos, uždegimo paskubos kampas.

Įvadas

Išskiriamos dvi pagrindinės šakos, energetika ir transportas, kurios į aplinką išmeta didžiausią anglies dioksido (CO₂) kiekį. Transporto sektoriaus CO₂ emisijos nuo 1990 metų tik didėja, o 2016 metais siekė 8 Gt, tai yra 71% daugiau lyginant su 1990 metų duomenimis (Charabi et al., 2020). Todėl didėjanti šiltnamio efektą sukeliančių dujų (GHG) koncentracija lėmė daugelio pasaulio valstybių sprendimus susijusius su alternatyvių degalų gamyba, naudojimu ir populiarinimu (Buchspies et al., 2020).

Pradinis etapas, kai buvo skatinamas pirmos kartos alternatyvių degalų (pagaminti iš pašarinių ar maistinių žaliavų) naudojimas, neužtikrino pakankamo CO₂ emisijos mažinimo. Todėl 2018 metų antroji atsinaujinančios energijos direktyva ("ES 2018/2001 – dėl skatinimo naudoti atsinaujinančiųjų išteklių energiją," 2018) skatina atsinaujinančios energijos ypač degalų pagamintų iš žemės ūkio likučių, atliekų ir šalutinių produktų, vadinamųjų antrosios kartos arba pažangių alternatyvių degalų naudojimą 2021–2030 metais.

Antros arba aukštesnės kartos alternatyviems degalams priskiriamos biodujos (BD). Kurios gali būti gaminamos iš gyvūnų, augalų ir maisto pasėlių atliekų, taip pat iš nuotekų valymo įrenginių atliekų arba kitų organinių medžiagų jas anaerobiškai skaidant (Valipour Berenjestanaki et al., 2021).

Biodujos sudaro du pagrindiniai komponentai: metanas (CH₄) ir anglies dioksidas. Metano koncentracija biodujose svyruoja nuo 50 iki 70 procentų pagal tūrį. Taip pat biodujose aptinkama 1–5% vandenilio (H₂), 0,3–3% azoto (N₂) ir likučiai vandenilio sulfido (H₂S) (Barik and Murugan, 2014; Khan et al., 2017). Biodujų sudėtis priklauso nuo gamybos proceso parametrų ir žaliavų. Lietuvoje gaminamose biodujose CH₄ koncentracija yra apie 60% pagal tūrį. BD yra tinkami degalai, norint sumažinti GHG emisijas, nes tai

yra antros arba aukštesnės kartos alternatyvūs degalai, o anglies ir vandenilio santykis taip pat užtikrina mažesnę CO₂ emisiją.

Biodujos yra potencialūs alternatyvieji degalai tiek slėginio, tiek kibirkštinio uždegimo (SI) varikliams. Tačiau norint iškastinius degalus visiškai pakeisti BD, naudojami kibirkštinio uždegimo varikliai (Prabhu et al., 2021). Dėl aukštesnio DB savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros ir atsparumo detonacijai, biodujos gali būti naudojamos SI varikliuose su aukštesniu suslėgimo laipsniu. Padidėjęs suslėgimo laipsnis lemia didesnę variklio šiluminį naudingumą koeficientą (BTE) (Hotta et al., 2019). Dėl biodujų sudėtyje esančio CO₂ sumažėja degalų žemutinis šilumingumas (LHV). Tuo atveju kai metano tūrinė dalis sudaro 60%, LHV yra tik apie 16–17 MJ/kg. Tačiau CO₂ tuo pačiu sumažina degimo proceso temperatūrą (Pan et al., 2014) ir azoto oksidų (NO_x) emisiją, bei padidina biodujų metano skaičių (Hotta et al., 2020). Anglies dioksidas taip pat lemia ilgesnį gaisties periodą užsiliepsnojant biodujoms, lėtą biodujų degimo greitį ir ilgesnį liepsnos sklaidimo laiką (Valipour Berenjestanaki et al., 2021; Wei et al., 2020). Dėl šių priežasčių uždegimo paskubos kampas (UPK) varikliui veikiant naudojant biodujas turi būti ankstinamas.

Pritaikant SI variklį veikti naudojant biodujas uždegimo paskubos kampas turi būti nustatomas pagal naudojamų biodujų savybes ir standartiniai variklio valdymo bloko nustatymai nebetinkami. Dėl biodujų sudėtyje esančio CO₂, sumažėjusio degalų LHV, sulėtėjusio degimo greičio bei padidėjusio užsiliepsnojimo gaisties periodo UPK turi būti ankstinamas visame diapazone.

Darbo tikslas – nustatyti optimalų uždegimo paskubos kampą, kuris leistų išvystyti didžiausią variklio sukimo momentą ir BTE varikliui veikiant BD, kurių sudėtyje CH₄ sudaro 60% pagal tūrį.

Uždaviniai:

1. Atlikti eksperimentinius kibirkštinio uždegimo variklio, veikiančio naudojant biodujas, bandymus, keičiant uždegimo paskubos kampą nuo 16° iki 42° laipsnių prieš viršutinį galinį tašką (pVGT).

2. Nustatyti optimalų uždegimo paskubos kampą pagal variklio sukimo momentą ir BTE, įvertinti išmetamųjų dujų emisijas.

3. Palyginti gautus duomenis kai uždegimo paskubos kampas buvo 24° pVGT ir optimalus.

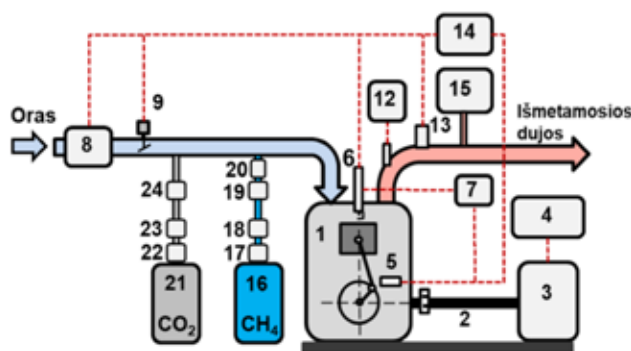
1. Tyrimų metodika

Bandymai atlikti pasirinkus biodujų sudėtį artimą gaminamoms Lietuvoje, kuriose metanas sudaro apie 60 % pagal tūrį, o likusią dalį sudaro anglies dioksidas. Bandymo metu uždegimo paskubos kampas reguliuotas nuo 16° iki 42° pVGT. Bandymai atlikti naudojant *Nissan Qashqai* HR 16DE kibirkštinio uždegimo variklį su sumontuota daugiataške, netiesioginio įpurškimo, dujine maitinimo sistema *OSCAR-N*. Kadangi bandymų metu turi būti užtikrintas stochiometrinis degusis mišinys ir keičiamas UPK, naudojamas programuojamas variklio valdymo blokas *MoTeC M800*. Variklio pagrindiniai parametrai pateikti 1 lentelėje, tyrimo įrangos schema – 1 pav.

1 lentelė. Variklio *Nissan HR16DE* pagrindiniai parametrai

Parametras	Reikšmė
Cilindrų skaičius	4
Cilindro diametras, mm	78
Stūmoklio eiga, mm	83,6
Darbinis tūris, cm ³	1598
Maksimali galia, kW (rpm)	84 (6000)
Maksimalus sukimo momentas, Nm (rpm)	156 (4400)
Suslėgimo laipsnis, ε	10,7

Šaltinis: sudaryta autorių



1 pav. Variklio bandymo įranga: 1 – *Nissan Qashqai* HR16DE variklis; 2 – jungiamasis velenas; 3 – variklio apkrovos stendas; 4 – apkrovos stendo valdymo blokas ir rodiklių įrašymo įrenginys; 5 – alkūninio veleno padėties jutiklis; 6 – uždegimo žvakė su cilindro slėgio jutikliu; 7 – indikatorinio slėgio registravimo įrenginys; 8 – oro masės matuoklė; 9 – droselinės sklendės valdymo mechanizmas; 12 – išmetamųjų dujų temperatūros jutiklis; 13 – deguonies jutiklis; 14 – variklio valdymo blokas; 15 – išmetamųjų dujų analizatorius; 16 – CH₄ dujų balionas; 17 – slėgio reductorius; 18 – CH₄ dujų masės matuoklis; 19 – slėgio reguliatorius; 20 – CH₄ dujų purkštuvus; 21 – CO₂ dujų balionas; 22 – reductorius; 23 – CO₂ dujų masės matuoklis; 24 – slėgio reguliatorius

Šaltinis: sudaryta autorių

Variklio sukimo momentas ir alkūninio veleno sukiai išmatuoti variklio apkrovos stendu *AMX200/100*, kurio tikslumas 0,9 Nm. Imituojant biodujų sudėtį metano ir anglies dioksido masės sąnaudos matuotos dujų masės matuokliais *Massflowmeter Type RHM 015*, kurių tikslumas ± 0,1 %. Metanas įpurškiamas į įsiurbimo kolektorių per valdomus, daugiataškės dujinės sistemos *OSCAR-N* purkštuvus, o anglies dioksidas tiekiamas į įsiurbimo kolektorių kartu su įsiurbiamu oru, reguliuojant CO₂ kiekį slėgio reguliatoriumi. Įsiurbiamo oro masė matuota *BOSCH HFM 5* matuokle, kurios tikslumas 2 %. Naudojant įrenginį *AVL DiTEST DPM 800* ir pjezojutiklį, sumontuotą uždegimo žvakėje *AVL ZI31-Y7S*, matuotas slėgis cilindre (*p*). Slėgio jutiklio jautrumas 12 pC/bar, tikslumas ±0,01 MPa.

Atliekant bandymus prie skirtingų UPK variklio valdymo bloku *Motec M800* reguliuoti valdymo parametrai. Parinktas degalų kiekis, kad būtų užtikrintas stochiometrinis degusis mišinys ($\lambda = 1$). Droselinė sklendė atidaryta 13,5 %, mišinio uždegimo paskubos kampas nustatytas pagal bandymo numerį.

Bandymai atlikti varikliui veikiant 2000 min⁻¹ sukiais, išlaikant pastovų energijos, patenkančios į variklį, kiekį. Bandymo metu surinkti duomenys, kaip kito slėgis cilindre, uždegimo paskubos kampą ankstinant kas du laipsniai, nuo 16° iki 42° pVGT. Bandymai kartoti po du kartus. Kiekvieną kartą įrašoma po 104 slėgio kitimo cilindre ciklus ir surenkama po penkis rezultatus apie degalų sąnaudas, variklio sukimo momentą, galingumą ir išmetamųjų dujų emisijas bei temperatūrą.

Atlikus bandymus ir surinkus duomenis pagal 1 formulę (Heywood, 2018), apskaičiuojamas variklio šiluminis naudingumo koeficientas.

$$BTE = \frac{P_e \cdot 3,6}{B_{BD} \cdot H_{BD}} \quad (1)$$

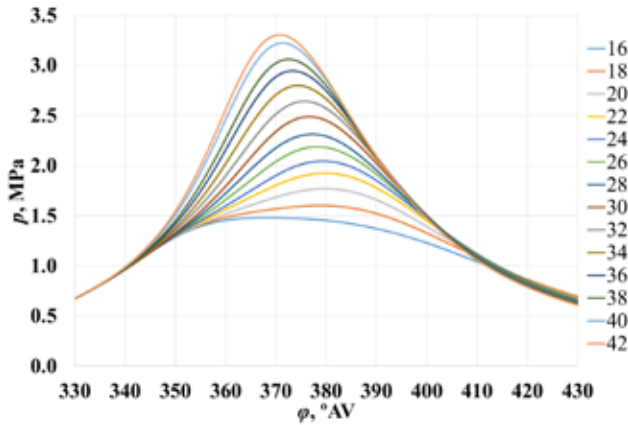
čia: P_e – variklio generuojamas galingumas, kW, B_{BD} – biodujų valandinės degalų sąnaudos, kg/h, H_{BD} – biodujų žemutinis šilumingumas MJ/kg.

3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

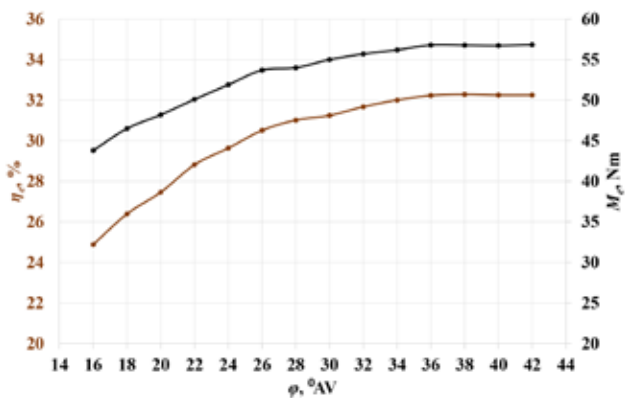
Surinkus ir apdorojus duomenis matoma, kad biodujos pasižymi didele užsiliepsnojimo gaisimi ir mažu liepsnos sklidimo greičiu. Nes optimalioje teorinėje padėtyje (apie 10–15° po viršutinio galinio taško) maksimalus slėgis cilindre pasiekiamas uždegimo paskubos kampą ankstinant iki 34–42° pVGT – 2 pav. Nors naudojant suslėgtas gamtines dujas (SGD) uždegimo paskubos kampas, esant tokioms bandymo sąlygoms, nustatomas artimas 24° pVGT (Mathai et al., 2012). Šiuo atveju, naudojant biodujas ir palikus UPK naudojamą SGD, slėgio cilindre maksimali reikšmė sumažėja 0,75, 0,90, 1,02, 1,18, ir 1,26 MPa, o slėgio pikas pastebimas 4,6, 5,8, 6,5, 7,7, 8,3 laipsniais vėliau, lyginant su duomenimis, kai uždegimo paskubos kampas ankstinamas nuo 34–42° pVGT.

Nustatant optimalų uždegimo paskubos kampą atsižvelgiama į variklio generuojamą sukimo momentą,

variklio šiluminį naudingumą koeficientą, degalų sąnaudas bei išmetamųjų dujų emisijas. Iš 3 paveikslėlio matoma, kad variklio sukimo momentas didėja iki uždegimo paskubos kampo 36° pVGT ir toliau ankstant UPK nekinta. Analogiška tendencija pastebima ir su BTE. Palyginus duomenis su gautais, kai UPK buvo 24° pVGT matoma, kad sukimo momentas padidėjo $4,9$ Nm, o BTE – $2,6\%$.



2 pav. Slėgio cilindre kitimo priklausomybė nuo uždegimo paskubos kampo
Šaltinis: sudaryta autorių



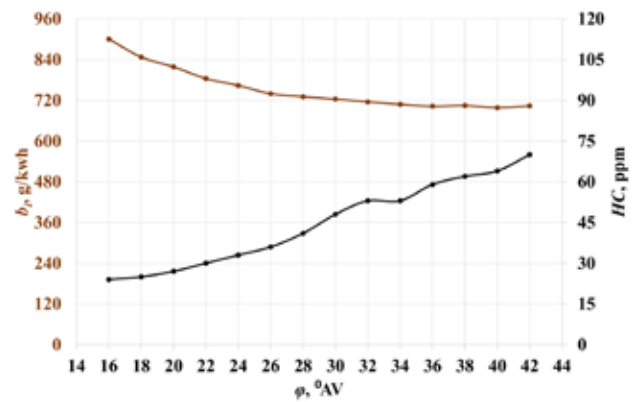
3 pav. Variklio generuojamo sukimo momento ir šiluminio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo uždegimo paskubos kampo
Šaltinis: sudaryta autorių

Atsižvelgiant į lyginamąsias degalų sąnaudas (4 pav.) matoma, kad keičiant UPK nuo 32° pVGT iki 42° pVGT sąnaudos kinta mažiau nei 2% . Tačiau pavėlinus UPK iki 24° pVGT lyginamosios degalų sąnaudos padidėja $8,7\%$.

Reguliuojant uždegimo paskubos kampą ir atsižvelgiant į variklio sukimo momentą, BTE ir lyginamąsias degalų sąnaudas matoma, kad optimalus UPK yra nuo 34° pVGT iki 42° pVGT. Šiame diapazone vertinant išmetamųjų dujų kenksmingų dalelių emisijas matoma, kad ankstant uždegimo paskubos kampą nuo 34° pVGT angliavandenilių (HC) emisija didėja dėl sutrumpėjusio degimo laiko ir nepilno degimo (Nadaleti and Przybyla, 2018).

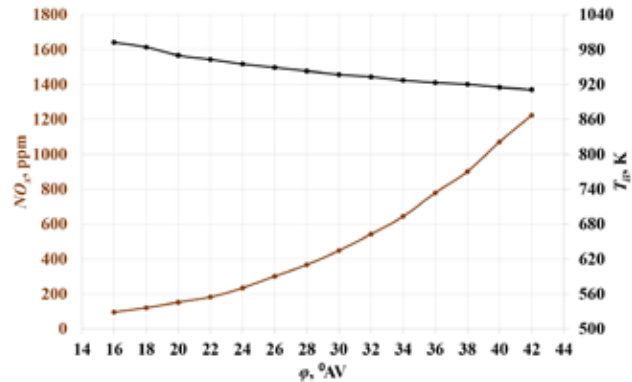
Vertinant azoto oksidų emisiją, matomas didėjimas visame diapazone – 5 pav. Tai lemia didėjantis slėgis ir temperatūra cilindre ankstant UPK. Tai atspindi

di ir stebint išmetamųjų dujų temperatūrą. Ankstant uždegimo paskubos kampą mažėja išmetamųjų dujų temperatūra, nes anksčiau užsiliepsnoja degusis mišinys ir atsidarius išmetimo vožtuvui dega mažesnė dalis mišinio. Tai patvirtina ir padidėjusi HC emisija.



4 pav. Lyginamųjų degalų sąnaudų ir angliavandenilių emisijos priklausomybė nuo uždegimo paskubos kampo

Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Azoto oksidų emisijos ir išmetamųjų dujų temperatūros priklausomybė nuo uždegimo paskubos kampo

Šaltinis: sudaryta autorių

Paliekant uždegimo paskubos kampą 24° pVGT, kuris būdingas SGD veikiančiam varikliui, azoto oksidų kiekį galima sumažinti $3,3$, $3,9$, $4,6$, $5,2$ karto atitinkamai lyginant su NO_x emisija uždegimo paskubos kampą ankstant nuo 36 – 42° pVGT.

Išvados

Atlikus kibirkštinio uždegimo variklio Nissan HR 16DE eksperimentinius bandymus varikliui naudojant biodujas ir keičiant uždegimo paskubos kampą nustatyta:

1. Indikatorinio slėgio cilindre maksimalios reikšmės pasiekiamos kai UPK yra 42° pVGT, tačiau maksimalus sukimo momentas ir BTE fiksuojami jau nuo UPK 36° pVGT. Ankstant uždegimo paskubos kampą HC ir NO_x emisijos didėja visame diapazone.

2. Optimalus UPK pagal variklio sukimo momentą ir BTE yra diapazone nuo 36 – 42° pVGT, tačiau atsižvelgiant į didėjančias NO_x ir HC emisijas optimalus UPK yra 36° pVGT.

3. Palyginus optimalaus ir 24° pVGT UPK duomenis matoma, kad slėgis cilindre padidėjo 0,90 MPa ir buvo 5,8 laipsniais anksčiau, tai lėmė variklio sukimo momento padidėjimą 4,9 Nm, bei BTE – 2,6%. Tačiau NO_x emisija padidėjo 3,3, o HC 1,8 karto.

Literatūra

- Barik, D., Murugan, S. (2014). Investigation on combustion performance and emission characteristics of a DI (direct injection) diesel engine fueled with biogas–diesel in dual fuel mode. *Energy* 72, 760–771. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.106>.
- Buchspies, B., Kaltschmitt, M., Neuling, U. (2020). Potential changes in GHG emissions arising from the introduction of biorefineries combining biofuel and electrofuel production within the European Union – A location specific assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 134, 110395. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110395>.
- Charabi, Y., Al Nasiri, N., Al Awadhi, T., Choudri, B.S., Al Bimani, A. (2020). GHG emissions from the transport sector in Oman: Trends and potential decarbonization pathways. *Energy Strategy Reviews* 32, 100548. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100548>.
- ES 2018/2001 – dėl skatinimo naudoti atsinaujinančiųjų išteklių energiją (2018). 128.
- Heywood, J. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals*, 2nd ed. MC Graw Hill Education.
- Hotta, S.K., Sahoo, N., Mohanty, K. (2019). Comparative assessment of a spark ignition engine fueled with gasoline and raw biogas. *Renewable Energy* 134, 1307–1319. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.09.049>.
- Hotta, S.K., Sahoo, N., Mohanty, K., Kulkarni, V. (2020). Ignition timing and compression ratio as effective means for the improvement in the operating characteristics of a biogas fueled spark ignition engine. *Renewable Energy* 150, 854–867. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.145>.
- Khan, I., hafiz, mohd, Othman, M.H., Hashim, H., Matsuura, T., Ismail, A., Rezaei Dasht Arzhandi, M., Wan Azelee, I. (2017). Biogas as a renewable energy fuel – A review of biogas upgrading, utilisation and storage. *Energy Conversion and Management* 150, 277–294. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.08.035>.
- Mathai, R., Malhotra, R.K., Subramanian, K.A., Das, L.M. (2012). Comparative evaluation of performance, emission, lubricant and deposit characteristics of spark ignition engine fueled with CNG and 18% hydrogen-CNG. *International Journal of Hydrogen Energy*, III Iberian Symposium on Hydrogen, Fuel Cells and Advanced Batteries, HYCELTEC-2011 37, 6893–6900. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.01.083>.
- Nadaleti, W.C., Przybyla, G. (2018). Emissions and performance of a spark-ignition gas engine generator operating with hydrogen-rich syngas, methane and biogas blends for application in southern Brazilian rice industries. *Energy* 154, 38–51. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.04.046>.
- Pan, L., Hu, E., Deng, F., Zhang, Z., Huang, Z. (2014). Effect of pressure and equivalence ratio on the ignition characteristics of dimethyl ether–hydrogen mixtures. *International Journal of Hydrogen Energy* 39, 19212–19223. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.09.098>.
- Prabhu, A.V., Avinash, A., Brindhadevi, K., Pugazhendhi, A. (2021). Performance and emission evaluation of dual fuel CI engine using preheated biogas–air mixture. *Science of The Total Environment* 754, 142389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142389>.
- Valipour Berenjestanaki, A., Kawahara, N., Tsuboi, K., Tomita, E. (2021). Performance, emissions and end-gas autoignition characteristics of PREMIER combustion in a pilot fuel-ignited dual-fuel biogas engine with various CO₂ ratios. *Fuel* 286, 119330. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119330>.
- Wei, Z., He, Z., Zhen, H., Zhang, X., Chen, Z., Huang, Z. (2020). Kinetic modeling investigation on the coupling effects of H₂ and CO₂ addition on the laminar flame speed of hydrogen enriched biogas mixture. *International Journal of Hydrogen Energy* 45, 27891–27903. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.07.119>.

INFLUENCE OF IGNITION ADVANCE ANGLE ON ENERGY AND ECOLOGICAL PARAMETERS OF A SPARK IGNITION ENGINE WORKING ON BIOGAS

Donatas Kriaučiūnas^{1,2}, Saulius Stravinskas¹

¹Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT

²Vilnius Gediminas Technical University, J. Basanavičius str. 28, 03224 Vilnius, LT

Abstract. It is important to know what modifications need to be made when adapting an engine to run on alternative fuels. When converting a CNG engine to biogas, no major changes are required. However, due to changes in the properties of the fuel, the engine control unit requires reprogramming. Therefore, it is necessary to know, how the energy and environmental parameters of the engine will change. Which ignition angle to use for new fuel. Therefore, this test examined the energy and environmental parameters of the engine while changing the ignition advance angle from 16° to 42° before the top dead center. While engine working on biogas with a volume content of 60% methane and 40% carbon dioxide. The tests were conducted using the HR 16DE spark ignition engine used in *Nissan Qashqai*.

Key words: spark ignition, methane, biogas, average indicator pressure, ignition advance angle.

VARIKLIO ĮSIURBIAMO ORO SAVYBIŲ POKYČIO TYRIMAS KEIČIANT TARPINIO ORO AUŠINIMO INTENSYVUMĄ

Audrius Matulis¹, Alfredas Rimkus^{1,2}

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius, Lietuva

²Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, Vilnius, Lietuva

Anotacija. Straipsnyje apžvelgti pagrindiniai vidaus degimo variklio deginių emisijos reikalavimai. Eksperimentinių tyrimų metu slėginio uždegimo variklio oro tiekimo sistemoje sumontuotas tarpinis oro aušintuvas. Tyrimo metu reguliuojamas tarpinio oro aušintuvo aušinimo intensyvumas t.y. keičiamas aušinimo skysčio (vandens) tekėjimo per aušintuvą debitas. Termoporumis matuojama tarpinio oro aušintuvo skysčio temperatūra bei oro patenkančio iš turbinos į tarpinį oro aušintuvą ir iš tarpinio oro aušintuvo į variklį temperatūra. Tyrimų metu įvertintas į cilindrus įsiurbiamų dujų slėgis ir temperatūra, nustatytas įsiurbiamo oro masės pokytis, deguonies koncentracija išmetamosiose dujose, oro pertekliaus koeficientas. Įvertinta EGR ir išmetamųjų dujų temperatūra. Apžvelgta įsiurbiamo oro savybių pokyčio įtaka variklio emisijos rodikliams.

Reikšminiai žodžiai: variklio emisijos rodikliai, tarpinio oro aušintuvo aušinimas, skysčio cirkuliavimas, oro masė, cilindrų pripildymas.

Įvadas

Vienas iš svarbiausių pasaulio ekonomikos sektorių yra transportas. Ypač taršūs yra dyzeliniai automobiliai. Pagrindiniai teršalai: anglies dioksidas (CO_2); anglies monoksidas (CO); azoto oksidai (NO_x); sieros oksidai (SO_x) bei sieros vandenilis (H_2S); nesudegę angliavandeniliai (HC); kietosios dalelės arba suodžiai (PM). Anglies dioksidas yra bespalvės, bekvapės dujos ir jos nėra toksiškos. Mokslininkų nustatyta, kad didėjanti CO_2 koncentracija atmosferoje sukelia šiltnamio efektą. Anglies monoksidas taip pat bespalvės bekvapės dujos. Bet CO yra 240 kartų aktyvesnis už deguonį išstumia šį iš kraujo arba reaguoja su kraujyje esančiu deguonimi sudarydamos CO_2 . Tokiu atveju neretai toks poveikis būna pražūtingas žmogaus organizmui, kadangi šis negauna deguonies. Sieros oksidai SO_x ir azoto oksidai NO_x jungdamiesi su atmosferoje arba kvėpavimo takuose esančia drėgme sudaro rūgštinius junginius, kurie įvairias sukelia įvairias kvėpavimo takų ligas. Kietosios dalelės (angl. Particulate Matter PM) kaupiasi plaučiuose sukeldamos alergines reakcijas bei gali sukelti vėžinius susirgimus. Nesudegę angliavandeniliai dirgina akis, kvėpavimo takus bei burną, taip pat gali sukelti organizmų alergines reakcijas (Giedra ir kt., 2006).

Šiuo metu vis gausėjantis transporto priemonių skaičius ir didėjantys išmetamųjų teršalų kiekiai atmosferoje, skatina vyriausybes griežtinti reikalavimus vidaus degimo variklių deginių emisijai. Europos šalys, įskaitant ir Lietuvą, tarptautiniu ir nacionaliniu lygiu riboja nuodingų junginių išmetimus į aplinką. Transporto priemonių gamintojai tobulina neutralizavimo sistemų ir vidaus degimo variklių konstrukcijas ir stengiasi padidinti jų darbo efektyvumą, mažinant aplinkos oro taršą. Automobilių gamintojai turi užtikrinti, kad vidaus degimo varikliai į aplinką išmestų kuo mažiau nuodingųjų medžiagų. Didelė išmetamo-

siose dujose nuodingųjų medžiagų koncentracija lemia didesnes degalų sąnaudas ir teršia aplinką.

Vidaus degimo variklio išmetamųjų deginių emisija tiesiogiai priklauso nuo degiojo mišinio cheminių bei fizinių savybių (degiojo mišinio šilumingumas, degiojo mišinio liepsnos sklidimo fronto greitis, degiojo mišinio degimo temperatūra). Dyzeliniame variklyje panaudojant išmetamųjų dujų recirkuliaciją (angl. Exhaust Gas Recirculation EGR) degiojo mišinio savybės yra įtakojamos mažinant deguonies perteklių įsiurbiamame ore, kadangi dalis šviežio oro pakeičiamos atidirbtomis dujomis. Nemažą įtaką deginių emisijai turi šalia EGR įvedami kiti oro parametrai: oro temperatūra, drėgnis ir kt. (Kurkauskas, 2012). Tarpinio oro aušintuvo pagalba keičiant įsiurbiamo oro aušinimą taip pat galima keisti ir energetinius ir ekologinius variklio rodiklius.

Atlikto tyrimo tikslas – įvertinti variklio įsiurbiamo oro savybių pokytį keičiant įsiurbiamo oro aušinimo intensyvumą.

1. Variklio emisijos rodikliai

Griežtesnis klimato apsaugos reikalavimai ir kylančios degalų kainos tampa svarbiausiais veiksniais, lemiančiais naujų išmetamųjų dujų emisijos mažinimo technologijų plėtrą. Taisyklė paprasta – kuo mažiau degalų suvartojama, tuo mažiau teršalų išmetama. Išmetamųjų dujų sudėties analizė yra daug sudėtingesnė užduotis. Išmetamosios dujos – šalutinis produktas, susidarantis degant oro ir degalų mišiniui variklio cilindruose. Kenksmingų medžiagų kiekis gali būti sumažinamas naudojant įvairias valymo sistemas. Iš išmetimo sistemos į aplinką patenka anglies monoksidas (CO), azoto oksidai (NO_x), angliavandeniliai (CH), azotas (N_2), anglies dioksidas (CO_2) ir kietosios dalelės (PM), kurių didžiausi leistini kiekiai yra nurodyti Eu-

ropos Standartuose, sudarančiuose kelių mokesčio apskaičiavimo pagrindą (LRS, 2001).

Kuo didesnės degalų sąnaudos, tuo daugiau anglies dioksido (CO₂) yra išmetamosiose dujose. CO₂ savaime nekenkia sveikatai, todėl nėra įtrauktas į kenksmingų medžiagų standartus, tačiau jis yra pagrindinė klimato kaitos priežastis. Norint sustabdyti pasaulinį atšilimą, reikia mažinti CO₂ emisijas. Siekiant šio tikslo, daugelio šalių, tarp kurių yra JAV, Kinija, Japonija ir Europos Sąjunga, transporto sektoriuose įstatymais buvo nustatytos ribinės vertės, kurios ateinančiais metais griežtės pagal patvirtintą tvarkaraštį. Be to, Europos Sąjunga įsipareigojo iki 2030 metų 40 % sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį (palyginti su 1990 m. lygiu) ir prognozuojama, kad iki 2050 m. išmetamųjų teršalų kiekis bus sumažintas maždaug 60 % (Europos komisija, 2018).

Kaip matyti iš 1 ir 2 lentelių, ES nuolat griežtina ekologinius standartus lengviesiems automobiliams, leistinos variklio emisijos rodiklių normos mažinamos. Lentelėje pateikiami pagrindiniai išmetamųjų dujų rodikliai pagal degalų tipą ir reglamento taikymo datą.

1 lentelė. Išmetamųjų teršalų normos (benzininiams varikliams)

	Taikoma nuo	Benzinas		
		CO	NO _x	CH
		Vertės g/km		
Euro 1	1992 07	3,16	CH+NO _x 1,13	
Euro 2	1996 01	2,20	CH+NO _x 0,50	
Euro 3	2000 01	2,30	0,15	0,20
Euro 4	2005 01	1,00	0,08	0,10
Euro 5	2009 01	1,00	0,06	0,10
Euro 6	2014 09	1,00	0,06	0,10

Šaltinis: (Europa, 2016)

2 lentelė. Išmetamųjų teršalų normos (dyzelininiams varikliams)

	Taikoma nuo	Dyzelinas			
		CO	NO _x	CH+NO _x	Kietosios dalelės
		Vertės g/km			
Euro 1	1992 07	3,16		1,13	0,180
Euro 2	1996 01	1,00		0,70	0,080
Euro 3	2000 01	0,64	0,50	0,56	0,050
Euro 4	2005 01	0,50	0,25	0,30	0,025
Euro 5	2009 01	0,50	0,18	0,23	0,005
Euro 6	2014 09	0,50	0,08	0,17	0,005

Šaltinis: (Europa, 2016)

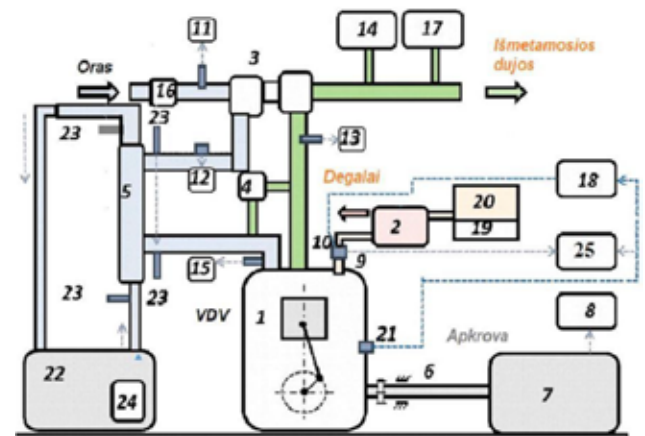
Atliekami moksliniai tyrimai, kuriais siekiama geresnių dyzelinių variklių energetinių ir ekologinių rodiklių, tobulinant oro tarpinį aušintuvą. Naudojant dviejų pakopų aušintuvą (aušinant oru ir vandeniu) be teigiamo techninių ir ekonominių variklio rodiklių efekto pastebėtas ženklus jo ekologinių parametrų pagerėjimas. Sumažėjo variklio dūmingumas, NO_x emisija sumažėjo ~14 %, CO₂ emisija sumažėjo ~7 %. Naudojant oro – oro aušintuvą, nustatytas temperatūros sumažėjimas cilindro įėjime apie 8° C. Naudojant dviejų pakopų tarpinius aušintuvus, nustatytas į cilin-

drus įsiurbiamo oro temperatūros sumažėjimas ~28° C ir tai lėmė teigiamus variklio rodiklių pokyčius (Hlavna et al., 2011).

2. Eksperimentinių tyrimų įranga ir metodika

Vilniaus Gedimino technikos universiteto ir Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos mokslininkai atliko eksperimentinius variklio įsiurbiamo oro savybių pokyčio keičiant įsiurbiamo oro aušinimo intensyvumą tyrimus. Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vilniaus Gedimino technikos universitete, Transporto inžinerijos fakultete, Automobilių transporto katedroje, Vidaus degimo variklių laboratorijoje.

Eksperimentiniam tyrimui atlikti naudojamas 4 cilindrų, 1896 cm³ darbinio tūrio TDI (kodas – 1Z) slėginio uždegimo variklis. Išvystoma maksimali variklio galia 66 kW esant 4000 min⁻¹, maksimalus sukimo momentas 202 Nm esant 1900 min⁻¹. Eksperimentinių tyrimų stendo schema pateikta 1 pav.



1 pav. Tyrimų stendo schema:

1 – 1.9 TDI variklis; 2 – aukšto slėgio degalų siurblys; 3 – turbokompresorius; 4 – EGR vožtuvas; 5 – oro aušintuvai; 6 – jungiamasis velenas; 7 – variklio apkrova; 8 – apkrovos rodiklis; 9 – įpurškimo pradžios jutiklis; 10 – cilindro slėgio jutiklis; 11 – įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis; 12 – oro slėgio jutiklis; 13 – išmetamųjų dujų temperatūros jutiklis; 14 – dūmąmatis; 15 – išsiurbiamųjų dujų temperatūros jutiklis; 16 – oro masės matuoklis; 17 – išmetamųjų dujų analizatorius; 18 – cilindro slėgio fiksavimo įranga; 19 – degalų svarstykles; 20 – degalų talpa; 21 – alkūninio veleno padėties jutiklis; 22 – aušinimo skysčio siurblys; 23 – „K-tipo“ termopora; 24 – aušinimo skysčio siurblys; 25 – įpurškimo momento kontrolės įranga

Šaltinis: sudaryta autorių

Slėginio vidaus degimo variklio tyrimams atlikti naudotas elektrinis variklių bandymų stendas KI-5543 su svarstykliniu dinamometru, vidaus degimo variklio sukuriama sukimo momentui nustatyti. Variklis su stendu sujungtas velenais, kurio abiejuose galuose yra lygių kampinių greičių lankstai. Variklių bandymų stendas yra universalus. Veikiant 600 – 1400 min⁻¹ sukiais stendas veikia variklio režimu. Šis režimas suteikia galimybę nustatyti bandomo variklio vidinius mechaninius nuostolius. Generatoriaus režimu stendas

veikia $1600 - 3000 \text{ min}^{-1}$ sūkiams ir šiame sūkių diapazone vidaus degimo variklis yra apkraunamas. Stendo sukimo momentas, veikiant tiek variklio, tiek generatoriaus režimu, reguliuojamas skystiniu reostatu, keičiant elektros srovės dydį statoriaus apvijose. Tai vykdoma elektromechaninė pavara keičiant elektrodų padėtį elektrolite. Apkrovos matavimo paklaida $\pm 1,23 \text{ Nm}$.

Įsiurbiamo oro masė nustatyta matuokle BOSCH HFM 5 kurios tikslumas 2 %. Turbokompresoriaus išvystytas oro slėgis nustatytas matuokle Delta OHM HD 2304.0 kurios matavimo paklaida $\pm 0.0002 \text{ MPa}$.

Variklio oro tikrinimo sistemoje sumontuotas automobilio SUBARU IMPREZA 2.0T tarpinis oro aušintuvas vaizduojamas 2 pav. Eksperimentinio tyrimo metu keičiamas tarpinio oro aušintuvo aušinimo intensyvumas t. y. keičiamas aušinimo skysčio (vandens) tekėjimo per aušintuvą debitas. K – tipo termoporomis matuojama tarpinio oro aušintuvo skysčio temperatūra prieš aušintuvą T_1 ($^{\circ}\text{C}$) ir už aušintuvo T_2 ($^{\circ}\text{C}$) bei oro patenkančio iš turbinos į tarpinį oro aušintuvą T_3 ($^{\circ}\text{C}$) ir iš tarpinio oro aušintuvo į variklį temperatūra T_4 ($^{\circ}\text{C}$) (1 pav.). Temperatūros matavimo tikslumas $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$.



2 pav. SUBARU IMPREZA 2.0T tarpinis oro aušintuvas

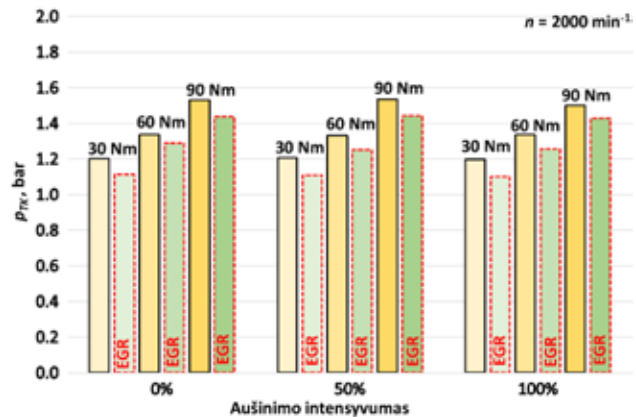
Šaltinis: sudaryta autorių

3. Eksperimentinių tyrimų rezultatai ir jų analizė

Didinant variklio apkrovą elektroninis valdymo blokas (EVB) didina įpurškimą degalų kiekį. Didėjant išmetamųjų dujų srautui, didėja turbokompresoriaus slėgis p_{TK} slėgis (žr. 3 pav.). Didinant tarpinio oro aušintuvo aušinimą, su ir be EGR, slėgis įsiurbimo kolektoriuje kito minimaliai, nes EVB palaikė konkrečiam variklio veikimo režimui numatytą turbos pripūtimo slėgį.

Didinant vandens tekėjimą per tarpinį oro aušintuvą, be EGR, didėjant variklio apkrovai, oras tarpiniai-

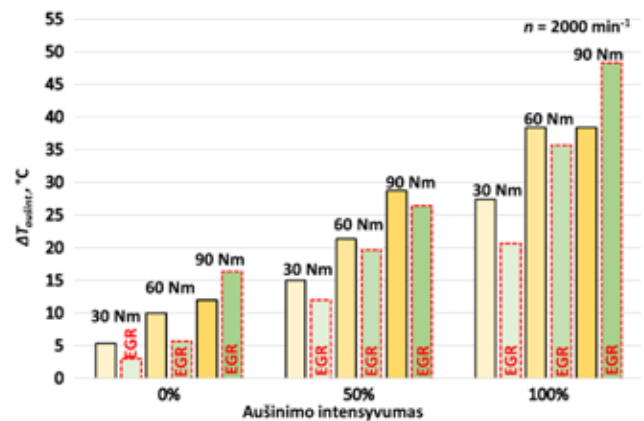
me oro aušintuve ataušinamas ($\Delta T_{\text{aušint.}} = T_4 - T_3$) nuo 5°C iki 38°C (4 pav.). Naudojant EGR nuo $\sim 3^{\circ}\text{C}$ iki $\sim 48^{\circ}\text{C}$.



3 pav. Įsiurbimo kolektoriaus slėgio pokytis

Šaltinis: sudaryta autorių

Matuojant temperatūrą įsiurbimo kolektoriuje T_K , didinant tarpinio oro aušintuvo intensyvumą temperatūrų pokyčiai yra akivaizdūs (5 pav.). Temperatūrų pokytis aušinimą padidinus nuo 0 % iki 100 % be EGR, esant 30 Nm variklio apkrovai yra 18°C , esant 60 Nm – 23°C , esant 90 Nm – 10°C . Analogiškai temperatūros pokyčiai gauti ir su EGR vožtuvu. Didžiausias temperatūrų pokytis gautas tarpinį oro aušintuvą ataušinus 100 %, esant variklio apkrovai 60 Nm. Temperatūra nukrinta 20°C . Temperatūros sumažėjimas gerina cilindų pripildymą tankesniu oru.

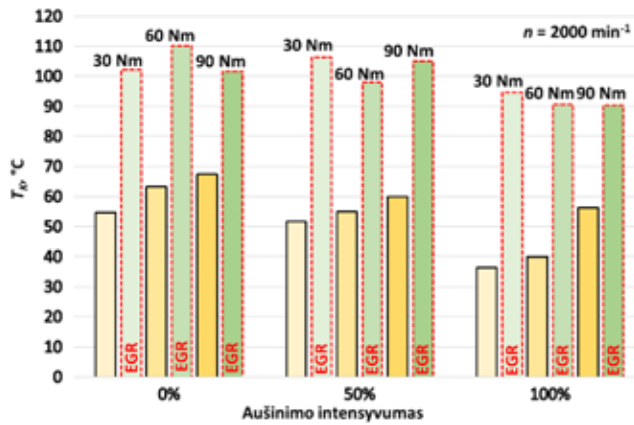


4 pav. Temperatūros pokyčiai tarpiniame oro aušintuve

Šaltinis: sudaryta autorių

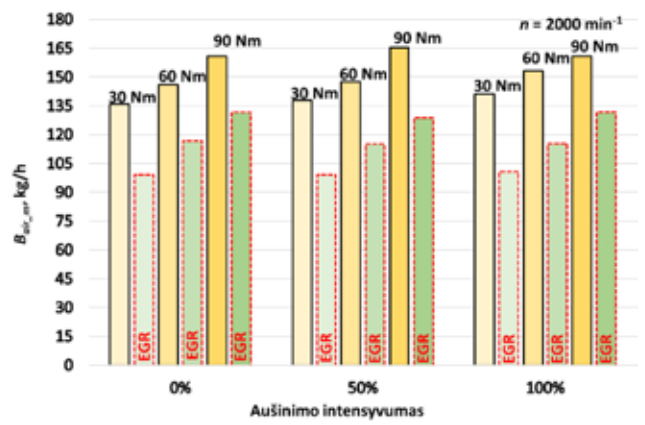
Kuo mažesnė variklio apkrova, tuo daugiau deguonies yra išmetamosiose dujose (6 pav.), nes vėsesnis įsiurbiamas oras padidina cilindų pripildymą. Didžiausias santykinis O_2 koncentracijos padidėjimas gaunamas ataušinus tarpinį oro aušintuvą 100 %, nenaudojant EGR, $\sim 2\%$, atidarius EGR vožtuvą $\sim 4\%$. Tai rodo, kad degimo metu degusis mišinys turėjo galimybę pilniau oksiduotis – sudegti.

Degiojo mišinio sudėtį charakterizuoja oro pertekliaus koeficientas λ , kuris dyzeliniame variklyje mažėja didinant variklio apkrovą ir riebinant mišinį (7 pav.).



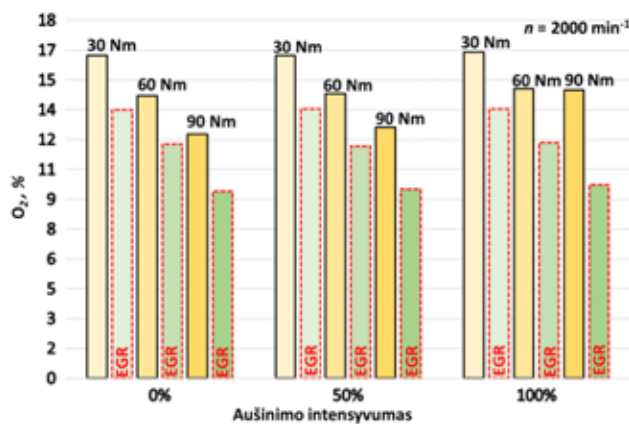
5 pav. Temperatūros pokyčiai įsiurbimo kolektoriuje

Šaltinis: sudaryta autorių



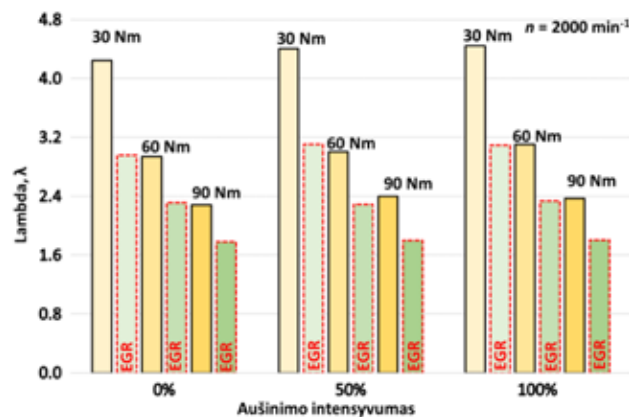
8 pav. Įsiurbiamo oro masės pokytis

Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Deguonies koncentracija išmetamosiose dujose

Šaltinis: sudaryta autorių

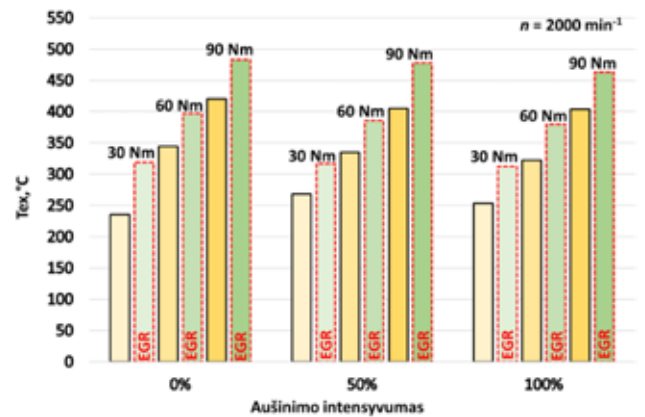


7 pav. Oro pertekliaus koeficiento pokytis

Šaltinis: sudaryta autorių

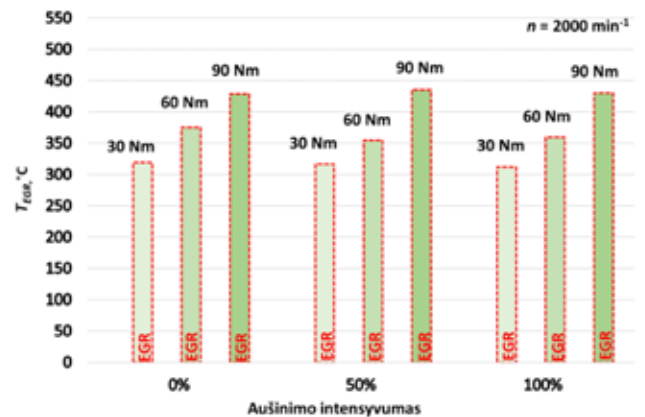
Bandymų metu didinant įsiurbiamo oro aušinimą iki 100 %, dėl į cilindrą patenkančios didesnės oro masės oro perteklius didėja iki 3,8 % (8 pav.). Oro masės matuoklės pagalba išmatuotos įsiurbiamo oro masės rodiklis B_{oro_m} rodo, kad didinant variklio apkrovą B_{oro_m} didėja, nes didėja oro pripūtimo slėgis. Atidarius EGR įsiurbiamo oro masė sumažėja, nes dalinai jo vietą užima į variklio cilindrus atgal gražintos išmetamosios dujos. Tarpinis oro aušinimas leidžia iki 3,7 % padidinti B_{oro_m} varikliui veikiant ir be EGR ir su EGR.

Išmetamųjų dujų temperatūra T_{ex} atidarius EGR vožtuvą išauga, nes išauga įsiurbimo oro ir deginių mišinio temperatūra (5 pav.), bei dėl EGR sulėtėja degimo procesas. Didinant tarpinį oro aušinimą be EGR, T_{ex} mažėja nežymiai ir didesnis sumažėjimas pastebimas didinant apkrovą (9 pav.). Naudojant EGR pastebimas didesnis T_{ex} mažėjimas esant variklio apkrovai 90 Nm. Temperatūra sumažėja dėl šaltesnių įsiurbiamų dujų ir išaugusios oro (deguonies) masės, kuri paspartina ir pagerina degimą.



9 pav. Išmetamųjų dujų temperatūros pokytis

Šaltinis: sudaryta autorių



10 pav. Įsiurbimo kolektoriaus slėgio pokytis

Šaltinis: sudaryta autorių

Bandymų metu matuota EGR temperatūra T_{EGR} rodo, kad didinant variklio apkrovimą T_{EGR} augo (10 pav.) nes didėjo T_{ex} (9 pav.). Didinant įsiurbiamo oro aušinimo intensyvumą T_{EGR} temperatūra mažėjo neženkiai, tačiau ji yra gan aukšta (320 – 435° C) ir santykinai nedidelis šios temperatūros sumažinimas gali reikšmingai sumažinti bendrą įsiurbimo temperatūrą ir tokiu būdu pagerinti cilindrų pripildymą bei sumažinti degimo temperatūrą. Geresnis cilindrų pripildymas oru leidžia pagerinti degimo procesą taip sumažinant CO, CH emisijas bei dūmingumą. Žemesnė temperatūra sumažina NO_x emisijas. Geresnis degimas sumažina degalų sąnaudas bei nuo to priklausančią CO_2 emisiją.

Išvados

Tobulinant tarpinio oro aušintuvo techninius sprendimus, keičiamas cilindrų pripildymas oru bei į cilindrus įsiurbiamo oro temperatūra ir tai daro įtaką variklio energetiniams ir ekologiniams parametrų. Atlikus eksperimentinius tyrimus, keičiant įsiurbiamo oro aušinimo intensyvumą, nustatyta įsiurbiamo oro savybių pokyčio įtaka variklio emisijų rodikliams.

Didinant tarpinio oro aušintuvo aušinimo intensyvumą slėgis įsiurbimo kolektoriuje kito neženkiai, nes mažai kito išmetamųjų dujų srautas. Be EGR įsiurbiamas oras aušintuve buvo ataušintas iki 38° C ir dujų temperatūra įsiurbimo kolektoriuje sumažėjo iki 23° C, naudojant EGR iki oras ataušintas iki 48° C, o dujų temperatūra įsiurbimo kolektoriuje sumažėjo iki 20° C. Temperatūros sumažėjimas gerina cilindrų pripildymą, nes didėja oro tankis.

Geresnį cilindrų pripildymą parodo išaugusi O_2 koncentracija išmetamosiose dujose. Nenaudojant EGR O_2 koncentracija santykinai padidėjo ~2 %, atidarius EGR vožtuvą ~4 %. Intensyvus tarpinis oro aušinimas leidžia iki 3,7 % padidinti į cilindrus įsiurbiamo oro masę ir apskaičiuota, kad oro perteklius didėja iki 3,8 %.

Didinant įsiurbiamo oro tarpinį aušinimą mažėja išmetamųjų dujų bei EGR dujų temperatūra, kas labiau pastebima didinant variklio apkrovą. Sumažinta EGR temperatūra taip pat gerina cilindrų pripildymą. Padidėjus oro masei cilindre pagerėja degimo procesas kas sumažina CO, CH emisijas bei dūmingumą, o geresnis degimas mažina degalų sąnaudas ir CO_2 emisiją. Sumažinus į cilindrus įsiurbiamų dujų temperatūrą ir galima sumažinti NO_x emisiją.

Literatūra

Europeanenvironmentagency. (2016). *Explaining-road-transport-emissions/a non – technicalguide*. EEA. [interaktyvus]. Co-

penhagen, 2016. [žiūrėta 2020 rugsėjo 29 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions/file>.

Europos komisija. (2018). *Švari mūsų visų planeta*. Strateginė kles-tinčios, modernios ir konkurencingos neutralizuoto poveikio klimatui. Europos ekonomikos ateities vizija. [interaktyvus]. Briuselis, 2018. [žiūrėta 2020 rugsėjo 29 d.]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>.

Giedra, K., Kirka, A., Slavinskas, S. *Automobiliai*. Kaunas: Smaltija, 2006. ISBN: 9955707054.

Hlavna, V., Kovalčík, A., Krakovský, J., Labuda R. (2011). The influence of intensity of charge air intercooler on diesel engine gas. University of Žilina, Department of Automotive Technology, *Journal of KONES Powertrain and Transport*, Vol. 18, No. 2, p. 178–184.

Kurkauskas, V. (2012). *Įsiurbiamo oro parametų įtakos dyzelinio variklio rodikliams tyrimas*. Magistro darbas. [interaktyvus]. ASU. 2012. [žiūrėta 2020 rugsėjo 20 d.]. Prieiga per internetą: [file:///C:/Users/admin1/Downloads/1882239%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/admin1/Downloads/1882239%20(2).pdf).

Lietuvos respublikos vyriausybės įsakymas Nr. 591/640 *Dėl aplinkos oro užterštumo normų nustatymo*. Vilnius: Valstybės žinios. (2001). [žiūrėta 2020 rugsėjo 20 d.]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter2/dokpaieska.showdoc_l?p_id=156726.

INVESTIGATION OF ENGINE AIR INTAKE PROPERTIES CHANGE BY CHANGING INTENSITY OF AIR INTERCOOLER

Audrius Matulis¹, Alfredas Rimkus^{1,2}

¹Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT

²Vilniaus Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius

Abstract. During the experimental tests, an air intercooler was installed in the air supply system of the compression-ignition engine. When experimenting the cooling intensity of the air intercooler is regulated. The temperature of the air intercooler liquid and the intake air temperature is measured. During the research, the pressure and temperature of the gas sucked into the cylinders were evaluated, the change in the mass of the intake air, the oxygen concentration in the exhaust gas, and the excess air coefficient were determined. EGR and exhaust gas temperatures were assessed. The influence of intake air properties changes on the engine emission indicators was reviewed.

Key words: engine emission indicators, intercooler cooling, fluid circulation, air mass, volumetric efficiency.

VELENO SU GROIOVELIU SKERSPJŪVIO GEOMETRINIAI PARAMETRAI

Jurijus Tretjakovas

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Velenais mechanikoje vadinami strypai veikiami sukimo momento. Praktinėje inžinerijoje norint perduoti sukimo momentą nuo veleno stebulei arba atvirkščiai naudojami sujungimai pleištu, išdrožomis, presuojant, fiksuojant kaiščiu ir kt. Tačiau kiekvienas iš šių sujungimų (gal išskyrus presavimą) veleną silpnina, nes pašalinama medžiaga ir atsiranda įtempių koncentratoriai. Straipsnyje parodomas veleno su grioveliu prizminiam pleištu geometrinių rodiklių sumažėjimas.

Reikšminiai žodžiai: velenas, pleištas, polinis inercijos momentas, veleno pleišto sujungimas.

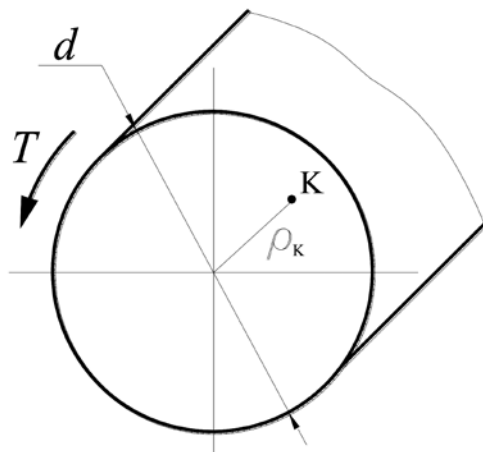
Įvadas

Nagrinėsime strypą veikiamą tik viena įraža – sukimo momentu. Tokie strypai vadinami velenais ir juos veikia tik šlyties deformacija. Savojo svorio, kuris veleną išlenkia, nepaisysime.

Įtempiai bet kuriame veleno (pav. 1) skerspjūvio taške skaičiuojami naudojant formulę:

$$\tau_K = \frac{T}{I_p} \cdot \rho_K; \quad (1)$$

čia T – veleno skerspjūvyje veikiantis sukimo momentas; I_p – skerspjūvio ploto polinis inercijos momentas; ρ_K – taško K atstumas nuo skerspjūvio ploto svorio centro.



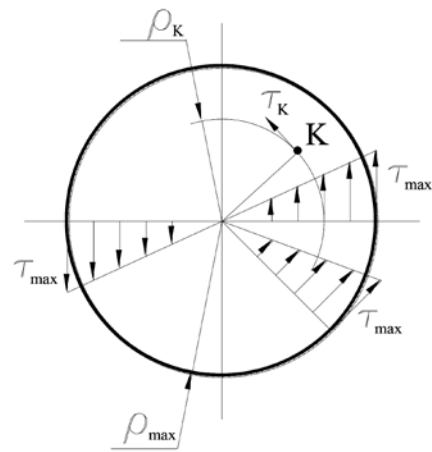
1 pav. Veleno skerspjūvio ir įraža

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Veleno skritulinio skerspjūvio atveju tangentinio įtempio τ_K kryptis yra statmena spinduliui, kuris jungia skerspjūvio ploto svorio centrą su tašku K (Čižas, 1993, Budynas 2008, Birger, 1986, Hibbeler, 2011). Tangentiniai įtempiai skerspjūvyje pasiskirsto pagal tiesinę priklausomybę (2 pav.)

Didžiausią reikšmę tangentiniai įtempiai turi skerspjūvio labiausiai nuo poliaus nutolusiuose taškuose, ten kur spindulys ρ yra maksimalus ir įgyja reikšmę ρ_{max} (2 pav.)

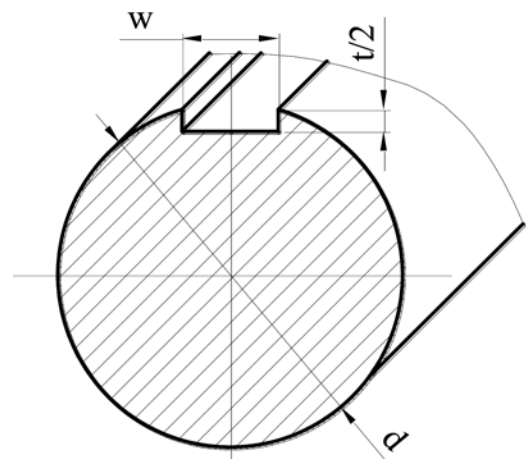
$$\tau_{max} = \frac{T}{I_p} \cdot \rho_{max} \quad (2)$$



2 pav. Veleno skerspjūvio tangentinių įtempių pasiskirstymas

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Nagrinėjant skersmens d veleną su išfrezuotu grioveliu prizminiam stačiakampio, kurio plotis w ir aukštis t , skerspjūvio pleištu, skerspjūvio plotas sumažėja (3 pav.)



3 pav. Veleno skerspjūvis su grioveliu pleištu

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Temos aktualumas. Tema aktuali tuo, kad inžinieriui, atliekančiam velenų projektavimą ar stiprumo patikrą, būna neaišku kiek griovelio atsiradimas sumažina skerspjūvio ploto geometrinius rodiklius

Tyrimo objektas. Darbe nagrinėjami skritulinio skerspjūvio velenai su grioveliais prizminiam pleištu.

Darbo tikslas – nustatyti kiek išfrezuotas griovelis

sumažina veleno geometrinius rodiklius lyginant su velenu be griovelio.

Šiam tikslui pasiekti buvo išskelti tokie *uždaviniai*:

1. Nustatyti velenų prizminių pleiščių matmenis ir aprašyti griovelio geometriją;
2. Apskaičiuoti veleno skerspjūvio svorio centrą;
3. Apskaičiuoti veleno su griovelio skerspjūvio ploto polinį inercijos momentą ir palyginti gautus rezultatus, jei velenas būtų be griovelio.

Tyrimo metodika grindžiama teoriniu skaičiavimu.

Veleno su griovelio skerspjūvio geometrija

Remiantis pirmenybinių skaičių eile pasirenkami velenų skersmenys d yra lygūs 10, 40, 70, 100, 160, 200, 320, 400 ir 500 mm. Tokiems velenams pagal (Vaičiulis, 2010) naudojami pleištai, kurių plotis ir aukštis parodyti 1 lentelėje.

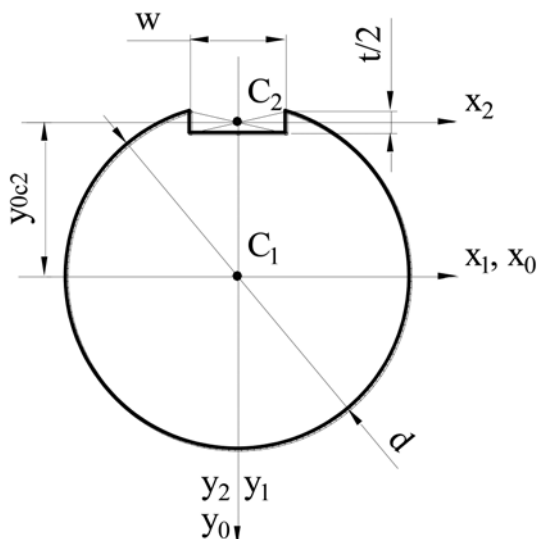
1 lentelė. Velenų skersmenys ir pleišto matmenys

Veleno skersmuo d , mm	Pleišto matmenys, mm	
	Plotis w , mm	Aukštis t , mm
10	3	3
40	12	8
70	20	12
100	28	16
160	40	22
200	50	28
320	70	36
400	90	45
500	100	50

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Veleno skerspjūvio svorio centras

Veleno su griovelio atveju plokščioji figūra sudaryta iš dviejų dalių: skritulio ir stačiakampio. Vadinasi griovelio atsiradimas (4 pav.) keičia figūros svorio centro padėtį.



4 pav. Veleno skerspjūvio figūros
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Pasirenkama, kad skritulys su skersmeniu d bus pirmoji figūra su centru C_1 ir centrinėmis ašimis x_1, y_1 , o stačiakampis su pločiu w ir aukščiu $t/2$ – antroji figūra su centru C_2 su ir ašimis x_2, y_2 . Visos figūros centro ordinatę y_{0c} skaičiuosime ašių x_0, y_0 , kurios sutampa su ašimis x_1, y_1 , atžvilgiu.

Kadangi figūra turi vieną simetrijos ašį, ta ašis eina per svorio centrą, vadinasi centro koordinatė lygi 0. Šią ašį pažymime y (5 pav.)

Norint rasti centro ordinatę reikia žinoti antrosios figūros centro C_2 ordinatę y_{0c2} (4 pav.) ašių x_0, y_0 sistemoje.

$$y_{0c2} = -\left(\frac{d}{2} - \frac{t}{4}\right). \quad (3)$$

Centro ordinatė

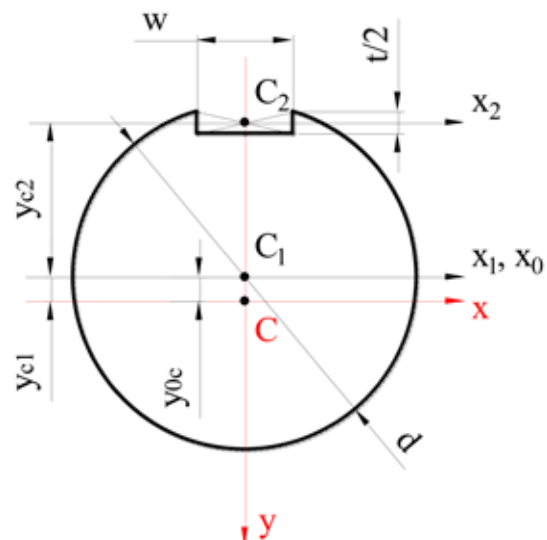
$$y_{0c} = \frac{S_{x0}}{A} = \frac{S_{x01} - S_{x02}}{A_1 - A_2} = \frac{0 - w \cdot \frac{t}{2} \cdot y_{0c2}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} - w \cdot \frac{t}{2}} \quad (4)$$

Velenui, kurio skersmuo 10 mm ir mažiausio pasirinkto pleišto atveju skaičiavimas atrodo sekančiai:

$$y_{0c2} = -\left(\frac{10}{2} - \frac{3}{4}\right) = -4,25 \text{ m};$$

$$y_{0c} = \frac{0 - 3 \cdot \frac{3}{2} \cdot (-4,25)}{\frac{\pi \cdot 10^2}{4} - 3 \cdot \frac{3}{2}} = \frac{19,125}{74} = 0,258 \text{ m}.$$

Žinant orinatę nubraižoma centrinė x ašis (5 pav) ir parodomas centras C .



5 pav. Veleno skerspjūvio svorio centras
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Apskaičiuojamos centrų C_1 ir C_2 padėtys ašių xy sistemoje (5 pav.).

$$y_{c1} = -y_{0c}; \quad (5)$$

$$y_{c2} = -\left(\frac{d}{2} - \frac{t}{4}\right) - y_{0c}.$$

Žinant centro padėtį galima atlikti skaičiavimų patikrą skaičiuojant statinio momento išraišką, kuri privalo gautis lygi nuliui, centrinės ašies atžvilgiu:

$$S_x = A_1 \cdot y_{C1} - A_2 \cdot y_{C2} = 0 \quad (6)$$

Mažiausio veleno atveju:

$$y_{C1} = -0.258 \text{ mm}$$

$$y_{C2} = \left(-\left(\frac{10}{2} - \frac{3}{4}\right)\right) - 0.258 = -4.51 \text{ mm}$$

Patikrinimas:

$$S_x = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} \cdot (-0.258) - 3 \cdot \frac{3}{2} \cdot (-4.51) = -20.253 + 20.295 = 0.042$$

Skaičiuojama paklaida:

$$\Delta = \frac{|0.042|}{20.295} \cdot 100 = 0.21\% < 0.5\%$$

Analogiški skaičiavimai atliekami (jie straipsnyje neparodomi) su likusiais velenų skersmenimis ir pleišto matmenimis. Rezultatai pateikiami 2 lentelėje.

2 lentelė. Velenų skerspjūvio centro ordinatė

Veleno skersmuo <i>d</i> , mm	Pleišto matmenys, mm		Centro ordinatė, mm
	Plotis <i>w</i> , mm	Aukštis <i>t</i> , mm	
10	3	3	0,258
40	12	8	0,715
70	20	12	1,03
100	28	16	1,35
160	40	22	1,67
200	50	28	2,12
320	70	36	2,40
400	90	45	3,09
500	100	50	3,06

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Žinant centro padėtį galima skaičiuoti kitus geometrinis rodiklius.

Polinis inercijos momentas

Plokščiosios figūros ploto polinis inercijos momentas yra šios figūros ploto elementų dA ir jų atstumų ρ nuo kurio nors taško O , kuris vadinamas poliumi (6 pav., O – polius), kvadratų sandaugų suma (Čižas, 1993).

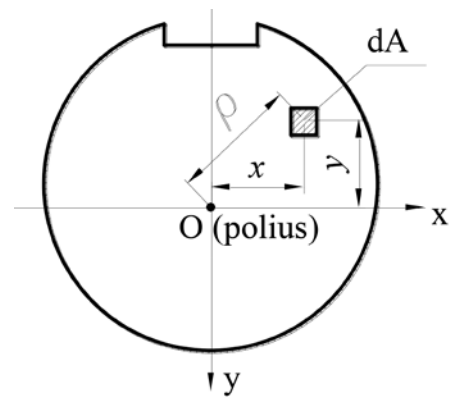
Formule šis rodiklis išreiškiamas taip :

$$I_p = \int_A \rho^2 dA \quad (7)$$

Jei polius sutampa su koordinatinių sistemos xy pradžia, tuomet spindulys lygus $\rho^2 = x^2 + y^2$ ir polinį inercijos momentą galima išreikšti:

$$I_p = \int_A x^2 dA + \int_A y^2 dA \quad (8)$$

arba



6 pav. Figūros ploto elementas
Šaltinis: sudaryta autoriaus

$$I_p = I_x + I_y \quad (9)$$

čia I_x – figūros ploto inercijos momentas centrinės ašies x atžvilgiu;

I_y – figūros ploto inercijos momentas centrinės ašies y atžvilgiu.

Ploto inercijos momentai ašių xy atžvilgiu skaičiuojami:

$$I_x = \sum I_{xi} \quad (10)$$

$$I_y = \sum I_{yi} \quad (11)$$

čia i – sudėtingą figūrą sudarančių paprastų figūrų skaičius.

Veleno su grioveliu skerspjūvio atveju inercijos momentai:

ašies x atžvilgiu:

$$I_x = I_{x1} - I_{x2} = \left[\frac{\pi \cdot d^4}{64} + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot y_{C1}^2 \right] - \left[\frac{w \cdot \left(\frac{t}{2}\right)^3}{12} + w \cdot \left(\frac{t}{2}\right) \cdot y_{C2}^2 \right]; \quad (12)$$

ašies y atžvilgiu:

$$I_y = I_{y1} - I_{y2} = \left[\frac{\pi \cdot d^4}{64} \right] - \left[\frac{w^3 \cdot \left(\frac{t}{2}\right)}{12} \right]; \quad (13)$$

Tęsiame pasirinkto veleno analizę ir gauname: inercijos momentas x ašies atžvilgiu

$$I_x = \left[\frac{\pi \cdot 10^4}{64} + \frac{\pi \cdot 10^2}{4} \cdot (-0.258)^2 \right] - \left[\frac{3 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^3}{12} + 3 \cdot \left(\frac{3}{2}\right) \cdot (-4.51)^2 \right] = 403 \text{ mm}^4;$$

inercijos momentas y ašies atžvilgiu

$$I_y = \left[\frac{\pi \cdot 10^4}{64} \right] - \left[\frac{3^3 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)}{12} \right] = 487 \text{ mm}^4.$$

Polinis inercijos momentas:

$$I_p = 403 + 487 = 890 \text{ mm}^4.$$

Esant velenui be įpjovos polinis inercijos momentas skaičiuojamas pagal formulę:

$$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (14)$$

Velenui su skersmeniu 10 mm jis lygus:

$$I_p = \frac{\pi \cdot 10^4}{32} = 981 \text{ mm}^4$$

Pagal formules (12)–(14) atliekami visų velenų skaičiavimai ir rezultatai polinio inercijos momento pavidalu (velenui su įpjova ir be jos) pateikiami 3 lentelėje:

3 lentelė. Velenų poliniai inercijos momentai

Veleno skersmuo d , mm	Polinis inercijos momentas, mm^4		Pokytis, %
	Velenas su griovelio	Velenas be griovelio	
10	890	981	9,28
40	$0,235 \cdot 10^6$	$0,25 \cdot 10^6$	6,00
70	$2,23 \cdot 10^6$	$2,36 \cdot 10^6$	5,51
100	$9,31 \cdot 10^6$	$9,82 \cdot 10^6$	5,19
160	$61,8 \cdot 10^6$	$64,3 \cdot 10^6$	3,89
200	$151 \cdot 10^6$	$157 \cdot 10^6$	3,82
320	$1,00 \cdot 10^9$	$1,03 \cdot 10^9$	2,91
400	$2,44 \cdot 10^9$	$2,51 \cdot 10^9$	2,79
500	$5,99 \cdot 10^9$	$6,14 \cdot 10^9$	2,44

Šaltinis: sudaryta autoriaus

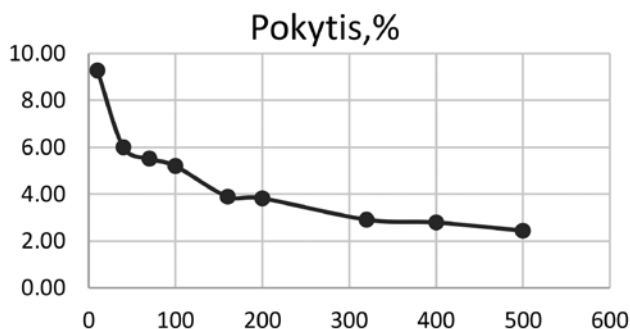
Apskaičiuojama griovelio įtaka procentiniu pavidalu poliniams inercijos momento sumažėjimui:

$$\Delta = \frac{|981 - 890|}{981} \cdot 100 = 9,28\%$$

Ta pati procedūra pakartojama su likusiais velenais ir rezultatai surašomi į 3 lentelę.

Išvados

Gautus rezultatus iliustruoja priklausomybės veleno skersmuo d – polinio inercijos momento pokyčio grafikas (7 pav.), kuriame matosi, kad esant velenams iki 100 mm, susilpnėjimas dėl griovelio išpjovimo viršija 5%.



7 pav. Polinio inercijos momento pokytis dėl griovelio

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Velenui su skersmeniu 10 mm pokytis viršija 9%, todėl kiti tyrimai bus akcentuojami į velenus su skersmenimis 6...20 mm.

Šie tyrimai parodė tik griovelio įtaką geometriniams parametrai, poliniams inercijos momentui. Jokiu būdu šis skaičiavimas neparodė formos pasikeitimo įtakos. O formos pasikeitimas taip pat yra veleno koncentratore. Todėl ateityje nagrinėsime ir veleno griovelio geometrijos įtaką atsirandančiai įtempių koncentracijai

Literatūra

- Čižas, A. (1993). *Medžiagų atsparumas. Konstrukcijų elementų mechanika*. Vilnius: Technika.
- Budynas–Nisbett (2008). *Shigley's Mechanical Engineering Design*, Eighth Edition.
- Birger, I.A., Mavliutov, R.R. (1986). *Mechanics of materials, (in Russian)*, Moscow.
- Hibbeler, R.C. (2011). *Mechanics of materials*. Prentice Hall.
- Vislavičius, K. et al. (2008). *Medžiagų atsparumo elektroninis vadovėlis*. Vilnius.
- Vaičiulis D. (2010). *Mašinų elementų kursinis projektavimas*. Kaunas, Technologija.

GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE SHAFT WITH GOUGE

Jurijus Tretjakovas

Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT

The rods, called shafts in mechanics, are subject to torque. In practical engineering, wedge, groove, press, pin fixing, etc. are used to transfer torque from the shaft to the hub or vice versa. However, each of the joints (perhaps except for pressing) weakens the shaft as material is removed and stress concentrators appear. The paper shows a decrease in the geometrical parameters of a shaft with a groove for a prismatic key.

Key words: shaft, key, polar moment of inertia.

VARŽTINIO JUNGINIO SU SPECIALIOS KONSTRUKCIJOS VERŽLE MODELIAVIMAS

Audrius Čereška^{1,2}, Jelena Selivonec^{1,2}

¹Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Basanavičiaus g. 28, LT-03224, Vilnius

²Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303, Vilnius

Anotacija. Varžtinis junginys yra vienas populiariausių sujungimo būdų. Junginiai varžtas-veržlė yra plačiai naudojami įvairiuose technikos srityse: mašinų, laivų, lėktuvų gamyboje, statyboje ir t.t. Tikriausiai būtų labai sunku rasti mechanizmą, kuriame nėra varžto jungties. Didžiausia problema yra ta, kad jungties detalės atsipalaiduoja ir pasisuka. Veržlės atsukamos, kai sujungti elementai yra veikiami įvairių apkrovų. Straipsnyje pateiktas varžtinio junginio su specialios paskirties veržle tyrimas. Sudarytas varžtinio junginio su specialios paskirties veržle skaičiuojamasis modelis taikant baigtinių elementų metodą nustatytas įtempių ir poslinkių pasiskirstymas sriegyje esant skirtingiems vijos profilio kampams.

Reikšminiai žodžiai: specialios konstrukcijos veržlė, vijos profilio kampas, baigtinių elementų metodas.

Įvadas

Varžtinis junginys vienas iš populiariausių, kelių elementų, jungimo būdų taikomų technikoje. Varžtiniai junginiai naudojami labai plačiai ir turbūt būtų labai sunku surasti mechanizmą kuriame nebūtų varžtinio junginio. Pora, veržlė – varžtas naudojama mažai dinamiškai aktyvių ir padidintų virpesių ir dinaminių apkrovų inžineriniuose objektuose. Lengvuosiuose automobiliuose, sunkvežimiuose, laivų varikliuose, kompresoriuose ir dyzeliniuose generatoriuose; geležinkelio transporte ir bėgių konstrukcijose; aviacijoje, elektronenergetikoje, pramoniniuose ventiliatoriuose, šaldymo įrenginiuose, staklėse, presuose, matavimo prietaisuose, konvejeriuose bei visų tipų kalnakasybos mechanizmuose ir kituose panašiuose objektuose.

Nors varžtinis junginys labai populiarus, tačiau jis turi nemažai problemų: savaiminis atsipalaidavimas, savaimis ir dėl virpesių, atsipalaidavimas dėl dinaminės apkrovos, nuovargio arba korozijos (Peairs, Park, Inman, 2004). Atsipalaidavimo dėl dinaminės apkrovos, veikiančios išilgai sujungimo ašies, tyrimai pateikti darbuose (Goodier, Sweeney, 1945; Sauer, Lemmon, Lynn, 1950). Junkeris darbe (Junker, 1969) parodė, kad skersinė arba šlyties apkrova yra sunkiausia apkrovos forma vibracijos sukeltam atsipalaidavimui. Tyrimai (Heston, 1998) parodė, kad esant didelei apkrovai išvengti slydimo tarp sriegių, galima naudojant varžtus su dideliu ilgio ir skersmens santykiu.

Darbe (Čelič, Boltežar, 2008) pateiktas varžtinio junginio teorinis modelis su jungiamaisiais elementais.

Darbe (Pai, Hess, 2002) pateiktas varžtinio sujungimo atsipalaidavimo tyrimas kai sujungimas veikiamas dinaminės apkrovos su šlytimi. Tyrimais nustatyta, kad varžtinis sujungimas, dėl slydimo kontakto zonoje, atsipalaiduoja nuo mažesnių apkrovų negu tikėtasi.

Kerley darbe (Kerley, 1982) pateikė išsamų mokslinių tyrimų planą apie srieginių tvirtinimo elementų atsipalaidavimą. Vienas iš plano pasiūlymų buvo nustatyti matematinis santykius, kurie valdo atsipalai-

davimą, remiantis paprastų jungčių, tokių kaip sijos, tyrimu ir pritaikyti juos sudėtingesnių struktūrų, tokių kaip sulenktas rėmas, projektavimui.

Mokslininkai Dong ir Hess (Dong, Hess, 1998) mano, kad projektuojant mechanizmus varžtiniai junginiai turi būti atskirti nuo dinaminių mazgų kurie skleidžia aukšto dažnio virpesius.

Darbe (Dong, Hess, 2003) tiriami varžtiniai junginiai kurie žadinami įvairiais virpesiais, o darbo (Satoshi Izumi, Takashi, Masatake, Shinsuke, 2009) autoriai autoriai tiria varžtinio jungimo su spyruokline poveržle atsipalaidavimą baigtinių elementų metodu.

Siekiant nustatyti varžtinio sujungimo atsipalaidavimo galimybę naudojant varžtus iš skirtingų medžiagų, dydžių, tipų ir skirtingų užspaudimo jėgų buvo atlikti bandymai (Anirban Bhattacharya, Avijit Sen, Santanu Das, 2010). Manoma, kad pagal užspaudimo jėgos pokytį gali būti sprendžiama apie atsipalaidavimo dydį.

Dinger ir Friedrich darbe (Dinger, Friedrich, 2011) tiria trintį tarp jungiamų elementų. Siekiama nustatyti kaip trintis tarp jungiamųjų elementų įtakoja jungties patikimumui.

Pasaulio mokslininkai šia tema atliko daug įvairiausių tyrimų, tačiau varžtinio jungimo patikimumo problema neišspręsta ir toliau turi būti sprendžiama taikant įvairiausias teorinius bei praktinius tyrimų metodus. Tai reiškia, kad ši problema vis dar aktuali.

Priklausomai nuo to kokioje konstrukcijoje naudojamas junginys išorinis poveikis gali keistis, ir tuomet neaišku kurį junginio stiprumo kriterijų taikyti projektuojant sujungimą. Junginio stiprumas (patikimumas) priklauso tiek nuo jungiančių detalių, tiek ir nuo jungiamų elementų. Tokiu atveju svarbu išskirti apkrovos atvejį, lemiantį sujungimo stiprumą.

Straipsnio objektas – specialios konstrukcijos varžtinis junginys.

Straipsnio tikslas – nustatyti kaip pasiskirsto įtempiai ir deformacijos keičiant vijos profilio kampą varžtiniame junginyje sus specialios konstrukcijos veržle.

Uždaviniai:

- sudaryti varžtas-specialios konstrukcijos veržlė jungties skaičiuojamąjį modelį taikant baigtinių elementų metodą;
- nustatyti įtempių ir poslinkių pasiskirstymą sriegyje esant skirtingiems vijų profilio kampams.

Varžtinio junginio su specialios konstrukcijos veržlė taikymas

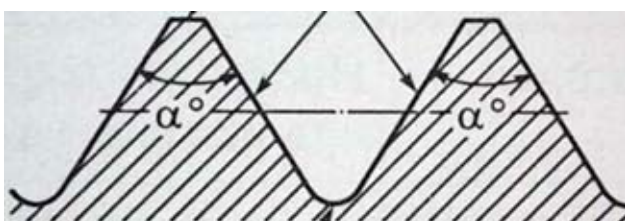
Varžtinės jungtys labai dažnai naudojamos įvairiuose technikos srityse. Jungiami konstrukcijų elementai veikiami įvairios prigimties apkrovų: temperatūros, vėjo, vibracijos, agresyvios cheminės aplinkos, konstrukcijos darbo režimo apkrovų. Dėl tokio poveikio sujungimas praranda pradinį įveržimą, o, kartais, visai atsisuka. Konstrukcija gali nebetikti eksploatavimui arba tai gali sukelti avariją. Pavyzdžiui geležinkelio bėgiams tvirtinti veržlės (1a pav.), dėl vibracijos atsisuka. Arba vamzdynų įranga veikiama ciklinių apkrovų, dėl ko varžtinės jungtys gali neužtikrinti tinkamo sandarumo (1b pav.).



1 pav. Sujungimo varžtas-veržlė naudojimo pavyzdys: a – geležinkelio bėgiai, b – vamzdynų įranga

Šaltinis: sudaryta autorių

Nuo vijų profilių kampo priklauso apkrovos pasiskirstymas sriegio vijose ir įtempių pasiskirstymas visoje jungtyje. Kampas α (2 pav.) turi įtakos veržlės



2 pav. Sriegio vijos profilio kampas

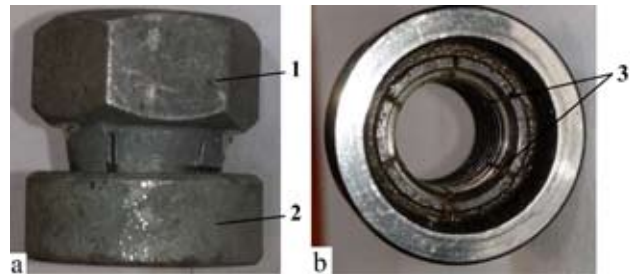
Šaltinis: sudaryta autoriaus

deformavimui ašine ir radialine kryptimi, nes vijų sukibimas ir lenkimas kinta.

Egzistuoja įvairūs būdai leidžiantys fiksuoti srieginį sujungimą, kad neprarastų įveržimo, neatsisuktų. Tai gali būti veržlių fiksavimo būdai: vielos arba vielokaiščio naudojimas, įkertant į sriegį žymekliu, cheminis ir t.t. Arba papildomos tvirtinimo priemonės: plokščiosios, spyruoklinės arba užlenkiamos poveržlės, kontra-veržlė ir kitų srieginių detalių naudojimas ir t.t.

Specialios veržlės konstrukcija

Straipsnyje nagrinėjamas varžtinis junginys su specialios konstrukcijos veržlė (2 pav.). Veržlę sudaro dvi dalys. Dvigubai aukštesnė, lyginant su standartine. Specialios veržlės apatinė dalis gaminama kaip standartinė. Viršutinė dalis 1, kūginė (2a pav.) ir turi šešias siauras įpjovas 3 (2b pav.).



3 pav. Specialios konstrukcijos veržlė M10x1: a – vaizdas iš šono; b – vaizdas iš apačios

Šaltinis: sudaryta autorių

Antroji specialios konstrukcijos veržlės dalis yra žiedas 2 (2a pav.). Jis taip pat pagamintas su išsikišančia dalimi, kad nenusiimtų kai įsuktas varžtas arba smeigė. Įpjovos leidžia žiedui judėti aukštyn – žemyn. Taip reguliuojamas kūginės veržlės dalies vijų prispaudimas prie smeigės vijų, keičiant apkrovų pasiskirstymą sriegyje.

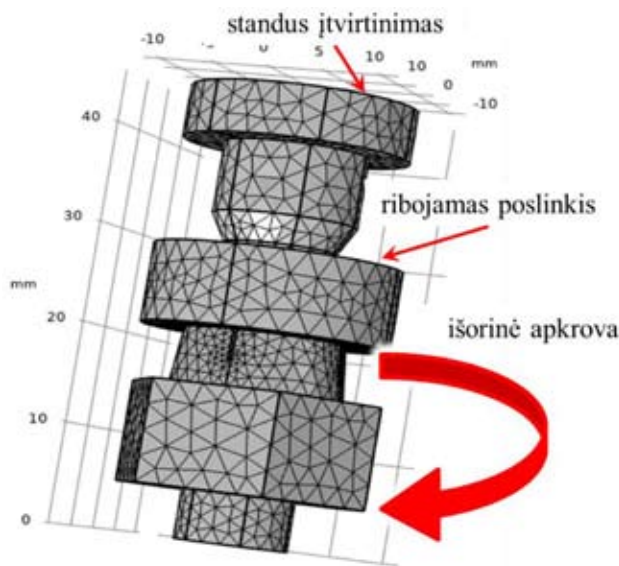
Varžtinio junginio modelis taikant BEM

Skačiuojamasis modelis buvo sukurtas programinio paketo Comsol aplinkoje. Modelio medžiagos mechaninių savybių rodikliai: tamprumo modulis 200 GPa; Puasono koeficientas 0,3; medžiagos sustiprėjimo modulis 1,6 GPa; takumo riba 250 MPa.

Įtempių ir deformacijų pasiskirstymo nagrinėjimui skaičiuojamasis modelis buvo apkrautas jėgų pora, kurių didumas 1500 N (jėgų poros momentas 30 Nm). Skaičiavimai atlikti naudojant Comsol programos srieginės jungties kontakto funkciją. Varžtinio junginio modelis pateiktas 4 pav.

Specialios paskirties veržlės ir varžto kontaktas apskaičiuotas naudojant skirtingus vijų profilių kampus: $\alpha = 60^\circ, 75^\circ$ ir 90° .

Varžto galvutės viršutinė plokštuma (4 pav.) standžiai įtvirtinta, galioja poslinkių mažumo prielaida.



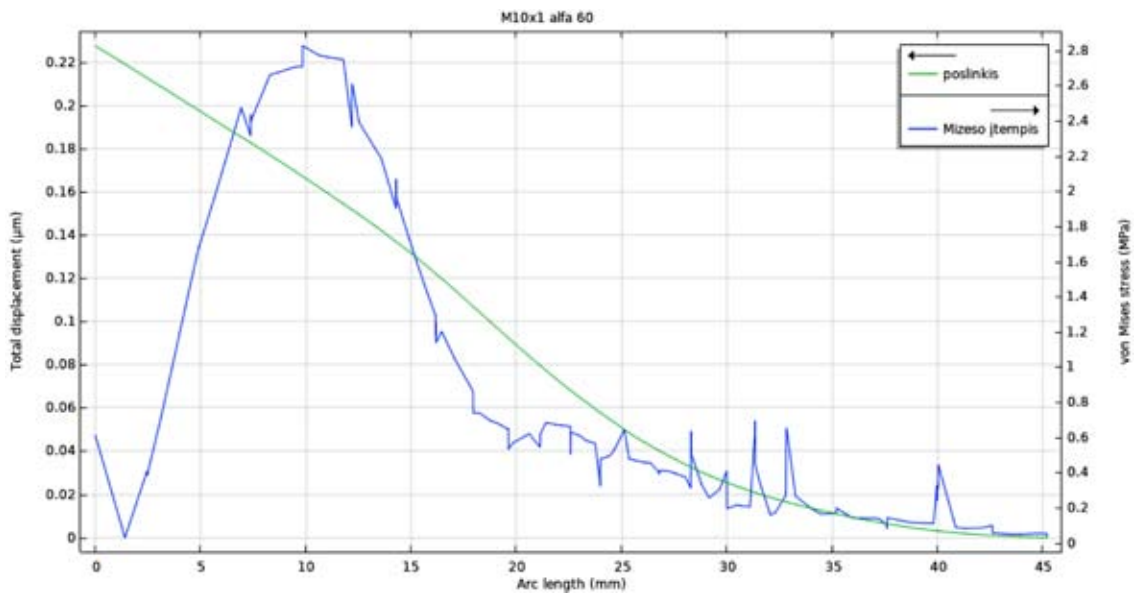
4 pav. Baigtinių elementų modelis ir kraštinės sąlygos
Šaltinis: sudaryta autorių

Kompiuterinių resursų taupymo sumetimais skaičiuojamasis modelis neturi jungiamų konstrukcijos elementų. Specialios veržlės viršutinės plokštumos (4 pav.) vertikalus poslinkis yra ribojamas. Realiame sujungime veržlė čia kontaktuoja su jungiamomis detalėmis.

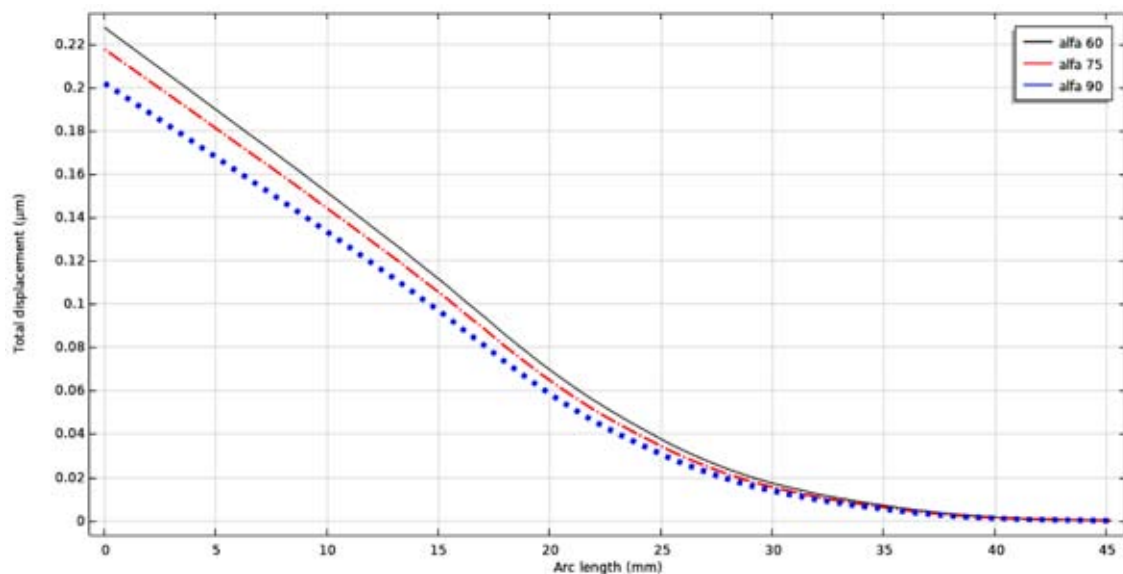
Skaiciavimo rezultatai ir jų aptarimas

Skaičiuojamojo modelio standartinio metrinio sriegio vijų profilio kampo $\alpha = 60^\circ$ gauti rezultatai iliustruojami Mizeso įtempių ir poslinkių pasiskirstymu (5 pav.).

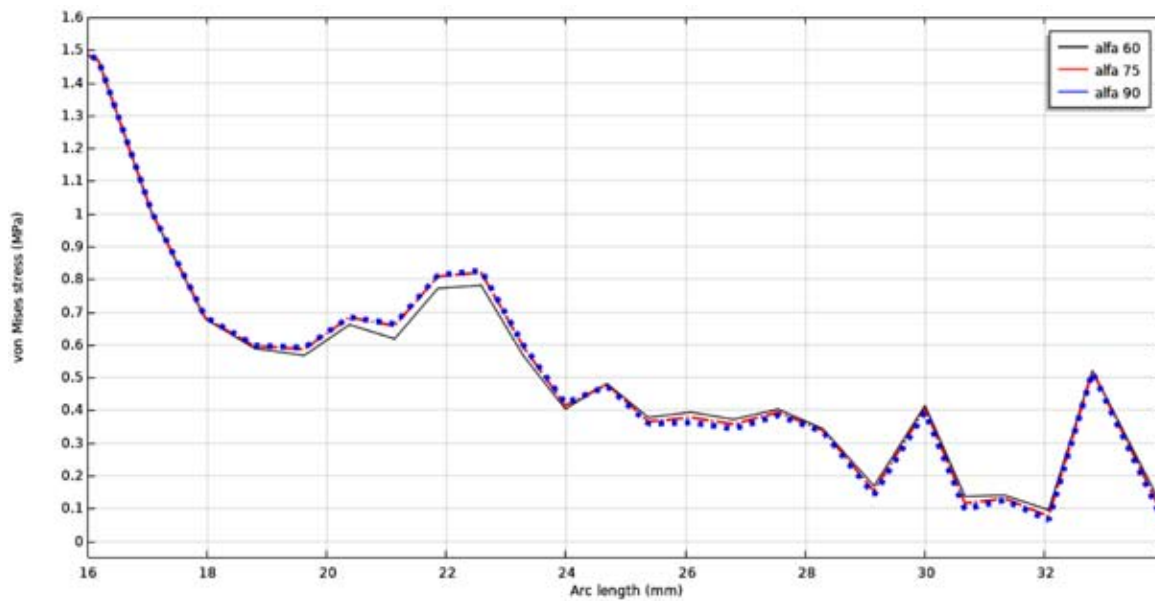
Didžiausios Mizeso įtempių reikšmės gautos 10 mm aukštyje. Tai sudarytame modelyje vieta arti išorinės apkrovos pridėjimo vietos. Toliau pastebimas eksponentinis įtempių mažėjimas ir kai baigėsi varžto-veržlės kontaktas įtemptai mažėja palaipsniui. Poslin-



5 pav. Poslinkių ir Mizeso įtempių pasiskirstymas išilgai modelio simetrijos ašies
Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Poslinkio pasiskirstymas išilgai modelio simetrijos ašies
Šaltinis: sudaryta autorių



7 pav. Mizeso įtempių pasiskirstymas

Šaltinis: sudaryta autorių

kis kinta nuo nulio (sudaryto modelio standus įtvirtinimas) iki maksimalios reikšmės (sudaryto modelio laisvas galas).

Paveiksle 6 matoma, kad poslinkiai laipsniškai didėja, tolstant nuo skaičiuojamojo modelio įtvirtinimo vietos.

Prie sudaryto modelio laisvojo galo poslinkiai yra 0,23 μm , kai profilio kampas 60°; 0,22 μm , kai profilio kampas 75° ir 0,2 μm , kai profilio kampas 90°. Specialios paskirties veržlės ir varžto kontakto viršutinėje dalyje poslinkiai sudaro 0,017 μm , 0,015 μm , 0,013 μm , apatinėje dalyje – 0,19 μm , 0,181 μm ir 0,168 μm . Matoma, (6 pav.) kad sriegio kontakto viršutinėje dalyje poslinkiai padidėjo 12%, didinant profilio kampą nuo 60° iki 75° ir iki 24%, didinant profilio kampą nuo 60° iki 90°. Apatinėje jungties dalyje – 5% ir iki 12%, didinant profilio kampą nuo 60° iki 90°.

Mizeso įtempių pasiskirstymo priklausomybė nuo vijos profilio kampo α parodyta 7 pav.

Matoma, (7 pav.) kad ir modelio vidurinėje tiesėje profilio kampas turi įtakos. Ypatingai efektas pastebimas ties kūgine veržlės dalimi. Ties specialios paskirties veržlės įpjovomis Mizeso įtempiai maksimaliai kinta 4,5%, keičiant profilio kampą nuo 60° iki 75° ir iki 6,5%, keičiant profilio kampą nuo 60° iki 90°.

Išvados

1. Literatūros analizė rodo problemos aktuali ir svarbi.

2. Taikant baigtinių elementų metodą (BEM) gauti Mizeso įtempių pasiskirstymai, kai modelyje keičiamas vijų profilio kampas $\alpha = 60^\circ, 75^\circ$ ir 90° .

3. Modelio laisvojo galo poslinkiai mažėja 4%, didinant profilio kampą nuo 60° iki 75° ir iki 13%, didinant profilio kampą nuo 60° iki 90°.

4. Sriegio kontakto viršutinėje dalyje poslinkiai padidėjo 12%, didinant profilio kampą nuo 60° iki 75° ir iki 24%, didinant profilio kampą nuo 60° iki 90°. Apatinėje jungties dalyje – 5% ir iki 12%, didinant profilio kampą nuo 60° iki 90°.

5. Ties specialios paskirties veržlės įpjovomis Mizeso įtempiai maksimaliai kinta 4,5%, keičiant profilio kampą nuo 60° iki 75° ir iki 6,5%, keičiant profilio kampą nuo 60° iki 90°.

Literatūra

- Anirban Bhattacharya, Avijit Sen, Santanu Das. (2010). An investigation on the anti-loosening characteristics of threaded fasteners. *Mechanism and Machine Theory*. Vol. 45, p. 1215–1225.
- Dinger, G; Friedrich C. (2011). Avoiding self-loosening failure of bolted joints with numerical assessment of local contact state. *Engineering Failure Analysis*. Vol. 18 p. 2188–2200.
- Čelič D; Boltežar M. (2008). Identification of the dynamic properties of joints using frequency–response functions. *Journal of Sound and Vibration*. Vol. 317 p. 158–174.
- Dong Y; Hess D.P. (2003). Influence of fastener placement on vibration-induced loosening. *Journal of Sound and Vibration*. Vol. 268, p. 617–626.
- Dong Y; Hess D.P. (1998). Optimum placement of fastener in structures based on dynamic shear, *Journal of Sound and Vibration*. Vol. 217, p. 396–404.
- Goodier J.N; Sweeney R.J. (1945). Loosening by vibration of threaded fastenings. *Mechanical Engineering*. Vol. 67, p. 798–802.
- Heston A.W. (1998). *Handbook of Bolts and Bolted Joints*, New York: Marcel Dekker. VDI joint design procedures. – 317–340 p.
- Junker G.H. (1969). New criteria for self-loosening of fasteners under vibration. *SAE Transactions*. Vol. 78, p. 314–335.
- Kerley J.J. (1982). An application of retrodution to analyzing and

- testing the backing off of nuts and bolts Loading, NASA Technical Memo. 4001, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
- Pai N.G; Hess D.P. (2002). Experimental study of loosening of threaded fastener due to dynamic shear loads, *Journal of Sound and Vibration*. Vol. 253, iss. 3, p. 585-602.
- Peairs D.M; Park G; Inman D.J. (2004). Practical issues of activating self-repairing bolted joints. *Smart Mater. Struct.* Vol. 13, p. 1414–1423.
- Satoshi Izumi A, Takashi Y; Masatake K; Shinsuke S. (2009). Loosening-resistance evaluation of double-nut tightening method and spring washer by three-dimensional finite element analysis. *Engineering Failure Analysis*. Vol. 16, p. 1510-1519.
- Sauer J.A; Lemmon D.C; Lynn E.K. (1950). Bolts: how to prevent their loosening. *Machine Design*. Vol. 22, p.133-139.

MODELING OF A SCREW JOINT WITH A SPECIAL CONSTRUCTION NUT

Audrius Čereška^{1,2}, Jelena Selivonec^{1,2}

¹*Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius*

²*Vilnius College of Technology and Design, Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT*

Abstract. The screw joint is one of the most popular connection methods. Bolt-nut compounds are widely used in various technical fields: in the manufacture of machinery, ships, aircraft, construction, and so on. It would probably be very difficult to find a mechanism that does not have a screw connection. The biggest problem is that the joint details loosen and rotate. The nuts are loosened when the connected elements are subjected to various loads. The paper presents a study of a bolted joint with a special purpose nut. A computational model of a bolted joint with a special purpose nut was developed using the finite element method to determine the distribution of stresses and displacements in a thread at different angles of the twist profile.

Key words: special screw joint, load distribution, finite element method.

EISENOS ANALIZĖ NAUDOJANT INERCINIUS JUTIKLIUS

Donatas Lukšys

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT – 10303 Vilnius

Anotacija. Žmogaus eiseną tai cikliniai apatinių galūnių judesiai, kurie leidžia žmogui judėti. Kai sutrinka koordinuoti apatinių galūnių judesiai, žmogui tampa sudėtinga vaikščioti. Žmogaus eiseną gali pažeisti įvairios neurologinės ligos, tokios kaip Parkinsono liga (PD), išėtinė sklerozė ar įvairios traumos. Biomechaniniai eisenos parametrai tokie kaip mosto, amortizacijos, žingsnio ir žingsnelio laikai gali būti panaudojami tiriamųjų grupių atskyrimui. Žmogaus judesių registravimui naudojama įvairi technika. Viena iš pagrindinių, dar vadinama auksiniu standartiniu yra vaizdo kamerų sistema su šviesą atspindinčiais žymekliais. Ši sistema yra brangi ir reikalauja specialios patalpos judesių registravimui. Alternatyva – maži inerciniai jutikliai. Šie jutikliai yra nedideli ir lengvai tvirtinami ant žmogaus kūno segmentų (kojų, rankų) ir nereikia specialiai pritaikytų patalpų matavimų atlikimui. Tyrimo tikslas yra panaudojant IMU išmatuoti žmogaus eisenos biomechaninius parametrus trijose skirtingose tiriamųjų grupėse (sveikus jaunos, sveikus pagyvenusius ir sergančius Parkinsono liga) ir patikrinti hipotezę, kad šie jutikliai gali būti naudojami eisenos analizėje ir skirtingų populiacijų atskyrimui.

Pagrindiniai žodžiai: inerciniai jutikliai, eiseną, judėjimas, neurologinės ligos.

Įvadas

Žmogaus eiseną – ciklinis apatinių galūnių judėjimas, kuris leidžia žmogui judėti kiekvieną dieną ir atlikti kasdieninius veiksmus. Žmogaus eiseną gali būti pažeidžiama įvairių neurologinių ligų, tokių kaip Parkinsono ligos (PL), išėtinė sklerozė (IS) ar patyrus kokias nors traumas (stuburo ir kitas). Pažeidus žmogaus eiseną žmogui tampa sudėtinga vaikščioti ar atlikti įprastus kasdieninius veiksmus. Ligos ne iš karto pažeidžia eiseną ar motoriką, kaip atsitikus kokiam traumai. Todėl eisenos analizavimas ir tyrimai gali suteikti diagnostinę informaciją, kuri padėtų ligos gydymui pradinėse stadijose. Nes tinkamas medikamentų parinkimas pradinėse ligos stadijose, padeda ją sukontroliuoti, priitaikius atitinkamą medikamentinę gydymą.

PL dažniausi apibūdinama keturiais motoriniais simptomais: ramybės tremoras, rigidiškumas, akinezija (ar bradikinezija) ir posturalinis nestabilumas (Janakovic, 2008). Prie šių keturių pagrindinių motorinių simptomų dažnai yra priskiriami eisenos sutrikimai: lenkta laikysena, eisenos patologija, sutrumpėję eisenos biomechaniniai laiko parametrai, sąstingis.

Eiseną apibūdinama, kaip ciklinis judesys susidedantis iš dviejų fazių – stovėsenos ir svyravimo (angl. *stance and swing*). Eisenos parametrus galima išskaidyti į dvi grupes: erdvės ir laiko (angl. *spatial and temporal*) (Griškevičius & Daunoravičienė, 2012).

Eiseną galima analizuoti įvairiais metodais ir naudoti įvairią įrangą ir techniką, kad užregistruoti ją. Auksiniu standartu laikomos trimatės vaizdo kameros, kurios seka šviesą atspindinčius žymeklius, kurie tvirtinami prie tiriamųjų asmenų (Tupa et al., 2015). Bet šioms kameroms reikia turėti specialią patalpą, jos yra brangios ir reikalauja kruopštaus pasiruošimo ir kalibravimo. Vaizdo kamerų sistemos yra sukurtos alternatyva – inerciniai matavimo jutikliai (IMJ), kurie yra mažo dydžio, lengvai tvirtinami ant kūno segmen-

to ir nereikalauja specialių patalpų judesių registravimui (Han et al., 2019). Šiuose IMJ įmontuojami trys jutikliai: akcelerometras, giroskopas ir magnetometras. Visų jutiklių duomenų perdavimui į kompiuterį naudojamos du duomenų perdavimo metodai: bevielis naudojant *Bluetooth* ir kitas naudojant bevielį maršrutizatorių. Šių jutiklių duomenų apdorojimui yra pritaikomi specializuoti algoritmai, kurie padeda nustatyti jutiklių pradines orientacijas. Vienas dažniausiai taikomų – Madgwick (Madgwick, 2010).

Yra kuriamos įvairios diagnostinės sistemos, kurių pagrindas IMJ, leidžiantys stebėti tiriamuosius kasdieninėje veikloje (Pastorino, Arredondo, Cancela, & Guillen, 2013).

Nors klinikiniuose tyrimuose bandoma naudoti IMJ alternatyvas tokias kaip mobilieji telefonai (Heijmans et al., 2019) ar „iPod“ sistema (Kosse, Vuillerme, Hortobágyi, & Lamothe, 2016), bet šiuose prietaisuose naudojami jutikliai nėra tokie tikslūs kaip IMJ sistemoje.

Šio tyrimo tikslas naudojant IMJ išmatuoti žmogaus eisenos biomechaninius laiko parametrus trijose skirtingose tiriamųjų grupėse: sveikus jaunos, sveikus pagyvenusius ir sergančius PL.

Tyrimo metodika

Tyrimo metodikos sudarymo etapai:

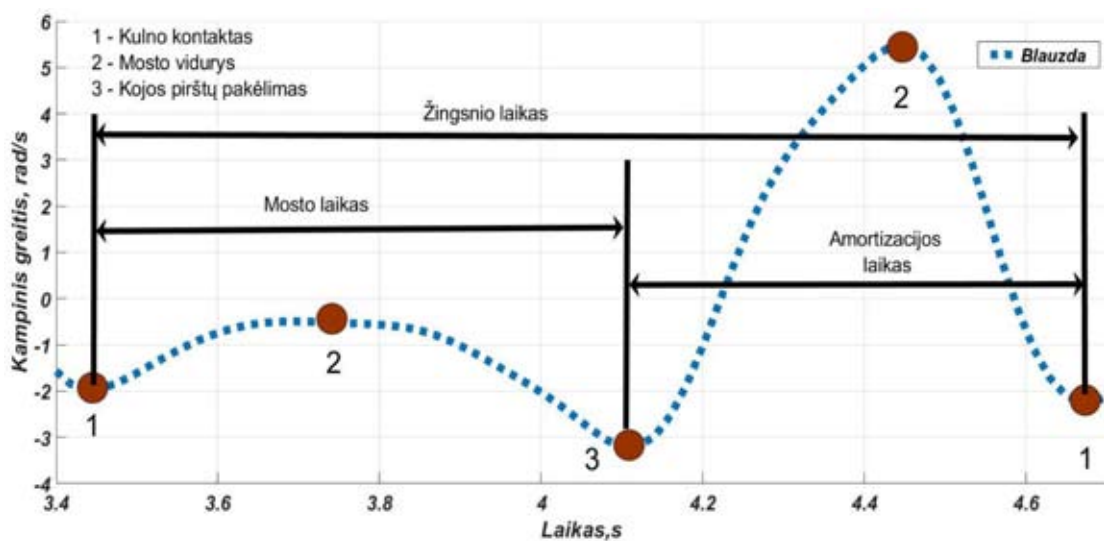
1. Tiriamųjų asmenų grupių sudarymo. Sudarytos trys tiriamųjų grupės, bendras ištyrtyjų skaičius 43, kurių amžiaus vidurkis $29,45 \pm 4,25$ (13 sveikų jaunų tiriamųjų (SJT)), $57,83 \pm 7,58$ (12, sveikų pagyvenusių tiriamųjų (SPT)) ir $60,05 \pm 8,25$ (18 sergančių PL (PL)).
2. Inercinių jutiklių tvirtinimas ant tiriamųjų asmenų apatinių galūnių. Jutikliai uždėti ant tiriamųjų asmenų blauzdų (dešinės ir kairės pusės). Tyrimo

naudoti jutikliai „Shimmer“ (Shimmer, Dublin, Ireland) turi 9 laisvės laipsnius). Jutiklių duomenys siunčiami naudojant bevielį būdą (*Bluetooth*), kurie yra išsaugomi kompiuterio atmintyje. Duomenų apdorojimui naudotas MATLAB programinis paketas.

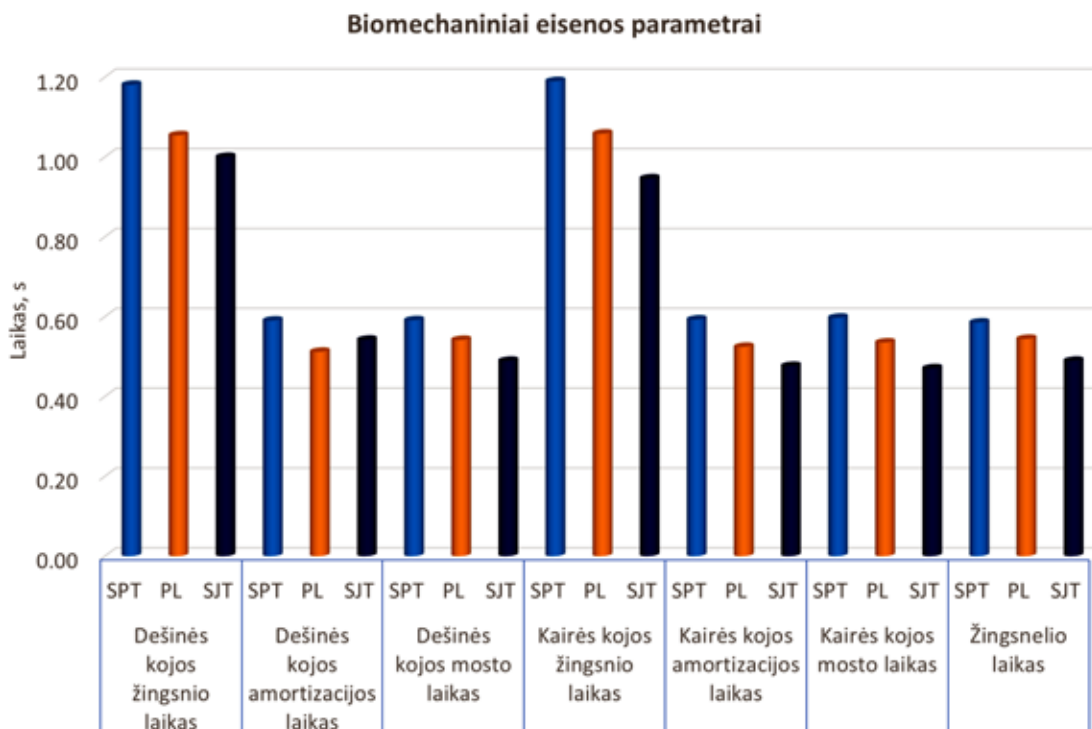
3. Biomechaniniai eisenos parametrai skaičiavimo algoritmo sudarymas. Pasirinkti šie biomechaniniai eisenos laiko parametrai: žingsnio laikas, mosto ir stovėsenos laikai. Šie parametrai apskaičiuoti naudojant kelio sąnario kampinio greičio signalą. 1 pav. pateikti biomechaniniai eisenos parametrai. Biomechaniniai eisenos parametrai yra apskaičiuojami taip: amortizacijos laikas – tarp kulno kontakto ir kojos pirštų pakėlimo, žingsnio laikas – tarp dviejų

kulno kontaktų, mosto laikas – tarp kojos pirštų pakėlimo ir kulno kontakto, tos pačios kojos (kairės ir dešinės). Prieš charakteringų taškų paiešką, kampinio greičio signalas nufiltruotas naudojant 5 – osios eilės žemų dažnių Batervoto filtrą su 5 Hz atskirtos dažniu. Norint surasti charakteringus eisenos taškus kampinio greičio signalui pritaikoma speciali funkcija, kuri aptinka didžiausias ir mažiausias vertes signale, šie taškai pavaizduoti 1 paveiksle.

4. Statistinė analizė. Statistinei analizei pritaikyta vienfaktorinė dispersinė analizė ANOVA, kurios reikšmingumo lygmuo (angl. *significance level*) $\alpha = 0,05$, kuris leidžia patikrinti nulinę hipotezę, kad biomechaniniai eisenos parametrai tarp trijų tiriamųjų grupių yra vienodi.



1 pav. Biomechaniniai eisenos parametrai ir charakteringi eisenos taškai
Šaltinis: sudaryta autoriaus



2 pav. Biomechaniniai eisenos parametrai pasiskirstymas tarp tiriamųjų grupių
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Tyrimo rezultatai

Apskaičiuoti biomechaniniai parametrai pateikti 2 paveikslė. Kaip galima matyti iš grafiko, kad duomenys tarp grupių pasiskirstę nevienodai. Mažiausi skirtumai yra tarp PL ir SJT grupių. Pritaikius ANOVA statistinę analizę surasti statistiškai reikšmingi skirtumai pateikti 1 lentelėje.

Visi pasirinkti tarp trijų grupių buvo statiškai reikšmingai, kas parodė, kad pasirinkti biomechaniniai eisenos parametrai leidžia atskirti tiriamųjų grupes tarpusavyje.

Iš pateikto grafiko galima pastebėti, kad SJT grupės laiko charakteristikos yra trumpiausios, palyginus su kitomis dvejomis grupėmis. Skirtumas tarp PL ir SPT grupių irgi pastebimas, kad jų laikai palyginus su SJT grupe yra ilgesnis, kas patvirtinta, kad žmonėms sensant ar sergant neurologine jų eisenos laiko charakteristikos ilgėja.

1 lentelė. ANOVA analizės rezultatai

Laiko parametras	Kvadratų suma	Vidurkių kvadratas	F	P reikšmė
DK* žingsnio laikas	0,215	0,107	8,027	0,001
DK amortizacijos laikas	0,044	0,022	5,081	0,011
DK mosto laikas	0,065	0,032	8,896	0,001
KK** žingsnio laikas	0,370	0,185	11,124	0,000
KK amortizacijos laikas	0,085	0,043	7,863	0,001
KK mosto laikas	0,101	0,050	12,793	0,000005

* Dešinė koja; ** Kairė koja

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Išvados

Pasirinkus biomechaninius eisenos parametrus ir atlikus statistinius skaičiavimus patvirtintas tyrimo tikslas, kad IMJ gali būti naudojamas eisenos analizėje ir tiriamųjų asmenų grupių atskyrimui tarpusavyje. IMJ naudojimas eksperimentiniuose tyrimuose leidžia sutrumpinti eksperimento laiką, nei naudojant kamerų sistemas.

Pasirinkus žingsnio, mosto ir amortizacijos laikus dešinės ir kairės kojų, leido atskirti tris tiriamųjų grupių tarpusavyje ir įvertinti trijų grupių eiseną kiekybiškai naudojant tik du uždėtus jutiklius ant tiriamųjų asmenų blauzdų.

Literatūra

Griškevičius, J., & Daunoravičienė, K. (2012). Biomechanikos praktikas 1 dalis. Laboratorinių darbų metodikos nurodymai.

Han, S. H., Kim, C. O., Kim, K. J., Jeon, J., Chang, H., Kim, E. S., & Park, H. (2019). Quantitative analysis of the bilateral coordination and gait asymmetry using inertial measurement unit-based gait analysis. *PLoS ONE*, 14(10), 1–10.

Heijmans, M., Habets, J. G. V., Herff, C., Aarts, J., Stevens, A., Kuijf, M. L., & Kubben, P. L. (2019). Monitoring Parkinson's disease symptoms during daily life: a feasibility study. *Npj Parkinson's Disease*, 5(1), 1–6.

Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: Clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 79(4), 368–376.

Kosse, N. M., Vuillerme, N., Hortobágyi, T., & Lamoth, C. J. C. (2016). Multiple gait parameters derived from iPod accelerometry predict age-related gait changes. *Gait and Posture*, 46, 112–117.

Madgwick, S. O. H. (2010). An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. *Report X-Io*, 32.

Pastorino, M., Arredondo, M. T., Cancela, J., & Guillen, S. (2013). Wearable sensor network for health monitoring: The case of Parkinson disease. *Journal of Physics: Conference Series*, 450(1).

Ūpa, O., Procházka, A., Vyšata, O., Schätz, M., Mareš, J., Vališ, M., & Mařík, V. (2015). Motion tracking and gait feature estimation for recognising Parkinson's disease using MS Kinect. *BioMedical Engineering Online*, 14(1), 1–20.

GAIT ANALYSIS USING INERTIAL SENSORS

Donatas Lukšys

Vilnius College of Technologie and Desing,
Antakalnis st. 54, LT – 10303, Vilnius

Abstract Human gait is the cyclical movements of the lower extremities that allow a person to move. When the coordinated movements of the lower extremities are disrupted, it becomes difficult for a person to walk. A person's gait can be affected by a variety of neurological diseases, such as Parkinson's disease (PD), multiple sclerosis, or various traumas. Biomechanical gait parameters such as bridge, damping, step, and step times can be used to separate study groups. Various techniques are used to record human movements. One of the basic, also called the gold standard is the video camera system with light reflecting markers. But this system is expensive and requires special space for motion registration. The alternative is small inertial sensors. These sensors are small and easy to mount on segments of the human body (legs, arms) and do not require a special room. The aim of the study is to measure the biomechanical parameters of human gait in three different study groups (healthy young, healthy elderly, and Parkinson's disease) using IMU and to demonstrate that these sensors can be used in gait analysis.

Key words inertial sensors, gait, movement, neurological diseases

VILNIAUS MIESTO GYNYBINĖS SIENOS DALIŲ IR JOS LIEKANŲ VERTINGŲ ARCHITEKTŪROS SAVYBIŲ IR MŪRO ANALIZĖ

Airida Tylienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjamos Vilniaus miesto gynybinės sienos, esančios Vilniaus senamiestyje, įtrauktame į UNESCO pasaulio paveldo objektų sąrašą, dalys ir jos liekanos. Siekiant nustatyti gynybinės sienos vertingųjų architektūros savybių ir mūro ypatumus, taikytas istorinis metodas rašytinių šaltinių analizės pagrindu bei keturių pavienių gynybinės sienos dalių ir jos liekanų vertingųjų architektūros savybių lyginamoji analizė. Analizuoti pavienių objektų tūrinės erdvinės kompozicijos elementai, konstrukcinės struktūros, architektūros tūrinės detalės, apžvelgti sienos mūrijimo specifikos ypatumai.

Pagrindiniai žodžiai: Vilniaus miesto gynybinė siena, architektūra, vertingosios architektūros savybės, mūras, konstrukcinė struktūra, tūrinė erdvinė kompozicija, architektūros detalės.

Kiekvienas miestas turi savo sienas: vidines ar išorines, vizualiai matomas ar išlikusias iki šių dienų. Kartais ir tokias, kurių formavimąsi įtakoja greitai plintantys susirgimai ar invaziniai reiškiniai, skatinantys barjerų formavimąsi ir siauresniu kontekstu – asmens ar miesto bendruomenės formuojamos vizualiosios užkardos ir sienos. Kai kuriose šalyse miestas dar jo formavimosi pradžioje suvoktas ne tik kaip atskiras, savarankiškas organizmas, bet ir tapatintas su gynybinėmis sienomis – tiek miestui, tiek gynybinei sienai įvardinti iki šiol vartojama ta pati sąvoka (Vanagas, 2003).

Šiame straipsnyje aptariama Vilniaus miesto gynybinė (fortifikacinė) siena savo inžinerinėmis savybėmis buvo viena savičiausių Europoje¹ – jos dalys ir liekanos yra dabartinio Vilniaus istorinio centro – senamiesčio, urbanistinio landsafto dalis, žyminti buvusio Vilniaus miesto kontūrą. Tad Vilniaus miesto gynybinė siena (jos dalys ir liekanos) kaip sudėtinis senamiesčio elementas, taip pat yra Lietuvos paveldo, 1994 m. gruodžio 17 d. įtraukto į UNESCO Pasaulio paveldo sąrašą², dalis. Kas 2020 m., Lietuvos Respublikos Seimo nutarimu paskelbtas UNESCO Pasaulio paveldo Lietuvoje metais, dar labiau įgauna išskirtinumo ir aktualumo (Perednienė, 2006).

Straipsnio tikslas – pristatyti Vilniaus miesto gynybinės sienos vertingųjų architektūros savybių ir mūro analizės rezultatus.

Įvadas

Vilniaus miesto gynybinė siena yra sudėtingas fortifikacinės paskirties statinys – palaipsniui įsivyravus

mūriniam statybos pobūdžiui, tokios paskirties statinių užuomazgų ir pirmųjų pavyzdžių Vilniuje būta jau XIV a. Tuo metu pagrindiniai Vilniaus statiniai buvo koncentruoti trijų pilių teritorijoje, tad poreikio statyti gynybinės miesto sienos nebuvo. Naujos konstrukcijos fortifikacinius statinius ir įrenginius pradėta statyti XVI a. ir jie apjungė pilių ir miesto gynybinius įrenginius³. XVI a. datuojamos ir išlikusios miesto gynybinės sienos dalys bei liekanos, aptariamoms ir analizuojamos šiame straipsnyje.

Leidimas kurti miestą ir savivaldos teisių suteikimas, Didžiojo kunigaikščio nurodymu XVI a. reikalavo įrengti gynybinius miesto įtvirtinimus. Dažniausiai dėl lėšų stokos miestai nebūdavo pilnai įtvirtinami ir juos supdavo tik mediniai ar iš dalies mūriniai aptvarai su vartais, perkasos ir pylimai ar kiti nesudėtingi įtvirtinimai. Impulsą statyti sudėtingesnę ir patikimesnę gynybinę sieną Vilniuje davė siekis modernizuoti miestą, jį suskirstyti kvartalais ar dalimis, t.y., atskirti gyvenamąsias ir gamybinės miesto zonas, bei poreikis surinkti kuo daugiau mokesčių ir didinti religijos įtaką⁴ mieste. Lemiamą postūmį pradėti statybas davė totorių antpuoliai į Lietuvos Didžiosios Kunigaikštystės (LDK) žemes. Miesto fortifikacinę struktūrą sudarė sienos su šaudymo angomis ir galerijomis, bokštai su šaudymo angomis ir mašikulomis⁵, perkasos, fosos⁶, bastionai, redutai⁷ bei gi-

1 Vilnius turėjo stipriai ešelonuotą gynybinę sistemą bei didžiulį pilių kompleksą ant Vilnios kalvų. Taip originaliai įtvirtintos sostinės Europoje tuo metu daugiau nebūta (Girlevičius, 2009).

2 Vilniaus istorinis centras UNESCO Pasaulio paveldo komiteto buvo įrašytas į Pasaulio paveldo sąrašą remiantis tokiais kriterijais: yra unikalus viduramžiais susiformavusio miesto, išsiskiriančio ryškia Rytų ir Vakarų kultūrų sąveika. Kelis šimtmečius miestas darė įtaką tiek politikos, tiek ir architektūros, kultūros bei mokslo raidai Rytų Europoje. Be to, Lietuvos Didžiausios Kunigaikštystės sostinė iki XVIII a. buvo kultūrinis ir religinis šalies centras (UNESCO pasaulio paveldo...,2020).

3 XV a. vyko miesto perplanavimas, kūrėsi centras su Rotuše. Vykstant intensyviai miesto plėtrai, medžio-grunto ir mediniai gynybiniai įtvirtinimai buvo ardomi ir panaudojami ūkio reikmėms, o gynybiniai grioviai užpilami buitinėmis ir statybinėmis atliekomis, pylimų liekanomis. XV a.–XVI a. pr. statant gynybinius įrenginius, gynybai pritaikyta ir nemaža dalis sakralinių pastatų bei rezidencijų, kuriose iki šiol išlikusios šaudymo angos ar lizdai ir kt. (Girlevičius, 2009).

4 Miesto sienos statyba itin rūpinosi tuometinis Vilniaus vyskupas *Vaitiekus Taboras*. Anot jo, siena galėjo padėti krikščioniams apsiginti nuo „pagonių“ (Girlevičius, 2009).

5 *Mašikula* (pranc. mâchicoulis) – anga tarp gynybinių sienų ar bokštų, gynybinės sienos kyšulys ar akmeninė galerija su anga apačioje sviediniams mėtyti, verdančiam vandeniui ar aliejui lieti, karštam smėliui pilti (*Visuotinė lietuvių enciklopedija*, 2020).

6 *Fosa* (pranc. fossé) – gynybinis griovys, įgilinta kliūtis, įrengta prieš gynybos liniją (*Visuotinė lietuvių enciklopedija*, 2020).

7 *Redutas* (pranc. redoute) – dažniausiai apskritimo ar kvadrato

lios raguvos ir pelkės, upeliai bei kiti natūralūs vandens telkiniai ar gamtiniai dariniai (Drėma, 2013; Girlevičius, 2009; *Lietuvos architektūros istorija ...*, 1988).

Vilniaus miesto gynybinės sienos statybos pradžia siejama su Lietuvos Didžiojo kunigaikščio *Aleksandro* (1461–1506) įsakymu – miestas atleistas nuo karo prievolių, patenkinus vilniečių prašymą miestą aptverti mūrine gynybine siena⁸. Gynybinės sienos projektavimo ir statybos darbai⁹ vyko 1503–1522 m.¹⁰, ką patvirtina ir apibendrinti istoriniai, archeologiniai ir kiti duomenys apie gynybinės sienos statinių komplekso statybą bei rekonstravimą. Mūro miestas baigtas juosti 1522 m., sienoje įrengus ir 5 vartus¹¹: *Medininkų* (*Aušros*), *Trakų*, *Vilijos* (*Vilnios*, *Vilniaus*), *Pilies* ir *Spaso* (*Išganytojo*). Vartų vietas nulėmė nuo seno susiformavusi kelių, vedančių iš miesto, topografija. Vėliau, 1522 m.–XVI a. pab. statyti papildomi gynybinės paskirties statiniai, įrengti *Subačiaus* ir *Rūdinkų* vartai, du gynybiniai bokštai. XVII a. pirmojoje pusėje vykdytas gynybinės sienos komplekso atstatymas ir modernizavimas, įrengti *Bernardinų*, *Totorių*, *Šv. Marijos Magdalenos* (*Šlapieji*) ir kt. vartai. XVII a. vyko miesto sienos statinių komplekso stiprinimas ir remonto darbai, XVIII a. pirmojoje pusėje–XVIII a. antrojoje pusėje – gynybinių statinių remontas. Dar vėliau organizuotas miesto sienos pritaikymas gynybai 1794 m. sukilimo metu, o 1800–1805 m. pradėti gynybinės sienos statinių griovimo¹² ir kiti statybiniai darbai išlikusiose sienos dalyse, mat po Abiejų Tautų Respublikos trečiojo padalijimo 1795 m. Vilnius prarado itin svarbaus miesto statusą¹³, tad ir gynybinė miesto siena nebebuvo iš esmės reikalinga. Gynybinės sienos statinių utilitariniai statybos, remonto, atkūrimo bei atstatymo ir išsamūs tyrinėjimo darbai pradėti tik XX–XXI a. (Baužienė, 2012; Dragašiūtė, 2008; Drėma, 2013; *Lietuvos architektūros istorija...*, 1988).

arba daugiakampės formos uždaras lauko fortifikacijos statinys, kurio statybai dažniausiai naudotas natūralus gruntas bei akmenys ir plytos (*Visuotinė lietuvių enciklopedija*, 2020).

8 Jos ribas nužymėjo Vilniaus vaivada *Mikalojus Radvila Senasis* (1450–1509).

9 Manoma, kad statybai vadovavo karališkasis fortifikatorius *Mykolas Enkingeris* (XVI a. I pusė), pagal kurio uždaro miesto mūro žiedo planą, namai, kliudantys formuoti gynybinius įtvirtinimus, turėjo būti nugriauti (*Lietuvos architektūros istorija...*, 1988).

10 Pagrindiniai statybos darbai vyko 1506–1509 m. (*Lietuvos architektūros istorija...*, 1988)

11 Vartai turėjo ne tik artilerijos bastionų paskirtį, bet ir buvo naudojami palaikyti mieste vidinę tvarką bei surinkti mokesčius: vykstantys į miesto turgų mokėdavo mokesť vartų sargybiniams arba privalėjo atvežti akmenų grindiniui arba kiaušinių sienos rišamajam skiediniui (Baužienė, 2012).

12 Išliko tik *Medininkų* vartai, garsėjantys stebuklinguoju Dievo Motinos paveikslu, ir iš esmės tie gynybinės sienos fragmentai, kurie buvo anksčiau įkomponuoti į pastatus ar valdų aptvarines sienas.

13 Kai kurie rašytiniai šaltiniai nurodo ir kitą priežastį. Anot civilinio Vilniaus gubernatoriaus *Jono Fryzelio*, miesto įtvirtinimai gadino vaizdą ir trukdė vėjui išvėdinti miestą, todėl 1799 m. rugsėjo 10 d. Rusijos imperatorius *Pavelas I* (1754–1801) įsakė sieną nugriauti (1).

Vilniaus miesto gynybinės sienos liekanų vertingųjų architektūros savybių ir mūro tyrimas

Tyrimo aktualumas ir problematika.

Nors „civilizacijos pažanga, taikymasis prie kintančių poreikių visada yra susijęs su būtinybe atnaujinti miestus, kai ką paaukoti iš senojo miesto audinio – gauti tinko užstatymo, architektūros <...> (o) be grovimų vargu ar praeityje būtų sukurtos urbanistikos ir architektūros meno vertybės“ (Vanagas, 2003, p.224), tačiau Vilniaus miesto gynybinė siena turėjo didelę įtaką vėlesnei Vilniaus miesto, jo priemiesčių ir jų užstatymo charakterio plėtotei. Tad fortifikacinių įtvirtinimų tyrimai yra svarbi miesto praeities tyrimų sudedamoji dalis. Fortifikacinio paveldo objektai yra vertinami kaip išskirtiniai, atspindintys ankstesnio laikotarpio struktūras, o Vilniaus miesto gynybinė siena (jos dalys ir liekanos) įrašyta į Lietuvos Respublikos nekilnojamojo kultūros vertybių registrą kaip išlikusių fragmentų kompleksas, siejamas bendros paminklinės teritorijos. Nepaisant to, senųjų Vilniaus gynybinių įtvirtinimų dalys ir jų liekanos iki šiol ištirtos netolygiai, dalis atliktų tyrimų duomenų nepakankamai susisteminti, yra santykinai nedaug šaltinių apie dalį Vilniaus gynybinių įrenginių: nėra tiksliai lokalizuotos dalies gynybinės sienos atkarpų, vartų statinių, bokštų vietos, nenustatytas dalies šių statinių pastatymo laikas, raidos etapai. Iš visų Vilniuje iki šiol tirtų didelių objektų kone nuosekliausiai ištirta Vilniaus Žemutinės pilies teritorija, o nauji tyrimai, paprastai net ne itin detalūs, dažniausiai atlikti tik vykdant pavienius statybos darbus senamiestyje. Tik XXI a. pradžioje atlikus Lietuvos Didžiosios Kunigaikštystės gyventojų kasdienio gyvenimo tyrimus, gauta nedidelė papildoma dalis duomenų apie atrastų gynybinių elementų paskirtį ir pobūdį – perstatant, plečiant namus šie elementai būdavo iš dalies arba išvis nuardomi, todėl menkesnės šių elementų liekanos tyrimų metu dažniausiai liko nepastebėtos ar netinkamai interpretuotos (Girlevičius, 2009; Purlys, 2019). Be to, nemaža dalis tyrimų susijusi su archeologija, istorija, socialiniais bei kultūriniais aspektais, iš dalies vertingųjų architektūros savybių tyrimus vykdant kur kas rečiau ir santūriau.

Vilniaus gynybinės sienos dalių ir jos liekanų tyrimai svarbūs ir siekiant reglamentuoti UNESCO Pasaulio paveldo miestų sąrašė esančio Vilniaus senamiesčio fortifikacinio paveldo objektų apsaugą, ir naujai įvertinti šių objektų dalinio atkūrimo ir pristatymo visuomenei galimybes (Girlevičius, 2009).

Tyrimo objektas – išlikusių Vilniaus miesto gynybinės sienos dalių ir jos liekanų architektūra bei mūro technika.

Tyrimo tikslas – išskirti Vilniaus miesto gynybinės sienos dalių ir jos liekanų architektūros vertingąsias savybes bei aptarti mūrijimo ypatumus.

Tyrimo uždaviniai:

1. išskirti pagrindinius gynybinės sienos dalių ir jos liekanų turinės erdvinės kompozicijos elementus;

2. apibūdinti svarbiausias gynybinės sienos dalių ir jos liekanų konstrukcines struktūras;

3. įvardinti būdingąsias gynybinės sienos dalių ir jos liekanų architektūros tūrinės detales;

4. įvardinti gynybinės sienos dalių ir jos liekanų mūrijimo technikas bei specifiką.

Tyrimo metodai: istorinis metodas rašytinių šaltinių analizės pagrindu, pavienių gynybinės sienos dalių ir jos liekanų vertingųjų architektūros savybių ir mūro lyginamoji analizė.

Tyrimo imtis ir atrankos kriterijai.

3,2–3,5 km ilgio, iki 6,5–7,0 m aukščio Vilniaus miesto gynybinė siena juosė apie 100 ha plotą ir ėjo nuo Žemutinės pilies pietvakarinio kampo, greta dabartinių Universiteto, Šventaragio, L.Stuokos-Gucevičiaus gatvių sankirtos. Nuo senosios Vilnelės vagos iki Medininkų vartų siena mūryta ant Vingrės (Kačergos) upelio dešinio kranto, gilų upės slėnį paliekant kaip gynybinį griovį. Toliau į šiaurės rytus ir šiaurę bei išilgai Vilnios dešiniojo kranto iki Vilnios senvagės Sereikiškėse (dabartinių teniso kortų) ir t.t. (žr. 1 pav.).

Šiai dienai apie 35 proc. miesto gynybinės sienos linijos nebeatsekama, 15 proc. išlikę dabartinių statinių tūriuose arba yra jų sklypų kontūrų riba, 15 proc. formuoja gatvių liniją, 35 proc. dar būtini archeologiniai, istoriniai ir architektūriniai tyrimai, avarinės būklės šalinimo, liekanų konservavimo ir restauravimo darbai, pėsčiųjų ir transporto srautų gynybinės aplinkoje specialiųjų planų rengimas (Perednienė, 2006). Tad lyginamajai analizei vertingųjų architektūros savybių

ir mūrijimo ypatumų atžvilgiu atrinkti 4 segmentiniai objektai – pavienės, geriausios iki dabar išlikusios Vilniaus gynybinės sienos dalys ir jų liekanos.

Tyrimo metu pagal iš anksto numatytus vertinimo-lyginimo kriterijus analizuoti šie objektai:

1. Vilniaus miesto gynybinės sienos atkarpos tarp Trakų–Rūdninkų vartų šiaurinės dalies liekanos (Pylimo 26, 28, 30, Vilnius);

2. Vilniaus miesto gynybinės sienos atkarpos tarp Trakų–Rūdninkų vartų pietinės dalies liekanos (Pylimo g. 38, Vilnius);

3. Rūdninkų vartų–Apvaliojo bokšto gynybinės sienos dalies liekanos (Pylimo 50, 54, Vilnius);

4. Vilniaus miesto gynybinės sienos Medininkų, Aušros-Subačiaus vartų gynybinės sienos dalis (Aušros Vartų 8, 10, Vilnius).

Objektų atrankos kriterijai. Visi lyginamajai analizei atrinkti objektai pasižymi tam tikromis bendromis savybėmis ar požymiais:

- turi valstybės saugomo objekto statusą;
- pagal reikšmingumo lygmenį yra nacionalinės reikšmės;
- įtraukti į nekilnojamojų kultūros vertybių registrą;
- pagal sandarą priskiriami į kompleksą įeinančioms vertybėms;
- pagal vertingųjų savybių pobūdį yra ne tik architektūriniai, bet ir archeologiniai, inžineriniai bei istoriniai.

Vilniaus miesto gynybinės sienos atkarpos tarp Trakų–Rūdninkų vartų šiaurinė (Pylimo 26, 28, 30 Vilnius) bei pietinė (Pylimo g. 38, Vilnius) dalis ir Rū-



1 pav. Vilniaus gynybinių įtvirtinimų planas, sudarytas 1648 m. Lietuvos didžiojo kunigaikščio karo inžinieriaus pulkininko Frydricho Getkanto (1602(1604)–1666)

Šaltinis: Interaktyvi lietuvių kalbos..., 2020



2 pav. Vilniaus miesto gynybinės sienos atkarpos tarp Trakų–Rūdninkų vartų šiaurinės dalies liekanos
Šaltinis: Kultūros vertybių registras, 2020



3 pav. Vilniaus miesto gynybinės sienos atkarpos tarp Trakų–Rūdninkų vartų pietinės dalies liekanos
Šaltinis: Kultūros vertybių registras, 2020



4 pav. Rūdninkų vartų–Apvaliojo bokšto gynybinės sienos dalies liekanos
Šaltinis: Kultūros vertybių registras, 2020

dninkų vartų–Apvaliojo bokšto gynybinės sienos dalis (Pylimo 50, 54, Vilnius) datuojama XVI a. per., maždaug 1503–1522 m., kaip ir visa gynybinė siena (žr. 2–3 pav.). XVII a. pr. sienos atkarpa rekonstruota, užstatytas antro aukšto tarpsnis, remontuota 1662–1663 m., 1675 m. ir 1794 m. Paskutinį kartą gynybai panaudota 1794 m. sukilimo metu. Greta sienos buvę sklypai priklausė miestiečiams, kurie netrukus ėmėsi statyti namus šalia ar inkorporuodami gynybinę sieną į savo statomus namus. Pavyzdžiui, Pylimo g. 30 gyvenamajame name „slepiasi“ XVI a. miesto gynybinės sienos mūras – seniausia ir vertingiausia šio pastato dalis: rūsiuose rastas 41 m ilgio gotikinės miesto gynybinės sienos pamatas, o antrame aukšte matomos buvusios šaudymo angos, kurių dauguma buvo panaikintos įrengiant naujus langus. 1800 m. nugriovus pietrytinėje dalyje buvusius Rūdninkų vartus ir 1805–1808 m. atsiradus pirmoms pralaužoms sienoje, pradėta statyba ir pietinėje gynybinės sienos pusėje (Kultūros vertybių registras, 2020; Lietuvos architektūros istorija..., 1988).

Apie 1522 m. pastatyti mūriniai Rūdninkų vartai, iki XVIII a. laikyti reprezentaciniais miesto vartais. Nuo 1610 m. minimas gynybinės sienos posūkyje stovėjęs Apvalusis bokštas ir dabartinės Pylimo g. važiuojamojoje dalyje buvusi Vingrio-Kačergos upelio atšaka formavo miesto užkardas – vakarinių miesto įtvirtinimų sistemoje Rūdninkų vartai kartu su Apvaliuoju bokštu (žr. 4 pav.) vaidino didžiausią vaidmenį. Vartai remontuoti 1662 m., 1675 m., o 1800 m. nugriauti (Kultūros vertybių registras, 2020).

Vilniaus miesto gynybinės sienos Medininkų, Aušros-Subačiaus vartų gynybinės sienos dalis Medininkų vartų rytinėje pusėje statyta XVI a. pirmame ketvirtyje, apie 1503–1522 m., nors architektūriniai tyrimai parodė, kad pirminė užstatymo struktūra susiformavo dar gotikinės statybos laikotarpiu. Ši gynybinės sienos dalis priklauso vienai ilgiausių išlikusių miesto sienos atkarpų – ilgiausia išlikusi sienos atkarpa yra apie 215 metrų prie Aušros vartų, Šv. Dvasios, M. Daukšos gatvių. Atkarpa tarp Medininkų ir Subačiaus vartų buvo pritari-



5 pav. Vilniaus miesto gynybinės sienos Medininkų, Aušros-Subačiaus vartų gynybinės sienos dalies liekanos
Šaltinis: Kultūros vertybių registras, 2020

kyta artimai gynybai, šios sienos dalies architektūros formos buvo itin raiškios, mūras netinkuotas. Sienos viršuje būta angų ir mašikulų eilės, mašikulų akutės rėmėsi į laiptuotus kronšteinus, gilios nišos sudarė kontrastą su lygia siena. Dalis sienos 1633 m. išplečiant Basųjų karmelitų vienuolyno teritoriją nugriauta arba permūryta toliau į pietinę pusę (*Kultūros vertybių registras, 2020; Lietuvos architektūros istorija...*, 1988; Purlys, 2019).

Objektų vertinimo-lyginimo kriterijai. Lyginamajai analizei atrinkti objektai analizuoti pagal 3 pagrindinius vertinimo-lyginimo kriterijus, kurie svarbūs atskleidžiant statinio dalies (ar jų liekanų) vertingąsias architektūros savybes:

- tūrinės erdvinės kompozicijos elementai;
- konstrukcinės struktūros, priklausančios nuo statinio paskirties ir darančios įtaką statinių formai;
- architektūros tūrinės detalės.

Atsižvelgiant į tai, kad XVI a. pr. ir XVII a. pirmosios pusės gynybinės architektūros statiniai Lietuvoje turi gotikos ir renesanso bruožų, mūro ypatumams išskirti analizuota XVI a. fortifikacinėje architektūroje vyravusi gotikinio-renesansinio mūrijimo specifika: pagrindiniai konstrukciniai sprendiniai, plytų rišimo būdas ir technika.

Lyginamajai analizei atrinktų objektų architektūros vertingųjų savybių suvestinė pateikta 1 lentelėje, mūrijimo ypatumai – 2 lentelėje.

Apibendrinant išskirtas analizuotų objektų vertingąsias architektūros savybes matyti, kad kiek galima spręsti iš išlikusių sienos dalių ir liekanų fragmentų, Vilniaus miesto gynybinė siena buvo savita, atspindinti skirtingų karybos taktikų priešpriešą. Dažniausiai linijinio plano gynybinės sienos architektūrinės erdvinės kompozicijos elementai išsidėstę sulig dabartinių statinių fasadais, rūsių sienose, pamatų ir cokolinės dalies liekanose. Konstrukcinėms struktūroms būdingiausi lauko akmenų ir keraminių plytų mūro pamatai ir keraminių plytų mūro sienos. Architektūros tūrinės detalės reiškiasi daugiausiai per pusapvalių, segmentinių ar arkinių sąramų (šaudymo) angas ir lizdus, juos papildant mašikulomis, galerijomis ar kitais architektūros elementais (kontraforsais, frontonais ir kt.). Šaudymo angų įvairovė patvirtina ir apie sparčią tuometinės ginkluotės kaitą – nuo lanko ir arbaletos iki

parakinio šaunamojo ginklo.

Analizuojant lyginamajai analizei atrinktus objektus pagal vertingąją architektūros savybę *konstrukcinės struktūros*, pastebėta, kad dažniausiai Vilniaus gynybinės sienos išlikusiose dalyse ar sienos liekanose vėrauja lauko akmenų ir keraminių plytų mūro pamatai ir keraminių plytų mūro sienos. Tai patvirtina ir XX a. vykdytų archeologinių tyrinėjimų rezultatai, gauti apžiūrėjus dažniausiai iš ankstyvojo miesto gynybinės sienos statybos etapo aptiktas pamatinės gynybinės sienos dalis. Pagal gynybinių elementų kompoziciją gynybinė siena priskirtina „bokštinei“ viduramžiškai Europos miesto gynybos sistemai. Gynybinės sienos pamatai juostiniai, jų ir apatinės sienų dalies statybai naudoti rieduliai, tarpus tarp akmenų eilių užpildant plytomis ar jų dalimis (kartais čerpėmis kaip gamybos broku) ir rišant kalkių skiediniu. Apatinės pamatų dalys įgilintos iki 0,6–1,4 m gylio, o vietose kur gruntas ne itin tinkamas statybos darbams, po sienos mūro pamatu klotas pagrindas iš medinių konstrukcijų. Statybai naudotos gotikinių proporcijų plytos, kelių formatų, 9–11 cm storio, dažniausiai tamsiai raudonos ar geltonos spalvos (rečiau rudos, gelsvai rudos spalvos). Jos rištos gotikiniu plytų rišimo (mūrijimo) būdu su aukštos kokybės kalkių skiediniu, dažnai papildytu grūstų plytų priemaiša (Girlevičius, 2009). Tyrinėtose Vilniaus gynybinės sienos atkarpose jos aukštis, storis, šaudymo angų forma, dydis ir išdėstymas yra tapatūs, tai patvirtina faktą, kad siena statyta pagal vieningą projektą. Jos vidutinis aukštis – 6,5–7,0 m, storis ties pamatais – 0,9–1,4 metro, virš pamatų – 0,7 m¹⁴, kai XIII–XIV a. daugelio Europos fortifikacinių įrenginių – ne mažesnis 2–2,5 metro.

XVI a. Lietuvos architektūroje gotika palaipsniui vis labiau persipynė su Renesanso idėjomis, o ir Vilniaus gynybinė siena pradėta atnaujinti, remontuoti, statyti nauji fortifikaciniai sienos statiniai ar elementai. Tad kai kuriose gynybinės sienos vietose pastebimos nebe ankstyvajam statybos etapui būdingos mūrijimo tendencijos ir technikos, o nauji sprendiniai. Įsivyraviant Renesanso idėjoms, palaipsniui statybose imta mažiau naudoti akmenis, ir vis dažniau naudotas mišrus mūrijimas, kai mūryta iš akmenis ir plytų, ypač

14 Sienos storis dėl pasikeitusių ginklų buvo nebe toks svarbus, nes iš esmės siena statyta apsaugoti nuo blogai ginkluotos, bet smarkias atakas rengusios totorių armijos.

1 lentelė. Objektų architektūros vertingųjų savybių analizės suvestinė

Eil. Nr.	Objektas	Architektūros vertingosios savybės		
		Architektūrinės erdvinės kompozicijos elementai	Konstruktinės struktūros	Architektūros tūrinės detalės
1.	Vilniaus miesto gynybinės sienos atkarpos tarp Trakų–Rūdninkų vartų šiaurinės dalies liekanos (Unikalus kodas nekilnojamojo kultūros vertybių registre – 25157)	gynybinės sienos atkarpos tarp Trakų ir Rūdninkų vartų šiaurinės dalies liekanos sūlig pastatų Pylimo g. 26, 28, 30, 32, 34, 36 vakariniais fasadais, gynybinės sienos atkarpos liekanos pastatų Pylimo g. 30 vakarinio fasado pietinėje dalyje ir Pylimo g. 26 šiaurinio rūšio vakarinėje sienoje	lauko akmenų ir keraminių plytų mūro pamatas, keraminių plytų mūro siena	pusapvalių sąramų (šaudymo) angos (dalis angų užmūryta, dalis jų pažeista sienoje iškartant pastato langus Pylimo g. 30)
2.	Vilniaus miesto gynybinės sienos atkarpos tarp Trakų–Rūdninkų vartų pietinės dalies liekanos (Unikalus kodas nekilnojamojo kultūros vertybių registre – 25158)	gynybinės sienos pietinės dalies fragmentai (linijinio plano gynybinė siena išsidėsčiusi išilgai dabartinio kvartalo vidurio, prie teritorijos pietryčių ribos šliejosi Rūdninkų vartai)	lauko akmenų ir keraminių plytų mūro pamatai, lauko akmenų ir keraminių plytų mūro sienos	segmentinių, arkinių sąramų šaudymo lizdai ir angos, mašikulos ir jų liekanos, pirmo pastato kieme esančios gynybinės sienos atkarpos medinių konstrukcijų šaulių galerijos su dvišlaičiu stogu
3.	Rūdninkų vartų–Apvaliojo bokšto gynybinės sienos dalies liekanos (Unikalus kodas nekilnojamojo kultūros vertybių registre – 25159)	gynybinės sienos pietvakarinės dalies fragmentai su Rūdninkų vartų ir Apvaliojo bokšto liekanomis (linijinio plano gynybinė siena jungė Rūdninkų vartus ir Apvalų bokštą), išliko sienos fragmentai inkorporuoti į pastatų ugniasienes ir pastatų Pylimo gatvės fasadus, požeminėje dalyje užfiksuoti Rūdninkų vartų ir Apvaliojo bokšto pamatų ir cokolinės dalies liekanos	lauko akmenų ir keraminių plytų mūro pamatai kiauštinės konstrukcijos (masyvūs netašyti akmenys, tarpusavyje rišti balkšvos spalvos, trapiu kalkiniu skiediniu su smulkiais akmenėliais)	segmentinių sąramų šaudymo lizdų ir šaudymo angos (XIX a. šaudymo angos Pylimo g. 50 buvo užmūrytos, kai kurios angos pažeistos arba sunaikintos, rekonstrukcijų metu sienoje iškartant langus)
4.	Vilniaus miesto gynybinės sienos Medininkų, Aušros–Subačiaus vartų gynybinės sienos dalis (Unikalus kodas nekilnojamojo kultūros vertybių registre – 25161)	Vilniaus miesto gynybinių įtvirtinimų pietrytinės dalies lenkto plano siena Medininkų vartų rytinėje pusėje, tiesaus plano siena, jos fragmentai prie Subačiaus vartų liekanų	lauko akmenų mūro pamatai, lenktos sienos dalies arkiniai pamatai, lauko akmenų ir keraminių plytų mūro sienos	pusapvalių segmentinių sąramų šaudymo lizdai ir šaudymo angos, šaulių galerijos sijų lizdai, mūrinis kontraforsas vidinėje sienos pusėje, šiaurinės atkarpos dalyje, tinkuotų plytų mūro portalas, rėminantis segmentinės sąramos vartų angą ir susidedantis iš trikampio frontono su profiliuotais karnizais ir angos profiliuoto archivolto su spyra, pusapvalės sąramos vartų anga, segmentinė sąramos vartų anga

Šaltinis: Kultūros vertybių registras, 2020

2 lentelė. Gotikinio-renesansinio mūrijimo palyginimas

Stilius, amžius	Pagrindinės vizualinės charakteristikos	Rišamoji medžiaga	Rišimo būdas	Plytos	Pastabos
Gotika XIV–XVI a.	Lauko rieduliai su plytų priemaišomis, plytų mūras su ir be lauko akmenų, kiautinė konstrukcija (sienų paviršiuje plytų kiautas, pusės ar vienos (kartais pusantrų) plytos storio, viduje – lauko akmenys)	Kalkių skiedinys (1:0,5/1:1,3) su smėliu ar kitais hidrauliniais priedais	Baltiškasis, gotikinis	Degtos, molio/ molio su priemaišomis 29,5–32,5x14–16x8,5–9,5 l/b>2	3–4 cm storio, rievėtos siūlės, plytos su 2–5 mm gilumo braukomis, stambus užpildas su baltais tarpais
Renesansas XVI–XVII a.	Akmenų ir plytų mūras (neretai viena eilė akmenų, dvi – plytų), plytų mūras, masyvus, kiautinis, dažniausiai tinkuotas	Kalkių skiedinys (1:1/1:1,5) su smulkiu, vidutinio rūpumo smėliu, plytų trupiniais ar kitais hidrauliniais priedais	Renesansinis (granadinis, kryžminis)	Degtos, molio/ molio su priemaišomis 28x14x7 h/b/l=1:2:4	2 cm storio siūlės, netinkuotame paviršiuje gotikinė perriša, plytos su 1–5 mm gilumo braukomis

Šaltinis: Lietuvos architektūros istorija..., 1988

pamatams ir rūsijų sienoms. Faktiškai atsisakyta profilinių plytų, nors mūrijant Vilniaus gynybinę sieną jos ir nelabai naudotos, palaiptai pereita prie plytų mūro ir sienų tinkavimo. Plytos naudotos labai įvairių formų, gerokai plonesnės nei gotikos laikotarpiu, rištos kalkių skiediniu kaip rišamosios medžiagos nenaudojant gipso, o pačius skiedinius gaminant „liesesnius“ nei gotikos laikotarpiu.

Apibendrinant galima teigti, kad Vilniaus gynybinės sienos statybos metu buvo naudojamas tiek kiautinis mūrijimo būdas, tiek mišrus, kai viena eilė mūrijama akmenimis, o kitos kelios – tik plytomis. Pagrindinėmis statybinėmis medžiagomis, nors ir skirtingų dydžių bei formų, buvo akmenys ir plytos, kurios rištos tiek gotikiniu, tiek renesansiniu plytų rišimo (mūrijimo) būdu, naudojant skirtingos kokybės skiedinį.

Apibendrinti duomenys apie gotikai ir Renesansui būdingas pagrindines vizualines mūro charakteristikas, plytų ypatumus, mūro rišimo medžiagas ir būdus, pateikti 2 lentelėje.

Išvados

1. Dažniausiai linijinio plano gynybinės sienos architektūrinės erdvinės kompozicijos elementai išsidėstę sulig dabartinių statinių fasadais, rūsijų sienose, pamatų ir cokolinės dalies liekanose;

2. Konstrukcinėms struktūroms būdingiausi lauko akmenų ir keraminių plytų mūro pamatai ir keraminių plytų mūro sienos;

3. Architektūros tūrinės detalės reiškiasi daugiausiai per pusapvalių, segmentinių ar arkinių sąramų (šaudymo) angas ir lizdus, juos papildant mašikulomis, galerijomis ar kitais architektūros elementais;

4. Naudojamas tiek kiautinis mūrijimo būdas, tiek mišrus, mūryta skirtingų dydžių ir storio plytomis, jos rištos gotikiniu ir renesansiniu plytų rišimo (mūrijimo) būdu, naudojant skirtingos kokybės skiedinį.

Literatūra

- Baužienė, Morta. (2012). *Pasižvalgymas po senojo Vilniaus mūrų*. Vilnius: Paveldas. ISBN978-9986-420-89-7.
- Dragašiūtė, Rūta. (2008). Vilniaus gynybinės sienos ir jos priklausinių būklė. *11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, 2008-04-02-04, straipsnių rinkinys* [interaktyvus]. 2008 [žiūrėta 2020 m. spalio 24 d.]. Prieiga per internetą: <https://docplayer.net/60111244-Vilniaus-gynybinės-sienos-ir-jos-priklausinių-būklė.html>.
- Drėma, Vladas. (2013). *Dingęs Vilnius*. Versus Aureus. ISBN: 9789955344018.
- Girlevičius, Linas. (2009). *Gynybiniai įrenginiai XIV–XVIII a. Vilniuje*. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas.
- Interaktyvi lietuvių kalbos, literatūros (kultūros) ir Lietuvos istorijos mokymosi šaltinių duomenų bazė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020 m. spalio 24 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.xn--al-tiniai-4wb.info/files/istorija/id00/Vilniaus_gynybin%C4%97_siena_\(pagal_1648_m._plan%C4%85\).ID0610.jpg](http://www.xn--al-tiniai-4wb.info/files/istorija/id00/Vilniaus_gynybin%C4%97_siena_(pagal_1648_m._plan%C4%85).ID0610.jpg)
- Kultūros vertybių registras*. (2020). [interaktyvus]. [žiūrėta 2020 m. spalio 24 d.]. Prieiga per internetą: <https://kvr.kpd.lt/#/>
- Lietuvos architektūros istorija I. Nuo seniausių laikų iki XVII a. vidurio*. Vilnius: Mokslas, 1988. ISBN-10: 5420005832.
- Perednienė, Dalia. (2006). *Patvirtinta Vilniaus miesto gynybinės sienos paveldotvarkos programa iki 2009 metų* [interaktyvus], [žiūrėta 2020 m. spalio 15 d.]. Prieiga per internetą: <https://straipsniai.lt/kultura/patvirtinta-vilniaus-miesto-gynybinės-sienos-paveldotvarkos-programa-iki-2009-metu/>.
- Purlys, Evaldas. (2019). Gynybiniai Vilniaus miestiečių XV–XVII a. posesijų įtvirtinimai. *Acta Academiae Artium Vilnensis*, 92-93, p. 402-433. ISBN 978-609-447-324-1.
- UNESCO pasaulio paveldo objektai Europoje*. (2020). [interaktyvus] [žiūrėta 2020 m. spalio 24 d.]. Prieiga per internetą: https://lt.wikipedia.org/wiki/S%C4%85ra%C5%A1as:UNESCO_pasaulio_paveldo_objektai_Europoje.
- Vanagas, Jurgis. (2003). *Miesto teorija*. Vilnius: Vilniaus dailės akademijos leidykla, ISBN: 9986571855.
- Visuotinė lietuvių enciklopedija*. (2020). [interaktyvus]. [žiūrėta 2020 m. spalio 24 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.vle.lt/>.

**ANALYSIS OF VALUABLE
ARCHITECTURAL PROPERTIES AND
MASONRY OF PERTINENTS OF THE
VILNIUS DEFENSE WALL**

Airida Tylienė

*Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnio str. 54, LT-10303 Vilnius*

Annotation. This article analyzes the pertinents of the Vilnius defense wall in the Vilnius old town, which is included in the UNESCO world heritage list. To determine the valuable archi-

tectural properties and masonry peculiarities of the Vilnius defensive wall, research methods were applied: historical method based on the analysis of written sources and a comparative analysis of the valuable architectural properties of the four objects of the defensive wall. Elements of the volumetric spatial composition, structural structures and architectural volumetric details of four objects were analyzed and peculiarities of the specifics of wall masonry were reviewed.

Key words: Vilnius defensive wall, architecture, valuable architectural properties, masonry, structural structures, volumetric spatial composition, architectural details.

MENINIO PROFILIO STUDENTŲ PATIRIAMOS PATYČIOS AKADEMINĖJE ERDVĖJE

Ramunė Čekuolytė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g.54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Straipsnyje aptariama patyčių samprata ir jos poveikis asmeniui patyrusiam patyčias, taip pat apie patyčių veiksmus ir galimybes joms įvykti akademinėje erdvėje. Atliktas tyrimas, kuris parodė koku mastu vyksta patyčios akademinėje erdvėje Lietuvoje tarp meninio ir socialinio profilių studentų. Buvo paminėtos dažniau vykstančios verbalinės patyčios, taip pat dažnai pasitaikančios patyčių patirtys tarp studentų ir dėstytojų. Tyrime dalyvavo skirtingų specialybių meninio ir socialinio profilių studentai (N=66). Paminėtina, kad akademinėje erdvėje apie patirtas patyčias pažymėjo 24 studentai (36,4%). Patiriantys patyčias paminėjo 24,2% socialinio profilio ir 48,5% meninio profilio studentų. Tyrimo išvados teigiama, kad meninio profilio studentai tiek dalyvavimą patyčių veiksmu, tiek patyčių patyrimą akademinėje erdvėje minėjo reikšmingai dažniau ($p = 0,046$, $p < 0,05$) nei socialinio profilio studentai.

Reikšminiai žodžiai: patyčios, meninio ir socialinio profilio studentai, akademinė erdvė.

Įvadas

Patyčios akademinėje erdvėje dažniausiai aptinkamos verbalinės, ironiškai pašiepiant studento asmenines savybes ar veiksmus, ir rečiau – neverbalinės (socialinė atskirtis, fiziniai veiksmai ir pan.). Kaip teigia Aaron (2015), itin jautrus asmuo turi padidintą jautrumą aplinkai, estetiniams pojūčiams, kas sudaro puikias sąlygas kūrybai. Tačiau padidintas jautrumas neleidžia objektyviai priimti realybės, kai pastaroji dažnai iškreipiama padidinto ego (Juškevičius, 2016). Studijų Vilniaus universitete metu atlikau tyrimą, kuriame apklausus Lietuvos muzikos ir teatro akademijos studentus (N = 73) išsiaiškinau, jog 34,3% (N = 28) patyrė vienokias ar kitokias patyčias. Tačiau tyrimai rodo, kad patyčių veiksmai gali būti interpretuojami skirtingai ir ne visuomet suvokiami kaip patyčios. Suvokimo skirtumus gali lemti asmenybės bruožai, ankstesnė patyčių patirtis, įsitraukimas į patyčių veiksmą, patyčių veiksmo vaidmens pasirinkimas ir pan. (Forsberg, 2016).

Tyrimo tikslas: išsiaiškinti ir palyginti kaip dažnai patiria patyčias akademinėje erdvėje meninio ir socialinio profilio studentai.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apžvelgti patyčių veiksmo sampratą;
2. Išanalizuoti patyčių reiškinių akademinėje erdvėje;
3. Atlikti tyrimą tarp meninio ir socialinio profilio studentų, siekiant išsiaiškinti patiriamų patyčių dažnumą.

Tyrimo objektas: Lietuvos muzikos ir teatro akademijos (aktorinio meistriškumo), Vilniaus dailės akademijos (tapybos) ir Vilniaus universiteto (psichologijos ir ekonomikos) antro-ketvirto kurso studentų grupės (N = 66). Tyrimo metodas: dalyviams pateiktas bendro pobūdžio klausimai apie patirtas patyčias akademinėje erdvėje.

1. Patyčių samprata

Kalbant apie patyčias, labai svarbu suprasti kokį reiškinių galime vadinti patyčiomis, ir kokius veiksmus

interpretuoti kaip vykstančias patyčias. Kaip jau aišku, patyčių apibrėžimas nėra vienareikšmis. Apibrėžimas priklauso nuo asmenų požiūrio ir konteksto, kuriame vyksta patyčios. Ne visuomet vienas ir tas pats veiksmas gali būti įvardintas kaip patyčios. Kurto Lewino socio-ekologinė sistemoje žmogaus elgesys – tai individo sąveika su jo funkcija ir aplinka. Tiesą sakant, pirmaisiais aštuoniolika, ar daugiau, žmogaus gyvenimo metų suaugusieji formuoja ir daro įtaką socialinei ekologijai, kurioje vystosi vaikai ir paaugliai. Asmenų sąveika jų platesniame socialiniame kontekste turi stiprią psichologijos, sociologijos, antropologijos ir etiologijos istoriją (Einarsen, Matthiesen & Mikkelsen, 1999). Socialinės-ekologinės struktūros požiūriu į patyčias žiūrima kaip į atsirandančias dėl individualios, fizinės aplinkos, institucinių, vietos bendruomenės, kultūrinių ir socialinių veiksnių (Swearer & Doll, 2001). Moksliniai straipsniai apibūdina patyčias kaip ilgalaikį, pakartotinį, tiesioginį ar netiesioginį agresyvų veiksmą, orientuotą į tikslinį asmenį (Monks et al., 2009; Olweus 1997). Be to, yra įrodymų apie neigiamą poveikį aukos gerovei, kas tampa pagrindiniu argumentu, jog patyčios iš tiesų yra tai apie ką kalba Olweus (1997) pateikdamas patyčių apibrėžimą, „vieno studento veiksmai, nukreipti į vieną ar daugiau kitų studentų arba mokymo ar administracijos personalą, pakartotinai ir neigiamai veikiančys auką“ (Monks et al., 2009). Norint geriau suprasti patį priekabiavimo ar patyčių reiškinių, ir kas yra tie neigiami veiksmai reiktų išsiaiškinti ir aptarti tyčiojimosi formas ir būtent kokių rūšių veiksmai yra kuriuos vadiname patyčiomis. Paprastai patyčių elgesys skirstomas į penkis tipus (fizinis, socialinis/santykių, žodinis, seksualinis ir kibernetinis) (Christensen & Taylor, 2012). Trenkimas, spardymas, pliaukštelėjimas, suspaudimas, įkandimas, pastūmimas ar apspjovimas yra laikomi fizinių patyčių formomis, atsirandančiomis patyčių skriaudėjo ir aukos sąveikos metu. Nežodinės tiesioginio patyčių formos gali būti netinkamas lytėjimas ar nerimą keliantis artumas. Neverbalinės netiesioginės patyčios gali būti,

pavyzdžiui, asmens išvartymas už grupės ribų (Kauppi & Pörhölä, 2010). Socialinės/santykių patyčias apibūdina atstūmimas ar izoliacija, veiksmų ignoravimas, vengimas ar tyčinis privertimas kitus jaustis nepageidaujamais ar sugniuždytais socialinėje aplinkoje ar grupėse. Verbalinės patyčios sukelia nerimą ir gėdą dėl erzino, grasinimų ar bauginimo (Christensen & Taylor, 2012). Plačiau aptariant verbalinių patyčių reikšmę (žodinės, rašytinės patyčios) – ironija, gąsdinimas ar valdžios demonstravimas, pravardžiavimas, pašiepiamos vidinės ar fizinės savybės ir t.t. (Girdvainis ir Pocevičienė, 2009). Dažnai patyčios „įvelkamos“ į ironijos formą, pašiepiama lyg juokaujant, nelinkit nieko blogo, tačiau tai atliekant ypač viešai sukelia neabejotiną psichologinį efektą. Taip pat gali būti ir socialinė manipuliacija (pvz., veido mimikos, vengiant žodinio kontakto) (Sinkkonen, Puhakka & Merilainen, 2012). Nepageidaujamas seksualinis fizinis kontaktas, seksualiniai komentarai apie orientaciją ar veiklą (įskaitant anekdotus) ir nepageidaujami seksualinių veiksmų, ženklų demonstravimai yra laikomi seksualinėmis patyčiomis, nepriklausomai nuo lyties (Christensen & Taylor, 2012). Mokslininkai seksualines, normatyvines ir homofobines patyčias įvardija kaip problemine patyčių grupe (Forsberg, 2016; cit. Rivers & Duncan, 2013). Na ir dar viena patyčių grupė, kai technologinių priemonių naudojimas priešiškam elgesiui prieš asmenį ar grupę, apibūdina elektronines patyčias (Christensen & Taylor, 2012).

Taip pat pastebėtina, kad patyčios gali vykti tiek nukreiptos vieno asmens į kitą asmenį ar grupę asmenų, tiek ir grupės į vieną asmenį ar į grupę (Olweus, 1997). Ypatingai jei kalbame apie dėstytojų patyčias studentų atžvilgiu. Galios klausimas minimas Olweus apibrėžime, tačiau valdžios santykiai iš esmės nebuvo ištirti ir ypač tai, kaip pats mokslas prisideda prie patyčių gyvavimo (Walton, 2005; Horton, 2011). Sakoma, kad skiriamas didelis dėmesys individui užgožia nepaisomas institucinių veiksmų svarbą, galinčią palaikyti ir sustiprinti agresiją arba atvirkiškumą – ją nuslopinti (Walton, 2005). Patyčios gali būti išprovokuotos kaip reakcija į institucinius veiksmus mokymosi įstaigoje (Horton, 2011). Taigi, patyčių reiškiniai yra komplikuoti socialiniai mainai tarp asmenų, bendraamžių grupių ar dar platesnės socialinės aplinkos (Swearer & Hymel, 2015). Ir ką būtina paminėti apie patyčias, kad tai visada yra sistemingas ir sąmoningas veiksmų būdas.

Kodėl taip svarbu įvardinti kas yra patyčios? Būtent įsisaugantis koks veiksmas būtų laikomas patyčių veiksmu galima imtis jį apribojančių veiksmų. Reiktų pažymėti, kad patyčių poveikis jauno žmogaus mąstyme turi ganėtinai stiprų poveikį ir neigiamas savęs suvokimas yra lemiamas elementas, numatantis dalyvavimą tiek patyčių aukos, tiek skriaudėjo veiksmų procese (Marsh et al., 2016). Klinikiniai stebėjimai vaizdavo aukas kaip kenčiančias nuo socialinės izoliacijos ir netinkamo reguliavimo, psichosomatinų ligų, depresijos, komplikacijų, bejėgiškumo, pykčio,

nerimo ir nevilties (Leymann, 1996). Leymann pastabas palaikė Mikkelsen ir Einarsen (2002), kurie teigė, kad kitam asmeniui nuolat veikiant sąmoningą ir sistemingą psichologinę žalą, atrodo, kyla rimtų emocijų reakcijų ir sveikatos problemų, tokių kaip baimė, nerimas, bejėgiškumas, depresija (Glaso, Matthiesen, Nielsen & Einarsen, 2007). Patiriantys patyčias taip pat išgyvena daugelį vidinių ir išorinių sunkumų, įskaitant vienišumą ir pasitraukimą, nerimą ir socialinį vengimą (Graham & Juvonen, 1998), mintis apie savižudybę (Hymel & Bonanno, 2014), nusikalstamumą ir agresiją (Eysenck & Gudjonsson, 1989).

Patyčios gali būti aiškiai nurodytos kaip grupinis procesas, kai draugystė ir socialinės hierarchijos sukuria patyčias. Tačiau du dažniausiai pasitaikantys patyčių paaiškinimai nepaaiškina patyčių kaip bendraamžių spaudimo ar socialinės hierarchijos, o greičiau apibūdina patyčias kaip a) „*auka pati kalta*“ arba b) „*kaltas skriaudėjas*“ (Thornberg, 2010). Priskirdami aukai patyčių priežastį, studentai apibūdina auką kaip keistą, kitokią ar nukrypstančią nuo „normų“ ir tai supranta kaip paaiškinimą, kodėl atsiranda patyčios (Salmivalli et al., 2010; Thornberg, 2010).

Be to, yra studentų, kurie mano, kad patyčios gali vykti todėl, kad jiems smagu ar nuobodu arba, kad patyčios kartais gali būti kažkas, kas tiesiog atsitinka, be jokių konkrečių priežasčių – „*neapgalvotos patyčios*“ (Thornberg, 2010). Patirties interpretavimas taip pat priklauso nuo to, kas tyčiojosi, kada, kur, kodėl ir kaip dažnai (Parzefall & Salin, 2010). Čia reiktų paminėti, jog į netinkamą elgesį, patyčias, neteisingą, tarkim, pedagogų vertinimą kiekvienas studentas išgyvena individualiai ir reakciją į išgyvenamus veiksmus taip pat skiriasi. Šiuos skirtumus visų pirma apsprendžia asmenybės skirtumai, šeimos auklėjimas, socialiniai patyrimai (Rimkevičienė, 2001).

2. Patyčios akademinėje erdvėje

Būtina atkreipti dėmesį ir paanalizuoti vykstančias patyčias akademinėje erdvėje. Baigus vidurinę mokyklą ta pati grupė studentų, patyčių dalyviai „*skriaudėjai*“ ir „*aukos*“, persikelia į tolimesnes studijas kartu su savimi perkeldami ir socialinius vaidmenis. Didžioji dalis patyčių aukų neabejotinai tikisi iš universitetinių studijų aukštos kokybės švietimo ir skatinimo, draugiško ir lygiaverčio požiūrio (Sinkkonen, Puhakka & Merilainen, 2012). Universiteto studentų patyčios būna įvairios ir apima tokį elgesį kaip: skleisti nemalonius gandus dėl rasės, negalios, lyties, religijos ir seksualinės orientacijos; žmogaus išjuokimas ar niekinimas; socialinė atskirtis; nepageidaujamas seksualinis veiksmas; sekimas; grasinimas kam nors tiesiogiai ar internetu; atskleidimas asmeninės informacijos apie asmenį, kuris dalijosi savo gyvenimo detalėmis (Cowie & Myers, 2016). Priešingai nei mokyklos, kuriose patyčias patiria mokiniai dėl brendimo specifikos

(labai aukštas ūgis, ankstyva branda ir pan.), akademinėje bendruomenėje smerkiami akademiškai silpni studentai. Atsižvelgiant į universiteto aplinkybes, dėl universiteto studentų amžiaus (jauni, bet nebe vaikai), kai kurie iš tokių elgesio būdų gali būti laikomi neapykantos nusikaltimais (Cowie & Myers, 2016).

Akademinėje bendruomenėje dažniausiai sutinkamos verbalinės patyčios, kai studentas yra žeminamas žodžiu, apeliuojama į jo asmeninę vertę, gebėjimus, pastangas. Toks elgesys be abejonės „menkina studento motyvaciją siekti užsibrėžtų tikslų, mažina lūkesčius“, kaip teigia Targamadžė ir Valeckienė (2007). Be to, patyčių grėsmė gali būti tiek viešoji, tiek privati socialinė patirtis (Kauppi & Pörhölä, 2010). Tačiau patyčias patiria ne visi ir ne visi vienodai atitinkamus veiksmus priima kaip patyčias. Pastebėtas ryšys tarp studento socialinės adaptacijos ir tyčiojimosi. (Rimkevičienė, 2001). Parzefall ir Salin (2010) nagrinėdami patyčias darbo erdvėje, peržiūri patyčias kaip vertikalių ir horizontalių reiškinių; patyčios vyksta vertikaliai, kai kas nors patinka kitam, kuris yra jam pavaldus. Jei, tarkim, studentas patiria patyčias ar netinkamą elgesį iš dėstytojų ar administracijos darbuotojų, jų pasitikėjimas universitetu, fakultetais ar dalyku, kurį jie studijuoja, susilpnėja arba apskritai studijos nutrūksta. Studentas mano, kad universiteto nuostatos yra klaidingos, nes skirtingiems studentams taikomos skirtingos taisyklės. Kita vertus, kai patyčios patiriamos horizontaliai, veiksmas vyksta tarp dviejų lygių asmenų: pavyzdžiui, dviejų studentų. Gali būti, kad vienas žmogus po atitinkamo elgesio jaučiasi įžeistas ar gali jausti, kad iš jo buvo pasityčiota, o kitas mano, kad elgesys ar veiksmas yra pagrįstas (Parzefall & Salin, 2010). Pažymėtina, kad saugaus emocinio poreikio svarba yra pagrindas asmens emocinei motyvacijai, kai jaunuolis jaučiasi psichologiškai atsparesnis, stipresnis, veikia aktyviau bei atkakliau siekia nusistatytų tikslų. Nuolatinio nerimo ar streso sukeltami jausmai, patiriami mokymosi ar studijų erdvėje, iš studento pašonės pašalina teigiamą mokymosi motyvaciją, sudaro prielaidą psichologinei frustracijai ar net agresijai atsirasti (Rimkevičienė, 2001).

Tyrimai rodo, kad patyčias reikia vertinti atsižvelgiant į socialinį ir kultūrinį kontekstą bei unikalų universiteto kontekstą, kurioje jauni suaugę žmonės pasirinko mokytis. Salmivalli's (2010), Pörhölä et al. (2018) įvairių tyrimų metu pateikto patyčių lygio neatitikimus galima paaiškinti keliais kriterijais, pavyzdžiui, ar dalyvis patyrė patyčias vieną, du kartus ar dažniau, ar patyčios įvyko praeitą savaitę, praėjusį mėnesį, visų studijų laikotarpiu ar praėjusiais metais. Apibrėžtys skiriasi ir kai kurie tyrimai sutelkia dėmesį tik į elektronines patyčias, o ne į patyčias apskritai. Kai kurie tyrimai išskiria skirtingas studijų srities programas. Pavyzdžiui, Farley ir kiti (2015) nustatė, kad apie 50% medicinos studentų pranešė, kad per visą studijų laikotarpį patyrė elektroninį priekabiavimą. Suomijos pirmoji aukštojo mokslo apklausa dėl patyčių buvo sveikatos apsaugos tyrimo dalis, kai iš 5086 studentų

(3222 moterys, 1864 vyrai), 37% respondentų patyrė patyčias akademinėje erdvėje. Patyčios buvo aptiktos daugiau meno studijų universitetuose nei taikomųjų mokslų universitetuose. Beveik penktadalis vyrų, studijuojančių universitetuose, patyrė patyčias. Ketvirtadalis apklaustųjų teigė patyrė patyčias per studijų laikotarpį, o 5–6% respondentų teigė, kad patyčias patyrė dažnai ir labai dažnai. Apie 1,7% respondentų teigė patys dalyvavo patyčiose ir savo veiksmus nukreipė į kitus studentus (Kauppi & Pörhölä, 2012). Pagal studentų patirties ataskaitą (2008), 7% Didžiosios Britanijos aukštojo mokslo studentų ($N = 3135$) taip pat patyrė patyčias, ir moteriškos lyties studentų jas patyrė dažniau nei vyrai. Trys iš keturių studentų paminėjo, kad patyrė patyčių veiksmą iš kito studento; vienas iš keturių, kad skriaudėjas buvo dėstytojas arba personalo narys (Sinkkonen, Puhakka & Merilainen, 2012).

Meninio profilio studentai neretai visuomenėje turi menkinantį įvardijimą „*menininkai*“, kai po šiuo žodžiu slepiasi nuomonė apie juos kaip silpnus, nestabilius, nepatikimus, jautrius (Feist, 1998). Susidaro stereotipinė nuomonė, kad būtent jie dažniau patiria patyčias, pernelyg jautriai reaguoja į kritiką, yra „kitokie“. Tai paskatino imtis tyrimo ar tikrai meninio profilio studentai dažniau patiria patyčias nei kitų profilių studentai.

3. Tyrimas

Tyrimė dalyvavo Lietuvos muzikos ir teatro akademijos, Vilniaus dailės akademijos ir Vilniaus universiteto antro-ketvirto kursų studentai. Tyrimo dalyviai buvo atrinkti patogiosios atsitiktinės atrankos būdu. Tyrimė dalyvavusių studentų ($N = 66$) amžius nuo 20 iki 29 metų ($M = 22,5$). Iš jų 41 moteris (62,1%) ir 25 vyrai (37,9%). Studentai tokių meno kryptų atstovai kaip: aktorinis meistriškumas (vaidyba) ($N = 17$), tapybos ($N = 16$) ir socialinio profilio atstovai kaip: psichologijos ($N = 16$) ir ekonomikos ($N = 17$) studijų studentai. Specialybės buvo pasirinktos pagal socialinę studijų specifiką, kai orientuojamasi į tiesioginį darbą su žmogumi (*vaidyba, psichologija*) arba šio kontakto ne būtinumą (*tapyba, ekonomika*).

Tyrimas buvo atliktas 2020 balandžio mėn. Dėl susiklosčiusios situacijos šalyje ir paskelbto karantino (COVID-19), tyrimas buvo adaptuotas jį atlikti internetu. Anketa apie patyčių patirtį (toliau – *Anketa*) perkelta į internetinį portalą apklausa.lt. Nuoroda į *anketą* buvo patalpinta socialiniuose tinkluose uždaroje studentų grupėse, taip pat siunčiama į respondentų asmeninį elektroninį paštą per aukštųjų mokyklų sistemą. Studentai turėjo atsakyti į pateiktus klausimus savarankiškai, jiems patogiu metu.

3.1. Tyrimo rezultatai

Paminėtina, kad akademinėje erdvėje apie patirtas patyčias pažymėjo 24 studentai (36,4%). Patyčias patyrė 66,7% ($N = 16$) meno profilio studentai ir 33,3% (N

= 8) socialinio profilio studentų. Kas sudaro 24,2% tarp socialinio profilio ir 48,5% tarp meninio profilio studentų. Galime pastebėti, kad iš daugiausia patyčių akademineje erdvėje patiria tapybos specialybės studentai ($N = 9$), o mažiausiai – ekonomikos studijų studentai ($N = 2$). Tarp patyrusių patyčias mokykloje abiejų profilių studentų rezultatai stipriai nesiskyrė (meninio profilio – 78,8%, socialinio profilio – 72,7%). Dauguma studentų patyčias patyrė iš dėstytojų (36,4%) ir iš kursiojų (9,1%). Meninio profilio studentai iš dėstytojų patyčias patyrė dvigubai dažniau (48,5%), nei socialinio profilio (24,2%). Iš dėstytojų patiriamas patyčias dažniau paminėjo moterys (34,1%), nei vyrai (20%). Analizuojant toliau lyties skirtumus ir patyčių patirtį randame, kad 43,9% moterų akademineje erdvėje patiria patyčias ir 24% vyrų. Akademineje erdvėje patyčių veiksmu prisipažino dalyvavę 12 studentų, kai dar 10 studentų pareiškė neužtikrintumą dalyvavo ar ne. Meninio profilio studijose studentai dažniau save priskiria patyčių dalyviams (dalyvavo $N = 8$ studentai, nebuvo užtikrinti savo veiksmuose $N = 7$), nei socialinio profilio studentai (dalyvavo – 4, ir 3 buvo neužtikrinti). Tarp tyrimo dalyvių mokykloje patyčias patyrę pažymėjo 50 studentų (75,7%), iš kurių 69,7% patyčias patyrė iš klasiokų ar bendraamžių, o 25,7% – iš mokytojų. Mokykloje patyčių veiksmu prisipažino dalyvavę 43 studentai, iš jų 24 buvo meninio profilio, o 19 – socialinio profilio studentai. Taip pat reiktų pastebėti, kad 92% patyčių dalyvių mokykloje buvo vyriškos lyties ir 48,8% – moteriškos.

3.2. Rezultatų aptarimas.

Pirmiausia norėtusi aptarti tiriamųjų patyčių patirtis mokykloje bei akademineje erdvėje. Tarp tyrimo dalyvių mokykloje patyčias patyrę pažymėjo 50 studentų (75,7%), iš kurių 69,7% patyčias patyrė iš klasiokų ar bendraamžių, o 25,7% – iš mokytojų. Tačiau galime pastebėti, kad būtent dėl pakankamai didelio procento patyčių patirčių mokykloje, statistškai reikšmingo ryšio renkantis studijų profilį, patiriant ar dalyvaujant patyčių veiksmuose akademineje erdvėje, negavome. Apie dalyvavimą patyčių veiksmuose mokykloje daugiau pažymėjo meninio profilio, nei socialinio profilio studentai. Daugiau skirtumo tarp grupių nebuvo. Moksliniuose darbuose randame, kad Lietuvoje daugiausia vaikų, tiek patiriančių patyčias, tiek besityčiojančių iš kitų. 2002 metais atliktos apklausos duomenimis, 36,17 % moksleivių teigė, kad iš jų mokykloje dažnai (2-3 kartus per mėnesį arba dažniau) tyčiojosi bendraamžiai. 34 % apklausos dalyvių prisipažino, jog dažnai (2-3 kartus per mėnesį arba dažniau) patys tyčiojosi iš kitų moksleivių (Girdvainis ir Pocevičienė, 2009). Tiesa, mokyklos patyčių patirtys dažniausiai siejamos su klasiokų patyčiomis, skirtingai nuo patyčių akademineje erdvėje.

Akademineje erdvėje apie patirtas patyčias paminėjo 24 studentai (36,4%). Dauguma studentų patyčias patiria iš dėstytojų (36,4%) ir keletas (9,1%) iš kitų stu-

dentų, kursiojų. Tai visų pirma galime įžvelgti galios pasiskirstymo tendencija (Parzefall & Salin, 2010), ir antra – galimai atsiranda verbalinių patyčių neišvengiamumas. Tuomet, būtent verbalines (ironija, menkinimas) patyčias studentai priskiria dėstytojams (Parzefall & Salin, 2010). Studijų metu studentai gali rinktis laikytis atstumo nuo jiems pavojingų asmenų (potencialių patyčių skriaudėjų) ir turi galimybę dalyvauti tik pagrindinėje studijų proceso veikloje, paskaitose. Bet kuriuo atveju bendravimas su dėstytoju yra neišvengiamas. Patyčios gali būti sustiprintos fakultetuose, kur akademinė kultūra pabrėžia profesorių, dėstytojų ir tyrėjų laisvę ir savarankiškumą. Tai reiškia, kad jų darbo būdai yra labai įvairūs, todėl sunku įsikišti, kai kyla problemų dėl mokymo ir netinkamo elgesio su studentais. Kai palanki aplinka apskritai neteisingam elgesiui, gali nukentėti sąveika tarp studentų (Parzefall & Salin, 2010). Būtent meninio profilio studijose bendravimas su dėstytoju yra betarpiškas, individualus ir ganėtinai intymus (*vaidyba, tapyba*). O esant artimam, kolegiškam bendravimui dėstytojui tampa sunku atsiriboti nuo studentų ir išlaikyti pedagoginę etiką. Tuo labiau, dėstytojai žino tapsiantys su studentais kolegomis jau greitai metu. Be to, kai universiteto darbuotojai jaučiasi nesaugūs, jie gali nukreipti savo nepasitenkinimą studentais. Sunkios materialinės sąlygos, emociniai išgyvenimai šeimoje ar socialinis nestabilumas atsispindi dėstytojo bendravime su studentų auditorija (Sinkkonen, Puhakka & Merilainen, 2012).

Kitas svarbus klausimas buvo kaip studentai patys vertina savo dalyvavimą patyčių procese (vaidmenų pasiskirstymas) ir ar jie gali įvertinti savo elgesį kaip patyčių dalyvių (skriaudėjų). Akademineje erdvėje patyčių veiksmu prisipažino dalyvavę 8 meno profilio studentai ($N = 7$ pareiškė neužtikrintumą dalyvavo ar ne) ir 4 socialinio profilio studentai ($N = 3$ studentai abejojo). Taip pat rastos neigiamos koreliacijos tarp patyčių dalyvių ir patyčių patirties akademineje erdvėje. Aišku, kad rečiau patiriamos patyčios bus socialinio mokslo studijose, o dalyvavimas patyčių veiksmu dažniau bus priskiriamas meninio profilio studentams. Čia vėl reiktų paminėti, kad socialinio profilio studentų dvigubai mažiau patyrė patyčių iš dėstytojų, nei meninio profilio studentai. Kas patvirtina tyrimus apie dėstytojų pedagoginę kultūrą meninio profilio studijose. Yra aiškių atvejų, kai patyčios darbe sukūrė užburtą ratą. Dėl patyčių nukentėjusioji nukentėjo nuo psichologinių simptomų, kurie, savo ruožtu, padidino pažeidžiamumą dėl patyčių (Vartia-Väänänen, 2003; cit. Sinkkonen, Puhakka & Merilainen, 2012).

Išvados ir rekomendacijos

Meninio profilio studentai akademineje erdvėje dažniau nei socialinio profilio studentai save įvardijo kaip patyčių dalyvius, bei dažniau ($p = 0,046$, $p < 0,05$) nurodė patys patiriantys patyčias.

Negalima ignoruoti, jog meno kryptių studentai į aplinkos veiksmus reaguoja jautriau, nei socialinio profilio studentai. Tačiau studentų patirtis turėtų būti peržiūrima platesniame kontekste. Aukštojo mokslo studentai yra nevienalytė grupė. Kadangi labai skiriasi jų amžius, kilmė ir ankstesnės patirtys, vienareikšmiškus struktūrinius patyčių aukštajame moksle paaiškinimus sunku rasti. Norint rasti sprendimus, tyrimai šia tema turėtų būti daugialypiai, o patyčios turėtų būti vertinamos kaip sistemingas reiškinys. Tyrimai turėtų apimti požiūrį į patyčias, kaip į susijusių asmenų gyvenimo kelią. Teräsahjo ir Salmivalli (2003) pabrėžė poreikį atlikti tyrimus, naudojant kokybinius tyrimo metodus, ir sutelkti dėmesį į tai, kaip mokiniai supranta patyčių veiksmą ir jų prasmę. Vienas iš atspirties taškų tyrime turėtų būti susitelkimas į studentų požiūrį į patyčias iš įvairių perspektyvų ir klausimų iškėlimas, kurių atsakymus dažniausiai suformulavo suaugusieji (Teräsahjo & Salmivalli, 2003). Dar viena grupė asmenų kurių veiksmai ir psichologinė būklė turėtų būti tiriami, tai dėstytojai ir personalas. Kaip sako Dewey (1925) "Ne visada žmogus žino savo veiksmų rezultatą prieš atlikdamas tam tikrą veiksmą". Dėl atmosferos akademinėje erdvėje neigiamą poveikį patiria ir pasyvūs stebėtojai, ir personalas, ir dėstytojai. Tad, bet koks bandymas sustabdyti patyčių veiksmą, informavimas ar tiesioginis įsikišimas, mažina patyčių elgesį ir viktimizaciją bei prisideda prie saugumo jausmo (Salmivalli et al., 1996). Reiktų prisiminti, kad patyčių vaidmens prisiėmimas gali būti asmenybės vystymosi dalis, vedanti į antisocialinį gyvenimo būdą (Salmivalli, 2010). Tiek meninio, tiek socialinio profilio studentai tapę profesionalais patyčių patirtį atsineša ir į darbo erdves, sukeldami profesinę įtampą. Šis įvykių tęstinumas turėtų būti tvirtai nutrauktas.

Literatūra

- Christensen, J. & Taylor, J. C. (2012). Bullying and EBD. CCBD Newsletter, 26(3).
- Cowie, H. & Myers, C.A. (2016). How can we prevent and reduce bullying amongst university students? The international journal of emotional education ISSN 2073-7629.
- Einarsen, S., Matthiesen, S.B. & Mikkelsen, E.G. (1999). Tiden leger alle sår? Senvirkninger af mobbing i arbejdslivet (Does time heal all wounds? Long-term health effects of exposure to bullying at work); University of Bergen, Norway.
- Eysenck, H. & Gudjonsson, G. (1989). The causes and cures of criminality. New York: Plenum Press.
- Forsberg C. (2016). Students' Perspectives on Bullying. Linköping Studies in Behavioural Science No. 193, ISBN 978-91-7685-874-5.
- Girdvainis, G. ir Pocevičienė, R. (2009). Patyčių problema ir jos prevencijos bendrojo lavinimo mokykloje analizė. Jaunųjų mokslininkų darbai, 4(25) : 56-60.
- Glasø, L., Matthiesen, S. B., Nielsen, M. B. & Einarsen, S. (2007). Do targets of workplace bullying portray a general victim personality profile? Scandinavian Journal of Psychology, 48, 313-319.
- Graham, S. & Juvonen, J. (1998). Self-Blame and Peer Victimization in Middle School: An Attributional Analysis. Developmental Psychology, Vol. 34., No. 3. 587-599.
- Horton P. (2020). School Bullying and Social and Moral Orders. Prieiga internete [žiūrėta 2020-05-20] <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/10990860/2011/25/4>.
- Juškevičius, E. Itin jautrus asmuo. Vilnius: Sofoklis, 2016.
- Kauppi, T. & Pörhölä, M. (2012). School teachers bullied by their students: Teachers' attributions and how they share their experiences. Teaching and Teacher Education, 28(7), 1059-1068.
- Leymann, H. (1996). The content and Development of Mobbing at Work. European journal of work and organizational psychology, 5 (2), 165-184.
- Marsh, H.W., Martin, A.J., Yeung, A., & Craven, R. (2016). Competence self-perceptions. Handbook of Competence and Motivation. New York: Guilford Press.
- Monks, C.P., Smith, P.K., Naylor, P., Barter, C., Ireland, J.L. & Coyn, I. (2009). Bullying in different contexts: Commonalities, differences and the role of theory. Aggression and violent Behavior, Volume 14, Issue 2, p.146-156.
- Parzefal, M. R., Salin, D.M. (2010). Perceptions of and reactions to workplace bullying: A social exchange perspective. Human relations 63(6) 761-780.
- Rimkevičienė, V. (2001). Mokyklos nelankymo ir antramečiavimo kaina. Vilnius: Atviros Lietuvos fondo Švietimo studijų centras.
- Sinkkonen, H.M., Puhakka, H. & Meriläinen, M. (2012). Bullying at a university: students' experiences of bullying. Studies in Higher Education.
- Salmivalli, C. 2010. Bullying and the peer group: A review. Aggression and Violent Behavior 15, 112-120
- Swearer, S. M., & Doll, B. (2001). Bullying in schools: An ecological framework. In R. A. Geffner, M. Loring, & C. Young (Eds.) Bullying behavior: Current issues, research, and interventions (p. 7-23). Haworth Maltreatment and Trauma Press/The Haworth Press.
- Swearer, S.M. & Hymel, S. (2015). School Bullying and Victimization. Special issue of the American Psychologist, Vol. 70, No. 4, 344-353.
- Teräsahjo, T., & Salmivalli, C. (2003). "She is not actually bullied". The discourse of harassment in student groups. Aggressive Behavior, 29(2), 134-154.
- Thornberg, R. (2010). Schoolchildren's social representations on bullying causes. Article in Psychology in the Schools.
- Walton, G. (2008). Bullying Widespread. A Critical Analysis of Research and Public Discourse on Bullying. PhD.

BULLYING EXPERIENCE BY THE ARTS STUDENTS IN THE ACADEMIA

Ramunė Čekuolytė

Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT

Annotation. The article discusses the concept of bullying and its impact on a person who has experienced bullying, as well as the acts of bullying as well as possibilities for it to occur in the academia. A study that indicated the extent of bullying in the academia was

conducted among the students of arts and social sciences in Lithuania. The more frequent verbal bullying was mentioned, as well as frequent bullying experiences between students and teachers. Students of various arts and social sciences (N = 66) participated in the study. It should be noted that 24 students (36.4%) mentioned having had experienced bullying in the academic environment. 24.2% of social sciences students and 48.5% arts students mentioned having had bullying experience. The study finds that arts students mentioned both participation in the act of bullying and the experience of bullying in the academia significantly more often ($p = 0.046$, $p < 0.05$) than students of social sciences.

Key words: Bullying, social studies, art studies, academia.

NAUJŲ EKONOMIKOS KONCEPCIJŲ IŠŠŪKIAI EUROPOJE

Vaiva Mickevičienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius

Anotacija. Straipsnyje analizuojama Europos socialinė, ekonominė bei aplinkos apsaugos pažanga, vertinamos Europos šalių galimybės priimti senėjančios visuomenės iššūkius, užtikrinant darnaus vystymosi koncepciją ir įgyvendinant žiedinės bei sidabrinės ekonomikos tikslus. Didelis pajamų nelygumas, lyčių diskriminacija, prioritetinių investicijų bei darbo našumo skirtumai Europos Sąjungoje lemia vis dar didelius skirtumus tarp šalių, todėl svarbu ne tik įvardinti prioritetines sritis, bet ir siekti vienodo jų išpildymo visame regione. Vis dar per mažai investuojama į dizainą, nepakankamai tenkinami senėjančios populiacijos poreikiai, neužtikrinamos vienodos sąlygos vyrams ir moterims, investicijos į atsinaujinančią energetiką nėra tokios efektyvios, kokių tikimasi, o pirminių žaliavų panaudojimo pramonėje ir aplinkos taršos rodikliai kinta labai nežymiai.

Reikšminiai žodžiai: darnus vystymasis, žiedinė ekonomika, sidabrinė ekonomika, senėjanti ekonomika

Įvadas

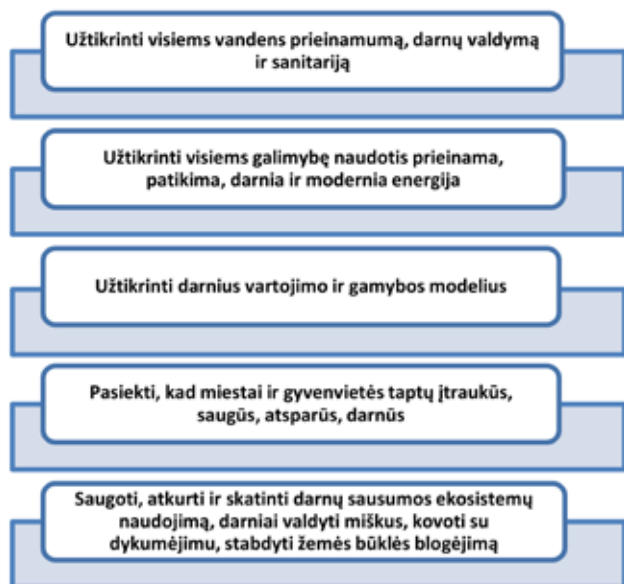
Iki 2050 m. planetoje bus daugiau nei 10 mlrd. žmonių, todėl fundamentalūs ekonomikos klausimai “ką/iš ko ir kam?” gaminti tampa itin aktualūs. Sunaku pasakyti, kiek ilgai verslui užteks pirminių žemės išteklių, tokių kaip gėlas vanduo, nafta ir kt., kurių atsargos sparčiai senka. Klimatas sparčiai šyla ir už tai atsakingas žmogus, kuris savo ekonominėje veikloje sukuria pernelyg didelį išmetamųjų dujų, tokių kaip CO₂ ir metanas, kiekį (Europoje, lyginant su kitais regionais, vidutinė metinė temperatūra per pastaruosius 60 metų, pakilo +1,3°C, kai tuo tarpu likusioje pasaulio dalyje vidurkis apie +0,9°C). Valstybės ir regionai yra priversti perorientuoti savo ekonomikos modelius taip, kad pirminių išteklių panaudojimas būtų kuo efektyvesnis: sukuriant galimybes juos panaudoti gamyboje kelis kartus, atsisakant neefektyvaus įprastų resursų, tokių kaip plastikas, naudojimo, investuojant į atsinaujinančią energetiką, mokslinius tyrimus ir konkurencingumo didinimą. Šias problemas spręsti gali padėti žiedinė ekonomika, kurios pagrindinis tikslas – maksimaliai išnaudoti pirminius išteklius, siekti, kad kiekviena biologiškai neskaidoma medžiaga būtų naudojama, perdirbama ir panaudojama dar kartą. Įprasta, linijinė ekonomika, pagrįsta baigtiniu žaliavų panaudojimu viename ekonominiame cikle. Straipsnio tikslas – išanalizuoti darnaus vystymosi, žiedinės ir sidabrinės ekonomikos galimybes prisitaikyti prie besikeičiančios visuomenės, užtikrinant pastovų ekonominį augimą Europos Sąjungoje (ES) ir pateikti įvardinti perspektyvias sritis. Esminis ekonominės raidos tikslas išlieka žmonių gerovė, jų gyvenimo kokybės gerinimas (kai kuriuose regionuose – elementarių higienos normų užtikrinimas), skurdo mažinimas, švietimo bei sveikatos sistemos priemonių įgyvendinimas, lyčių lygybė ir visų socialinių grupių įtraukimas į ekonomines veiklas. Darnaus vystymosi koncepcija, apie kurią pasaulyje kalbama jau ne vienerius metus, apima visas išvardintas sritis, jas papildo ir numato specifines gaires, kurios padės pasiekti ekonominius, socialinius

ir aplinkosaugos tikslus. Šios trys sritys yra neatsiejamos viena nuo kitos ir turi tiesioginę įtaką viena kitos raidai. Europa yra regionas, kurio darnaus vystymosi tikslai yra patys ambicingiausi, tačiau ne visus tikslus pavyksta vienodai sėkmingai įgyvendinti. Tuo pačiu Europa yra seniausias žemynas ir senėjanti visuomenė sukuria naujus iššūkius, kuriuos reikia įvertinti ir parinkti jiems tinkamus sprendimus. Taigi, ir investicijos regione pasiskirsto atitinkamai – daugėja investicijų ne tik į darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimo priemones, bet skatinamos naujos ekonomikos paradigmos – žiedinė ekonomika bei sidabrinė ekonomika. Straipsnyje apžvelgiamos Europos Sąjungos darnaus vystymosi perspektyvos, vertinama šių dienų situacija, įgyvendinant žiedinės ir sidabrinės ekonomikos principus. Straipsniui parengti naudoti literatūros analizės ir palyginimo metodai, statistinių duomenų sistemimas ir palyginimas, ekonominių rodiklių analizė.

1. Darnaus vystymosi koncepcijos įgyvendinimas ES ir Lietuvoje

Darnus vystymasis – tai paradigma, kurią pasirenka vystyti šalys, įgyvendindamos savo vidaus ar regioninę politiką. Tai ilgalaikė veiklos strategija, į kurią nukreiptos tiek politikos, tiek visuomenės bei verslo pastangos. Darnaus vystymosi koncepcija yra siejama su trimis viena nuo kitos neatsiejamosiomis dimensijomis – ekonomine, socialine ir aplinkosaugine. Pagrindiniai jos tikslai yra siekti skurdo mažinimo, socialinės gerovės, visiems vienodų sąlygų darbo rinkoje, švietime, gerinti sveikatos apsaugą (žr. 1 pav.).

Lietuvoje, įgyvendinant Darnaus vystymosi koncepciją, svarbiausias dėmesys skiriamas skurdo, socialinės atskirties ir pajamų nelygybės mažinimui, vystomajam bendradarbiavimui, užimtumo skatinimui, visuomenės sveikatos stiprinimui, inovatyvios ekonomikos ir išmaniosios energetikos plėtrai. ES „Darnaus vystymosi darbotvarkę 2030“ sudaro 17 darnaus vystymosi tikslų (angl. *sustainable development go-*



1 pav. Darnaus vystymosi koncepcijos gairės
Šaltinis: Lietuvos Respublikos [LR] Vyriausybė, 2020

als), juos konkretizuojantys 169 uždaviniai (angl. *targets*), ir pažangai matuoti skirti 232 rodikliai. Bet kurią susijusią darnaus vystymosi veiklą turi sieti penki elementai: partnerystė, taika, planeta, žmonės ir geovė. Darnaus vystymosi koncepcija įgyvendinama nacionaliniu, regioniniu ir pasauliniu mastu (Jungtinių Tautų Aukšto lygio politinis forumas (HLPF) yra svarbiausia institucija, vertinanti valstybių savanoriškai teikiamas ataskaitas, o Lietuvoje atsakinga institucija – LR Aplinkos ministerija) (LR Vyriausybė, 2020). LR Aplinkos ministerijos vertinimais, kas trečias lietuvis yra patyręs skurdo riziką ar socialinę atskirtį, o tai yra 6,6 proc. punktais daugiau už ES vidurkį. Remiantis Pasaulio Banko duomenimis (LR Vyriausybė, 2020), žemiau skurdo ribos šiuo metu pasaulyje gyvena 9,2 proc. populiacijos (beveik 670 mln.), iš kurių pusė yra vaikai, didžioji dalis – moterys (mergaitės). Naujausi tyrimai rodo, kad dėl klimato kaitos, iki 2030 m. žmonių, gyvenančių žemiau skurdo ribos, skaičius padidės iki 132 mln. Nors skurdo riba skiriasi pasaulyje, tai išlieka problema ir ES (skurdo riba čia laikoma 60 proc. vidutinių pajamų). Žemiau skurdo ribos ES gyvena daugiau nei 17 proc. žmonių (Lietuvoje – 21,3 proc.; didžiausias rodiklis iš ES narių – Rumunijoje – 25,3 proc., o mažiausias – Čekijoje – 9,7 proc.) (39), todėl šioms problemoms spręsti yra įgyvendinamos susijusios reformos (Europos Komisija [EK], 2020). Remiantis Europos Komisijos ataskaita, kai kurių darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimas ES vis dar labai prastas (žr. 2 pav.):

Kaip matyti iš paveikslo, lyčių lygybės bei klimato kaitos klausimai – mažiausiai pažangūs pastaruosius penkerius metus ir pasiekimai šiose srityse išlieka labai nežymūs. Didžiausi teigiami pokyčiai per penkmetį pasiekti stiprinant institucijas, siekiant taikos tarp šalių, gerinant sveikatos sistemos rodiklius ir užtikrinant ekonominį augimą. Skurdo riziką ir socia-



2 pav. Darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimo progresas ES, 2019 m.

Šaltinis: EK, 2020

linę atskirtį patiriančių žmonių sumažėjo 11,6 proc. nuo 2013 m. (iki beveik 95 mln.), ir itin prastas būsto sąlygas ES turi daugiau nei 13 proc. gyventojų (2013 m. tokių buvo 2 proc. daugiau). Žemės ūkyje, kurio pasiekimai per pastaruosius kelerius metus buvo vidutiniai, pasiektas 2 proc. ekologinių ūkių augimas (šiuo metu tokie ūkiai sudaro vis dar labai mažą, tik 8 proc. dirbamos žemės dalį), o parama žemės ūkiui ES per penkerius metus padidėjo 10 proc. (iki beveik 3 mlrd. Eur). Didžiausia dirbamos žemės dalis, skirta ekologiniams ūkiams, šiuo metu yra Australijoje ir Argentinoje (*Organic without boundaries*, 2020). ES, pagal šį rodiklį pirmauja Ispanija. Jokios pažangos šioje srityje nepasiekta užtikrinant visų gyventojų galimybes gauti geriamojo vandens, neužteršto nitratais.

Vertinant trumpalaikius darnaus vystymosi tikslus sveikatos apsaugos sistemoje ES, geriausi pasiekimai fiksuojami triukšmo mažinimo, susirgimų nuo tuberkuliozės ir žmogaus imuno viruso (ŽIV), mirčių darbo vietoje, gyvenimo trukmės srityse. Tačiau vis dar opios lieka nelaimingų atsitikimų keliuose (vien 2019 m. ES keliuose žuvo daugiau nei 22 tūkst. žmonių (EK, 2020), nors pasaulyje per metus keliuose žūsta daugiau nei 1,3 mln. žmonių (Pasaulinė sveikatos organizacija [PSO], 2020), daugiausia iš jų – Afrikoje, o mažiausiai – Europoje, kurioje santykinai saugiausia šalis yra Švedija – 22 mirtys/mln. gyventojų ir Airija – 29 žuvę/mln. gyventojų; nesaugiausias šalis ES pagal šį rodiklį – Rumunija, Bulgarija ir Lenkija – atitinkamai 96, 89 ir 77 žūtys keliuose milijonui gyventojų), žmonių nutukimo problemos ES (EK, 2020) (pasaulyje pagal šį rodiklį pirmauja Nauru sala su 61 proc., Kuko salos – 55,9 proc., o Europoje didžiausias nutukusių žmonių procentas 2020 m. buvo Maltoje, beveik 29 proc. populiacijos) (*World population review*, 2020).

ES darnaus vystymosi lyčių lygybės ir švietimo tikslai – taip pat neįgyvendinti. Remiantis Europos Komisijos duomenimis, beveik 8 proc. moterų Europoje patiria fizinį ir psichologinį smurtą (PSO duo-

menimis, net 35 proc. moterų pasaulyje) (PSO, 2017), jų pajamos (už tokį patį darbą) ES yra 14,8 proc. mažesnės nei vyrų (2013 m. buvo 16 proc.), nors tarp įgijusių aukštąjį išsilavinimą moterų ES yra 10 proc. daugiau, tačiau vyrai lengviau gauna darbą po studijų (daugiau nei 4 proc.) ir vidutinio lygio vadovų taip pat daugiau vyrų, nei moterų (28,4 proc. visų vadovų; 2013 metais buvo 19,2 proc.). Skandinavijos šalių parlamentuose moterų dalis yra beveik 28 proc., likusioje Europos dalyje – 27 proc., Arabų valstybėse – apie 19 proc., o didžiausia dalis jau ilgą laiką lieka Ruandoje, kur moterų parlamente yra daugiau nei 61 proc., lyginant su vyrais (Jungtinių Tautų Moterų organizacija [JTMO], 2020).

Energetikos sektoriuje nepakankamai geri rodikliai mažinant energetinę nepriklausomybę (net 58,2 proc. ES energijos poreikio yra patenkinama importuota energija ir šis rodiklis, lyginant su 2013 m. padidėjo net 4,3 proc.) ir galutinę energijos suvartojimą (nuo 2013 m. jis padidėjo 1,1 proc.). Atsinaujinanti energetika sudaro 18,9 proc. visos suvartojamos energijos ES ir tai yra labai nedidelė dalis, nors į atsinaujinančios energetikos sektoriaus vystymąsi kasmet investuojamos vis didesnės sumos. Lietuva, remiantis LR Aplinkos ministerijos duomenimis, iki 2050 m. net 80 proc. savo suvartojamos energijos planuoja gauti iš atsinaujinančių šaltinių.

Nors ekonomikos augimas ES yra stabilus (2019 m. BVP vienam gyventojui ES sudarė 27 990 Eur (EK, 2020) ir buvo 0,2 proc. didesnis nei 2014 m.), išlieka santykinai didelis nedarbas (tiek trumpalaikis, tiek ilgalaikis). Beveik penktadalis gyventojų nedalyvauja darbo rinkoje augindami vaikus, o bendras nedarbas ES siekia apie 15 proc. Beveik 6 proc. padidėjo skaičius žmonių, dirbančių mokslo ir technologijų srityse (2019 m. tokių buvo 46,9 proc. nuo visų dirbančiųjų), išlaidos moksliniams tyrimams ES didėjo tik 0,1 proc. nuo 2014 m. ir sudarė vos iki 2,2 proc. nuo bendrojo vidaus produkto 2019 m. Beje, BVP skirtumai tarp šalių 2018 m. buvo net iki 42,1 proc., ir nors, namų ūkių pajamos padidėjo 4,7 proc. nuo 2013 m., lyginant skirtingas ES šalis, jos skyrėsi net ketvirtadaliu. Skirtumai tarp daugiausiai ir mažiausiai pajamų gaunančiųjų (Gini koeficientas) (World population review, 2020) ES yra didžiausi Bulgarijoje ir Lietuvoje, o mažiausi – Slovėnijoje, Čekijoje ir Belgijoje (Eurostat, 2020). Didžiausia pajamų nelygybė pasaulyje šiuo metu yra pietinėse Afrikos respublikose, Pietų Amerikoje, kai kuriose Azijos šalyse.

Taigi, galima teigti, kad ES yra itin pažangus regionas Darnaus vystymosi kontekste. Lyginant su kitais pasaulio regionais, Europos Sąjungos rodikliai yra žymiai geresni, nors ir nepavyksta pasiekti išsikeltų tikslų trumpuoju, penkerių metų laikotarpiu. Didžiausia pažanga ES pasiekta stiprinant institucijų darbą, sprendžiant taikos, skurdo mažinimo ir sveikatos sistemos problemas. Lėčiausiai pažanga vyksta lyčių lygybės ir aplinkos taršos tikslų įgyvendinime, nors pastarosios

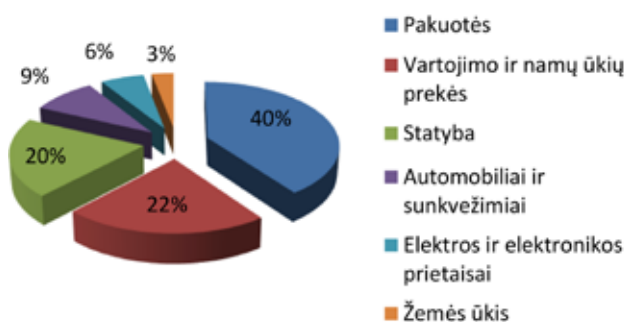
srities tikslai, lyginant su likusiais pasaulio regionais, yra labai ambicingi, tačiau jų įgyvendinimo rodikliai kinta nežymiai. Ekonomikos skatinimo programos, tokios kaip „**Horizon 2020**“, užtikrina santykinai stabilų ekonomikos augimą, tačiau atskiri Darnaus vystymosi ES programos tikslų įgyvendinimas nepasiekia panašios pažangos.

2. Žiedinės ekonomikos mąstai ES

Viešojoje erdvėje jau daugiau nei dešimtmetį vykstančias diskusijas apie tai, ar žiedinė ekonomika gali išspręsti ekologines aplinkosaugos problemas pasaulyje, galima vertinti dvejopai. Kasdien vis didėja spaudimas ekologinėms, socialinėms bei ekonominėms sistemoms visame pasaulyje, tačiau ES tvarumas tampa norma – siekiama, kad darnaus vystymosi koncepcija taptų pagrindiniu naratyvu, kuriant tvarumą regione ir žiedinė ekonomika yra įrankis, padedantis tvarumo tikslus pasiekti ir įgyvendinti. Žiedinei ekonomikai remti skirtas priemonių paketas Europos Sąjungoje apima tokias gaires (EK, 2020):

- per struktūrinius ES fondus ir programą „**Horizon 2020**“ investuoti iki 6,3 mlrd. Eurų ES šalyse į Žiedinės ekonomikos plėtrą; 2020 m. pavasarį, reaguojant į COVID-19 pandemijos sukeltus ekonomikos svyravimus, pristatytas papildomas 750 mlrd. eurų vertės „**Next Generation EU**“ (4) atkūrimo planas, kuriuo siekiama pašalinti pandemijos padarytą žalą ir investuoti į ekologišką, skaitmeninę, socialinę ir atsparesnę ES. Pinigus planuojama paskirstyti į dvi dalis – 360 mlrd. Eur skiriama verslo paskoloms ir 390 mlrd. Eur numatoma su pandemija susijusioms išlaidoms padengti (per finansų rinkas);
- patvirtinti reglamentą dėl tvaraus maisto naudojimo, siekiant sumažinti išmetamo maisto kiekį perpus iki 2030 metų. Daugiau nei 30 mln. žmonių negali sau leisti valgyti kokybiško maisto daugiau nei du kartus per savaitę, nors ES kasmet susidaro apie 88 tonos maisto atliekų (su tuo susijusios išlaidos siekia 143 mlrd. Eur) (EK, 2020) ir nutukusių žmonių ES daugiau nei 14 proc. (EK, 2020). Net apie 20 proc. pagaminamo ES maisto tampa atliekomis (namų ūkiai atsakingi už maždaug 40 proc. išmetamo maisto). Remiantis Europos Parlamento duomenimis (Europos Parlamentas [EP], 2020), daugiausia maisto atliekų susidaro Nyderlanduose (541 kg asmeniui per metus), Belgijoje (345 kg), Kipre (327 kg), Estijoje (265 kg) ir Lenkijoje (247 kg) (Lietuvoje – apie 119 kg, iš kurių daugiausia – bulvės ir kitos daržovės) (Jungtinių Tautų Maisto ir žemės ūkio organizacija, 2020). Remiantis įvairiais šaltiniais, apie 8 proc. CO₂ emisijos yra susiję su maisto pramone (JT Maisto ir žemės ūkio organizacijos duomenimis, 1 pagaminto maisto kilogramas sugeneruoja apie 4,5 kg išmetamo į atmosferą anglies dvideginio);

- nustatyti taisykles antrinių žaliavų rinkos kūrimui ir veiklai, skatinti bendradarbiavimą tarp rinkos dalyvių. Pagal komunalinių atliekų šalinimo ir perdirbimo rodiklius Lietuva yra tarp pirmaujančių ES šalių. Remiantis LR Aplinkos ministerijos duomenimis, mažiau nei trečdalis šalyje susidaranti komunalinių atliekų yra pašalinama sąvartynuose: komunalinių atliekų perdirbimas padidėjo nuo 5 proc. 2010 m. iki 48 proc. 2016 m., o komunalinių atliekų šalinimas sąvartynuose sumažėjo nuo 86 proc. 2010 m. iki 30 proc. 2016 m.
- skatinti ekologišką dizainą, kurio pagrindiniai principai yra ekologiškų žaliavų naudojimas, pakartotinis panaudojimas bei taisyms galimybė, siekiant sumažinti plastiko naudojimą (vos mažiau nei trečdalis plastiko Europoje yra perdirbama (EK, 2018), kai per 70 pastarųjų metų nuo 1950 m. jo gamyba nuo 1,5 mln. tonų per metus išaugo iki 322 mln. tonų). Daugiausia plastiko gaminių sunaudojama pakavimui (žr. 3 pav.) – net 40 proc., tai reiškia, kad ekologiško dizaino sektoriuje – labai daug potencialo ir dizaino specialistai ateityje gali svariai prisidėti kuriant tvarius gaminius ir tausojant aplinką.



3 pav. Plastiko naudojimo sritys ES 2018 m., proc.

Šaltinis: EP, 2018

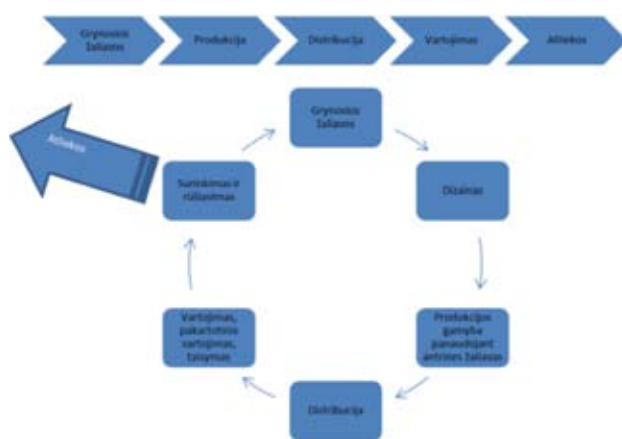
Kaip matyti iš paveikslėlio, statybos sektoriui tenka atsakomybė už penktadalį ES plastiko ir tai yra trečias pagal dydį segmentas po namų ūkių ir pakuočių. Nors pagal plastikinių pakuočių naudojimo kiekius ES pirmąją Vokietija, Italija ir Prancūzija, tačiau pagal vienam asmeniui tenkančių plastikinių pakuočių kiekį pirmas tris vietas užima Airija, Liuksemburgas ir Estija (EP, 2018). Daugiausia plastiko gaminių perdirbanti šalis ES, pagal Europos Parlamento duomenis, yra Lietuva (žr. 4 pav.).

Kaip matyti iš paveikslėlio, Lietuvoje perdirbama daugiau nei 70 proc. plastiko. Tačiau, dėl įvairių su plastiko pakuotėmis susijusių aspektų, tokių kaip dizainas bei reikalavimai žaliavų kokybei, labai sunku didesnę kiekį perdirbto plastiko panaudoti dar kartą. Tik 8 proc. visos plastiko gaminių rinkos ES užima perdirbto plastiko gaminiai (EP, 2018). Antrinis žaliavų panaudojimas prisideda ne tik prie žiedinės ekonomikos vystymosi, bet ir prie aplinkosaugos tikslų įgyvendinimo. Perdirbus vieną aliuminio skardinę, sutaupoma 90 proc. energijos, reikalingos naujos gamybai, o



4 pav. ES šalių plastiko perdirbimo lygis 2018 m., proc.

Šaltinis: EP, 2018



5 pav. Perėjimas iš linijinės ekonomikos į žiedinę

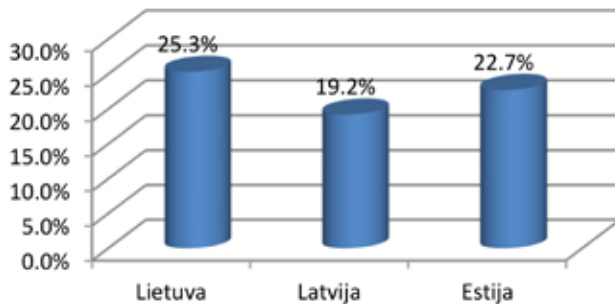
Šaltinis: sudaryta autorės

perdirbus 1 kg popieriaus, išvengiama beveik 1 kg CO₂ ir metano emisijos.

Žiedinė ekonomika, kuri remiasi uždaro ciklo idėja (žr. 5 pav.), vis plačiau taikoma regionuose, šalyse ir įmonėse, nes jos principai padeda spręsti tiek ekologiškas, tiek socialines problemas.

Žiedinės ekonomikos principų laikymasis yra ekonomiškai naudinga ir socialiai atsakinga įmonių valdymo koncepcija. Įmonės ne tik didina savo pelną, bet ir svariai prisideda prie aplinkos išsaugojimo. Tuo pačiu saugo pirmines žaliavas, didina konkurenciją, sukuria papildomų darbo vietų ir pateisina vartotojų lūkesčius dėl aplinkos taršos mažinimo. Remiantis Europos Komisijos 2020 m. vasarą pateikta informacija (EK, 2015), 2019 m. ES ekonomika augo 1,5 proc., lyginant su ankstesniais metais, augimas buvo mažesnis (2018 m. 2,1 proc.). Investicijos į statybos sektorių 2019 m. ES šalyse sudarė daugiau nei 1,3 mlrd. Eur ir tai sudarė net 9,5 proc. sąjungos BVP. Statybos sektorius, kuris yra bene didžiausią įtaką ekonomikos augimui turintis sektorius (apie 50 proc. visų pirminių žaliavų yra sunaudojama būtent statybos ir su ja susijusiose veiklose), remiantis įvairiais vertinimais, yra atsakingas beveik už 35 proc. visų atliekų, susidarantių ekonominiame veikloje (EK,

2020). ES statybų sektorius sugeneruoja daugiau nei 9 proc. (2019 m. Europos statybų pramonės federacijos duomenimis – 9,5 proc.) BVP, kas yra daugiau nei 13 trln. kasmet (EK, 2018), sukurdamas daugiau nei 18 mln. tiesioginių darbo vietų (tai sudaro 27,4 proc. visų pramonės srityje dirbančių asmenų (European construction industry federation, 2020) ir apie 6,1 proc. visų 27 ES šalių dirbančiųjų asmenų). Pramonės (įskaitant statybos sektorių) sukuriama pridėtinė vertė (proc. nuo BVP) 2019 m. iš trijų Baltijos šalių didžiausią dalį sudarė (žr. 6 pav.) Lietuvoje – net 25,3 proc.:

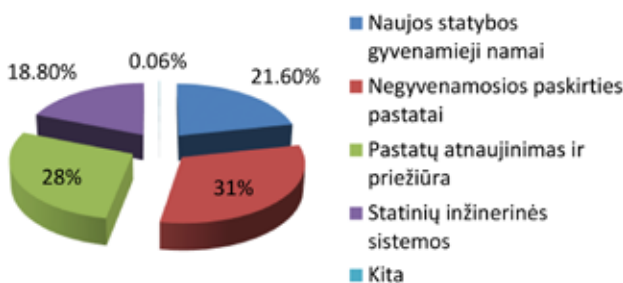


6 pav. Pramonės (įskaitant statybų sektorių) kuriama pridėtinė vertė Baltijos šalyse 2019 m. (proc. nuo BVP)

Šaltinis: EK, 2020

Tuo tarpu investicijos į statybų sektorių 2019 m. Baltijos šalyse labai skiriasi (European construction industry federation, 2020): vienintelė Estija investicijoms į statybos sektorių skiria daugiau nei ES vidurkis (9,5 proc. nuo BVP). Lietuvoje investicijos 2019 m. siekė 7 proc. nuo BVP, o Latvijoje – 7,8 proc.

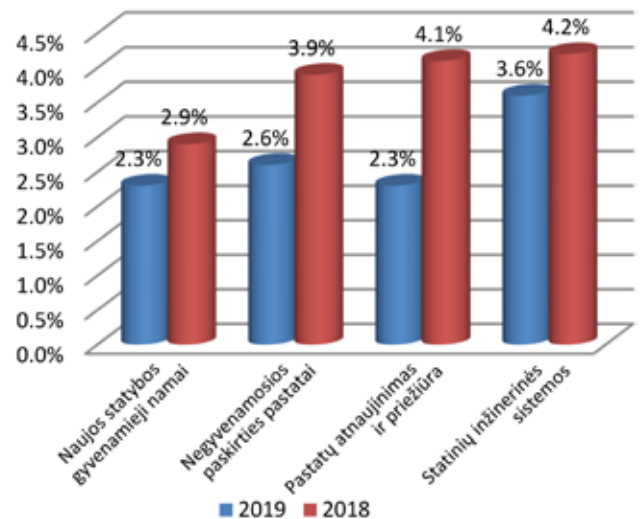
2019 m. 27-iose Europos Sąjungos statybos sektoriuje veikė 3,1 mln. įmonių (European construction industry federation, 2020), iš kurių net 95 proc. yra mažos ir vidutinės įmonės, turinčios mažiau nei 20 darbuotojų. Naujų namų statybos augimas (žr. 7 pav.) buvo varomoji sektoriaus jėga (augimas – 2,3 proc., o 2018 m. augimas šiame segmente sudarė 2,9 proc.) (žr. 8 pav.).



7 pav. 2019 m. Statybos sektoriaus segmentų dydis pagal statybos sritis ES 2019 m., proc.

Šaltinis: European construction industry federation, 2020

Gyvenamųjų namų statybos sritis 2019 m. akumuliavo 21,6 proc., o pastatų atnaujinimo ir priežiūros sritis – daugiau nei 28 proc. visų investicijų ES statybos sektoriuje. Investicijos į šias sritis per vienerius metus padidėjo atitinkamai 2,7 proc. ir 2,3 proc.



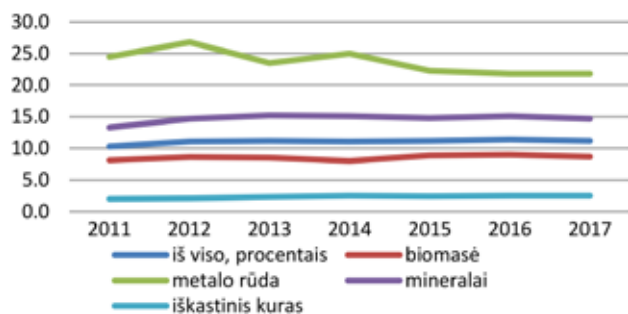
8 pav. Statybų sektoriaus investicijos į atskiras sritis ES, 2018 – 2019 m.

Šaltinis: European construction industry federation, 2020

Kaip matyti iš 7 paveikslėlio, negyvenamosios paskirties pastatų rinkos dalis sudarė daugiau nei 31 proc., investicijos į šią sritį 2019 m. augo 2,6 proc. (2018 m. – 3,9 proc.). Sparčiausiai 2019 m. augo Statinių inžinerinių sistemų sritis – investicijos didėjo 3,6 proc. (2018 m. – 4,2 proc.) ir šiuo metu ji sudaro beveik 19 proc. viso statybų sektoriaus (18,8 proc.). Tik kelios ES šalys 2019 m. (Suomija, Graikija, Slovėnija ir Švedija) fiksavo sektoriaus apimčių mažėjimą, tačiau tai neturėjo didelės įtakos bendriems teigiamiems sektoriaus rodikliams ES. 2020 metų pirmojo ketvirčio gale, dėl COVID-19 pandemijos, kai kurių ES šalių statybos sektoriaus veiklos apimtys susitraukė perpus (Arijoje, Slovakijoje, Italijoje, Ispanijoje ir Prancūzijoje), todėl Europos Komisija (EK) prognozuoja, kad be didėjančių investicijų į statybos sektorių nepavyks 2021 metais išlaikyti augimo. Kaip teigia Švagždienė B. ir kt. (2020), pagrindinė prielaida, leidžianti lengviau pritraukti investicijų į sektoriaus įmones, galėtų būti darnaus vystymosi deklaracijų pildymas. Šiame dokumente nurodoma, kokias priemones įmonės įgyvendina savo veikloje ir procesuose, kad užtikrintų darnaus vystymosi sąlygas. Tai tarsi atsakomybės prieš investuotojus, darbuotojus ir partnerius garantas.

Tuo tarpu ES pramonės panaudojamų žaliavų kiekis žiedinėje ekonomikoje paskutinį dešimtmetį beveik nesikeičia (žr. 9 pav.), kas reiškia, jog ir statybų sektorius nedidina apimčių šioje srityje.

Žiedinis žaliavų naudojimo lygis yra rodiklis, parodantis, kokia dalis iš naudojamų pirminių žaliavų ekonomikoje yra panaudojama dar kartą. Kaip matyti iš paveikslėlio, pakartotinis pirminių žaliavų panaudojimas ES nagrinėjamu laikotarpiu netgi mažėjo, nors statybos sektorius 2019 m. augo 1,5 proc. visoje ES (27 šalyse). Didžiausias procentas dar kartą naudojamų žaliavų tenka mineralinėms medžiagoms (14,7 proc. 2017 m.), o mažiausias – iškastiniam kurui (2,5 proc. 2017 m.). Bendras žiedinės ekonomikos taikymo lygis ES 2017 m. buvo net 11,2 proc. mažesnis (EK, 2020) nei 2016



9 pav. Žiedinis žaliavų naudojimo lygis pagal medžiagų kategorijas ES (jau be D. Britanijos) 2011-2017 m., proc.

Šaltinis: Eurostat, 2020

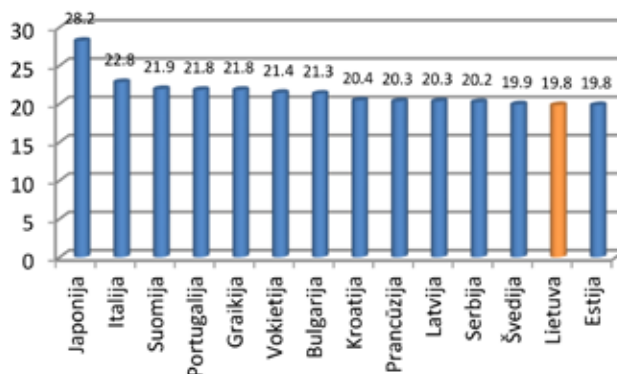
m., tačiau 3 proc. didesnis, nei 2004 m., kuomet buvo pradėti rinkti atitinkami duomenys. 2020 m. statybos sektoriaus įtaką žiedinės ekonomikos rodikliams ES vertinti ir prognozuoti labai sunku, nes šis sektorius ne iš karto sureagoja į rinkoje nutinkančias situacijas, tokias kaip COVID-19 pandemija. Manoma, kad metų paskutinis ketvirtis bus kritinis, o naujų projektų galima tikėtis tik 2021 metų pavasarį.

Iš tiesų idėja, kad verslo procesuose ir ekonominėje veikloje naudojamos žaliavos yra pakartotinai įvedamos į gamybą, siekiant kuo ilgiau jas išlaikyti prekėms bei paslaugoms kurti, nėra nauja. Vis auganti vartojimo prekių rinka tampa ir iššūkiu, ir galimybe įmonėms ir valstybėms, siekiančioms prisidėti prie darnaus vystymosi tiek šalyse, tiek regionuose. Pagrindinės problemos, kurias būtina išspręsti, siekiant geriausio žiedinės ekonomikos rezultato, yra CO₂ ir metano dujų mažinimas, plastiko gaminių galutinio vartojimo mažinimas – kuo daugiau panaudoto plastiko gaminių perdurbant ir vėl įtraukiant į ekonomikos procesus ir kitų atliekų (kurių didžioji dalis susidaro pramonės ir statybų sektoriaus įmonėse) surinkimas, rūšiavimas ir perdurbimas pakartotiniam naudojimui.

3. Sidabrinė ekonomika – priežastis ir pasekmė

Europa – seniausias regionas pasaulyje. Kartu su Azijos šalimis čia gyvena daugiausiai žmonių, kuriems virš 65 m. Net 23 proc. Italijos gyventojų, 2020 m. duomenimis (30), priklauso šiai amžiaus grupei (žr. 10 pav.).

Kaip matyti iš paveikslėlio, Pietų Europa, apimanti tokias šalis kaip Kroatija, Graikija, Italija, Malta, Portugalija, Serbija, Slovėnija ir Ispanija, yra seniausias regionas pasaulyje, turintis 21 proc. vyresnių nei 65 m. gyventojų (didžiausias skaičius tokių gyventojų pasaulyje yra Kinijoje, Indijoje ir JAV). Taigi ES yra priversta ieškoti būdų, kaip šią didelę visuomenės dalį kuo ilgiau išlaikyti tiek ekonomiškai, tiek socialiai aktyvią (ilginant pensinį amžių, sudarant sąlygas dirbti dalį dienos ir t.t.). Senėjanti visuomenė reiškia keletą dalykų: mažėja aktyviai darbo rinkoje dalyvaujančių asmenų, didėja išlaidos sveikatos priežiūrai ir socialinėms iš-



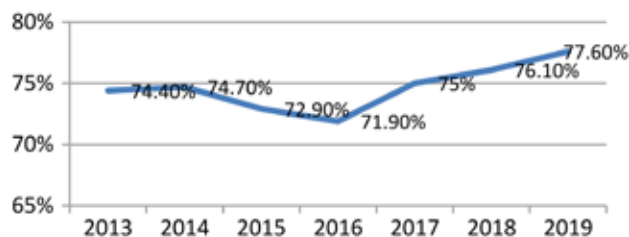
10 pav. Seniausios pasaulio populiacijos, 2020 m., 65 m. ir daugiau turinčių gyventojų proc. nuo visų šalies gyventojų

Šaltinis: sudaryta autorės

mokoms, mažėja į biudžetą surenkamų mokesčių. Gyventojų senėjimo procesai daro įtaką daugeliui rinkų ir visai pramonei: transporto sistemoms, nekilnojamojo turto rinkoms, draudimui, sveikatos apsaugai, ryšiams, laisvalaikio prekėms bei paslaugoms ir t.t. Daugelis šių rinkų yra priverstos prisitaikyti prie kintančios visuomenės. Literatūroje šie procesai vadinami žilstančia ekonomika/politika, tokios veiklos pagrindinis tikslas – rasti priemones, galinčias patenkinti senėjančios visuomenės poreikius. Remiantis EK duomenimis (EK, 2019), Europos sidabrinė ekonomika šiandien yra trečia pagal dydį pasaulyje, po JAV ir Kinijos.

Ne visi žmonės sensta vienodai – jų sveikata priklauso nuo jų fizinės ir socialinės aplinkos, sveikatos bei socialinės paramos sistemų šalyse, nuo įvairių asmeninių savybių. Kai kurių 80-mečių protiniai ir fiziniai gebėjimai gali būti panašūs kaip 30 –mečių. Siekiant parinkti ir įgyvendinti tinkamas sidabrinės ekonomikos priemones, būtina adekvačiai įvertinti visuomenės sveikatos būklę, žinoti, kaip sensta žmonės kiekvienoje šalyje ar regione: kiek ir kokios paramos jiems reikia, kokia sveikatos sistemos infrastruktūra bus reikalinga ateityje, kad šių žmonių poreikiai būtų patenkinti. Kaip teigia Bottero M. ir kt. (2019), tyrimų, susijusių su gyventojų sveikatos būkle ir senėjimo procesais, atliekama daug, tačiau ekonominiu, pajamų nelygybės ar įsitraukimo į darbo rinką aspektu, šios tendencijos nevertintos taip plačiai.

Tam, kad išlaikyti stabilų ekonomikos augimą, būtina ieškoti būdų, kaip, turint mažesnius darbo jėgos išteklius, pasiekti tokius pačius ir geresnius rezultatus. Vienintelė išeitis – didinti darbo našumą (žr. 11 pav.).



11 pav. Darbo našumo kaita Lietuvoje 2013 – 2019 m. (proc. nuo ES-27 vidurkio, kuris laikomas 100 proc.)

Šaltinis: Eurostat, 2020

Kaip matyti iš paveikslų, Lietuvoje darbo našumas lyginamuoju laikotarpiu didėja (100 proc. – ES-27 šalių vidurkis), tačiau vis dar daug mažesnis nei ES vidurkis. Našiausios ES šalys 2019 m. buvo Liuksemburgas (162 proc. ES vidurkio), Austrija (115,6 proc.), Belgija (129,2 proc.) ir Norvegija (126,3 proc.). Kaip keitėsi šiuo laikotarpiu 5 seniausių ES šalių darbo našumas, pateikiama 1 lentelėje (Eurostat, 2020):

1 lentelė. Darbo našumo rodiklio kaita seniausiose ES šalyse 2013 – 2019 m.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Italija	109,6	107,9	106,7	108,3	107,4	106,5	104,9
Suomija	108,3	107,7	107,6	108,1	108,9	107,9	106,6
Portugalija	79,9	79	78,3	77,9	75,6	75,1	76,1
Graikija	80,7	77,9	78,1	73,6	73,8	73,2	72,3
Vokietija	104,5	106,5	105,3	106	106,2	105,2	103,7

Šaltinis: sudaryta autorės

Kaip matyti iš lentelės (lentelėje pateikti duomenys – proc. nuo ES-27 vidurkio, kuris laikomas 100 proc.), visose penkiose seniausių populiaciją turinčiose ES šalyse, darbo našumas kasmet vis mažėja. Graikijoje, nagrinėjamoju laikotarpiu, jis sumažėjo net 8,4 proc., Italijoje – beveik 5 proc., Suomijoje – 2 proc., Portugalijoje – 3,8 proc., o Vokietijoje išlieka beveik stabilus (sumažėjimas per šešerius metus – 0,8 proc.). 2019 m. ES dokumentuose numatyta (15), kad bendros su senėjimu susijusios išlaidos ilguoju laikotarpiu išliks santykinai stabilios. Numatoma, kad jos padidės nuo 16,0 % BVP 2016 m. iki 16,7 % 2030 m. ir 2040 m. pasiekės aukščiausią tašką – 17,1 %, o 2070 m. vėl sumažės iki mažiau kaip 16 % (EK, 2019).

Sidabrinės ekonomikos, kaip veiklos, orientuotos į pagyvenusių žmonių poreikių patenkinimą, sąvoka atsirado Japonijoje praėjusio šimtmečio 8-jame dešimtmetyje. Tuo metu pradėjo formuotis tokios veiklos kryptys, kaip į „amžių orientuotas dizainas“, „universalus dizainas“, „sidabrinės paslaugos“ ar „žilstanti darbo rinka“, kurių pagrindinis tikslas buvo ir yra – sukurti vienodas galimybes vyresnio amžiaus žmonėms dalyvauti tiek darbo rinkoje, tiek vartojimo prekių rinkoje, kad jų poreikiai būtų patenkinti ir išpildyti kiti, amžiaus nulemtais pokyčiai, kylantys lūkesčiai. Kaip matyti iš skaičių, pateiktų straipsnyje, šios amžiaus grupės vartotojai ateityje turės itin didelę galią ir verslas bus priverstas reaguoti į juos. Ekonomistas G.F. Dumont savo tyrimuose dažnai teigia, kad visuomenės senėjimo procesai paveiks pasaulio ir regionines ekonomikas taip, kaip niekas prieš keletą dešimtmečių neįsivaizdavo.

Senėjanti visuomenė turi tapti katalizatoriumi diegiant naujas technologijas (tokias kaip „valdymo balsu technologijos“, sudarančios senyvo amžiaus žmonėms balsu valdyti elektronines sistemas namuose, naršant internete, vykdant bankinius mokėjimus ir kt.), nes specifinius gyventojų poreikius teks patenkinti visuose sektoriuose. Daug galimybių vystyti šią sritį turi ISO standartai – situaciją atitinkantis įmonių standartizavimas leistų didinti įmonių, prisitaikančių prie rin-

kos pokyčių, konkurencingumą. Taip pat ypatingas dėmesys turėtų būti skiriamas produktų dizainui ir dizainas, kaip įmonių funkcija, turi tapti universalia sritimi. Azijos šalys, tokios kaip Naujoji Zelandija, Australija, Singapūras, Pietų Korėja ir Kinija traktuoja dizainą kaip inžinerinę sritį, padedančią spręsti įvairias problemas versle, kuriant ar pritaikant produktus įvairioms amžiaus ir socialinėms grupėms. Tuo tarpu Europoje vis dar ieškoma bendro sutarimo, kaip dizainą reiktų vertinti – ar kaip atskirą veiklą, ar kaip meno rūšį. Labiausiai „kūrybiškos šalys“ pasaulyje: Jungtinė Karalystė (per dešimtmetį į kūrybines industrijas ir dizaino sritį investicijas padidino daugiau nei 11 proc.) (Newslanes, 2020), Naujoji Zelandija (net +33 proc.) ir Australija (+18 proc.). Jungtinėje Karalystėje investicijų į dizainą grąža per pastarąjį dešimtmetį buvo 161 proc. (110 mlrd. Eur), Australijoje tokių investicijų pelningumas siekė net 667 proc. Europoje inovatyvomis ir investuojančiomis į dizaino sprendimus šalimis laikomos Švedija, Suomija, Danija ir Norvegija. Taigi, dizaino galimybės neapsiriboja vien tik naujų produktų kūrimu – jis gali būti plačiai taikomas ir taupant išteklius bei sprendžiant socialines problemas.

Ne visos šios priemonės yra vienodai pasiekiamos skirtingo ekonominio išsivystymo šalyse pasaulyje. Europa, kaip regionas, turi daugiausiai galimybių užtikrinti vyresnių žmonių kasdienį gerbūvį, tačiau, kaip minėta straipsnyje, pajamų nelygybė vis dar aktuali daugeliui ES šalių ir ekonominis išsivystymas – nevienodas.

Taigi, mažam ir vidutiniam verslui, taip pat didžiosioms kompanijoms, ES – ypač, teks savo strateginius tikslus vertinti per senėjančios visuomenės poreikių tenkinimo prizmę. Senėjimas tampa komercine galimybe – tai taip pat ir veiksny, lemiantis darbo jėgos pokyčius, darbo našumą. Tai prielaida, leidžianti ieškoti naujų bendradarbiavimo su vyriausybinėmis organizacijomis ir valstybinėmis institucijomis būdų, kurti naujas, orientuotas į naujas sąlygas, programas, inicijuojant būtinas investicijas, tačiau tuo pačiu – įgyvendinant darnaus vystymosi programą, nes vyresnių žmonių, kaip ir likusios visuomenės, gerovė yra neatšiejama nuo aplinkos apsaugos, išteklių išsaugojimo ir bendro socialinio gerbūvio visame pasaulyje.

Išvados

Mažėjantys planetos resursai ir senėjanti visuomenė – du ryškiausi veiksniai, darantys įtaką pasaulio ekonominei situacijai. Straipsnyje nagrinėtos naujos šalių vystymosi perspektyvos: darnus vystymasis, žiedinė ir sidabrinė ekonomikos, kurios viena su kita tarpusavyje glaudžiai susijusios ir viena kitą papildančios. Atlikus susijusių reglamentų ir ataskaitų analizę, galima daryti tokias išvadas:

- darnaus vystymosi paradigma įpareigoja šalis visame pasaulyje tausoti planetos išteklius, siekti

- aplinkai palankaus ekonominio bendradarbiavimo, užtikrinant kiekvieno žemės gyventojų gerbūvį ir vienodas sąlygas tiek socialiniame, tiek ekonominiame kontekste. Politikos formavimas, įtraukiant darnaus vystymosi tikslus, yra tik rekomendacija, kuria pasirenka (arba ne) savo politinius tikslus sieti šalys ar regionai. Europos šalys – labiausiai reglamentuotos, vykdančios darnaus vystymosi programos tikslus ir rengiančios reguliarias ataskaitas, pagal kurias vertinama kiekvienos šalies pažanga tokiose darnaus vystymosi srityse kaip žaliavų naudojimas, perdirbimas, inovacijos, mokslinių tyrimų plėtra, lyčių lygybė, švietimas, sveikatos apsauga, ekologija ir kt. Sėkmingai įgyvendinami darnaus vystymosi tikslai institucijų stiprinimo ES, taikos, teisės, stabilaus ekonominio augimo srityse. Mažiausia pažanga fiksuojama lyčių lygybės, klimato, aplinkosaugos šviesios energetikos, inovacijų, žemės ūkio srityse.
- Darnaus vystymosi tikslų siekiama keičiant tradiciškai linijinę ekonomiką į žiedinę. Žiedinės ekonomikos principas – ekonominės veiklos procese susidarantį atliekų rinkinį, rūšiuoti, perdirbti ir vėl grąžinti į gamybą (šiuo metu pakartotiniame gamybos cikle ES dalyvauja apie 21 proc. pirminių žaliavų), taip prisidedant prie aplinkos saugojimo, pirminių resursų tausojimo. Žiedinės ekonomikos priemonės skatina inovatyvių gamybos ir distribucijos būdų taikymą versle, naujus pakavimo sprendimus vartojimo prekių rinkoje (Lietuva yra daugiausiai plastiko gaminių perdirbanti šalis pasaulyje – daugiau nei 70 proc. plastiko yra perdirbama ir patenka atgal į rinką, tačiau dėl tam tikrų plastiko sudėties savybių, vis dar trūksta perdirbto plastiko panaudojimo galimybių versle). Už energijos taupymą labiausiai atsakinga pramonė (kartu su statybos sektoriumi), Europoje sukuriantis didžiąją dalį BVP, tačiau ir sugeneruojantis didžiausią atliekų bei išmetamųjų dujų, tokių kaip CO₂ ir metanas, kiekį savo veikloje. Todėl šių sektorių veikla griežtai reglamentuota, orientuota į pažangą („zero energy buildings“, kt.) ir pritaikymą, naujų technologijų integraciją. Statybos sektoriaus veiklos rezultatai – atitinka griežtus energijos taupymo ir tvarumo reikalavimus, tačiau veikloje susidarantios atliekos vis dar rūšiuojamos ir perdirbamos labai vangiai. Išteklių taupymas, rūšiavimas, perdirbimas ir iš to gautos energijos panaudojimas statybos sektoriuje (žalioji statyba) – prioritetingos ES paramos sritys. Nors Lietuvos statybų sektoriaus sukuriama pridėtinė vertė yra didžiausia Baltijos regione, investicijos į statybos sektorių – mažesnės už Latvijos ir Estijos. Daugiau nei 95 proc. statybos įmonių ES yra mažos įmonės, turinčios mažiau nei 20 darbuotojų, todėl smulkaus verslo skatinimas veikti žiedinės ekonomikos principu – turi būti esminis kriterijus skiriant finansinę paramą ir rengiant viešuosius pirkimus.
 - Senėjanti visuomenė suponuoja sąlygas sidabrinės ekonomikos plėtrai. Europa – seniausias regionas pasaulyje, todėl ypatingai svarbu rasti tinkamus politikos ir ekonomikos sprendimus, kurie užtikrintų orią senatvę, tuo pačiu – tinkamai vertintų šio vartotojų segmento galimybes dalyvauti ekonominėje veikloje. Į senėjančios visuomenės poreikius privalo persiorientuoti tiek stambus, tiek smulkus verslas: kurdamas naujus produktus ir paslaugas ar pritaikydamas jau esančius. Taigi, verslas turi tapti pagrindiniu socialines problemas sprendžiančiu rinkos dalyviu, nes vienoms valstybinėms institucijoms ši našta, matyt, taps nepakeliamą. Šioje situacijoje pasiteisina investicijos į dizainą (*ecodesign kryptis*) ir kūrybines industrijas. Kaip rodo įvairios studijos, investicijų grąža gali siekti net 600 proc. ir daugiau (Naujoji Zelandija, Australija, kt.). Pagrindinė prielaida, užtikrinsianti stabilų regiono ekonominį augimą bus darbo našumo didinimas, nes darbo rinkos dalyvių kasmet vis mažės (visose penkiose didžiausių vyresnių žmonių skaičių turinčiose ES šalyse, darbo našumas pastaruosius keletą metų mažėjo). Tai reiškia, kad reikia rasti būdų, leidiančių vyresniems žmonėms ilgiau išlikti aktyviais ir darbingais, bet kartu, kad būtų užtikrinta jų fizinė ir psichinė sveikata bei gerovė.

Literatūra

- Bottero M., Caprioli C., Cotella G., Santangelo M. (2019). *Sustainable cities: A reflection on potentialities and limits based on existing eco-districts in Europe*. Sustainability 2019, 11(20), 5794. [interaktyvus] Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/su11205794>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 4 d.
- EK duomenys [interaktyvus]. *European construction sector observatory 2020*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory_en, žiūrėta 2020 m. lapkričio 7 d.
- EK duomenys [interaktyvus]. *Next generation EU*. Prieiga per internetą: <https://www.consilium.europa.eu/media/45109/210720-euco-final-conclusions-en.pdf>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- EK duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/info/live-work-travel-eu/health/coronavirus-response/recovery-plan-europe_en, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- EK duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/food/safety/food_waste_en, žiūrėta 2020 lapkričio 8 d.
- EK duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file_import/2019-european-semester-country-report-lithuania_lt.pdf, žiūrėta 2020 m. lapkričio 7 d.
- EK duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212STO21610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures>, žiūrėta 2020 spalio 23 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *Circular economy action plan*. For

- a cleaner and more competitive Europe. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf, žiūrėta 2020 m. lapkričio 7 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *Energy, transport and environment statistics. 2020 edition*. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11478276/KS-DK-20-001-EN-N.pdf/06ddaf8d-1745-76b5-838e-013524781340>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 9 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *Energy, transport and environment statistics. 2020 Edition*. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11478276/KS-DK-20-001-EN-N.pdf/06ddaf8d-1745-76b5-838e-013524781340>, paskutinį kartą žiūrėta 2020 m. lapkričio 7 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *European construction sector observatory. Country profile: Estonia. 2020*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory_en, žiūrėta 2020 spalio 24 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *European construction sector observatory. Country profile: Lithuania. 2020*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory_en, žiūrėta 2020 spalio 24 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *European construction sector observatory. Country profile: Latvia. 2020*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory_en, žiūrėta 2020 spalio 24 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *General economics overview. 2020*. Prieiga per internetą: <https://fiecc-statistical-report.eu/eu-en>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 7 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *Growing the european silver economy. 2015*. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/active-healthy-ageing/silvereco.pdf>, žiūrėta 2020 lapkričio 3 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *Road safety: Europe's roads are getting safer but progress remain too slow*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/transport/media/news/2020-06-11-road-safety-statistics-2019_en, žiūrėta 2020 spalio 24 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *Šalies ataskaita. Lietuva 2019*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file_import/2019-european-semester-country-report-lithuania_lt.pdf, žiūrėta 2020 m. lapkričio 9 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *Sustainable development in the European Union: Overview of progress towards the SDGs in EU context: 2020 edition*. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/4031688/11010788/KS-01-20-192-EN-N.pdf/ae63aff0-a6f3-1d47-da83-c6886b9daaab>, žiūrėta 2020 spalio 22 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *The European construction sector. A global partner. 2018*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/growth/content/european-construction-sector-global-partner-0_en, žiūrėta 2020 spalio 24 d.
- EK leidinys [interaktyvus]. *The silver economy: an overview of the European Commission's activities. 2019*. Prieiga per internetą: <https://silvereconomyforum.eu/wp-content/uploads/2019/07/Silver-Economy-Brochure.pdf>, žiūrėta 2020 lapkričio 3 d.
- EP duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212STO21610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures>, žiūrėta 2020 spalio 23 d.
- EP duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20170505STO73528/food-waste-the-problem-in-the-eu-in-numbers-infographic>, žiūrėta 2020 spalio 15 d.
- EP duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://www.europarl.europa.eu/resources/library/images/20181130PHT20669/20181130PHT20669_original.jpg, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- EP duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212STO21610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures>, žiūrėta 2020 spalio 23 d.
- Eurostat duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ilc_di12/default/bar?lang=en, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- Eurostat duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 7 d.
- Eurostat duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tesem160/default/table?lang=en>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 9 d.
- Eurostat leidinys [interaktyvus]. *Energy, transport and environment statistics/2020 Edition*. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11478276/KS-DK-20-001-EN-N.pdf/06ddaf8d-1745-76b5-838e-013524781340>, paskutinį kartą žiūrėta 2020 m. lapkričio 7 d.
- Internetinio puslapio European construction industry federation leidinys [interaktyvus]. *Construction activity in EU. 2020 edition*. Prieiga per internetą: <https://fiecc-statistical-report.eu/>, žiūrėta 2020 lapkričio 2 d.
- Internetinio puslapio Population references bureau leidinys [interaktyvus]. *Countries with the oldest populations in the world. 2020*. Prieiga per internetą: <https://www.prb.org/countries-with-the-oldest-populations/>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 9 d.
- Internetinis puslapis Newslanes [interaktyvus]. *Most creative countries in the world invested almost \$1 billion*. Prieiga per internetą: <https://newslanes.com/most-creative-countries-in-the-world-invested-almost-1-billion/>, žiūrėta 2020 spalio 27 d.
- Internetinis puslapis Organic without boundaries. [interaktyvus]. *Global data reveals another record year for organic agriculture. 2019*. Prieiga per internetą: <https://www.organicwithoutboundaries.bio/2019/02/28/organic-agriculture-statistics-book-2019/>, žiūrėta 2020 spalio 25 d.
- Internetinis puslapis World population review [interaktyvus]. *Obesity rates by country 2020*. Prieiga per internetą: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/obesity-rates-by-country>, žiūrėta 2020 lapkričio 3 d.
- Internetinis puslapis World population review [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/gini-coefficient-by-country>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- Jungtinės Tautos [interaktyvus]. *JT Darnaus vystymosi darbotvarkės iki 2030 m. įgyvendinimo Lietuvoje ataskaita*. Prieiga per internetą: https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/ES_ir_tarptautinis_bendradarbiavimas/Darnaus%20vystymosi%20tikslai/DV%20ataskaita/ataskaita%20LT.pdf, žiūrėta

- 2020 m. lapkričio 8 d.
Jungtinių Tautų Maisto ir žemės ūkio organizacijos duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- Jungtinių Tautų Moterų organizacijos UN Women duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.unwomen.org/en/what-we-do/leadership-and-political-participation/facts-and-figures>, žiūrėta 2020 spalio 27 d.
- Lietuvos statistikos departamento rodiklių bazė. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/nacionaliniai-darnaus-vystymosi-rodikliai>, žiūrėta 2020 spalio 25 d.
- LR Vyriausybė. Prieiga per internetą: https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/ES_ir_tarptautinis_bendradarbiavimas/Darnaus%20vystymosi%20tikslai/DV%20ataskaita/ataskaita%20LT.pdf, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- LR Vyriausybė. Prieiga per internetą: <https://am.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-1/es-ir-tarptautinis-bendradarbiavimas/darnus-vystymasis/darnus-vystymasis-ir-lietuva#:~:text=%20Darnaus%20vystymosi%20tikslai%20iki%202030%20m.%3A%20,Pasiek%20ly%C4%8Di%C5%B3%20lygyb%C4%99%20ir%20%C4%AFgalinti%20moteris...%20More%20>, žiūrėta 2020 spalio 4 d.
- LR Vyriausybės patvirtinta „Nacionalinė darnaus vystymosi strategija. 2011“, ISBN 9955-575-28-X, prieiga per internetą: https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/ES_ir_tarptautinis_bendradarbiavimas/Darnaus%20vystymosi%20tikslai/NDVS/NDVS.pdf, žiūrėta 2020 m. lapkričio 9 d.
- Pasaulinė Sveikatos Organizacija WHO leidinys [interaktyvus]. *Roads safety 2020*. Prieiga per internetą: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/road-safety>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- Pasaulinė Sveikatos Organizacija WHO leidinys [interaktyvus]. *Violence against women 2017*. Prieiga per internetą: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/violence-against-women>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- Pasaulio banko duomenys [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?end=2019&start=2009>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 7 d.
- Pasaulio Banko leidinys [interaktyvus]. *Poverty overview 2020*. Prieiga per internetą: <https://www.worldbank.org/en/topic/poverty/overview>, žiūrėta 2020 m. lapkričio 8 d.
- Švagždienė B., Palujanskienė P., Malašauskienė I. *Šiuolaikinės organizacijos valdymas, kaip priemonė siekti aukštos kokybės. Miškininkystė ir kraštovarkla*. KMAIK, K.: 2020, prieiga per internetą: [https://www.kmaik.lt/uploads/BI-BLIOTEKA/MK/Mi%C5%A1kininkyst%C4%97_ir%20_kraštovarkla_2020_1_\(18\).pdf#page=73](https://www.kmaik.lt/uploads/BI-BLIOTEKA/MK/Mi%C5%A1kininkyst%C4%97_ir%20_kraštovarkla_2020_1_(18).pdf#page=73), žiūrėta 2020 m. lapkričio 9 d.

THE CHALLENGES OF NEW ECONOMIC CONCEPTS IN EUROPE

Vaiva Mickevičienė

*Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnis st. 54, Vilnius*

Abstract. The article analyzes Europe's social, economic and environmental progress, ability of European countries to meet the challenges such as aging society, ensuring the concept of sustainable development and achieving the goals of the circular and silver economy. Today's Europe challenges are high income inequality, gender discrimination, disparities in priority investment and productivity. European Union still responsible for to large disparities between countries, so it is important not only to identify priority areas but also to achieve them equally across the region. There is still too little investment in design (some Asia countries, such as New Zealand, Australia, China or Singapore and USA have potential good results from investment into design and creativity industry), the needs of an aging population are not sufficiently met (Europe is the oldest region in the world and 4 from 5 most oldest counties in the world based in Europe – Italy, Greece, Finland, Germany and Portugal), there is no equal treatment for men and women (still more than 8% of women in EU find itself as victims of psychological or physical violence; they take less incomes by doing the same work, have better education, but worst opportunities get into labor market; even more than 21% of parliament members in EU are women), investment in renewable energy is not as efficient as expected before (more than 58% of energy consuming in Europe are imported), and industrial and environmental pollution rates changing too slowly. Europe is using too much of plastic material and can't find opportunities use it again in circle economy (only 8% of recycled plastic is used again). Europe's construction sector is responsible for more than 35% waste – that's why it is so important to invest into sectors enterprises and new ways to create sustainable society.

Key words: sustainable development, circle economy, silver economy, aging economy.

KIBERNETINIO SAUGUMO SOCIALINIAI ASPEKTAI AUKŠTŲJŲ MOKYKLŲ AKADEMINĖS BENDRUOMENĖS AKIMIS

Jelena Mamčenko, Inga Piščikienė, Jūratė Romeikienė, Brigita Šustickienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Šiuo metu daugeliui mokslo institucijų persikėlus į skaitmeninę erdvę išaugo kibernetinio saugumo ir duomenų apsaugos svarba. Šiame straipsnyje pristatoma atlikta aukštųjų mokyklų (universitetų, kolegijų) akademinės bendruomenės apklausa apie kibernetinio saugumo suvokimą, internete ir socialiniuose tinkluose tykančius pavojus, asmens duomenų saugumą.

Reikšminiai žodžiai: kibernetinė sauga, socialiniai tinklai, sauga, privatumas.

Įvadas

Socialinė žiniasklaida ir socialiniai tinklai yra mūsų dienos realybė, kurioje visuomenė randa įvairios naudos. Galėjimas bendrauti su milijonais kitų interneto vartotojų realiuoju laiku, lankytis parduotuvėse neiškeliant kojos iš namų, informacijos paieška, internetiniai dienraščiai, pagaliau galimybė studijuoti ir mokytis per atstumą pandemijos metu – visa tai tik menka dalis naudos, kuria mėgaujasi interneto vartotojai visame pasaulyje. Tačiau yra ir kita medalio pusė – informacinių technologijų amžiuje didžioji dalis tiek asmeninių, tiek organizacinių duomenų buvo perkelti į skaitmeninę erdvę, ir kartu su kasdienio gyvenimo palengvinimais, informacinės technologijos atnešė ir grėsmes. Viešojoje erdvėje vis dažniau pasigirsta naujienos apie tapatybės vagystes, informacijos nutekimą, asmens privatumo pažeidimą.

Skaitmeninių technologijų paplitimas bei kompiuterinių ir komunikacinių įtaisų susiliejimas pakeitė būdus, kuriais mes bendraujame, atliekame kitus svarbius darbus ir kt. Technologinė pažanga, anksčiau reikšusi platesnes kompiuterių sujungimo galimybes, pastarąjį dešimtmetį yra akivaizdi žmonių skaitmeniniame socializavimesi. Pagrindinis veiksnys, nulėmęs tokį pokytį, yra augantis interneto, o kartu ir socialinių svetainių populiarumas (Zheleva, E. M. et al., 2012). Oficialiosios statistikos portalo duomenimis, 2020 metais 82 proc. namų ūkių Lietuvoje turėjo interneto prieigą, ne rečiau kaip kartą per savaitę internetu naudojosi 82 proc. 16–74 metų amžiaus gyventojų. Ryšiams internetą naudojo 79 proc. to paties amžiaus gyventojų, skaitė naujienas 74 proc., laisvalaikui naudojo (žiūrėjo filmus ar televizijos laidas, klausėsi muzikos, žaidė arba atsisiuntė įrašus, žaidimus) 71 proc., 68 proc. naudojosi internetinės bankininkystės paslaugomis. Deja, tokia milžiniška skaitmeninė populiacija reiškia ir priegią prie neapbrėptamą skaičiaus potencialių aukų interaktyvioms apgaulėms įvykdyti. Skaitmeninės nuotraukos leidžia globaliai, stambiais dydžiais paskirstyti vaikų seksualinio išnaudojimo medžiagą. Skaitmeninė informacija gali būti kopijuojama ir ja dalijamasi, sudarant galimybę pažeisti autorines ir

gretutines teises. Socialiniai tinklai gali būti naudojami grasinimo tikslais bei patyčioms. Didėjanti žmonių priklausomybė nuo kompiuterių bei skaitmeninių tinklų, pačias technologijas paverčia nusikalstamų veikų taikiniu (Clough, J. 2011). Dabar nepraeina nė diena be žinių apie kompiuterinius nusikaltimus ar kitus šio tipo įvykius: internetinių svetainių užvaldymas ir turinio pakeitimas (angl. *Defacement*), tapatybės vagystės, niokojanti viruso ataka, pinigų nukreipimas iš banko sąskaitų, išpirkos reikalaujančios programos ir neskelbtinų duomenų vagystė. Saugumo profesionalai kaunasi nesibaigiančioje kovoje su nusikaltėliais, programišiais, teroristais ir užsienio žvalgybos agentūromis, kurie jaučia pasitenkinimą paleisdami virusus, trojanus, kirminus ir kitą kenksmingą programinę įrangą (Borky J. M., Bradley T. H., 2018). Akivaizdu, kad šiandien ypač svarbi yra tiek kibernetinio saugumo kultūra, tiek supratimas, kas iš viso yra kibernetinio saugumo grėsmė.

Lietuvos Respublikos kibernetinio saugumo įstatymas ir Nacionalinė kibernetinio saugumo strategija apibrėžia kibernetinio saugumo grėsmę kaip pavojų, kylantį (galintį kilti) „<...> ryšių ir informacinėmis sistemomis perduodamos ar jose tvarkomos elektroninės informacijos prieinamumui, autentiškumui, vientisumui ir konfidencialumui ir (arba) galintį trikdyti ryšių ir informacinių sistemų veikimą, valdymą ir paslaugų jomis teikimą“. Šiame kontekste, vadovaujantis Lietuvos Respublikos kibernetinio saugumo įstatymo logika, „kibernetinis“ turėtų būti suprantamas kaip susijęs su aplinka, „<...> kurią sudaro kompiuteriai ir kita ryšių ir informacinių technologijų įranga ir juose sukuriama ir (arba) jais perduodama elektroninė informacija.“ Taigi, kibernetinio saugumo grėsmė yra pavojus, susijęs su aplinka, kurią sudaro kompiuteriai ir informacinių technologijų įranga bei joje esanti ir joje perduodama informacija.

Problemos apibrėžimas

Kibernetinės saugos grėsmes ir kibernetinių incidentų pasekmes analizuoja S. Romanosky (2016), C.

D. Heitzenrater, A. C. Simpson (2016), S. M. Bellovin et al. (2017), M. Choras et al. (2017) ir kt. Autoriai išskiria įvairias kibernetinės saugos grėsmes, pvz. kenksmingą programinį kodą, išpirkos reikalaujančias programas, brukalus ir sukčiavimą pasitelkiant elektroninį paštą ir t. t.. Anot Nacionalinio kibernetinio saugumo centro atstovų, Lietuvoje dažniausiai <...> atakuojama naudojantis įvairiais socialinės inžinerijos būdais, tokiomis kaip *fišingas*, *smišingas*, *višingas*. (G. Kapsevičius, 2019). Su informacinėmis ir kompiuterių sistemomis susijusi socialinės inžinerijos sąvoka bendrai apibrėžiama kaip būdas gauti informaciją techninėmis ar / ir ne techninėmis priemonėmis (Manske K. 2000).

Socialinė inžinerija – tai būdas apgavus kompiuterio naudotoją, priversti jį savanoriškai atlikti veiksmus, kurie padėtų įsibrauti ir užvaldyti kompiuterių tinklus. Pastebima, kad vis dažniau socialinės inžinerijos metodai naudojami siekiant įtikinti naudotoją atskleisti konfidencialią informaciją (slaptažodžius, kredito kortelės numerius ir pan.), užkrėsti kompiuterį kenksmingu kodu. Šiuo metodu yra manipuliuojama naudotojų emocijomis ir psichologija, pastabumo stoka, technologijų neišmanymu. *Fišingas* – tai atakos forma, pirmiausiai nutaikyta ne į sistemą, o į žmogiškąjį veiksnių. Vartotojas paprastai gauna elektroninį laišką, kuris imituoja užklausa arba prašymą, siunčiamą iš valstybės įstaigos arba, tarkime, banko. Laiške nurodoma problema ir paprašoma pateikti savo duomenis. Kadangi toks laiškas labai panašus į siunčiamą tikros įstaigos, vartotojas suveda reikalaujamą informaciją, o sukčiams to ir tereikia. Tokie laiškai taip pat gali turėti virusų. Panašiai veikia ir *valingas* (*whaling* – banginių medžioklė), tik jis paprastai būna nutaikytas į aukštus postus užimančius darbuotojus ir pareigūnus.

Tokių ir panašių kibernetinių atakų formų yra daugybė, ir nors kelią joms bando užkirsti įvairios institucijos valstybiniu lygmeniu, begalė IT specialistų, tikroji kova su jomis prasideda nuo kiekvieno interneto vartotojo sąmoningumo. Kibernetinis raštingumas bei kultūra turėtų būti skiepijami jau mokyklos suole, o žinios apie kibernetines erdves, jų apsaugą turi būti nuolat atnaujinamos. 2020 metais Vilniaus aukštojo mokslo institucijose buvo atlikta apklausa, kuria siekta išsiaiškinti, ar studentai turi žinių apie kibernetinį saugumą, kas yra kibernetinė grėsmė, saugumas socialiniuose tinkluose.

Tyrimo metodas ir tikslas

Šio tyrimo tikslas buvo išsiaiškinti studentų ir dėstytojų (akademinės bendruomenės) nuomonę apie kibernetinio raštingumo bei kultūros lygį, virtualios aplinkos elementų taikymo naudingumą šiuo metu, bei palyginti tyrimo rezultatus skirtingose amžiaus grupėse. Tam buvo naudojami anketinės apklausos ir gautų duomenų lyginamosios analizės metodai.

Kiekybinis tyrimas buvo atliktas 2020 metais ir jo

metu buvo užpildytos 288 anketos. Tyrime dalyvavo keletas universitetų ir kolegijų personalas ir studentai. Respondentams buvo pateiktos anketos, kurias sudarė 21 klausimas. Klausimai buvo tiek uždari, tiek ir atviri, ir tai leido gauti išsamesnius atsakymus ir patikimesnę informaciją.

Klausimyną sudarė keturios dalys: informacija apie respondentą, kokiais tikslais respondentai naudoja internetą ir medijas, asmeninės informacijos sauga internete, bei pasirengimas kibernetinio saugumo klausimais.

Apklausoje dalyvavo 185 moterys ir 103 vyrai. Dalyvavusiųjų tyrime skaičius pasiskirstė tokia tvarka: universitetuose – 165, kolegijose – 123. Didžiąją dalį, 83 proc. apklaustųjų sudaro studentai, todėl 18-30 metų amžiaus grupė buvo didžiausia. Kiti respondentai, kurie buvo akademiniai darbuotojai, pasiskirstė taip: 30-40 metų amžiaus grupė – 4 proc. 40-50 metų amžiaus grupė – 8 proc. ir 50 metų ir daugiau – 5 proc. Buvo apklausti socialinių, technologinių ir gamtos mokslų studentai bei dėstytojai.

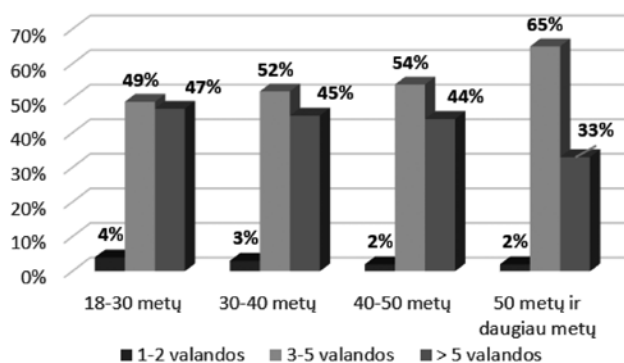
Tyrimo rezultatai

Pirmuoju klausimų bloku norėta išsiaiškinti respondentų pasitikėjimo savimi lygį, psichologines charakteristikas, todėl buvo pateiktas klausimas *Ar esate patiklus/i*. Didžioji dalis, 74,5 proc. apklaustųjų atsakė, kad yra linkę save laikyti nepatikliais, tačiau ketvirtadalis (25,5 proc.) respondentų mano, jog yra patiklus. Lyginat rezultatus, gautus apklausus pagal amžių grupes, paaiškėjo, kad daugiau vyresnio amžiaus respondentų, negu 18-30 metų grupės apklaustųjų, mano esą nepatiklus. Į kitą tos grupės klausimą – *Ar buvote apgautas manipuliotojo (telefoninio/internetinio/fizinio)* – 11,8 proc. respondentų prisipažino, kad jie buvo apgauti telefoninio/internetinio/fizinio manipuliotojo. Ištyrus atsakymų pasiskirstymą amžiaus grupėse, buvo nustatyta, kad jaunais, nepatyrusiais žmonėmis sukčiai dažnai bando pasinaudoti. Jie yra pažeidžiama grupė psichologine prasme.

Kitas klausimų blokas buvo skirtas išsiaiškinti, kokiais tikslais respondentai naudoja internetą ir medijas.

Į klausimą *Kokiais tikslais naudojate internetą?* respondentai atsakė, kad daugiausiai internetą naudoja informacijos paieškai ir bendravimui su draugais, nemažai vartotojų, ypač 18-30 metų grupėje, laiką leidžia žaidimų svetainėse. Taip pat buvo pateiktas klausimas: *Kiek laiko praleidžiate internete per dieną?* atsakymai parodė, kad visos amžiaus grupės vidutiniškai internete praleidžia nuo 3 iki 5 valandų, bet visose amžiaus grupėse išsiskiria dalis respondentų, kurie praleidžia internete daugiau nei 5 valandas.

Norėdami sužinoti, ar respondentai žino kibernetinio saugumo sąvoką, buvo pateiktas klausimas ar jie yra girdėję *socialinės inžinerijos*, *fišingo*, *sukčiavimo są-*



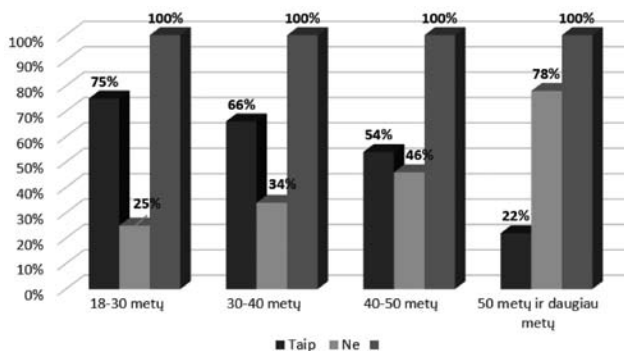
1 pav. Respondentų praleistas laikas internete

Šaltinis: sudaryta autorių

vokas. Tik šiek tiek daugiau nei trečdalis visų respondentų atsakė, kad apie tai yra girdėję.

Pateikus su paieška („naršymu“) internete susijusį klausimą: *Ar Jūsų kompiuteryje/telefone yra filtras (draudimas lankytis nepageidaujamose ir pavojingose svetainėse)?*, tik ketvirtadalis visų respondentų pažymėjo, jog jų asmeniniuose įrenginiuose yra nustatytas filtras, draudžiantis lankytis nepageidaujamose ir pavojingose svetainėse., ir net trys ketvirtadaliai į šį klausimą atsakė „nežinau“. Atskirose amžiaus grupėse atsakymai neišsiskyrė.

2 pav. pateikti atsakymai į klausimą *Ar žinote, kaip atskirti pavojingas nuo nepavojingų svetainių?* Diagramoje matyti, kad 18-30 metų apklaustieji mano, kad atskiria pavojingas nuo nepavojingų svetainių, tuo tarpu vyriausio amžiaus grupė pateikė visiškai priešingus atsakymus.



2 pav. Respondentų nuomonė apie pavojingas ir nepavojingas svetainės

Šaltinis: sudaryta autorių

Į klausimą *Kokias interneto paslaugas dažniausiai naudojate?* didžioji dalis respondentų atsakė vienodai. Tyrimas parodė, kad akademinė bendruomenė interneto paslaugas daugiausiai naudoja informacijos paieškai. Tai yra tikrai aktualu mokantis ir dirbant pedagoginį darbą. Tokio paties populiarumo susilaukė ir socialinių tinklų naudojimas.

Klausimas *Ar naudojate socialinius tinklus?* visų amžiaus grupių tarpe sulaukė teigiamo atsakymo. Respondentai nurodė, jog socialinius tinklus naudoja tiek asmeniniais, tiek ir darbo/mokymosi tikslais. Visgi dauguma apklaustųjų, nors ir dažnai naudojantys so-

cialinius tinklus, pripažino suvokiantys, kad socialiniai tinklai yra pavojingi.

Kitas klausimų blokas buvo susijęs su asmeninės informacijos sauga internete. Į klausimą *Kokios informacijos negalima atskleisti internete?* net 91 proc., respondentų atsakė, kad „asmeninės informacijos“, „slaptažodžių“, „banko kodų ir sąskaitų“, „gyvenamosios vietos“, 66 proc. paminėjo „kur mokaisi ar dirbi“, „šeimos ir artimų žmonių sąrašo“, „tel. numerių“, 11 proc. – „suplanuotų kelionių datos ir kiek laiko busi išvykęs“. Šis klausimas atskleidė, kad respondentai žino, kaip saugoti savo asmeninius duomenis.

Respondentams buvo pateiktas atviras klausimas, *Kokie yra interneto pavojai?* Dažniausiai apklaustieji įvardijo šiuos pavojus internete: „Apgavystės, scam'ai“, „Virusai, duomenų nutekimas“, „Internetu gausu pavojų pradendant nuo vadinamųjų „trollių“, kurie okupuja internetą bereikšmėmis patyčiomis, paveikdami ne tik jaunuolių, bet ir suaugusiųjų psichologinę sveikatą“, „Galimi ir fiziniai pavojai: persekiojimas, neteisėtas svetimų duomenų panaudojimas, vagystės“, „Gali būti skleidžiama melaginga informacija, su tavimi gali susisiekti žmonės, kurie soc. tink. lyg ir atrodo normalūs, bet iš tiesų gali būti pavojingi“, „Tapatybės vagystė, šmeižtas, fizinis pavojus sau ir artimiems žmonėms, banko kodų panaudojimas vagystėms, dokumentų modifikavimas“, „Žaloja psichiką, gali pateikti netinkamą informaciją“. Keletas respondentų mano, „kad pavojai yra perdėti“, „Jei esi įgudęs, nėra pavojų“.

Respondentams buvo pateiktas praktinis klausimas *Jei norite pasiekti viešąjį „Wi-Fi“ tinklą (pvz., oro uoste ar kavinėje) ir tam reikalingas slaptažodis, ar saugu naudoti tą tinklą neskelbtinai veiklai, pavyzdžiui, internetinei bankininkystei?* 17,6 proc. apklaustųjų nežinojo, ar viešasis interneto tinklas yra saugus, didžioji dalis, 77,4 proc. mano, kad šis tinklas nėra saugus naudoti „jautrios“ informacijos perdavimui.

Kokios interneto grėsmės Jums atrodo labiausiai pavojingos? Šis klausimas atkartoja atvirą klausimą *Kokie yra interneto pavojai?* Didžiausiomis grėsmėmis įvardijama – „Duomenų vagystė“, „virusai“, „sukčiavimas“. Lentelėje pateikiami respondentų atsakymai pagal amžiaus grupes.

1 lentelė. Respondentų įvardytos grėsmės

	18–30 metų	30–40 metų	40–50 metų	50 metų ir daugiau metų
Patyčios internete	9,7%	18,1%	21,4%	33,1%
Sukčiavimas	19,2%	21,2%	19,9%	19,2%
Piratavimas	5,3%	5,3%	5,3%	3,2%
Virusai	21,3%	16,3%	12,3%	9,3%
Spamas	4,6%	3,2%	3,2%	2,7%
Melaginga informacija	15,4%	11,5%	4,8%	11,4%
Duomenų vagystė	24,5%	24,4%	33,1%	21,1%

Šaltinis: sudaryta autorių

Klausimu *Kokiu informacijos šaltiniu labiausiai pasitikite?* siekta išsiaiškinti, kaip respondentai įvertina informacijos šaltinį. Dauguma respondentų pripažino,

jog jie vienodai pasitiki tiek informacija gauta „*naujie-
nų portaluose*“, tiek gauta iš draugų. Prisiminus anks-
tesnį klausimą *Ar aš esu patiklus?* į kurį didžioji da-
lis atsakymų buvo neigiami, galima daryti išvadą, kad
švietimo bendruomenės atstovai ieško „*patikimos*“,
„*patikrintos*“ informacijos, kartais kaip patikimą šalti-
nį naudoja „*draugų pateiktą informaciją*“.

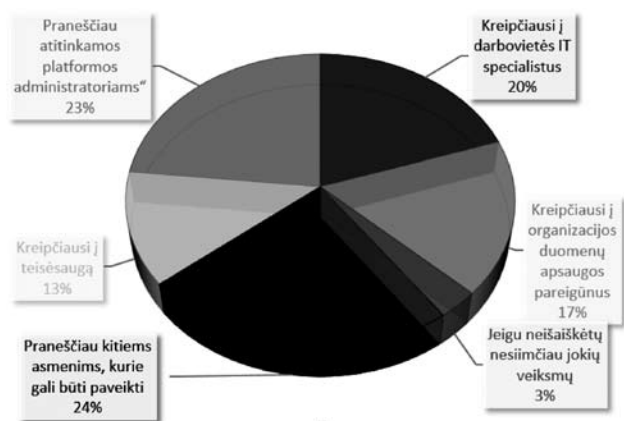
Į klausimą *Ar socialiniai tinklai gali būti žmonių
valdymo įrankis?* 90 proc. apklaustųjų atsakė, kad „*so-
cialiniai tinklai, be abejo, gali būti žmonių valdymo
įrankis*“. Visgi, prisiminus atsakymus į ankstesnį kla-
simą *Kokias interneto paslaugas dažniausiai naudo-
jate?*, kai net trečdalis apklaustųjų nurodė socialinius
tinklus, daroma išvada, jog socialiniai tinklai yra pavoj-
jinga, bet ypatingai įtrauki veikla, ir dauguma respon-
dentų yra linkę rizikuoti.

Sekantis klausimų blokas buvo skirtas išsiaiškinti,
kiek žinių apie kibernetinį saugumą turi švietimo ben-
druomenė.

Tyrimė paaiškėjo, kad tik mažiau nei penktadalis
(18,6 proc.) apklaustųjų buvo supažindinti švietimo
institucijose su internetiniu/kibernetiniu saugumu,
didžioji dalis atsakiusių patys ieškojo informacijos ir
domėjosi šiuo klausimu, mokymuose ar paskaitose šia
tema nedalyvavo.

Į klausimą *Kaip elgtumėtės jeigu būtų panaudota
kibernetinė ataka?*, (3 pav.) respondentai atsakė įvai-
riai. Tai rodo, kad nėra suformuotos vieningos elgesio
normos kibernetinei atakai įvykus. Atsitikus tokiam
atvejui visi elgtųsi spontaniškai.

Į klausimą *Ar teko kreiptis dėl panaudotos kiberne-
tinės atakos prieš Jus į atitinkamą instituciją?* – didžioji
dalis (90 proc.) respondentų atsakė, kad *Kibernetinės
atakos nepatyrė arba jos nepažino, nes nepadarė jokios
žalos* ir tik 1 proc. atsakė, kad teko kreiptis.



3 pav. Respondentų veiksmai įvykus kibernetinei atakai

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados ir pasiūlymai

Kibernetinis saugumas yra veikla, kuria siekiama
apsaugoti sistemas, tinklus ir programas nuo skaitme-
ninių atakų. Tokių kibernetinių atakų tikslas paprastai
yra gauti prieigą prie konfidencialios informacijos, ją

modifikuoti ar sunaikinti, išvilioti pinigus iš vartotojų
ar sutrikdyti įprastus verslo procesus.

Efektyvių kibernetinio saugumo priemonių įgy-
vendinimas šiandien yra ypač sudėtingas, nes įrengi-
nių yra daugiau nei žmonių, o įsilaužėliai taiko vis su-
dėtingesnius atakos metodus.

Sukčiai, manipulatoriai naudojami žmonių silpnų-
bėmis, kurias pažįsta geriau, nei jie patys. Įdomu tai,
kad, jei asmeniu yra manipuliuojama, vadinasi, jis kaž-
koku būdu leidžiame tam vykti.

Atliktos apklausos analizė parodė, jog akademinė
bendruomenė yra neblogai susipažinusi su kiberne-
tiniais pavojais ir žino, ką reikia daryti bei kur reikia
kreiptis tokioms situacijoms įvykus. Vis dėlto, kai ku-
rie atsakymai akivaizdžiai atskleidžia, jog trūksta vie-
ningos pozicijos tam tikrais klausimais.

Iš tyrimė gautų atsakymų galime daryti išvadą, kad
respondentai linkę saugoti asmeninę informaciją, t. y.
asmens indentifikavimo duomenis, banko kodus, slap-
tažodžius, tačiau kitos jautrios informacijos neviešini-
mas dar nėra pilnai įsisąmonintas. Nepaisant to, kad
dauguma respondentų (tiek kolegijos tiek universiteto
studentai) nors ir nebuvo apgauti manipuliuotojo, ir
puikiai žino kokios informacijos negalima atskleisti,
socialinės inžinerijos sąvokos beveik pusei responden-
tų nėra girdėtos.

Prie rekomendacijų būtų galima pažymėti, jog reikia
nuolatos organizuoti seminarus kibernetinio saugumo
klausimais tiek kolegijos ir universitetų pirmo kurso stu-
dentams, tiek akademiniam personalui bei administraci-
jos darbuotojams kur būtų kalbama apie saugų slaptažo-
džių naudojimą, apie socialinės inžinerijos grėsmes, apie
draudimą prisijunginėti prie savo paskyrų (socialiniai
tinklai, e-bankininkystė bei kitos sistemos, naudojančios
personalinius duomenis) naudojant nesaugų tinklą, apie
tai, jog pastebėjus, kad profilis buvo įsilaužtas ar susidū-
rus su kitais sukčiavimo ar asmeninių duomenų išsivi-
liojamo būdais, žinotų į kokias teisėsaugos institucijas
reikėtų kreiptis. Taip pat, kaip papildomą rekomendaci-
ją, reikėtų pažymėti, jog kompiuterinėse auditorijose rei-
kia sukurti naudotojų grupes bei kiekvienam naudotojui
priskirti prisijungimo prie klasėse esančių kompiuterių
vardą bei slaptažodį, atitinkanti standartui.

Kibernetinis saugumas pirmiausia yra kompiute-
rių, tinklų, programų ir duomenų apsaugos sluoksnų
visuma. Svarbu, kad visos organizacijos, taip pat ir
švietimo, suvoktų, kaip svarbu rūpintis savo kiberneti-
niu saugumu ir savo bendruomenės išprusimu. Veiks-
minga apsauga nuo kibernetinių atakų yra galima tik
tinkamai suderinus žmones, procesus ir technologijas.

Literatūra

- Bellovin, S. M., et al. (2017). *Limiting the undesired impact of cyber weapons: technical requirements and policy implications*, Journal of Cybersecurity, vol. 3, Issue 1, Pages 59–68.
- Choraś, M. et al. (2016). *Cyber Threats Impacting Critical Infrastructures*. Studies in Systems, Decision and Control, vol 90. Springer.

- Clough, J. (2011). *Cybercrime*. Commonwealth law bulletin, vol., 37, Issue 4, p. 671–680.
- Heitzenrater, C. D., Simpson, A. C. (2016). *Policy, statistics and questions: Reflections on UK cyber security disclosures*, Journal of Cybersecurity, vol. 2, Issue 1, 1 December, Pages 43–56.
- Kapsevičius, G. (2019). *Verslui vis labiau skaitmenizuojantis, kibernetinių įsilaužimų nuostoliai auga*. Alfa.lt. [interaktyvus] [žiūrėta 2020 m. lapkričio 11 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.alfa.lt/straipsnis/50407155/verslui-vis-labiau-skaitmenizuojantis-kibernetiniu-isilauzimu-nuostoliai-auga>.
- Manske, K. (2000). *An introduction to social engineering // Security Management Practices*, November/December, P. 53-59.
- Mickevičiūtė, D. (2020). *Kai susiduriame su manipuliacija*. Psichoterapija jums. [žiūrėta 2020 m. lapkričio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.psichoterapija-jums.lt/Straipsniai-manipuliacijos.htm>.
- Romanosky, S. (2016). *Examining the costs and causes of cyber incidents*. Journal of Cybersecurity, Vol. 2, Issue 2, 1 December Pages 121–135.
- Zheleva, E. M., Terzi, E., & Getoor, L. (2012). *Privacy in social networks*, San Rafael.

SOCIAL ASPECTS OF CYBERSECURITY FROM THE PERSPECTIVE OF HIGHER EDUCATION ACADEMIA

Jelena Mamčenko, Inga Piščikienė, Jūratė Romeikienė, Brigita Šustickienė

Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT

Abstract. Presently most of educational process has moved online, cyber security and data protection is rapidly gaining importance in all educational institutions. This article presents results of a survey conducted at higher education institutions (universities, colleges) into perception of cybersecurity, threats on the internet and social media platforms, and personal data security.

Key words: Social Networking Websites, Security, Privacy, Cyber threats.

MOKYMO PROCESO SKAITMENIZAVIMAS STATYBOS SPECIALYBIŲ STUDENTAMS

Daiva Makutėnienė¹, Edgaras Timinskas², Olga Ovtšarenko³

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius, LT

²Vilnius Gedimino technikos universitetas, Sauletekio al. 11, LT-10223 Vilnius, LT

³Talino taikomųjų mokslų universitetas, Pärnu mnt 62, 10135 Talinas, EE

Anotacija. Virtualių technologijų integracija šiandien tampa įprasta aukštosiose mokyklose, ja siekiama pagerinti švietimo kokybę. Šiame straipsnyje pateikiama projekto „Virtualios mokymosi aplinkos plėtra aukštojo mokslo techninėse studijose“ (VirTec), kurį mėnesius bendrai finansavo Erasmus programa ir kuriame dalyvavo institucijos iš penkių šalių: Estijos, Lietuvos, Turkijos, Kroatijos ir Lenkijos. Jo tikslas yra sukurti skaitmeninį simulatorių ir mokomąją medžiagą statybinių specialybių studentams. Šio simulatoriaus užduotys yra suteikti besimokančiajam galimybę savarankiškai gauti žinių apie konstrukcines detales nuotoliniu būdu. Mokymasis naudojant virtualaus namo modelį padės studentams išsiugdyti erdvinį mąstymą, kuris yra būtinas sėkmei grafikos ir inžinerijos srityse. Tai savo ruožtu padidins jų profesinę kompetenciją.

Reikšminiai žodžiai: 3D modeliai, virtuali mokymosi aplinka, inžinerinis mokymas.

Įvadas

Kokybiniai pokyčiai, vykstantys švietime, turėtų būti nukreipti į darbo rinkos reikalavimus, o tam reikalingas konkurencingas specialistas, turintis aukšto lygio profesinę kvalifikaciją, turintis pakankamai kompetencijos ir gebantis greitai prisitaikyti prie nuolat besikeičiančių gamybos proceso sąlygų. Prioritetinės profesinio inžinerijos mokymo plėtros kryptys šiuo metu yra šiuolaikinių informacinių technologijų naudojimas ir aktyvus mokymasis. Paskutinis buvo įtrauktas į inžinerinio švietimo programas, vadovaujantis Europos inžinerinio mokymo draugijos rekomendacijomis (SEFI, 2018). Aktyvus mokymasis įtraukia studentus į naujų žinių gavimo procesą. Studentai turėtų ne tik išklausti, bet ir analizuoti, apibendrinti ir įvertinti gautą informaciją, pažymėtą Porto švietimo simpoziume (BEST, 2006). Greito informacijos perdavimo, greitai besivystančių technologijų, didelės konkurencijos sąlygomis būtina užtikrinti ugdymo proceso efektyvumą ir aukštą kokybę (Europos Komisija, 2013).

Tuo pat metu ugdymo procesas aukštosiose techninėse mokymo įstaigose vis labiau suspaudžiamas, o tai reiškia intensyvesnę savarankišką darbą.

Todėl reikia mokomosios medžiagos, kuri pirmiausia turėtų būti prieinama besimokantiejiems, nenaudojant licencijuotų programų, kur būtų reikalinga informacija ir funkcijos, kuriomis būtų lengva naudotis.

Sprendžiant šią užduotį buvo pasitelkta žaidimų metodika. Žaidimų mokymo medžiaga pasižymi atitinkamomis savybėmis, o efektyviausia yra įvairūs simulatoriai. Žaidimo efektai siejami su vartotojo dalyvavimu interaktyviame procese ir kelia didelį susidomėjimą siūloma informacija. Grįžtamojo ryšio gavimas žaidimo procese yra tikslus ugdymo proceso sėkmės rodiklis ir tuo pačiu yra žingsnis po žingsnio besimokančiojo judėjimo mokymosi procese vadovas.

Kūrybiškumas ir originalumas mokantis naudojant skaitmeninę laikmeną nėra lengvas pasiekimas. Šiuo-

laikinis mokytojas turi nuolat būti informuotas apie šiuolaikinę technologinę pažangą, kad galėtų įtraukti mokinius į mokymosi procesą, nuolat tobulėti ir kurti aktualią ir įdomią mokymosi medžiagą.

1. Problemos apibrėžimas

Modelių naudojimas mokymosi procese nėra laikomas nauju metodu. Modeliai buvo naudojami ilgą laiką (Chamberlain, 1948; Bartlett & Amsler, 1979). Simulatoriai naudojami visose švietimo proceso šakose – nuo pradinių klasių iki aukštųjų mokyklų. Šios praktikos ugdymo tikslas yra suteikti studentams galimybę geriau suprasti mokymosi medžiagą „tikroje aplinkoje“ (Oberhofer, 1999). Šiuo metu beveik visi simulatoriai yra kompiuterizuoti ir apima daugiapakopius algoritmus, kurie įvertina veiksmų efektyvumą pagal priimtus sprendimus.

2. Tyrimo metodas ir tikslas

Pastaruosius 20 metų statybų pramonėje yra daugybė modeliavimo ir modeliavimo metodų, apimančių praktiškai kiekvieną konkretaus statybos produkto kūrimo etapą (pvz., Planavimas, projektavimas, išlaidų įvertinimas, planavimas, gamyba, statyba, techninė priežiūra ir pastatų valdymas) (Whyte, J., Bouchlaghem, N., Thorpe, A. & McCaffer, R., 2000; Popovas, V., Juocevičius, V., Migilinskas, D., Ustinovičius, L. & Mikalauskas, S., 2010). Pastaraisiais metais pasitaiko ir kai kurių statybinio švietimo simulatorių. Jų tikslas yra pagerinti inžinerinį išsilavinimą pastatų bei infrastruktūros projektavimo ir statybos srityse, naudojant interaktyvius statybos mokymosi modulius. Visi jie pagaminti naudojant CAD (Messner, J., Riley, DR, & Horman, MJ, 2005; Clayton, MJ, Warden, RB ir Parker, TW, 2002).

Simuliatoriaus kūrimo idėja yra jo naudojimo prastumas. Studentui nereikia nei 3D modeliavimo žinių ir įgūdžių, nei licencijuotos programos. Simuliatorius yra greitai atidaromas tinklalapis, kuris taip pat greitai reaguoja į vartotojo užklausas, turėdamas tas pačias galimybes pasukti, keisti mastelį, peržiūrėti objektą dalimis ir pasirinkti pjūvių plokštumas.

Inžinerinės grafikos ir projektavimo temos yra bendro visų pramonės technologijų ir inžinerijos programų mokymo pagrindo dalis (Strong & Smith, 2001). Labai svarbu formuoti studijų kryptis pradiniam ugdymo etape. Kai besimokantieji žiūri į tris dalyko projekcijas, jie turi pasistengti, kad jų mintyse būtų bendras vaizdas. Kitais mokymo lygmenimis įgytos žinios papildomos ir plėtojamos jau dalyvaujant besimokančiajam ir atsižvelgiant į jo gebėjimus. Todėl būtina sudominti mokomosios medžiagos turiniu, prieinamumu ir interaktyvumu. Tyrimai rodo, kad daugialypės terpės mokymo programos, integruotos su 3D modeliais, yra veiksminga ir naudinga mokymo priemonė mokant ir gali teigiamai prisidėti prie studentų įtraukimo į mokymosi procesą, taip pagerinant jų akademinis rezultatus ir motyvaciją (Noordin, Wan Ahmad & Kwang Hooi, 2011; Maltby & Mackie, 2009).

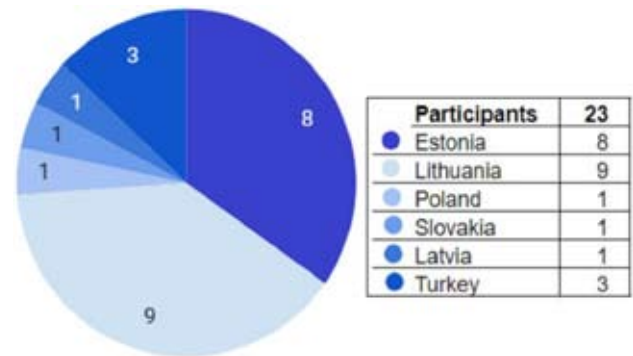
Virtualus ugdymo procesas yra viena iš mokymosi formų, kuri gali pasireikšti įprastoje mokytojų, studentų ir tiriamų objektų sąveikoje. Veiksminga virtualių technologijų integracija yra orientuota į švietimo kokybės gerinimą, kūrybinių gebėjimų ugdymą studentams ar žmonėms, kurie tik pradeda įgyti statybų specialybę, jų norui nuolat įgyti naujų žinių (Ovtšarenko & Retšnoi, 2018). Modeliavimo kūrimas ir naudojimas daugiausia priklauso nuo dėstytojų žinių, požiūrio ir patirties. Dėstytojai turėtų turėti reikalingų žinių modeliavimui ir būti labai suinteresuoti naudoti modeliavimą, nuolat palaikyti studentus, sudaryti būtinas sąlygas naudoti modeliavimą ir pateikti tinkamą grįžtamąjį ryšį. Taigi kokybiško profesinio tobulėjimo užtikrinimas, kuriant tinkamas simuliacijas, tampa pagrindiniu mokymosi metodu. Bet ne vieninteliu, nes norint užtikrinti mokymosi proceso efektyvumą ir nuolatinį susidomėjimą profesija, reikia labai sumaniai integruoti ir papildyti modeliavimą su kitais mokymo metodais.

Realių procesų modeliavimas ir objektų imitatoriai yra žaidimo proceso mokymosi formos. Žaidimo ugdymo formos veiksmingumas pateisinamas svarbiais aspektais. Iš pradžių tai yra skirtingų požiūrių ta pačia tema ir eksperimentais galimybė, perspektyvų įvertinimas, skirtingų požiūrių palyginimas, kuris suteikia gilesnį supratimą apie tyrimo dalyką. Antra, galimybė bendrauti su kitais ugdymo proceso dalyviais, keistis nuomonėmis, žiniomis ir naujomis idėjomis. Pagaliau naujų idėjų, žinių ir perspektyvų atsiradimo potencialas, užtikrinantis plėtrą, bet ne įgytų žinių fiksavimas. Modeliavimas teigiamai veikia studento motyvaciją ir mokymą, padeda integruoti teoriją su praktika ir pakeisti realias sąlygas virtualiomis, suteikiant studentui galimybę mokytis medžiagos patogioje aplinkoje pasirinktu laiku.

Tačiau, naudojant simuliatorius, reikia nepamiršti, kad modeliavimas negali visiškai atspindėti ir atkurti sudėtingų realių modelių. Bet studentai mano, kad šie modeliai yra tinkama priemonė gauti tam tikrą žinių kiekį ir aktyviau dalyvauja mokymosi procese.

3. Tyrimo rezultatai

Per pollmill.com projekto metu buvo atlikta statybų specialybės mokytojų apklausa – kolegų iš skirtingų šalių – Estijos, Lietuvos, Lenkijos, Turkijos. Dalyvavimas pateiktas 1 paveiksle.



1 pav. Apklausos rezultatai

Šaltinis: sudaryta autorių

Apklausos tikslas buvo gauti informacijos apie jų susidomėjimą virtualaus namo simuliatoriaus naudojimu ugdymo procese. Apklausą sudarė 4 klausimai, norintys turėjo galimybę išsakyti savo pasiūlymus ir komentarus.

1. Ar norėtumėte savo darbe naudoti virtualaus namo treniruoklį?
 2. Ar naudodamiesi treniruokliu galėsite pasiekti savo kurso mokymosi rezultatus?
 3. Kokias treniruoklio ypatybes laikote svarbiomis, kad pagerintumėte mokymąsi?
 4. Kokias papildomas vertes naudosis treniruoklis klaseje ir jūsų mokiniams (pasirinkite iki 5 verčių)?
- Jūsų pasiūlymai ir komentarai.

Išanalizavus apdorotus duomenis, buvo padaryta išvada, kad didelis kolegų – statybų specialybių dėstytojų – susidomėjimas virtualių namų simuliatoriumi ir patvirtino projekto dalyvių ketinimų teisingumą – sukurti simuliatorių, kuris iš esmės pakeistų mokytojų darbą ir pagerintų mokymosi proceso kokybę.

4. Simuliatoriaus kūrimo procesas

Kuriant mokomąją medžiagą, būtina atsižvelgti į bendruosius mokymo ir projektavimo principus ir visų pirma:

- > ką planuojama studijuoti,
- > kokie yra studentų tikslai / norimi rezultatai,
- > kokia galima mokymo medžiaga,
- > kokie yra įgytų žinių kontrolės ir vertinimo gebėjimai,

- > kaip pateikti grįžtamąjį ryšį, kad įtvirtintumėte medžiagą ir sukurtumėte prielaidas tolesnei plėtrai.

Jo tikslas – sukurti skaitmeninį namą ir mokomoios medžiagos rinkinį, skirtą statybos specialybių pirmakursiams ir besimokantiems, neturintiems žinių apie statybos pramonę, siekiant skatinti efektyvų mokymąsi visą gyvenimą.

Žaidimo forma mokytis, galimybė patikrinti žinias ir užregistruoti rezultatus, greitas ir nepriklausomas vertinimas, atsiliepimai ir rekomendacijos – visa tai teikia šiuolaikinės virtualios technologijos. Studijavimas naudojant virtualaus namo mokymosi modelį padės plėtoti studentų erdvinį mąstymą, kuris reikalingas, kad būtų pasisekė grafikoje ir inžinerijoje (Sorby & Baartmans, 1996). Tai savo ruožtu padidins jų profesinę kompetenciją, nes erdvinė vizualizacija priklauso visų pramonės technologijų ir inžinerijos programų programai (Miller, 1996).

Pagal modeliavimo apibrėžimą buvo planuota sukurti vieno aukšto namo simulatorių su šiomis charakteristikomis:

- konkretaus objekto – vieno aukšto namo su konkrečia patalpų vieta ir konkrečių medžiagų panaudojimo pagal projektą – atvaizdavimas, brėžinių rinkinys,
- detalizuoti pagrindinių namo konstrukcijų dalis,
- dinaminių galimybių buvimas – konstrukcijų dalių slėpimas, norint ištirti konstrukcijų struktūrą namuose, pasukimas, artinimas, pjūvimo plokštumų judėjimas, norint gauti įvairias namo dalis.

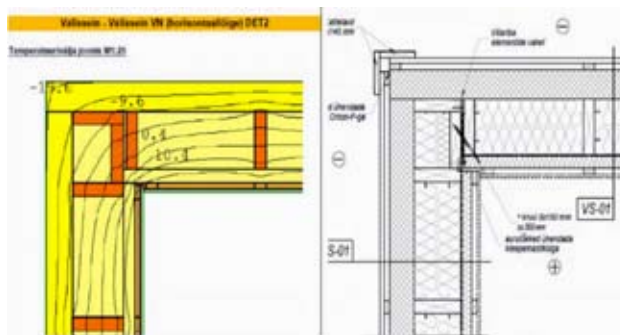
Taigi, naudojant simulatorių, turėtų būti pateiktas statybų proceso pradiniam profesinio mokymo etape vaizdas. Todėl šio simulatoriaus naudojimą galima laikyti realaus (arba įsivaizduojamo) statybos proceso laiko imitacija.

Namo modeliavimui buvo naudojami „TIMBECO LLC“ (timbeco.ee) mažų namų brėžiniai.

Šios įmonės vadovybė yra atvira moksliniams tyrimams, bendradarbiauja su aukštosiomis mokyklomis, teikia medžiagą tyrimams ir yra tyrimų projektų dalyvė. Pasirinktas namo brėžinių rinkinys yra statybinių medžiagų šilumos izoliacijos parametru, šių medžiagų naudojimo konstrukcijose efektyvumo, siekiant pagerinti energijos taupymą ir sumažinti išėjimo iš pastato, tyrimo rezultatas. Tai nuostabi įmonės ir aukštojo mokslo bendradarbiavimo patirtis.

2 paveiksle parodyti vienos konstrukcijos dalies brėžinių elementai su medžiagų rinkiniu, fizikos parametrai toje pačioje dalyje ir konstrukcijų jungiamoji dalis.

Naudojant brėžinius buvo sukurtas pirmasis bandomasis namo modelis. Pagrindiniai virtualaus namo kūrimo etapai yra susiję su kompiuterinių programų, tokių kaip „AutoCAD“ ir „Revit“, naudojimu tiek virtualiam namui ir jo konstrukcijoms modeliuoti, tiek



2 pav. Brėžinių elementai
Šaltinis: sudaryta autorių

1 lentelė. Elementų skaičius, modeliuojant namą

	Kategorija	Kiekis
1	Casework	27
2	Doors	11
3	Generic Models	39
4	Parts	142
5	Plumbing Fixtures	6
6	Structural Columns	8
7	Structural Connections	33
8	Structural Foundations	8
9	Structural Framing	143
10	Windows	14
	Grand total	431

Šaltinis: sudaryta autorių

mazgų statybų modeliams kurti. Abipusė šių programų parama leidžia keisti ir papildyti struktūrų dalis, sukurtas bendradarbiaujant specialistams iš skirtingų partnerių organizacijų ir šalių (Ovcharenko, 2015).

Daugelis statybos inžinierių naudoja „Revit“ kaip projektavimo ir dokumentavimo platformą kuriant informacinį pastatą. Programa turi labai daug funkcijų ir galimybių formos projektavimo, parametrinių pastato komponentų ir projekto dokumentacijos srityje (Klocek, 2012). Tai yra viena iš priežasčių, kodėl ši „Revit“ platforma plačiai naudojama švietime. Dirbant su „Revit“ pastato modeliu, informacija apie pastato projektą derinama su detaliais konstrukcijos elementais, naudojant pjūvius ir brėžinius. Parametriniai ryšiai „Revit“ suteikia galimybę automatiškai pakeisti bet kurią projekto dalį, pvz., modelio rodinius, brėžinių lapus, specifikacijas, pjūvių tipus ir plano rodinius. Dirbant „Revit“ reikia aukštos kvalifikacijos ir dėmesio, nes tuo pačiu metu sukuriama daugybė susijusių failų su informacija apie vieną objektą. 1 lentelėje parodyta, kiek darbų atlikta kuriant namo simulatorių iki 2019 m. Balandžio mėn.

Pirmajame etape atliekamas gana platus darbas bandant elementų suderinamumą, parinkti spalvinius sprendimus. Preliminarus namo modelis parodytas 3 paveiksle, kuriant ir išbandant simulatoriaus programinę įrangą buvo padalinta į tris dalis – pamatą, sienas ir stogą.



3 pav. VirTEC simulatoriaus ekrano pavyzdžiai: a – bendras namo vaizdas, b – pamato mazgas, c – namo vaizdas su atidengta dalimi, d – testo langas

Šaltinis: sudaryta autorių

Simulatorius, pasiekiamas internetu, turi paprastas, bet patogias funkcijas – leidžiama pasukti ir keisti namo modelį, kad jis būtų matomas iš visų pusių, pakaitomis paslėpti namo dalis, kad būtų geriau matyti pastatai.

Pirmasis treniruoklio bandymas buvo labai sėkmingas ir patvirtino programinės įrangos pasirinkimo teisingumą.

Norint išbandyti sukurtą pradinį modelio modelį,

buvo sukurtas puslapis internete ir nuorodos į šį puslapį projekto svetainėje, internetinėje anketoje, skirtoje projekto partneriams ir studentams Estijoje, Lietuvoje ir Turkijoje.

Patogiausia suformuluoti poreikį naudoti simulatorių klausimo-atsakymo forma. Pavyzdžiui:

- > kaip mokytis imituojant? – Sukurti modelius su 3D modeliais, kad greitai suprastumėte 2D brėžinius.

- > kokios yra pagrindinės žaidimo modeliavimo pedagoginės charakteristikos? – Įdomus mokymasis žaidimo forma, vaizdų susiejimas su 3D modeliais, galimybė manipuliuoti objektais.
- > kaip išvengti apribojimų ir problemų, susijusių su mokymu modeliavimu? – Būtina palaikyti studentą ugdymo procese, lanksčiai pasirinkti naujas užduotis ir išbandyti mokymosi rezultatus.

Yra daugybė mokslinių darbų naujas mokymosi metodikas. Mokslininkai pateikia metodiką, skirtą įvertinti individualizuotų mokymosi scenarijų naudojimą. Aukštos kokybės mokymosi scenarijus turėtų sudaryti mokymosi komponentai (t.y. mokymosi objektai, mokymosi veikla ir mokymosi aplinka), optimizuoti konkrečioms mokiniams pagal jų asmeninius poreikius, pvz. mokymosi stiliai (Kurilova ir kt., 2017). Straipsnių autoriai sako, kad būsimas švietimas reiškia personalizavimą ir intelektą (Melesko, J., Kurilovas, E., 2016). Studentų pageidavimų tam tikriems mokymosi stiliams analizė pagal Felderio ir Silvermano mokymosi stilių modelį (Felder, R., Silverman, L., 1988) yra plačiai pripažinta tinkamiausia inžinerijos disciplinoms ir elektroniniam mokymuisi.

Felderio ir Silvermano mokymosi stilių modelis turi keturis aspektus. Kiekviena dimensija parodo skirtingą mokymosi aspektą su kalbiniu kintamuoju.

Šios dimensijos yra „jutiminiai“ ar „intuityvūs“ besimokantieji, kaip „vaizdiniai“ ar „žodiniai“, atsižvelgiant į tai, kaip jie gauna informaciją (virtualus namas), kaip „aktyvūs“ arba „atspindintys“, atsižvelgiant į tai, kaip jie apdoroja informaciją (rengdami užduotis), kaip „nuoseklūs“ arba „globalūs“, atsižvelgiant į tai, kaip jie supranta informaciją (Ciloglugil, B. & Inceoglu, M., 2018).

Pažangus individualizuotas mokymasis naudojant informacines technologijas gali padėti pasiekti geresnių rezultatų, o „VirTec“ projekto rezultatas gali būti patrauklus mokymosi būdas naudojant intelektualias IT priemones.

Norint nustatyti tolesnio darbo, kuriant šią mokymo medžiagą naudojant simulatorių, rekomendacijas, būtina atsižvelgti į būsimų vartotojų interesus ir galimus prašymus.

Kyla klausimas, kas gali naudoti treniruoklį, kurioms tikslinėms grupėms tai bus gera parama akademiniam darbe.

Pirmiausia statybų specialybių pirmakursiai bei suaugusieji, norintys įgyti pastato profesinių žinių, ir statybomis besidomintys mokiniai.

Į kokias rekomendacijas reikėtų atsižvelgti toliau naudojant simulatorių ir siekiant geriausio rezultato? Būtina atsižvelgti į vienos iš būsimų šio mokomosios medžiagos rinkinio vartotojų grupių, studentų, pastabas ir pasiūlymus:

- > teisinga terminologija,
- > namo elementų spalvinis išskyrimas,

- > matmenų nustatymo funkcija pratimams ir testams, susijusiems su visomis namo konstrukcijos dalimis,
- > simulatoriaus funkcijų meniu keitimas, norint naudoti treniruoklį kitose programėlėse, mobiliose aplikacijose.

Galima įvardyti numatomus veiklos rezultatus:

- > esant teisingam konstrukcijų terminologijos vartojimui, studentas gali suprasti ir taisyklingai naudoti pastato elementų ir elementų bei statybinių medžiagų terminologiją,
- > studentas gali sudaryti techninius brėžinius remdamasis ISO standartais,
- > studentas gali pasirinkti tinkamas statybines medžiagas konkrečioms tikslams,
- > suprasti medžiagų struktūrą ir jų žymėjimą brėžiniuose,
- > studentas sugeba atpažinti įvairias medžiagas pagal jų legendą,
- > studentas gali atskirti dalių padėčių konstrukcijoje (horizontalioje ar vertikalioje) pagal medžiagos brėžinį,
- > studentas geba nubraižyti ir naudoti piešinyje esančius medžiaginius žymėjimus,
- > skaityti ir naudoti brėžinių matmenis,
- > studentas supranta matmenų padėties piešinyje reikšmę,
- > studentas žino dydžių grupavimo pagal piešinį reguliavimą,
- > studentas sugeba teisingai nustatyti piešinio matmenis.

Tai yra būtini tikslai ir užduotys tolesniam darbui tobulinant virtualaus namo treniruoklį ir sėkmingai kuriant visą mokomosios medžiagos rinkinį.

Išvados

Skaitmenizacija išsprendžia sudėtingą materialinių ir nematerialiųjų išteklių, kurių vienas yra laikas, išlaidų mažinimą. Skaitmeninių objektų naudojimo patogumas yra neginčijamas ir galima išskirti keletą privalumų – naudojimo lankstumas, besimokantis savarankiškai, galimybė naudotis visais laikais.

Iššūkiai – besimokantieji privalo įgyti žinių apie technologijas, kad jie galėtų tobulėti ateityje ir sėkmingai dirbti.

Apklaustos tarp mokytojų ir studentų pateikė duomenis, kad būtų galima išanalizuoti darbą, atliktą kuriant treniruoklį, taip pat planuoti pokyčius ir patobulinimus.

Planuojamos kitos veiklos, būtent trumpa instrukcija, kaip naudotis treniruokliu su vaizdo įrašu, galimybė dirbti grupėje naudojant treniruoklį ir privaloma diskusija grupėje. Aptariant mokinių įgytas žinias klasėje, mokomasi giliau. Norėdami tai padaryti, klasėje reikia numatyti laiką, kad būtų galima keistis moksleivių ir mokytojo nuomonėmis. Tai suteiks vertingos

informacijos, kad būtų galima pagerinti treniruoklio darbą ir pagerinti mokymo efektyvumą, gebėjimas reguliuoti mokymosi intensyvumą ir pakartojimus, siekiant įtvirtinti / pagerinti įgytas žinias. Taip pat reikalingas forumas keičiantis idėjoms ir besimokančiųjų dialogui tarpusavyje, norint geriau bendrauti tarp studentų, gauti paramą ir patvirtinimą mokymosi procese. Emocinis komponentas mokymosi procese yra labai svarbus, būtent jis veiksmingai veikia mokymosi rezultatus kaip fiksavimo ar stimuliavimo veiksnį tolesniam tobulėjimui.

Mokymosi technologijos apima ne tik kompiuterines technologijas, bet ir labiau tradicinius netechnologinius elementus, pavyzdžiui, darbalapius. Svarbiausia yra ugdymo proceso efektyvumas, o ne technologinis jo lėšų sudėtingumas. Todėl ugdymo procese būtina derinti virtualaus namo treniruoklio naudojimą su gautų žinių patikrinimu ir naudoti grafinius pratybių lapus, kad geriau įsisavintumėte ir įtvirtintumėte naują informaciją.

Literatūra

- Akinsola, M. K., & Animasahun, I. A. (2007). The effect of simulation-games environment on students achievement in and attitudes to mathematics in secondary schools. *The Turkish Online Journal of Educational Technology* 6.
- Allessi, S., & Trollip, S. (2001). *Multimedia for learning: Methods and development*. New York: Allyn & Bacon.
- Barlett, R., & Amsler, C. (1979). *Simulations and economics, Simulations in higher education*. New York: Thorson.
- BEST Symposium on Education (2006). *Active learning in Engineering Education*. Porto.
- Ciloglugil, B., & Inceoglu, M. (2018). A Learner Ontology Based on Learning Style Models for Adaptive E-Learning. In *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2018*, pp.199-212.
- Chamberlin, E. (1948). An Experimental Imperfect Market. *Journal of Political Economy* 56(2), pp 95-108.
- Clayton, M.J., Warden, R. B., & Parker, T.W. (2002). Virtual construction of architecture using 3D CAD and simulation. *Automation in Construction*, 11(2), pp. 227-235. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(00\)00100-X](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(00)00100-X)
- Ellington, H., Addinall, E., & Percival, F. (1982). *A Handbook of Game Design*. KOGAN PAGE, pp 10,156.
- European Commission. (2013). *Report to the European Commission on improving the quality of teaching and learning in Europe's higher education institutions*. Luxembourg.
- European Society for Engineering Education (2018). *Building engineering education community in Europe for 45 years*. Brussels.
- Maltby, A., & Mackie, S (2009). Virtual learning environments – help or hindrance for the ‘disengaged’ student? *ALT-J*, 17:1, pp 49-62.
- Majumdar, S. (2019). The major trends impacting the future of Jobs – presentation at Eurashe 29th Annual Conference – Budapest 05/17/2019. Retrieved from <https://open-tdm.au.dk/blogs/pld/modules/simulations/>
- Messner, J., Riley, II, D. R., & Horman, M. J. (2005). An interactive visualization environment for construction engineering education. In I. D. Tommelein (Ed.), *Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives – Proceedings of the Congress*, pp. 1279-1288.
- Miller, C. L. (1996). A historical review of applied and theoretical spatial visualization publications in engineering graphics. *The Engineering Design Graphics Journal* 60(3), pp 12-33.
- Noordin, S., Wan Ahmad, Wan F., & Kwang Hooi, Y., (2011). Study of Effectiveness and Usability of Multimedia Courseware Integrated with 3-Dimensional Model as a Teaching Aid. *International Journal of Computer Applications*, 16(4), pp 20-27.
- Oberhofer, T. (1999). Role-playing in the history of Economic Thought. *Journal of Economic Education* 30(2), pp 112-118.
- Ovtšarenko, O., & Retšnoi, V., (2018). Using of CAD training program to retrain specialists taking into account their adaptation in the labour market. *Proceedings: ERPA International Congresses on Education 2018, 28.06-1.07.2018, Istanbul, EDUGARDEN*, pp 238–244.
- Papert, S. (1991) *Situating Constructionism*. In Harel, I., and Papert, S. (Eds.), *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex.
- Popov, V., Juocevicius, V., Migilinskas, D., Ustinovichius, L., & Mikalauskas, S., (2010). The use of virtual building design and construction model for developing an effective project concept in a 5D environment. *Automation in Construction*, 19(3), pp. 357-367. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.12.005>
- Klocek, M., (2012) *Opportunities and Challenges of Teaching BIM and Autodesk® Revit® at the University Level*. Retrieved from <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Opportunities-and-Challenges-Teaching-BIM-and-AutodeskR-RevitR-University-Level-2012>
- Kurilova, J., Kurilovas, E., Minkevicius, S. (2017) Evaluation of suitability, acceptance and use of personalised learning scenarios. *Proceedings of Lithuanian mathematics society. Vilnius. Ser. B*, pp 58, 45–50. Retrieved from <https://www.mii.lt/LMR/B/2017/58B08.htm>
- Melesko, J., Kurilovas, E. (2016) Personalised intelligent multi-agent learning system for engineering courses. *Conference: 4th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE 2016)*. DOI: 10.1109/AIEEE.2016.7821821
- Felder, R., Silverman, L. (1988) *Learning and Teaching Styles in Engineering Education*. *Engr. Education*, 78(7), 674–681. Retrieved from <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31039406/LS-1988.pdf>
- Sjoberg, S. (2010). *Constructivism and learning*. In E. Baker, B. McGaw, & P. Peterson (Eds.), *International*
- Silber, K. (2007). A Principle-Based Model of Instructional Design: A New Way of Thinking About and Teaching ID. *Educational Technology*, 47(5), 5-19. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/44429438>
- Sorby, S. A., & Baartmans, B. J. (1996). A course for the development of 3d spatial Visualization Skills. *The Engineering Design Graphics Journal* 60(1), pp 13-20.
- Strong, Sh., & Roger Smith, R., (2001). *Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering*

DIGITALIZATION OF THE TEACHING PROCESS FOR CIVIL CONSTRUCTION STUDENTS

**Daiva Makutėnienė¹, Edgaras Timinskas²,
Olga Ovtšarenko³**

¹ *Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius, LT*

² *Vilnius Gediminas technical university, Sauletekio al.
11, LT-10223 Vilnius, LT*

³ *Tallinn University of Applied Sciences, Pärnu mnt 62,
10135 Tallinn, EE*

Abstract. The integration of virtual technologies is becoming commonplace in higher education today and aims to improve

the quality of education. This article presents the project “Development of a Virtual Learning Environment in Higher Technical Studies” (VirTec), which was co-financed by the Erasmus program for months and involved institutions from five countries: Estonia, Lithuania, Turkey, Croatia and Poland. Its goal is to create a digital simulator and educational material for construction students. The tasks of this simulator are to give the learner the opportunity to independently acquire knowledge of structural details remotely. Learning using the virtual home model will help students develop the spatial thinking that is essential for success in graphics and engineering. This in turn will increase their professional competence.

Key words: 3D models, virtual learning environment, engineering training.

SUKLASTOTŲ ŽINIATINKLIO SVETAINIŲ IDENTIFIKAVIMAS TAIKANT MAŠININIO MOKYMO METODUS

Remigijus Klišauskas¹, Dalius Mažeika^{1,2}

¹Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223, Vilnius

²Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija: Suklastotų žiniatinklio svetainių atpažinimas yra viena iš aktualių interneto saugumo problemų. Tyrimų rezultatais nustatyta, kad apie 1% internete veikiančių žiniatinklio svetainių yra suklastotos. Suklastota žiniatinklio svetainė galima apibūdinti kaip kenkėjišką svetainę, imituojančią realiai veikiančią svetainę, kurios kūrėjų tikslas išgauti vartotojo konfidencialią informaciją. Šiai problemai spręsti dažniausiai naudojami juodieji ir baltieji svetainių sąrašai, tačiau tokie taisyklėmis pagrįsti metodai nesugeba atpažinti į sąrašus neįtrauktų svetainių, todėl darbe siūloma naudoti mašininio mokymo metodais pagrįstus sprendimus. Šiame darbe tiriama suklastotų žiniatinklio svetainių atpažinimo problema taikant dirbtinio neuroninio tinklo, sprendimų medžio, atraminių vektorių mašinos ir k-artimiausių kaimynų metodus. Analizei atlikti pasirinktas viešai prieinamas duomenų rinkinys. Atlikti eksperimentai su testiniu duomenų rinkiniu leido identifikuoti skirtingų klasifikatorių tikslumą bei juos palyginti.

Reikšminiai žodžiai: Mašininis mokymas, suklastotos žiniatinklio svetainės, atpažinimas.

Įvadas

Sparčiai vystantis informacinėms technologijoms ir plečiantis teikiamų skaitmeninių paslaugų ratui vis aktualesnė tampa informacinių technologijų sauga. Kibernetiniai nusikaltėliai, naudodamiesi įvairiomis įsilaužimo technikomis, blokuoja prieigas prie svarbių IT paslaugų, trikdo jų veiklą, naudoja užkrėstus kompiuterius kibernetinėms atakoms, o pritaikydami socialinės inžinerijos metodus, išgauna konfidencialius vartotojo duomenis. Remiantis Symantec kompanijos ekspertų ataskaitomis, kiekvieną dieną pasaulyje fiksuojama virš 10 mln. IT saugos incidentų, o jų skaičius kas ketvirtį didėja 5–15% (Threat Landscape Trends..., 2020). Prognozuojama, kad 2022 metais saugos incidentų skaičius pasaulyje viršys 133 mlrd. (Internet security emergin ..., 2020). Pasaulinės tendencijos rodo, kad nuolat didėja kenksmingu programiniu kodu, virusais ir kirminais užkrėstų kompiuterių kiekis. Užkrėstas kompiuteris tampa neveiksmingas, trikdomas jo darbas, šifruojamas diskas, kompiuterio resursai panaudojami savavališkiems kenkėjiškiems tikslams kaip pavyzdžiui kriptovaliutos kasimui, naujų aukų atakoms vykdyti, nutekunami kompiuterijoje esantys duomenys.

Kibernetiniai nusikaltėliai naudoja įvairius metodus ir priemones norėdami įveikti įmonėse naudojamas informacinių technologijų saugos priemones. Jau seniai pastebėta, kad silpniausia ir lengviausiai įveikiama grandis informacinių technologijų saugos grandinėje yra naudotojas. Šiuolaikinių techninių saugos priemonių apėjimas arba „nulaužimas“ reikalauja aukštos nusikaltėlio kvalifikacijos, todėl žymiai paprasčiau, pritaikant socialinės inžinerijos metodus, atakuoti naudotoją.

Socialinė inžinerija – tai procesas, kuriuo siekiama paveikti žmogų taip, kad jis įvykdytų iš anksto numatytą užduotį, pavyzdžiui atskleistų konfidencialią in-

formaciją, asmens ar prisijungimo prie sistemos duomenis (Aburrous, Hossain, Dahal, Thabtah, 2010). Šis nusikaltimo modelis išnaudoja prigimtinių žmogiškąjį gerumą ir polinkį pasitikėti kitais. Socialinė inžinerija yra pavojingas įrankis nusikaltėlio rankose, nes bendrovės, įdiegusios šiuolaikines saugos priemones tokias kaip ugniasienes, virtualius privačiuosius tinklus ar tinklo perimetro stebėjimo sistemą, lieka iš esmės atviros, nes saugos įranga nėra atakuojama tiesiogiai, o įsilaužiama išgaunant konfidencialią informaciją iš įrangą administruojančių darbuotojų.

Socialinės inžinerijos atakos skirstomos į sukčiavimo atakas, įtikinėjimą, netiesioginę socialinę inžineriją ir kt. Ne visi minėti atakų tipai reikalauja informatikos techninių žinių, tačiau jos visos skirtos išprovokuoti ir pasinaudoti žmogiškąja klaida (Sumner, Yuan, 2019). Sukčiavimas (angl. *phishing*) yra dažniausiai pasitaikantis socialinės inžinerijos tipas, kurio metu nusikaltėlis apsimeta patikimu šaltiniu ir bando išgauti konfidencialią informaciją. Tam gali būti naudojamas bendravimas telefonu ar elektroniniu paštu, siekiant įvairiais būdais paveikti asmenį. Tam naudojamos tokios žmogaus psichologiją veikiančios technikos kaip gąsdinimas, įtikinėjimas, sandėrio siūlymas ir t. t. (ISTR Internet Security..., 2020). AV-test kompanija nustatė, kad 2019 m. net 94% visų kenkėjiškų programų buvo pristatyta suklastotais elektroniniais laiškais, kuriuos atidarė naudotojai. Tai yra populiariausia kibernetinių nusikaltimų rūšis (Internet Crime Complaint..., 2019). JAV Federalinis tyrimų biuras pranešė, kad 2019 m. įmonės patyrė daugiau nei 1,77 mlrd. dolerių žalą dėl kibernetinių nusikaltimų, įvykdytų panaudojant suklastotus elektroninius laiškus (ISTR Internet Security..., 2020, Internet Crime Complaint..., 2019).

Kitas, ne mažiau pavojingas sukčiavimo tipas, – tai suklastota žiniatinklio svetainė, kuri vartotojams dažnai rodoma kaip tiksli teisėtos svetainės kopija, tačiau iš tikrųjų tai yra tik grafinė jos dalis, kuri suklaidina

virtotojus ir įtikina juos pateikti slaptažodį, prisijungimo kodus ar kitus konfidencialius duomenis nuskaitėliui. Tokios svetainės kuriamos nukopijuojant HTML, JavaScript kodą, ir CSS stilius. Taip gaunama identiška tinklalapio išvaizda. Gautas kenkėjiškas turinys papildomas naujomis ypatybėmis, kurios dažnai būna virtotojui nematomos t.y. pakeičiamas adresas per kurį pasiekiamas tinklalapis, keičiami HTML elementų atributai, pridamas kenkėjiškas JavaScript programinis kodas. Remiantis Symantec kompanijos tyrimų ataskaitas, 2018 m. 0,6% žiniatinklio svetainių buvo suklastotos ir tai yra 1,5 karto daugiau nei 2017 m. (ISTR Internet Security..., 2020).

Paprastai taikoma tokia sukčiavimo schema: trečioje šalyse registruojamas domenas, sukuriamas gerai žinomos įmonės žiniatinklio svetainės grafinė sąsaja, kurioje naudojama registracijos ar asmeninių duomenų suvedimo forma. Suvesti duomenys nukreipiami į trečioje šalyse esančią nusikaltėlio duomenų bazę. Suklastotos žiniatinklio svetainės platinimui, pasitelkiami suklastoti elektroniniai laiški, kurie masiškai išsiunčiami virtotojams. Siekiant užkirsti kelią tokio tipo nusikaltimui, būtina blokuoti prisijungimą prie suklastotų žiniatinklio svetainių. Šiam tikslui pasiekti dažniausiai naudojami svetainių DNS vardų juodieji ir baltieji sąrašai. Atidaromos svetainės URL adresas yra lyginamas su iš anksto nustatytais sukčiavimo URL adresais ir priimamas sprendimas atidaryti ar ne svetainę naudotojo naršyklėje. Tačiau tokie taisyklėmis pagrįsti apsaugos sprendimai yra statiški ir neapsaugo nuo nulinės dienos atakų, nes naujai sukurtai apgaulingai svetainei įtraukti į juodąjį sąrašą reikia nemažai laiko. Todėl būtina naudoti duomenimis paremtas sprendimo priėmimo sistemas, sukurtas taikant mašininio mokymo metodus. Toks sprendimo būdas leidžia nustatyti svetainės pažeidžiamumo tikimybę ir uždrausti virtotojui jungtis prie suklastotos svetainės taip apsaugant virtotoją nuo galimų saugos grėsmių (Marchal, Saari, Singh, Asokan, 2016).

Abdelhamid ir kt. nagrinėjo suklastotų svetainių atpažinimo problemą taikydami keleta pažymių paremtu asociacinės klasifikacijos algoritmu (MCAC). Autoriai nustatė, kad MCAC algoritmas generuoja naujas paslėptas žinias, kurių negali rasti kiti algoritmai. Tai leido padidinti algoritmo tikslumą iki 95% (8). Aburrous ir kt. pasiūlė taikyti suklastotų svetainių atpažinimo modelį, paremtą neraiškia logika ir duomenų gavybos algoritmais (Aburrous, Hossain, Dahal, Thabtah, 2010). Buvo nagrinėjami suklastotų e-banikininkystės svetainių įvairūs atributai tokie kaip URL adresas, DNS vardas, SSL sertifikatas, rašybos klaidos. Eksperimentiniai rezultatai su dviem viešai prieinamais duomenų rinkiniais leido pasiekti gerus rezultatus ir nustatyti atributų reikšmingumą rezultatų tikslumui (Aburrous, Hossain, Dahal, Thabtah, 2010). He ir kt. naudojo euristinį metodą suklastotų svetainių atpažinimui (He, Horng, Fan et. al. 2011). Buvo nagrinėjamas žiniatinklio svetainės duomenys pagal

12 atributų. Panaudojus atraminių vektorių mašinos metodą buvo atliktas eksperimentinis tyrimas, kurio metu buvo gautas aukštas tikslumas t.y. 97% teisingai teigiamų ir 4% klaidingai teigiamų įvykių atpažinimas (Internet Crime Complaint..., 2019).

Dirbinių neuronų tinklo klasifikatoriumi grįstą metodą suklastotų žiniatinklio svetainių atpažinimui naudojo Feng ir kt. (Feng, Zhou, Shen et. al. 2018). Autoriai panaudojo 30 atributų, kuriuos suskirstė į keturias pagrindines kategorijas: adreso lauko, anomalijų, HTML ir JavaScript bei domeno. Sukurtas klasifikatoriaus modelis pasiekė 97,71% tikslumą.

Šiame darbe tirama suklastotų žiniatinklio svetainių atpažinimo problema nagrinėjant jų URL adresus ir jų atributus. Taikant dirbtinio neuroninio tinklo, sprendimų medžio, atraminių vektorių mašinos ir k-artimiausių kaimynų metodus atlikti skaitiniai tyrimai su viešai prieinamu suklastotų žiniatinklio svetainių duomenų rinkiniu. Tyrimas leido identifikuoti skirtingų mašininio mokymo metodų tikslumą ir greitaveiką bei juos palyginti.

1. Duomenų paruošimas

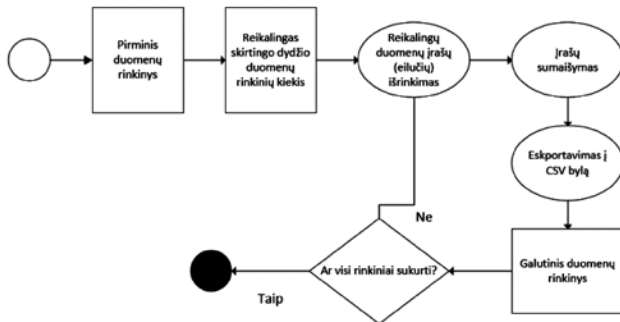
Norint taikyti mašininio mokymo metodus suklastotų žiniatinklio svetainių identifikavimui, reikia surinkti suklastotų ir legitiminių svetainių duomenis, juos sužymėti, sudaryti klasifikavimo modelį, atlikti jo validaciją ir pateikti rekomendacijas modelio taikymui.

Atlikus suklastotų žiniatinklio svetainių URL ir domeno vardų analizę buvo nustatyta, kad duomenų rinkinyje gali būti naudojami tokie atributai kaip URL nuoroda, subdomenų kiekis, prefiksų arba sufiksų skaičius domeno pavadinime, IP adreso naudojimas vietoj domeno vardo. Kibernetiniai sukčiai, norėdami sudaryti autentiško puslapio išpūdį, į netikrą URL prideda virtotojui atpažįstamų subdomenų, kad nebūtų nesukeliamas įtarimas, jog veiksmai atliekami kito domenu tinklalapyje. Stengiant paslėpti įtartinas nuorodų dalis, naudojamas ilgas URL tekstas tam, kad kai vykdomas virtotojų nukreipimas į kitus puslapius, būtų nepastebėtas įtartinas domenas. Remiantis tyrimais yra nustatyta, kad suklastotos svetainės dažniausiai naudoja ilgesnį nei 54 simbolių URL adresą. Patikimuose tinklalapių adresuose retai būna naudojami brūkšnelio simboliai, tačiau sukčiai šį simbolį dažnai naudoja žodžiams atskirti, kurie virtotojui bus žinomi ir jais pasitikima. Taip pat patikimos svetainės nenaudoja IP adreso, nes domeno vardą lengviau įsimeina naudotojas. Tuo tarpu suklastotose svetainėse IP adresai sutinkami pakankamai dažnai, kur be įprasto dešimtainio formato, adresas gali būti užrašomas ir šešioliktainiu formatu.

Šiame darbe naudotas Chiew ir kt. sukurtas duomenų rinkinys (Chiew, Yong, Tan, 2018). Jame kiekviena svetainė yra įvertinama pagal URL adreso 48 atribu-

tus. Duomenų rinkinį sudaro 10 tūkst. įrašų. Duomenų rinkinys yra subalansuotas t.y. rinkinyje yra 5 tūkst. sukčiavimo ir 5 tūkst. teisėtų svetainių pavyzdžių.

Tyrimas buvo atliekamas naudojant kryžminio validavimo principą, todėl buvo paruošti skirtingo dydžio duomenų rinkiniai. Tam tikslui buvo parašytas programinis kodas, skirtas išskirti duomenis, sumaišyti ir paruošti CSV bylą. Duomenų paruošimo diagrama pavaizduota 1 pav.



1 pav. Duomenų paruošimo diagrama
Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikus duomenų pertvarkymą, seka skirtingų ilgių duomenų rinkinių kūrimas. Šiame darbe eksperimentams pasirinkti 100, 500 ir 1000-10000 (žingsnis kas 1000 įrašų) ilgio duomenų sąrašai. Kiekvienas naujai sudarytas duomenų rinkinys skaidomas į apmokymo ir testavimo dalis. Šiam tikslui buvo naudojama Python Sklearn bibliotekos funkcija `train_test_split()`. Naudojamas `shuffle=False` parametras, siekiant nenaudoti maišymo ir analizavimo funkcijų veikimo tomis pačiomis sąlygomis. Sudaryti klasifikatorių modeliai buvo analizuojami naudojant kintamo dydžio duomenų rinkinį kai apmokymui skirtų duomenų santykis su testavimo duomenų kiekiu buvo 80% ir kai šis santykis kito nuo 10 iki 90%.

2. Modelių sudarymas

Darbe atlikti skaitiniai eksperimentai su keturiais populiariausiais prižiūravimo tipo klasifikavimo metodais – neuroniniu tinklu (NN), sprendimu medžiu (DT), k-artimiausių kaimynų (kNN) ir atraminių vektorių mašina (SVM). Tokių metodų pasirinkimą lėmė atlikta literatūros apžvalga ir kitų autorių gauti geri tyrimo rezultatai. Buvo sudaryti klasifikatorių modeliai, jie apmokyti ir atlikti eksperimentai su testiniu duomenų rinkiniu, kuris detaliau aprašytas 1 skyriuje. Tyrimui buvo naudojama Python programavimo kalba, Sklearn, NumPy ir SciPy bibliotekos. Neuroninio tinklo modelio kūrimui buvo panaudota atviro kodo biblioteka Keras. Ekperimentas buvo atliekamas naudojant Jupyter įrankį, kuris palengvino duomenų analizavimą bei rezultatų atvaizdavimą. Modelių apmokymui skirtų parametrų reikšmės buvo nustatytos rankiniu būdu, remiantis bibliotekų dokumentacija. Atlikus modelio apmokymą buvo analizuojami rezultatai ir tikslinamos parametrų reikšmės.

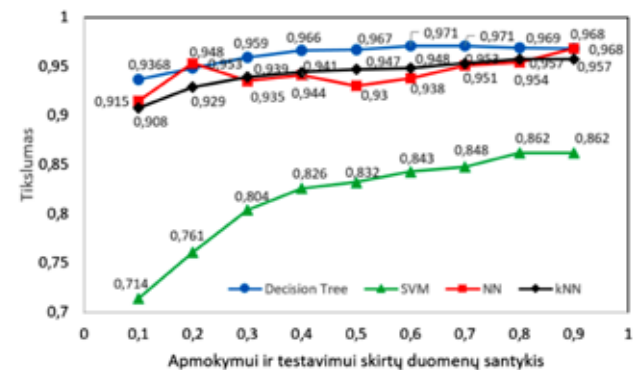
3. Eksperimentinis tyrimas

Siekiant palyginti nagrinėjamus mašininio mokymo metodus, buvo nagrinėjamas rezultatų tikslumas ir klasifikatoriaus skaičiavimo laikas. Tikslumo skaičiavimui buvo naudojama tokia formulė:

$$\text{Tikslumas} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (1)$$

kur TP – teisingai nustatytų suklastotų žiniatinklio svetainių skaičius; TN – žiniatinklio svetainių, teisingai nustatytų kaip legitimines, skaičius; FP – legitiminių svetainių skaičius, neteisingai nustatytų kaip suklastotas; FN – suklastotų svetainių, priskirtų prie legitiminių, skaičius. Tikslumo, kaip mašininio mokymo metodų vertinimo kriterijaus parinkimą lėmė tai, kad eksperimente buvo naudojamas subalansuotas duomenų rinkinys, su vienodu klasių pasiskirstymu.

Pirmiausiai buvo atliktas modelių, sudarytų naudojant keturis skirtingus mašininio mokymo metodus, validacija. Tam tikslui buvo nagrinėjama, kaip kinta modelio tikslumas, keičiant apmokymui ir testavimui skirtų duomenų santykį nuo 0,1 iki 0,9 (2 pav.).



2 pav. Modelio validavimo rezultatai

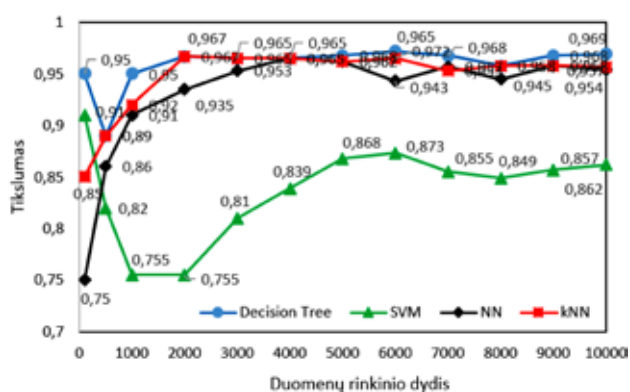
Šaltinis: sudaryta autorių

Gauti rezultatai parodė, kad sprendimų medžio algoritmo pagrindu sudaryto modelio tikslumas didėja, didinant mokymui skirtų duomenų kiekiui ir stabilizuojasi prie santykio 0,6. Atraminių vektorių mašinos, neuroninio tinklo ir k-artimiausių kaimynų algoritmų tikslumas nuolat didėja, didinant apmokymo ir testavimo duomenų santykį. Remiantis gautais rezultatais galime teigti, kad sprendimo medžio metodas gali pasiekti didesnę modelio tikslumą su mažesniais mokymo duomenų kiekiais nei kiti šiame darbe nagrinėti metodai.

Kitas tyrimo uždavinys buvo nustatyti modelio tikslumo priklausomybę nuo duomenų rinkinio dydžio. Eksperimento metu gauti rezultatai pateikti 3 pav., kur matome, kaip kinta metodų tikslumas, naudojant skirtingo dydžio duomenų rinkinius. Šis eksperimentas buvo atliktas naudojant santykį 0,8 tarp modelio apmokymui ir testavimui skirtų duomenų. Analizuojant gautus rezultatus, galime teigti, kad:

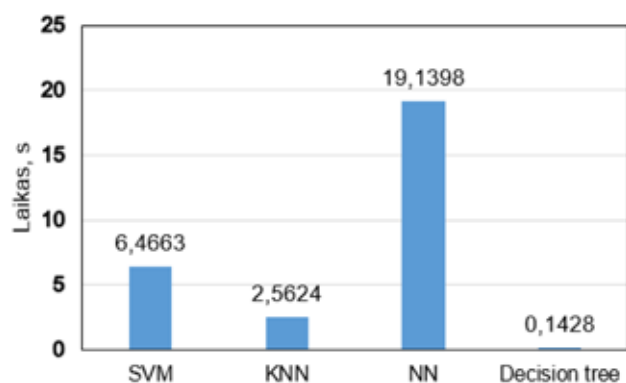
- daugumos metodų tikslumas didėja ir stabilizuojasi pasiekus 5000 įrašų skaičių;

- didžiausias tikslumas 96,9% pasiekiamas naudojant sprendimų medžio metodą, kuris mažai priklauso nuo duomenų rinkinio dydžio, o šio metodo tikslumas naudojant skirtingus rinkinio dydžius kinta ne daugiau nei 2%;
- mažiausias tikslumas 87,2% buvo pasiektas naudojant atraminių vektorių mašinos metodą, taip pat galime matyti, kad šis metodas yra jautrus duomenų rinkinio dydžiui, bet tikslumo reikšmės stabilizuojasi, kai duomenų rinkinyje yra 6000 ir daugiau įrašų;
- dirbtinio neuroninio tinklo ir k-artimiausių kaimynų metodai parodė panašius rezultatus, o didžiausias jų tikslumas yra 96,5%. Tačiau šių metodų nerekomenduojama naudoti su mažais duomenų rinkiniais, nes krenta jų tikslumas.



3 pav. Tikslumo skaičiavimo rezultatai
Šaltinis: sudaryta autorių

Atliekant skaičiavimus su maksimaliu duomenų rinkinio dydžiu t.y. 10 tūkst. įrašų, buvo analizuojamas skirtingų metodų vykdymo laikai. Su kiekvienu modeliu buvo atlikti 5 laiko matavimai ir suskaičiuotas vidurkis, kurio reikšmės pateiktos 4 pav. Matome, kad ilgiausiai skaičiavimai truko naudojant neuroninio tinklo metodą t.y. 19,14 s, o trumpiausiai t.y. 0,14 s – naudojant sprendimų medžio metodą. Apibendrinant gautus tikslumo ir greitaveikos rezultatus galima teigti, kad suklastotų žiniatinklio svetainių atpažinimui geriausiai tinka sprendimų medžio algoritmas, kai analizuojamas subalansuotas duomenų rinkinys.



4 pav. Skaičiavimo laikų palyginimas
Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

Atlikus suklastotų žiniatinklio svetainių identifikavimo mašininio mokymo metodais tyrimą daromos tokios išvados:

1. Taikant sprendimų medžio algoritmą pasiektas aukščiausias 96,9% tikslumas, kai 80% rinkinio duomenų buvo naudojami apmokymui. Šio metodo tikslumas naudojant skirtingus rinkinio dydžius kinta ne daugiau nei 2%.

2. Suklastotų žiniatinklio svetainių identifikavimo modelių tikslumas didėja, didinant duomenų rinkinį. Tačiau, kai duomenų rinkinio dydis pasiekia 6000 ir daugiau įrašų, tikslumas stabilizuojasi ir kinta nežymiai. Esant mažesniems duomenų kiekiams t.y. iki 1000 įrašų, modeliai, sudaryti naudojant neuroninio tinklo, atraminių vektorių mašinos ir k-artimiausių kaimynų metodus veikia nepatikimai, o jų tikslumas mažesnis nei 91%.

3. Identifikavimo modelių tikslumas didėja, didinant apmokymui ir testavimui skirtų duomenų santykį. Sprendimų medžio metodas mažiausiai jautrus šiam santykiui.

4. Neuroninio tinklo pagrindu veikiantis modelis lėčiausiai sprendė klasifikavimo uždavinį ir užtruko 19,14 s. Lyginant su greičiausiai skaičiavimus atlikusiu sprendimų medžio metodu, sprendimo laikas skiriasi 134 kartus.

Literatūra

- Abdelhamid, N., Ayes, A., & Thabtah, F. (2014). *Phishing detection based Associative Classification data mining*. *Expert Systems with Applications*, 41(13), p. 5948–5959.
- Aburrou, M., Hossain M.A., Dahal F., Thabtah K. (2010). Predicting phishing websites using classification mining techniques. *Seventh international conference on information technology*, IEEE, Las Vegas, Nevada, USA, p. 176-181.
- Chiew, K. L., Yong, K. S. C., & Tan, C. L. (2018). A survey of phishing attacks: Their types, vectors and technical approaches. *Expert Systems with Applications*, 106, p. 1–20.
- He, M., Horng, S.-J., Fan, P., Khan M.K., Run R.-S., Lai, J.-L., Chen, R.-J. Sutanto, A. (2011). An efficient phishing webpage detector. *Expert Syst. Appl.*, 38 (10), pp. 12018-12027
- Internet security emergin threats what is social engineering. (2020) [Interaktyvus] [žiūrėta 2020 m. lapkričio 10 d/]. Prieiga per internetą <https://us.norton.com>.
- Internet Crime Complaint Center. (2019). 2018 Internet Crime Report. Tech. Rep., Internet Crime Complaint Center at the Federal Bureau of Investigation of United States of America.
- ISTR Internet Security Threat Report. (2020). [Interaktyvus] 2019 [žiūrėta 2020 m. lapkričio 11 d/], Volume 24. Prieiga per internetą <https://symantec-enterprise-blogs.security.com/blogs/threat-intelligence/>.
- Feng, F., Zhou, Q., Shen, Z., Yang, X., Han, L., Wang, J. Q. (2018). The application of a novel neural network in the detection of

phishing websites. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1–15.

Marchal, S., Saari, K., Singh, N., Asokan, N. (2016). Know your phish: novel techniques for detecting phishing sites and their targets. 2016 *IEEE 36th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)*. 2016 IEEE, p. 323–333.

Threat Landscape Trends – Q1 2020. (2020). [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2020 m. lapkričio 12 4 d.]. Prieiga per internetą <https://symantec-enterprise-blogs.security.com/blogs/threat-intelligence/>.

Sumner, A., Yuan, X. (2019). Mitigating phishing attacks: An overview. In *ACMSE 2019 - Proceedings of the 2019 ACM Southeast Conference*. New York, New York, USA: Association for Computing Machinery, Inc. Symantec Inc., 2019, p. 72–77.

IDENTIFICATION OF PHISHING WEBSITES USING MACHINE LEARNING METHODS

Remigijus Klišauskas¹, Dalius Mažeika^{1,2}

¹*Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223, Vilnius*

²*Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius*

Abstract. Identifying phishing websites is highly relevant Internet security issue. Research has shown that about 1% of websites on the Internet are harmful. A phishing website can be described as a malicious website that mimics a real website with the task to obtain user's confidential information. Filtering connection by using black and white lists of websites are most often method used to solve this problem. But rules-based methods fail to recognize the websites not included in the lists, therefore the machine learning methods are used. This paper investigates the problem of identifying phishing websites by applying artificial neural network, decision tree, support vector machine and k-nearest neighbors methods. Public available dataset is used for analysis. The performed experiments with the test dataset allowed to identify the accuracy of different methods and to compare them.

Key words: machine learning, phishing websites, detection.

TECHNOLOGIJOS IR MENAS
TECHNOLOGY AND ART
2020/11

ISSN 2029-400X

2020-12-21. 60×90/8. 8,25 sąlyg. sp. l. Tiražas 100 egz.
Spausdino UAB „Baltijos kopija“ Kareivių g. 13B, Vilnius

Redakcijos adresas
Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija
Antakalnio g. 54; LT-10303 Vilnius, Lietuva
Tel. (8 5) 234 1524; Faksas (8 5) 234 3769; El.p. info@vtdko.lt

Address of the publisher
Vilnius College of Technologies and Design
Antakalnio g. 54; LT-10303 Vilnius, Lithuania
Phone: +370 5 234 1524; Fax: +370 5 234 3769;
E-mail info@vtdko.lt