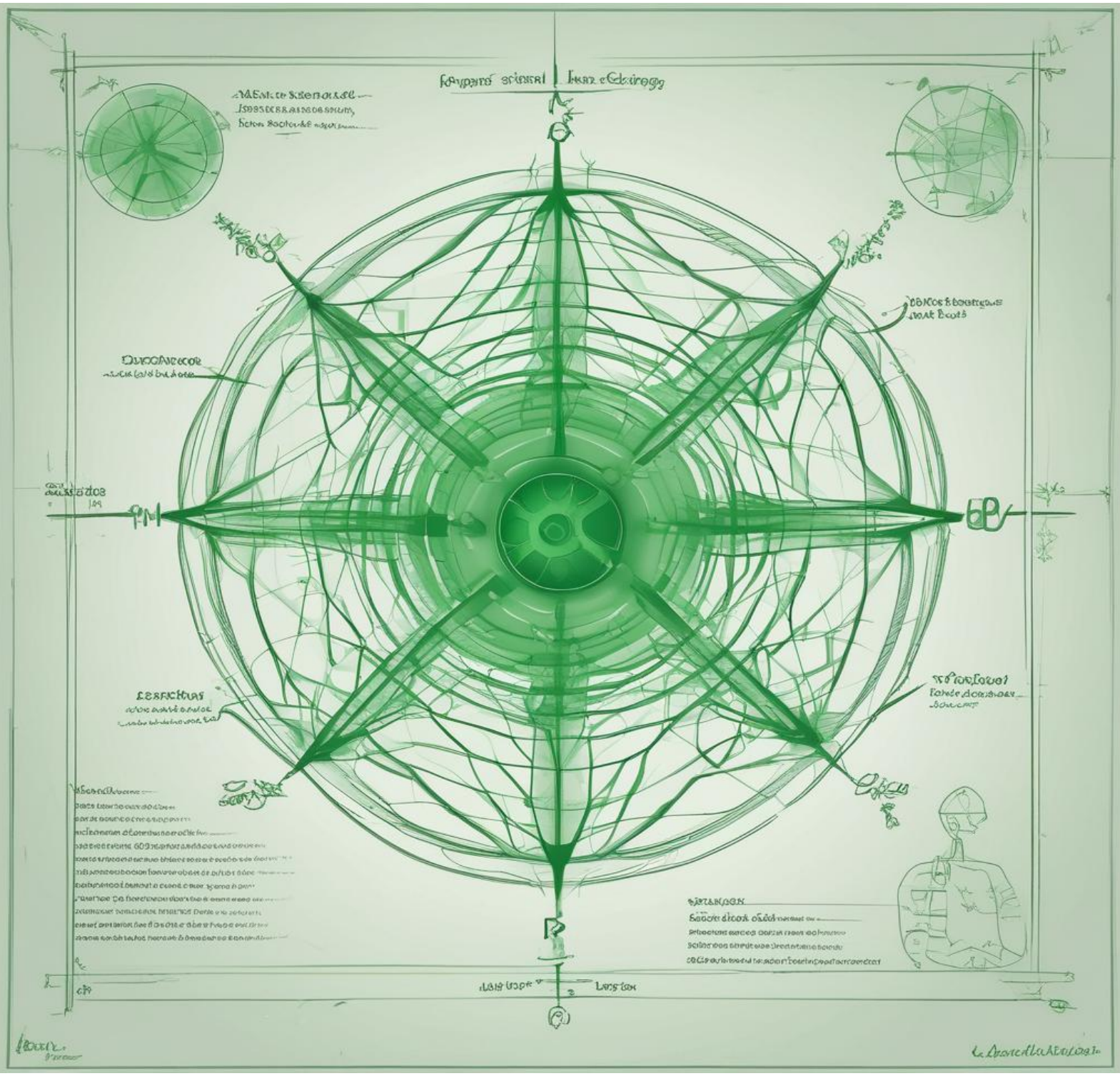
Salumeda

MOKSLAS IR EDUKACINIAI PROCESAI

SCIENCE AND PROCESSES OF EDUCATION



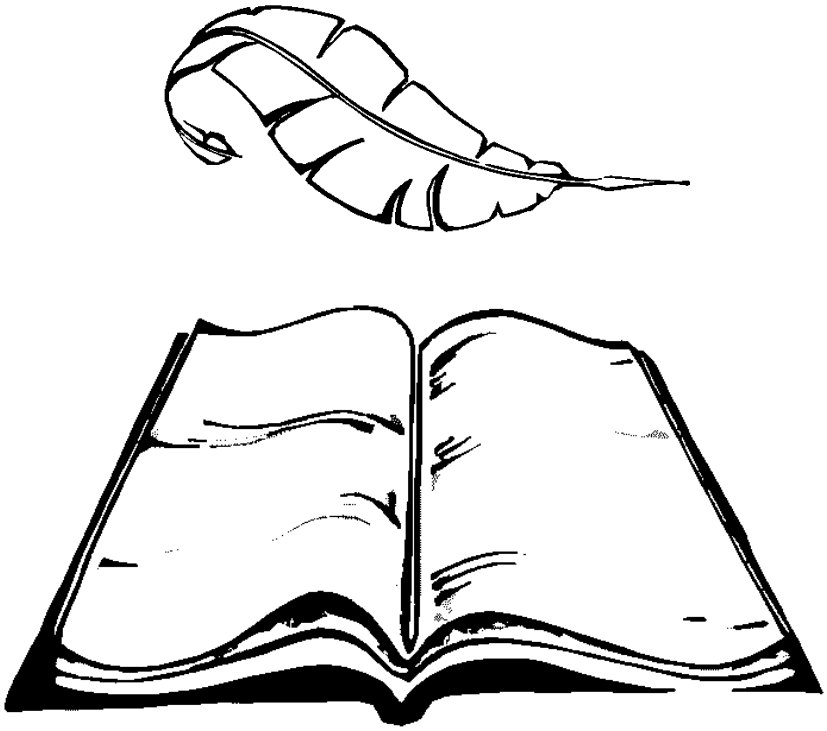
ISSN 2345-0681

Mokslas ir edukaciniai procesai
2025, Nr. 2 (40)

ISSN 2345-068

MOKSLAS IR EDUKACINIAI PROCESAI

SCIENCE AND PROCESSES OF EDUCATION



ISSN 2345-068

Vyriausioji redaktorė:
Dr. Inga Iždonaitė-Medžiūnienė (Vadyba ir administravimas, edukologija, SMK Aukštoji mokykla, Lietuva)

Atsakingas redaktorius:
Doc. Dr. Remigijus Kinderis (Vadyba ir administravimas, turizmas, Klaipėdos valstybinė kolegija, Lietuva)

Redakcinės kolegijos nariai:
Prof. dr. T. Volkova (Vadyba, Rygos bankininkystės institutas, Latvija)
Prof. dr. R. Malinauskas (Edukologija, Lietuvos sporto universitetas, Lietuva)
Prof. dr. L. Bagdonienė (Vadyba ir administravimas, Kauno technologijos universitetas, Lietuva)
Doc. dr. L. Žalys (Vadyba, turizmas, Lietuva)
Doc. dr. I. Žalienė (Vadyba, turizmas, Lietuva)
Doc. dr. E. Spiriajevas (Geografija, Klaipėdos universitetas, Lietuva)
Prof. dr. R. Bubnys (Edukologija, Vilniaus universiteto Šiaulių akademija, Lietuva)
Doc. dr. R. Jasnauskaitė (Anglų k. filologija, edukologija, Kauno kolegija, Lietuva)
Dr. N. Kvedaraitė (Vadyba, edukologija, Kauno technologijos universiteto Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, Lietuva)
Dr. R. Geležinienė (Edukologija, Vilniaus universiteto Šiaulių akademija, Lietuva)
Doc. dr. J. Vveinhardt (Vadyba, Vytauto Didžiojo universitetas, Lietuva)
R. Medžiūnas (Teisė, advokato padėjėjas, SMK Aukštoji mokykla, Lietuva)
Dr. V. Reigas (Visuomenės sveikatos vadyba, slauga, SMK Aukštoji mokykla, Klaipėdos universitetas, UAB Salumeda, Lietuva)
Doc. dr. S. Savvides (Ekonomika, Kipro kolegija, Kipras)
Dr. T. Thijssen (Edukologija, vadyba, Amsterdamo universitetas, Olandija)
Doc. dr. M. G. Jomon (Auditas, Xavier vadybos institutas, Indija)
Dr. B. Fekete (Teisė, Pazmany Peter Katalikų universitetas, Vengrijos mokslų akademija, Vengrija)
Dr. S. Rozentale (Ekonomika, Vidžeme taikomųjų mokslų universitetas, Latvija)
Dr. O. N. Ozdogan (Vadyba, Adnan Menderes universiteto Turizmo ir viešbučių vadybos mokykla, Turkija)

Periodinis recenzuojamų mokslinių straipsnių rinkinys „*Mokslas ir edukaciniai procesai*“ nuo 2005 m. leidžiamas du kartus per metus. Žurnalą leidžia UAB „Salumeda“. Žurnalas yra indeksuojamas šiose tarptautinėse duomenų bazėse: *EBSCO Discovery Service, Ulrich.*

Autoriai yra atsakingi už visų akademinės ir mokslinių tyrimų etikos principų įgyvendinimą savo mokslinėse publikacijose pagal reglamentuojančius teisės aktus.

ISSN 2345-068

Editor in Chief:
PhD Inga Iždonaitė-Medžiūnienė (management and administration, education science, SMK College of Applied Sciences, Lithuania)

Managing editor:
Assoc. Prof. PhD Remigijus Kinderis (management and administration, tourism, Klaipeda State University of Applied Sciences, Lithuania)

Editorial board:
Prof. PhD T. Volkova (management, Riga Institute of Banking, Latvia)
Prof. PhD R. Malinauskas (education science, Lithuanian Sports University, Lithuania)
Prof. PhD L. Bagdonienė (management and administration - Kaunas University of Technology, Lithuania)
Assoc. Prof. PhD L. Žalys (management, tourism, Lithuania)
Assoc. Prof. PhD I. Žalienė (management, tourism, Lithuania)
Assoc. Prof. PhD E. Spiriajevas (geography, Klaipeda University, Lithuania)
Prof. PhD R. Bubnys (education science, Vilnius University Šiauliai Academy, Lithuania)
Assoc. Prof. PhD R. Jasnauskaitė (English philology, education science, Kaunas College, Lithuania)
PhD N. Kvedaraitė (management, education science, Kaunas University of Technology, Panevėžys Faculty of Technology and Business, Lithuania)
PhD R. Geležinienė (education science, Vilnius University Šiauliai Academy, Lithuania)
Assoc. Prof. PhD J. Vveinhardt (management, Vytautas Magnus University, Lithuania)
R. Medžiūnas (law, lawyer assistant, SMK College of Applied Sciences, Lithuania)
PhD V. Reigas (public health management, nursing, SMK College of Applied Sciences, Klaipėda University, UAB Salumeda, Lithuania)
Assoc. Prof. PhD S. Savvides (economics, Cyprus College, Cyprus)
PhD T. Thijssen (education science, management - University of Amsterdam, Netherlands)
Assoc. Prof. PhD M. G. Jomon (audit, Xavier Institute of Management, India)
PhD B. Fekete (law, Pazmany Peter Catholic University, Hungarian Academy of Sciences, Hungary)
PhD S. Rozentale (economics, Vidžeme University of Applied Sciences, Latvia)
PhD O. N. Ozdogan (management, School of Tourism and Hotel Management, Adnan Menderes University, Turkey)

The scientific journal of the reviewed articles „Science and Processes of Education" is being issued since 2005 twice a year and is indexed in such databases as *EBSCO Discovery Service, Ulrich*. The journal is published by UAB "Salumeda".

Authors are responsible for implementing all principles of academic and research ethics in their scientific publications in accordance with regulatory legislation.

ISSN 2345-068

TURINYS

WORK ENVIRONMENT IN CONTEMPORARY ORGANISATIONS: THE CULTURAL STRUCTURING OF INTERNAL COMMUNICATION *Butvilas Tomas, Karolina Šūmakarienė, Kristina Kovaitė*	5-19
FLAVONOIDŲ POVEIKIS SENSTANČIAI ODAI THE EFFECT OF FLAVONOIDS ON AGEING SKIN *Vitalija Gerikienė*	20-29
THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL CONNECTIONS ON THE INNOVATIVENESS OF NETWORK ORGANIZATIONS: WESTERN LITHUANIA NETWORK IT ORGANIZATION SURVEY *Jurgita Kasnauskė*	30-40
MIMIKOS RAUKŠLIŲ FORMAVIMOSI MECHANIZMAI: MIMIKOS RAUMENŲ, ODOS STRUKTŪROS POKYČIŲ IR SENĖJIMO VEIKSNIŲ APŽVALGA MECHANISMS OF FACIAL EXPRESSION WRINKLE FORMATION: A REVIEW OF MIMETIC MUSCLES, SKIN STRUCTURAL CHANGES, AND AGING-RELATED FACTORS *Kristina Letkauskaitė*	41-51
EXPRESSION OF PROFESSIONAL MOTIVATION AMONG GENERATION Z NURSING SPECIALISTS IN SUPPORTIVE TREATMENT AND NURSING HOSPITAL PROFESINĖS MOTYVACIJOS RAIŠKA TARP Z KARTOS SLAUGOS SPECIALISTŲ PALAIKOMOJO GYDYMO IR SLAUGOS LIGONINĖJE *Viljaras Reigas, Ingrida Šukienė, Jolanta Skrabulienė, Agnė Songailaitė*	52-63
ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ PANAUDOJIMAS UOSTE USE OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES IN THE PORT *Diana Šateikienė, Lukas Dirmeikis*	64-75
SVEIKATOS MOKSLŲ SRITIES STUDENTŲ ELGSENA SAULĖJE IR POŽIŪRIS Į FOTOPROTEKCIJĄ SUN EXPOSURE BEHAVIOR AND PHOTOPROTECTION ATTITUDES AMONG HEALTH SCIENCES STUDENTS *Gražina Šniepienė, Ligita Lukauskaitė, Julija Andrejeva, Simona Urbonienė*	76-88
FORECASTING METHODS FOR SHAPING ADULT EDUCATION 2050 *Andreas Ahrens, Janis Dzerviniks, Svetlana Usca, Jelena Zascerinska, Silva Blazulioniene, Anna Högnadótti[5], Anastasija Bikova, Vasilisa Aleksejeva, Polina Glonina, Mihails Zascerinskis*	89-103
CO_2 EMISIJŲ MAŽINIMO PRIEMONĖS UOSTE CO_2 EMISSION REDUCTION MEASURES IN THE PORT *Julius Zaveckis, Diana Šateikienė*	104-115

ISSN 2345-068

WORK ENVIRONMENT IN CONTEMPORARY ORGANISATIONS: THE CULTURAL STRUCTURING OF INTERNAL COMMUNICATION

Butvilas Tomas, Karolina Šūmakarienė, Kristina Kovaitė
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Abstract

This study examines how cooperative and competitive organisational cultures differ in their use of internal communication channels, addressing a research gap in understanding communication tools as culturally shaped rather than technologically neutral. Integrating organisational culture theory with contemporary internal communication scholarship, the study analyses survey data on employees' evaluations of physical and digital communication channels to strengthen two different organizational cultures – cooperative and competitive. The channels include chat applications, collaboration platforms, email, and remote meeting tools. Findings show that cooperative cultures favour dialogic, collaborative, and synchronous channels that support participation and relational cohesion. In contrast, competitive cultures prefer structured, efficiency-driven, and top-down communication that reinforces clarity, accountability, and rapid coordination. Some tools, such as remote meetings, exhibit flexible functions across cultures. The findings reveal clear cultural distinctions. Cooperative cultures strongly prefer dialogic, collaborative, and synchronous communication channels that support participation and relational cohesion. Competitive cultures rely more heavily on structured, efficiency-driven, and top-down channels that emphasise clarity, performance alignment, and rapid coordination. Some tools, such as remote meetings, exhibit flexible affordances, functioning as relational spaces in cooperative cultures and as performance-oriented briefings in competitive ones. These results demonstrate that internal communication acts as a mediating mechanism through which cultural values are enacted and organisational outcomes – such as engagement, identification, psychological safety, and coordination – are produced. The study advances theory by positioning internal communication as a mediating mechanism through which cultural values are enacted, and organisational outcomes emerge. Practical implications highlight the need to align communication systems with artistic orientation and to adapt digital tools during cultural change initiatives.

Keywords: internal communication; organisational culture; competitive and cooperative organisational culture; digital channels; digital workplace.

INTRODUCTION

Organisational culture plays a central role in shaping how organisations construct meaning, coordinate behaviour, and manage relationships among employees. Among the many cultural dimensions discussed in organisational scholarship, the orientation toward cooperation versus competition represents one of the most influential and consequential. These opposing logics influence how organisations structure work, distribute authority, motivate employees, and define performance expectations (Cameron & Quinn, 2006; O'Reilly et al., 1991; Schein, 2010). Cooperative cultures emphasise participation, trust, and shared purpose, whereas competitive cultures prioritise performance discipline, efficiency, and external positioning. Understanding how these cultural orientations manifest in everyday organisational practices remains a central concern in organisational behaviour research.

A substantial body of theory conceptualises the cooperation–competition distinction. The Competing Values Framework (CVF) (Cameron & Quinn, 2006) differentiates Clan cultures, which value collaboration and cohesion, from Market cultures, which emphasise competitiveness and results. The Organizational Culture Profile (OCP) (O'Reilly et al., 1991). Similarly, it contrasts Team Orientation with Aggressiveness, reflecting cooperative and competitive values, respectively. Complementary perspectives, such as Daft's (2008) collaborative versus competitive culture types, Hofstede's people-versus results-oriented distinctions (G. J. Hofstede, 2010), and culture typology (Deal & Kennedy, 1982) , and Schein's (2010) model of cultural assumptions, provide additional conceptual depth and contextualisation. Collectively, these frameworks suggest that organisational culture influences not only strategic behaviour but also everyday communicative practices and the ways employees interpret organisational life.

Research topicality and problem At the same time, the nature of internal corporate communication (ICC) has become increasingly complex in digital and hybrid work environments. Modern scholarship views ICC not merely as a means of information

ISSN 2345-068

transmission but as a strategic communication system that shapes emotional culture, identification, trust, and engagement (Tkalac Verčič & Špoljarić, 2020; Yue, Men, & Ferguson, 2021; Santos et al., 2023). As communication technologies evolve, organisations rely on a growing array of digital channels – from chat applications and collaborative platforms to intranets, newsletters, and remote meeting tools – each with distinct affordances. Yet, empirical research has only begun to explore how organisational culture shapes the selection, interpretation, and use of digital communication channels, and whether these tools reinforce or challenge existing cultural patterns.

The aim of the research. This study, therefore, aims to answer two research questions:

(1) *How do the patterns of internal communication channel use differ between cooperative and competitive organisational cultures, with particular attention to digital tools?*

(2) *How do communication practices operationalise cultural values and influence employee outcomes?*

By answering these questions, this study contributes to a more nuanced understanding of how organisations communicate, collaborate, and coordinate in digitally mediated environments, demonstrating that communication channels are not neutral tools but culturally meaningful mechanisms that shape organisational life.

The research methodology. A questionnaire survey was carried out for quantitative research. A questionnaire survey was used to collect large-scale, comparable data, ensuring respondents' anonymity. As part of the dissemination of the survey, a scalable sampling method was used, and various mass media channels were employed to reach employed people of all ages. The non-probability sampling was used. The quantitative survey included 194 respondents.

The research results. The article proceeds as follows. Section 1 presents the theoretical framework, reviewing primary and secondary organisational culture theories that analyse competitive and cooperative organisational cultures, revising contemporary definitions of internal communication, and then examining physical and digital communication channels in both types of organisational culture. Section 2 outlines the methodology, including data collection and analytical approach. Section 3 presents the empirical findings on communication channel preferences in cooperative and competitive organisational cultures. Section 4 offers a discussion situating these findings within the broader literature on organisational culture and communication Section 5 presents the conclusions. Section 6 concludes with the recommendations, theoretical and practical implications, limitations of the research, and directions for future research.

Originality/Value of the article This study addresses this gap by examining how cooperative and competitive organisational cultures differ in their use and evaluation of physical and digital internal communication channels. While prior work has linked internal communication quality with outcomes such as engagement and satisfaction, little empirical research has investigated communication channel preferences across distinct cultural orientations or considered channels as cultural artefacts that reflect and reproduce underlying assumptions. By integrating organisational culture theory with contemporary internal communication research, this study positions ICC as a mediating mechanism through which cultural values are enacted and organisational outcomes are produced.

LITERATURE REVIEW

Organizational Culture Orientations: Cooperation and Competition in Theory and Research

Organisational culture is commonly defined as a system of shared assumptions, values, and norms that guide behaviour within organisations. Schein (2010) presents the seminal definition which emphasises culture as a dynamic pattern of basic underlying assumptions that

ISSN 2345-068

a group has learned in adapting to internal and external challenges. These assumptions manifest at three levels: artifacts, espoused beliefs and values, and core assumptions. Cooperative or competitive tendencies arise at the deepest level, shaping how employees perceive interdependence, conflict, leadership, and achievement. Cameron & Quinn (2006) define organisational culture as a set of core values and organisational preferences that influence decision-making, conflict resolution, and communication patterns. Their definition embeds the idea that cultures vary along dimensions of flexibility vs. control and internal vs. external focus, which underpin whether an organisation is more collectively oriented (cooperation) or results-oriented (competition). G. J. Hofstede (2010) conceptualise organisational culture as "collective programming of the mind," developed through shared practices rather than personal values. Their distinction between people-oriented and results-oriented cultures aligns with the distinction between cooperative and competitive cultural orientations. People-orientation fosters trust, cohesion, and interpersonal support, whereas results-orientation promotes competitiveness, assertiveness, and achievement.

Organisational culture provides the system of shared meanings and behavioural expectations through which organisations coordinate action and define appropriate conduct. Among the many cultural value dimensions, the orientation toward cooperation versus competition is a foundational dichotomy that shapes employee interactions, decision-making, and performance expectations. Several major theoretical frameworks explicitly conceptualise this distinction, offering structured approaches for understanding how cultural orientations influence organisational behaviour.

The Competing Values Framework (CVF) (Cameron & Quinn, 1999) remains the most widely used model for distinguishing cooperative and competitive cultures. Its Clan culture reflects an internally focused, flexible, and collaborative environment characterised by participation, trust, and cohesion, whereas the Market culture type embodies a competitive, performance-driven logic. Empirical studies demonstrate the robustness of this distinction: (Helfrich et al., 2007) validated the CVF across healthcare organisations, and Zeb et al. (2021) showed that market-oriented cultures enhance performance pressure but may constrain collaborative knowledge exchange.

A similar dichotomy appears in the Organizational Culture Profile (OCP) (O'Reilly et al., 1991), which identifies Team Orientation as a cooperative value – emphasising mutual support and collaboration – and Aggressiveness as a competitive value linked to assertiveness, rivalry, and winning. Recent work by Utomo (2024) confirms that team-oriented cultures foster relational cohesion, whereas aggressiveness is associated with perceptions of a competitive climate and performance demands.

The cooperation–competition distinction also underpins culture typologies presented by (Daft, 2008) which differentiate Collaborative and Competitive cultures. Although less frequently operationalised than CVF or OCP, these categories align with broader organisational theory: cooperative cultures promote trust, learning, and knowledge sharing, whereas competitive cultures reinforce achievement, external positioning, and short-term performance metrics. Aboramadan (2020) similarly, we found that collaborative orientations support innovation through social integration, whereas competitive orientations boost short-term effectiveness.

Additional theoretical perspectives provide indirect support for this distinction. Hofstede's cultural dimensions differentiate people-oriented and results-oriented organisational practices (G. Hofstede, 2011; G. J. Hofstede, 2010) while Deal and Kennedy (1982) contrasts competitive Work-hard/Play-hard cultures with more cooperative process cultures. Three-level model by Schein (2010) deepens this understanding by explaining how underlying assumptions shape whether organisations implicitly value collective cohesion or competitive achievement. Across these frameworks, a consistent pattern emerges: cooperation-oriented cultures enhance

ISSN 2345-068

trust, participation, and social integration, whereas competition-oriented cultures drive efficiency, achievement, and external focus. Contemporary research emphasises that neither orientation is inherently superior; rather, organisational effectiveness depends on the alignment between cultural values, strategic aims, and environmental pressures (Boyd & Larson, 2023).

Following this synthesis, the theories can be grouped into primary and secondary supporting conceptualisations of the cooperation–competition dimension. Primary theories – CVF (Cameron & Quinn), OCP (O'Reilly et al.), and Daft's typology – explicitly classify cultures into cooperative and competitive orientations and therefore form the core analytical lens for examining this dimension. Secondary theories (Hofstede, Deal & Kennedy, Schein) do not categorise culture directly along cooperative-competitive lines but provide conceptual depth by highlighting related assumptions such as people versus results orientation, stability versus competition, and underlying cultural values. Together, these theories form a coherent foundation for analysing how cooperative and competitive orientations shape organisational functioning.

Internal Communication as the Linkage between the Organisation and Employees

Internal corporate communication looks quite different in cooperative vs. competitive cultures, even when organisations use the *same* tools. First, let us define what internal corporate communication is. A widely cited definition frames internal communication as an interdisciplinary management function that integrates human resources, communication, and marketing, and is responsible for managing communication flows between an organisation and its employees (Tkalac Verčič et al., 2012). Internal corporate communication (ICC) operates differently across cooperative and competitive organisational cultures, even when the same tools are used. Modern definitions of internal communication (2020–2025) emphasise strategic integration, dialogic interaction, emotional culture, and employee experience, marking a clear evolution from classical perspectives. At its core, ICC refers to the planned and systematic management of communication flows within an organisation. Classical definitions frame it as a management function responsible for coordinating information exchange between an organisation and its employees (Tkalac Verčič et al., 2012). More recent works, such as (Madsen & Johansen, 2019; Santos et al., 2023; Tkalac Verčič & Špoljarić, 2020; Yue, C. A. et al., 2021), emphasise that internal communication consists of the methods and channels used inside an organisation to exchange information, involve employees, and align them with organisational objectives, highlighting both informational and relational roles. Across these definitions, internal corporate communication (ICC) is understood not just as the transmission of messages but as a strategic function that shapes culture, trust, identification, and engagement. Contemporary authors describe ICC as the combination of methods and channels – formal and informal – used to facilitate information sharing, enable employee involvement, and align staff with organisational objectives (Santos et al., 2023; Tkalac Verčič & Špoljarić, 2020; Yue, C. A. et al., 2021). Across these perspectives, ICC is understood not merely as the transmission of messages but as a strategic communication system shaping organisational culture, trust, identification, and engagement.

Three conceptual approaches are particularly relevant to this study. First, ICC serves as a mechanism that supports employee satisfaction. Research shows that organisations purposefully select and integrate channels such as email, intranet portals, digital collaboration tools, and meetings to manage communication flow, and that effective channel coordination enhances employees' satisfaction with internal communication (Tkalac Verčič & Špoljarić, 2020). Second, ICC operates as a strategic organisational system that structures interactions and relationships. Yue, C. A. et al. (2021) argue that internal communication – when symmetrical and dialogic – facilitates emotional culture and strengthens organisational identification. This perspective highlights ICC as an organisation-wide infrastructure influencing the quality of

ISSN 2345-068

employee–organisation relationships. Third, ICC links employees to organisational goals by combining formal and informal activities that support participation and feedback. Santos et al. (2023) conceptualise internal communication as a set of integrated practices designed to keep employees informed, encourage involvement, and reinforce the employer brand.

Taken together, these contemporary definitions mark a shift from classical conceptualisations of ICC. Earlier work, such as Grunig's excellence theory (Grunig & Hunt, 1984) and the foundational scholarship of (Tkalac Verčič et al., 2012) – framed ICC primarily as a managerial tool aimed at clarity, consistency, and top-down information delivery. In contrast, modern perspectives emphasise dialogic communication, co-creation, and the psychological and cultural dimensions of employee experience. This evolution reflects broader changes, (Santos et al., 2023; Tkalac Verčič & Špoljarić, 2020; Yue, C. A. et al., 2021) in organisational structures, digital communication environments, and employee expectations for transparency, interaction, and meaningful involvement. As such, ICC has shifted from a functionalist focus on message transmission to a relational and strategic perspective that emphasizes participation, emotional culture, and shared sense-making. Where classical definitions emphasised communication *as transmission*, modern definitions frame internal communication as participation, emphasising co-creation, interaction, digital engagement, and the psychological dimensions of employee experience. This shift reflects changes in organisational structures, digital communication ecosystems, and employee expectations for transparency, involvement, and relational communication. Differences that become especially pronounced when comparing cooperative and competitive organisational cultures.

Link between organisational culture and internal communication

Empirical studies show that symmetrical, two-way internal communication is associated with more participative, supportive organisational cultures. Researchers (Yue, C. A. et al., 2021) find that symmetrical internal communication (employee-centred, dialogic, feedback-rich) fosters a positive emotional culture and stronger organisational identification. Similarly, research on communication and culture links two-way symmetrical communication with favourable organisational cultures and more organic, participative structures (Stojanović et al., 2020). Strategic internal communication is also shown to support employer branding, engagement, and trust, indicating that communication practices and organisational culture co-evolve (Položki Vokić et al., 2023).

If we overlay this on culture typologies, e.g., Clan vs. Market by (Cameron & Quinn, 1999) cooperative (clan/team-oriented) cultures tend to favour participative, relational, and symmetrical ICC, while competitive (market/aggressive) cultures lean towards performance-driven, top-down, and instrumental ICC.

Internal communication channel formats: digital and physical

Internal communication channels – both physical and digital – are closely shaped by an organisation's cultural orientation, influencing how messages are conveyed, how employees interact, and how coordination takes place. Internal communication channels – both physical and digital – are closely shaped by an organisation's cultural orientation, influencing how messages are conveyed, how employees interact, and how coordination takes place. In cooperative organisational cultures, which emphasise participation, relational cohesion, and shared meaning-making (Cameron & Quinn, 2011; Yue, Men, & Ferguson, 2021), physical communication practices typically involve high-interaction formats. These include team meetings, collaborative workshops, brainstorming sessions, stand-up meetings, and informal corridor or breakroom conversations. Such settings reinforce psychological safety and collective identity by enabling open dialogue and face-to-face relationship building (Schein, 2010). Digitally, cooperative cultures rely heavily on tools that support synchronous,

ISSN 2345-068

interactive, and collaborative communication. Common examples include Microsoft Teams, Slack, Zoom, Google Meet, Trello, Miro, and shared document platforms such as Google Workspace. These tools facilitate joint problem-solving, lateral information sharing, and co-creation of content, aligning with findings that symmetrical communication and transparent digital interaction strengthen organisational identification and engagement (Yue et al., 2021; Verčič & Špoljarić, 2020). Even digital task-planning systems – such as Asana or Monday.com – tend to be used collaboratively rather than for surveillance, reflecting shared responsibility rather than individual performance monitoring.

In contrast, competitive organisational cultures prioritise performance orientation, efficiency, and accountability (O'Reilly et al., 1991) (Daft, 2008). As a result, physical communication is typically more formal and hierarchical. Examples include performance briefings, KPI review meetings, quarterly results presentations, structured reporting sessions, and formal manager–employee check-ins. These physical interactions emphasise clarity of expectations and alignment with organisational targets, reinforcing the top-down communication patterns typical of competitive environments (Schein, 2010). Digitally, competitive cultures favour tools that enable fast information dissemination, documentation, and managerial control. This includes the widespread use of email, corporate intranet portals, project-tracking systems such as Jira, performance dashboards, time-tracking software, and structured remote meetings on platforms such as Zoom or Microsoft Teams. These channels support communication efficiency and monitoring, aligning with research showing that competitive or high-pressure work environments rely on communication tools that enhance clarity, speed, and individual accountability (Straker & Wrigley, 2016) (H. W. Lee, 2020) Content-heavy, narrative, or dialogic channels – such as blogs, podcasts, newsletters, and internal social media – tend to be underutilised, reflecting a preference for concise communication aimed at immediate execution rather than cultural storytelling or relational engagement.

Across both physical and digital domains, the findings illustrate that communication channels are culturally situated: cooperative cultures deploy tools to foster dialogue, interaction, and shared meaning, whereas competitive cultures adopt channels that reinforce direction, coordination, and performance discipline. Even when the same platforms are used – such as Zoom, Teams, or task-planning systems – their purpose, tone, and communicative logic differ substantially across cultural contexts.

RESEARCH METHODOLOGY

To answer the research questions, the following research protocol is presented. *Research instrument and data collection: A* questionnaire survey was carried out for quantitative research. A questionnaire survey was used to collect large-scale, comparable data, ensuring respondents' anonymity. As part of the dissemination of the survey, a scalable sampling method was used, and various mass media channels were employed to reach employed people of all ages. The non-probability sampling was used. The quantitative survey included 194 respondents.

Research timeline: Survey activity time from May 2025 to June 2025. The questionnaire consists of closed-ended questions with multiple-choice options.

Data processing and analysis. The data was processed using Excel. To summarise the respondents' answers collected on a five-point Likert scale (1 = strongly disagree; 5 = strongly agree), a composite score was calculated for each survey item. First, the percentage distribution of responses across the five scale points was obtained. Then, each percentage was multiplied by the corresponding Likert scale value (1–5). The resulting products were summed to produce a single coefficient representing the weighted average score for each item. Although Likert-scale data are formally ordinal, many researchers argue that when the scale has at least five

ISSN 2345-068

categories, and the distribution is reasonably continuous, Likert responses can be treated as approximately interval-level data for statistical summarisation. (Carifio & Perla, 2007) (Norman, 2010). The weighted average approach reflects this perspective by preserving the relative distances between response categories and providing a single interpretable measure of central tendency.

Research ethics. The study complied with established research ethics standards. Participation was voluntary, and informed consent was obtained prior to completing the questionnaire. Respondents were assured of anonymity and informed that they could withdraw or skip any question at any time. No identifying information was collected, and data were stored securely on password-protected institutional servers in accordance with GDPR requirements. The questionnaire contained no sensitive or high-risk items, and the study was assessed as minimal risk. All results are reported honestly, without fabrication or selective omission, in accordance with COPE and APA guidelines on responsible research reporting.

RESEARCH RESULTS

The sample characteristics are summarised in three tables.

Table 1. Respondents' demographics based on the age provides an overview of the respondents' age groups. *Table 2. Respondents' demographics based on gender* presents the gender distribution of the respondents.

Table 3. Respondents based on employment duration shows the distribution of employment duration among the respondents. Together, these tables offer a comprehensive representation of the demographic and employment profile of the study population. Below, more detailed data is presented.

Table 1. Respondents' demographics based on the age

Age	**Number of respondents**	**Percentage**
18–25	128	47,41%
26–35	75	27,78%
above 36	67	24,81%
Total	270	100%

Source: compiled by the authors

As shown in

Table *1* the most significant proportion of respondents fell within the 18–25 age category (47.41%). Participants aged 26–35 represented 27.78% of the sample, while those older than 36 years accounted for 24.81%. This distribution provides a general overview of the age composition of the study population.

Table 2. Respondents' demographics based on gender

Gender	**Number of respondents**	**Percentage**
Female	145	53,70%
Male	120	44,44%
Prefer not to declare	5	1,85%
Total	270	100%

Source: compiled by the authors

As shown in Table 2, the sample consisted of 270 respondents, most of whom were female (53.70%). Male respondents accounted for 44.44% of the sample, and 1.85% chose not to disclose their gender. This distribution provides a clear overview of the gender representation within the study.

ISSN 2345-068

Table 3. Respondents based on employment duration

Employment duration	**Number**	**Percentage**
up to 3 months	88	32,59%
3-12 months	58	21,48%
1-2 years	69	25,56%
3-5 years	55	20,37%
Total	270	100%

Source: compiled by the authors

As shown in

Table *3*, employment experience varied across the sample. The largest group of respondents had been employed for up to three months (32.59%), followed by those with 1–2 years of experience (25.56%). Participants with 3–12 months and 3–5 years of employment represented 21.48% and 20.37% of the sample, respectively.

Below is the analysis of the research findings, presented in figures and explained. *Figure 1. Digital communication channels used in organisations: cooperative vs. competitive culture* presents research results on the preferences for digital communication channels across both cultures. *Figure 2. Physical communication channels used in organisations: cooperative vs. competitive culture* presents research results on preferences for physical and face-to-face communication channels across the analysed types of culture. Across the two cultural contexts, the results show markedly different patterns in the use of digital communication channels. In cooperative organisational cultures, employees reported higher usage of interactive and collaborative tools, with chat applications (4.23), task-planning platforms (3.78), remote meetings (3.73), and cooperation platforms (3.53) receiving the strongest scores, reflecting a preference for dialogic, synchronous, and teamwork-oriented communication. By contrast, competitive cultures relied more heavily on emails (3.27) and remote meetings (3.08), with lower use of collaboration-oriented tools such as cooperation platforms (2.46) and chat apps (2.81). Content-focused or one-way channels, such as newsletters, blogs, podcasts, and webpages, received low scores in both cultures but were especially underutilised in competitive settings. Overall, the pattern indicates that cooperative cultures favour digital channels that support participation and shared work, while competitive cultures prioritise tools that enable efficiency, clarity, and performance-focused coordination.

The results in Figure 1 indicate that employees working in cooperative organisational cultures exhibit clear preferences for specific digital communication channels. Among all channels measured, chat applications received the highest score (M = 4.23), suggesting that fast, interactive, and informal communication tools are especially valued in cooperative settings. This aligns with the relational and dialogic communication patterns typical of cooperative cultures, where quick collaboration and peer-to-peer exchanges are central.

Other highly rated tools include task planning platforms (M = 3.78), remote meetings (M = 3.73), and cooperation platforms (M = 3.53). These findings indicate that digital tools supporting coordination, transparency, and shared workspaces are widely used and strongly integrated into cooperative work processes. The prominence of remote meetings highlights the importance of synchronous communication even in digital environments, reflecting the emphasis on face-to-face interaction found in cooperative cultures.

Traditional one-way communication tools – such as emails (M = 3.67) and newsletters (M = 2.99) – received moderate scores, suggesting that while they remain part of the communication mix, they are less central to collaborative dynamics. Lower usage ratings were recorded for webpages (M = 2.59), podcasts (M = 2.30), and blogs (M = 2.00), indicating that

ISSN 2345-068

information-heavy or broadcast-style channels are less relevant in cooperative cultures, where two-way interaction and immediacy are prioritised.

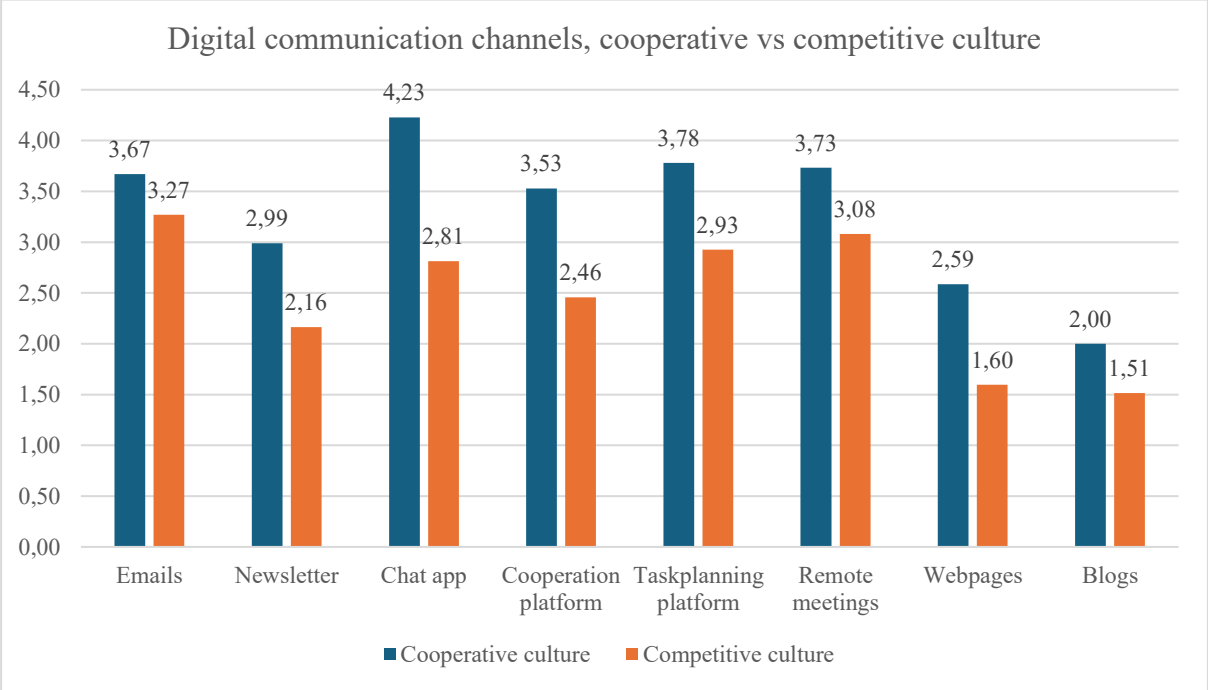
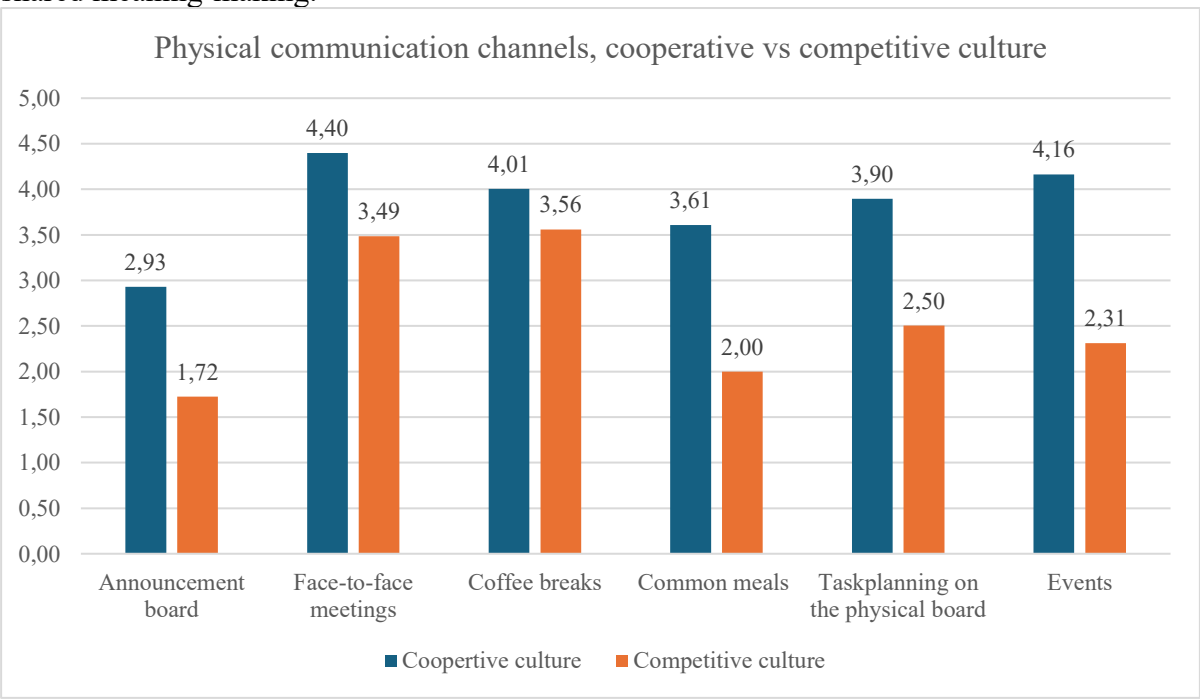


Figure 1. Digital communication channels used in organisations: cooperative vs. competitive culture

Source: compiled by the authors

Overall, the pattern reveals that cooperative cultures favour interactive, synchronous, and collaborative digital channels, while more static or one-directional communication tools play a secondary, supporting role. This aligns with theoretical expectations that cooperative organisational cultures promote communication tools enabling participation, dialogue, and shared meaning-making.



ISSN 2345-068

Figure 2. Physical communication channels used in organisations: cooperative vs. competitive culture

Source: compiled by the authors

The data in Figure 2 reveal a distinctly different pattern of digital communication channel usage within competitive organisational cultures compared with cooperative ones. In competitive contexts, communication practices focus on efficiency, clarity, and performance support, as reflected in the relatively higher use of email (M = 3.27) and remote meetings (M = 3.08). These channels provide structured, top-down communication suitable for conveying instructions, monitoring progress, and coordinating performance-related tasks.

Moderately used tools include task planning platforms (M = 2.93) and chat applications (M = 2.81). Their mid-range scores suggest that while these channels support coordination and quick updates, they play a more functional than relational role in competitive cultures. Tools that facilitate collaborative work – such as cooperation platforms (M = 2.46) – are used less, reflecting a preference for individual accountability and structured communication over shared digital spaces.

Traditional broadcast-oriented channels such as newsletters (M = 2.16), webpages (M = 1.60), blogs (M = 1.51), and podcasts (M = 1.37) show the lowest usage levels. This pattern suggests that competitive cultures place limited emphasis on information-heavy, one-way communication formats that do not directly support performance monitoring or efficiency. Instead, communication tends to be succinct, goal-oriented, and delivered through channels that enable rapid distribution of instructions or updates.

Overall, competitive cultures prioritise structured, directive, and performance-oriented digital communication, utilising tools that support monitoring, coordination, and the rapid delivery of information. At the same time, collaborative or content-heavy channels remain peripheral to everyday communication practices.

DISCUSSION

The contrasting communication patterns observed across cooperative and competitive cultures align closely with theoretical expectations about how these cultures construct and prioritise internal communication. Cooperative cultures, which emphasise participation, relational cohesion, and shared meaning-making, demonstrate strong reliance on digital channels that enable interaction, immediacy, and collaborative work, such as chat applications, remote meetings, and cooperation or task-planning platforms. These tools support symmetrical communication flows and reinforce the cultural logic of teamwork and inclusivity. In contrast, competitive cultures place greater emphasis on clarity, efficiency, and performance alignment, reflected in their preference for more structured and directive channels such as email and remote meetings. Their comparatively lower use of collaboration platforms and interactive tools suggests a communication pattern geared toward control, individual accountability, and rapid coordination rather than co-creation. The particularly low engagement with blogs, podcasts, newsletters, and webpages in competitive contexts further indicates that communication is valued primarily for its instrumental utility rather than for fostering organisational connection. Together, these findings suggest that digital communication practices are not culturally neutral but instead mirror and reinforce deeper organisational assumptions about relationships, authority, and performance. The findings of this study indicate that cooperative organisational cultures strongly favour dialogic, collaborative, and synchronous digital communication channels, whereas competitive cultures gravitate toward structured, efficiency-driven, and top-down channels. While these patterns align with contemporary internal communication scholarship, they also challenge and extend certain established assumptions. First, the strong preference for interactive tools in cooperative cultures supports (Yue, C. A. et al., 2021) argument that symmetrical communication and emotional culture are mutually reinforcing.

ISSN 2345-068

Their work suggests that dialogic communication enhances organisational identification, and the present study's results provide empirical confirmation by showing that employees in cooperative cultures consistently rate interactive channels – such as chat applications and cooperation platforms – more highly than one-way tools. However, this study extends their claims by demonstrating that channel choice itself (not merely communication style) signals cultural orientation, an element underdeveloped in previous literature. Second, the prominence of task-oriented and directive communication in competitive cultures aligns with (Schein, 2010) conceptualisation of communication as a mechanism that reinforces deeper cultural assumptions. Scholars like (Straker & Wrigley, 2016) and (Y. Lee & Kim, 2020) similarly, they argue that competitive work environments prioritise clarity, discipline, and performance metrics, which is reflected in the greater reliance on email, task-planning platforms, and structured remote meetings in this study. Yet, unlike these scholars, who frame competitive communication largely in terms of stress, conflict, or risk of burnout, the findings here suggest a more neutral interpretation: employees in competitive cultures may simply perceive efficiency-driven tools as functionally appropriate rather than culturally oppressive. Third, the relatively low usage of one-way channels (newsletters, blogs, podcasts) across both cultural contexts challenges earlier corporate communication models that placed heavy emphasis on broadcast communication. Classical scholarship, such as (Tkalac Verčič et al., 2012)framed internal communication as primarily informational, but the present findings suggest that in digital workplaces, employees show declining engagement with monologic, content-heavy formats, regardless of culture. This supports more recent arguments by (Men & Sung, 2022) and (Santos et al., 2023) who contend that employees increasingly expect interactive, personalised, and relational communication. Fourth, some findings complicate the dichotomy between cooperative and competitive cultures proposed in the Competing Values Framework (Cameron & Quinn, 1999) For example, remote meetings were rated relatively high in both cultures, suggesting that specific synchronous digital tools may serve both relational and performance-driven functions. This nuance echoes Tkalac Verčič and Špoljarić's (2020) observation that communication satisfaction is shaped not only by cultural orientation but also by channel affordances, accessibility, and employee expectations. The current study's data support this hybrid view: while cultural values shape communication style, digital affordances provide functional flexibility that may transcend cultural boundaries. Finally, the study contributes to ongoing debates about whether digital communication can reshape organisational culture or merely reflect it. Some scholars argue that digital platforms democratise communication and encourage participation across hierarchies (Meirinhos et al., 2022) while others warn that technology may reinforce existing power structures (Michelson et al., 2010).The present findings lean toward the latter perspective: despite the availability of collaborative tools, competitive cultures did not adopt them extensively, suggesting that technology does not override cultural norms but is instead appropriated in culturally consistent ways. Together, these points highlight that organisational culture remains a potent structuring force in digital communication, but the relationship is more dynamic and nuanced than classical models suggest. This study advances the discussion by demonstrating that communication channels – long treated as neutral tools – have cultural meaning and can either reinforce or challenge established organisational values.

RECOMMENDATIONS, THEORETICAL AND PRACTICAL IMPLICATIONS, LIMITATIONS AND AGENDA FOR FUTURE RESEARCH

Theoretical Implications. This study offers several academic contributions that advance theoretical understanding of how organisational culture shapes internal communication in digitally mediated workplaces. First, it reframes digital communication channels as cultural artefacts, demonstrating that channel selection is not merely a technical or operational choice

ISSN 2345-068

but a reflection of underlying cultural values. By showing that cooperative cultures favour dialogic, collaborative tools while competitive cultures privilege structured, efficiency-oriented channels, the study extends existing theory on the cultural patterning of communication technology use. Second, the study integrates organisational culture research with contemporary internal communication scholarship, two fields that have traditionally developed in parallel. The findings provide an empirical model that positions internal communication as a mechanism through which cultural assumptions are operationalised and made visible. This integration contributes to ongoing scholarly efforts to conceptualise internal communication as a strategic, organisation-wide system rather than a functional or message-based activity. Third, the study demonstrates that internal communication functions as a mediating process linking cultural orientations with key organisational outcomes, such as engagement, identification, psychological safety, performance alignment, and coordination. This advances current theory by highlighting how everyday communication behaviours and channel choices translate cultural values into employee experiences and organisational practices. Fourth, the findings challenge deterministic views of the culture–communication relationship. The observation that some channels (e.g., remote meetings) serve different communicative purposes across cultures supports a socio-technical perspective, suggesting that communication technologies acquire meaning through cultural interpretation rather than possessing fixed affordances. Finally, the study contributes to research on digital transformation and organisational behaviour by showing that communication infrastructures can reinforce or alter cultural patterns, offering a conceptual foundation for examining how organisations use communication systems to maintain or shift cultural orientations in hybrid and digital-first environments. Collectively, these insights position internal communication as a central construct in understanding how organisational culture is enacted, sustained, and transformed.

Practical Implications. Building on the findings of the study, several recommendations and practical implications can support organisations in aligning internal communication practices with their cultural orientation and enhancing communicative effectiveness. Organisations should ensure coherence between cultural values and communication systems, recognising that communication channels are not culturally neutral but function as symbolic expressions of organisational norms; selecting tools that misalign with the dominant culture can impair information flow, reduce employee acceptance, and weaken communication effectiveness. Cooperative cultures benefit from investing in dialogic, collaborative platforms – such as chat applications, cooperation tools, and synchronous meeting formats – that support teamwork, participatory decision-making, joint problem-solving, relational cohesion, and ongoing dialogue. In contrast, competitive cultures should prioritise efficient, structured channels such as email, task-planning systems, and performance-focused briefings that reinforce clarity, accountability, speed, and rapid coordination while avoiding unnecessary communicative complexity. Communication style and tone should also be adapted alongside channel choices: cooperative cultures require transparency, openness, and psychological safety, whereas competitive cultures demand concise, directive messaging that reduces ambiguity and aligns employees with performance expectations. Organisations should engage in regular communication audits to identify misalignments between communication practices and cultural values by assessing channel usage, employee perceptions, message effectiveness, and relational impact. For organisations pursuing cultural transformation, communication practices should be strategically deployed to support the desired shift, whether by expanding two-way feedback mechanisms to foster participation or by implementing clearer reporting structures to strengthen performance orientation. Recognising that communication channels act as cultural artefacts, their deliberate introduction or removal can signal change. Leadership plays a central role in modelling culturally congruent communication. It should therefore receive training that reinforces desired cultural attributes, while also continuously monitoring employee preferences

ISSN 2345-068

and digital communication behaviours, especially in hybrid or digital-first environments where expectations for transparency, responsiveness, and interaction are growing. Finally, organisations should invest in comprehensive digital literacy initiatives to ensure that employees understand both the functional and cultural expectations associated with communication tools. Collectively, these recommendations underscore the importance of designing communication systems that are operationally effective and culturally coherent, enhancing engagement, coordination, trust, and organisational performance.

Limitations and Agenda for Future Research. This study has several limitations that should be acknowledged. First, the findings rely on self-reported data, which may be influenced by respondent perceptions or organisational norms, potentially affecting the accuracy of channel usage ratings. Second, the cross-sectional design limits the ability to draw causal inferences regarding the relationship between culture, communication practices, and outcomes. Longitudinal research would be needed to examine how communication patterns evolve alongside cultural change. Third, the study focuses on a specific set of digital communication channels, and emerging tools – such as AI-assisted messaging, immersive collaboration platforms, or hybrid communication ecosystems – may produce different patterns. Finally, cultural classifications were based on established theoretical frameworks rather than on deep ethnographic examination; future research could incorporate qualitative methods to understand better how employees interpret communication practices in their cultural context. These limitations open promising avenues for deeper empirical, comparative, and multi-method research.

CONCLUSIONS

1. This study demonstrates that organisational culture fundamentally shapes internal communication practices, including the selection and use of digital and physical channels, and that these channels operate as extensions of underlying cultural logics about relationships, authority, collaboration, and performance. The integrated model illustrates a three-stage linkage in which cultural orientations establish assumptions that guide channel preferences, and these communication patterns in turn produce distinct behavioural and psychological outcomes. Cooperative cultures, grounded in interdependence, trust, and shared purpose, favour dialogic, participatory, collaborative, and synchronous communication practices that strengthen engagement, identification, shared meaning-making, and psychological safety. Competitive cultures, by contrast, prioritise performance, clarity, and individual accountability, leading to more structured, efficiency-oriented, top-down channels that support coordination, rapid execution, and goal alignment. Communication practices, therefore, emerge not as operational choices but as strategic expressions of cultural values, and by understanding these dynamics, organisations can design communication infrastructures that reinforce their desired cultural orientation, strengthen employee experience, and enhance organisational effectiveness, contributing to a deeper understanding of how culture and communication interact to shape the social and digital life of contemporary organisations.
2. The empirical findings confirm that cooperative cultures rely heavily on synchronous and interactive tools – such as chat applications, remote meetings, and collaborative platforms – that enable shared meaning-making and relational cohesion. Competitive cultures demonstrate a consistent preference for email, KPI-focused meetings, and task-oriented digital systems that reinforce performance discipline and centralised decision-making. Importantly, the same tools may function differently across cultures: for example, remote meetings support participatory dialogue in cooperative cultures but operate primarily as performance briefings in competitive settings. This underscores that communication

ISSN 2345-068

channels themselves are cultural artefacts, shaped by and reinforcing the values of the organisation.

3. The theoretical contribution of this research lies in integrating organisational culture frameworks with contemporary internal communication scholarship, demonstrating that internal communication acts as a mediating mechanism through which cultural values are enacted in everyday organisational life. The study highlights the reciprocal relationship between culture and communication in digital-first environments and shows that communication effectiveness cannot be optimised without cultural alignment. Organisations aiming to strengthen engagement or improve performance must therefore consider not only which tools they adopt but how those tools are used within their cultural context. In sum, the findings offer a nuanced understanding of how organisations communicate, collaborate, and coordinate in digitally mediated settings. They demonstrate that designing communication systems that are both technologically effective and culturally coherent is essential for supporting positive employee experiences and achieving organisational objectives.

LITERATURE

1. Aboramadan, M., Albashiti, B., Alharazin, H., & Zaidoune, S. (2020). Organizational culture, innovation, and performance: a study from a non-western context. *Journal of Management Development*, *39*(4), 437–451. https://doi.org/10.1108/JMD-06-2019-0253
2. Boyd, N. M., & Larson, S. (2023). Organizational cultures that support community: Does the competing values framework help us understand experiences of community at work? *Journal of Community Psychology*, *51*(4), 1695–1715. https://doi.org/10.1002/jcop.22950
3. Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (1999). *Diagnosing and Changing The Competing Values Framework*. 1–12.
4. Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (2006). Diagnosing and Changing Organizational Culture: Based on the Competing Values Framework. *Personnel Psychology*, *59*(3), 755–757. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2006.00052_5.x
5. Carifio, J., & Perla, R. J. (2007). Ten Common Misunderstandings, Misconceptions, Persistent Myths and Urban Legends about Likert Scales and Likert Response Formats and their Antidotes. *Journal of Social Sciences*, *3*(3), 106–116. https://thescipub.com/pdf/jssp.2007.106.116.pdf
6. Daft, R. L. (2008). Organization theory and design. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
7. Deal, T. E., & Kennedy, A. (1982). Corporate Cultures: The Rites and Rituals of Corporate Life. In *Reading*.
8. Grunig, J. E., & Hunt, T. (1984). Managing Public Relations. In *Entertainment Management: Towards Best Practice* (p. 550).
9. Helfrich, C. D., Li, Y. F., Mohr, D. C., Meterko, M., & Sales, A. E. (2007). Assessing an Organizational Culture Instrument based on the Competing Values Framework: Exploratory and Confirmatory Factor Analyses. *Implementation Science*, *2*(1). https://doi.org/10.1186/1748-5908-2-13
10. Hofstede, G. (2011). Dimensionalising Cultures: The Hofstede Model in Context. *Online Reading in Psychology and Culture*, *2*(1), 1–15. https://doi.org/10.9707/2307-0919.1014
11. Hofstede, G. J. (2010). *Cultures and Organizations*.
12. Lee, H. W. (2020). Interpersonal competition in organization: an investigation of antecedents. *International Journal of Manpower*, *41*(8), 1363–1383. https://doi.org/10.1108/IJM-06-2019-0294
13. Lee, Y., & Kim, K. H. (2020). Enhancing employee advocacy on social media: the value of an internal relationship management approach. *Corporate Communications*, *August*. https://doi.org/10.1108/CCIJ-05-2020-0088
14. Madsen, V. T., & Johansen, W. (2019). A spiral of voice? When employees speak up on internal social media. *Journal of Communication Management*, *23*(4), 331–347. https://doi.org/10.1108/JCOM-03-2019-0050
15. Meirinhos, G., Cardoso, A., Silva, R., Rego, R., & Oliveira, M. (2022). Employee Involvement and Commitment in Internal Communication. *Economic and Political Weekly*, *11*(423), 1–23. https://doi.org/https://doi.org/ 10.3390/socsci11090423
16. Men, L. R., & Sung, Y. (2022). Shaping Corporate Character Through Symmetrical Communication: The Effects on Employee-Organization Relationships. *International Journal of Business Communication*, *59*(3), 427–449. https://doi.org/10.1177/2329488418824989
17. Michelson, G., van Iterson, A., & Waddington, K. (2010). Gossip in Organizations: Contexts, Consequences, and Controversies. *Group and Organization Management*, *35*(4), 371–390. https://doi.org/10.1177/1059601109360389
18. Norman, G. (2010). Likert scales, levels of measurement and the "laws" of statistics. *Advances in Health*

ISSN 2345-068

Sciences Education, *15*(5), 625–632. https://doi.org/10.1007/s10459-010-9222-y

19. O'Reilly, C. A., Chatman, J., & Caldwell, D. F. (1991). People and Organizational Culture: a Profile Comparison Approach To Assessing Person-Organization Fit. *Academy of Management Journal*, *34*(3), 487–516. https://doi.org/10.5465/256404
20. Položki Vokić, N., Tkalac Verčič, A., & Sinčić Ćorić, D. (2023). Strategic internal communication for effective internal employer branding. *Baltic Journal of Management*, *18*(1), 19–33. https://doi.org/10.1108/BJM-02-2022-0070
21. Santos, S., Augusto, L., Ferreira, S., Espírito Santo, P., & Vasconcelos, M. (2023). Recommendations for Internal Communication to Strengthen the Employer Brand: A Systematic Literature Review. *Administrative Sciences*, *13*(10). https://doi.org/10.3390/admsci13100223
22. Schein, E. H. (2010). *Organizational Culture and Leadership*.
23. Stojanović, E. T., Vlahović, M., Nikolić, M., Mitić, S., & Jovanović, Z. (2020). The relationship between organizational culture and public relations in business organizations. *Journal of Business Economics and Management*, *21*(6), 1628–1645. https://doi.org/10.3846/jbem.2020.13377
24. Straker, K., & Wrigley, C. (2016). Designing an emotional strategy: Strengthening digital channel engagements. *Business Horizons*, *59*(3), 339–346. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2016.01.010
25. Tkalac Verčič, A., & Špoljarić, A. (2020). Managing internal communication: How the choice of channels affects internal communication satisfaction. *Public Relations Review*, *46*(3). https://doi.org/10.1016/j.pubrev.2020.101926
26. Tkalac Verčič, A., Verčič, D., & Sriramesh, K. (2012). Internal Communication: Definition, Parameters, and the Future. *Public Relations Review*, *38*(2), 223–230. https://doi.org/10.1016/j.pubrev.2011.12.019
27. Utomo, T., Handoyo, S., & Fajrianthi. (2024). Adaptation of the organizational culture profile scale into Indonesian: a psychometric study. *BIO Web of Conferences*, *146*, 1–5. https://doi.org/10.1051/bioconf/202414601093
28. Yue, C. A., Men, L. R., & Ferguson, M. A. (2021). Examining the Effects of Internal Communication and Emotional Culture on Employees' Organizational Identification. *International Journal of Business Communication*, *58*(2), 169–195. https://doi.org/10.1177/2329488420914066

ISSN 2345-068

FLAVONOIDŲ POVEIKIS SENSTANČIAI ODAI
THE EFFECT OF FLAVONOIDS ON AGEING SKIN

Vitalija Gerikienė
Klaipėdos valstybinės kolegija, Lietuva

Annotation

Skin aging is a complex biological process influenced by intrinsic and extrinsic factors, including oxidative stress, inflammation, and ultraviolet radiation. Flavonoids, a diverse class of polyphenolic compounds found in plants, exhibit antioxidant, anti-inflammatory, and photoprotective properties that may counteract these aging mechanisms. *Objective:* this review aims to evaluate current scientific evidence on the role of flavonoids in skin aging. *Methods:* a systematic analysis of recent peer-reviewed studies published in PubMed, Scopus, and Web of Science databases was conducted. The inclusion criteria focused on experimental, clinical, and review studies investigating the effects of flavonoids. *Results:* evidence indicates that flavonoids enhance dermal fibroblast activity, upregulate collagen and reduce matrix metalloproteinase expression, thereby preserving dermal structure and elasticity. Moreover, their ability to neutralize reactive oxygen species and modulate inflammatory pathways contributes to improved skin barrier function and reduced wrinkle formation. *Conclusions:* flavonoids represent promising bioactive agents for the prevention and management of skin aging. Their multifunctional biological activity supports their inclusion cosmeceuticals aimed at maintaining skin health and delaying age-related degeneration. Further clinical trials are needed to optimize dosage, bioavailability, and formulation strategies for effective skin-targeted delivery.

Key words: flavonoids, flavonols, flavons, flavanons, izoflavons, skin ageing.

Anotacija

Odos senėjimas – tai sudėtingas biologinis procesas, kurį lemia vidiniai ir išoriniai veiksniai, tokie kaip oksidacinis stresas, uždegimas ir ultravioletinė spinduliuotė. Flavonoidai – tai įvairi polifenolinių junginių grupė, randama augaluose, pasižyminti antioksidacinėmis, priešuždegiminėmis ir fotoprotekcinėmis savybėmis, kurios gali padėti slopinti odos senėjimo mechanizmus. *Tikslas:* atskleisti naujausius mokslinius duomenis apie flavonoidų poveikį su odos senėjimu susijusiems odos pokyčiams. *Metodai:* buvo atlikta sisteminė naujausių mokslinių publikacijų analizė, pasitelkiant PubMed, Scopus ir Web of Science duomenų bazes. Į analizę įtraukti eksperimentiniai, klinikiniai ir apžvalginiai tyrimai, kuriuose nagrinėjamas flavonoidų įvairių grupių poveikis odos senėjimo parametrams. *Rezultatai:* tyrimų duomenys rodo, kad flavonoidai skatina dermos fibroblastų aktyvumą, aktyvina kolageno gamybą bei slopina metaloproteinazių raišką, taip išsaugodami odos struktūrą ir elastingumą. Be to, jų gebėjimas neutralizuoti reaktyviąsias deguonies rūšis ir reguliuoti uždegiminius procesus prisideda prie pagerėjusios odos barjero funkcijos ir lėtesnio raukšlių formavimosi. *Išvados:* flavonoidai yra perspektyvūs biologiškai aktyvūs junginiai, galintys padėti išvengti ir valdyti odos senėjimo procesus. Dėl plataus jų biologinio poveikio spektro flavonoidai gali būti efektyviai taikomi kosmetikos priemonėse, siekiant palaikyti odos sveikatą ir lėtinti su amžiumi susijusią odos degeneraciją.
Raktažodžiai: flavonoidai, flavonoliai, flavonai, flavanonai, izoflavonai, odos senėjimas.

ĮVADAS

Tyrimo aktualumas ir problema. Odos senėjimas yra progresuojantis, daugiafaktorinis biologinis procesas, veikiamas vidinių (chronologinių) ir išorinių (aplinkos) veiksnių, lemiančių struktūrinius, funkcinius ir estetinius odos pokyčius. Senėjimo požymiai iš visų organų labiausiai pastebimi odoje (Liang, Su, Wang, 2023), nes oda yra pirminis organizmo barjeras, apsaugantis nuo išorinių veiksnių, ultravioletinių spindulių, cheminių medžiagų, mechaninių ar kitokių sužalojimų, padeda palaikyti kūno temperatūrą, saugo nuo vandens netekimo organizme, gamina vitaminą D, saugo nuo infekcijų, teikia jutiminę informaciją (Bernatchez, Bichel, 2023).

Visuomenės ilgėjantis ilgaamžiškumas yra susijęs su gyventojų sergamumo didėjimu, todėl sveikatos išsaugojimas yra vienas iš pagrindinių biomedicinos mokslo tikslų. Natūralūs antioksidantai vis dažniau naudojami kaip sveiki ingredientai mitybos, kosmetikos ir farmacijos pramonėje (Devi, Dwibedi, Khan, 2021). Naujausi moksliniai tyrimai pabrėžia svarbų natūralių antioksidantų vaidmenį lėtinant odos senėjimą. Šie junginiai mažina oksidacinį stresą, kuris yra vienas iš pagrindinių odos senėjimo veiksnių, taip išsaugodami odos sveikatą ir išvaizdą. Natūralūs antioksidantai, tokie kaip polifenoliai, vitaminai, karotenoidai ir riebalų rūgštys, resveratrolis, likopenas ir pan. atlieka gyvybiškai svarbų vaidmenį saugant odos ląsteles, detoksikuojant

ISSN 2345-068

oksidacinę žalą, taip mažinant smulkias raukšleles ir didinant odos elastingumą (Tomas, Günal-Köroğlu, Kamiloglu, Ozdal, Capanoglu, 2025). Natūralūs antioksidantai gali būti naudojami vietiniu (Campa, Baron, 2018) ir sisteminiu būdais (Devi, Dwibedi, Khan, 2021).

Naujausi tyrimai atskleidžia augalinių polifenolių potencialą švelninti fotosenėjimo poveikį, slopinant uždegimą, apsaugant nuo UV spindulių sukeltos žalos (Farhan, 2024). Viena didžiausių polifenolių grupė yra flavonoidai, dėl kurių molekulių struktūrinės įvairovės susidaro daugybė junginių: flavanoliai, flavonoliai, izoflavonai, flavonai, flavanonaantocianidai, flavanonoliai antocianinai (Singla, Dubey, Garg et al., 2019; Kim, Park, Kim, 2017). Flavonoidai, kurie visame pasaulyje plačiai vartojami vaisiuose ir daržovėse, tampa potencialiomis terapinėmis senėjimą lėtinančiomis priemonėmis. Tai naringeninas, hesperetinas, hesperidinas, kvercetinas, fisetinas, kempferolis, rutinas, apigeninas, liuteolinas, nobiletinas, tangeretinas, genisteinas, vogoninas. Neabejotina, kad flavonoidai yra gausiausi polifenoliai žmogaus mityboje ir sudaro apie 2/3 visų suvartojamų polifenolių (Mbara, Devnarain, Owira, 2022).

Odos senėjimui būdingas sumažėjęs odos storis, elastingumą praradusi, su išryškėjusiomis raukšlėmis, oda. Dėl vidinių ar išorinių veiksnių per didelis reaktyviųjų deguonies formų (ROS) kaupimasis sukelia daugybę senėjimo požymių, įskaitant disbalansinę tarpląstelinės matricos homeostazę, senstančių fibroblastų kaupimąsi, ląstelių disfunkciją ir lėtinį uždegimą (Zhang, Yu, Man, Hu, 2024). Flavonoidai — natūralūs augalinės kilmės polifenoliniai junginiai — vis plačiau tiriami kaip galimi moduliai šiems senėjimo mechanizmams slopinti (Domaszewska-Szostek, Puzianowska-Kuźnicka, Kuryłowicz, 2021).

Tyrimo tikslas. Atskleisti naujausius mokslinius duomenis apie flavonoidų poveikį su odos senėjimu susijusiems odos pokyčiams.

Tyrimo klausimai: Koks flavonolių (kvercetino, fisetino, kaempferolio), flavonų (apigenino, chrizino, luteolino), flavanonų (naringenino, hesperidino, hesperitino), izoflavono genisteino poveikis senstančiai odai?

Tyrimo metodologija. Siekiant atskleisti skirtingų flavonoidų grupių poveikį senstančiai odai, atlikta sisteminė literatūros apžvalga pagal PRISMA gaires, kurios pagrįstos išsamia duomenų peržiūra ir sinteze, sutelkiant dėmesį į temą ir suformuluotus tyrimo klausimus.

Tyrimo originalumas/tyrimo vertė. Atlikta sisteminė literatūros apžvalga apie skirtingų flavonoidų grupių poveikį senstančiai odai suteikia sistemingą mokslinių įrodymų sintezę, kuri leidžia identifikuoti flavonoidų grupes, turinčias didžiausią potencialą odos senėjimo prevencijai ir terapiniam efektui. Todėl jų analizavimas ir įtraukimas į kosmetikos priemones, maisto papildus ir grožio paslaugų taikymą, naudojimą, vartojimą laikytinas tiek moksliniu, tiek praktiniu poreikiu.

TYRIMO METODOLOGIJA

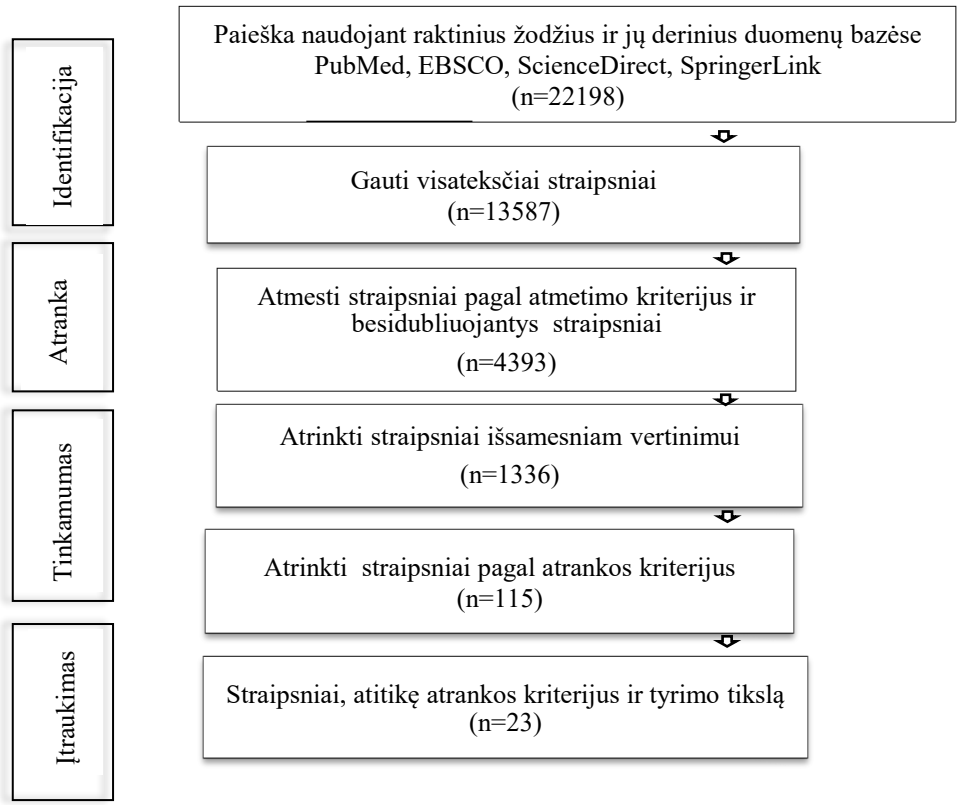
Sisteminė literatūros apžvalga buvo atlikta vadovaujantis PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) gairėmis, kurios užtikrina skaidrų, sistemingą ir pakartojamą mokslinių publikacijų atrankos bei analizės procesą (Page et al., 2021). Tyrimo metodologija buvo suplanuota, apibrėžiant tyrimo tikslą, tyrimo klausimus, paieškos strategiją, įtraukimo ir atmetimo kriterijus bei duomenų sintezės metodus.

Mokslinių publikacijų paieškos strategija. Mokslinių publikacijų paieška buvo vykdoma tarptautinėse mokslinėse duomenų bazėse: PubMed, EBSCO, ScienceDirect ir SpringerLink, kurios plačiai naudojamos biomedicinos ir dermatologijos tyrimuose (Liberati et al., 2009). Paieška apėmė 2020–2025 metų laikotarpį, siekiant įtraukti naujausius mokslinius įrodymus apie flavonoidų poveikį senstančiai odai. Paieškos metu buvo naudojami raktiniai žodžiai ir jų deriniai: aging skin, skin aging, polyphenols, flavonoids, flavonols, flavones, flavanones, isoflavones, biological effects, kurie atitinka terminiją, dažniausiai vartojamą šios srities mokslinėje literatūroje (Pérez-Vizcaíno & Fraga, 2018; Chen et al., 2022). Buvo suformuluoti įtraukimo ir atmetimo į sisteminę literatūros apžvalgą kriterijai. Į apžvalgą buvo įtraukti tyrimai, atitinkantys šiuos kriterijus: publikacijos paskelbtos 2020–2025 m.; tyrimuose analizuojamas flavonoidų, flavonolių, flavonų, flavanonų,

ISSN 2345-068

izoflavonų poveikis senstančiai odai; tyrimai atlikti klinikiniuose modeliuose; publikacijos anglų kalba recenzuotuose moksliniuose žurnaluose. Atmetimo kriterijai apėmė apžvalginius straipsnius, redakcinius komentarus, konferencijų santraukas bei publikacijas, kuriose flavonoidų poveikis odos senėjimo procesams nebuvo tiesiogiai vertinamas (Page et al., 2021).

Publikacijų atrankos procesas. Publikacijų atranka buvo vykdoma etapais pagal PRISMA modelį: identifikavimo, atrankos, tinkamumo ir įtraukimo etapus (Page et al., 2021). Pirmiausia buvo pašalinti dublikatai, vėliau vertinti straipsnių pavadinimai ir santraukos, o galutiniame etape – pilni tekstai, siekiant užtikrinti atitiktį tyrimo tikslui (1 pav.).



1 pav. Mokslinių publikacijų paieška ir atranka
Šaltinis: sudaryta autorės

Duomenų sintezė. Atrinktos į sisteminę literatūros apžvalgą publikacijos buvo nuosekliai analizuojamos apie flavonoidų grupes, biologinius jų poveikio mechanizmus, poveikį oksidaciniam stresui, uždegimui, kolageno metabolizmui ir ląstelių senėjimui (Kammeyer & Luiten, 2015; Lee et al., 2022). Duomenų sintezei buvo taikyta aprašomoji ir lyginamoji analizė, leidžianti identifikuoti flavonoidų grupių biologinius poveikius senstančiai odai.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Viena iš flavonoidų grupių yra flavonoliai, pasižymintys stipriomis antioksidacinėmis, priešuždegiminėmis ir fotoapsauginėmis savybėmis, nes apsaugo fibroblastus ir keratinocitus nuo oksidacinio DNR pažeidimo, lėtina fotosenėjimą ir kolageno skaidymą (Suvedi et al., 2023).

Flavonolis kvercetinas, turintis teigiamą poveikį įvairių ligų, tokių kaip diabetas, onkologinės ligos ir uždegiminiai sutrikimai. Tačiau mažai žinoma apie jo odos senėjimą stabdantį poveikį dėl apsaugos nuo UV spindulių (Shin, Lee, Hong, Lim, Byun, 2019). 1 lentelėje galima matyti, kad kvercetinas skatina kolageno gamybą, turi antioksidacinių, priešuždegiminių sąvybių, slopina tirozinazės, kancerogenų, melanino genezę. Taip pat reikia pabrėžti, kad kvercetinas skatina žaizdų gijimą, DNR pažeidimo, melanomos ląstelių gyvybingumo, kas leidžia pagrįsti kvercetino naudą

ISSN 2345-068

odos problemų atvejais. Tai rodo kvercetino, kaip daugialypės odos priežiūros ir gydymo potencialą (Okselni, Septama, Juliadmi et al., 2024; Ronsisvalle et al., 2020). Kvercetinas dažnai lyginamas su ciberžole dėl panašaus slopinamojo poveikio aktyvaus deguonies junginiams, uždegiminiams procesams, kontroliuojant, kaip ląstelėse ekspresuojami su antioksidantais susiję genai, siekiant sumažinti oksidacinį stresą. Kvercetinas slopina vėžinių ląstelių dauginimąsi, blokuoja fermentų, ląstelių ciklą, užkerta kelią mitoziniams procesams (Vollmannová, Bojňanská, Musilova, Lidiková, Cifrová, 2024). Taip pat kvercetinas turi klinikinį potencialą, veikiant humoralinį ir ląstelinį imunitetą, todėl kvercetinas gali būti naudojamas farmacijoje, maisto ir kosmetikos pramonėje. Mokslininkai ir maisto gamintojai kuria maisto produktus, kurių funkcionalumą užtikrina kvercetinas arba jo dariniai (Vollmannová, Bojňanská, Musilova, Lidiková, Cifrová, 2024). Tyrimai patvirtina galimą įvairių jo kvercetino formų (pvz., ekstraktai, emulsijos, vandeniniai ekstraktai, hidrogeliai, pleistrai, maisto papildai, kt.) panaudojimą odos terapijoje, netgi praplečia jo pritaikymą medicinoje. Natūralių kvercetino šaltinių panaudojimas gydant odos ligas, ypač mažinančius oksidacijos procesus, senėjimą, melanogenezę, randus, greitinant žaizdų gijimą ir apsaugant nuo UV spindulių, vis populiarėja (Zaborowski, Długosz, Błażej, Błaszak, Szulc, Leis, 2024). Kvercetinas pasižymi stipriu antioksidaciniu aktyvumu, neutralizuoja reaktyviąsias deguonies rūšis (ROS), kurios prisideda prie oksidacinio streso – pagrindinio odos senėjimo veiksnio, padeda išsaugoti odos struktūrą ir funkciją (1 lentelė).

Takaya, Asou, Kishi (2024) tyrė fisetino, natūralaus flavonolio, kaip odą atjauninančios medžiagos, potencialą dėl savo gebėjimo pašalinti senstančias dermos ląsteles. Buvo pabrėžtos senolitinės fisetino savybes, kurios selektyviai sukelia senstančių fibroblastų apoptozę, taip skatindamos audinių regeneraciją ir pagerindamos odos struktūrą bei funkciją. Fisetinas mažina lėtinį uždegimą ir oksidacinį stresą ir gali būti perspektyvi terapinė medžiaga odos senėjimo intervencijoms, pagerinanti elastingumą, hidrataciją ir bendrą odos būklę (1 lentelė). Park su bendraautoriais (2021), Wichayapreechar su bendrautoriais (2024), Kim su bendraautoriais (2022) išskiria flavonolio kaemferolio antioksidacines, priešuždegimines, kolageno gamybą skatinančias, odos audinių ir tarpląstelininės matricos histologinę būklę gerinančias savybes (1 lentelė).

1 lentelė. Flavonolių poveikis senėjančiai odai

Autoriai (metai)	Poveikis
Kvercetinas	
Okselni et al., 2024	• Pasižymi galingomis antioksidacinėmis savybėmis, apsaugodamas odos ląsteles nuo oksidacinio streso. • Turi priešuždegiminį poveikį, nes reikšmingai slopino citokinus, susijusius su lėtiniu atopinio dermatito uždegimu. • Palaiko žaizdų gijimą, nes žymiai sumažino uždegimines ir padidino fibroblastų pasiskirstymą, epitelizaciją, kolageno gamybą. • Slopina tirozinazės aktyvumą, todėl mažina melanino kiekį. • Slopina kancerogeninių ląstelių susidarymą.
Vollmannová et al., 2024	• Pasižymi antidiabetiniu, antibakteriniu, priešuždegiminiu ir antioksidaciniu poveikiu, galinčiomis užkirsti kelią širdies ir kraujagyslių ligoms, vėžiui ar Alzheimerio ligai.
Zaborowski et al., 2024	• Turi priešuždegiminį poveikį ir skatina žaizdų gijimą • Turi antialerginį, antibakterinį ir antivirusinį poveikį. • Turi fotoprotekcinį poveikį. • Mažina melanogenezę. • Turi oksidacijos odoje prevencijos sąvybių. • Gali būti naudojamas dermatologijoje ir dietologijoje.
Fisetinas	
Takaya et al., 2024	• Senolitinės savybės, kurios selektyviai sukelia senstančių fibroblastų apoptozę, taip skatindamos audinių regeneraciją ir pagerindamos odos struktūrą bei funkciją. • Mažina lėtinį uždegimą ir oksidacinį stresą. • Gerina odos elastingumą, hidrataciją ir bendrą odos būklę. • Gali būti perspektyvi terapinė medžiaga odos senėjimo intervencijoms.

ISSN 2345-068

Domaszewska-Szostek et al., 2021	• Stiprias senolitinės ir senostatines savybes. • Slopina uždegiminę, oksidacinę žalą keratinocituose. • Gali sumažinti UVB spindulių sukeltą žalą slopindamas ROS susidarymą. • Mažina kolageno degradaciją ir uždegiminę reakciją odos fibroblastuose.
Jang et al., 2023	• Pasižymi citoprotekciniu poveikiu nuo UVA spinduliuotės. • Mažina uždegimą skatinančių citokinų kiekį, reaktyviųjų deguonies formų gamybą. • Slopina UVA spindulių sukeltus pažeidimus.
Kaempferolis	
Park et al., 2021	• Pasižymi stipriomis antioksidacinėmis savybėmis. • Neutralizuoja reaktyviąsias deguonies rūšis (ROS), sukeliančias oksidacinį stresą – pagrindinį odos senėjimo veiksnį. • Mažindamas oksidacinę žalą, padeda išlaikyti odos vientisumą ir išvaizdą.
Wichayapreechar et al., 2024	• Sumažina uždegiminius odos ląstelių atsakus, taip išsaugodamas odos struktūrą ir funkciją. • Etanolio pagrindu pagamintas *Kaempferia galanga* ekstraktas pasižymi geru antioksidaciniu, senėjimą stabdančiomis savybėmis ir yra laikomas saugiu kosmetikos gaminiams, skirtiems senėjimą stabdantiems produktams.
Kim et al., 2022	• Gerina odos audinių ir tarpląstelinės matricos histologinę išvaizdą. • Didina kolageno skaidulų, kurios yra esminis veiksnys, padedantis išvengti odos atrofijos ir išlaikyti pamatinės membranos konsistenciją.

Šaltinis: sudaryta autorės

Dažniausiai mokslinėje literatūroje analizuojami flavonai: apigeninas, chrizinas, liuteolinas, kurių antioksidacinis poveikis neabejotinas (2 lentelė). Rezultatai patvirtina flavonų: liuteolino, apigenino, chrizino hidroksilo grupių skaičiaus svarbą, nes padidėjus -OH grupių skaičiui, proporcingai padidėja laisvųjų radikalų pašalinimo gebėjimas prieš ROS (Ronsisvalle et al., 2020). Apigeninas, chrizinas, liuteolinas pasižymi antioksidacinėmis, priešuždegiminėmis savybėmis, dėl kurių yra tiriamas kaip potencialus odos apsaugos ir atjauninimo faktorius (Yoon, Kim, Cho, 2023). Šių flavonų panaudojimas kosmetikos pramonėje yra galimybė praturtinti kosmetiką odos senėjimą stabdančiomis savybėmis (2 lentelė).

2 lentelė. Flavonų poveikis senėjančiai odai

Autoriai (metai)	**Poveikis**
Apigeninas / Chrizinas	
Ronsisvalle et al., 2020	• Galimybė numatyti flavonų, kuriant naujus kosmetikos gaminius, skirtus odos senėjimo prevencijai ir (arba) gydymui, konkrečiai neutralizuojant mechanizmus, susijusius su oksidaciniais ir degeneraciniais procesais, dėl kurių pablogėja odos funkcija.
Liu et al., 2023	• Pasižymi geru antifotosenėjimo poveikiu. • Gali tapti veiksminga odos priežiūros priemone arba medikamentu nuo UV spindulių pažeidimų ir odos fotosenėjimo prevencijos.
Yoon et al., 2023	• Skatina kolageno sintezę (derminis poveikis). Šis mechanizmas tiesiogiai koreliuoja su potencialiu raukšlių mažinimu bei odos struktūrinio senėjimo sulėtinimu. • Mažina oksidacinį stresą, taip mažindamas kolageno ir kitų derminių matricų komponentų skaidymą. • Pagerina epiderminį barjerą ir skatina epidermio diferenciaciją. • Priešuždegiminis ir antioksidacinis poveikis. • Mažina lėtinių uždegiminių procesų, susijusių su senėjimu, laipsnį.
Liuteolinas	
Yan, et al., 2025	• Turi poveikį į UVA spinduliuotės sukelto odos fotosenėjimo problemą. • Turi antioksidacinį ir anti-fotosenėjimo potencialą.
Mu et al., 2021	• Slopina UVB sukeltą ląstelių gyvybingumo sumažėjimą. • Sumažina oksidacinio streso lygį. • Sumažina matricos metaloproteinazių aktyvaciją. • Padidina kolageno ekspresiją. • Dalyvauja apsaugant odos ląsteles nuo UVB spinduliuotės sukelto senėjimo.
Gendrisch et al., 2021	• Sumažina neigiamą fotobiologinį poveikį odai.

ISSN 2345-068

	• Slopina priešuždegiminius mediatorius, tokiu būdu liuteolinas moduliuoja daugelį uždegiminių odos procesų.

Šaltinis: sudaryta autorės

Siekiant atskleisti flavanonų: hesperidino, hesperitino, naringenino poveikį senėjančiai odai, išsiaiškinta, kad šie flavanonai pagrįstai (3 lentelė) slopina uždegiminius procesus, ROS ekspresiją ir gali būti naudojami kaip veiksminga kosmetikos sudedamoji dalis, apsauganti nuo senėjimo sukelto odos elastingumo sumažėjimo ir raukšlių formavimosi, varginančių odos ligų ir priešlaikinio odos senėjimo, kurį sukelia kenksmingi aplinkos veiksniai (Österlund et al., 2023). Hisperidinas turi polifenolinę struktūrą, todėl gali prasiskverbti pro epidermio raginį sluoksnį ir pašalinti aktyviąsias deguonies grupes. Hesperidino teigiamo poveikio odos funkcijai mechanizmai gali būti siejami su jo antioksidacinėmis savybėmis, UV spindulių sukeltų signalizacijos kelių slopinimu, epidermio proliferacijos ir diferenciacijos stimuliavimu bei uždegiminių procesų moduliavimu. Įrodyta, kad hesperidinas ir susijusios molekulės gali turėti teigiamą poveikį odos sveikatai dėl savo antioksidacinių, citoprotekcinių ir priešuždegiminių savybių (3 lentelė). Hesperidino geriamąjį terapinį vartojimą riboja prastas tirpumas vandenyje, dėl kurio sumažėja biologinis efektyvumas, todėl vietinis naudojimas per odą suteikia hesperidino, hesperitino tikslinį poveikio pranašumą (Bellavite, Imbriano, 2025). Atsižvelgiant į apsauginį naringenino poveikį tiek nuo UVB spinduliuotės, tiek nuo taršos sukeltų odos pažeidimų, jis gali būti naudojamas odos priežiūros produktų kūrime (Österlund et al., 2023).

3 lentelė. Flavanonų poveikis senėjančiai odai

Autoriai (metai)	**Poveikis**
	Hesperidinas / Hesperitinas
Novotná et al., 2023	• Turi antisenėjimo potencialą, nes slopina elastazės ir hialuronidazės aktyvumą. • Mažina priešuždegiminių interleukinų ir matricos metaloproteinazių kiekį. • Gali būti naudojami kosmetikos ir dermatologijos preparatuose.
Rodrigues, Pintado, 2024	• Turi antioksidacinį aktyvumą, veikia kaip ROS, laisvųjų radikalų, naikintojas. • Hesperidino derinys su vietiniu klobetazoliu gali būti naudingas atkuriant odos barjerines funkcijas.
Bellavite, Imbriano, 2025	• Turi antioksidacinių, citoprotekcinių, priešuždegiminių savybių. • Apsaugo keratinocitus nuo UV spinduliuotės sukeltų odos pažeidimų. • Yra veiksmingi grįžtamieji mišraus tipo tirozinazės inhibitoriai.
	Naringeninas
Österlund et al., 2023	• Turi fotoapsauginių savybių žmogaus odos ląstelėse. • Apsaugo nuo aplinkos taršos sukeltų odos pažeidimų. • Sumažina pigmentaciją. • Neutralizuoja pagrindinius išorinio senėjimo požymius, kuriuos sukelia UVB ir tarša. • Turi fiziologinių antioksidacinių ir aktyvių deguonį sugeriančių savybių.
Choy et al., 2024	• Turi veiksmingą priešuždegiminį poveikį. • Turi antioksidacinį poveikį, slopina citokinus ir ROS generuojančias medžiagas. • Gali būti naudojamas kaip odos senėjimą stabdantis ingredientas ir odos ligoms gydyti.
Li, Tian, Guo, Wu, 2022	• Slopina tirozinazės gamybą. • Turi antioksidacinių, citoprotekcinių, priešuždegiminių savybių.

Šaltinis: sudaryta autorės

Iš izoflavonų labiausiai ištirtas yra genisteinas. Tang, Hsiao ir Ko (2022) atliko išsamų genisteino, iš sojos gauto izoflavono, tyrimą, pabrėždami jo potencialą kovoti su UVB sukeltu fotosenėjimu. Genisteinas pašalina ROS ir reguliuoja endogenines antioksidacines sistemas, apsaugo nuo lipidų peroksidacijos ir DNR fragmentacijos, taip sumažindamas keratinocitų ir odos fibroblastų oksidacinį pažeidimą, išlaiko mitochondrijų funkciją ir sumažina oksidacinio streso sukeltą apoptozę, prisideda prie ląstelių gyvybingumo ir audinių homeostazės odoje. Tai gali užkirsti kelią odos senėjimui (4 lentelė). Menopauzės metu, mažėjant estrogenų kiekiui sumažėja kolageno, elastino gamyba (ypač jei oda yra veikiama UV spindulių), todėl atsiranda elastozė, vystosi

ISSN 2345-068

hiperpigmentacija. Visi šie pokyčiai lemia greitesnį odos senėjimą (4 lentelė). Per pastaruosius dešimtmečius genisteinas buvo naudojamas kaip alternatyvus menopauzės simptomų gydymo būdas (Irrera et al., 2017). Klinikinis tyrimas, ištyrė mitybos preparato, kurio sudėtyje buvo genisteino, vitamino E, vitamino B3 (niacinamido) ir keramidų, veiksmingumą gerinant moterų po menopauzės odos būklę. Kasdieninis genisteino preparato vartojimas žymiai pagerino odos hidraciją, elastingumą ir sumažino raukšles. Šis poveikis buvo siejamas su genisteino, kaip fitoestrogeno, sinerginiu poveikiu, kuris skatina kolageno sintezę ir turi antioksidacinį poveikį, o vitaminas E šalina laisvuosius radikalus, vitaminas B3 stiprina epidermio barjerinę funkciją, o keramidai stiprina odos drėgmę ir lipidų sudėtį (Na Takuathung et al., 2023). Taip pat pažymėtina, kad genisteinas turi antioksidacinį, priešuždegiminį, tirozinazę ir melanogenezę slopinantį poveikį (4 lentelė).

4 lentelė. Izoflavonų poveikis senėjančiai odai

Autoriai (metai)	**Poveikis**
	Genisteinas
Tang et al., 2022	• Mažina UVB sukeltas odos raukšles. • Slopina UVB sukeltų priešuždegiminių citokinų kiekį odos ląstelėse. • Genistinu praturtinta mityba teigiamai koreliuoja su geresniu odos elastingumu, mažesne pigmentacija, odos pH balansu.
Na Takuathung et al., 2023	• Palaiko odos hidraciją, elastingumą. • Mažina raukšles. • Turi antioksidacinį poveikį.
Vu et al., 2021	• Genisteino įtraukimas į mikroemulsiją, pagerino jo absorbciją odoje. • Turi antioksidacinį poveikį. • Turi priešuždegiminį ir tirozinazę slopinantį poveikį. • Veiksmingai slopina melanogenezę.

Šaltinis: sudaryta autorės

Taigi, daugelio mokslinių publikacijų informacija atskleidžia, kad flavonoidai, kaip augalinės kilmės polifenoliniai junginiai, veikia keliais tarpusavyje susijusiais mechanizmais – antioksidaciniu, kolageno sintezę stimuliuojančiu, fotoprotekciniu, priešuždegiminiu. Lėtiniai uždegiminiai ir senėjimo procesai odoje neatsiejami, nes senėjimo genezę aktyvina lėtinės uždegiminės reakcijos odoje. Aktyvi citokinų, laisvųjų radikalų ir kitų žalingų medžiagų, pažeidžiančių ląstelių struktūras ir sutrikdančių normalią kolageno bei elastino sintezę bei funkciją, gamyba mažina natūralią odos barjerinę funkciją, sukeldama drėgmės praradimą ir struktūrinius odos ląstelių pokyčius, o tai dar labiau pagreitina odos senėjimo procesą (Suvedi et al., 2025). Flavonoidai laikytini perspektyviais bioaktyviais junginiais senėjančios odos prevencijai ir regeneracijai. Flavonoidų efektyvumui pagerinti pasitelkiamos pažangios formos technologijos – liposomos, nanoemulsijos, niosomos, kurios užtikrina geresnį veikliosios medžiagos prasiskverbimą į dermą (Chen et al., 2022). Technologinė plėtra, ypač nanotechnologijų ir dirbtinio intelekto srityse, greičiausiai leis sukurti veiksmingesnius ir specifiškesnius odos priežiūros produktus, panaudojant flavonoidų teigiamas savybes odos senėjimo prevencijai ir terapiniam efektui (Suvedi et al., 2025).

IŠVADOS

1. Sisteminės literatūros apžvalga atskleidė, kad skirtingos flavonoidų grupės – flavonoliai, flavonai, flavanonai ir izoflavonai – pasižymi daugialypiu biologiniu poveikiu senėjančiai odai, veikdamos per antioksidacinius, priešuždegiminius, fotoprotekcinius ir ekstraląstelinės matricos remodeliavimą skatinančius mechanizmus. Šių junginių poveikis siejamas su oksidacinio streso mažinimu, lėtinio uždegimo slopinimu, kolageno degradacijos mažėjimu ir odos struktūrinio vientisumo palaikymu. Šie duomenys pagrindžia flavonoidų integravimą į kosmetikos priemones, maisto papildus ir kompleksines odos senėjimo valdymo strategijas.
2. Flavonoliai, tokie kaip kvercetinas, fisetinas ir kaempferolis, reikšmingai mažina reaktyviųjų deguonies formų susidarymą, slopina fibroblastų senėjimą, mažina tirozinazės aktyvumą ir apsaugo

ISSN 2345-068

nuo UV spinduliuotės sukeltos kolageno degradacijos, taip prisidėdami prie raukšlių formavimosi ir pigmentacijos procesų sulėtinimo.

3. Flavonai, apigeninas, chrizinas ir luteolinas, pasižymi stipriu priešuždegiminiu poveikiu, slopindami prouždegiminių citokinų ekspresiją ir moduliuodami uždegiminius signalinius kelius, o tai siejama su odos elastingumo gerėjimu ir uždegiminio senėjimo procesų mažinimu.
4. Flavanonai, tokie kaip naringeninas, hesperidinas, hesperitinas, skatina odos mikrocirkuliaciją, aktyvina kolageno sintezę ir slopina elastazės bei hialuronidazės aktyvumą, taip padėdami išsaugoti odos elastingumą, drėgmės balansą ir struktūrinį stabilumą senėjimo metu.
5. Izoflavonas genisteinas veikia kaip fitoestrogenai ir kompensuoja su menopauze susijusį estrogenų trūkumą odoje, skatindami kolageno sintezę, mažindami raukšlių gylį, slopindami melanogenezę ir prisidėdami prie odos storio bei elastingumo atkūrimo.

LITERATŪRA

1. Bellavite, P., Imbriano, A. (2025). Skin Photoaging and the Biological Mechanism of the Protective Effects of Hesperidin and Derived Molecules. *Antioxidants*, *14*(7), 788. https://doi.org/10.3390/antiox14070788
2. Bernatchez, S. F., Bichel, J. (2023). The Science of Skin: Measuring Damageand Assessing Risk. *Advances in Wound Care*, 12(4). https://doi.org/10.1089/wound.2022.0021
3. Campa, M., Baron, E. (2018). Anti-aging Effects of Select Botanicals: Scientific Evidence and Current Trends. *Cosmetics*, 5(3), 54. https://doi.org/10.3390/cosmetics5030054
4. Chen, L., Hu, J. Y., & Wang, S. Q. (2022). The role of polyphenols in skin aging: Molecular mechanisms and therapeutic potential. *International Journal of Molecular Sciences, 23*(3), 1456. https://doi.org/10.3390/ijms23031456
5. Choy, Y. J., Kim, G.-R., & Baik, H.-u. (2024). Inhibitory Effects of Naringenin on LPS-Induced Skin Inflammation by NF-κB Regulation in Human Dermal Fibroblasts. *Current Issues in Molecular Biology*, 46(9), 9245-9254. https://doi.org/10.3390/cimb46090546
6. Devi, A., Dwibedi, V., Khan, Z.A. (2021). Natural Antioxidants in New Age-Related Diseases. Rev. Bras. *Farmacogn*. 31, 387–407. https://doi.org/10.1007/s43450-021-00175-0
7. Domaszewska-Szostek, A., Puzianowska-Kuźnicka, M., & Kuryłowicz, A. (2021). Flavonoids in Skin Senescence Prevention and Treatment. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(13), 6814. https://doi.org/10.3390/ijms22136814
8. Gendrisch, F., Esser, P. R., Schempp, C. M., Wölfle, U. (2021). Luteolin as a modulator of skin aging and inflammation. *BioFactors*, 47(2), 170–180. https://doi.org/10.1002/biof.1699
9. Yan, Y., Huang, H., Su, T., Huang, W., Wu, X., Chen, X., Ye, S., Zhong, J., Li, C., Li, Y. (2025). Luteolin Mitigates Photoaging Caused by UVA-Induced Fibroblast Senescence by Modulating Oxidative Stress Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(5), 1809. https://doi.org/10.3390/ijms26051809
10. Yoon, J. H., Kim, M. Y., Cho, J. Y. (2023). Apigenin: A Therapeutic Agent for Treatment of Skin Inflammatory Diseases and Cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1498. https://doi.org/10.3390/ijms24021498
11. Irrera, N., Pizzino, G., D'Anna, R., Vaccaro, M., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Dietary Management of Skin Health: The Role of Genistein. *Nutrients*, *9*(6), 622. https://doi.org/10.3390/nu9060622
12. Jang, H. Y., Kim, G. B., Kim, J. M., Kang, S. Y., Youn, H. J., Park, J., Ro, S. Y., Chung, E. Y., Park, K. H., Kim, J. S. (2023). Fisetin Inhibits UVA-Induced Expression of MMP-1 and MMP-3 through the NOX/ROS/MAPK Pathway in Human Dermal Fibroblasts and Human Epidermal Keratinocytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(24), 17358. https://doi.org/10.3390/ijms242417358
13. Kammeyer, A., & Luiten, R. M. (2015). Oxidation events and skin aging. *Ageing Research Reviews, 21*, 16–29. https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.01.001
14. Kim, C. S., Park, S., Kim, J. (2017). The role of glycation in the pathogenesis of aging and its prevention through herbal products and physical exercise. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, *21*(3), 55–61. https://doi.org/10.20463/jenb.2017.0027
15. Kim, J., Kim, H. S., Choi, D. H., Choi, J., Cho, S. Y., Kim, S. H., Baek, H. S., Yoon, K. D., Son, S. W., Son, E. D., Hong, Y. D., Ko, J., Cho, S. Y., Park, W. S. (2022). Kaempferol tetrasaccharides restore skin atrophy via PDK1 inhibition in human skin cells and tissues: Bench and clinical studies. *Biomedicine & pharmacotherapy=Biomedecine & pharmacotherapie*, *156*, 113864. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113864
16. Lee, D. H., Oh, J. H., Chung, J. H. (2022). The role of flavonoids in skin aging. *Journal of Dermatological Science, 106*(1), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2022.01.004
17. Li, W., Tian, H., Guo, F., Wu, Y. (2022). Inhibition characteristics and mechanism of tyrosinase using five citrus flavonoids: A spectroscopic and molecular dynamics simulation study. *Journal of Food Biochemistry* 46(12). https://doi.org/10.1111/jfbc.14484

ISSN 2345-068

18. Liang, Y., Su, W., Wang, F. (2023). Skin Ageing: A Progressive, Multi-Factorial Condition Demanding an Integrated, Multilayer-Targeted Remedy. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, *16*, 1215–1229. https://doi.org/10.2147/CCID.S408765
19. Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., et al. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097
20. Liu, C., Guo, X., Chen, Y., Zhao, M., Shi, S., Luo, Z., Song, J., Zhang, Z., Yang, W., Liu, K. (2023). Anti-photoaging effect and mechanism of flexible liposomes co-loaded with apigenin and doxycycline. *Biomedicine&pharmacotherapy = Biomedecine&pharmacotherapie*, 164, 114998. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114998
21. Mbara, K. C., Devnarain, N., Owira, P.M.O. (2022). Potential Role of Polyphenolic Flavonoids as Senotherapeutic Agents in Degenerative Diseases and Geroprotection. *Pharm Med* 36, 331–352. https://doi.org/10.1007/s40290-022-00444-w
22. Mu, J., Ma, H., Chen, H., Zhang, X., Ye, M. (2021). Luteolin Prevents UVB-Induced Skin Photoaging Damage by Modulating SIRT3/ROS/MAPK Signaling: An in vitro and in vivo Studies. Front. Pharmacol, Sec. *Inflammation Pharmacology*. Volume 12–2021. https://doi.org/10.3389/fphar.2021.728261
23. Na Takuathung, M., Klinjan, P., Sakuludomkan, W., Dukaew, N., Inpan, R., Kongta, R., Chaiyana, W., Teekachunhatean, S., Koonrungsesomboon, N. (2023). Efficacy and Safety of the Genistein Nutraceutical Product Containing Vitamin E, Vitamin B3, and Ceramide on Skin Health in Postmenopausal Women: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Trial. *Journal of Clinical Medicine,* 12(4), 1326. https://doi.org/10.3390/jcm12041326
24. Novotná, R., Škařupová, D., Hanyk, J., Ulrichová, J., Křen, V., Bojarová, P., Brodsky, K., Vostálová, J., & Franková, J. (2023). Hesperidin, Hesperetin, Rutinose, and Rhamnose Act as Skin Anti-Aging Agents. *Molecules*, *28*(4), 1728. https://doi.org/10.3390/molecules28041728
25. Okselni, T., Septama, AW, Juliadmi, D. et al. (2024). Quercetin as a therapeutic agent for skin problems: a systematic review and meta-analysis on antioxidant effects, oxidative stress, inflammation, wound healing, hyperpigmentation, aging, and skin cancer. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol*. https://doi.org/10.1007/s00210-024-03722-3
26. Österlund, C., Hrapovic, N., Lafon-Kolb, V., Amini, N., Smiljanic, S., & Visdal-Johnsen, L. (2023). Protective Effects of Naringenin against UVB Irradiation and Air Pollution-Induced Skin Aging and Pigmentation. *Cosmetics*, 10(3), 88. https://doi.org/10.3390/cosmetics10030088
27. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71
28. Pérez-Vizcaíno, F., & Fraga, C. G. (2018). Research trends in flavonoids and health. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 646*, 107–112. https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.03.022
29. Park, S. J., Kim, D. W., Lim, S. R., Sung, J., Kim, T. H., Min, I. S., Choi, C.-H., & Lee, S.-J. (2021). Kaempferol Blocks the Skin Fibroblastic Interleukin 1? Expression and Cytotoxicity Induced by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate by Suppressing c-Jun N-terminal Kinase. *Nutrients,* 13(9), 3079. https://doi.org/10.3390/nu13093079
30. Rodrigues, C. V., Pintado, M. (2024). Hesperidin from Orange Peel as a Promising Skincare Bioactive: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3), 1890. https://doi.org/10.3390/ijms25031890
31. Ronsisvalle, S., Panarello, F., Longhitano, G., Siciliano, E. A., Montenegro, L., Panico, A. (2020). Natural Flavones and Flavonols: Relationships among Antioxidant Activity, Glycation, and Metalloproteinase Inhibition. *Cosmetics,* 7(3), 71. https://doi.org/10.3390/cosmetics7030071
32. Singla, R. K., Dubey, A. K., Garg, A., Sharma, R. K., Fiorino, M., Ameen, S. M., Haddad, M. A., Masnat Al-Hiary. (2019). Natural Polyphenols: Chemical Classification, Definition of Classes, Subcategories, and Structures. *Journal of AOAC International* 102, 1397–1400. https://doi.org/10.1093/jaoac/102.5.1397
33. Suvedi, D., Kumar, A., Kalia, S., Kumar, A., Koul, S., James, A., Kumar, D., Nagraik, R., & Gulilat, H. (2025). Aging and Herbal Interventions: Mechanistic Insights and Therapeutic Potential. *Journal of Cosmetic Dermatology*, *24*(7), e70335. https://doi.org/10.1111/jocd.70335
34. Takaya, K., Asou, T., Kishi, K. (2024). Fisetin a potential skin rejuvenation drug that eliminates senescent cells in the dermis. *Biogerontology* 25, 161–175. https://doi.org/10.1007/s10522-023-10064-9
35. Tang, SC., Hsiao, YP., Ko, JL. (2022). Genistein protects against ultraviolet B–induced wrinkling and photoinflammation in in vitro and in vivo models. *Genes Nutr* 17, 4. https://doi.org/10.1186/s12263-022-00706-x
36. Tomas, M., Günal-Köroğlu, D., Kamiloglu, S., Ozdal, T., Capanoglu, E. (2025). The state of the art in anti-aging: plant-based phytochemicals for skin care. *Immunity & Ageing* 22:5. https://doi.org/10.1186/s12979-025-00498-9
37. Vollmannová, A., Bojňanská, T., Musilová, J., Lidiková, J., Cifrová, M. (2024). Quercetin as one of the most abundant represented biological valuable plant components with remarkable chemoprotective effects. A review. *Heliyon*, *10*(12), e33342. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33342
38. Vu, Q. L., Fang, C. W., Suhail, M., Wu, P. C. (2021). Enhancement of the Topical Bioavailability and Skin Whitening Effect of Genistein by Using Microemulsions as Drug Delivery Carriers. *Pharmaceuticals*, 14(12), 1233. https://doi.org/10.3390/ph14121233

ISSN 2345-068

39. Wichayapreechar, P., Charoenjittichai, R., Prasansuklab, A., Vinardell, M. P., & Rungseevijitprapa, W. (2024). Exploring the In Vitro Antioxidant, Anti-Aging, and Cytotoxic Properties of *Kaempferia galanga* Linn. Rhizome Extracts for Cosmeceutical Formulations. *Cosmetics*, *11*(3), 97. https://doi.org/10.3390/cosmetics11030097
40. Zaborowski, M. K., Długosz, A., Błażej, Błaszak, B., Szulc, J., Leis, K. (2024). The Role of Quercetin as a Plant-Derived Bioactive Agent in Preventive Medicine and Treatment in Skin Disorders. *Molecules* 29(13), 3206; https://doi.org/10.3390/molecules29133206
41. Zhang, J., Yu, H., Man, M. Q., Hu, L. (2024). Aging in the dermis: Fibroblast senescence and its significance. *Aging cell*, *23*(2), e14054. https://doi.org/10.1111/acel.14054

ISSN 2345-068

THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL CONNECTIONS ON THE INNOVATIVENESS OF NETWORK ORGANIZATIONS: WESTERN LITHUANIA NETWORK IT ORGANIZATION SURVEY

Jurgita Kasnauskė
SMK College of Applied Sciences, Lithuania

Abstract

An analysis of scientific literature has revealed that maintaining organizational relationships in network organizations is essential for sustaining the innovativeness of modern network organizations. This helps to reduce operating costs in a networked organization, gain important practical experience and knowledge, share it productively among themselves, and purposefully implement, maintain, and develop innovations in line with the rapid automation and robotization processes in the market. However, there is insufficient research on the impact of organizational relationships on the innovation of network organizations. The results of the exploratory study revealed that organizational relationships (both external and internal) in network organizations are the main means of promoting and supporting innovation and have a significant impact on the creation, implementation and maintenance of innovations.

Keywords: *organizational ties, innovation, network organization.*

INTRODUCTION

In today's market, every networked organization is affected by constant competitive and technological changes, in which automation and robotization are fundamentally transforming the logic of value creation (Dongling et al., 2022; Han, Xie, 2023). For these reasons, based on network structures and purposefully developed organizational relationships, there is a growing need not only to meet the expectations and needs of market participants, but also to do so more quickly, flexibly, and innovatively than competitors (Ju, Wang, 2023; Klarin, Sharmelly, 2024).

The importance of research on network organizations is growing in the context of globalization and internationalization, as it is precisely these organizational structures that allow activities to be divided among different, interconnected network members, thereby increasing competitiveness, reducing operating costs, optimizing management, and expanding operations (Godlewska Banasik, Morawska, 2022; Han, Xie, 2023). As recent studies show, the characteristics of network organization structures and their internal and external organizational links are one of the most important elements of the modern innovation system, as it is through them that social capital, knowledge, and innovation are created and mobilized (Kryzhanivska, Albats, Blomqvist, Mention, 2024; Sozbilir, Kaya 2025).

A networked organization requires purposeful, targeted, and coordinated connections between all elements of this organizational structure: departments and teams, external partners, suppliers, customers, and other ecosystem participants. This requires a fundamental overhaul of the information and knowledge infrastructure to enable both internal networking and open interaction with external entities (Dongling et al., 2022). Furthermore, the importance of communication also determines that innovation should be implemented as a permanent logic of the networked organization's activities (Son, Ries, Subramanian, Kim, 2024).

The rapid expansion of networking and the networking of organizations encourages research into how different organizational relationships affect the creation, implementation, and development of innovations (Sozbilir, Kaya, 2025). This is particularly true in networked organizations where innovation is becoming a key competitive advantage. The innovative environment in modern networked organizations is increasingly perceived as a dynamic system of social and technological relationships in which knowledge sharing, trust, and common goals shape long-term innovation (Godlewska Banasik, Morawska, 2022; Kryzhanivska, Albats, Blomqvist, Mention, 2025). For these reasons, the active development of organizational connections, both internal and external, and ensuring the implementation and maintenance of innovation are becoming essential for functioning.

ISSN 2345-068

It is also emphasized that the innovative environment must not undermine the complexity and systematic nature of networked organizations - it must cover the most important aspects of their activities and not focus fragmentarily on technologies or individual initiatives (Sozbilir, Kaya 2025). It is therefore important that organizational relationships help the network organization to ensure the network's adaptation to the innovative environment.

Contemporary research examining network organizations, social capital, and knowledge sharing emphasizes that theoretical understanding of organizational relationships and innovation is developing much faster than practical implementation (Son, Ries, Subramanian, Kim, 2024; Sozbilir, Kaya 2025). Network structure, relationship quality, and social capital dimensions are consistently recognized as some of the most important determinants of innovation outcomes across different sectors (Ceesay, 2024). However, there is still a lack of empirical case studies that analyze in detail the communication systems of specific organizations and their impact on innovation. For this reason, there is a continuing need for consistent research that integrates the dimensions of internal and external organizational connections and their added value in an innovative environment, which justifies the relevance of the case study of the network organization „Intelektas" conducted in this article.

Research problem - there is a lack of research aimed at determining the impact of organizational ties on the innovativeness of network organizations.

Research object: the impact of organizational relationships on the innovativeness of the network organization "Intelektas".

The aim of the research: to determine the impact of organizational relationships on the innovativeness of the network organization "Intelektas" by conducting a case study.

The tasks of the research: to justify the relevance of research on the impact of organizational relationships on the innovativeness of network organizations; to determine the impact of organizational relationships on the innovativeness of network organizations.

The research methodology: analysis and synthesis of scientific literature; quantitative research – written survey. The data obtained during the research was processed using IBM SPSS Statistics 20.0 software. Frequency distributions and averages were used to calculate the descriptive statistics, while the chi-square (χ^2) compatibility criterion with the corresponding degrees of freedom (df) and p values was used to assess the significance of the relationships. Cronbach's alpha and Spearman-Brown coefficients were calculated to assess the reliability of the questionnaire.

The research was conducted in November 2025 in the western region of Lithuania.

THEORETICAL BASIS FOR RESEARCH INTO THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL RELATIONSHIPS ON THE INNOVATIVENESS OF NETWORK ORGANIZATIONS

Organizational connections in a networked organization act as the main infrastructure that makes it possible not only to maintain the innovativeness of the networked organization, but also to continuously improve it. Innovation is improved by transforming internal and external connections into combinations of knowledge, competencies, and resources that generate new ideas, technologies, and various solutions (Juniariani, Agustia, 2024). For a networked organization to remain competitive in a market where the amount and impact of automation and robotization processes on organizational activities is constantly growing, it is necessary to manage connections in a targeted manner (Dongling et al., 2022; Godlewska, Banasik, Morawska, 2022). Empirical research reveals that the structure of platform network ties, encompassing both strong and supportive ties, is directly related to the innovation performance of firms. Networked organizational ties act as an intermediary mechanism that allows organizations to flexibly combine and utilize different types of ties, thus creating the conditions for the creation and implementation of both radical and modifying innovations (Lee, Yeh, Yu,

ISSN 2345-068

Luo, 2023). Only purposeful management of internal and external connections can help to successfully combine social capital, knowledge sharing, and organizational capabilities into a systematic operating model under such conditions.

Organizational relationships and innovation. The innovation of a networked organization is largely based on its ability to operate in complex inter-organizational and internal networks, where it is not individual partners that are important, but a unified relationship structure and position of connections (Al-Omoush, Ribeiro-Navarette, Lassala, Skare, 2022; Klarin, Sharmelly, 2024). A systematic communication structure determines what knowledge is accessible, how quickly it spreads within the network organization, and to what extent it can be converted into innovative capabilities and real innovation results (Moon, Di Benedetto, Kim, 2022; Ju, Wang, 2023).

Organizational connections in a network organization act as a mechanism that helps to compensate for the limited individual resources of the network organization and to quickly draw on the competencies of network members and partners in creating and implementing innovations (Moon, Di Benedetto, Kim, 2022). The more successful a network organization is able to balance the intensity of its connections (strong ties) and its openness to new members and partners (weak ties), the more effectively even radical innovations are generated (Isada, 2022; Han, Xie, 2023; Zyzak, 2024). The position of organizational ties in the network determines different types of innovation: strong ties are more often associated with modifying innovations, while weak ties are associated with radical innovations (Murong, Chang, Hui, Yuan, Dong, 2024). This confirms that the innovativeness of a network organization is determined not only by the number of ties, but also by their configuration in the network.

Internal organizational connections and innovation. Internal connections in a networked organization form the basis for the dissemination of knowledge and information, which determines how quickly specific ideas in the organization are transformed into real innovative projects and solutions (Sozbilir, Kaya 2025). Social capital, i.e., trust, informal connections, norms of sharing, within a networked organization, creates the conditions for effective knowledge flows and team-based problem solving (Son, Ries, Subramian, Kim, 2024).

The internal communication structure in a networked organization has an impact on the development of innovation: the more teams and departments in a networked organization are interconnected and share not only formal but also informal, experiential information, the more likely it is that all this information will be properly received, integrated, and used to support and develop innovation (Al-Omoush et al., 2022; Sozbilir, Kaya 2025).

Social capital significantly strengthens knowledge management processes and encourages knowledge sharing and transfer among employees, which in turn improves organizational innovation (Yao-Ping Peng, 2024). This shows that in networked organizations, internal connections are not only a channel of communication, but also a knowledge management infrastructure that determines innovative capabilities.

External organizational connections and innovation. External organizational connections help networked organizations integrate into active innovation and even startup ecosystems, regional networks that create favorable opportunities for sharing knowledge and implementing new technologies, and finding broader access to new markets (Moon, Di Benedetto, Kim, 2022; Han, Xie, 2023; Zyzak, 2024). Inter-organizational knowledge sharing with partners, believers, customers, other organizations, and participants in the innovation ecosystem increases the diversity of knowledge and provides the resources needed to create and implement innovations (Han, Xie, 2023).

The characteristics of external connections - scope, strength, and centralization - determine how valuable and unique knowledge enters a networked organization and to what extent it is transformed into real innovations (Klarin, Sharmelly, 2024; Zyzak, 2024). Strong

ISSN 2345-068

external connections ensure trust, continuous knowledge exchange, and rapid resolution of complex problems (Xan, Xie, 2023), while weak connections enable the creation of new ideas and technological solutions (Ju, Wang, 2023).

The classification of internal and external connections and the authors who distinguish them are presented in Table 1. This helps to form the theoretical basis for the typology of connections in a network organization.

Table 1. Internal and external relationships in network organizations

INTERNAL RELATIONSHIPS	AUTHORS	EXTERNAL RELATIONSHIPS	AUTHORS
Knowledge sharing between departments and teams, interaction between internal communities	Al-Omoush, Ribeiro-Navarrete, Lassala, Skare, 2022	Inter-organizational knowledge sharing in the innovation network (partners, suppliers, customers)	Dongling, Yuming, Xinmin, Chen, XiaoYi, Chang, 2022
Organizational climate for innovation and quality of internal communication channels	Son, Ries, Subramanian, Kim, 2024	Platform network organization connections with external ecosystem participants	Han, Xie, 2023
Leader networks within the network organization and between different hierarchical levels	Zyzak, 2024	Network organization connections with partners and customers	Ju, Wang, 2023
Ability to integrate knowledge as a prerequisite for ensuring the effectiveness of internal communication	Isada, 2022; Juniarani, Agustia, 2024	Inter-organizational connections in the supply network	Son, Subramanian, Kim, 2024
		Regional innovation network connections and cooperation	Kryzhanivska, Albats, Blomqvist, Mention, 2025
		Innovation networks formed through the interaction of institutions and organizations	Godlewska, Banasik, Morawska, 2022
MUTUAL (INTERNAL – EXTERNAL) RELATIONSHIPS		**AUTHORS**	
Social capital in network organizations		Al-Omoush, Ribeiro-Navarrete, Lassala, Skare, 2022	
Organizational embeddedness in a network organization and internal adaptation		Klarin, Sharmelly, 2024	

Source: compiled by the author

The impact of organizational relationships on the innovativeness of network organizations is most often exerted through the extent of knowledge sharing, the development of innovative capabilities, and social capital (Dongling et al., 2022; Juniariani, Agustia, 2024). Interorganizational knowledge sharing and the scale of a network organization do not in themselves increase innovation until each organization in this organizational entity is able to accept, properly process, integrate, and transform this knowledge into new products, processes, or business models (Al-Omoush et al., 2022; Han, Xie, 2023).

The characteristics of organizational relationships—strength, trust, centralization—determine how risk is managed, access to resources is ensured, and, through all this, the stability of the network organization is guaranteed (Dongling et al., 2022; Ju, Wang, 2023). In this way, organizational relationships become not only an information channel but also a strategic management tool that helps to balance external competitive forces and the internal stability of the network organization, which is ensured by the purposeful and targeted development of mutually beneficial relationships (Klarin, Sharmelly, 2024; Son, Ries, Subramanian, Kim, 2024).

It can be argued that the innovativeness of a network organization is directly related to

ISSN 2345-068

the quality, structure, and purposefulness of internal and external organizational connections. Internal connections in a networked organization guarantee the integration of knowledge among the members of the networked organization and shape their innovative capabilities (Isada, 2022). External connections in a networked organization provide access to different knowledge, technologies, and markets necessary for a continuous flow of innovation. For these reasons, the system of organizational connections in a network organization becomes an essential object of strategic management: a network organization must consistently strive for stability in organizational connections, trust-based interaction, and technology-based communication tools in order to not only maintain but also continuously increase its innovativeness in today's dynamic market, which is constantly affected by technological transformation, automation, and robotization processes.

RESEARCH RESULTS AND ANALYSIS

The exploratory study aimed to statistically describe and determine the impact of organizational relationships on the innovativeness of the network organization “Intelektas”, operating in the western region of Lithuania. The name "Intelektas" is fictitious for the purposes of data protection and confidentiality.

Research methodology. To determine the impact of organizational relationships on the innovativeness of the network organization "Intelektas", the research was conducted in November 2025. The study involved the network organization "Intelektas", which operates in Lithuania and several foreign countries. "Intelektas" is an international IT solutions development organization with offices in seven countries.

Type of study – *quantitative, descriptive*. This type of research was chosen due to its low cost, short data collection period, the possibility to standardize the assessment of respondents' attitudes using Likert-type scales, and to obtain statistically generalizable results by applying survey procedures widely described in social research methodology (Bryman, 2016).

The research method was a questionnaire survey. Research instrument – *questionnaire/questionnaires.* The research questionnaire is divided into five statement scales according to the Likert scale with statements about the external and internal connections of a network organization: the impact of internal and external connections on the innovativeness of a network organization, factors that support and hinder the innovativeness of a network organization, the quality and structure of connections, and the characteristics of the structure of a network organization.

The questionnaire was presented to respondents in person during a visit to the network organization. The study sought to obtain voluntary, unhurried, and open responses from respondents. Anonymous questioning and the confidentiality of the network organization were ensured.

Research sample. The general population was selected for the study: managers at various levels of the network organization "Intelektas" (N). The sample size formula was used to determine the sample size when certain results are known, the size of the population:

$$n = 1/((0,05)2 + 1/36) = 33 \text{ respondents} \quad (1)$$

where: n – sample size (number of respondents to be surveyed);

Δ – selected permissible sample error, 5 percent;

N – general population, i.e., managers at various levels of the network organization "Intelektas” – 36 managers.

For the survey results to reflect the opinions of managers at various levels of the network organization "Intelektas" it was necessary to survey at least 33 managers. A total of 35 respondents participated in the study and completed the questionnaire: i.e. 26.0% of top-level

ISSN 2345-068

managers and 74.0% of middle-level managers. All 35 completed questionnaires were suitable for further research.

During the study, the reliability of the questionnaire was assessed using Cronbach's alpha coefficient. The result obtained was 0.909>0.6, which shows that the questionnaire was compiled correctly and is reliable. Spearman-Brown's reliability coefficient was obtained, which is similar to the Cronbach's alpha coefficient value - 0.866, and the dispersion of responses is similar.

Research results. The study found that the main internal relationships that influence the innovativeness of a network organization are internal networks of managers and between different hierarchical levels, the organizational climate for innovation, and the quality of the internal relationship supply chain (Fig. 1).

The compatibility of the impact of internal communication on the innovativeness of network organizations was assessed using the chi-square criterion: $\chi^2(df = 1) = 3.81$, $p = 0.051$, which indicates marginal statistical significance and suggests that this relationship tends to be associated with the assessment of innovation.

The relationship between the organizational climate for innovation and the quality of internal communication in the supply chain with innovation was also assessed using the chi-square criterion: $\chi^2(df = 1) = 3.75$, $p = 0.053$ and $\chi^2(df = 1) = 3.20$, $p = 0.074$, respectively. these results show that the respondents' assessments are not random and confirm the importance of internal communication for innovation.

The relationship between knowledge sharing between departments and teams and the interaction of internal communities with innovation was statistically significant: $\chi^2(df = 1) = 2.85$, $p = 0.042$, therefore it can be concluded that more intensive knowledge sharing is associated with a higher assessment of the innovativeness of a networked organization.

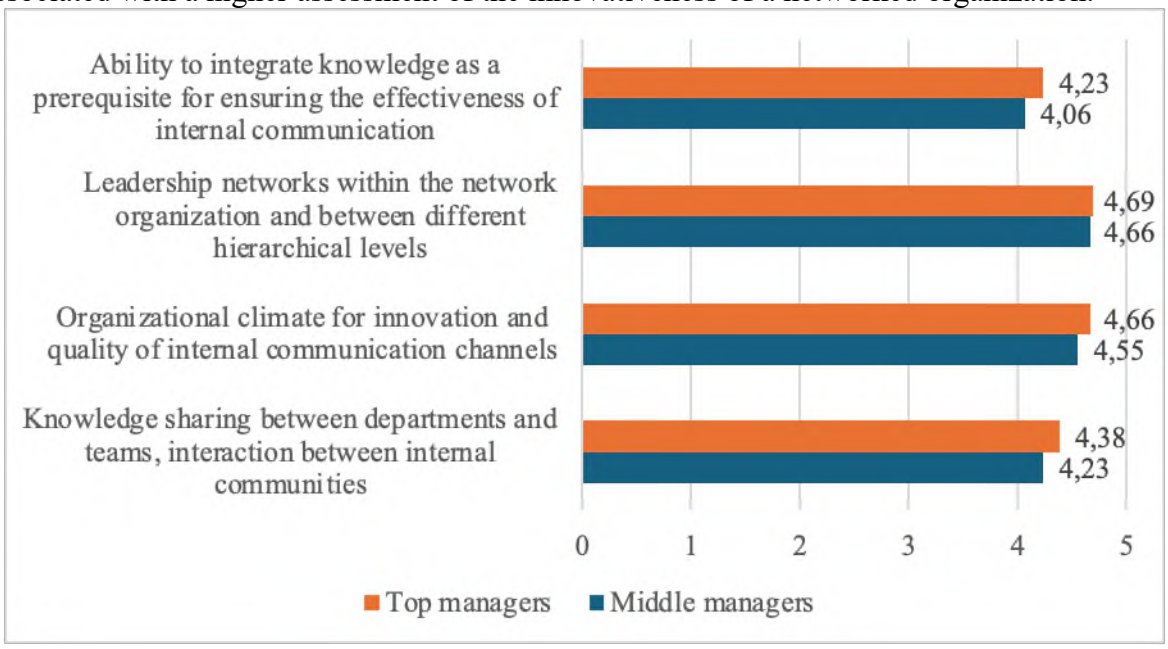


Fig. 1 Assessment of the impact of internal relations on network organizations on innovation, scored on a scale
Source: compiled by the author

When assessing external relationships that influence the innovativeness of a network organization, it was found that the main such relationship is interorganizational knowledge sharing within the innovation network (partners, suppliers, customers) (Fig. 2).

The correlation between interorganizational knowledge sharing in innovation networks and innovativeness was statistically significant: $\chi^2(df = 1) = 4.40$, $p = 0.036$, confirming that

ISSN 2345-068

more intensive knowledge sharing with partners, suppliers, and customers is associated with higher levels of innovation.

Relationships with partners and customers ($\chi^2(df = 1) = 4.08$, $p = 0.044$) and platform-based relationships with external ecosystem participants ($\chi^2(df = 1) = 3.78$, $p = 0.052$) also show a statistically significant or marginal dependence, confirming the importance of external relationships for the creation and implementation of innovations.

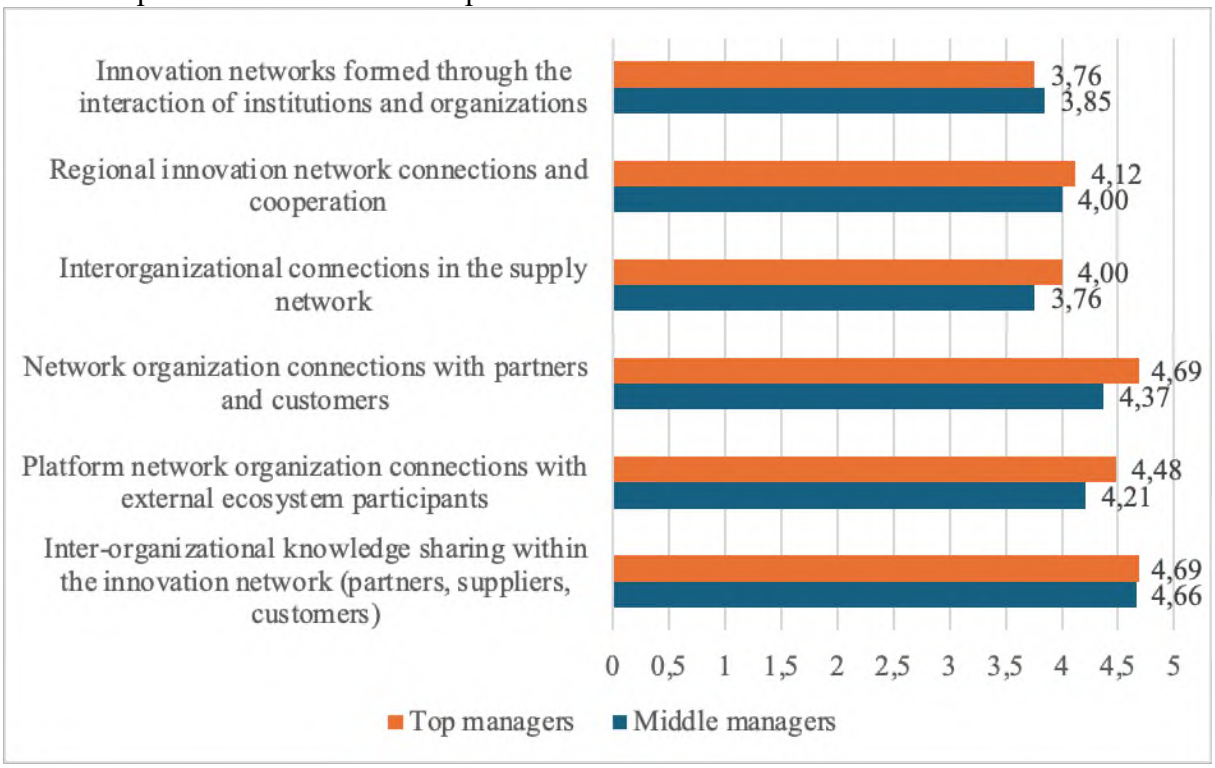


Fig. 2 Assessment of the impact of external relations on network organizations on innovation, scored on a scale

Source: compiled by the author of the study

When assessing mutual relationships that influence the innovativeness of a network organization, it was found that the main such relationship is the organization's embeddedness in the network organization and internal adaptation (Fig. 3).

The relationship between the organization's embeddedness in the network structure and internal adaptation with innovation was assessed as $\chi^2(df = 1) = 4.21$, $p = 0.040$, so it can be said that greater embeddedness and the ability to adapt in a network environment are statistically significantly related to the level of innovation.

ISSN 2345-068

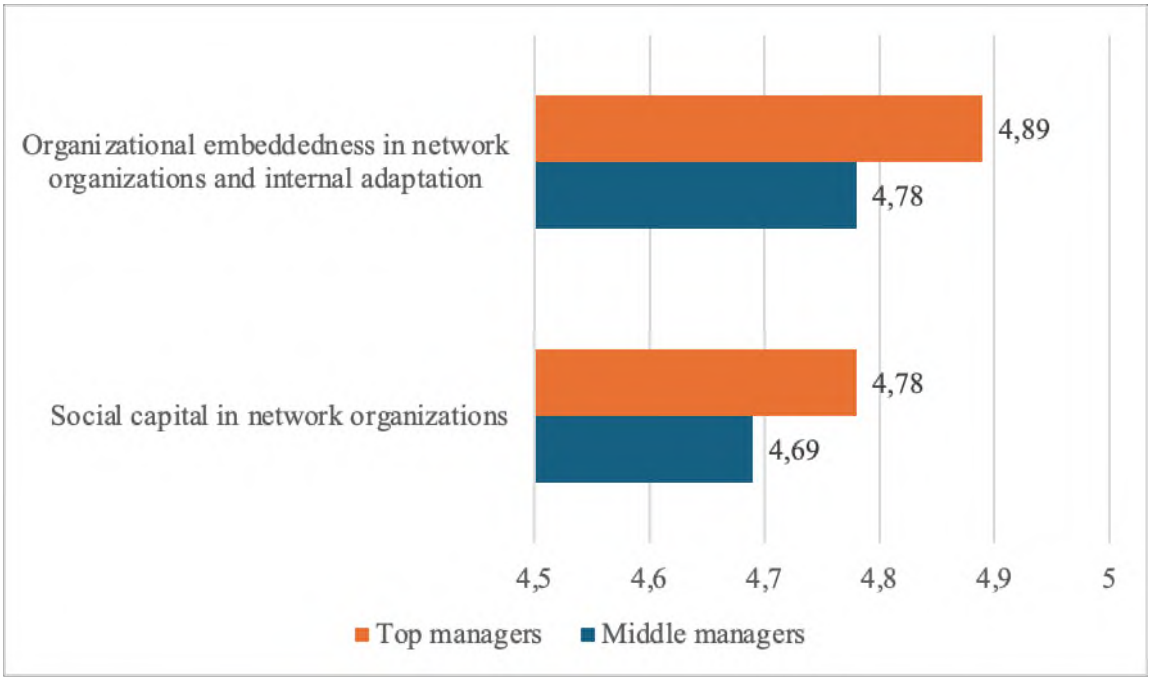


Fig. 3 Assessment of the impact of mutual relations within network organizations on innovation, scored on a scale
Source: compiled by the author of the study

Summarizing the results of the chi-square analysis, it can be stated that both internal and external and mutual organizational relationships have a statistically significant or marginally significant correlation with the assessment of the innovativeness of a network organization, therefore the system of organizational relationships should be considered a key factor of innovativeness.

The study aimed to determine how managers at different levels of network organizations assess the impact of organizational relationships on innovation and which internal, external, and mutual relationships are considered significant. The results showed that internal relationships have the greatest impact on innovation: internal networks of managers between different hierarchical levels, an innovation-friendly organizational climate, and the quality of the internal connection supply chain, whose distributions are statistically consistent with the theoretical model (chi-square values exceed the 0.05 significance threshold). Knowledge sharing between departments and teams and the interaction of internal networked communities were also identified as significant internal connections. Therefore, it can be argued that the internal structure of a networked organization and its hierarchical management system form the basis for the formation and development of innovation.

When assessing external connections, it was found that the main impact on the innovation of the network organization "Intelektas" is the interorganizational sharing of knowledge in the innovation network (partners, customers, suppliers), the impact of which is confirmed by the statistically significant criterion (chi-square > 0.05). Other significant external connections are constant interaction with partners and customers, platform connections with external ecosystem participants, which correspond to the theoretical model according to the chi-square criterion. In other words, external organizational relationships complement internal innovation potential by providing access to new knowledge, technologies, and markets. However, it should be emphasized that the impact of external relationships is only realized if there are sufficiently strong internal relationships.

The analysis of mutual connections showed that the main significance for the innovativeness of a network organization is the organization's embeddedness in the network

ISSN 2345-068

structure and its internal adaptation, which also shows statistically significant compatibility (the chi-square value exceeds 0.05). This shows that the innovativeness of the network organization "Intelektas" depends not only on individual internal and external connections, but also on the ability to integrate them into a unified network management model.

The data obtained during the empirical study are consistent with the links between organizational relationships and innovation discussed in the theoretical part. First, the internal relationships block - internal networks of managers between different hierarchical levels, an organizational climate conducive to innovation, and the quality of the internal communication supply chain - are interpreted in the article as the main internal infrastructure that allows connections to be transformed into combinations of knowledge, competencies, and resources that generate innovation (Juniariani, Agustia, 2024). The results of the case study, showing statistically significant or marginally significant links between these internal connections and the assessment of the innovativeness of the networked organization, empirically confirm this assumption: internal connections and knowledge-sharing practices create conditions for the formation of innovation capabilities and innovation outcomes (Dongling et al., 2022). In an „intellectual" network organization, this means that innovation is not random but directly related to how internal management networks are managed, what kind of innovative atmosphere is created, and how intensively knowledge is exchanged between teams. This connection becomes even more apparent when comparing the research results with Isada's (2022) insights that internal connections in a networked organization guarantee a mechanism for knowledge integration, shaping innovative capabilities and creating the conditions for the implementation and maintenance of innovation. Internal management networks and the organizational climate for innovation in an „intellectual" networked organization are statistically related to the assessment of innovativeness and are a direct operationalization of these theoretical statements in practice. In addition, the importance of knowledge sharing between departments and teams for innovation is consistent with the concepts of social capital and knowledge sharing, which emphasize that it is internal networking that allows for the smooth integration of externally obtained information and its transformation into innovative solutions (Al-Omoush et al., 2022). Thus, the internal relations block in this case study confirms the theoretical model in which organizational climate, social capital, and knowledge sharing act as interacting variables between the structure of relations and innovation.

The analysis of external connections also reveals a direct link to the models of interorganizational networks and innovation ecosystems discussed in the theoretical part. The empirical study found that interorganizational knowledge sharing in the innovation network, consistent relationships with partners and customers, and platform relationships with external ecosystem participants are statistically related to the innovativeness of the networked organization. These results directly echo the conclusions of Dongling et al. (2022) and Wang et al. (2022) that interorganizational knowledge sharing increases innovation capabilities and, through them, innovation outcomes, and that network characteristics (strength, scale, and diversification of ties) have a direct impact on this relationship (Dongling et al., 2022; Wang Dongling et al., 2022). Case data from an „intellectual" network organization showing that more intensive cooperation with partners, suppliers, and customers, as well as platform connections, is associated with higher innovation ratings, confirms that a network organization in the innovation process relies not only on internal resources but also purposefully exploits external networks as sources of knowledge and technology. This result is consistent with the insights of Kryzhanivska et al. (2025) that in regional and international innovation ecosystems, the dynamics of inter-organizational cooperation and institutional embeddedness directly determine the diversity of innovations and the innovativeness of participants. In this perspective, the connections of an „intellectual" network organization with external ecosystem participants - especially platform - based ones - can be interpreted as a practical expression of

ISSN 2345-068

embeddedness in the IT sector innovation network: the more an organization is embedded in a broader knowledge and technology network, the greater its opportunities to generate and implement innovations. This is also consistent with the observations of Sozbilir and Kaya (2025) that the innovative environment in modern network organizations should be understood as a dynamic system of social and technological connections, in which knowledge sharing and a network of trust-based relationships are key components of long-term innovation.

An analysis of mutual connections - the organization's embeddedness in the network structure and internal adaptation - shows their importance for the innovativeness of network organizations. The results of the study show that a higher level of embeddedness and adaptability is statistically related to the assessment of innovation, which is essentially consistent with the statement by Kryzhanivska et al. (2025) that the changing dynamics of interorganizational cooperation over time and the organization's ability to adapt to structural changes in the network shape the innovation profile of the network. The case of the „intellectual“ network organization shows that innovation is not simply a function of the sum of individual connections; it is more likely to arise from the ability to holistically manage the network of connections - to synchronize internal processes with external requirements, maintain structural stability, but at the same time be adaptive in the context of technological and market changes. This means that the system of organizational connections in a network organization becomes a key object of strategic management (Godlewska, Banasik, Morawska, 2022; Son et al., 2024), which is fully justified by the results of the case study of the Intelekto network organization. Empirical data show that it is precisely those relationships that are described in scientific sources as strategic - the quality of internal networks, interorganizational knowledge sharing, platform relationships, and organizational embeddedness - that are statistically related to the assessment of innovation. This leads to the conclusion that ensuring the innovation of networked organizations in practice essentially means conscious management of the connection system: strengthening and structuring internal connections, diversifying and deepening external connections, and consistently engaging in innovation ecosystems, while ensuring high organizational adaptability.

The case study of the „intellectual“ networked organization empirically confirms the theoretical provisions discussed: a complex system of internal, external, and mutual communications is the basis of innovation, and the innovative environment in a networked organization must be understood as an integrated configuration of social, technological, and organizational communications (Dongling et al., 2022; Godlewska, Banasik, Morawska, 2022; Sozbilir, Kaya, 2025). This result also highlights the practical significance - the concepts of relationships and social capital discussed in theory are confirmed in this case study as concrete management objects that an organization can consciously strengthen in order to systematically increase innovation in a dynamic, technology - transformed market.

CONCLUSIONS

1. The impact of organizational relationships on the innovativeness of network organizations is a relevant theoretical and practical problem. The ability of network organizations to create and implement innovations, adapting to rapid technological changes and competitive pressure, directly depends on the quality and structure of organizational relationships. Network organizations are characterized by open external and internal connections, and the coordination of organizational autonomy creates favorable conditions for the effective use of resources, active knowledge sharing, and the creation of social capital. All of this supports and encourages the creation, implementation, and development of innovations. Internal (knowledge sharing, social capital) and external (inter-organizational knowledge sharing, relationships with partners, customers, suppliers) connections allow for a significant increase in the innovativeness and long-term competitiveness of a network organization.

ISSN 2345-068

2. The exploratory study found that the innovativeness of a network organization depends on the system of organizational connections, which is formed by interrelated internal, external, and mutual connections. In the case of the network organization studied, innovation is most influenced by direct, continuous, and reliable internal connections, which are reinforced by active interorganizational knowledge sharing, and their interaction forms the basis for maintaining and developing innovation in a dynamic innovative environment.

LITERATURE

1. Al-Omoush, K. S., Ribeiro-Navarrete, S., Lassala, C., Skare, M. (2022). Networking and knowledge creation: Social capital and collaborative innovation in responding to the COVID-19 crisis. *Journal of Innovation and Knowledge, 7(2), 1-11*. https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100181
2. Bryman, A. (2016). *Social Research Methods*. Oxford University Press.
3. Ceesay, L. B. (2024). Innovation and Inter-organizational Network: Systematic Review and Bibliometric Analysis. *Business Perspectives and Research, 4(12)*, 485-487. https://doi.org/10.1177/22785337221148874
4. Dongling, W., Yuming, Z., Xinmin, L., Chen, J., XiaoYi, Z., Chang, H. (2022). Can Inter-organizational Knowledge-Sharing Improve Enterprise Innovation Performance? The Mediator Effect of Innovation Capability and the Moderator Effect of Network Characteristics. *Frontiere Communication. Organizational Psychology, 7, 1-17*. https://doi.org/10.3389/fcomm.2022.856301
5. Godlewska, M., Banasik, P., Morawska, S. (2022). The impact of institutions on innovation networks: empirical evidence from Poland. *Technological and economic development of economy, 4(28), 1068-1088*. https://doi.org/10.3846/tede.2022.16781
6. Han, Y., Xie, L. (2023). Platform network ties and enterprise innovation performance: The role of network bricolage and platform empowerment. *Journal of Innovation and Knowledge, 4(8), 1-11*. https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100416
7. Isada, F. (2022). The impact of inter-organisational network structures on research outcomes for artificial intelligence technologies. *International Journal of Economic Sciences, 1(11), 1-18*. https://doi.org/10.52950/ES.2022.11.1.001
8. Yao-Ping Peng, M. (2024). Breaking down barriers: exploring the impact of social capital on knowledge sharing and transfer in the workplace. *Humanities and Social Sciences Communications, 11*, 1-12. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03384-9
9. Ju, X., Wang, G. (2023). How do network ties affect firm performance growth and its variability? The mediating roles of exploratory and exploitative knowledge utilization. *Journal of Business Research, 160*. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113781
10. Juniariani, N. M. R., Agustia, D. (2024). Network ties, entrepreneurial creativity and competitive advantage: the moderating role of knowledge integration capability. *Business theory and practice, 2(25), 377-386*. https://doi.org/10.3846/btp.2024.18947
11. Klarin, A., Sharmelly, R. (2024). Inter-organizational networking in emerging markets. *Journal of Business Research, 174, 1-11*. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114533
12. Kryyzhanivska, K., Albats, E., Blomqvist, K., Mention, A. L. (2025). Transforming inter-organisational collaboration dynamics in regional networks through digitalisation. *Regional Studies, 1(59), 1-17*. https://doi.org/10.1080/00343404.2024.2416225
13. Lee, C. C., Yeh, W. C., Yu, Z., Luo, Y. C. (2023). Knowledge sharing and innovation performance: a study on the impat of organizational culture, structural capital, human resource management practices, and relational capital of real estate agents. *Humanities and Social Sciences Communications, 10(707)*, 1-16. https://doi.org/10.1057/s41599-023-02185-w
14. Moon, H., Di Benedetto, A., Kim, S. K. (2022). The effect of network tie position on a firm‘s innovation performance. *Journal Business Research, 144, 821-829*. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.02.035
15. Murong, R., Chang, M., Hui, W., Yuan, Y., Dong, H. (2024). Network Embeddedness and Disruptive Green Technological Innovation: The Mediating Role of Resource Orchestration. *Polish Journal of Environmental Studies, 2(33)*, 1823-1837. DOI: https://doi.org/10.15244/pjoes/172837
16. Son, B. G., Ries, J. M., Subramanian, N., Kim, S. (2024). Bridging the innovation gap: Why organizational climate matters for leveraging innovation from supply networks. *Journal of Supply Chain Managment, 2(60), 39-63*. https://doi.org/10.1111/jscm.12316
17. Zyzak, B. (2024). Importance of Managerial Networking for Innovation in Governance Networks. *Nordic Journal of Innovation in the Public Sector 1(3), 1-20*. https://doi.org/10.18261/njips.3.1.1

ISSN 2345-068

MIMIKOS RAUKŠLIŲ FORMAVIMOSI MECHANIZMAI: MIMIKOS RAUMENŲ, ODOS STRUKTŪROS POKYČIŲ IR SENĖJIMO VEIKSNIŲ APŽVALGA

MECHANISMS OF FACIAL EXPRESSION WRINKLE FORMATION: A REVIEW OF MIMETIC MUSCLES, SKIN STRUCTURAL CHANGES, AND AGING-RELATED FACTORS

Kristina Letkauskaitė
Klaipėdos valstybinė kolegija, Lietuva

Anotacija

Mimikos raukšlės formuojasi dėl pasikartojančių veido mimikos raumenų susitraukimų, sukeliančių odos ir poodinių audinių mechaninę deformaciją. Jų transformaciją iš dinaminių (matomų aktyvios mimikos metu) į statines (išliekančias ramybės būsenoje) lemia su amžiumi progresuojantys minkštųjų audinių ir odos struktūros bei biomechaninių savybių pokyčiai. Šio straipsnio tikslas – apibendrinti šiuolaikinių mokslinių šaltinių duomenis apie mimikos raukšlių etiopatogenezę, akcentuojant endogeninių ir egzogeninių veiksnių įtaką, bei atskleisti sąsajas tarp pagrindinių mimikos raumenų funkcinės veiklos ir specifinių raukšlių formavimosi: kaktos horizontaliųjų raukšlių, glabelinių (tarpuakio) raukšlių, lateraliųjų periorbitalinių raukšlių („varnos kojelių“), nasolabialinių klosčių ir melomentalinių raukšlių (vadinamųjų „marionetinių“ linijų). Taikyta mokslinės literatūros analizė, apimanti recenzuojamus straipsnius apie veido senėjimo mechanizmus, odos ekstraląstelinės matricos (ECM) pokyčius, mimikos raumenų biomechaniką ir veido minkštųjų audinių remodeliaciją. Literatūros apžvalga rodo, kad veido senėjimas yra daugiasluoksnis procesas, dažnai konceptualizuojamas kaip vykstantis „iš vidaus į išorę“: mažėjant kaulinei atramai, persiskirstant poodinių riebalų skyriams ir silpnėjant paviršinei raumenų–aponeurozinei sistemai (SMAS; angl. superficial musculoaponeurotic system) bei raiščių aparatui, kinta minkštųjų audinių padėtis ir veido kontūrai. Kartu dermoje mažėjantis kolageno ir elastino kiekis, taip pat jų kokybiniai pakitimai, mažina odos atsparumą tempimo apkrovoms ir skatina raukšlių fiksaciją. Šių pokyčių kontekste pasikartojantys mimikos judesiai sukelia lokalius audinių įtempimus ir mikroremodeliaciją, todėl raukšlės palaipsniui stabilizuojasi ir tampa nuolatinės. Praktiniu požiūriu šių mechanizmų išmanymas yra svarbus kosmetologijos praktikoje planuojant prevencines ir neinvazines intervencijas, nukreiptas į odos barjerinės funkcijos stiprinimą, oksidacinio streso mažinimą ir individualizuotą darbą, siekiant mažinti mimikos raumenų įtampų disbalansą.

Raktiniai žodžiai: *mimikos raukšlės; veido senėjimas; mimikos raumenys; biomechanika; ultravioletinė spinduliuotė; ekstraląstelinė matrica; SMAS; nasolabialinės klostės; lateralinės periorbitalinės raukšlės*.

Annotation

Facial expression wrinkles arise from repetitive contractions of mimetic muscles and the resulting mechanical deformation of the skin. Their transition from dynamic to static lines is driven by age-related alterations in tissue structure. This paper synthesizes evidence on the etiopathogenesis of expression wrinkles, highlighting the contribution of intrinsic and extrinsic factors and clarifying the relationships between key mimetic muscles and region-specific wrinkles (forehead, glabellar, periorbital, nasolabial, and melomental). A narrative review of peer-reviewed sources on facial aging, extracellular matrix remodeling, mimetic muscle biomechanics, and soft-tissue repositioning was conducted. The reviewed literature supports an “inside-out” model of facial aging: loss of bony support, redistribution of fat compartments, and weakening of the superficial musculoaponeurotic system (SMAS) and retaining ligaments alter soft-tissue position, while reduced dermal collagen and elastin diminish tensile resilience. Against this background, repetitive facial movements generate localized mechanical stress and micro-remodeling of collagen fibers, progressively fixing wrinkles. Understanding these mechanisms is clinically relevant for cosmetology practice, as it informs prevention strategies and non-invasive approaches aimed at barrier support, reduction of oxidative stress, and individualized management of facial tension patterns.

Keywords: *facial expression wrinkles; skin aging; mimetic muscles; biomechanics; ultraviolet radiation; SMAS; nasolabial fold; crow’s feet*.

ĮVADAS

Mimikos raukšlės (angl. facial expression wrinkles) – tai raukšlės, kurios pradžioje pasireiškia kaip dinaminės odos klostės mimikos judesių metu, tačiau ilgainiui, mažėjant audinių elastingumui ir kintant veido atraminėms struktūroms, gali virsti statinėmis ir išlikti ramybės būsenoje (Özkoca et al., 2021). Nors pirmosios dinaminės linijos gali atsirasti ir jauname amžiuje, jų progresavimą lemia natūralus senėjimas, genetiniai ir hormoniniai veiksniai, oksidacinis stresas, ultravioletinė spinduliuotė (UV; angl. ultraviolet), taip pat kiti aplinkos ir gyvenimo būdo determinantai (Al-Atif, 2022; Addor, 2018; Martic et al., 2022). Šiuolaikinėje estetinės medicinos ir kosmetologijos praktikoje mimikos raumenų aktyvumo,

ISSN 2345-068

minkštųjų audinių ptozės ir odos ekstraląstelinėje matricoje (ECM) vykstančių pokyčių sąveika laikoma vienu esminių mimikos raukšlių etiopatogenezės veiksnių (Swift et al., 2021; Frank et al., 2024). Šių mechanizmų supratimas kosmetologams svarbus tiek prevencijos (pvz., fotoprotekcijos, odos barjerinės funkcijos stiprinimo, antioksidacinės apsaugos) planavimui, tiek individualizuotam darbui su klientų mimikos įpročiais ir raumenų įtampų disbalansu.

Tikslas – remiantis mokslinės literatūros analize, nuosekliai apibendrinti mimikos raukšlių formavimosi veiksnius ir mechanizmus bei aprašyti pagrindinių mimikos raumenų veiklos sąsajas su dažniausiai klinikinėje praktikoje nustatomomis raukšlėmis. Uždaviniai: (1) išskirti pagrindinius endogeninius ir egzogeninius mimikos raukšlių formavimosi veiksnius; (2) aptarti veido senėjimą „iš vidaus į išorę“, įtraukiant kaulinės atramos, poodinių riebalų skyrių, paviršinės raumenų–aponeurozinės sistemos (SMAS; angl. superficial musculoaponeurotic system) ir odos ekstraląstelinės matricos (ECM; angl. extracellular matrix) pokyčius; (3) apibrėžti dinaminės–pereinamosios–statinės raukšlės virsmą; (4) aprašyti kaktos horizontaliųjų raukšlių, glabelinių (tarpuakio) raukšlių, lateraliųjų periorbitalinių raukšlių („varnos kojelių“), nasolabialinių klosčių ir melomentalinių raukšlių („marionetinių“ linijų) anatominį bei biomechaninį pagrindą.

TYRIMO METODOLOGIJA

Tyrimas atliktas kaip naratyvinė mokslinės literatūros apžvalga, kurios tikslas – integruoti dermatologijos, estetinės medicinos, klinikinės anatomijos ir biomechanikos įrodymus į nuoseklų mimikos raukšlių formavimosi mechanizmų aiškinamąjį modelį. Naratyvinės apžvalgos metodas pasirinktas dėl teminės ir metodinės šaltinių heterogeniškumo (originalūs tyrimai, apžvalgos, anatomijos darbai, modeliavimo/biomechanikos publikacijos), o metodologinis skaidrumas stiprinamas remiantis naratyvinių apžvalgų rengimo rekomendacijomis (aiškus tikslas, paieškos aprašymas, atrankos logika, sintezės procedūra, ribotumai) (Ferrari, 2015; Green et al., 2006; Grant & Booth, 2009; Sukhera, 2022).

Papildomai naratyvinės apžvalgos struktūrai ir kokybės požymiams įvardyti taikyta SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles) logika (Baethge et al., 2019).

Literatūros paieškos ir atrankos procesas (etapai)

1 etapas – klausimo suformulavimas ir teminės ašys. Apžvalga struktūruota pagal dvi pagrindines ašis: (1) pasikartojančių mimikos raumenų susitraukimų sukeliama mechaninė odos deformacija; (2) su amžiumi progresuojantys odos ir gilesniųjų atraminių struktūrų pokyčiai (oda/ECM, poodis, SMAS/raiščių aparatas, riebalų skyrių kaita, kaulinė atrama), kurie moduliuoja audinių paslankumą, įtampų pasiskirstymą ir raukšlių „fiksacijos“ tikimybę. Teminių ašių apibrėžimas ir jų naudojimas sintezei atitinka naratyvinių apžvalgų rekomendacijas temą operacionalizuoti per aiškias kategorijas (Ferrari, 2015; Sukhera, 2022).

2 etapas – paieškos šaltiniai (duomenų bazės) ir raktažodžių blokai. Šaltiniai atrinkti iš tarptautinių bibliografinių duomenų bazių ir leidėjų archyvų (pvz., PubMed/Medline, Scopus, Web of Science), taikant teminius raktinius žodžius, atitinkančius apžvalgos ašis: „facial expression wrinkles“, „facial aging“, „mimetic muscles“, „SMAS“, „nasolabial fold“, „crow’s feet“, „glabellar lines“, „oxidative stress“, „photoaging“. Pirmenybė teikta naujausiems (2018–2025 m.) šaltiniams, tačiau anatominių prielaidų ar konceptualių modelių pagrindimui įtraukti ir klasikiniai darbai, kai trūko naujesnių publikacijų. Paieškos strategija formuota taikant naratyvinėms apžvalgoms rekomenduojamą principą aiškiai aprašyti, kaip ir kuo remiantis ieškota (Green et al., 2006; Ferrari, 2015).

3 etapas – pavyzdinės paieškos užklausos (Boolean logika). Paieška vykdyta jungiant raktinių žodžių blokus: (A) raukšlės/klostės, (B) anatominės struktūros ir audinių sluoksniai, (C) biologiniai ir biomechaniniai mechanizmai, (D) konkrečios lokalizacijos. Pavyzdinės užklausos:

ISSN 2345-068

- (“facial expression wrinkle*” OR “expression line*” OR “dynamic wrinkle*”) AND (“facial aging” OR photoaging OR “skin aging”)
- (“mimetic muscle*” OR “facial muscle*”) AND (biomechanic* OR “mechanical stress” OR “mechanical strain”) AND (“facial expression wrinkle*” OR “expression line*”)
- (“extracellular matrix” OR collagen OR elastin OR “matrix metalloproteinase*” OR MMP) AND (photoaging OR “oxidative stress”) AND (“facial wrinkle*” OR “expression line*”)
- (SMAS OR ligament* OR “fat compartment*” OR “facial skeleton”) AND (“nasolabial fold” OR “melolabial fold” OR “marionette line*” OR “labiomandibular fold”)
- (“crow’s feet” OR “periorbital wrinkle*” OR “lateral canthal line*”) AND (“orbicularis oculi” OR “mimetic muscle*”)
- (“glabellar line*” OR “glabellar wrinkle*”) AND (corrugator OR procerus OR “depressor supercilii”)

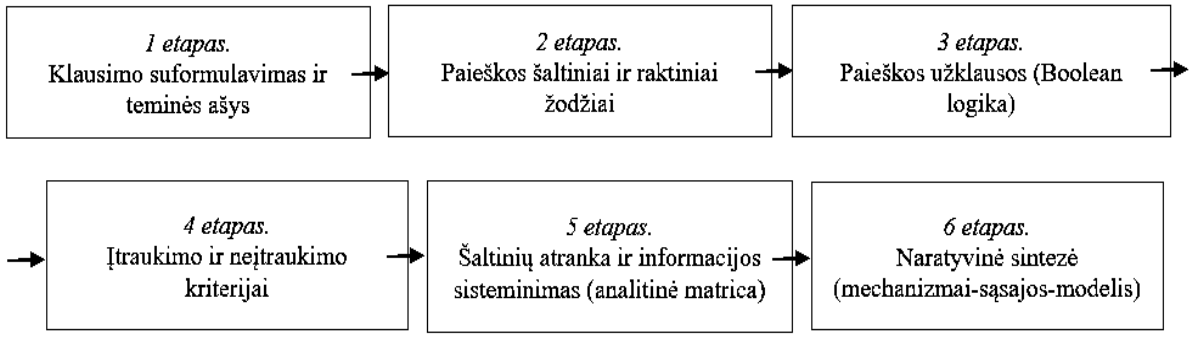
4 etapas – įtraukimo ir neįtraukimo kriterijai. Į apžvalgą įtraukti recenzuojami originalūs tyrimai, apžvalgos ir anatomijos darbai, kuriuose analizuojami: veido senėjimo struktūriniai pokyčiai, odos ekstraląstelinės matricos (ECM) remodeliacija, fotopažeidos/oksidacinio streso mechanizmai, mimikos raumenų biomechanika ir minkštųjų audinių remodeliacija. Neįtraukti nerecenzuojami šaltiniai, populiarinamojo pobūdžio publikacijos ir darbai, neturintys tiesioginės sąsajos su mimikos raukšlių formavimosi mechanizmų aiškinimu. Įtraukimo/neįtraukimo kriterijų įvardijimas didina naratyvinės apžvalgos skaidrumą ir atitinka rekomenduojamą praktiką (Green et al., 2006; Baethge et al., 2019).

5 etapas – šaltinių atranka ir informacijos sisteminimas (analitinė matrica). Atranka vyko nuosekliai: (a) pavadinimų ir santraukų peržiūra pagal atitiktį teminėms ašims, (b) pilno teksto vertinimas pagal kriterijus. Iš kiekvieno įtraukto šaltinio standartizuotai užfiksuota informacija apie: nagrinėjamą audinių sluoksnį (oda/ECM, poodis, SMAS/raiščiai, raumenys, kaulinė atrama), aprašomą mechanizmą (pvz., ECM pertvarka, mechaninė įtampa, mikroremodeliacija, eksposominiai veiksniai), lokalizaciją (kakta, glabela, periorbitalinė, nasolabialinė, melomentalinė sritis) ir praktinę implikaciją. Informacija sisteminta analitinėje matricoje (autorius/metai → tyrimo tipas → mechanizmas → lokalizacija → implikacija), kad sintezė būtų nuosekli ir atsekama (Green et al., 2006; Popay et al., 2006).

6 etapas – naratyvinė sintezė (kaip suformuotos išvados). Duomenys apibendrinti naratyvinės sintezės metodu, akcentuojant mechanistinius ryšius tarp veido anatominių sluoksnių pokyčių ir raukšlių formavimosi (mechanizmai → tarpusavio sąsajos → aiškinamasis modelis). Šis sintezės principas taikytinas, kai įtrauktų šaltinių heterogeniškumas riboja kiekybinį apibendrinimą, o tikslas yra konceptualiai integruoti įrodymus; naratyvinės sintezės logikos aprašymas atitinka metodines gaires, rekomenduojančias aiškiai aprašyti sintezės žingsnius ir ryšių tarp radinių interpretavimą (Popay et al., 2006; Sukhera, 2022).

1 pav. pateikiama literatūros paieškos, atrankos ir sintezės eiga, taikyta naratyvinėje apžvalgoje.

ISSN 2345-068



1 pav. Metodologinė schema (naratyvinė literatūros apžvalga)

Šaltinis: schema sudaryta remiantis naratyvinės apžvalgos ir naratyvinės sintezės metodologinėmis rekomendacijomis (Baethge, C., Goldbeck-Wood, S., & Mertens, S. (2019). SANRA-a scale for the quality assessment of narrative review articles. Research Integrity and Peer Review, 4, 5. https://doi.org/10.1186/s41073-019-0064-8; Green, B. N., Johnson, C. D., & Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: Secrets of the trade. Journal of Chiropractic Medicine, 5(3), 101–117. https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6; Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., Britten, N., Roen, K., & Duffy, S. (2006). Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews: A product from the ESRC Methods Programme (Final report). ESRC Methods Programme).

Tyrimo rezultatai. Literatūros apibendrinimas parodė, kad mimikos raukšlių formavimasis yra pasikartojančios mechaninės deformacijos ir biologinės audinių kaitos sąveika: su amžiumi progresuojanti ECM pertvarka ir fotopažeidos/oksidacinio streso procesai mažina audinių elastinę grąžą, todėl dinaminės klostės didesne tikimybe „fiksuojasi“ ir virsta pereinamosiomis bei statinėmis. Taip pat patvirtinama, kad veido senėjimas yra daugiasluoksnis („iš vidaus į išorę“): gilesnių atraminių struktūrų pokyčiai (poodis, SMAS/raiščiai, riebalų skyriai, kaulinė atrama) keičia minkštųjų audinių padėtį ir įtampų pasiskirstymą, todėl skirtingose anatominėse veido srityse raukšlių fenotipas ir progresavimo dinamika gali skirtis.

Tyrimo apribojimai. Apžvalga yra naratyvinė, todėl netaikytas sisteminės apžvalgos protokolas (pvz., PRISMA), nebuvo atliktas formalus šališkumo vertinimas ir meta-analizė; įtrauktų tyrimų metodinė įvairovė riboja kiekybinį apibendrinimą. Vis dėlto naratyvinės apžvalgos kokybė ir skaidrumas stiprinami aiškiai aprašant paieškos logiką, atrankos kriterijus ir sintezės procedūrą, kaip rekomenduojama naratyvinėms apžvalgoms (Baethge et al., 2019; Green et al., 2006; Sukhera, 2022).

Tyrimo reikšmė. Moksliniu požiūriu apžvalga sujungia skirtingų disciplinų duomenis į vieną nuoseklią mimikos raukšlių mechanizmų schemą, paaiškinančią, kodėl identiškos mimikos apkrovos skirtingame amžiuje ar esant skirtingai audinių būklei lemia nevienodą raukšlių „fiksacijos“ greitį. Praktiniu požiūriu kosmetologijoje tai pagrindžia individualizuotą prevenciją ir neinvazinių strategijų parinkimą (fotoprotekcija ir eksposominių veiksnių kontrolė, odos barjero/hidratacijos palaikymas, oksidacinio streso mažinimas, darbas su mimikos įpročiais ir raumenų įtampų disbalansu), atsižvelgiant į skirtingų veido anatominių sričių anatominius ir biomechaninius dėsningumus.

ENDOGENINIAI IR EGZOGENINIAI VEIKSNIAI, DARANTYS ĮTAKĄ MIMIKOS RAUKŠLIŲ FORMAVIMUISI

Odos senėjimas yra kontinuumas, kuriame persidengia endogeniniai (chronologiniai) ir egzogeniniai procesai. Endogeniniai mechanizmai apima genetinę programą, hormoninės reguliacijos pokyčius, mitochondrijų funkcijos silpnėjimą ir lėtinį žemo laipsnio uždegimą. Šie procesai ilgainiui mažina fibroblastų gebėjimą palaikyti dermos ekstraląstelinės matricos (ECM) homeostazę (kolageno, elastino ir glikozaminoglikanų sintezę bei apykaitą) ir prisideda prie odos barjerinės funkcijos destabilizacijos (Lephart & Naftolin, 2021).

ISSN 2345-068

Egzogeniniai veiksniai – ultravioletinė spinduliuotė, oro tarša, rūkymas, netinkama mityba ir kiti gyvenimo būdo determinantai – didina oksidacinį stresą ir aktyvina matrikso metaloproteinazes (MMP; angl. matrix metalloproteinases), kurios spartina kolageno degradaciją. Dėl to mažėja odos atsparumas tempimo apkrovoms ir didėja raukšlių fiksacijos tikimybė (Addor, 2018; Martic et al., 2022). Reaktyviosios deguonies formos (ROS; angl. reactive oxygen species) gali sutrikdyti mitochondrijų funkciją ir inicijuoti grandinines oksidacines reakcijas, lemiančias DNR, baltymų ir lipidų oksidacinę pažaidą, o tai siejama su spartesniu odos senėjimu.

Papildomai, su amžiumi mažėjantis kolageno kiekis ir hialurono rūgšties koncentracija mažina audinių hidrataciją ir elastingumą. Dėl šių pokyčių veido srityse, kuriose dėl mimikos nuolat patiriamos didžiausios mechaninės apkrovos (kaktos sritis, glabelinė sritis, lateralinė periorbitalinė sritis ir perioralinė sritis), dinaminės raukšlės greičiau pereina į statines (Al-Atif, 2022; Özkoca et al., 2021).

1 lentelė. Pagrindiniai endogeniniai ir egzogeniniai veiksniai, siejami su raukšlių formavimusi

Endogeniniai veiksniai	**Egzogeniniai veiksniai**
Amžius ir genetiniai ypatumai	Ultravioletinė spinduliuotė (UV), fotosenėjimas
Hormoninės reguliacijos pokyčiai (pvz., estrogenų mažėjimas)	Oro tarša ir kietosios dalelės
Fibroblastų funkcijos silpnėjimas	Rūkymas ir tabako dūmų toksinai
Kolageno ir elastino sintezės mažėjimas	Mitybos ypatumai ir skysčių balanso veiksniai
Glikozaminoglikanų (pvz., hialurono rūgšties) kiekio mažėjimas	Cheminiai dirgikliai (įskaitant netinkamas kosmetikos priemones)
Metaboliniai pokyčiai ir su amžiumi didėjantis oksidacinis stresas	Oksidacinį stresą didinantys aplinkos veiksniai

Šaltiniai: Al-Atif, H. (2022). Collagen supplements for aging and wrinkles: A paradigm shift in the fields of dermatology and cosmetics. Dermatology Practical & Conceptual, 12(1), e2022018; Addor, F. A. S. (2018). Beyond photoaging: Additional factors involved in the process of skin aging. Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology, 11, 437–443; Martic, I., Jansen-Dürr, P., & Cavinato, M. (2022). Effects of air pollution on cellular senescence and skin aging. Cells, 11(14), 2220. https://doi.org/10.3390/cells11142220

VEIDO SENĖJIMAS „IŠ VIDAUS Į IŠORĘ“: KAULINĖ ATRAMA, POODINIŲ RIEBALŲ SKYRIAI, SMAS IR ODA

Veido senėjimas laikomas trimatės veido architektūros pokyčių visuma, apimančia kaulinę atramą, poodinius riebalus, raumenis, fascijas ir raiščių aparatą bei odą. Swift et al. (2021) pateikiamame modelyje pabrėžiama, kad paviršiniai senėjimo požymiai (odos raukšlėjimasis ir minkštųjų audinių ptozė) yra glaudžiai susiję su gilesniųjų sluoksnių remodeliacija.

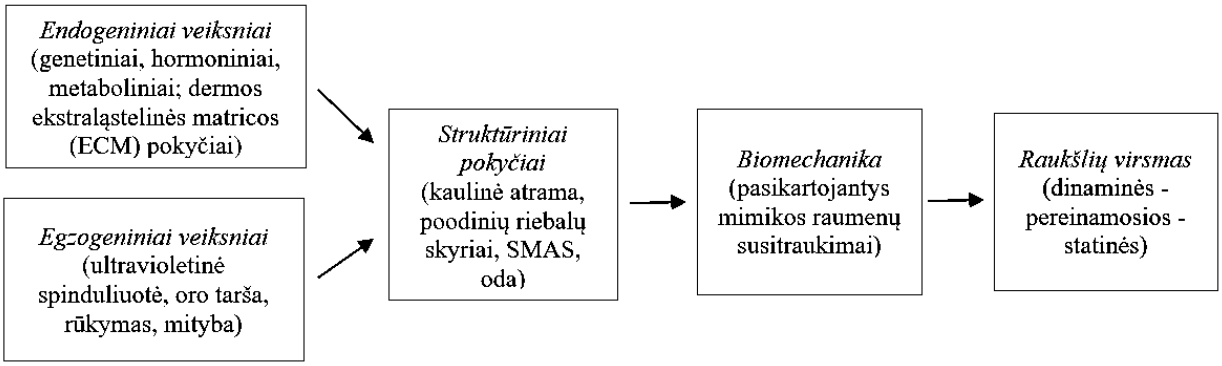
Kaulinės atramos mažėjimas – ypač viršutinio žandikaulio ir piriforminės srities rezorbcija – keičia minkštųjų audinių atramos taškus ir sudaro prielaidas veido kontūrų slinkimui (Mendelson, Wong, 2012). Kartu su amžiumi kinta poodinių riebalų skyrių tūris ir padėtis: paviršiniai riebalai paprastai yra mobilesni ir labiau veikiami mimikos raumenų aktyvumo, o gilieji skyriai yra tvirčiau fiksuoti prie kaulinės atramos. Silpnėjant raiščių aparatui ir vykstant kaulų remodeliacijai, riebalinės pagalvėlės gali persiskirstyti, išryškindamos įdubimus (pvz., skruostų ar smilkinių srityse) ir sustiprindamos klostes (Li et al., 2022; Swift et al., 2021).

Paviršinė raumenų–aponeurozinė sistema (SMAS; angl. superficial musculoaponeurotic system) ir ją palaikantis raiščių aparatas veikia kaip veido funkcinių ir estetinių vienetų „rėmas“: mažėjant šių struktūrų elastingumui ir kintant fascinių plokštumų slydimui, didėja audinių ptozė. Šie pokyčiai ypač reikšmingi nasolabialinių klosčių ir melomentalinių raukšlių ryškėjimui (Swift et al., 2021; Frank et al., 2024).

Odoje tuo pat metu mažėja I tipo kolageno sintezė ir didėja kolageno skaidulų fragmentacija. Literatūroje pabrėžiama, kad dermos kolageno sintezė su amžiumi mažėja, o

ISSN 2345-068

ultravioletinės spinduliuotės poveikis šį procesą pagreitina, skatindamas matrikso metaloproteinazių (MMP) aktyvumą (Al-Atif, 2022; Addor, 2018). Elastino apykaita yra lėta, todėl ilgalaikis mechaninis ir egzogeninių veiksnių poveikis lemia elastingųjų skaidulų pažeidą ir mažina audinių „grįžtamumą“ (Baumann et al., 2021). Šių pokyčių sankirta su pasikartojančiais mimikos judesiais sukuria sąlygas dinaminėms raukšlėms palaipsniui fiksuotis ir virsti statinėmis.



2 pav. Mimikos raukšlių formavimosi seka: endogeninių ir egzogeninių veiksnių, struktūrinių pokyčių ir biomechanikos sąveika.

Schema apibendrina „iš vidaus į išorę“ veido senėjimo koncepciją (Swift, A., Liew, S., Weinkle, S., Garcia, J. K., & Silberberg, M. B. (2021). The facial aging process from the “inside out”. Aesthetic Surgery Journal, 41(10), 1107–1119) ir parodo, kad struktūriniai pokyčiai (kaulinės atramos mažėjimas, poodinių riebalų skyrių persiskirstymas, SMAS ir dermos ekstraląstelinės matricos (ECM) pertvarka) didina audinių pažeidžiamumą pasikartojančiai mechaninei apkrovai; dėl to dinaminės raukšlės palaipsniui fiksuojasi ir virsta pereinamosiomis, o vėliau – statinėmis.

MIMIKOS RAUKŠLIŲ SAMPRATA IR TIPAI

Mimikos raukšlių formavimosi pradžia siejama su dinamine odos deformacija mimikos raumenims susitraukiant. Tokiu atveju raukšlė dažniausiai orientuota statmenai pagrindinei raumens traukos krypčiai (Hillebrand et al., 2010). Jaunoje, elastingoje odoje po raumens atsipalaidavimo susidariusios klostės greitai išnyksta, tačiau pasikartojanti mechaninė apkrova, ypač esant dermos ekstraląstelinės matricos (ECM) pokyčiams, palaipsniui mažina audinių elastingumą ir didina liekamąją deformaciją. Dėl šios priežasties dinaminės raukšlės ilgainiui pereina į pereinamąsias, o vėliau – į statines (Özkoca et al., 2021).

Dinaminės raukšlės dažniausiai ryškėja viršutinėje veido dalyje – kaktos, glabelinėje (tarpuakio) ir periorbitalinėje srityse – kur mimikos raumenys yra paviršiniai, o tarp raumeninių skaidulų ir dermos paprastai yra nedidelis poodinių riebalų sluoksnis; dėl to mechaninė jėga efektyviai perduodama odai (Fakoya et al., 2024). Statinės raukšlės gali turėti didesnį psichosocialinį poveikį, nes išlieka ramybės būsenoje ir dažnai siejamos su nuovargio ar neigiamų emocijų įspūdžiu (Özkoca et al., 2021).

2 lentelė. Raukšlių tipai ir dinaminės–statinės transformacijos logika

Raukšlių tipas	Charakteristika ir pereinamasis mechanizmas
Dinaminės	Matomos tik raumenų susitraukimo metu; susidaro dėl pasikartojančios odos mechaninės deformacijos mimikos metu.
Pereinamosios	Po raumenų atsipalaidavimo išlieka trumpą laiką; atsistatymas lėtėja dėl mažėjančio dermos elastingumo ir ECM pokyčių.
Statinės	Išlieka ramybės būsenoje; susijusios su dermos kolageno/elastino degradacija, poodinių struktūrų ptoze ir ilgalaike mechanine apkrova.

Šaltiniai: 12. Hillebrand, G. G., Liang, Z., Yan, X., & Yoshii, T. (2010). New wrinkles on wrinkling: An 8-year longitudinal study on the progression of expression lines into permanent wrinkles. British Journal of Dermatology, 162(6), 1233–1241. https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2010.09709.x; Özkoca, D., Aşkın, Ö., & Engin, B. (2021). Treatment of periorbital and perioral wrinkles with fractional Er:YAG laser: What are the effects of age, smoking, and Glogau stage? Journal of Cosmetic Dermatology, 20(9), 2800–2804; Fakoya, A. O., Hohman, M. H., Westbrook, K. E., & Varacallo, M. A. (2024). Anatomy, head and neck: Facial muscles. StatPearls Publishing.

ISSN 2345-068

PAGRINDINIŲ MIMIKOS RAUKŠLIŲ ANATOMINĖS IR BIOMECHANINĖS SĄSAJOS

Tam tikrose veido anatominėse srityse mimikos raukšlių formavimąsi lemia ne vieno raumens aktyvumas, bet kelių mimikos raumenų funkcinė sąveika – sinergija ir antagonizmas – keičianti minkštųjų audinių trauką ir odos deformacijos kryptį (Swift et al., 2021; Fakoya et al., 2024). Esant lokaliam raumenų hipertoniškumui (padidėjusiam tonusui) arba hipotonijai (sumažėjusiam tonusui), kinta ramybės ir aktyvacijos metu registruojamas raumenų aktyvumo profilis. Dėl to persitvarko odos traukos kryptys (jėgų vektoriai) ir didėja mechaninė apkrova raukšlių formavimosi zonose (Cotofana et al., 2021; Frank et al., 2024). Šiuos procesus sustiprina su amžiumi susijęs dermos mechaninių savybių silpnėjimas ir ekstraląstelinės matricos (ECM) pertvarka, todėl kartotinės mimikos sukeltos dinaminės klostės ilgainiui lengviau pereina į pereinamąsias, o vėliau – į statines raukšles (Hillebrand et al., 2010; Santoprete et al., 2023). Mechaniniai modeliai taip pat rodo, kad mikroreljefo netolygumai ir pasikartojantis įtempimas gali kaupti deformaciją ir prisidėti prie gilesnių raukšlių formavimosi (Chavoshnejad et al., 2020). Toliau aptariamos dažniausiai klinikinėje praktikoje stebimos mimikos raukšlių zonos ir jų anatominės bei biomechaninės sąsajos.

3 lentelė. Pagrindinės mimikos raukšlės: dominuojantys raumenys ir traukos krypties dėsningumai

Raukšlė (terminas)	Veido sritis / mimika	Dominuojantys raumenys (LT / lot.)	Bendra traukos kryptis (vektoriaus logika)
Kaktos horizontaliosios raukšlės	Antakių kėlimas, nuostaba	Kaktos raumuo / *m. frontalis* (*m. occipitofrontalis* dalis)	Vertikali trauka aukštyn → formuojasi horizontalios klostės
Glabelinės raukšlės (tarpuakio)	Antakių suartinimas, susirūpinimas	Antakių sutraukiamasis / *m. corrugator supercilii*; tiesusis nosies / *m. procerus*; antakių nuleidžiamasis / *m. depressor supercilii*	Medialinė ir kaudalinė trauka → vertikalios ir (ar) įstrižos klostės
Lateralinės periorbitalinės raukšlės („varnos kojelės“)	Šypsena, prisimerkimas	Žiedinis akies raumuo / *m. orbicularis oculi* (sinergija su skruostiniais)	Radialinė trauka lateraliai → spindulinės klostės
Nasolabialinės klostės	Šypsena, minkštųjų audinių ptozė	SMAS; viršutinės lūpos keliamųjų raumenų kompleksas / *m. levator labii superioris* (± *m. levator labii superioris alaeque nasi*); skruostiniai / *mm. zygomatici*	Aukštyn ir medialiai nukreipta trauka + audinių nuslinkimas → gilėjanti klostė
Melomentalinės raukšlės („marionetinės“ linijos)	Burnos kampų nuleidimas	Burnos kampo nuleidžiamasis / *m. depressor anguli oris*; smakro raumuo / *m. mentalis*; kaklo poodinis raumuo / *m. platysma*	Kaudalinė trauka žemyn → burnos kampų nusileidimas ir raukšlės ryškėjimas

Šaltiniai: Fakoya, A. O., Hohman, M. H., Westbrook, K. E., & Varacallo, M. A. (2024). Anatomy, head and neck: Facial muscles; Swift, A., Liew, S., Weinkle, S., Garcia, J. K., & Silberberg, M. B. (2021). The facial aging process from the “inside out”. Aesthetic Surgery Journal, 41(10), 1107–1119.; Hong, G. W., Wong, S., Yoon, S. E., Wan, J., & Yi, K. H. (2025a). Anatomical-based diagnosis and filler injection techniques: Marionette line (static labiomandibular fold). Journal of Dermatological Treatment, 36(1); Hong, G.-W., Wan, J., Yoon, S.-E., Wong, I. K. J., & Kim, S.-B. (2025b). Anatomical considerations and technique for nasolabial fold thread lifting. Plastic and Reconstructive Surgery Global Open, 13(10), e7150; Minelli, L., Brown, C. P., van der Lei, B., & Mendelson, B. (2023). Anatomy of the facial glideplanes, deep plane spaces, and ligaments: Implications for surgical and nonsurgical lifting procedures. Plastic and Reconstructive Surgery, 154(1), 95–110.

Kaktos horizontaliosios raukšlės dažniausiai siejamos su kaktos raumens (m. frontalis) aktyvumu. Šis raumuo yra kaktinio–pakaušinio komplekso (m. occipitofrontalis) dalis, o priekinę ir užpakalinę dalis jungia sausgyslinis šalmas (galea aponeurotica) (Fakoya et al., 2024). Priekinė dalis kelia antakius ir sudaro prielaidas horizontalioms odos klostėms

ISSN 2345-068

formuotis, o pakaušinė dalis (m. occipitalis) prisideda prie galvos odos (skalpo) įtampos stabilizavimo. Klinikinėje praktikoje pastebima, kad esant nuolatiniam kaktos raumens hipertoniškumui ir nepakankamam pakaušinės dalies atsipalaidavimui, ilgainiui didėja kaktos srities odos įtempimas ir raukšlės fiksuojasi. Kadangi įtempimo raštai gali būti individualiai skirtingi, vertinant kaktos raukšles svarbu atsižvelgti į individualią anatomiją ir raumenų funkcijos ypatumus.

Glabelinės raukšlės (GL; angl. glabellar lines) formuojasi dėl antakių suartinimo ir nuleidimo judesių, kuriuose dalyvauja m. corrugator supercilii, m. procerus, m. depressor supercilii ir žiedinio akies raumens medialinės skaidulos (m. orbicularis oculi) (Fakoya et al., 2024). Klinikinis raukšlių raštas priklauso nuo šių raumenų sinergijos, antagonizmo ir susidarančių įtempimo vektorių. Kai raumenų aktyvumas išlieka padidėjęs, o dermos elastingumas mažėja dėl ekstraląstelinės matricos (ECM) pokyčių, vertikalios dinaminės linijos palaipsniui virsta statinėmis. Dėl to glabelinėje srityje „susirūpinimo“ ar „pykčio“ išraišką primenantis bruožas gali išlikti ir ramybės būsenoje (Özkoca et al., 2021).

Lateralinės periorbitalinės raukšlės (angl. lateral canthal rhytids) yra spindulinės raukšlės, sklindančios iš lateralinio akies kampo, dažniausiai susijusios su šypsena ir prisimerkimu. Pagrindinis jų formavimuisi reikšmingas raumuo yra žiedinis akies raumuo (m. orbicularis oculi), veikiantis kaip sfinkteris. Dėl paviršinės padėties jis efektyviai perduoda mechaninę jėgą odai (Fakoya et al., 2024). Šypsenos metu dažnai aktyvuojami ir skruostiniai raumenys, todėl lateralinėje periorbitalinėje srityje kinta odos įtempimo pasiskirstymas. Pradžioje „varnos kojelės“ paprastai yra dinaminės, tačiau dėl fotopažeidimo ir dermos kolageno skaidulų fragmentacijos ilgainiui jos gali ryškėti ir išlikti ramybės būsenoje (Addor, 2018; Özkoca et al., 2021).

Nasolabialinės klostės (kai kuriuose šaltiniuose vartojama ir sąvoka „melolabialinės klostės“) tęsiasi nuo nosies sparnų srities iki burnos kampo ir anatomiškai žymi ribą tarp skruosto ir viršutinės lūpos. Jų ryškėjimą lemia keli tarpusavyje susiję mechanizmai: (1) kaulinės atramos ir paranasalinės srities tūrio mažėjimas; (2) poodinių riebalų skyrių persiskirstymas ir minkštųjų audinių nuslinkimas, susijęs su SMAS ir raiščių aparato funkcinių savybių silpnėjimu; (3) viršutinės lūpos keliamųjų raumenų ir skruostinių raumenų aktyvumas, kuris šypsenos metu gali didinti klostės gylį (Swift et al., 2021). Naujesnėje literatūroje pabrėžiama, kad nasolabialinės klostės fenotipą moduliuoja ir lokalūs audinių mobilumo skirtumai: santykinai mobilesni audiniai virš klostės linijos linkę slinkti ir „koncentruotis“ klostės projekcijoje, o mažiau paslankios struktūros ir atraminiai elementai apatinėje dalyje formuoja ryškesnę ribą (Hong et al., 2024, 2025b; Minelli et al., 2023).

Melomentalinės raukšlės („marionetinės“ linijos) leidžiasi nuo burnos kampų žemyn ir dažnai siejamos su burnos kampų nusileidimu bei apatinio veido trečdalio ptoze. Jų formavimuisi reikšmingas burnos kampo nuleidžiamojo raumens (m. depressor anguli oris) ir smakro raumens (m. mentalis) aktyvumas, taip pat kaklo poodinis raumuo – m. platysma. Šio raumens skaidulų hipertoniškumas gali sustiprinti kaudaline kryptimi nukreiptą trauką ir prisidėti tiek prie „marionetinių“ linijų, tiek prie vertikalių kaklo juostų (angl. platysmal bands) išryškėjimo (Hong et al., 2025a; Swift et al., 2021). Anatominės analizės rodo, kad melomentalinių raukšlių fenotipą lemia raumenų funkcijos, poodinių riebalų audinio pokyčių ir apatinio žandikaulio atramos kitimo sąveika, todėl jų etiologija laikoma kompleksine (Hong et al., 2025a).

DISKUSIJA

Ši naratyvinė mokslinės literatūros apžvalga leidžia mimikos raukšlių formavimąsi interpretuoti kaip nuoseklų procesą, kuriame pasikartojanti mimikos raumenų sukelta mechaninė deformacija ilgainiui pereina į struktūrinę „fiksaciją“ dėl su amžiumi ir aplinkos veiksniais susijusių audinių pokyčių. Tokia interpretacija atitinka šiame straipsnyje aptartą

ISSN 2345-068

dinaminės–pereinamosios–statinės raukšlės virsmą ir pagrindžia, kodėl identiška mimikos apkrova skirtingame amžiuje ar esant skirtingai audinių būklei lemia nevienodą raukšlėjimosi trajektoriją (pvz., Addor, 2018; Özkoca et al., 2021).

Diskutuojant mechanizmų lygmeniu, svarbi išvada yra ta, kad raukšlių fenotipas formuojasi ne vien odos paviršiuje, o sąveikaujant keliems sluoksniams: dermos ECM būklei (kolageno/elastino architektūrai), poodžio atraminėms savybėms, SMAS/raiščių aparato būklei ir raumenų traukos vektoriams. Literatūroje akcentuojama, kad būtent audinių biomechaninių savybių kaita (elastinės grąžos mažėjimas, struktūrinių komponentų pertvarka) didina liekamosios deformacijos tikimybę, todėl dinaminės klostės linkusios „užsifiksuoti“ (pvz., Al-Atif, 2022; Özkoca et al., 2021).

Reikšmingas apžvalgos diskusinis aspektas – skirtingų veido anatominių sričių mechanizmų „svorio“ nevienodumas. Viršutinėje veido dalyje (kakta, glabela, periorbitalinė sritis) dažniau dominuoja tiesioginė mimikos raumenų dinamika ir odos deformacijos kryptis, kurią lemia raumenų sinergija ir antagonizmas, todėl ankstyvosios linijos labiau atspindi funkcinius judesių modelius. Tuo tarpu vidurinėje ir apatinėje veido dalyje (nasolabialinės, melomentalinės klostės) ryškesnis tampa atraminių struktūrų indėlis: audinių paslankumo skirtumai, riebalų skyrių kaita, raiščių aparato pokyčiai ir minkštųjų audinių slinkimas, kurie moduliuoja klosčių gylį ir ribos aštrumą (pvz., Hong et al., 2024; Hong et al., 2025a; Hong et al., 2025b; Minelli et al., 2023).

Nasolabialinių klosčių atveju aktuali literatūroje pabrėžiama nuostata, kad fenotipą gali formuoti lokalūs audinių mobilumo skirtumai: mobilesni audiniai virš klostės linijos linkę slinkti ir koncentruotis klostės projekcijoje, o mažiau paslankios struktūros žemiau klostės sudaro ryškesnę ribą. Ši nuostata padeda paaiškinti klinikinę variaciją ir tai, kodėl vien tik „mimikos“ veiksnio nepakanka prognozuoti klostės progresavimą – būtina vertinti audinių atramą ir paslankumą konkrečioje srityje (pvz., Minelli et al., 2023; Hong et al., 2024).

Svarbu pabrėžti, kad ši apžvalga yra teorinė ir remiasi heterogeniškais šaltiniais (klinikiniai stebėjimai, anatomijos darbai, modeliavimo tyrimai), todėl pateikiamos išvados yra mechanistinės sintezės rezultatas. Tai riboja galimybę daryti kiekybines išvadas apie atskirų mechanizmų santykinį „svorį“ skirtingose srityse, tačiau suteikia konceptualų karkasą, kuris gali būti tikrinamas empiriniais tyrimais. Šis apribojimas būdingas naratyvinėms apžvalgoms ir turi būti vertinamas kartu su jų stiprybe – galimybe integruoti skirtingų disciplinų duomenis į vieną aiškinamąjį modelį (Baethge et al., 2019; Popay et al., 2006; Sukhera, 2022).

Praktiniu požiūriu kosmetologijoje apžvalga pagrindžia individualizuotą sprendimų parinkimą pagal vyraujantį mechanizmą ir veido sritį. Jei dominuoja fotopažeidos ir oksidacinio streso komponentė, didžiausią reikšmę įgauna eksposominių veiksnių kontrolė ir fotoprotekcija; jei ryškesnė mechaninė komponentė, svarbesnis darbas su mimikos įpročiais, raumenų įtampų disbalansu, odos barjero ir hidratacijos palaikymu, siekiant mažinti liekamąsias deformacijas ir lėtinti dinaminės raukšlės fiksaciją (pvz., Al-Atif, 2022; Addor, 2018).

Ateities tyrimų kryptys galėtų apimti: (1) standartizuotus dinaminio raukšlėjimosi ir odos deformacijos matavimus skirtingose veido srityse, (2) daugiasluoksnius (oda–poodis–SMAS) modelius, integruojančius biomechaninius parametrus ir jų kaitą su amžiumi, (3) aiškesnį mimikos ir atraminių struktūrų indėlio diferencijavimą nasolabialinių ir melomentalinių klosčių fenotipe. Tokie tyrimai sustiprintų priežastines išvadas ir leistų tiksliau pagrįsti individualizuotas, neinvazines prevencijos strategijas.

IŠVADOS

1. Mimikos raukšlių formavimąsi lemia endogeninių (genetinių, hormoninių, metabolinių) ir egzogeninių (ultravioletinės spinduliuotės, oro taršos, rūkymo, gyvenimo būdo) veiksnių

ISSN 2345-068

sąveika, didinanti oksidacinį stresą ir skatinanti dermos ekstraląstelinės matricos (ECM) degradaciją bei pertvarką.
2. Veido senėjimas vyksta „iš vidaus į išorę“: mažėjanti kaulinė atrama, poodinių riebalų skyrių persiskirstymas ir SMAS bei raiščių aparato silpnėjimas keičia minkštųjų audinių padėtį, o tuo pat metu mažėjantis kolageno ir elastino kiekis bei jų kokybiniai pokyčiai mažina odos atsparumą tempimo apkrovoms.
3. Dinaminės raukšlės palaipsniui fiksuojasi ir virsta statinėmis, kai pasikartojanti mechaninė apkrova sąveikauja su mažėjančiu odos elastingumu ir audinių mikroremodeliacijos procesais.
4. Skirtingų veido sričių raukšlių formavimuisi būdingi nevienodi anatominiai ir biomechaniniai mechanizmai: kaktos horizontaliosios raukšlės siejamos su m. frontalis aktyvumu; glabelinės raukšlės – su antakių suartinimo ir nuleidimo raumenų kompleksu; lateralinių periorbitalinių raukšlių („varnos kojelių“) formavimasis susijęs su m. orbicularis oculi ir sinerginių raumenų veikla; nasolabialinių klosčių ir melomentalinių raukšlių ryškėjimą labiau lemia minkštųjų audinių ptozė, atramos struktūrų pokyčiai ir specifiniai traukos vektoriai.
5. Kosmetologijos praktikoje šių mechanizmų supratimas pagrindžia kompleksinį požiūrį į prevenciją ir neinvazines intervencijas: nuoseklią fotoprotekciją, oksidacinio streso mažinimą, odos barjerinės funkcijos ir hidratacijos palaikymą bei individualizuotą darbą, orientuotą į mimikos raumenų įtampų disbalanso mažinimą.

LITERATŪRA

1. Addor, F. A. S. (2018). Beyond photoaging: Additional factors involved in the process of skin aging. Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology, 11, 437–443. https://doi.org/10.2147/CCID.S177448
2. Al-Atif, H. (2022). Collagen supplements for aging and wrinkles: A paradigm shift in the fields of dermatology and cosmetics. Dermatology Practical & Conceptual, 12(1), e2022018. https://doi.org/10.5826/dpc.1201a18
3. Baumann, L., Bernstein, E. F., Weiss, A. S., Bates, D., Humphrey, S., Silberberg, M., & Daniels, R. (2021). Clinical relevance of elastin in the structure and function of skin. Aesthetic Surgery Journal Open Forum, 3(3), ojab019. https://doi.org/10.1093/asjof/ojab019
4. Baethge, C., Goldbeck-Wood, S., & Mertens, S. (2019). SANRA—a scale for the quality assessment of narrative review articles. Research Integrity and Peer Review, 4, 5. https://doi.org/10.1186/s41073-019-0064-8
5. Chavoshnejad, P., More, S., & Razavi, M. J. (2020). From surface microrelief to big wrinkles in skin: A mechanical in-silico model. Extreme Mechanics Letters, 36, 100647. https://doi.org/10.1016/j.eml.2020.100647
6. Cotofana, S., Assemi-Kabir, S., Mardini, S., Giunta, R. E., Gotkin, R. H., Moellhoff, N., Avelar, L. E. T., Mercado-Perez, A., Lorenc, Z. P., & Frank, K. (2021). Understanding facial muscle aging: A surface electromyography study. Aesthetic Surgery Journal, 41(9), NP1208–NP1217. https://doi.org/10.1093/asj/sjab202
7. Fakoya, A. O., Hohman, M. H., Westbrook, K. E., & Varacallo, M. A. (2024). Anatomy, head and neck: Facial muscles. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing. Retrieved December 31, 2025, from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493209/
8. Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing, 24*(4), 230–235. https://doi.org/10.1179/2047480615Z.000000000329
9. Frank, K., Moellhoff, N., Engerer, N., Kaye, K. O., Alfertshofer, M., Gotkin, R. H., Kassirer, S., Weinmann, C., Casabona, G., & Cotofana, S. (2024). Understanding the interplay between skin, fascia, and muscles of the midface in facial aging. Aesthetic Plastic Surgery, 48(18), 3568–3576. https://doi.org/10.1007/s00266-024-04070-6
10. Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. Health Information & Libraries Journal, 26(2), 91–108. https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x
11. Green, B. N., Johnson, C. D., & Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: Secrets of the trade. Journal of Chiropractic Medicine, 5(3), 101–117. https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6

ISSN 2345-068

12. Hillebrand, G. G., Liang, Z., Yan, X., & Yoshii, T. (2010). New wrinkles on wrinkling: An 8-year longitudinal study on the progression of expression lines into permanent wrinkles. British Journal of Dermatology, 162(6), 1233–1241. https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2010.09709.x
13. Hong, G.-W., Song, S., Park, S. Y., Lee, S.-B., Wan, J., Hu, K.-S., & Yi, K.-H. (2024). Why do nasolabial folds appear? Exploring the anatomical perspectives and the role of thread-based interventions. Diagnostics, 14(7), 716. https://doi.org/10.3390/diagnostics14070716
14. Hong, G.-W., Wong, S., Yoon, S. E., Wan, J., & Yi, K.-H. (2025a). Anatomical-based diagnosis and filler injection techniques: Marionette line (static labiomandibular fold). Journal of Dermatological Treatment, 36(1), 2452954. https://doi.org/10.1080/09546634.2025.2452954
15. Hong, G.-W., Wan, J., Yoon, S.-E., Wong, I. K. J., & Kim, S.-B. (2025b). Anatomical considerations and technique for nasolabial fold thread lifting. Plastic and Reconstructive Surgery Global Open, 13(10), e7150. https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000007150
16. Lephart, E. D., & Naftolin, F. (2021). Menopause and the skin: Old favorites and new innovations in cosmeceuticals for estrogen-deficient skin. Dermatology and Therapy, 11(1), 53–69. https://doi.org/10.1007/s13555-020-00468-7
17. Li, K., Meng, F., Li, Y. R., Tian, Y., Chen, H., Jia, Q., Cai, H., & Jiang, H. B. (2022). Application of nonsurgical modalities in improving facial aging. International Journal of Dentistry, 2022, Article 8332631. https://doi.org/10.1155/2022/8332631
18. Martic, I., Jansen-Dürr, P., & Cavinato, M. (2022). Effects of air pollution on cellular senescence and skin aging. Cells, 11(14), 2220. https://doi.org/10.3390/cells11142220
19. Mendelson, B., & Wong, C.-H. (2012). Changes in the facial skeleton with aging: Implications and clinical applications in facial rejuvenation. Aesthetic Plastic Surgery, 36(4), 753–760. https://doi.org/10.1007/s00266-012-9904-3
20. Minelli, L., Brown, C. P., van der Lei, B., & Mendelson, B. (2023). Anatomy of the facial glideplanes, deep plane spaces, and ligaments: Implications for surgical and nonsurgical lifting procedures. Plastic and Reconstructive Surgery, 154(1), 95–110. https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000011078
21. Özkoca, D., Aşkın, Ö., & Engin, B. (2021). Treatment of periorbital and perioral wrinkles with fractional Er:YAG laser: What are the effects of age, smoking, and Glogau stage? Journal of Cosmetic Dermatology, 20(9), 2800–2804. https://doi.org/10.1111/jocd.13984
22. Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., Britten, N., Roen, K., & Duffy, S. (2006). Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews: A product from the ESRC Methods Programme (Final report). ESRC Methods Programme.
23. Santoprete, R., Hourblin, V., Foucher, A., Dufour, O., Bernard, D., Domanov, Y., Querleux, B., & Potter, A. (2023). Reduction of wrinkles: From a computational hypothesis to a clinical, instrumental, and biological proof. Skin Research and Technology, 29(3), e13267. https://doi.org/10.1111/srt.13267
24. Sukhera, J. (2022). Narrative reviews: Flexible, rigorous, and practical. Journal of Graduate Medical Education, 14(4), 414–417. https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00480.1
25. Swift, A., Liew, S., Weinkle, S., Garcia, J. K., & Silberberg, M. B. (2021). The facial aging process from the "inside out". Aesthetic Surgery Journal, 41(10), 1107–1119. https://doi.org/10.1093/asj/sjaa339

ISSN 2345-068

EXPRESSION OF PROFESSIONAL MOTIVATION AMONG GENERATION Z NURSING SPECIALISTS IN SUPPORTIVE TREATMENT AND NURSING HOSPITAL

PROFESINĖS MOTYVACIJOS RAIŠKA TARP Z KARTOS SLAUGOS SPECIALISTŲ PALAIKOMOJO GYDYMO IR SLAUGOS LIGONINĖJE

Viljaras Reigas, Ingrida Šukienė, Jolanta Skrabulienė, Agnė Songailaitė
SMK College of Applied sciences, Lithuania

Annotation

Supportive treatment and nursing hospitals are increasingly facing shortages of nursing staff, while Generation Z entering the labor market is characterized by a different structure of professional motivation and work-related expectations. Therefore, it is important to identify the factors associated with Generation Z nurses' decisions to work and remain in the long-term care sector. The aim of this study was to assess the expression of professional motivation among Generation Z general practice nurses working in supportive treatment and nursing hospitals and to identify the main factors associated with their professional motivation. A quantitative study was conducted using an anonymous survey in 9 supportive treatment and nursing hospitals in Lithuania. The study included 194 Generation Z general practice nurses holding a valid license. Data were analyzed using IBM SPSS Statistics, applying descriptive statistics, Cronbach's alpha, exploratory factor analysis (PCA with Varimax rotation), Pearson correlation, and multiple linear regression ($p < 0.05$). Exploratory factor analysis confirmed a five-factor structure (KMO = 0.89; Bartlett $\chi^2 = 3124.56$; $p < 0.001$), explaining 67.8% of the variance. Professional motivation was statistically significantly associated with the perception of work meaningfulness ($r = 0.68$; $p < 0.001$), organizational support ($r = 0.61$; $p < 0.001$), opportunities for professional development ($r = 0.54$; $p < 0.001$), and work–life balance ($r = 0.47$; $p < 0.001$). The regression model was significant ($F = 62.4$; $p < 0.001$) and explained 59% of the variance in professional motivation ($R^2 = 0.59$). The strongest predictors of professional motivation were the perception of work meaningfulness ($\beta = 0.41$; $p < 0.001$) and organizational support ($\beta = 0.29$; $p < 0.001$); the impact of opportunities for professional development was also significant ($\beta = 0.21$; $p < 0.001$), as well as a weaker but significant effect of work–life balance ($\beta = 0.12$; $p = 0.031$). The professional motivation of Generation Z general practice nurses in supportive treatment and nursing hospitals is multidimensional and is most strongly associated with the perception of work meaningfulness, organizational support, and opportunities for professional development. These factors provide a strong foundation for motivation and staff retention strategies in the long-term care sector.

Keywords*: Generation Z. Professional motivation. Organizational support. Supportive treatment and nursing. Nursing hospital.*

INTRODUCTION

Relevance of the Study. Healthcare systems, especially the long-term care and supportive treatment sector, are facing a growing shortage of nursing professionals, which has become a significant challenge to service accessibility and quality. This shortage is driven not only by population aging and the increasing demand for nursing services, but also by high workloads, the emotional complexity of the job, and rising staff turnover. This problem is particularly relevant in supportive treatment and nursing hospitals, where nurses' work requires long-term emotional involvement, psychological resilience, and continuous contact with patients suffering from chronic and progressive illnesses. In recent years, representatives of Generation Z have been increasingly entering the nursing labor market, whose structure of professional motivation, work expectations, and attitudes toward organizational commitment fundamentally differ from those of previous generations. International studies show that for Generation Z nursing professionals, work meaningfulness, psychological well-being, a supportive organizational culture, and opportunities for professional growth are especially important, while the lack of these factors is associated with a higher risk of job dissatisfaction and withdrawal from the profession. Therefore, the issue of motivating Generation Z nurses becomes not only an organizational but also a strategic task of the healthcare system.

Aim of the Study. The aim of this study is to assess the expression of professional motivation among Generation Z general practice nurses working in supportive treatment and nursing hospitals and to identify the main individual and organizational factors associated with their professional motivation and decision to work in this sector.

ISSN 2345-068

Research Methodology. The study was conducted using quantitative research design, applying a structured anonymous questionnaire. Data were collected in 9 supportive treatment and nursing hospitals in Lithuania, in compliance with the principles of voluntariness, anonymity, and ethics. The study included 194 Generation Z general practice nurses holding a valid nursing license. Data analysis employed descriptive statistics methods, Cronbach's alpha coefficient, exploratory factor analysis, Pearson correlation analysis, and multiple linear regression analysis, using IBM SPSS Statistics software.

Research Results. The results of the study showed that the professional motivation of Generation Z general practice nurses in supportive treatment and nursing hospitals is multidimensional and statistically significantly associated with the perception of work meaningfulness, organizational support, opportunities for professional development, and work–life balance. The strongest predictor of professional motivation was the perception of work meaningfulness, while organizational factors—support and growth opportunities—also significantly contributed to the formation of motivation. The regression analysis model explained a substantial proportion of the variance in professional motivation, confirming the study hypothesis.

Originality and Value of the Study. This study is characterized by theoretical and practical originality, as for the first time in the Lithuanian context it comprehensively analyzes the professional motivation of Generation Z general practice nurses in supportive treatment and nursing hospitals. The study results enrich the international nursing and organizational behavior literature by applying theoretical insights on Generation Z motivation to the long-term care sector. From a practical perspective, the study provides empirically grounded insights for nursing managers and health policy makers, helping to develop targeted staff recruitment and retention strategies oriented toward the needs and expectations of Generation Z nursing professionals.

THEORETICAL BACKGROUND

Healthcare systems are increasingly facing staff shortages in supportive treatment and nursing hospitals, driven not only by demographic changes but also by growing workloads and the high emotional complexity of the job. This issue is particularly relevant when considering Generation Z entering the labor market, whose structure of professional motivation, work expectations, and attitudes toward organizational commitment fundamentally differ from those of previous generations. International scientific studies indicate that Generation Z nursing professionals more frequently emphasize work meaningfulness, psychological well-being, work–life balance, a supportive organizational culture, and clear opportunities for professional development, while the lack of these factors is associated with a higher risk of job dissatisfaction and withdrawal from the profession (Sherman, 2021; Kim et al., 2024; Al-Moteri et al., 2025). In supportive treatment and nursing hospitals, these challenges are further intensified by patients' chronic conditions, long-term dependence on care, frequent losses, and continuous emotional involvement; therefore, the issue of motivating young professionals becomes not only an organizational but also a systemic healthcare challenge.

The presence of representatives of different generations in healthcare organizations results in a heterogeneous structure of professional values, work expectations, and motivational factors. The literature most often distinguishes several main generations: the Baby Boomer generation, Generation X, Generation Y (Millennials), and Generation Z, which is currently actively entering the nursing labor market. Nursing professionals from earlier generations are more often characterized by stronger organizational loyalty, a pursuit of stability and long-term commitment to the workplace, and an understanding of the professional role as an expression of duty and responsibility to society. In contrast, younger generations of nurses, especially Generations Y and Z, more often value flexibility, professional mobility, and the ability to

ISSN 2345-068

balance work with personal life, and perceive organizational commitment as conditional and dependent on the quality of the work environment and experienced meaningfulness (Tan, Chin, 2023; Ejebu et al., 2025).

Compared to Generation Y, Generation Z demonstrates an even stronger need for work meaningfulness, psychological well-being, and emotional safety. Studies show that Generation Z nursing professionals evaluate the workplace not only as a space for professional self-realization, but also as an environment that must align with their values, support emotional balance, and provide clear opportunities for professional growth (Sherman, 2021; Al-Moteri et al., 2025). Unlike previous generations, Generation Z representatives are less willing to tolerate unfavorable working conditions or emotional burnout as an "inevitable part of the profession." They more often expect organizations to ensure a supportive culture, open communication, feedback, and learning opportunities, and a mismatch between these expectations increases the risk of job dissatisfaction and withdrawal from the profession (Kim et al., 2024; Koç Aslan et al., 2023).

When comparing Generation Z with previous generations, the literature also highlights differences related to attitudes toward work–life balance and professional sustainability. For Generation Z nursing professionals, workload management, flexible schedules, and the ability to maintain personal well-being are among the most important factors influencing the decision to remain in the profession (Cha, 2025; Lee et al., 2025). Unlike older generations, which more often adapted to organizational demands, Generation Z expects the organization to adapt to the employees' needs, especially at the early stage of their career. These generational differences are particularly significant in supportive treatment and nursing hospitals, where the nature of work requires long-term emotional involvement; therefore, mismatches in generational expectations may directly affect employee motivation, job satisfaction, and retention in the organization (Boamah et al., 2025; Al Yahyaei et al., 2022).

The entry of Generation Z into the nursing profession is associated with a new perspective on work as meaningful, but also as a component of quality of life. The literature emphasizes that for this generation, not only professional calling or social mission is important, but also clear boundaries between work and personal life, respectful interpersonal communication, and psychological safety in the work environment (Sherman, 2021). Empirical studies show that Generation Z nurses' work expectations include a supportive organizational culture, constructive leadership, recognition, teamwork, and opportunities for continuous learning and professional growth (Al-Moteri et al., 2025). Studies among nursing students and young professionals also highlight the importance of job security, fair remuneration, and transparent communication; however, the emotional work climate and the organization's value consistency are gaining increasing importance (Koç Aslan et al., 2023).

Professional motivation in healthcare is defined as the totality of internal and external factors that encourage an employee to choose a profession, engage in work activities, and remain in the profession over the long term. In the nursing context, professional motivation is often associated with a professional calling, the desire to help others, social responsibility, and the perception of work meaningfulness; however, contemporary literature increasingly emphasizes that altruistic motives alone are no longer sufficient to ensure job satisfaction and professional sustainability (Sherman, 2021). Empirical studies show that professional motivation develops through a dynamic interaction between personal values, the work environment, and organizational conditions, and its strength is directly related to employee engagement, work quality, and intention to remain in the organization (Ejebu et al., 2025).

Contemporary nursing research literature emphasizes the multidimensionality of professional motivation, distinguishing between intrinsic motivation (work meaningfulness, self-realization, professional identity) and extrinsic motivation (salary, working conditions, organizational support, career opportunities). Studies indicate that new nursing professionals

ISSN 2345-068

experience higher job satisfaction when intrinsic and extrinsic motivational factors are aligned, and when the work environment allows for the realization of personal values and professional goals (Kim et al., 2024). Organizational support, supportive leadership, and opportunities for professional development are considered essential factors strengthening professional motivation and reducing the risk of job dissatisfaction, especially in demanding nursing fields (Al Yahyaei et al., 2022; Al-Moteri et al., 2025).

Recent studies also reveal that professional motivation in nursing is closely related to work–life balance and psychological well-being. Research on Generation Z nursing professionals shows that meaningful work, balanced workload, and organizational support are the most important factors influencing both the maintenance of professional motivation and the intention to remain in the profession (Cha, 2025; Lee et al., 2025). In the context of long-term care and supportive treatment, professional motivation gains additional significance, as the emotional complexity of work requires not only personal resources but also systemic organizational solutions that enable employees to maintain professional commitment and psychological resilience (Boamah et al., 2025). Therefore, professional motivation in nursing should be viewed as a complex phenomenon encompassing individual, organizational, and contextual factors.

The concept of professional motivation in nursing is most often based on the interaction of intrinsic and extrinsic motivation; however, in the context of Generation Z, the perception of work meaningfulness emerges as one of the most important motivational factors. Studies show that new nursing professionals experience higher job satisfaction when they perceive the impact of their activities on patients' quality of life and feel that their work has social and moral significance (Kim et al., 2024). Nevertheless, the literature also emphasizes the mismatch between expectations and reality, which may lead to professional dissatisfaction and early withdrawal from work, especially in emotionally demanding care settings (Sillero et al., 2023).

Organizational support in healthcare is defined as employees' perception of how much the organization values their contribution, cares about their well-being, and creates conditions for professional functioning. In the nursing context, organizational support is considered one of the most important factors influencing professional motivation, job satisfaction, and intention to remain in the organization. Studies show that a supportive organizational environment, including fair leadership, clear communication, and employee involvement in decision-making, strengthens nurses' organizational commitment and reduces the risk of burnout and turnover (Al Yahyaei et al., 2022; Ejebu et al., 2025). Organizational support becomes particularly important in demanding nursing fields such as supportive treatment and long-term care, where emotional workload requires additional systemic resources.

Empirical literature emphasizes that organizational support is not merely a set of structural measures, but also a relational phenomenon experienced in daily practice, closely linked to leadership style and work climate. Studies of Generation Z nursing professionals show that this generation is particularly sensitive to leaders' behavior, feedback, and the organization's ability to meet employees' emotional and professional needs (Sherman, 2021; Al-Moteri et al., 2025). Unlike previous generations, Generation Z representatives are less inclined to tolerate organizational indifference or unfavorable working conditions, and a lack of organizational support is often associated with faster job dissatisfaction and intention to change workplaces (Kim et al., 2024). Therefore, organizational support becomes an integral part of motivation strategies, especially at the early stage of professional careers.

Recent studies also reveal that organizational support is closely related to ensuring work–life balance and professional sustainability. Balanced workloads, flexible work schedules, and the ability to reconcile professional and personal commitments are important aspects of organizational support, particularly significant for Generation Z nursing professionals (Cha, 2025; Lee et al., 2025). In the long-term care sector, organizations that invest in a supportive

ISSN 2345-068

culture and employee well-being demonstrate higher nurse retention and a more stable workforce structure (Boamah et al., 2025). Therefore, organizational support in nursing should be understood as a complex phenomenon encompassing structural, interpersonal, and psychosocial factors that directly influence professional motivation and employees' decisions to remain in the organization.

In addition, studies show that work–life balance and workload management are important factors associated with Generation Z nursing professionals' retention in the profession. Meaningful work combined with a balanced work schedule and organizational support reduces turnover intentions (Cha, 2025; Lee et al., 2025), while family support and lower work–family conflict strengthen professional stability at the early career stage (Hu et al., 2025).

In summary, the 2021–2025 scientific journal literature supports the assumption that the professional motivation of Generation Z nursing professionals in supportive treatment and nursing hospitals is complex and inseparable from the perception of work meaningfulness, organizational support, and opportunities for professional development. These relationships form a strong theoretical foundation for empirical research and allow for a well-grounded examination of how the aforementioned factors influence Generation Z nursing professionals' decisions to work and remain in supportive treatment and nursing hospitals.

RESEARCH METHODOLOGY

The study was conducted using quantitative research design, applying an anonymous survey, which is considered an appropriate method for analyzing professional motivation, the perception of work meaningfulness, and organizational factors in nursing practice (Polit, Beck, 2021; Creswell, Creswell, 2023). The study was carried out in 9 supportive treatment and nursing hospitals in Lithuania. Before data collection began, the heads of these hospitals were contacted in writing and provided with information about the study aim, the study procedure, the assurance of data anonymity, and the use of data for scientific purposes only. The study was conducted only after receiving the consent of the institution managers and ensuring conditions for the voluntary participation of general practice nurses in the study.

The questionnaires were distributed only to those general practice nurses who agreed to participate in the study and met the established selection criteria. Data collection was organized in a way that ensured the research process did not interfere with daily nursing activities and did not exert pressure on potential respondents.

The study sample consisted of 194 general practice nurses belonging to Generation Z. Only those respondents who met the following inclusion criteria were invited to participate: (1) belonging to Generation Z, (2) working in a supportive treatment and nursing hospital, (3) holding a valid general practice nurse license, and (4) providing voluntary consent to participate in the study. Individuals who did not meet at least one of these criteria were not included in the study.

Such purposive sampling is considered appropriate when the aim of the study is to analyze the experiences and attitudes of a specific professional group, and it is widely applied in nursing and organizational behavior research (Polit, Beck, 2021). The sample size is considered sufficient to perform reliable statistical analysis, including factor and regression analysis, as it exceeds the minimum recommended thresholds for quantitative social research (Hair et al., 2022).

Data screening showed that no significant missing values were identified; isolated missing entries accounted for less than 5% of all data and were considered random. Therefore, they did not have a substantial impact on the analysis results and were handled using the mean substitution method. Data distribution was assessed using skewness and kurtosis indicators, which did not exceed ±2 for all scales, allowing the use of parametric statistical methods. These results confirmed the suitability of the data for further analysis.

ISSN 2345-068

The research instrument—a structured anonymous questionnaire—was developed based on scientific literature examining professional motivation in nursing, the perception of work meaningfulness, organizational support, opportunities for professional development, and work–life balance. The questionnaire development process was grounded in a theoretical and empirical basis in order to ensure construct and content validity and alignment with the study aim and hypothesis.

Statements on professional motivation and job choice were developed based on studies analyzing nurses' work values, professional identity, and organizational commitment (Tan, Chin, 2023; Ejebu et al., 2025; Kim et al., 2024). The construct of the perception of work meaningfulness was based on literature emphasizing the importance of meaningful work for nursing professionals' job satisfaction and retention in the profession, especially in the context of Generation Z (Sherman, 2021; Cha, 2025; Sillero et al., 2023). The organizational support block was developed based on studies examining the relationships between supportive organizational culture, leadership, and employee well-being with motivation and intention to remain at work (Al Yahyaei et al., 2022; Al-Moteri et al., 2025; Boamah et al., 2025).

Statements on professional development and career opportunities were developed based on literature highlighting the importance of competence development and clear career prospects for young nursing professionals' professional motivation, especially in the context of long-term care and palliative nursing (Li et al., 2023; Kim et al., 2024). Statements on work–life balance and job retention were based on empirical studies analyzing the relationships between workload, flexible work organization, and psychological well-being with Generation Z nursing professionals' turnover intention (Cha, 2025; Lee et al., 2025; Hu et al., 2025). All questionnaire statements were presented using a 5-point Likert scale, which is considered suitable for measuring latent constructs and is widely used in nursing research (Polit, Beck, 2021).

To assess the internal consistency of the scales, Cronbach's alpha coefficients were calculated. The results showed that the reliability of all scales used in the study was good or very good. The Cronbach's alpha for the professional motivation scale exceeded the 0.80 threshold; the perception of work meaningfulness and organizational support scales demonstrated high internal consistency; and the alpha values for the professional development and work–life balance scales also met the recommended reliability criteria (>0.70). This allows the conclusion that the research instrument is reliable and suitable for further statistical analysis.

Completed anonymous questionnaires were collected by senior ward nurses, who subsequently forwarded them to the principal researcher. The collected data was entered into and analyzed using IBM SPSS Statistics software. Prior to analysis, data suitability was checked: missing values, data distribution, and internal consistency of the scales were assessed.

Data analysis applied descriptive statistics methods (frequencies, percentages, means, standard deviations), Cronbach's alpha coefficient to assess scale reliability, exploratory factor analysis to identify latent constructs, and Pearson correlation analysis to determine relationships between variables. Multiple linear regression analysis was used to test the study hypothesis. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$ (Hair et al., 2022; Polit, Beck, 2021).

During the study, all core principles of research ethics were observed: voluntariness, anonymity, confidentiality, and the right to withdraw from participation at any time without negative consequences. Respondents were provided with clear information about the study aim, data use, and their rights. No personally identifying data were collected.

The organization of the study and data management complied with the provisions of the Declaration of Helsinki and the requirements of the European Union General Data Protection Regulation (GDPR), ensuring personal data protection and ethical conduct of scientific research (World Medical Association, 2013; European Parliament and Council, 2016).

ISSN 2345-068

RESESARCH RESULT ANALYSIS

To determine the construct validity of the research instrument and to identify latent factors, an exploratory factor analysis was conducted. Prior to the analysis, the suitability of the data for factorization was assessed. The Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) measure of sampling adequacy was high (KMO = 0.89), and Bartlett's test of sphericity was statistically significant ($\chi^2 = 3124.56$; df = 435; $p < 0.001$), confirming the adequacy of the data for factor analysis.

Factor analysis was performed using the Principal Component Analysis (PCA) method with Varimax rotation. The number of factors was determined based on the Eigenvalue > 1 criterion and the interpretability of the factors. The results of the analysis allowed the identification of five latent factors, which together explained 67.8% of the total variance.

The first factor, interpreted as the perception of work meaningfulness, explained 19.6% of the total variance. Statements related to the meaningfulness of work, moral satisfaction, and the value of work for patients' quality of life loaded significantly on this factor (factor loadings ranged from 0.71 to 0.84).

The second factor was labeled organizational support and explained 16.1% of the total variance. This factor consisted of statements reflecting managerial support, organizational culture, psychological safety, and the appreciation of employee contribution. Factor loadings ranged from 0.69 to 0.82.

The third factor, titled professional development and growth opportunities, explained 13.2% of the total variance. It included statements related to competence development, career opportunities, and organizational attention to professional growth (factor loadings ranged from 0.68 to 0.80).

The fourth factor was interpreted as work–life balance and explained 10.4% of the total variance. Statements reflecting workload management, opportunities for flexible scheduling, and the maintenance of psychological balance loaded on this factor (factor loadings ranged from 0.66 to 0.79).

The fifth factor, defined as overall professional motivation, explained 8.5% of the total variance. This factor comprised statements related to intrinsic motivation, satisfaction with the chosen profession, and the intention to continue working in supportive treatment and nursing hospitals (factor loadings ranged from 0.70 to 0.83).

All statements demonstrated factor loadings ≥ 0.60 and showed no significant cross-loadings; therefore, no items were removed from further analysis. The resulting five-factor model corresponded to the theoretical structure of the study and confirmed construct validity.

The results of the exploratory factor analysis indicated that professional motivation among Generation Z general practice nurses in supportive treatment and nursing hospitals is multidimensional and encompasses both individual (perception of work meaningfulness) and organizational (organizational support, professional growth, work–life balance) factors. This empirically supports the assumption proposed in the theoretical section that the professional motivation of Generation Z nursing professionals is formed through a complex interaction of personal and organizational factors.

To assess the relationships among the main study variables, Pearson correlation analysis was conducted. Relationships between professional motivation (dependent variable) and the perception of work meaningfulness, organizational support, opportunities for professional development, and work–life balance (independent variables) were analyzed. The results of the analysis are presented in Table 1.

Table 1. Pearson correlations among the main variables (n = 194)

Variable	**Professional motivation**	**Perception of work meaningfulness**	**Organizational support**	**Opportunities for professional development**	**Work–life balance**
Professional motivation	1.00	0.68***	0.61***	0.54***	0.47***

ISSN 2345-068

Perception of work meaningfulness	0.68***	1.00	0.57***	0.49***	0.42***
Organizational support	0.61***	0.57***	1.00	0.63***	0.51***
Opportunities for professional development	0.54***	0.49***	0.63***	1.00	0.46***
Work–life balance	0.47***	0.42***	0.51***	0.46***	1.00

***p < 0.001
Source: compiled by the authors

Correlation analysis revealed that professional motivation was statistically significant and positively associated with all analyzed variables. The strongest relationship was identified between professional motivation and the perception of work meaningfulness ($r = 0.68$; $p < 0.001$), indicating that a higher perception of work meaningfulness is closely associated with higher professional motivation. Moderate-strength relationships were found between professional motivation and organizational support ($r = 0.61$; $p < 0.001$), as well as opportunities for professional development ($r = 0.54$; $p < 0.001$). A weaker, yet statistically significant relationship was identified between professional motivation and work–life balance ($r = 0.47$; $p < 0.001$).

Statistically significant intercorrelations were also identified among the independent variables; however, their strength did not exceed $r = 0.63$. Therefore, the risk of multicollinearity was considered low and acceptable for conducting regression analysis.

To test the study hypothesis, a multiple linear regression analysis was performed, in which professional motivation was selected as the dependent variable, and the perception of work meaningfulness, organizational support, opportunities for professional development, and work–life balance were included as independent variables.

Prior to conducting the regression analysis, the main assumptions were examined: data normality, independence of residuals, and multicollinearity. The Variance Inflation Factor (VIF) values ranged from 1.32 to 1.74, indicating that no multicollinearity problem was identified.

Table 2. Results of the multiple linear regression analysis (dependent variable – professional motivation)

Independent variable	**β**	**t**	**p**
Perception of work meaningfulness	0.41	7.28	< 0.001
Organizational support	0.29	5.11	< 0.001
Opportunities for professional development	0.21	3.96	< 0.001
Work–life balance	0.12	2.18	0.031

β – standardized regression coefficient. t – Student's t-test indicating the statistical significance of the independent variable's regression coefficient. p – level of significance.
Source: compiled by the authors

The model was statistically significant ($F = 62.4$; $p < 0.001$) and explained 59% of the variance in professional motivation ($R^2 = 0.59$). The perception of work meaningfulness had the greatest predictive value ($\beta = 0.41$; $p < 0.001$) and emerged as the strongest predictor of professional motivation. Organizational support also significantly and positively predicted professional motivation ($\beta = 0.29$; $p < 0.001$), while opportunities for professional development had a moderate but statistically significant effect ($\beta = 0.21$; $p < 0.001$). Work–life balance had a weaker but still significant effect on professional motivation ($\beta = 0.12$; $p = 0.031$).

The results of the regression analysis confirmed the study hypothesis: the professional motivation of Generation Z general practice nurses to work in supportive treatment and nursing hospitals is statistically significantly associated with the perception of work meaningfulness,

ISSN 2345-068

organizational support, and opportunities for professional development. The perception of work meaningfulness emerged as the key factor of professional motivation, while organizational aspects—support and growth opportunities—constitute a significant part of the motivational structure. These results empirically support the assumptions proposed in the theoretical section regarding the multidimensional nature of Generation Z nursing professionals' motivation.

DISCUSSION

The aim of this study was to assess the expression of professional motivation among Generation Z general practice nurses working in supportive treatment and nursing hospitals and to identify the main factors associated with their decision to work and remain in this sector. The obtained results revealed that professional motivation in this group of nurses is multidimensional and is formed through a complex interaction of individual and organizational factors. The multiple regression analysis model explained 59% of the variance in professional motivation ($R^2 = 0.59$), which is considered a high explanatory value in social and nursing research. This indicates that the selected variables—perception of work meaningfulness, organizational support, opportunities for professional development, and work–life balance—are essential components of the professional motivation of Generation Z nursing professionals.

When compared with previous international studies, the explanatory power of this study model is similar or even higher. Kim et al. (2024), analyzing job satisfaction among Generation Y and Z nurses, found that their model explained approximately 52% of the variance, while in a study by Cha (2025), focused on Generation Z nurses' turnover intention, the explanatory power reached about 48%. This suggests that the context of supportive treatment and nursing hospitals, characterized by higher emotional intensity of work, strengthens the importance of certain motivational factors, especially work meaningfulness and organizational support.

One of the most important findings of this study is the emergence of the perception of work meaningfulness as the strongest predictor of professional motivation ($\beta = 0.41$; $p < 0.001$). A strong correlation was also identified between the perception of work meaningfulness and professional motivation ($r = 0.68$; $p < 0.001$). These results consistently confirm the conclusions of previous studies that work meaningfulness is the central axis of professional motivation for Generation Z nursing professionals. Kim et al. (2024) emphasize that Generation Z nurses are more likely than representatives of older generations to value the value-based content and moral meaning of work rather than solely material or structural aspects. Similar insights are provided by Sherman (2021), who notes that Generation Z nurses seek to see the direct impact of their work on patients' quality of life and emotional well-being.

In the context of this study, the importance of work meaningfulness becomes particularly significant due to the specificity of supportive treatment and nursing hospitals. In these institutions, nurses face chronic illnesses, long-term patient dependence on care, frequent losses, and the emotional expectations of relatives daily. In such situations, professional motivation cannot be sustained by external factors alone, it requires a deeper meaningful foundation. A qualitative study by Sillero et al. (2023) showed that Generation Z nursing students often enter the profession with an idealized image of nursing, but only those who discover personal meaning in real practice remain motivated in the longer term. The results of this study complement these insights by empirically demonstrating that work meaningfulness acts as the main stabilizer of motivation in the supportive treatment and nursing sector.

Organizational support in this study was also a significant predictor of professional motivation ($\beta = 0.29$; $p < 0.001$), and correlation analysis showed a strong relationship with professional motivation ($r = 0.61$). These results are consistent with the findings of a systematic review by Al Yahyaei et al. (2022), which consistently links organizational support, leadership quality, and workplace safety with nurses' intention to remain in their jobs. Ejebu et al. (2025) emphasize that for young nursing professionals, organizational support is more important than

ISSN 2345-068

for older generations, as in the early career stage it shapes employees' trust in the organization and their professional path.

It is important to note that in this study organizational support, although significant, was a weaker predictor than the perception of work meaningfulness. This suggests that the professional motivation of Generation Z nurses primarily arises from internal value-based attitudes, while organizational factors act as supporting or inhibiting elements. Al-Moteri et al. (2025) also found that Generation Z nurses are more tolerant of structural organizational shortcomings if they experience work meaningfulness; however, over time, a lack of organizational support increases the risk of turnover. This aspect is particularly relevant for supportive treatment and nursing hospitals, where staff turnover places additional burden on remaining employees and may negatively affect service quality.

Opportunities for professional development in this study had a moderate but statistically significant effect on professional motivation ($\beta = 0.21$; $p < 0.001$; $r = 0.54$). These results are consistent with international literature emphasizing that it is particularly important for Generation Z nursing professionals to see a clear path for professional growth. Al-Moteri et al. (2025) found that Generation Z nurses view the workplace not only as a source of stable employment but also as a space for learning and development. Li et al. (2023), examining a palliative nursing competency framework, emphasized that clearly defined competencies and structured professional growth pathways can help retain employees even in emotionally demanding fields.

The results of this study indicate that opportunities for professional development in supportive treatment and nursing hospitals can function as a long-term motivational factor. While in the short-term Generation Z nurses may be motivated by work meaningfulness, overtime career stagnation may become a significant factor leading to withdrawal. This aspect is particularly important in the Lithuanian context, where the long-term care sector has traditionally been considered less attractive in terms of professional growth.

Work–life balance in this study was the weakest, yet still statistically significant predictor of professional motivation ($\beta = 0.12$; $p = 0.031$). Correlation analysis showed a moderate relationship with professional motivation ($r = 0.47$). Similar results are reported by Lee et al. (2025), who found that work–life balance has a limited direct effect on professional motivation but significantly affects turnover intention. Cha (2025) also emphasizes that work–life balance functions as a "threshold factor" for Generation Z nurses: its absence significantly increases the risk of withdrawal, but its presence alone does not necessarily ensure high professional motivation.

In the context of this study, this may be explained by the fact that workload and emotional involvement in supportive treatment and nursing hospitals are often perceived as an inherent part of the profession. Generation Z nurses may be willing to tolerate a higher workload if they experience work meaningfulness and organizational support; however, in the long-term perspective, a lack of work–life balance may lead to burnout and withdrawal from the profession. Boamah et al. (2025) emphasize that in the long-term care sector, employee retention depends on the ability to reconcile professional demands with personal life.

In summary, it can be stated that the results of this study not only confirm the conclusions of previous international research but also extend them by applying them to the context of supportive treatment and nursing hospitals. The professional motivation of Generation Z general practice nurses in this sector is formed through the perception of work meaningfulness, while organizational factors—support, professional growth, and work–life balance—function as important mechanisms for sustaining motivation. These results have significant practical implications for nursing management and personnel policy, particularly in addressing the problem of nurse shortages in the long-term care sector.

ISSN 2345-068

CONCLUSIONS

1. The perception of work meaningfulness is the main factor of professional motivation among Generation Z general practice nurses in supportive treatment and nursing hospitals: a strong relationship with professional motivation was identified ($r = 0.68$; $p < 0.001$), as well as the highest predictive value in the regression model ($\beta = 0.41$; $p < 0.001$).
2. Organizational factors make a significant contribution to professional motivation, particularly organizational support and opportunities for professional development: organizational support was a statistically significant predictor ($\beta = 0.29$; $p < 0.001$; $r = 0.61$), while opportunities for professional development represented a moderate but significant factor ($\beta = 0.21$; $p < 0.001$; $r = 0.54$).
3. The study hypothesis was confirmed, as professional motivation was statistically significantly associated with the perception of work meaningfulness, organizational support, and opportunities for professional development, and the combination of these factors formed a strong explanatory model ($R^2 = 0.59$; $F = 62.4$; $p < 0.001$), additionally showing that work–life balance had a weaker but significant effect on motivation ($\beta = 0.12$; $p = 0.031$).

LITERATURE

1. Al Yahyaei, A., Hewison, A., Efstathiou, N., & Carrick-Sen, D. (2022). Nurses' intention to stay in the work environment in acute healthcare: A systematic review. *Journal of Research in Nursing*, 27(4), 374–397. https://doi.org/10.1177/17449871221080731
2. Al-Moteri, M., et al. (2025). The workplace expectations and preferences of Gen Z nurses: Exploratory factor analysis. *BMC Nursing*.
3. Bevini, C., et al. (2025). Palliative care perceptions and well-being in nurses across settings. *(Journal specified in the source)*.
4. Boamah, S. A., et al. (2025). Navigating workforce challenges in long-term care. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(4), 520.
5. Boamah, S. A., Laschinger, H. K. S., Wong, C., & Clarke, S. (2025). Navigating workforce challenges in long-term care: Implications for nurse retention. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(4), 520. https://doi.org/10.3390/ijerph22040520
6. Cha, J. E. (2025). The effects of communication competence, meaningfulness of work, and work–life balance on turnover intention in Generation Z nurses. *Journal of Nursing Management*, 33(1), 115–124. https://doi.org/10.1111/jonm.13942
7. Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE.
8. Ejebu, O.-Z., Ellis, J., Sun, L., Ball, J., Philippou, J., Rafferty, A. M., Painter, S., & Turnbull, J. (2025). Values and workplace expectations to facilitate retention: Perspectives from nurses at two ends of the career spectrum. *Journal of Nursing Management*, 2025, Article 9912825. https://doi.org/10.1155/jonm/9912825
9. European Parliament and Council. (2016). Regulation (EU) 2016/679 (General Data Protection Regulation). *Official Journal of the European Union*.
10. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2022). *Multivariate data analysis* (9th ed.). Cengage Learning.
11. Hu, G., Wang, L., & Zhang, Y. (2025). Intergenerational differences in nurses' turnover intention: The roles of work–family conflict and social support. *BMC Nursing*, 24, Article 73. https://doi.org/10.1186/s12912-025-01862-2
12. Kim, E., Kim, H., & Lee, T. (2024). How are new nurses satisfied with their jobs? From the work value perspective of generations Y and Z nurses. *BMC Nursing*, 23(1), Article 252. https://doi.org/10.1186/s12912-024-01928-7
13. Koç Aslan, S., Özdemir, D., & Özel, Z. (2023). Generation Z workplace expectations: Nursing students' perspectives. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 6(4), 1159–1170. https://doi.org/10.33712/mana.1344658
14. Lee, M. S., Kang, S., & Kim, Y. (2025). Factors affecting turnover intention of newly graduated nurses in Generation Z: A multilevel analysis. *BMC Nursing*, 24, Article 96. https://doi.org/10.1186/s12912-025-01896-6

ISSN 2345-068

15. Li, W. Y., Chan, S. W. C., & Chan, M. F. (2023). A comprehensive competence framework for nurses in hospice and palliative care. *BMC Palliative Care*, 22, Article 87. https://doi.org/10.1186/s12904-023-01142-3
16. Lommi, M. (2024). Factors influencing Generation Z bachelor of nursing students' choice of nursing. *SAGE Open Nursing*.
17. Maravilla, S. N. (2021). Perceived work values and work ethics of Gen Z nursing graduates. *Journal of Social Health*, 4(2), 62–73.
18. Polit, D. F., & Beck, C. T. (2021). *Nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice* (11th ed.). Wolters Kluwer.
19. Sherman, R. O. (2021). Keeping an eye on Generation Z nurses. *Nurse Leader*, 19(1), 6–7. https://doi.org/10.1016/j.mnl.2020.11.001
20. Sillero, A. S., Poisa, M. G., Marques-Sule, E., & Ayuso, R. (2023). Motivations and expectations of Generation Z nursing students: A post-pandemic career choice qualitative analysis. *Journal of Professional Nursing*, 49, 178–185. https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2023.09.005
21. Tan, S. H. E., & Chin, G. F. (2023). Generational effects on nurses' work values, engagement, and job satisfaction in an acute hospital. *BMC Nursing*, 22, Article 88. https://doi.org/10.1186/s12912-023-01256-2
22. Turan, Z., Öner, Ö., & Atasoy, I. (2021). Male and female nursing students' opinions about gender and nursing as a career in Turkey: A qualitative study. *Nurse Education in Practice*, 53, 103078. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103078
23. Tussing, T. E., et al. (2024). Generational differences in the nursing workforce. *Nurse Leader*.
24. World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053

ISSN 2345-068

ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ PANAUDOJIMAS UOSTE

USE OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES IN THE PORT

Diana Šateikienė, Lukas Dirmeikis
Klaipėdos valstybinė kolegija, Lietuva

Anotacija

Straipsnyje nagrinėjamas atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas jūrų uostuose siekiant mažinti CO_2 emisijas ir didinti energetinį efektyvumą. Taikant mokslo literatūros apžvalgą ir gerosios praktikos atvejų analizę (Valensija, North Sea Port, Tanjung Priok, Hiustonas), identifikuojamos pagrindinės plėtros kryptys: saulės ir vėjo elektrinės (įskaitant plūduriuojančias), krantinės elektros tiekimas (OPS), energijos kaupimas ir žaliojo vandenilio sprendimai. Atskleista, kad šios technologijos gali reikšmingai sumažinti emisijas, gerinti oro kokybę ir stiprinti energetinį savarankiškumą, tačiau diegimą riboja nepastovi generacija, tinklo pajėgumai, erdviniai apribojimai, didelės investicijos ir reguliaciniai reikalavimai. Aptariamas ES ir IMO politikos kontekstas bei Lietuvos perspektyva, Klaipėdos uosto OPS nuo 2026 m., žaliojo vandenilio projektas iki 2030 metų. Pateikiamos gairės uosto energetikos sprendinių portfeliui formuoti.

Reikšmingi žodžiai: *jūrų uostas, atsinaujinanti energija, emisijos*.

Annotation

The article examines the use of renewable energy sources in seaports to reduce CO_2 emissions and improve energy efficiency. Drawing on a literature review and case studies of good practice (Valencia, North Sea Port, Tanjung Priok, Houston), it identifies key development pathways: solar and wind power (including floating installations), shore power (OPS), energy storage, and green hydrogen solutions. The findings show that these technologies can significantly reduce emissions, improve air quality, and strengthen energy autonomy, but deployment is constrained by variable generation, grid capacity, spatial limitations, high upfront costs, and regulatory requirements. The article discusses the EU and IMO policy context and the Lithuanian perspective, including shore power in the Port of Klaipėda from 2026 and a green hydrogen project planned through 2030. It provides guidance for designing a port energy solutions portfolio.

Key words: *seaport, renewable energy, emissions*.

ĮVADAS

Temos aktualumas. Uostai yra pripažinti kaip vieni svarbiausių logistikos sistemos mazgų, kurie jungia jūrų ir sausumos transporto grandines, užtikrina prekių bei keleivių judėjimą ir daro tiesioginę įtaką pasaulinės prekybos srautams (Notteboom, Rodrigue ir Pallis, 2022). Veikdami kaip jungiamieji taškai tarp jūrų ir sausumos transporto, uostai sudaro sudėtingą infrastruktūrų tinklą, kuriame integruojami vidaus uostai, krovinių perkrovimo punktai ir intermodalinės logistikos platformos, užtikrinančios prekybos srautų tęstinumą ir efektyvumą (Cocuzza ir kt., 2025). Šiuolaikinio verslo sėkmė vis dažniau priklauso nuo tvarių bei optimizuotų transporto ir logistikos sprendimų, todėl uostų veikla tampa strategiškai svarbia ir aktualia sritimi, kurioje sprendžiami tiek ekonominiai, tiek aplinkosauginiai klausimai.

Dėl globalios prekybos apimties augimo, transporto tinklų išplitimo ir logistikos skaitmenizavimo, šiuolaikiniai uostai patiria ženkliai išaugusį energijos poreikį (Sadiq ir kt., 2021). Remiantis Švedijos transporto įmonių konfederacijos (2023) tyrimu, atliktu kartu su keliais šalies uostais, prognozuojama, kad iki 2030 m. jų elektros energijos suvartojimas gali padidėti net 230 %, o tai atskleidžia sparčiai augančią energijos paklausą uostų sektoriuje. Anot tarptautinio transporto forumo (2018), tradiciškai, šie didėjantys poreikiai buvo tenkinami naudojant iškastinį kurą, tačiau tai kelia nemažai iššūkių – didina šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, blogina oro kokybę ir daro neigiamą poveikį visuomenės sveikatai bei klimatui. Remiantis Europos jūrų saugumo agentūros (2025) duomenimis, uostų sektorius generuoja apie 3–4 % visų transporto sektoriaus išmetamųjų CO_2 emisijų, todėl kyla būtinybė diegti tvarius energijos sprendimus. Vis labiau atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas uostuose tampa ypatingai aktuali tema, nes tai suteikia galimybę didėjančius energijos poreikius tenkinti aplinką tausojančiais būdais, tuo pačiu didinant energetinį efektyvumą ir mažinant neigiamą poveikį klimatui. Vadovaujantis naujausių tyrimų duomenimis, jau uostų infrastruktūroje vis sparčiau diegiamos atsinaujinančios energijos gamybos technologijos, grindžiamos saulės, vėjo ir bangų energijos panaudojimu, kartu su energijos kaupimo ir paskirstymo sprendimais (Yap

ISSN 2345-068

ir Notteboom, 2024). Sukaupta energija uostų sistemose naudojama tiek laivų aprūpinimui elektra, tiek uosto įrangos, logistikos procesų ir infrastruktūros energijos poreikiams tenkinti. Šitoks atsinaujinančios energijos gamybos ir panaudojimo būdas tampa vis aktualesnis ir strateginiu požiūriu, nes leidžia uostams sumažinti priklausomybę nuo išorinių energijos tiekėjų. Gebėjimas savarankiškai pasigaminti dalį reikalingos energijos didina uostų konkurencingumą kitų uostų atžvilgiu, nes klientai vis dažniau linksta rinktis partnerius, kurie veikia socialiai atsakingai ir taiko tvarius energijos sprendimus.

Problematika: Uostų elektros poreikis sparčiai auga, o esama infrastruktūra ir energijos tiekimas vis dar remiasi iškastiniu kuru, todėl didėja emisijos ir oro tarša. Tarptautiniai ir ES reikalavimai didina būtinybę pereiti prie atsinaujinančių išteklių. Jūrų uostai yra reikšmingi energijos vartotojai, todėl energijos vartojimas tapo vienu svarbiausių aplinkosaugos prioritetų (Sdoukopoulos, Boile, Tromaras, & Anastasiadis, 2019). Siekdami mažinti CO_2 emisijas, uostai vis plačiau elektrifikuoja infrastruktūrą ir diegia alternatyvius energijos sprendimus, įskaitant atsinaujinančius išteklius (Rodrigue, Notteboom, & Pallis, 2022; Idso, Tuffner, Wang, Calkins, & Mammoli, 2024). Vis dėlto nėra vienintelio optimalaus sprendimo: technologijų deriniai ir etapavimas priklauso nuo vietos sąlygų, tinklo pajėgumų ir kaštų (Idso et al., 2024). Dėl to sprendinių portfelio parinkimas reikalauja balanso tarp emisijų mažinimo, investicijų ir sistemos patikimumo.

Darbo tikslas: išanalizuoti atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą uoste.

Tyrimo metodologija. Mokslines literatūros analizė, dokumentų analizė, statistinių duomenų analizė.

Tyrimo rezultatai. Siekiant identifikuoti atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo galimybes jūrų uostuose, atlikta mokslo literatūros ir politikos dokumentų apžvalga, tarptautinių rinkos bei tendencijų ataskaitų analizė ir keturių atvejų analizė (Valensija, North Sea Port, Tanjung Priok, Hiustonas). Įvertinus statistinius duomenis ir praktikos pavyzdžius, nustatyta, kad dominuojančios plėtros kryptys yra saulės ir vėjo energetika (įskaitant plūduriuojančius ir jūrinius sprendimus), krantinės elektros tiekimas (OPS), energijos kaupimas ir žaliojo vandenilio sprendimai. Šių technologijų diegimas leidžia reikšmingai mažinti CO_2 emisijas, gerinti oro kokybę ir stiprinti energetinį savarankiškumą, tačiau plėtrą riboja nepastovi generacija, tinklo pajėgumai, erdviniai apribojimai, leidimų procesai ir didelės pradinės investicijos.

Originalumas/reikšme. Tyrimas originalus tuo, kad sujungia rinkos dinamikos duomenis, ES reguliacinį kontekstą ir kelių atvejų įrodymus į praktiškas rekomendacijas Lietuvos uostui. Kiekybiniai pavyzdžiai pagrindžia teiginius – Valensijos uoste įrengta 5,74 MWp saulės elektrinė pagamina ~8 380 MWh per metus (apie 15 % poreikio), o kartu su kita elektrine saulės generacija sudaro ~18 % vartojimo. Globalias tendencijas (spartus OPS rinkos augimas iki 2029 m., FuelEU reikalavimai nuo 2030 m.) straipsnis perkelia į vietinį kontekstą – Klaipėdoje nuo 2026 m. numatytos keturios OPS stotelės – taip sudarydamas pagrindą etapiniam investicijų planavimui. Originalumą sustiprina žaliojo vandenilio integracijos analizė, paremta realiais projektais (Roterdamo „Holland Hydrogen 1“ 200 MW ir tikslas pasiekti 2–2,5 GW iki 2030 m.; Los Andželo–Long Bicho H2Hubs), kas leidžia portfeliniu būdu vertinti emisijų mažinimo, kaštų ir patikimumo balansą. Be to, apibendrintos išvados nuosekliai nubrėžia pagrindines plėtros kryptis (saulė, vėjas, vandenilis, OPS), suteikdamos aiškias gaires praktiniam diegimui.

TYRIMO METODOLOGIJA

Tyrimui atlikti naudoti šie metodai: mokslines literatūros analizė, dokumentų analizė, statistinių duomenų analizė.

Mokslinės literatūros analizė atlikta taikant sisteminės (struktūruotos) apžvalgos principus: suformuluoti paieškos klausimai, parengtos raktinių žodžių kombinacijos, nustatyti

ISSN 2345-068

įtraukimo ir atmetimo kriterijai, atlikta šaltinių atranka ir rezultatų sintezė (Tranfield et al., 2003; Snyder, 2019). Tyrimo vienetas – jūrų uostas ir jo energetikos sprendimai, susiję su atsinaujinančiais energijos ištekliais (AEI), energijos kaupimu, krantinės elektros tiekimu (OPS) bei alternatyviais degalais (pvz., žaliuoju vandeniliu). Empirinę ir kontekstinę bazę sudarė trys šaltinių grupės: (1) recenzuoti moksliniai straipsniai ir konferencijų darbai apie AEI taikymą uostuose, uostų elektrifikaciją ir „žaliųjų uostų“ sprendinius; (2) tarptautinių bei regioninių institucijų norminiai ir strateginiai dokumentai, uostų tvarumo/energijos ataskaitos ir projektų aprašai; (3) viešai prieinami antriniai statistiniai duomenys bei rinkos ataskaitos, apibūdinančios AEI plėtros ir jūrų uostų energetikos rinkos dinamiką. Šaltinių atranka buvo tikslinga ir kriterijais paremta: įtraukti darbai, kurie tiesiogiai analizuoja uostų energijos vartojimą, energijos gamybą vietoje, elektrifikacijos priemones arba jų poveikį emisijų mažinimui; neįtraukti šaltiniai, kuriuose uostas minimas tik kontekstiškai, arba nagrinėjami vien laivų sprendiniai be sąsajos su uosto infrastruktūra (Patton, 2015; Etikan et al., 2016). Analizės tikslas – sukurti nuoseklų tiriamos srities kontekstą, palyginti skirtingas autorių interpretacijas, išryškinti nuomonių įvairovę ir identifikuoti bendruosius bei specifinius aspektus, kurie pagrindžia tolesnes tyrimo kryptis (Paul ir Criado, 2020).

Statistinių duomenų analizė. Kiekybinė tyrimo dalis grindžiama antriniais duomenimis (oficiali statistika, tarptautinių organizacijų ataskaitos, rinkos prognozės), kurie naudojami AEI plėtros krypčių ir investicinių tendencijų kontekstui pagrįsti. Taikyta aprašomoji statistika ir tendencijų palyginimas (pvz., vidurkiai, dalys, augimo tempai), kaip rekomenduojama dirbant su antriniais kiekybiniais duomenimis (Field, 2013). Gauti rezultatai interpretuojami integruojant su dokumentų ir literatūros analizės įžvalgomis, siekiant paaiškinti reguliacinių, technologinių ir ekonominių veiksnių įtaką uostų energetikos sprendinių raidai.

Dokumentų turinio analizė. Dokumentų analizė taikyta vertinant reguliacinį ir strateginį kontekstą bei praktinio įgyvendinimo sprendinius uostuose. Analizuoti norminiai ir strateginiai dokumentai, uostų tvarumo ataskaitos, įgyvendinamų projektų aprašai ir techniniai pranešimai (Krippendorff, 2018; Hsieh ir Shannon, 2005; Elo ir Kyngäs, 2008). Dokumentų imtis parinkta tikslingai pagal reikšmingumą tyrimo tikslui, metodologinėje literatūroje pabrėžiama, kad kokybiniuose tyrimuose imties dydis nėra iš anksto fiksuojamas ir priklauso nuo tyrimo logikos bei informacinio prisotinimo (Hennink ir Kaiser, 2022). Šiame tyrime analizuoti šie dokumentai: pasaulinės jūrinės vėjo energetikos rinkos prognozė, krantinės elektros tiekimo (OPS) technologijų rinkos augimo prognozė, plūduriuojančių saulės elektrinių rinkos prognozė ir IMO strategija, apimanti CO_2 tarptautinėje laivyboje 2008–2050 m. prognozę. Duomenys rinkti iš tyrimui aktualių rašytinių, spausdintinių ir elektroninių šaltinių.

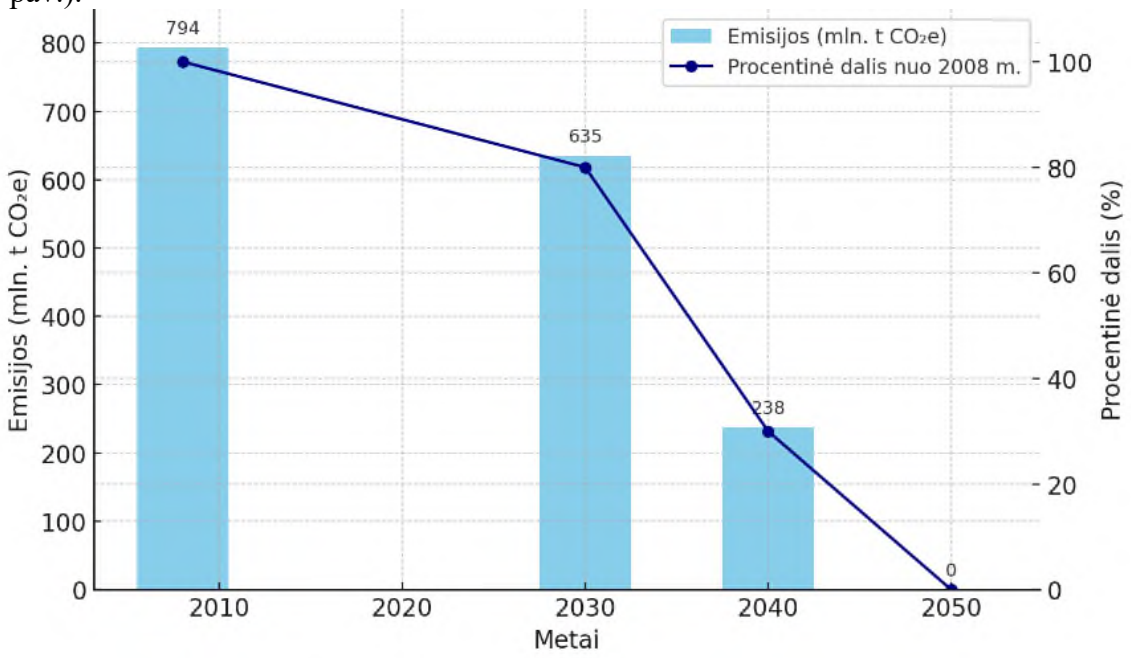
ATSINAUJINANČIOS ENERGIJOS PLĖTROS TENDENCIJOS IR GALIMYBĖS JŪRŲ UOSTUOSE

Owusu ir Asumadu-Sarkodie (2016) pažymi, kad atsinaujinantys energijos šaltiniai yra natūraliai žemėje atsikuriantys ir neišsenkantys ištekliai, apimantys bioenergijos, hidroenergijos, geoterminės, saulės ir vėjo energijos formas. Šie energijos šaltiniai gali būti naudojami energijos gamybai be ilgalaikio neigiamo poveikio aplinkai, todėl jie laikomi vienu svarbiausių tvarios plėtros veiksnių. Atsižvelgiant į šių energijos šaltinių tvarumą, vis labiau išryškėja tendencija ir poreikis plėtoti jų taikymą įvairiuose ekonomikos sektoriuose, ypač jūrų transporto ir uostų veikloje. Uostų veikla, apimanti krovos, logistikos, laivų aptarnavimo, sandėliavimo bei infrastruktūros priežiūros procesus, yra viena iš energetiškai intensyviausių transporto sistemos grandžių. Todėl įvairios tarptautinės organizacijos, siekdamos įgyvendinti tvarios plėtros tikslus, skatina įmones plėtoti atsinaujinančios energijos projektus uostuose ir palaiko šios srities plėtros tendencijas.

Tarptautiniu lygmeniu energetinės transformacijos kryptį formuoja įvairios strategijos, apibrėžiančios aiškius klimato kaitos švelninimo ir energetinės pertvarkos tikslus. Pagal

ISSN 2345-068

Tarptautinės jūrų organizacijos (2023) atnaujintą strategiją, siekiama reikšmingai sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą tarptautiniame laivybos sektoriuje. Strategijoje numatyta, kad tarptautinės laivybos emisijos turi pasiekti piką kiek įmanoma greičiau, o iki 2050 m. – priartėti prie grynojo nulio išmetimų lygio. Taip pat nustatyti tarpiniai orientaciniai tikslai: iki 2030 m. sumažinti bendras metines emisijas ne mažiau kaip 20 %, siekiant 30 %, o iki 2040 m. – ne mažiau kaip 70 %, siekiant 80 %, lyginant skaičius su 2008 metais. Remiantis Tarptautinės jūrų organizacijos (2020) duomenimis, 2008 m. pasaulinės tarptautinės laivybos išmetimai sudarė apie 794 mln. t CO_2e. Atitinkamai, siekiant 2023 m. strategijos tikslų, iki 2030 m. šis kiekis turėtų sumažėti iki maždaug 635 mln. t CO_2e, o iki 2040 m. – iki 238 mln. t CO_2e. (1 pav.).



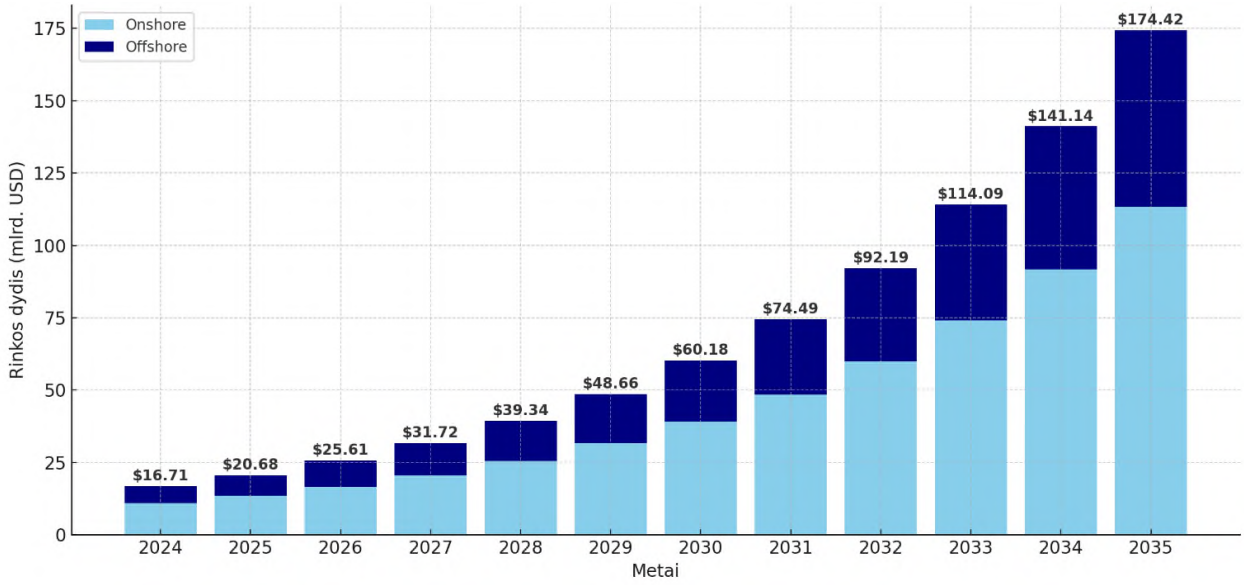
1 pav. IMO strategijos tikslas: mažinti CO_2 tarptautiniame laivybos sektoriuje 2008 – 2050 m.
Šaltinis: sudaryta autorių remiantis IMO (2020) Fourth Greenhouse Gas Study ir IMO (2023) Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships.

Nors ši strategija orientuota į laivybos sektorių, jos tikslai netiesiogiai daro poveikį ir uostų veiklai, nes siekiant sumažinti laivų emisijas būtina pertvarkyti uostų energetinę infrastruktūrą. Uostai turi pasirūpinti, kad laivai stovėjimo metu galėtų prisijungti prie sausumos elektros tinklo ir naudoti atsinaujinančiais šaltiniais pagamintą energiją. Tokiu būdu jie gali išjungti savo vidaus degimo variklius, kurie paprastai veikia stovint uoste ir išmeta teršalus į aplinką. Be to, tam tikriems naujesniems laivams gali būti reikalingas vandenilio ar jo darinių tiekimas kaip alternatyva tradiciniam iškastiniam kurui, nes vandenilis, deginamas kaip energijos šaltinis, neišskiria anglies dioksido. Tačiau šios technologijos šiuo metu tinka tik specialiai vandeniliui pritaikytiems laivams ir reikalauja atitinkamai modernizuotos uostų infrastruktūros, galinčios užtikrinti saugų vandenilio gamybos, laikymo ir tiekimo procesą. Ši strategija glaudžiai siejasi ir su Jungtinių Tautų Paryžiaus susitarimo (2015) nuostatomis, kurios numato ilgalaikį tikslą – neutralizuoti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą ir taip prisidėti prie pasaulinės temperatūros kilimo ribojimo bei tarptautinių klimato įsipareigojimų įgyvendinimo.

Pastaraisiais metais vis daugiau pasaulio jūrų uostų kryptingai diegia saulės energijos technologijas, siekdami mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir užtikrinti tvarų veiklos perėjimą prie atsinaujinančių energijos šaltinių. Ši tendencija pastebima įvairiuose pasaulio regionuose: pavyzdžiui, Singapūro Jurong uoste įrengta daugiau kaip 9,6 MWp galios saulės elektrinė, kasmet pagaminanti apie 12 mln. kWh elektros energijos (Port Technology

ISSN 2345-068

International, 2016). Los Andželo uoste šiuo metu veikia beveik 12 MW galios fotovoltinės sistemos, o artimiausiu metu planuojama papildomai įrengti dar apie 20 MW (Port of Los Angeles, 2024). Hull uoste Jungtinėje Karalystėje 2020 m. užbaigtas 6,5 MW galios saulės energijos projektas, tapęs didžiausia ant pastatų įrengta saulės elektrine šalyje (Associated British Ports, 2020). Pasak Elkafas ir Seddiek (2024), saulės energijos panaudojimas, tiek per fotovoltinius modulius, tiek per saulės kolektorius, yra vienas efektyviausių būdų gaminti švarią energiją, turinčią minimalų poveikį aplinkai. Seddiek (2019) teigimu, saulės energijos sistemų diegimo potencialą jūrų uostuose lemia keli esminiai veiksniai, iš kurių vienas svarbiausių yra pakankamas teritorijų prieinamumas modulių įrengimui. Uostų infrastruktūra paprastai apima didelius sandėlius, administracinius pastatus bei automobilių stovėjimo aikšteles su plokščiais stogais, todėl saulės elektrines galima pagrįstai ir efektyviai diegti uostų teritorijose pasinaudojant tokiomis infrastruktūros dalimis. Plūduriuojančių saulės modulių technologijų plėtra taip pat atspindi globalias atsinaujinančios energetikos transformacijos tendencijas, kurios tampa vis reikšmingesnės jūrų uostų sektoriuje. Plūduriuojančių saulės elektrinių rinka pasauliniu mastu pasižymi itin sparčiu augimu. Nuo 2024 m. iki 2035 m. numatomas rinkos išsiplėtimas nuo maždaug 16,71 mlrd. iki 174,4 mlrd. JAV dolerių, su vidutiniu metiniu augimo tempu apie 23,76 % (2 pav.). Paveiksle pateiktame grafike duomenys rodo dvi pagrindines technologijų vystymosi kryptis – sausumos vandens telkiniuose (onshore) ir jūrų ar uostų akvatorijų teritorijose (offshore) įrengiamas sistemas. Pastarosios tampa ypač aktualios uostų sektoriuje, nes leidžia efektyviai panaudoti neeksploatuojamas akvatorijų teritorijas energijos gamybai, nedidinant užstatytų sausumos plotų. Uostuose diegiamos plūduriuojančios elektrinės ne tik aprūpina uosto infrastruktūrą švaria energija, bet ir prisideda prie bendros dekarbonizacijos strategijos įgyvendinimo.

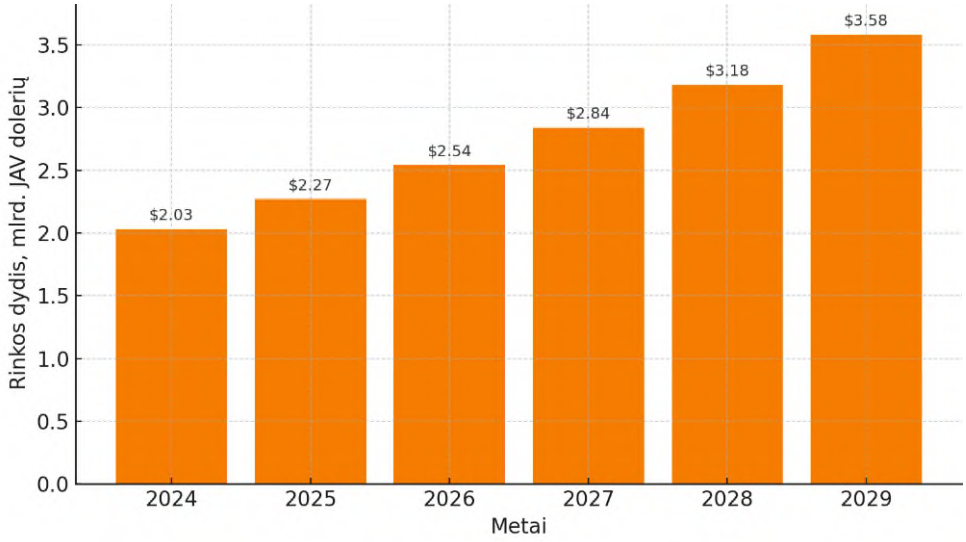


2 pav. Plūduriuojančių saulės elektrinių rinkos prognozė 2019 – 2035 m.
Šaltinis: Roots Analysis. (2024). *Floating solar panels market*.

Kartu su saulės energijos sistemomis vis sparčiau vystosi ir krantinės elektros tiekimo laivams „shore-to-ship“ technologijos, kurios tampa neatsiejama uostų dekarbonizacijos dalimi. Remiantis Markets and Markets (2024) duomenimis, šios technologijos rinka 2024 m. siekė apie 2,03 mlrd. JAV dolerių, o iki 2029 m. prognozuojama, kad ji išaugs iki 3,58 mlrd. JAV dolerių, vidutiniškai augdama 12 % per metus (3 pav.). Tokia spartaus augimo dinamika rodo didėjantį jūrų transporto sektoriaus dėmesį emisijų mažinimui bei poreikį pereiti prie švaresnės, iš atsinaujinančių šaltinių gaunamos elektros energijos tiekimo laivams. Energijos tiekimo iš krantinės sistemų privalumas – galimybė užtikrinti, kad uostuose švartuojami laivai

ISSN 2345-068

naudotųsi elektra, pagaminta iš saulės ar vėjo, taip sumažinant degalų sąnaudas ir oro taršą. Šių technologijų plėtra ne tik stiprina uostų energetinį efektyvumą, bet ir padeda įgyvendinti ES klimato neutralumo tikslus, susijusius su „FuelEU Maritime“ reglamento nuostatomis, kurios nuo 2030 m. įpareigos keleivinius ir konteinerinius laivus naudoti krantinės elektros tiekimą arba kitas nulinės emisijos technologijas (Europos Komisija, 2025). Klaipėdos uostas taip pat ketina diegti tokias technologijas: planuojama, kad nuo 2026 m. uoste pradės veikti keturios krantinės elektros tiekimo stotelės, leidžiančios vienu metu prijungti iki keturių laivų (Klaipėdos uosto direkcija, 2024).



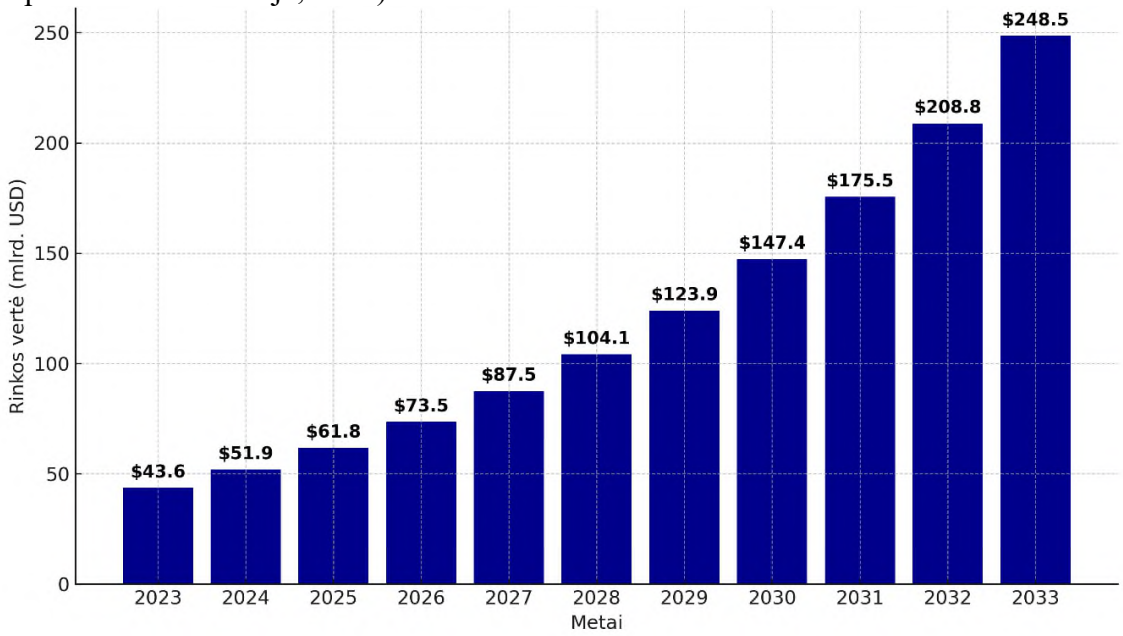
3 pav. Krantinės energijos tiekimo laivams technologijų rinkos augimas 2024-2029 m. (JAV doleriais, mlrd.)

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis Markets and Markets (2024). *Shore power market. Market size, Market dynamics and Ecosystem 2024 to 2029.*

Be saulės ir krantinės energijos tiekimo laivams sprendimų, uostų tvarumo kontekste itin svarbi tampa ir vėjo energijos panaudojimo plėtra, kuri vis sparčiau įsitvirtina tiek sausumoje, tiek jūroje. Pagal Elkafas ir Saddiek (2024) uostuose esančios teritorijos – tiek sausumoje, tiek jūroje – sudaro puikias sąlygas panaudoti vėjo energiją kaip vieną iš žaliųjų uostų energijos šaltinių. Pasak Raihan ir kt. (2025), sėkmingam jūrinės vėjo energijos diegimui uostuose būtina kompleksiškai įvertinti kelis pagrindinius aspektus – techninius, ekonominius ir aplinkosauginius. Techniniu požiūriu svarbu analizuoti vėjo greitį, jūros dugno geologines sąlygas, tinklo pajėgumus bei infrastruktūros prieinamumą. Ekonominiu aspektu būtina apskaičiuoti pradinės investicijos, eksploatacijos kaštus ir projekto atsiperkamumą. Aplinkosauginiu požiūriu vertinamas galimas poveikis ekosistemoms bei CO_2 emisijų mažinimo potencialas. Tik visapusiškai įvertinus šiuos veiksnius galima užtikrinti tvarią ir efektyvią vėjo energijos integraciją į uostų energetinę sistemą. Pastaraisiais metais visame pasaulyje stebimas spartus vėjo energijos plėtros augimas, ypač jūrinės energetikos sektoriuje, kuris tampa vis svarbesne atsinaujinančios energijos dalimi. Remiantis Spherical (2024) ataskaita, pasaulinės jūrinės vėjo energijos rinkos vertė 2023 m. siekė 43,6 mlrd. JAV dolerių, o iki 2033 m. prognozuojama, kad ji išaugs iki 248,6 mlrd. JAV dolerių, vidutiniu metiniu augimo tempu – 19,01 % (4 pav.). Prie šios rinkos tendencijos ženkliai prisideda uostų sektorius, kadangi dauguma jų diegia įvairaus masto vėjo jėgaines savo teritorijose, kad galėtų dalį energijos poreikių patenkinti iš vietos atsinaujinančių šaltinių. Ši pasaulinė tendencija aiškiai atsispindi ir Lietuvos kontekste. Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija, siekdama mažinti išmetamų teršalų kiekį bei didinti energetinį savarankiškumą, 2023 m. išsikėlė tikslą įrengti vėjo jėgaines uosto teritorijoje, kurios užtikrintų dalies uosto infrastruktūros energijos

ISSN 2345-068

poreikį iš atsinaujinančių šaltinių. Planuojama, kad iki 2035 m. Lietuvos išskirtinėje ekonominėje zonoje prie Palangos bus pastatyti du jūriniai vėjo parkai, kurių bendra galia sieks apie 1,4 GW. Tikimasi, kad šie parkai kasmet pagamins apie 6 TWh žaliosios elektros energijos, kuri patenkins iki pusės dabartinio Lietuvos elektros poreikio. Į projektus bus pritraukta apie 3 mlrd. eurų privačių investicijų, o jų įgyvendinimas sukurs mažiausiai 1 300 naujų darbo vietų (Klaipėdos uosto direkcija, 2025).



4 pav. Pasaulinė jūrinės vėjo jėgainių rinkos prognozė 2023 – 2033 m. (JAV doleriais, mlrd.)
Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Spherical Insights & Consulting *(2024). Global Offshore Wind Energy Market Size To Worth USD 248.6 By 2033 I CAGR 19.01%*

Toliau plėtojant atsinaujinančios energijos technologijas, uostų sektoriuje vis labiau išryškėja tendencija ir poreikis integruoti sprendimus, galinčius kaupti bei transportuoti švarią energiją. Tokį vaidmenį vis dažniau atlieka žaliojo vandenilio energija, tampanti strateginiu elementu pereinant prie visiškai žalios uosto infrastruktūros. Cacciuttolo, Huertas, Montoya ir Cano (2024) teigia, kad žaliuoju vandeniliu laikomas toks vandenilis, kuris išgaunamas vandens elektrolizės būdu. Šiam procesui įgyvendinti naudojama elektra iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Kadangi šiam procesui nereikalingi iškastiniai energijos ištekliai, jis neišskiria tiesioginių CO_2 emisijų. Pasak Tarptautinės energetikos agentūros (2019) vandenilinis kuras yra bekvapis, netoksiškas ir pasižymi aukšta energetine verte. Vandenilinis kuras yra energijos nešėjas, kuris gali būti plačiai pritaikomas įvairioms uosto reikmėms. Jis gali būti naudojamas kaip švari alternatyva krovos technikai ar transporto priemonėms. Taip pat vandenilis gali būti naudojamas uosto pastatų šildymui ir elektros poreikiams tenkinti – jį galima maišyti su gamtinėmis dujomis arba naudoti vandenilio katilus bei kuro elementus. Svarbu pabrėžti, kad vandeniliu gali būti aprūpinami ir į uostą atplaukiantys laivai, ypač tie, kurie naudoja vandenilį ar jo darinius, tokius kaip amoniakas, kaip alternatyvų kurą, prisidedant prie tarptautinės laivybos dekarbonizacijos tikslų įgyvendinimo. Be to Back, González-Morán ir Iranzo (2025) teigimu, žaliasis vandenilis, gali būti kauptas ir naudojamas kaip rezervinis energijos šaltinis, kai elektros poreikis viršija pasiūlą tai padidina energetinį saugumą ir lankstumą. Augančią žaliojo vandenilio plėtros tendenciją uostų sektoriuje išryškina konkrečių uostų iniciatyvos visame pasaulyje. Roterdamo uostas – vienas pažangiausių pavyzdžių. Jau pradėta statyti 200 MW „Holland Hydrogen 1“ gamykla, planuojamas dar vienas konversijos parkas, o iki 2030 m. siekiama pasiekti 2–2,5 GW vandenilio gamybos pajėgumus. Uoste taip pat vystoma logistika, skirta vandeniliu varomam transportui (Port of Rotterdam, 2025). Šią tendenciją

ISSN 2345-068

atspindi ne tik Europos, bet ir Šiaurės Amerikos uostai – ženklių žingsnių vandenilio integracijos link imasi ir Los Andželo bei Long Beacho uostai. Šie uostai tampa vienais iš pasaulinių lyderių vandenilio integracijos srityje. 2023 m. šie uostai, kaip strateginiai partneriai, gavo dalį JAV Energetikos departamento skirto 1,2 mlrd. dolerių finansavimo žaliojo vandenilio plėtrai pagal „H2Hubs“ programą. Pritrauktos investicijos leis diegti vandenilio kuro elementais varomą krovos techniką, mobiliąsias degalines bei prisidės prie 5 000 sunkiojo transporto vienetų perėjimo prie vandenilio. Šie veiksmai yra dalis platesnės „Clean Air Action Plan“ strategijos, kuri iki 2050 m. siekia 80 % sumažinti uosto šiltnamio efektą sukeliančias emisijas (The ports of Los Angeles, 2023). Auganti vandenilio integracijos tendencija atsispindi ir Lietuvos kontekste, Klaipėdos valstybinis jūrų uostas įgyvendina žaliojo vandenilio gamybos projektą, siekdamas mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir pereiti prie tvaresnės uosto veiklos. Iki 2030 m. čia planuojama įrengti iki 2 MW galios elektrolizerį, kuris kasmet gamins iki 1,4 mln. m³ žaliojo vandenilio. Jis bus naudojamas tiek uosto reikmėms, tiek viešajam transportui ir, ateityje, prekybiniams laivams aprūpinti švariais degalais.

ŽALIOJI ENERGIJA UOSTUOSE: ATVEJŲ ANALIZĖ

Valensijos uostas Ispanijoje yra vienas iš pažangiausių pavyzdžių Europoje, siekiančių įgyvendinti plataus masto dekarbonizacijos planą naudojant atsinaujinančius energijos išteklius. 2025 m. ant automobilių stovėjimo aikštės stogo įrengta nauja fotovoltinė elektrinė, sudaryta iš daugiau kaip 10 tūkst. saulės modulių, kurių bendra galia siekia beveik 5,74 MWp. Ši elektrinė per metus pagamina apie 8 380 MWh elektros energijos, o tai sudaro maždaug 15 % viso Valensijos uosto elektros suvartojimo. Kartu su kita saulės elektrine, veikiančia nuo 2024 m. Muelle Príncipe Felipe terminale, bendrai pagaminama apie 18 % uosto elektros poreikio iš saulės energijos (Autoridad Portuaria de València, 2025). Be saulės energijos projektų, Valensijos uostas taip pat aktyviai diegia vandenilio technologijas kaip dalį plataus dekarbonizacijos plano. 2024 m. pradėtas įgyvendinti H2Ports projektas leidžia realiomis darbo sąlygomis išbandyti dvi vandeniliu varomas transporto priemones – Reachstacker konteinerių krautuvą ir 4x4 terminalo traktorių. Reachstacker krovos technikoje įdiegti du 45 kW kuro elementai, leidžiantys per 6 valandų pamainą sunaudoti apie 15–20 kg vandenilio, o preliminariai skaičiuojama, kad šis sprendimas padės sumažinti iki 128 000 kg CO_2 emisijų per metus. Kadangi elektrifikacija ne visada yra įmanoma dėl didelio energijos poreikio ir ilgo įkrovimo laiko, vandenilis tampa tinkama alternatyva – transporto priemones ar krovos techniką galima papildyti vos per 10–15 minučių, o tai panašiai prilygsta dyzelinėms sistemoms (World cargo news, 2025). Papildant saulės ir vandenilio iniciatyvas, Valensijos uostas taip pat yra įvertinęs vėjo energijos potencialą. Remiantis atlikta analize, uosto teritorijoje vidutinė vėjo greičio vertė siekia 5,33 m/s, o tai leidžia planuoti trijų vėjo jėgainių įrengimą. Šių jėgainių bendra instaliuota galia būtų 14,4 MW, o metinė elektros energijos gamyba – apie 26 625 MWh. Toks kiekis energijos galėtų padengti apie 50 % verslo reikalingo elektros suvartojimo Valensijos uoste, reikšmingai prisidedant prie bendro vartojamos energijos žalumo ir CO_2 emisijų mažinimo (Cascajo, 2018).

North Sea Port uostas, jungiantis Nyderlandų ir Belgijos teritorijas, taip pat yra vienas iš pažangiausių pavyzdžių Europoje. Pasak Green inland ports (2024) uoste įrengta apie 100 vėjo turbinų, kurios generuoja 280 MW elektros per metus – pakaktų aprūpinti energija daugiau nei 180 000 namų ūkių. Saulės energijos gamyba taip pat reikšminga: Zonneberg, Scaldia ir Terneuzen parkuose įrengtos baterijos generuoja iki 110 MW elektros, kas leidžia dar 28 000 namų ūkių aprūpinti energija metams. Pasak North Sea Port, (2025) uoste vystoma ir biokuro bei biomasės energijos gamyba, o kogeneracijos įrenginiai leidžia efektyviai panaudoti žemės ūkio atliekas šilumos ir elektros gamybai. Siekiant mažinti taršą, aplinkai draugiški laivai gauna rinkliavų nuolaidas, o vidaus laivybai tiekiama 100 % atsinaujinanti kranto elektra. Viena svarbiausių iniciatyvų – žaliojo vandenilio plėtra: jau dabar gaminama apie 580 tūkst. tonų

ISSN 2345-068

vandenilio per metus, o iki 2030 m. planuojama įrengti 2 GW gamybos pajėgumų, plėtojant elektrolizės technologijas, CO_2 surinkimo ir vamzdynų tinklą, jungiantį regioną su Europos pramonės centrais.

Žaliųjų uostų plėtra sparčiai vyksta ir Azijoje – išskirtiniu pavyzdžiu laikomas Tanjung Priok uostas Indonezijoje, kuriame 2024 m. kovo mėn. NPCT1 terminale pradėta eksploatuoti didžiausia iki šiol saulės energijos sistema tarp šalies konteinerių terminalų. Pasak New Priok Container Terminal One (2024) ant penkių teritorijos pastatų stogų buvo įrengta 610,16 kWp galios saulės jėgainė, sudaryta iš 1 052 pažangios technologijos fotovoltinių modulių ir keturių 125 kVa keitiklių. Ši sistema per metus pagamina apie 780 MWh elektros energijos, o tai leis padengti iki 50 % administracinio pastato elektros poreikio. Apskaičiuota, kad tai leidžia kasmet sumažinti iki 584 tonų CO_2 emisijų, prilygstančių 5 572 pasodintų medžių poveikiui per dešimtmetį. Tolesnis žingsnis šio uosto energetinės transformacijos link – branduolinės ir atsinaujinančios energijos hibridinės sistemos (N-RHES) galimybės. Gabbar ir Esteves (2024) tyrime nagrinėjamas mišrus energijos šaltinių modelis, kuriame 38,8 % sudaro branduolinė, 57,5 % – saulės, o 3,7 % – vėjo energija. Nors tokios sistemos pagamintos elektros savikaina būtų šiek tiek didesnė nei šiuo metu tiekiamos tinklo energijos, esminis pranašumas – reikšmingai mažesnės emisijos. Dabartinis tinklo elektros vartojimas sukelia apie 0,875 kg CO_2 kiekvienam suvartotam kilovatvalandžiui, todėl, aptarnaujant apie 15,2 mln. TEU konteinerių per metus, bendras išmetamas kiekis siekia net 136,5 mln. kg CO_2. Hibridinės sistemos atveju tokios emisijos būtų reikšmingai mažesnės, nes tiek branduolinė, tiek saulės ir vėjo energija yra mažai anglies dioksido išskiriančios technologijos – jų eksploatacijos metu beveik nevyksta šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimas. Todėl hibridinės sistemos diegimas būtų svarbus žingsnis link ilgalaikio energetinio saugumo, emisijų mažinimo bei tvarumo stiprinimo viename didžiausių Pietryčių Azijos uostų.

Tvarios energetikos plėtra itin aktyviai vykdoma ir Šiaurės Amerikoje – geru pavyzdžiu laikomas Houston uostas Jungtinėse Amerikos Valstijose. Nuo 2020 m. Houston uostas tapo pirmuoju pasaulyje, kurio visi viešai valdomi terminalai ir pastatai aprūpinami 100 % atsinaujinančia elektros energija, gaunama iš saulės energijos parko Vakarų Teksase (Port Houston, 2020). Šis sprendimas kasmet leidžia sumažinti apie 25 000 tonų CO_2 emisijų ir sutaupyti maždaug 250 000 JAV dolerių. Tvari energijos plėtra Houston uoste apima ne tik pastatų ir terminalų tiekimą atsinaujinančia elektra, bet ir aktyvią krovos įrangos elektrifikaciją. Uostas siekia reikšmingai sumažinti iškastinio kuro naudojimą ir su tuo susijusias emisijas, investuodamas į pažangias, mažai teršiančias technologijas. Neseniai buvo užsakyti 26 nauji hibridiniai guminiais ratais važiuojantys portaliniai (RTG) kranai, kurie bus naudojami Bayport ir Barbours Cut konteinerių terminaluose (Port Houston, 2022). Šie kranai pasižymi hibridine-elektrine sistema, leidžiančia sumažinti išmetamųjų dujų kiekį net 90 %, palyginti su tradiciniais dyzeliniais modeliais. Įgyvendinus šį projektą, apie 37 % viso RTG kranų parko sudarys hibridiniai-elektriniai įrenginiai. Šie veiksmai yra dalis platesnės Houston uosto tvarumo strategijos, pagal kurią nuo 2016 m. uostui pavyko sumažinti savo anglies dioksido pėdsaką net 55 %. Šie rezultatai rodo, kad žaliosios energijos sprendimų diegimas Houston uoste ne tik reikšmingai sumažino emisijas, bet ir suteikė ekonominės naudos kartu padidinant uosto konkurencingumą.

IŠVADOS

1. Pagrindinės atsinaujinančios energijos plėtros kryptys jūrų uostuose siejamos su saulės, vėjo ir žaliojo vandenilio technologijų diegimu bei krantinės elektros tiekimo sistemų plėtra. Šios technologijos mažina uostų neigiamą poveikį aplinkai, didina energetinį efektyvumą, savarankiškumą ir konkurencingumą tarptautinėje rinkoje. Pagaminta elektra gali būti naudojama uosto apšvietimui, pastatų energijos poreikiams, transporto bei krovos technikos įkrovimui, o per krantinės elektros tiekimo sistemas – ir laivams švartuojantis uoste, taip

ISSN 2345-068

sumažinant emisijas bei triukšmą. Vėjo ir saulės energijos derinimas su akumuliavimo sprendimais leidžia užtikrinti nepertraukiamą uosto veiklą net esant elektros tiekimo sutrikimams, o vandenilio gamyba suteikia galimybę uostams tapti energijos gamintojais ir tiekėjais.

2. Atvejų analizė parodė, kad įvairių pasaulio regionų uostai – tiek Europoje, tiek Azijoje ir Šiaurės Amerikoje – aktyviai diegia atsinaujinančios energijos sprendimus. Visuose nagrinėtuose pavyzdžiuose dominuoja saulės, vėjo ir žaliojo vandenilio technologijų diegimas, o kai kur papildomai vystomos biokuro, biomasės ar hibridinės energijos sistemos. Šie sprendimai leidžia uostams reikšmingai mažinti CO_2 emisijas, triukšmą ir oro taršą, didinti energetinį efektyvumą, savarankiškumą bei sumažinti energijos sąnaudas. Įdiegus žaliąsias technologijas, pastebima aiški transformacija – uostai tampa ne tik energijos vartotojais, bet ir jos gamintojais, galinčiais aprūpinti tiek savo, tiek aplinkinių teritorijų poreikius.

LITERATŪRA

1. Associated British Ports. (2020). ABP celebrates the completion of the UK's largest rooftop solar array at the Port of Hull. ABP. [Žiūrėta 2025-10-10]. Prieiga internetu: https://www.abports.co.uk/news-and-media/latest-news/2020/abp-celebrates-the-completion-of-the-uk-s-largest-rooftop-solar-array-at-the-port-of-hull/
2. Autoridad Portuaria de València. (2025). La quinta parte de la energía que consume actualmente el Puerto de València es de origen solar. Valenciaport. [Žiūrėta 2025-10-10]. Prieiga internetu: https://www.valenciaport.com/la-quinta-parte-de-la-energia-que-consume-actualmente-el-puerto-de-valencia-es-de-origen-solar/
3. Back, C., González-Morán, L., & Iranzo, A. (2025). Green hydrogen from renewable surplus: Production and storage potential in Spain's 2040 energy horizon. *International Journal of Hydrogen Energy*, 120, 2–10. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.05.221
4. Cacciuttolo, C., Huertas, A., Montoya, B., & Cano, D. (2024). The present and future of production of green hydrogen, green ammonia, and green e-fuels for the decarbonization of the planet from the Magallanes Region, Chile. *Advancements and Innovations in Hydrogen Energy*, 15(11), 3562. https://doi.org/10.3390/app15116228
5. Cascajo, R. (2018). Renewable marine energy generators and integration in commercial ports' infrastructure. *Convegno Nazionale Porti & Navigazione 2018.* 1-14.
6. Cocuzza, E., Ignaccolo, M., Marinacci, C., Ricci, S., Twrdy, E., & Zanne, M. (2025). Sustainable strategies for ports and maritime logistics: A methodological approach to green transition. *Sustainability*, 17(13), 5739. https://doi.org/10.3390/su17135739
7. Elkafas, A. G., & Seddiek, I. S. (2024). Application of renewable energy systems in seaports towards sustainability and decarbonization: Energy, environmental and economic assessment. *Renewable Energy*, 228, 120690. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120690
8. Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62(1), 107–115. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.
9. Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11
10. European Maritime Safety Agency. (2025). EU maritime transport: Progress made, but environmental, sustainability challenges persist. EMSA. [Žiūrėta 2025-10-04]. Prieiga internetu: https://www.emsa.europa.eu/we-do/sustainability/environment/emter-report/item/5411-press-release-emter.html
11. Europos Komisija. (2025). New EU rules aiming to decarbonise the maritime sector take effect. European Commission. [žiūrėta 2025-10-05]. Prieiga per internetą: https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/new-eu-rules-aiming-decarbonise-maritime-sector-take-effect-2025-01-10_en
12. Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS Statistics (4th ed.). *SAGE Publications*.
13. Gabbar, H. A., & Esteves, O. L. A. (2023). Planning and evaluation of nuclear-renewable hybrid energy penetration for marine and waterfront applications. *Next-Generation Small Reactors—Designs, Deployment, Regulation and Impacts*, 16(14), 5329. https://doi.org/10.3390/en16145329
14. Green Inland Ports. (2024). Clean alternatives to energy generation. [Žiūrėta 2025-10-16]. Prieiga internetu:https://green-inland-ports.eu/app/uploads/2024/06/04.-Solar-power-or-other-clean-alternatives-to-energy-generation-PDF.pdf

ISSN 2345-068

15. Idso, S. K., Tuffner, F. K., Wang, D., Calkins, R. A., & Mammoli, A. A. (2024). Port Electrification Handbook: A reference to aid US port energy transitions (No. PNNL-36016). Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), Richland, WA (United States).
16. International Maritime Organization. (2020). Fourth greenhouse gas study. [Žiūrėta 2025-10-09]. Prieiga internetu: https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/fourth-imo-greenhouse-gas-study-2020.aspx
17. International Transport Forum. (2018). Decarbonising maritime transport: Pathways to zero-carbon shipping by 2035. [Žiūrėta 2025-10-09]. Prieiga internetu: https://www.itf-oecd.org/decarbonising-maritime-transport
18. Ispanijos Ekologinio perėjimo ir demografinių iššūkių ministerija. (2025). El MITECO destina más de 160 millones para adaptar la infraestructura portuaria al despliegue de la eólica y otras renovables marinas. [Žiūrėta 2025-10-10]. Prieiga interneru: El MITECO destina más de 160 millones para adaptar la infraestructura portuaria al despliegue de la eólica y otras renovables marinas
19. Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija. (2025). Projektas „Žaliųjų degalų (vandenilio) gamybos plėtra Klaipėdos uoste“. [Žiūrėta 2025-10-15]. Prieiga internetu: https://portofklaipeda.lt/uosto-direkcija/projektai/es-bendrai-finansuojami-projektai/projektas-zaliuju-degalu-vandenilio-gamybos-pletra-klaipedos-uoste/
20. Krippendorff, K. (2018). Content analysis: An introduction to its methodology (4th ed.). SAGE Publications.
21. Lim, W. M. (2024). What is qualitative research? An overview and guidelines. *Australasian Marketing Journal*. https://doi.org/10.1177/14413582241264619
22. Lim, W. M., Kumar, S., Pandey, N., Verma, D., & Kumar, D. (2023). Evolution and trends in consumer behaviour: Insights from Journal of Consumer Behaviour. *Journal of Consumer Behaviour*, 22(1), 217–232.
23. Nanyang Technological University. (2024). Solar canopies being considered for Jurong, Tuas ports to generate renewable power. [Žiūrėta 2025-10-16]. Prieiga internetu: https://www.ntu.edu.sg/erian/news-events/news/detail/solar-canopies-being-considered-for-jurong-tuas-ports-to-generate-renewable-power
24. New Priok Container Terminal One. (2024). NPCT1 rooftop solar power system commencement. [Žiūrėta 2025-10-21]. Prieiga internetu: https://www.npct1.co.id/npct1-rooftop-solar-power-system-commencement-1709892269
25. North Sea Port. (2025). Renewable energy. [Žiūrėta 2025-10-16]. Prieiga internetu: https://en.northseaport.com/renewable-energy
26. Notteboom, T., Rodrigue, J.-P., & Pallis, A. A. (2022). Port economics, management and policy. Prieiga internetu: https://porteconomicsmanagement.org/wp-content/uploads/10.4324_9780429318184_previewpdf.pdf
27. Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990. https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990
28. Patton, M. Q. (2015). Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice (4th ed.). *SAGE Publications.*
29. Paul, J., & Criado, A. R. (2020). The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know? *International Business Review*, 29(4), 101717.
30. Port Houston. (2020). Port Houston focused on renewable electricity and environmental sustainability. [Žiūrėta 2025-10-22]. Prieiga internetu: https://porthouston.com/port-houston-focused-on-renewable-electricity-and-environmental-sustainability/
31. Port Houston. (2022). ES2G: Environment, social, safety and governance. [Žiūrėta 2025-10-22]. Prieiga internetu: https://www.porthouston.com/wp-content/uploads/2022/12/ES2G-Update_2022_Final.pdf
32. Port of Los Angeles. (2023). Hydrogen era dawns at San Pedro Bay ports complex. [Žiūrėta 2025-10-15]. Prieiga internetu: https://www.portoflosangeles.org/references/2023-news-releases/news_101323_hydogen_hub
33. Port of Los Angeles. (2025). Solar power. [Žiūrėta 2025-10-10]. Prieiga internetu: https://www.portoflosangeles.org/environment/sustainability/solar-power
34. Port of Rotterdam. (2025). Welcome to Rotterdam: Europe’s hydrogen hub. [Žiūrėta 2025-10-15]. Prieiga internetu: https://www.portofrotterdam.com/en/welcome-rotterdam-europes-hydrogen-hub
35. Port Technology International. (2016). Jurong Port completes world largest solar project. [Žiūrėta 2025-10-10]. Prieiga internetu: https://www.porttechnology.org/news/jurong_port_completes_world_largest_solar_project/
36. Raihan, A., Al Hasnat, M., Rahman, S. M., Ridwan, M., Rahman, M. M., Islam, M. T., Sarker, T., Dhar, B. K., & Bari, A. M. M. (2025). Recent advancements in alternative energies, technological innovations, and optimization strategies for seaport decarbonization. *Heliyon*, 11(5), e28206. https://doi.org/10.1016/j.igd.2025.100252
37. Rodrigue, J.-P., Notteboom, T., & Pallis, A. (2020). Ports and energy transition. *In Port economics, management and policy.* New York: Routledge, 690.

ISSN 2345-068

38. Roots Analysis. (2024). Floating solar panels market. [Žiūrėta 2025-10-15]. Prieiga internetu: https://www.rootsanalysis.com/floating-solar-panels-market
39. Sadiq, M., Ali, S. W., Terriche, Y., Mutarraf, M. U., Hassan, M. A., Hamid, K., Ali, Z., Sze, J. Y., Su, C.-L., & Guerrero, J. M. (2021). Future greener seaports: A review of new infrastructure, challenges, and energy efficiency measures. *IEEE Access*, 9, 75568–75587. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3081430
40. Seddiek, I. S. (2019). Application of renewable energy technologies for eco-friendly sea ports. *Ships and Offshore Structures*, 15(1), 1–10. https://doi.org/10.1080/17445302.2019.1696535
41. Sdoukopoulos, E., Boile, M., Tromaras, A., & Anastasiadis, N. (2019). Energy efficiency in European ports: State-of-practice and insights on the way forward. *Sustainability*, 11(18), 4952.
42. Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039
43. Spherical Insights & Consulting. (2024). Global offshore wind energy market size to worth USD 248.6 billion by 2033 | CAGR of 19.01%. [Žiūrėta 2025-10-13]. Prieiga internetu: https://www.sphericalinsights.com/press-release/offshore-wind-energy-market
44. Tarptautinė energetikos agentūra. (2019). The future of hydrogen. [Žiūrėta 2025-10-15]. Prieiga internetu: https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen
45. Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. British Journal of Management, 14(3), 207–222. https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375
46. United Nations. (2015). The Paris Agreement. [Žiūrėta 2025-10-04]. Prieiga internetu: https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement
47. Wehner, J., Daniels, D., Santén, V., Rogerson, S., & Bach, A. (2024). Port as an energy hub: A pre-study on estimating electricity demand (Lighthouse report). Lighthouse. [Žiūrėta 2025-10-15]. Prieiga internetu: https://lighthouse.nu/sv/publikationer/lighthouse-rapporter/port-as-an-energy-hub
48. World Cargo News. (2025). Hydrogen on trial in Valencia. [Žiūrėta 2025-10-16]. Prieiga internetu: https://www.worldcargonews.com/cargo-handling-equipment/2025/09/hydrogen-on-trial-in-valencia/
49. Yap, W. Y., & Notteboom, T. (2024). Renewable energy options for seaport cargo terminals with application to mega port Singapore. *Maritime Business Review*, 9(4), 294–310. https://doi.org/10.1108/MABR-12-2023-0083

ISSN 2345-068

SVEIKATOS MOKSLŲ SRITIES STUDENTŲ ELGSENA SAULĖJE IR POŽIŪRIS Į FOTOPROTEKCIJĄ

SUN EXPOSURE BEHAVIOR AND PHOTOPROTECTION ATTITUDES AMONG HEALTH SCIENCES STUDENTS

Gražina Šniepienė, Ligita Lukauskaitė, Julija Andrejeva, Simona Urbonienė
Klaipėdos valstybinė kolegija, Lietuva

Annotation

The aim of the study was to analyse the sun-related behaviour and attitudes towards ultraviolet radiation protection among health sciences students. A quantitative study was conducted using an electronic anonymous survey, which included 236 professional bachelor's degree students in health sciences. The results showed that more than half of the respondents sunbathe 1 to 10 times during the warm season, and 65.2% do so for 1 to 3 hours. Although some students use sunscreen products, only a small proportion apply them consistently, while 11% do not use any sunscreen at all. The most used protective measures were seeking shade and wearing head coverings. More than half had never used natural phytotherapeutic products, and 33% had experienced at least one severe sunburn. A statistically significant association was found between the use of protective measures and risk perception. The study revealed that students' photoprotective behaviour remains insufficient, and possessing knowledge does not always translate into practical application, highlighting the need for targeted education.

Key words: *sun protection measures, behaviour, attitude*.

Anotacija

Tyrimo tikslas – išanalizuoti sveikatos mokslų srities studentų elgseną saulėje ir požiūrį į apsaugą nuo ultravioletinės spinduliuotės. Atliktas kiekybinis tyrimas, pasitelkiant elektroninę anoniminę apklausą, kurioje dalyvavo 236 profesinio bakalauro sveikatos mokslų studijų studentai. Rezultatai parodė, kad daugiau nei pusė tyrimo dalyvių deginasi nuo 1 iki 10 kartų per šiltąjį sezoną, o 65,2 % tai daro nuo 1 iki 3 valandų. Nors dalis studentų naudoja apsaugos nuo saulės kremus, tik nedidelė jų dalis tai daro nuosekliai, o 11 % jų šių priemonių nenaudoja visai. Dažniausiai taikomos apsaugos priemonės buvo pasitraukimas į šešėlį ir galvos apdangalų dėvėjimas. Daugiau nei pusė niekada nenaudojo natūralių fitoterapinių priemonių, o 33 % bent kartą patyrė stiprų nudegimą nuo saulės. Statistiškai reikšminga sąsaja nustatyta tarp apsaugos priemonių naudojimo ir rizikos suvokimo. Tyrimas atskleidė, kad studentų fotoprotekcinis elgesys išlieka nepakankamas, o žinių turėjimas ne visada virsta praktiniu taikymu, todėl būtina tikslinga edukacija.

Raktiniai žodžiai. *Apsauga nuo saulės, elgsena, požiūris*.

ĮVADAS

Tyrimo aktualumas ir problema. Saulės spinduliuotė atlieka svarbų vaidmenį žmogaus sveikatai, skatina serotonino sintezę, kuris gerina emocinę savijautą ir miego kokybę, taip pat dalyvauja vitamino D sintezėje, kuris būtinas kaulų, raumenų ir kitų organizmo sistemų funkcionavimui (Azmitia, 2020; Yabut ir kt., 2019; Holick, 2018; Chang, 2019). Tačiau intensyvi ultravioletinė (UV) spinduliuotė gali sukelti odos pažeidimus, oksidacinį stresą, fotosenėjimą ir didinti odos vėžio riziką (Parrado ir kt., 2019; Ngoc ir kt., 2019; Gromkowska-Kępka ir kt., 2021; Gonzalez-Bravo ir kt., 2022). Nors fotoprotekcijos priemonių, tokių kaip apsauginiai kremai, drabužiai ar akiniai nuo saulės, efektyvumas yra moksliškai įrodytas (Gupta, 2018; Catalano ir kt., 2020; Holman ir kt, 2018), tačiau tyrimai rodo, kad jauniems žmonėms dažnai trūksta žinių apie fotoprotekciją (Xu ir kt., 2016; Chao ir kt., 2017; Agarwal ir kt., 2018; King ir kt., 2025). Itin trūksta tyrimų, ar sveikatos mokslų studentai, turėdami aukštesnį sveikatos raštingumą, laikosi adekvačios fotoprotekcijos elgsenos. Todėl svarbu ištirti šios grupės elgseną saulėje ir požiūrį į apsaugos priemones, siekiant užtikrinti efektyvią UV spinduliuotės sukeltos žalos prevenciją.

Tyrimo tikslas. Išanalizuoti sveikatos mokslų srities studentų elgseną saulėje ir požiūrį į apsaugą nuo ultravioletinės spinduliuotės.

Tyrimo metodologija. Atliktas kiekybinis tyrimas taikant elektroninę anoniminę apklausą: www.apklausa.lt. Naudotas originalus autorių parengtas klausimynas, sudarytas remiantis mokslinės literatūros šaltinių analize. Klausimyną sudarė 20 uždaro tipo klausimų, suskirstytų į tris blokus: sociodemografiniai klausimai (lytis, amžius, studijų programa); klausimai apie elgseną saulėje; klausimai apie požiūrį į fotoprotekcijos priemonių naudojimą.

ISSN 2345-068

Tyrime dalyvavo 236 sveikatos mokslų studentai (90,5 % moterų, 5,9 % vyrų), studijuojantys Bendrosios praktikos slaugą, kineziterapiją, burnos sveikatą ir kosmetologiją.

Požiūrio vertinimui naudota penkių lygių Likerto skalė. Statistinei tyrimo duomenų analizei naudota SPSS statistinės analizės programa. Statistinei analizei taikytas Kruskal–Wallis testas ($\alpha = 0,05$). Tyrimas atliktas laikantis mokslinių tyrimų etikos principų.

Tyrimo rezultatai. Tyrimas parodė, kad daugiau nei pusė tyrimo dalyvių (53,8%) gegužės–rugpjūčio mėnesiais deginasi nuo 1 iki 10 kartų, ir dauguma (65,2%) deginasi nuo 1 iki 3 valandų. Didžioji dalis studentų, kurie naudojo apsaugos nuo saulės kremus, išbuvę saulėje ilgiau nei 1 val., pažymėjo tai atliekantys tik kartais (26,3 %), o 11,4% apklaustųjų šių priemonių nenaudojo niekada. Dažniausiai naudojamos apsaugos nuo UV spinduliuotės priemonės buvo pasitraukimas į šešėlį (29,7 %) ir galvos apdangalai, dengiantys veidą, ausis ir kaklą (sudarė 25,4%). Daugiau nei pusė tyrimo dalyvių (54,2%) apsaugai nuo UV spinduliuotės niekada nenaudojo natūralių fitoterapinių priemonių. Didelė dalis (33%) nurodė bent kartą gyvenime patyrę daugiau nei vieną stiprų nudegimą nuo saulės. Vertinant studentų požiūrį į UV spinduliuotės poveikį žmogui, nustatyta, kad studentai dažniausiai naudojantys apsaugos nuo saulės kremus statistiškai reikšmingai labiau sutiko su nuomone, kad saulė formuoja raukšles ($p<0,05$), ir skatina odos vėžio vystymąsi ($p<0,05$). Tyrimo dalyviai, kurie retai naudojo apsaugos nuo saulės kremus, dažniau pažymėjo, kad juos sudėtinga naudoti ($p<0,05$) arba niekada apie tai nesusimąstė ($p<0,05$).

Tyrimo originalumas/tyrimo vertė. Šis tyrimas yra reikšmingas tuo, kad nagrinėja sveikatos mokslų studentų, būsimų sveikatos priežiūros specialistų, elgseną saulėje ir jų požiūrį į apsaugą nuo ultravioletinės spinduliuotės. Nors UV spinduliuotės poveikis odai ir fotoprotekcijos priemonių veiksmingumas plačiai analizuojami mokslinėje literatūroje, mažiau dėmesio skiriama tam, kaip šias žinias taiko praktikoje jauni žmonės, turintys su sveikata susijusį išsilavinimą. Tyrimas atskleidžia, kad net ir turint bazinių žinių apie UV rizikas, fotoprotekcinis elgesys išlieka nepakankamas, o tai rodo būtinybę stiprinti edukacines priemones ir keisti požiūrį į prevenciją dar studijų metu.

TEORIJOS ANALIZĖ

Ultravioletinė (UV) spinduliuotė yra vienas svarbiausių žalingų aplinkos veiksnių, darančių reikšmingą poveikį odos sveikatai. Ji prisideda prie įvairių odos pažeidimų ir patologijų vystymosi, įskaitant uždegiminius procesus, fotocheminiu būdu sukeltą priešlaikinį senėjimą bei odos vėžio formavimąsi (Gromkowska-Kępka ir kt., 2021; Ngoc ir kt, 2019). Saulės spinduliuotę, pasiekiančią Žemės paviršių, sudaro trys pagrindinės bangų juostos: ultravioletinė (UV), matomoji šviesa (Vis) ir infraraudonieji spinduliai (IR). Šių spindulių spektrai lemia įvairius biologinius odos atsakus (Pérez-Sánchez ir kt., 2018). UV spektras skirstomas į tris bangų ilgių diapazonus: UVC (100–280 nm), UVB (280–320 nm) ir UVA (320–400 nm). UVC spinduliai visiškai sulaikomi ozono sluoksnio, todėl Žemės paviršiaus nepasiekia, o UVA ir UVB spinduliuotė prasiskverbia pro atmosferą ir tiesiogiai veikia odos audinius, sukeldama oksidacinį stresą, DNR pažeidimus ir dermos struktūrinių komponentų degradaciją (Bernerd ir kt, 2022). Nors UVA spindulių fotonai turi mažiau energijos nei UVB, jie lengvai prasiskverbia per debesų sluoksnį ir stiklą. UVA spinduliuotė praeina per epidermį ir pasiekia dermą, todėl jų intensyvumas gilesniuose odos sluoksniuose yra didesnis nei UVB (Bernerd ir kt., 2022). Skirtingai nuo UVB, UVA net esant natūralioms saulės spinduliuotės dozėms sukelia reikšmingą oksidacinį stresą, inicijuoja reaktyviųjų deguonies formų (ROS) susidarymą, lemia DNR oksidacines modifikacijas ir grandinių lūžius, kurie trikdo ląstelių funkcijas ir didina kancerogenezės riziką (Ngoc ir kt., 2019).

Visi odos sluoksniai prisideda prie apsauginės funkcijos, tačiau UV spinduliuotė gali ją reikšmingai sutrikdyti. Oda yra svarbi įgimtosios imuninės sistemos dalis, turinti daug molekulinių apsaugos mechanizmų, kurių tikslas – mažinti UV žalą (Parrado ir kt., 2019).

ISSN 2345-068

Epidermis, pasižymintis sluoksniuota struktūra, sudaro pirmąją fizinę gynybos liniją, o melanocitai sintetina melaniną, kuris sugeria UV spindulius ir riboja jų prasiskverbimą į gyvuosius epidermio sluoksnius (Gromkowska-Kępka ir kt., 2021). UV spinduliuotė taip pat svarbi fiziologiniams procesams, pavyzdžiui, vitamino D3 sintezei. Veikiant UVB spinduliams 7-dehidrocholesterolis (cholesterolio pirmtakas esantis epidermio ląstelėse), verčiamas previtaminu D3, o sintezės efektyvumui įtaką daro UVB intensyvumas, odos fototipas, apsauginės priemonės, geografija ir metų laikas (He ir kt., 2020). UVB spinduliai, laikomi pavojingiausiais odai, tiesiogiai pažeidžia biologines makromolekules – DNR, lipidus ir baltymus – bei slopina antioksidacinių fermentų, tokių kaip SOD ir GSH-Px, aktyvumą, taip skatindami ROS kaupimąsi (Zeng ir kt., 2020). UVB sukelia ūmią ir lėtinę fotožalą: nudegimus, vėžinių ląstelių proliferaciją, odos senėjimą ir, esant intensyviam poveikiui, net ragenos nudegimą. Epidermio ląstelės aktyviai absorbuoja UVB, todėl didėja DNR pažeidimai, oksidacinis stresas, prasideda priešlaikinio senėjimo procesai (Ansary ir kt., 2021). Vienas iš svarbiausių UVB poveikių – pirimidininių dimerų susidarymas, sukeliantis DNR replikacijos klaidas ir didinantis mutacijų bei vėžio riziką (Ngoc ir kt., 2019). Priešingai, UVC spinduliuotė iki Žemės paviršiaus beveik nepasiekia, nes ją visiškai sugeria ozono sluoksnis, todėl tiesioginis poveikis žmogaus odai yra minimalus (Gromkowska-Kępka ir kt., 2021).

Ilgalaikis UV poveikis yra pagrindinis fotosenėjimo veiksnys. Fotosenėjimas – tai priešlaikinis odos senėjimas, sukeltas ilgalaikės UV spinduliuotės ekspozicijos, pasižymintis struktūriniais ir funkcionaliais odos pokyčiais (Ngoc ir kt., 2019). UV poveikiui tęsiantis, mažėja epidermio storis, didėja pigmentacijos netolygumai, vystosi dermos elastozė, nyksta kolageno skaidulos ir formuojasi ektatinės kraujagyslės (Guan ir kt., 2021). Molekuliniu lygmeniu fotosenėjimas pasireiškia ROS sukeltais elastino ir kolageno pažeidimais bei ekstraląstelinės matricos (ECM) degradacija. Vienas iš būdingiausių dermos pokyčių – saulės elastozė, kai dėl pakartotinių UV pažeidimų elastinės skaidulos persitvarko į distrofinę elastingą medžiagą (Gromkowska-Kępka ir kt., 2021). UV spinduliuotė taip pat skatina melanino gamybą, didindama pigmentacijos pokyčių, strazdanų ir saulės dėmių riziką. Ilgainiui pakinta odos atspalvis, atsiranda šiurkštumas, sausumas ir prarandamas odos skaidrumas. Saulės spinduliuotė trikdo keratinocitų diferenciaciją, todėl odos paviršiuje kaupiasi negyvos ląstelės (Gromkowska-Kępka ir kt., 2021). UV spinduliuotė gali pažeisti ir odos mikrocirkuliaciją. Silpnėjant kraujagyslių sienelėms, formuojasi telangiektazijos ir trūkinėjantys kapiliarai, ypač veido ir dekoltė srityse (Ngoc ir kt., 2019). Ilgainiui epidermis suplonėja, o apsauginė barjerinė funkcija susilpnėja, todėl oda tampa jautresnė ir pažeidžiamesnė (Peng ir kt., 2020). Ilgalaikis UV poveikis taip pat yra vienas iš pagrindinių odos vėžio – bazalinių ląstelių karcinomos, plokščialąstelinės karcinomos ir melanomos – rizikos veiksnių. Lėtinis saulės poveikis lemia DNR pažeidimus, mutacijų kaupimąsi ir nekontroliuojamą ląstelių proliferaciją (Peng ir kt., 2020). UV spinduliuotė daro reikšmingą įtaką fotosenėjimui, todėl siekiant išsaugoti sveiką ir jaunatvišką odą būtina nuosekli apsauga nuo saulės: plataus spektro apsauginiai kremai, vengimas tiesioginių saulės spindulių intensyviausiu paros metu, pavėsio paieška ir apsauginiai drabužiai (Guan ir kt., 2021).

Ultravioletinių spindulių apsaugos priemonėse naudojami įvairių tipų filtrai, kurie skirstomi į mineralinius, organinius ir natūralius. Šie filtrai skiriasi savo veikimo mechanizmu, saugumo profiliu, poveikiu aplinkai ir vartotojų priimtinumui. Mineraliniai filtrai, tokie kaip cinko oksidas (ZnO) ir titano dioksidas (TiO_2), naudojami apsaugos nuo saulės produktuose dėl gebėjimo atspindėti bei išsklaidyti UV spinduliuotę. Šių medžiagų efektyvumas priklauso nuo dalelių dydžio: cinko oksidas pasižymi plačia UVA–UVB absorbcijos kreive, o titano dioksidas efektyviau sugeria UVB spinduliuotę ir užtikrina papildomą apsaugą nuo UVA spindulių (Labille ir kt., 2020). TiO_2 laikomas odai nedirginančiu ir gerai toleruojamu, todėl plačiai naudojamas kosmetikos gaminiuose kaip neorganinis UV filtras, padedantis apsisaugoti nuo UV sukeltos fotožalos (Shandilya & Capron, 2017). Cinko oksidas, pasižymintis plataus

ISSN 2345-068

spektro apsauga, padeda sumažinti UV sukeltą eritemą, fotosenėjimą ir gali mažinti odos vėžio riziką (Holmes ir kt., 2016). Vis dėlto vienas iš pagrindinių neišspręstų klausimų yra ZnO nanodalelių saugumas. Manoma, kad ZnO-NP gali prasiskverbti per raginio sluoksnio barjerą ir patekti į gyvuosius epidermio sluoksnius, kur gali sukelti potencialiai toksišką poveikį (Mohammed ir kt., 2019). Organiniai (cheminiai) UV filtrai veikia sugerdami saulės spinduliuotės energiją ir paversdami ją šiluma (Díaz-Cruz ir kt., 2008). Prie dažniausiai naudojamų organinių filtrų priskiriami avobenzonas, oktinoksatas, benzofenonai ir oktokrilenas. Nepaisant plataus naudojimo, šie junginiai kritikuojami dėl galimo endokrininės sistemos sutrikdymo bei neigiamo toksikologinio poveikio, įskaitant egzematinį dermatitą, deginimo pojūtį ir padidėjusią odos vėžio riziką (Ngoc ir kt., 2019).

Nors mokslinėje literatūroje plačiai analizuojamas UV spinduliuotės poveikis odai ir fotoprotekcijos priemonių veiksmingumas, požiūris į apsaugą nuo ultravioletinės spinduliuotės gali reikšmingai skirtis tarp atskirų asmenų ir bendruomenių (Chao ir kt., 2017.). Tam įtakos gali turėti visuomenės informuotumas apie saulės apsaugos svarbą, nuoseklus švietimas stiprina susidomėjimą SPF turinčiais preparatais ir formuoja naujus įpročius, susijusius su nuosekliu apsaugos nuo saulės naudojimu (Lucas ir kt., 2019). Asmenys, kurie žino apie su UV spindulių poveikiu susijusias sveikatos rizikas – tokias kaip odos vėžys ar akių pažeidimai – dažniau teikia pirmenybę apsaugos nuo UV spinduliuotės priemonėms (Neale ir kt., 2023). Tačiau mažiau yra žinoma kaip šias žinias vertina ir taiko praktikoje sveikatos mokslų studentai. Todėl šiame tyrime siekta išanalizuoti jų elgseną saulėje ir požiūrį į apsaugos priemones.

TYRIMO METODOLOGIJA

Tyrimo metodai. Tyrime taikytas kiekybinis tyrimo metodas. Duomenų rinkimui naudotas originalus autorių parengtas klausimynas, sudarytas remiantis mokslinės literatūros šaltinių analize (Chao ir kt., 2017; Agarwal ir kt., 2018). Klausimyną sudarė 18 uždaro tipo klausimų. Gauti duomenys apdoroti SPSS statistines analizės programa. Siekiant nustatyti reikšmingus skirtumus tarp respondentų grupių, statistinei duomenų analizei taikytas neparametrinis Kruskal–Wallis testas. Reikšmingumo lygmuo pasirinktas $\alpha=0,05$; požymio skirstiniai laikyti reikšmingai besiskiriančiais, kai $p<0,05$. Didesnis vidutinis rangas interpretuotas kaip didesnis sutikimas su pateiktu teiginiu.

Tyrimo dalyvių imties charakteristika. Tyrimo imtį sudarė 236 sveikatos mokslų profesinio bakalauro studijų programų studentai, kurių amžius svyravo nuo 18 iki 49 metų. Daugumą sudarė moterys (90,5%, n=222), vyrų – 5,9% (n=14). Tyrimo imtis sudaryta tikslingosios atrankos būdu ir apėmė skirtingų studijų programų studentus: bendrosios praktikos slaugos (29,7%, n=70), kineziterapijos (27,1%, n=64), burnos sveikatos (23,7%, n=56) ir kosmetologijos (19,5%, n=46). Į kai kuriuos klausimus atsakė ne visi tyrimo dalyviai, į tyrimo analizę įtraukti tik atsakiusių rezultatai.

Tyrimo organizavimas. Elektroninė anoniminė apklausa. vykdyta internetinėje platformoje: www.apklausa.lt . Tyrimo instrumente esantys klausimai suskirstyti į tris blokus: sociodemografiniai klausimai (3 klausimai); klausimai apie elgseną saulėje (11 klausimų); klausimai apie požiūrį į fotoprotekcijos priemonių naudojimą (4 klausimai). Teiginius tyrimo dalyviai vertino pagal penkių lygių Likerto skalę (nuo „visiškai sutinku“ iki „visiškai nesutinku“).

Tyrimo etika. Tyrimas buvo vykdomas laikantis mokslinių tyrimų etikos principų. Studentų apklausa buvo anoniminė, dalyvavimas savanoriškas, respondentai buvo informuoti apie tyrimo tikslą ir duomenų naudojimą moksliniais tikslais. Užpildydami anketą, dalyviai patvirtino savo sutikimą dalyvauti tyrime. Surinkti duomenys buvo tvarkomi laikantis konfidencialumo reikalavimų.

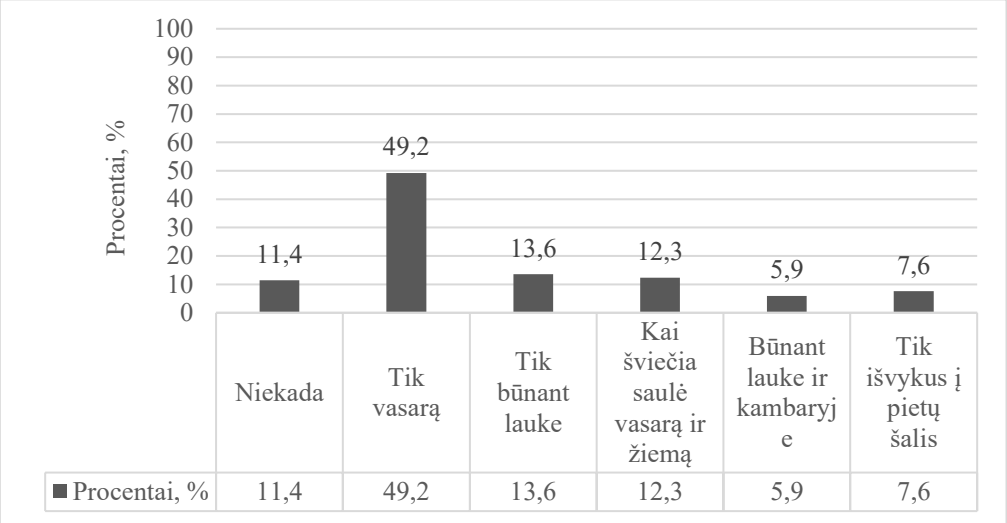
ISSN 2345-068

TYRIMO REZULTATAI IR DUOMENŲ ANALIZĖ

Tyrimo dalyvių elgsena saulėje

Vertinant tyrimo rezultatus, apklaustų studentų deginimosi dažnį šiltuoju metų laiku (gegužės–rugpjūčio mėnesiais), nustatyta, kad daugiau nei pusė jų (53,8%; n=127) deginosi nuo 1 iki 10 kartų; 22,9% (n=54) nuo 11 iki 19 kartų; 20 kartų ir daugiau – 16,9 % (n=40); o 6,4% (n=15) niekada nesidegino.

Analizuojant gautus duomenis apie apsaugos nuo saulės kremo naudojimo laikotarpį (žr. 1 pav.), nustatyta, kad didžioji dalis – 49,2 % (n=116) tyrimo dalyvių juos vartoja tik vasarą; tik būnant lauke 13,6% (n=32), o 11,4% (n=27) apklaustųjų šios priemonės nenaudoja niekada.



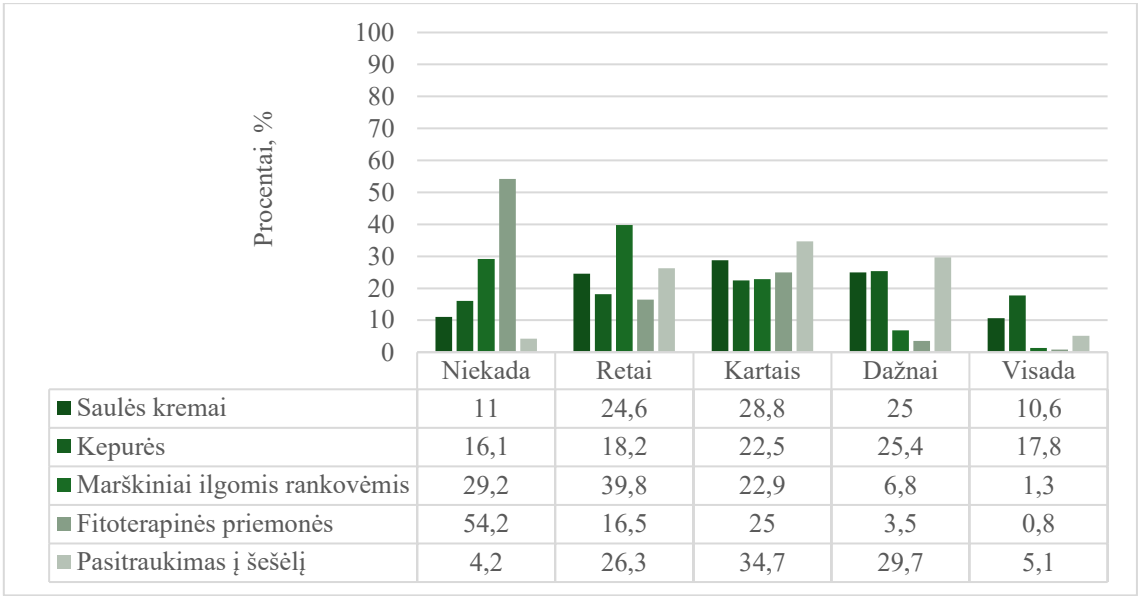
1 pav. Apsaugos nuo saulės kremo naudojimo laikotarpis
Šaltinis: sudaryta autorių

Vertinant studentų preliminarią kiekvieno deginimosi trukmę, nustatyta, kad dauguma 65,2% (n=154) deginasi nuo 1 iki 3 valandų; mažiau nei 1 valandą - 26,3 % (n=62), o 8,5% (n=20) apklaustųjų deginasi ilgiau nei 3 valandas. O vertinant stiprių saulės nudegimų dažnį pastaraisiais metais, nustatyta, kad daugiau nei pusė tyrimo dalyvių 51,7% (n=122) yra patyrę daugiau nei vieną stiprių nudegimą, 33% (n=78) yra patyrę vieną kartą ir tik 15,3% (n=36) šio neigiamo UV spinduliuotės poveikio nėra niekada patyrę.

Analizuojant skirtingų fotoprotekcinių priemonių naudojimo dažnį (žr. 2 pav.), nustatyta, kad būnant saulėje ilgiau nei 1 valandą, apsaugos nuo saulės kremus visada naudojo 10,6% (n=25) tyrimo dalyvių; kepures, kurios dengia veidą, ausis ir kaklą, visada naudojo 17,8% (n=42), o marškinius ilgomis rankovėmis visada dėvėjo 1,3% (n=3) apklaustų studentų; fitoterapines priemones (pvz. augalinius aliejus) visada naudojo 0,8% (n=2); bei visada pasitraukdavo į šešėlį 17,6% (n=42) tyrimo dalyvių.

Vertinant apsaugos nuo saulės priemonių naudojimo priežastis, tyrimo dalyviams leista pasirinkti ne vieną atsakymo variantą. Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad dauguma atvejų 82,4% (n=196) studentų nurodė, kad siekė išvengti saulės nudegimų; 52,5% (n=125) - užkirsti kelią odos vėžiui; 42,9% (n=102) - išvengti fotosenėjimo; 31,9% (n=76) išvengti ankstyvų raukšlių, o 19,7% (n=47) išlaikyti šviesią ir skaisčią odą.

ISSN 2345-068

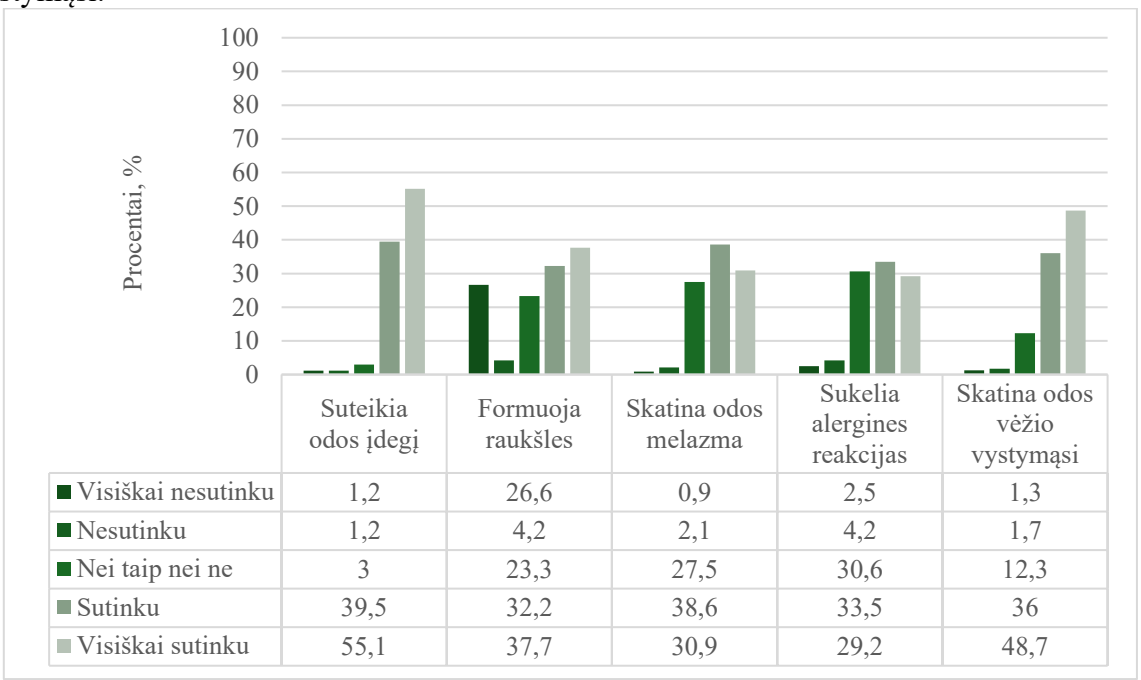


	Niekada	Retai	Kartais	Dažnai	Visada
Saulės kremai	11	24,6	28,8	25	10,6
Kepurės	16,1	18,2	22,5	25,4	17,8
Marškiniai ilgomis rankovėmis	29,2	39,8	22,9	6,8	1,3
Fitoterapinės priemonės	54,2	16,5	25	3,5	0,8
Pasitraukimas į šešėlį	4,2	26,3	34,7	29,7	5,1

2 pav. Apsaugos nuo saulės priemonių naudojimo dažnis išbuvus saulėje ilgiau nei 1 valandą, atvejų skaičius (%)
Šaltinis: sudaryta autorių

Studentų požiūris į apsaugą nuo UV spinduliuotės

Vertinant studentų nuomonę apie UV spinduliuotės poveikį žmogui (žr. 3 pav.)., nustatyta, kad visiškai sutinka su teiginiu, kad saulė suteikia odos įdegį 55,1% (n=130), taip pat 48,7% (n=115), apklaustųjų visiškai sutinka su nuomone, kad saulė skatina odos vėžio vystymąsi.



	Suteikia odos įdegį	Formuoja raukšles	Skatina odos melazma	Sukelia alergines reakcijas	Skatina odos vėžio vystymąsi
Visiškai nesutinku	1,2	26,6	0,9	2,5	1,3
Nesutinku	1,2	4,2	2,1	4,2	1,7
Nei taip nei ne	3	23,3	27,5	30,6	12,3
Sutinku	39,5	32,2	38,6	33,5	36
Visiškai sutinku	55,1	37,7	30,9	29,2	48,7

3 pav. Respondentų nuomonė apie UV spinduliuotės poveikį.
Šaltinis: sudaryta autorių

Vertinant studentų nuomonę apie UV spinduliuotės poveikį žmogui, nustatyta, kad studentai dažniausiai naudojantys apsaugos nuo saulės kremus statistiškai reikšmingai labiau sutiko su nuomone, kad saulė formuoja raukšles ($p<0,05$), ir skatina odos vėžio vystymąsi ($p<0,05$) (žr. 1 lentelė). Tyrimo dalyviai, kurie buvo patyrę stiprių nudegimų, statistiškai reikšmingi dažniau ($p<0,05$) sutiko su teiginiu, kad saulė sukelia alergines reakcijas.

ISSN 2345-068

1 lentelė. Respondentų nuomonė apie UV spinduliuotės poveikį pagal apsaugos nuo saulės kremų naudojimo dažnį

Kriterijus	**Naudojimo dažnis**	**Atvejų skaičius (n)**	**Vidutinis rangas**	**Tikimybė**
Suteikia odos įdegį	Niekada	26	116,94	0,379
	Retai	124	112,85	
	Dažniausiai	86	124,53	
Formuoja raukšles	Niekada	29	85,90	**0,003**
	Retai	123	113,07	
	Dažniausiai	84	132,38	
Skatina odos melazmą	Niekada	26	106,77	0,217
	Retai	124	112,09	
	Dažniausiai	86	125,92	
Sukelia alergines reakcijas	Niekada	28	98,17	0,276
	Retai	123	112,75	
	Dažniausiai	85	127,80	
Skatina odos vėžio vystymąsi	Niekada	26	94,46	**0,026**
	Retai	120	112,70	
	Dažniausiai	90	129,03	

Šaltinis: sudaryta autorių

Vertinant studentų nuomonę apie apsaugos nuo saulės kremų poveikį odai, nustatyta, kad dažniausiai naudojantys apsaugos nuo saulės kremus statistiškai reikšmingai labiau sutiko su teiginiais, kad šios priemonės lėtina priešlaikinį senėjimą ($p<0,05$) ir apsaugo nuo odos vėžio ($p<0,05$) (žr. 2 lentelė). Palyginus tuos pačius kriterijus pagal tai, kiek kartų tyrimo dalyviai yra patyrę stiprių nudegimų, statistiškai reikšmingų skirtumų nenustatyta ($p<0,05$).

2 lentelė. Studentų nuomonė apie apsaugos nuo saulės kremų poveikį odai pagal jų naudojimo dažnį

Kriterijus	**Kaip dažnai**	**Atvejų skaičius (n)**	**Vidutinis rangas**	**Tikimybė**
Apsaugo nuo žalingu UV spindulių	Niekada	26	109,23	0,319
	Retai	125	114,06	
	Dažniausiai	85	125,27	
Mažina odos įdegį	Niekada	26	101,60	0,301
	Retai	126	122,43	
	Dažniausiai	84	115,14	
Mažina odos nudegimų riziką	Niekada	24	93,52	0,107
	Retai	124	120,01	
	Dažniausiai	88	119,86	
Lėtina priešlaikinį senėjimą	Niekada	26	83,37	**0,004**
	Retai	124	115,63	
	Dažniausiai	86	130,83	
Apsaugo nuo odos vėžio	Niekada	27	92,15	**0,049**
	Retai	124	116,58	
	Dažniausiai	85	126,70	

Šaltinis: sudaryta autorių

ISSN 2345-068

Vertinant tyrimo dalyvių nuomonę kodėl apsaugos nuo saulės kremai nevartojami, nustatyta, kad studentai, kurie niekada nenaudojo šių priemonių reikšmingai dažniau sutiko su teiginiais, kad sudėtinga šias priemones naudoti ($p<0,05$) ir kad niekada apie tai nesusimąstė ($p<0,05$) (žr. 3 lentelė). Palyginus tuos pačius kriterijus pagal tai, kiek kartų studentai yra patyrę stiprių saulės nudegimų, statistiškai reikšmingi skirtumai nustatyti vertinant, kad apsaugos nuo saulės kremai yra brangūs ($p<0,05$).

3 lentelė. Studentų nuomonė, kodėl apsaugos nuo saulės kremai nėra naudojami pagal jų naudojimo dažnį

Kriterijus	**Kaip dažnai**	**Atvejų skaičius (n)**	**Vidutinis rangas**	**Tikimybė**
Yra brangūs	Niekada	27	115,09	0,239
	Retai	120	118,76	
	Dažnai	78	103,42	
Turi daug šalutinių poveikių	Niekada	27	111,61	0,274
	Retai	121	118,81	
	Dažnai	77	104,36	
Yra lipnūs, teplūs	Niekada	27	121,52	0,072
	Retai	120	119,71	
	Dažnai	78	99,73	
Sudėtinga naudoti	Niekada	27	139,17	**0,007**
	Retai	120	116,65	
	Dažnai	78	98,32	
Niekada apie tai nemąsčiau	Niekada	27	152,81	**0,001**
	Retai	120	113,80	
	Dažnai	80	101,20	

Šaltinis: sudaryta autorių

Vertinant apklaustų studentų nuomonę apie apsaugos nuo saulės šalutinius poveikius, nustatyta, kad studentai dažniausiai naudojantys apsaugos nuo saulės kremus, reikšmingai dažniau sutiko su teiginiu, kad minėtos priemonės absorbuojasi į organizmą ($p<0,05$) (žr. 4 lentelė).

4 lentelė. Studentų nuomonė apie apsaugos nuo saulės kremų šalutinius poveikius pagal jų naudojimo dažnį.

Kriterijus	**Kaip dažnai**	**Atvejų skaičius (n)**	**vidutinis rangas**	**Tikimybė**
Sukelia aknę	Niekada	26	101,06	0,348
	Retai	124	118,79	
	Dažniausiai	84	120,68	
Sukelia odos alergiją	Niekada	26	103,71	0,245
	Retai	122	122,81	
	Dažniausiai	84	111,30	
Dirgina odą	Niekada	26	115,77	0,250
	Retai	123	123,19	
	Dažniausiai	84	108,32	
Mažina odos įdegį	Niekada	26	108,96	0,410

ISSN 2345-068

	Retai	125	123,16	
	Dažniausiai	84	113,12	
Absorbuojasi į organizmą	Niekada	26	88,90	**0,045**
	Retai	124	119,56	
	Dažniausiai	84	123,32	

Šaltinis: sudaryta autorių

Apibendrinus galima teigti, kad dauguma apklaustų studentų šiltuoju metų laiku dažnai būna saulėje, tačiau apsaugos nuo UV spinduliuotės priemones naudoja nepakankamai nuosekliai. Dažniausiai taikytos apsaugos priemonės buvo buvimas šešėlyje ir galvos apdangalai, o apsaugos nuo saulės kremai daugeliu atvejų naudoti tik epizodiškai. Nustatyta, kad trečdalis tyrimo dalyvių bent kartą gyvenime patyrė stiprius nudegimus nuo saulės. Studentai, dažniau naudojantys apsaugos nuo saulės kremus, statistiškai reikšmingai geriau suvokė UV spinduliuotės žalą žmogaus odai.

DISKUSIJA

UV spinduliuotės poveikis žmogaus organizmui yra vienas reikšmingiausių aplinkos veiksnių, darančių tiesioginę įtaką odos sveikatai (Parrado ir kt., 2019). Šio tyrimo rezultatai parodė, kad didžioji dalis respondentų apsaugos nuo saulės kremus naudoja tik vasaros metu ir tik būdami lauke. Vis dėlto nustatyta, kad UVA spinduliai lengvai prasiskverbia pro debesuotą dangų ir stiklą (Bernerd ir kt., 2022), todėl apsaugos nuo saulės priemones rekomenduojama naudoti ne tik saulėtomis, bet ir debesuotomis dienomis bei būnant patalpose. Be to, šio tyrimo rezultatai atskleidė gana dažną studentų deginimąsi saulėje: daugiau nei penktadalis respondentų (22,7 %) šiltuoju metų laiku deginosi nuo 11 iki 19 kartų. Kitų autorių duomenimis, beveik ketvirtadalis apklausoje dalyvavusių studentų nurodė dažną buvimą intensyviausios saulės spinduliuotės metu ir truko ilgiau nei vieną valandą per dieną (Urasaki ir kt., 2016).

Šis tyrimas parodė, kad apklausoje dalyvavę studentai išbuvę saulėje ilgiau nei 1 valandą, naudojo įvairias fotoprotekcines priemones, populiariausios buvo kepurės, kurios dengia veidą, ausis ir kaklą; taip pat apsaugos nuo saulės kremai bei kitos priemonės kaip pavėsis, marškiniai ilgomis rankovėmis. Ankstesnių tyrimų duomenys rodo, kad studentai dažniausiai taiko pasyviąsias apsaugos nuo saulės priemones – vengia tiesioginių saulės spindulių ieškodami šešėlio, vilki kūną dengiančius drabužius bei dėvi akinius nuo saulės (Almuqati ir kt., 2019). Panašios tendencijos nustatytos ir kituose tyrimuose: pagrindiniai respondentų apsaugos nuo saulės įpročiai buvo apsaugos nuo saulės kremų ir akinių naudojimas bei saulės vengimas dienos viduryje, tuo tarpu tokios priemonės kaip skėčiai nuo saulės ar marškiniai ilgomis rankovėmis buvo nurodomos kaip mažiausiai taikomos (Rus ir kt., 2020). Be to, ankstesnių tyrimų rezultatai parodė, kad didžioji dalis respondentų (70 %) taikė bent vieną apsaugos nuo saulės priemonę, įskaitant apsaugos nuo saulės kremus, apsauginius drabužius, šešėlį, akinius nuo saulės ar kepures. Dalis dalyvių derino kelias apsaugos strategijas, pavyzdžiui, vilkėjo apsauginius drabužius ir atviras kūno vietas tepė apsaugos nuo saulės kremais, kas laikoma efektyvesniu apsaugos nuo UV spinduliuotės būdu (Urasaki ir kt., 2016). Šio tyrimo rezultatai parodė, kad daugiau nei pusė studentų (54,2 %) niekada nenaudojo natūralių fitoterapinių priemonių apsaugai nuo saulės. Tuo tarpu literatūroje pabrėžiama, kad tokios priemonės pasižymi fotoprotekciniu ir antioksidaciniu poveikiu, sukelia mažiau nepageidaujamų reakcijų bei gali sumažinti cheminių UV filtrų poreikį, ypač derinant jas su augaliniais aliejais (Andréo-Filho ir kt., 2018; Montenegro, Santagati, 2019).

Nors apsaugos nuo saulės kremai laikomi pagrindine ir efektyviausia apsaugos nuo UV spinduliuotės priemone, šio tyrimo rezultatai rodo, kad jų naudojimas tarp studentų išlieka

ISSN 2345-068

nepakankamas. Nustatyta, kad 11,3 % apklausoje dalyvavusių studentų apsaugos nuo saulės kremų niekada nenaudojo. Panašios tendencijos stebimos ir kituose tyrimuose – daugiau nei 30 % respondentų nurodė nenaudojantys jokių apsaugos nuo saulės priemonių (Almuqati et al., 2019). Beveik trečdalis apklaustųjų taip pat nenaudojo jokių apsaugos nuo saulės priemonių ir kituose tyrimuose (Urasaki ir kt., 2016). Be to, net ir tarp apsaugos nuo saulės kremus naudojančių asmenų pastebimos ribotos taikymo praktikos – didelė dalis respondentų (78 %) apsaugos priemones naudojo tik veido srityje, neapsaugodami kitų atvirų kūno vietų (Chao ir kt., 2017). Kitų tyrėjų duomenimis, apsaugos nuo saulės kremai dažniausiai buvo naudojami atostogų metu, tačiau kasdieniame gyvenime ir darbo metu jis buvo taikomas rečiau (Schneiderbanger ir kt., 2019). Ankstesnių tyrimų duomenimis, dauguma apklaustų studentų apsaugos nuo saulės kremus naudojo nereguliariai, o tik 15 % juos taikė nuosekliai ir reguliariai, kaip rekomenduojama. Asmenys, nenaudojantys apsaugos nuo saulės kremų, dažniausiai tai aiškino laiko trūkumu, siekiu įdegti bei susirūpinimu dėl cheminių medžiagų absorbcijos į organizmą (Urasaki ir kt., 2016). Kituose tyrimuose nustatyta, kad pagrindinė priežastis, lemianti neigiamą požiūrį į apsaugos nuo saulės kremų naudojimą, buvo jų vartojimo nepatogumas, kuris statistiškai reikšmingai dažniau buvo nurodomas vyrų (Schneiderbanger ir kt., 2019). Indijoje atliktas tyrimas parodė, kad tyrimo dalyviai apsaugos nuo saulės kremus vertino kaip riebius, lipnius, dirginančius odą, galinčius išprovokuoti aknę ar alergines reakcijas, o produktų kaina taip pat buvo reikšmingas veiksnys, prisidėjęs prie žemo šių priemonių naudojimo lygio (Agarwal ir kt., 2018). Šie rezultatai leidžia daryti prielaidą, kad nepakankamas apsaugos nuo saulės kremų naudojimas yra nulemtas ne tik žinių stokos, bet ir praktinių, estetinių bei ekonominių veiksnių.

Išanalizavus kitų tyrėjų nurodytus apsaugos nuo saulės priemonių naudojimo motyvus, matyti, kad respondentams taip pat svarbesnis buvo siekis išvengti skausmingų UV spinduliuotės sukeltų nudegimų nei ilgalaikė apsauga nuo odos vėžio (Schneiderbanger ir kt., 2019). Apsaugos priemonės dažniausiai buvo taikomos siekiant išvengti trumpalaikių pasekmių, tokių kaip intensyvus įdegis ar eritema, o ne dėl ilgalaikio saulės poveikio sveikatai (Agarwal ir kt., 2018). Tai leidžia manyti, kad trumpalaikės ir akivaizdžios UV spinduliuotės pasekmės yra stipresnis elgseną lemiantis veiksnys nei ilgalaikės sveikatos rizikos. Nepaisant įrodytos apsaugos nuo saulės priemonių naudos, jų naudojimas tarp paauglių ir suaugusiųjų išlieka nepakankamas ir nevienodas, o tai rodo elgsenos pokyčių, kryptingos edukacijos ir motyvacinių veiksnių svarbą siekiant efektyvesnės fotoprotekcijos populiacijos lygmeniu (Agarwal ir kt., 2018). Šio tyrimo duomenimis, daugiau nei pusė apklausoje dalyvavusių studentų buvo patyrę stiprius saulės nudegimus, o tai yra gerokai daugiau nei ankstesniuose tyrimuose, kuriuose apie tai nurodė tik ketvirtadalis respondentų (Urasaki ir kt., 2016). Šis skirtumas gali būti siejamas su nepakankamu apsaugos nuo saulės priemonių naudojimu ir netinkamais elgesio saulėje įpročiais.

Naujausio tyrimo duomenys tarp medicinos studijų programos studentų parodė, kad reguliariai apsaugos nuo saulės kremą naudojo 69,6 % respondentų, iš kurių 68,9 % nurodė tai darantys kasdien. Vis dėlto dauguma jų (63,9 %) apsaugos nuo saulės kremų netepė pakartotinai, nors pakartotinis naudojimas yra būtinas siekiant užtikrinti efektyvią fotoprotekciją. Be to, nustatyta, kad 65,5 % respondentų nenaudojo apsauginių drabužių (Schmidt ir Munoz Gonzalez, 2025). Autoriai pažymi, kad nors medicinos studentų apsaugos nuo saulės priemonių naudojimo rodikliai yra palankesni nei ankstesniuose tyrimuose, vis dar trūksta sistemingo švietimo apie tinkamą apsaugos priemonių pakartotinį naudojimą bei apsauginių drabužių reikšmę fotoprotekcijoje. Atsižvelgiant į tai, siūloma integruoti mokymus apie saugų elgesį saulėje į medicinos studijų programas, nes toks požiūris galėtų prisidėti prie geresnių tiek būsimų gydytojų, tiek jų pacientų elgsenos saulės poveikio atžvilgiu formavimo (Schmidt ir Munoz Gonzalez, 2025). Medicinos studentų saulės apsaugos elgsena išlieka nepakankama, ypač vyrų grupėje. Tyrimo rezultatai atskleidžia ryškų atotrūkį tarp turimų žinių

ISSN 2345-068

ir realios elgsenos, pabrėždami tikslingų intervencijų poreikį. Fotoprotekcijos gerinimas tarp būsimų sveikatos priežiūros specialistų yra ypač svarbus siekiant mažinti odos vėžio riziką ir stiprinti jų, kaip sveikatos ugdytojų, vaidmenį skatinant prevencinę elgseną platesnėje bendruomenėje. Nepaisant to, medicinos studentai, iš kurių tikimasi tapti būsimais sveikatos edukatoriais, dažnai nesilaiko rekomenduojamų saulės apsaugos praktikų (Alvina ir kt., 2025). Aplinkos veiksniai, ypač ultravioletinė spinduliuotė, gali sukelti reikšmingą žalą, lemti oksidacinį stresą, fotosenėjimą ar fotokancerogenezę (Parrado ir kt., 2019). Todėl visuomenės požiūris į apsaugą nuo UV spinduliuotės ir su tuo susijusių prevencinių priemonių taikymas tampa itin svarbiu visuomenės sveikatos klausimu (Agarwal ir kt., 2018).

Galima teigti, kad požiūris į apsaugą nuo UV spinduliuotės glaudžiai siejasi su visuomenės informuotumo lygiu ir sveikatos raštingumu. Nuoseklus švietimas, informuotumo didinimo kampanijos bei prieiga prie patikimų informacijos šaltinių gali reikšmingai prisidėti prie teigiamo požiūrio į apsaugą nuo UV spinduliuotės formavimo ir skatinti saugaus elgesio praktikas (Neale ir kt., 2023). Vienos valandos didaktinė paskaita, kurioje buvo akcentuojamos Amerikos dermatologų akademijos rekomendacijos dėl odos vėžio patikros ir prevencijos, parodė reikšmingą medicinos studentų žinių lygio, pasitikėjimo savimi bei tikimybės konsultuoti pacientus padidėjimą. Autoriai pažymi, kad šią įvadinę mokymo programą galima pritaikyti įvairioms medicinos ir sveikatos mokslų specialybėms, taip stiprinant būsimų sveikatos priežiūros specialistų vaidmenį odos vėžio prevencijoje (Compres ir kt., 2020). Didėjant visuomenės informuotumui apie fotoprotekcijos svarbą, formuojasi nuoseklesni apsaugos nuo saulės priemonių naudojimo įpročiai (Lucas ir kt., 2019). Asmenys, turintys daugiau žinių apie su UV spinduliuotės poveikiu susijusias sveikatos rizikas, tokias kaip odos vėžys ar akių pažeidimai, dažniau teikia pirmenybę apsaugos nuo UV spinduliuotės priemonėms (Neale ir kt., 2023). Sveikatos žinios turėtų būti transformuojamos į adekvatų fotoprotekcinį elgesį, kai asmuo ne tik suvokia ultravioletinės spinduliuotės daromą žalą ir prevencijos rekomendacijas, bet ir nuosekliai taiko šias žinias priimdamas kasdienius sprendimus.

IŠVADOS

1. Teorinė mokslinės literatūros analizė atskleidė, kad saulės spinduliuotė daro reikšmingą poveikį žmogaus savijautai ir sveikatai, tačiau ultravioletinė spinduliuotė gali lemti įvairius odos struktūros ir funkcijos pažeidimus. Ilgalaikis UV poveikis skatina imuninio atsako slopinimą, didina odos vėžio riziką bei prisideda prie pigmentacijos sutrikimų atsiradimo. Todėl nuoseklus ir individualiai parinktas apsaugos nuo saulės priemonių naudojimas yra būtinas siekiant išsaugoti odos sveikatą ir sumažinti ultravioletinės spinduliuotės sukeliamą žalą.
2. Tyrimo rezultatai parodė, kad studentų fotoprotekcinis elgesys yra nepakankamas. Sveikatos mokslų studentai, turėdami aukštesnį sveikatos raštingumą ir medicininių rizikų supratimą, nesilaiko adekvačios fotoprotekcijos elgsenos.
3. Nors dažnesnis apsaugos nuo saulės kremų naudojimas buvo susijęs su geresniu UV spinduliuotės rizikos suvokimu, daliai studentų fotoprotekcijos taikymą vis dar riboja praktiniai ir motyvaciniai barjerai. Tai leidžia teigti, kad studentų turimos žinios ne visada perauga į nuoseklų apsaugos nuo UV spinduliuotės priemonių taikymą, todėl sveikatos mokslų studijų programose tikslinga stiprinti aiškias ir sistemingas edukacines priemones, skatinančias tinkamą ir reguliarų fotoprotekcijos naudojimą.

LITERATŪRA

1. Agarwal, S. B., Godse, K., Patil, S., & Nadkarni, N. (2018). Knowledge and attitude of general population toward effects of sun exposure and use of sunscreens. *Indian Journal of Dermatology, 63*(4), 285–291. https://doi.org/10.4103/ijd.IJD_609_17
2. Almuqati, R. R., Alamri, A. S., & Almuqati, N. R. (2019). Knowledge, attitude, and practices toward sun exposure and use of sun protection among non-medical, female, university students in Saudi Arabia: A cross-

ISSN 2345-068

sectional study. *International journal of women's dermatology*, *5*(2), 105-109. https://doi.org/10.1016/j.ijwd.2018.11.005

3. Andréo-Filho, N., Bim, A. V. K., Kaneko, T. M., Kitice, N. A., Haridass, I. N., Abd, E., ... & Leite-Silva, V. R. (2018). Development and evaluation of lipid nanoparticles containing natural botanical oil for sun protection: characterization and in vitro and in vivo human skin permeation and toxicity. *Skin Pharmacology and Physiology*, *31*(1), 1-9. https://doi.org/10.1159/000481691
4. Ansary, T. M., Hossain, M. R., Kamiya, K., Komine, M., & Ohtsuki, M. (2021). Inflammatory molecules associated with ultraviolet radiation-mediated skin aging. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(8), 3974. https://doi.org/10.3390/ijms22083974
5. Azmitia, E. C. (2020). Evolution of serotonin: Sunlight to suicide. *Center for Neuroscience, 31*, 3–22. https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64125-0.00001-3
6. Bernerd, F., Passeron, T., Castiel, I., & Marionnet, C. (2022). The damaging effects of long UVA (UVA1) rays: A major challenge to preserve skin health and integrity. *International Journal of Molecular Sciences, 23*(15). https://doi.org/10.3390/ijms23158243
7. Catalano, R., Mason, A., Ziarelli, F., Slomberg, D., Laisney, J., Unrine, J. M., Campos, A., & Labille, J. (2020). Optimizing the dispersion of nanoparticulate TiO_2-based UV filters in nonpolar media used in sunscreen formulations. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 599*, 124792. https://doi.org/0.1016/j.colsurfa.2020.124792**.**
8. Chao, L. X., Sheu, S. L., Kong, B. Y., Rademaker, A. W., & Kundu, R. V. (2017). Identifying gaps in consumer knowledge about sunscreen. *Journal of the American Academy of Dermatology, 77*(6), 1172–1173.e2. https://doi.org/10.1016/j.jaad.2017.06.151
9. Chang, S. W., & Lee, H. C. (2019). Vitamin D and health – The missing vitamin in humans. *Journal of Pediatrics & Neonatology, 60*(3), 237–244. https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2019.04.007**.**
10. Díaz-Cruz, M. S., Llorca, M., & Barceló, D. (2008). Organic UV filters and their photodegradates, metabolites and disinfection by-products in the aquatic environment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *27*(10), 873-887. https://doi.org/10.1016/j.trac.2008.08.012
11. Gonzalez-Bravo, A., Montero-Vilchez, T., Arias-Santiago, S., & Buendia-Eisman, A. (2022). The effect of sunscreens on the skin barrier. *Life, 12*(12), 2083. https://doi.org/10.3390/life12122083.
12. Gromkowska-Kępka, K. J., Puścion-Jakubik, A., Markiewicz-Żukowska, R., & Socha, K. (2021). The impact of ultraviolet radiation on skin photoaging: Review of in vitro studies. *Journal of Cosmetic Dermatology.* https://doi.org/10.1111/jocd.14033
13. Guan, L. L., Lim, H. W., & Mohammad, T. F. (2021). Sunscreens and photoaging: a review of current literature. *American journal of clinical dermatology*, *22*(6), 819-828. https://doi.org/10.1007/s40257-021-00632-5
14. Gupta, M. (2018). Assessment of knowledge, attitudes and practices about sun exposure and sunscreen usage in outpatients attending a dermatology clinic in North India. *Journal of Pakistan Association of Dermatologists, 28*(4).
15. He, H., Li, A., Li, S., Tang, J., Li, L., & Xiong, L. (2020). Natural components in sunscreens: Topical formulations with sun protection factor (SPF). *Biomedicine & Pharmacotherapy, 134*, 111161. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.111161.
16. Holmes, A. M., Song, Z., Moghimi, H. R., & Roberts, M. S. (2016). Relative penetration of zinc oxide and zinc ions into human skin after application of different zinc oxide formulations. *ACS nano*, *10*(2), 1810-1819. https://doi.org/10.1021/acsnano.5b04148
17. Holick, M. F. (2018). Photobiology of vitamin D. *Journal of Biochemistry, Physiology and Diagnostics, 1*, 45–55. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809965-0.00004-5
18. Holman, A. M., Ding, H., & Guy, G. P. (2018). Prevalence of sun protection use and sunburn and associations of demographic and behavioral characteristics with sunburn among US adults. *JAMA Dermatology, 154*(5), 561–568. https://doi.org/0.1001/jamadermatol.2018.0028.
19. King, A., Leong, R., & Bose, R. (2025). Sun-safety understanding among Canadian elementary students: A survey-based cohort study acros s racial/ethnic groups. *Pediatric Dermatology, 42*(5). https://doi.org/985–992. 10.1111/pde.16034
20. Labille, J., Slomberg, D., Catalano, R., Robert, S., Apers-Tremelo, M. L., Boudenne, J. L., ... & Radakovitch, O. (2020). Assessing UV filter inputs into beach waters during recreational activity: A field study of three French Mediterranean beaches from consumer survey to water analysis. *Science of the Total Environment*, *706*, 136010. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136010
21. Lucas, R. M., Yazar, S., Young, A. R., Norval, M., De Gruijl, F. R., Takizawa, Y., ... & Neale, R. E. (2019). Human health in relation to exposure to solar ultraviolet radiation under changing stratospheric ozone and climate. *Photochemical & Photobiological Sciences*, *18*(3), 641-680. https://doi.org/10.1039/C8PP90060D
22. Mohammed, Y. H., Holmes, A., Haridass, I. N., Sanchez, W. Y., Studier, H., Grice, J. E., ... & Roberts, M. S. (2019). Support for the safe use of zinc oxide nanoparticle sunscreens: lack of skin penetration or cellular

ISSN 2345-068

toxicity after repeated application in volunteers. *Journal of Investigative Dermatology*, *139*(2), 308-315. https://doi.org/10.1016/j.jid.2018.08.024

23. Montenegro, L., & Santagati, L. M. (2019). Use of vegetable oils to improve the sun protection factor of sunscreen formulations. Cosmetics, 6(2), 25. https://doi.org/10.3390/cosmetics6020025
24. Neale, R. E., Lucas, R. M., Byrne, S. N., Hollestein, L., Rhodes, L. E., Yazar, S., ... & Olsen, C. M. (2023). The effects of exposure to solar radiation on human health. *Photochemical & Photobiological Sciences*, *22*(5), 1011-1047. https://doi.org/10.1007/s43630-023-00375-8
25. Ngoc, L. T. N., Tran, V. V., Moon, J. Y., Chae, M., Park, D., & Lee, Y. C. (2019). Recent trends of sunscreen cosmetics: An update review. *Cosmetics, 6*(4), 64. https://doi.org/10.3390/cosmetics6040064.
26. Shandilya, N., & Capron, I. (2017). Safer-by-design hybrid nanostructures: An alternative to conventional titanium dioxide UV filters in skin care products. *Rsc Advances*, *7*(33), 20430-20439. https://doi.org/10.1039/C7RA02506H
27. Parrado, C., Mercado-Saenz, S., Pérez-Davó, A., Gilaberte, Y., González, S., & Juarranz, A. (2019). Environmental stressors on skin aging: Mechanistic insights. Frontiers in Pharmacology, 10, 759. https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00759
28. Pérez-Sánchez, A., Barrajón-Catalán, E., Herranz-López, M., & Micol, V. (2018). Nutraceuticals for skin care: A comprehensive review of human clinical studies. *Nutrients*, *10*(4), 403. https://doi.org/10.3390/nu10040403
29. Schmidt, M., & Munoz Gonzalez, A. (2025). Prevalence of sun-protective behaviors among medical students: Insights from a survey at the University of Texas Medical Branch. Journal of Skin, 9(1), 2096–2099. https://doi.org/10.25251/skin.9.1.8
30. Schneiderbanger, C. K., Schuler, G., Heinzerling, L., & Kirchberger, M. C. (2019). Characterization of tanning behavior assessed via online survey: Attitudes, habits, and preventive measures with focus on sunscreen use. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, *35*(4), 268-274. https://doi.org/10.1111/phpp.12465
31. Urasaki, M. B. M., Murad, M. M., Silva, M. T., Maekawa, T. A., & Zonta, G. M. A. (2016). Exposure and sun protection practices of university students. *Revista brasileira de enfermagem*, *69*, 126-133. https://doi.org/10.1590/0034-7167.2016690117i.
32. Xu, S., Kwa, M., Agarwal, A., Rademaker, A., & Kundu, R. V. (2016). Sunscreen product performance and other determinants of consumer preferences. *JAMA Dermatology, 152*(8), 920–927. https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2016.2344.
33. Yabut, J. M., Crane, J. D., Green, A. E., Keating, D. J., Khan, W. I., & Steinberg, G. R. (2019). Emerging roles for serotonin in regulating metabolism: New implications for an ancient molecule. *Endocrine Reviews, 40*(4), 1092–1107. https://doi.org/10.1210/er.2019-00014.
34. Zeng, X., Yuan, H., Dong, X., Peng, M., Jing, X., Xu, Q., ... & Nyima, T. (2020). Genome-wide dissection of co-selected UV-B responsive pathways in the UV-B adaptation of qingke. *Molecular Plant*, *13*(1), 112-127. https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.10.009

ISSN 2345-068

FORECASTING METHODS FOR SHAPING ADULT EDUCATION 2050

Andreas Ahrens[1], Janis Dzerviniks[2], Svetlana Usca[2], Jelena Zascerinska[3], Silva Blazulioniene[4], Anna Högnadóttir[5], Anastasija Bikova[1], Vasilisa Aleksejeva[2], Polina Glonina[6], Mihails Zascerinskis[3]
[1]Hochschule Wismar University of Applied Sciences, Germany, [2]RTU Rezekne Academy, Latvia, [3]Centre for Education and Innovation Research, Latvia, [4]Creative Future Ideas, Lithuania, [5]Com&Train, Denmark, [6]RISEBA University, Latvia

Abstract

Business performance effectiveness is impacted by the competences obtained by companies' staff members. For the competence adjustment, education plays the significant role as education provides companies' staff members with new knowledge, updated skills, and relevant attitude for the enhancement of job performance. Despite that, Adult Education 2050 remains under-explored. The research aim is to investigate Adult Education 2050 underpinning the analysis of interviews with different business sector representatives in selected European Union countries. The empirical data were collected via semi-structured interviews with the participation of 10 respondents from each country (Denmark, Latvia, and Lithuania) - in total 30 respondents. Current trends in adult education impact and shape Adult Education 2050. The study reveals that the respondents have a fragmented understanding of adult education structure and sub-elements (lesson planning, lesson design, strategies/methods of teaching, and evaluation). Trends in adult education include themes and topics on sustainability and equity, collaboration based on quintuple helix approach (university-industry-government-public-environment) in defining learners' needs and educational contexts, competencies as adult education outcomes, collaborative learning as the strategy in teaching, evaluation's focus on teacher assessment. Education and pedagogy are differentiated in this work. Directions of further research are proposed.

Keywords: *adult education 2050, evaluation, forecast, lesson design, ranking*.

INTRODUCTION

Research topicality and problem. Business performance effectiveness is impacted by the competences obtained by companies' staff members. For the competence adjustment, education plays the significant role as education provides companies' staff members with new knowledge, updated skills, and relevant attitude for the enhancement of job performance. Therefore, Education 2050 is attracting more attention from scientists, researchers, teachers, entrepreneurs, IT specialists, futurists and many other professionals (Ahrens et al., 2023a). Their interest lies in the estimation of links between all relevant agents and regularities in complex and dynamic environments of Education 2050. Scientific community, professionals related to education and stakeholders are exploring different aspects of Education 2050. Here are only few examples are presented: A futuristic view on Global Education 2050 (Dutta, 2021); Global Higher Education in 2050 (Escobar, 2022); Social studies teacher competencies in 2050 (Kizilgol & Kasapoglu, 2024); Methodological Observations on Education 2050 (Ahrens et al., 2024b); Integrated Education and Learning 2050 (Rezaei et al., 2022). The presented list of scientific works on Education 2050 is not exhaustive. New research results are being permanently presented. Analysis of the current demographic situation reveals that by 2050, the number of persons with 65 years of age and older will be greater than children five and under (Margrett & Lee, 2015). In these conditions, adults will be seeking educational and learning opportunities for a multiplicity of reasons (Margrett & Lee, 2015). The growing and diverse groups of adult learners (Margrett & Lee, 2015) will influence educational settings. Despite its increasing importance, Adult Education 2050 remains under-explored.

The aim of the research. The aim of this work is to explore Adult Education 2050 underpinning the analysis of interviews with representatives of different business sectors including education in the selected European Union countries.

The research methodology. The present work is based on the exploratory research that is qualitative in nature. The research intends to analyse existing patterns and search for

ISSN 2345-068

meaningful changes in qualifications, competencies, and trends. The research will collect data via the analysis of scientific open access publications for framing and defining Adult Education 2050. The empirical data were collected via semi-structured interviews with the participation of 10 respondents from each country (Denmark, Latvia, and Lithuania) - in total 30 respondents. Ranking was used for data analysis and comparison of theoretical and empirical results. The interpretive method seemed to be effective for the search of findings of the research.

The research results. The respondents have a fragmented understanding of adult education structure and sub-elements. The adult education structure and its sub-elements (lesson planning, lesson design, strategies/methods of teaching, and evaluation) have been defined. Trends in adult education include themes and topics on sustainability and equity, collaboration based on quintuple helix approach (university-industry-government-public-environment) in defining learners' needs and educational contexts, competencies as adult education outcomes, collaborative learning as the strategy in teaching, evaluation's focus on teacher assessment. Education and pedagogy are differentiated in this work.

Originality/Value of the article. The originality of this research work is shown by the current trends in adult education that impact shaping and framing Adult Education 2050. The value of this article is presented by the emerging signs in different areas of adult education. These emerging signs reveal the trends that changes in adult education will undertake. As shaping of Education 2050 is started in advance, there are good opportunities to validate this research's results using other forecasting methods, extending the list of countries for empirical examination, and widening the respondents' groups.

RESEARCH METHODOLOGY

The research was enabled by the research questions: What is Adult Education 2050? What are qualifications and competencies in Adult Education 2050? What are training methods in Adult Education 2050? What are the links between Adult Education 2050 and adult education sector stakeholders? The present research intends to explore Adult Education 2050, thereby the research of exploratory nature has been chosen (Zascerinska et al., 2022a) as the phenomenon of Adult Education 2050 is under-explored (Ahrens & Zascerinska, 2021). Justification of selecting the exploratory research for this work based on previous research carried out by Ahrens & Zascerinska (2021) and Ahrens et al. (2023a), is presented in Table 1.

1 table. Justification of selecting the exploratory research for this work

Research Gap in Adult Education 2050	**Gap characterization**	**Intended impact**
Adult Education 2050 is not addressed in scientific literature	Adult Education 2050 is not defined	To characterize the field of Adult Education 2050 by "identifying its boundaries"
	Adult Education 2050 roadmap on qualifications and competencies as well as training methods	To envision Adult Education 2050 qualifications and competencies
		To forecast Adult Education 2050 links with the business sector
Lack of formal structure for analysis of Adult Education 2050	No previous research exists	Researchers are free to construct their own research structure
		Researchers have a high degree flexibility to build their own research structure
		Researchers' openness and creativity at the outset of this work can help design a formal structure

Source: compiled by the authors

ISSN 2345-068

An important feature of exploratory research and studies is the emphasis on perspective (Edgar & Manz, 2017). Exploratory research and studies observe specific phenomena to look for patterns and arrive at a general theory of behavior (Edgar & Manz, 2017). In comparison, the experimental process proceeds from a general theory to an understanding in specific (Edgar & Manz, 2017). In this work, a general theory of behavior is expressed in new research questions and hypotheses (Ahrens & Zascerinska, 2021), not in creating new designs or models (Edgar & Manz, 2017). The exploratory research encompasses prognostic studies (Kent et al., 2020). Prognostic studies are initially carried out when little is known about a phenomenon (Kent et al., 2020). There are four main objectives of prognostic studies (Kent et al., 2020): description, association, prediction, and causation. A prognostic study, aimed at fixing an object in its development, leverages a forecasting approach (Pirozhkova, 2016). Forecasting, focusing on operations and processes, is always at the forefront of decision making and planning (Petropoulos et al., 2021). Forecasting methodology is based on the principles of being conservative and ethical (Armstrong & Green, 2018). In this work, the forecasting methodology proceeds in three phases (Ahrens et al., 2023a). Phase 1 refers to the identification of emerging signs (Delors, 1998) as emerging signs facilitate changes that reshape the world in general and education in particular. For this, expert knowledge and opinion (Pirozhkova, 2016) expressed in published works is analyzed. Phase 2 aims at analyzing pervasive and persistent changes that make them a trend. Phase 3 relates to a scientifically based description of future. A trend helps describe the development of education in future (Pirozhkova, 2017). As there is a lacuna of previously published scientific results on Adult Education 2050, the exploratory forecasting analysis of qualitative nature is implemented in both parts – theoretical and empirical. The present exploratory research focuses on the search of meaningful patterns, e.g. qualifications, competencies, etc., and trends (Ismoilova, 2020), therefore standardized approaches or, in other words, quantitative methods, are not applicable in this work. The qualitative nature of the present theoretical work is reflected in its aim to analyze scientific open access publications for framing and defining Adult Education 2050. Theoretical methods with qualitative research characteristics include analysis of theoretical sources (Ahrens et al., 2019). Theoretical sources with open access are used for analysis. Theoretical sources are manually selected for analysis in order not to miss a publication on the topic of Adult Education 2050; Theoretical analysis (Ahrens et al., 2023a) is used for evaluation and interpretation of results found in theoretical sources; Theoretical modelling (Ahrens et al., 2019) is applied to frame Adult Education 2050 and its links with business sector; Model creation (Ahrens et al., 2023b) is useful for making a definition of Adult Education 2050. A definition of Adult Education 2050 presents the notion, structural elements and procedural aspects of Adult Education 2050 (Ahrens et al., 2013); Comparative analysis of existing models (Ahrens et al., 2023a) of Adult Education 2050 helps identify similarities and differences in existing models, their benefits and advantages as well as their drawbacks and disadvantages (Melnikova et al., 2017); Summarising analysis (Ahrens et al., 2023c) illuminates essential contents in a short and precise text (Mayring, 2004). Summarising analysis can include a new research question or hypothesis (Ahrens et al., 2021b). These theoretical methods are structured in a logical and sequential manner. These presented theoretical methods are leveraged for framing and projecting Adult Education 2025 and its links with business sector in this research. Theoretical analysis was implemented in January-December 2025. The empirical study's purpose was to analyze business sector opinion on qualifications and competencies as well as training methods important for Adult Education 2050. The study was carried out in February-July 2025.

Empirical methods with characteristics of qualitative study include Semi-structured interviews as a method of data collection are carried out with respondents who obtain a good knowledge about adult education and business sector (Ahrens et al., 2023d). Semi-structured interviews imply open-ended questions divided into several diagnostic blocks designed to

ISSN 2345-068

reveal respondents' opinions about a topic (Melnikova et al., 2023). Semi-structured interviews are implemented until novel issues stop emerging (Ahrens et al., 2021a). In Denmark, Latvia, and Lithuania, the semi-structured interviews were carried in the countries' languages – Danish, Latvian, and Lithuanian. Afterwards, interviews were translated into English by the interviewer. Collected data are manually processed in this work. Manual data processing is crucial to keep all collected data in place, without losing any piece of data. Manual data processing conventionally is time and labor intensive. Advantage of this method is its low cost. After the interviews, all responses were manually transferred to an electronic device for duplication and safekeeping. Method of collected data analysis is content analysis of theoretical sources (Ahrens et al., 2019). Content analysis was selected in this work as the amount of material (Žogla & Lasmanis, 2009), e.g. scientific publications, for analysis is limited. As the material about the topic of this research is scarce, it is important to investigate all available open access materials. Content analysis or a set of methods are leveraged to compress and categorize large amounts of textual information to classify, structure and systematize (Žogla & Lasmanis, 2009). The process of implementation of content analysis is impacted by existing experience in the use of content analysis in social and humanitarian sciences, and specifics of the investigated problem (Žogla & Lasmanis, 2009). Ranking was used for the comparison of responses from respondents in Denmark, Latvia, and Lithuania. Responses per respondent and country were summed up, and from the highest three sums, Top 3 per country was created (Ahrens & Zascerinska, 2020). Based on Top 3 per country, the comparison of Top 1 from each country was carried out, too. Interpretive paradigm is conventionally used in the process of qualitative analysis (Thanh & Thanh, 2015). Interpretive paradigm helps analyze the social construction of the meaningful reality (Zaščerinska et al., 2021). Meanings emerge from the interpretation (Zaščerinska et al., 2021). In semi-structured interviews, 10 respondents from each country (Denmark, Latvia, and Lithuania) - in total 30 respondents - took part. The option for these three countries is related to their participation in the project "Mapping Adult Trainers" Qualifications and Competencies in twin transition to SMART future / SMART MAP" supported by Nordplus Adult 2023. The project aimed to create the Map Report on the analysis of adult trainers' emerging qualifications and competencies in twin transition to SMART Future for the increase of adult trainers' employability, economic and social inclusion, and overall social sustainability. Denmark, Latvia, and Lithuania are three European Union countries. Respondents from Denmark represented views of the Northern Europe, while the respondents from Latvia and Lithuania – opinions of the Eastern Europe. Countries' division is emphasized for a comparative analysis of interview results. 30 respondents were selected in the process of information-oriented sampling (Flyvbjerg, 2006). It means that respondents who obtain and could disclose the information relevant to Adult Education 2050 were chosen. Sampling process was based on principles of sample appropriateness, sufficiency, and confidence (Ahrens & Zaščerinska, 2015). The sample size – 10 respondents for each participating country - was determined by two factors: In the data processing phase, collected data allow extracting the required information in an appropriate form such as diagrams, reports, or tables (Ahrens & Zaščerinska, 2014); In the analysis phase, sample's further components or elements do not change conclusions or generalisations drawn from the obtained data (Kroplijs & Raščevska, 2004). Most respondents from Denmark belongs to the age groups 55-67 years old. The respondents from Latvia equally represent two age groups of 20-29 and 40-54 years old. Most respondents from Lithuania is between 40-54 years old. Most respondents in Denmark and Latvia is represented by females, while in Lithuania – equally by males and females. This shows that females are more often willing to respond and contribute to a study. Most respondents from Denmark works in education for more than 20 years. Most respondents from Latvia also works in education. However, in comparison to respondents from Denmark, respondents from Latvia have received their work experience of 1-3 years. Most respondents from Lithuania is

ISSN 2345-068

entrepreneurs. They represent kid clothing, cosmetology, restaurant business, and photography. Most of them have the experience in their business of 5-10 years. The comparison of respondents' background allows for finding that Denmark is represented by experienced educators, Latvia - by novice educators, and Lithuania – by entrepreneurs. Respondents' background plays two-fold role in this empirical study: On the one hand, respondents represent the labor market, therefore respondents can provide their expertise about labor market needs' in employees' qualifications and competencies; On the other hand, respondents are potential users of adult education in few years and even in 2050, therefore respondents obtain valuable knowledge about desired adult education in future.

RESEARCH RESULTS AND DATA ANALYSIS

Theoretical Analysis

Education is defined by Vygotsky as individual's artificial development (Vygotsky, 1982-84). Education is defined as a purposefully organized process aimed at transferring of society historical experiences and cultural values, as well as development of individuals' knowledge, skills, attitudes, personality traits, and beliefs (Zaščerinska et al., 2015). Education is part of pedagogy. Table 2 describes education in comparison to pedagogy (Zogla, 2018).

2 table. Comparison of education and pedagogy

Component	**Education**	**Pedagogy**
Scope	Institutionalized teaching and learning	Life-long and wide
Purpose	Institutionalized target	Personal goal
Means	Curriculum and program	Philosophy in use
Result	Outcome-oriented	Achievement oriented

Source: compiled by the authors

Organisation of education is rooted in didactics (Zascerinska et al., 2021). Didactics' triangle serves as the basis of the educational process. A conventional didactic triangle represents interactions between teacher, learners, and content. Due to the increasing role of digital tool in everyday life, modern didactic triangle encompasses interactions between teacher, learners, content, and digital tools (Ahrens et al., 2024c). Education and, consequently, the educational process as a system include lesson planning, lesson design, strategies/methods of teaching, and evaluation (Zogla, 2018). This education structure - lesson planning, lesson design, strategies/methods of teaching, and evaluation – will be further used for framing Adult Education 2050.

Adult education is a relevant topic in the European Union. Adult education is recognized to bridge the gap between adults' education and training as well as demands of a rapidly changing labor market (European Commission, 2020). Adult education helps to (European Commission, 2020) •Enhance adults' employment prospects; •Develop personally or professionally; •Obtain transferrable skills, such as critical thinking. Adult learning also contributes to improving social cohesion and promotes active citizenship (European Commission, 2020). It also enhances the competitiveness of businesses and European economies (European Commission, 2020). Adult education comprises all forms of education and learning that aim to ensure that all adults participate in their societies and the world of work (UNESCO, 2015). Adult education covers all formal, non-formal and informal learning undertaken by those (European Commission, 2013), regarded as adults by the society, in which they live, develop and enrich their capabilities for living and working, both in their own interests and those of their communities, organizations and societies (UNESCO 2015). Adult education and its educational process are based on andragogy, science about adult learning (Zascerinska et al., 2022b). Andragogy implies the education for experienced learners (Ahrens et al., 2024a).

ISSN 2345-068

Andragogy recommends a gradual implementation of the educational process in a certain sequence (Ahrens et al., 2023c). The educational process is built in an ascending manner: from the simple to the complex, and from the easy to the difficult (Ahrens et al., 2024a). Envisioning of Adult Education 2050 stems from emerging signs. Table 3 presents links between adult education structure (Hava & Erturgut, 2010) and emerging signs that can facilitate changes in adult education on its way to 2050.

3 table. Emerging signs in adult education

Adult education structure	**Structural sub-element**	**Emerging signs**	**Reference**
Lesson planning	Theme and topic	Links between themes and topics of social and individual importance	Zaščerinska, 2011
	Lesson context (e.g. previous topic and topic that will follow)	Quintuple helix approach (university-industry-government-public-environment)	Franc & Karadžija, 2019
	Lesson duration	Adult participation grows with average course duration increase by 1 hour	Rüter & Martin, 2022
Lesson design	Purpose of the lesson	Links between purposes of social and individual importance	Zaščerinska, 2011
	Lesson objectives divided into knowledge, skills and attitudes, and values	Audience, expected behavior, and conditions	Vaishkiyar, 2023
	Learners' needs	Quintuple helix approach (university-industry-government-public-environment)	Franc & Karadžija, 2019
Strategies/methods of teaching	Teaching and learning strategies	Mixed class in a hybrid manner	Zascerinska et al., 2022b
	Lesson steps	Educational process in five phases: teaching, teaching with elements of peer-learning, peer-learning, peer-learning with elements of learning, learning	Zaščerinska, 2013
Evaluation	Self-evaluation	Self-evaluation as a tool for empowerment and self-discovery	Project, 2017
	Peer evaluation	Peer evaluation as a controlled and precise form of classroom evaluation that involves carefully constructed evaluation instruments, structured classroom situations, and exact evaluative assessments	Weaver & Cotrell, 1986
	Teacher assessment	Micro-credentials	Orr et al., 2020

Source: compiled by the authors

Empirical Analysis

The empirical study's purpose is to analyze business sector opinion on qualifications and competencies as well as training methods important for Adult Education 2050. The empirical study was carried out in February-July 2025.

Top 3 business (Automation, Digitalization, and Platforms) as well as relevant qualifications and competencies (Complex problem solving and continuous learning, Cultural

ISSN 2345-068

competence, and Innovation) in 2050 were selected by the respondents in Denmark. ***Respondents in Denmark*** connect the future of business with automation and competencies in complex problem solving and continuous learning. Table 4 demonstrates respondents' answers.
4 table. Top 3 adult education as well as qualifications and competencies in 2050

Top	**Top 3 Adult Education in 2050**	**Top 3 Qualifications and competencies in 2050**	**Training methods in 2050**
Top 1	More e-learning platforms	Integrates knowledge of the content, pedagogy, and technology, Designs a measurement and assessment tool that is appropriate for the task, Develops digital competence and productivity of students with digital teaching materials, Does valid and reliable measurement and assessment, Develops futuristic/future-oriented thinking skills, Develops her/his life skills and thinking skills (problem-solving, critical thinking, creative thinking, innovative thinking, algorithmic thinking, building empathy etc.), Guides students toward the use of mass media, Uses distance measurement and assessment tools, Takes an initiative to support her/his own personal development	Artificial Intelligence (AI) and Collaborative learning
Top 2	Social and emotional skills as a high priority and Project-based learning and the rise of Edtech in the classroom	Creates a democratic learning environment, Uses programming languages in her/his lessons, Creates an egalitarian learning environment, Develops her/his own cognitive awareness skills (planning, organization, etc.), Communicates effectively with colleagues, Provides effective guidance to students, Supports students to manage their own learning processes (self-regulated learning), Supports students' social skills, Creates learning environments that will enable active learning of her/his students, Communicates effectively with students, Enriches the learning environment with virtual, augmented, and mixed reality applications (holograms), Benefits from interdisciplinary interaction in teaching, Collaborates with stakeholders (people, institutions, etc), Uses social media platforms effectively, Uses distance teaching methods and techniques, Provides effective guidance to parents, Integrates Web tools (Edmodo, Kahoot, etc.) into the teaching process, Is always willing to do research, Is willing to follow contemporary developments, Is willing to follow the changes, Takes an initiative to support her/his own personal development,	Remote learning and gamification

ISSN 2345-068

		Becomes a role model for students, Is committed to local, national, and universal values	
Top 3	Personalized learning	–	Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR), Micro-learning, Adaptive learning

Source: compiled by the authors

Respondents in Denmark with most experienced educators associate Adult Education 2050 with more e-learning platforms. A wide range of competencies, shown in Table 5, will be required in future.

5 table. Top 3 business as well as qualifications and competencies in 2050

Top	**Top 3 Business in 2050**	**Top 3 Qualifications and competencies in 2050**
Top 1	Digitalization	Complex problem solving
Top 2	Robotics and Platforms	Creativity, Innovation, Adaptability, Resilience
Top 3	Automation	Digital literacy, Continuous learning, Data literacy

Source: compiled by the authors

Artificial Intelligence and collaborative learning will be key training methods in 2050. It should be pointed that five respondents in Denmark complained that the perspective of 25 years ahead is too long for them and proposed to plan of a shorter period of time of 5-10 years.

The *respondents in Latvia* with the majority of novice educators connect the future of business with digitalization. The most significant competence in future will be complex problem solving. Table 6 demonstrates respondents' answers about adult education as well as relevant qualifications and competencies in 2050

6 table. Top 3 adult education as well as qualifications and competencies in 2050

Top	**Top 3 Adult Education in 2050**	**Top 3 Qualifications and competencies in 2050**	**Training methods in 2050**
Top 1	Project-based learning and the rise of Edtech in the classroom, Social and emotional skills as a high priority, Teacher as a Guide Personalized learning	Develops her/his life skills and thinking skills (problem-solving, critical thinking, creative thinking, innovative thinking, algorithmic thinking, building empathy etc.), Is always willing to do research, Collaborates with stakeholders (people, institutions, etc.), Develops her/his own cognitive awareness skills (planning, organization, etc.)	Collaborative learning
Top 2	Widely spread homeschooling approach	Designs a measurement and assessment tool that is appropriate for the task, Creates an egalitarian learning environment, Communicates effectively with colleagues, Becomes a role model for students, Benefits from interdisciplinary interaction in the teaching process, Does valid and reliable measurement and assessment, Is willing to follow the changes, Is committed to local, national, and universal values, Integrates knowledge of the content, pedagogy, and technology, Supports students to manage their own learning processes (self-regulated learning),	Adaptive learning

ISSN 2345-068

		Provides effective guidance to parents, Integrates Web tools (Edmodo, Kahoot, etc.) into the teaching process, Is always willing to do research, Is willing to follow contemporary developments,	
Top 3	More e-learning platforms	–	VR and AR, Gamification, AI

Source: compiled by the authors

Table 7 presents Top 3 business as well as qualifications and competencies in 2050 selected from responses of respondents in Latvia.

7 table. Top 3 business as well as qualifications and competencies in 2050

Top	**Top 3 Business in 2050**	**Top 3 Qualifications and competencies in 2050**
Top 1	Robotics	Creativity
Top 2	Technology-driven and Automation	Complex problem solving and Adaptability
Top 3	Artificial Intelligence and human-based	Innovation, Digital literacy, and Sustainability

Source: compiled by the authors

Respondents in Latvia associate Adult Education 2050 with project-based learning and the rise of Edtech in the classroom, social and emotional skills as a high priority, teacher as a guide, and personalized learning. Respondents from Latvia imply that life skills, research skills, cognitive skills, and collaboration with stakeholders will be necessary in future. Collaborative learning will be the main training methods in 2050.

The ***respondents in Lithuania*** with most entrepreneurs connect future of business with robotics. Most important competence in future will be creativity. Table 8 demonstrates respondents' answers about adult education as well as relevant qualifications and competencies in 2050.

8 table. Top 3 adult education as well as qualifications and competencies in 2050

Top	**Top 3 Adult Education in 2050**	**Top 3 Qualifications and competencies in 2050**	**Training methods in 2050**
Top 1	Remote learning, More e-learning platforms	Personalized learning, Digital competence	Remote learning
Top 2	Continuous learning Personalized learning Computerized learning	Social and secure environment, Integrates knowledge of the content, pedagogy, and technology, Develops life skills and thinking skills (problem solving, critical thinking, creative thinking, innovative thinking, algorithmic thinking, empathy, etc.), Develops future-oriented thinking skills, Is willing to follow the changes, Takes the initiative to support his/her personal development follows contemporary developments	Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR), Adaptive learning
Top 3	Inclusive learning Artificial Intelligence	Artificial Intelligence (AI), Diversity, Empathy, Online learning, Becomes a role model for students	AI, Critical thinking, Digitalization, Micro-learning, Collaborative learning,

ISSN 2345-068

			Inclusive learning

Source: compiled by the authors

Respondents in Lithuania associate Adult Education 2050 with remote learning and more e-learning platforms. Respondents from Lithuania imply that personalized learning, digital competence, social and secure environment, life skills, future-oriented thinking skills, and knowledge integration skills will prevail in future. Remote learning will be the linchpin training methods in 2050.

The present section reveals the ***comparison of respondents' view*** on business and adult education 2050. All three countries' respondents have different associations of the country' business in 2050 as illustrated in Table 9. The key competence - complex problem solving - in 2050 coincides in Denmark and Latvia.

9 table. Top 1 business as well as qualifications and competencies in 2050

Country	**Top 1 Business in 2050**	**Top 1 Qualifications and competencies in 2050**
Denmark	Automation	Complex problem solving
Latvia	Digitalization	Complex problem solving
Lithuania	Robotics	Creativity

Source: compiled by the authors

Table 10 demonstrates that respondents from Denmark and Lithuania received a similar impression on Adult Education 2050 by associating it with more e-learning platforms. Respondents from all three countries focus on different competencies that will become indispensable in 2050 as disclosed in Table 10. Respondents from Denmark and Latvia share the opinion that cornerstone training method in 2050 will be collaborative learning.

10 table. Top 1 adult education as well as qualifications and competencies in 2050

Country	**Top 1 Adult Education in 2050**	**Top 1 Qualifications and competencies in 2050**	**Training methods in 2050**
Denmark	More e-learning platforms	Integrates knowledge of the content, pedagogy, and technology, Designs a measurement and assessment tool that is appropriate for the task, Develops digital competence and productivity of students with digital teaching materials, Does valid and reliable measurement and assessment, Develops her/his own futuristic/future-oriented thinking skills, Guides students toward the use of mass media, Uses distance measurement and assessment tools, Takes an initiative to support her/his own personal development	Artificial Intelligence and Collaborative learning
Latvia	Project-based learning and the rise of Edtech in the classroom, Social and emotional skills as a high priority, Teacher as a Guide	Is always willing to do research, Collaborates with stakeholders (people, institutions, etc.), Develops her/his own cognitive awareness skills (planning, organization, etc.)	Collaborative learning

ISSN 2345-068

	Personalized learning		
Lithuania	Remote learning More e-learning platforms	Personalized learning, Digital competence	Remote learning

Source: compiled by the authors

Table 11 presents links between adult education structure (Hava & Erturgut, 2010) and emerging signs that can facilitate changes in adult education on its way to 2050.

11 table. Comparison of theoretical and empirical results

Adult education structure	**Structural sub-element**	**Emerging signs**	**Interview response**
Lesson planning	Theme and topic	Links between themes and topics of social and individual importance	Sustainability and equity
	Lesson context (e.g. previous topic and topic that will follow)	Quintuple helix approach (university-industry-government-public-environment)	Collaborates with stakeholders (people, institutions, etc.)
	Lesson duration	Adult participation grows with average course duration increase by 1 hour	Not discussed
Lesson design	Purpose of lesson	Links between purposes of social and individual importance	Not discussed
	Lesson objectives divided into knowledge, skills and attitudes, and values	Audience, expected behavior, and conditions	Competencies in Table 9
	Learners' needs	Quintuple helix approach (university-industry-government-public-environment)	Collaborates with stakeholders (people, institutions, etc.)
Strategies/methods of teaching	Teaching and learning strategies	Mixed class in a hybrid manner	Collaborative learning
	Lesson steps	Educational process in five phases: teaching, teaching with elements of peer-learning, peer-learning, peer-learning with elements of learning, learning	Not discussed
Evaluation	Self-evaluation	Self-evaluation as a tool for empowerment and self-discovery	Not discussed
	Peer evaluation	Peer evaluation as a controlled and precise form of classroom evaluation that involves carefully constructed evaluation instruments, structured classroom situations, and exact evaluative assessments	Not discussed
	Teacher assessment	Micro-credentials	Designs a measurement and assessment tool that is appropriate for task, Uses

ISSN 2345-068

			distance measurement and assessment tools

Source: compiled by the authors

Table 11 reveals that not all structural sub-elements are covered by respondents from all three countries. It shows that respondents have a fragmented understanding of adult education structure and sub-elements. Understanding of some sub-elements, e.g. lesson context and learners' needs, is limited to few specific stakeholders such as people and institutions without naming key actors of quintuple helix approach.

The comparison of responses given by respondents from Denmark, Latvia, and Lithuania allows for finding trends that are shaping and framing Adult Education 2050. It should be emphasized that a trend means a pervasive and persistent change (Ahrens et al., 2023a). Trend in themes and topics of adult education highlights the focus on sustainability and equity. Trend in defining learners' needs and educational contexts implies collaboration based on the quintuple helix approach (university-industry-government-public-environment). Trend in the field of adult education outcomes lies on competencies, not on qualifications. Despite the common trend of digitalization in adult education, respondents pointed out collaborative learning as the strategy in teaching. And, trend in evaluation is aligned to the common trend of the focus on teacher assessment. However, teacher assessment is considered as the use of measurement and assessment tools including digital tools. Trend in evaluation – micro-credentials – is not widely adopted in adult education.

DISCUSSION

Danish respondents' complaint about a long perspective of 25 years that can be explained that the sample was represented by experienced educators. Conventionally, educators work in a thoroughly structured environment that might limit their creativity important for innovation design (Gaspary et al., 2020). This finding might be suitable for respondents from Latvia, represented by most novice educators, and from Lithuania, represented by most entrepreneurs. For example, novice educators are not tied by well-established structure of adult education organization yet, and entrepreneurs must be permanently creative and innovative for business development.

All three countries' respondents have different associations of their country' business in 2050. It can be motivated by the present status of business in these countries. Denmark is traditionally considered as an industrial country (Sløk-Madsen, 2022). For industry, automation is of great importance. Latvia is keen to develop digitalization (Česnauskė, 2019) while Lithuania focuses on unmanned aerial systems or drones (Pūraitė et al., 2018) that requires robotics. These findings are aligned well with key competence in 2050 in the countries of respondents. Key competence in 2050 determined by the samples from Denmark and Latvia is complex problem solving that is the basis for industry and digitalization while current drone design and production need creativity.

Interesting observation is that respondents from three countries identified competencies in 2050, leaving qualifications in 2050 without consideration. It can be interpreted that respondents do not take part in study/learning programme/course de-sign, e.g. respondents focus on the delivery of adult education. Interesting is that respondents from Lithuania, represented by most entrepreneurs, who should be highly interested in preparation and training of employees for their businesses, do not mention any collaboration with adult education institutions.

ISSN 2345-068

CONCLUSIONS

1. The role of adult education is increasing in conditions of adult group growing due to the demographic situation as well as technologies' development. The tendency of growing and diverse groups of adult learners is shaping and framing Adult Education 2050. Themes and topics in the curriculum/programme of adult education focusing on sustainability and equity will address the challenge of an increase in a number of adult learners in Adult Education 2050. Collaborative learning as a teaching method will deal with the challenge of diversity of adult learners in Adult Education 2050.
2. The difference between education and pedagogy exists. The structure of adult education and its sub-elements (lesson planning, lesson design, strategies/methods of teaching, and evaluation) are defined. Emerging signs in adult education refer to
   - The increasing complexity of the educational process, e.g. by the introduction of digital tools as fourth element in the didactic triangle;
   - Closer interconnectedness of the social environment and individuals' development;
   - Sequential links between the educational phases (teaching, teaching with elements of peer-learning, peer-learning, peer-learning with elements with learning, and learning);
   - Stronger relationships in evaluation between self-evaluation, peer-evaluation, and teacher assessment in the educational process.
3. The empirical study facilitated the finding that respondents' view of Adult Education 2050 is fragmented. For bridging the gaps in understanding and shaping of Adult Education 2050 of educators, entrepreneurs, and other stakeholders, concerted efforts of educational institutions, industry, government, and public are needed. The trends in adult education that shape and frame Adult Education 2050 in the European Union refer to:
   - Sustainability and empathy as themes and topics of adult education;
   - Collaboration with stakeholders (institutions and individuals);
   - Competencies as adult education outcomes;
   - Collaborative learning as the teaching strategy;
   - Teacher assessment as the evaluation method.
4. Forecasting methods of prognostic analysis in educational research is not common. Therefore, the methodology of forecasting approach must be further adapted.
5. The present research and study have several limitations. A limitation is the leverage of only qualitative research. Theoretical sources were limited by the selection of published works only in English. The empirical study was limited by the implementation of semi-structural interviews in only three European Union countries (Denmark, Latvia, and Lithuania). Interview results could have been impacted by respondents' prevailing gender, namely female. Participation of respondents from other countries could have had other results.
6. In future work, the method triangulation in theoretical research and empirical study is proposed. Increase in the number of countries and respondents is planned for further empirical analysis. Respondents' description of present and future adult education could be compared in future. Other forecasting methods, e.g. Delphi method, scenario, and quantitative methods, are intended to be applied in further work for the observation of further shaping and framing Adult Education 2050.

LITERATURE

1. Ahrens, A., & Zascerinska, J. (2020). Comparison of Teacher's and Students' Ranking of English for Academic Purposes Sub-Topics. *Education. Innovation. Diversity, 1*(1), 16-25.
2. Ahrens, A., & Zaščerinska, J. (2014). A Framework for Selecting Sample Size in Educational Research on e-Business Application. M.S. Obaidat, A. Holzinger, M. van Sinderen, and P. Dolog (Eds), In *Proceedings of ICE-B 2014 11th Int. Conference on E-Business* Vienna, Austria, pp. 31-38. Portugal: SciTePress.
3. Ahrens, A., & Zascerinska, J. (2021). Social Sciences' Transformation in Light of COVID-19. *Education Reform: Education Content Research and Implementation Problems, 1*, 7-18.

ISSN 2345-068

4. Ahrens, A. et al. (2021a). Engineering Master Students' Views on Digital Entrepreneurship in a Host European Country. *Prs of 13th Int Sc and Pr Conf "Environment. Technology. Resources", V 2*, pp. 225-232. RTA.
5. Ahrens, A. et al. (2024a). Sustainability Values: a Comprehensive Framework for Adult Education. *Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference, 2*, 129-139.
6. Ahrens, A., & Zaščerinska, J. (2015). Principles of Sampling in Educational Research in Higher Education. *Proceedings of the Int Sc Conf Society, Integration, Education, Vol 1 HE*, pp. 25-35. – Rēzekne: RA.
7. Ahrens, A., Zaščerinska, J., & Andreeva, N. (2013). Engineering Students' Blended Learning in Higher Education. *Proceedings of Int. Scientifical Conference Society, Integration, Education, Volume 1*, 34-44.
8. Ahrens, A. et al. (2023d). Development of Adult Learners' 21st Century Skills in Greenland: Field Work Analysis. *Education Reform: Education Content Research and Implementation Problems, 2*, 4-16.
9. Ahrens, A. et al. (2021b). Analysis of ICT Companies' Needs for the Enhancement of ICT Higher Education at Master Level: the Case of Kazakhstan. *Journal of Regional Economic and Social Development, 12*, 8-17.
10. Ahrens, A., Zascerinska, J., Bikova, A., & Zascerinskis, M. (2024b). Towards Education 2050: Methodological Observations. *Society, Integration, Education Proceedings of the Int. Scientific Conference, 2*, 140-155.
11. Ahrens, A. et al. (2023a). Emotions in Education 2050: a Forecasting Exercise. *Education. Innovation. Diversity, 2*(7), 5-14.
12. Ahrens, A. et al. (2023b). A New Development Model of Sustainable Communication for Higher Education Institutions. *Education. Innovation. Diversity., 1*(6), 38-47.
13. Ahrens, A. et al. (2023c). How Emotions Are Developed: Insights from Vygotsky's and Leontiev's Works. *Society. Integration. Education. Proceedings of the Int Scien Conference. Vol II*, 232-242.
14. Ahrens, A., Zaščerinska, J., Melnikova, J. (2019). Method for the Construction of Students' Scientific Identity within English for Academic Purposes: The Case of International Students of Master Programme "Information and Electrical Engineering" at Hochschule Wismar. *Society. Integration. Education Proceedings of the Int. Scientific Conference. Vol I, HE*, pp.43-53. Rezekne: RTA.
15. Ahrens, A. et al. (2024c). STEM COIL Model Verification: a Pilot Study in Latvia. *Education. Innovation. Diversity, 1*(8), 5 - 13.
16. Armstrong, J. S., & Green, K. C. (2018). Forecasting methods and principles: Evidence-based checklists. *Journal of Global Scholars of Marketing Science, 28*(2), 103–159.
17. Česnauskė, Jevgenija. (2019). Digital Economy and Society: Baltic States in the EU Context. *Economics and Culture, vol. 16*, no. 1, Sciendo, 2019, pp. 80-90. https://doi.org/10.2478/jec-2019-0009 .
18. Delors, J. (1998). *Learning: The Treasure within*. Paris: UNESCO.
19. Dutta, B. (2021). *Global Education 2050*. MTC Global.
20. Edgar, T.W., & Manz, D.O. (2017). Chapter 3 - Starting Your Research, Editor(s): Thomas W. Edgar, David O. Manz, *Research Methods for Cyber Security, Syngress*, 63-92. Elsevier Inc.
21. Escobar, A. (2022). Global Higher Education in 2050: An Ontological Design Perspective. *Critical Times 1 April 2022; 5* (1): 183–201. doi: https://doi.org/10.1215/26410478-9536551 .
22. European Commission (2020). *Adult learning initiatives*. EU Education Area.
23. European Commission. (2013). *Adult learning*. EU Education Area.
24. Flyvbjerg, B. (2006). 5 Misunderstandings About Case-Study Research. *Qualitative Inquiry, 12* (2), 219-245.
25. Franc, S. & Karadžija, D. (2019). Quintuple helix approach: The case of the European Union. *Notitia -časopis za ekonomske, poslovne i društvene teme, 5* (1.), 91-100. https://doi.org/10.32676/n.5.1.8
26. Gaspary, E., De Moura, G.L. & Wegner, D. (2020). How does the organisational structure influence a work environment for innovation? *Int J of Entrepreneurship and Innovation Management 2020 24*:2-3, 132-153.
27. Hava, H. Tamer, & Erturgut, Ramazan (2010). Function of planning in adult education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 2*, Issue 2, 2010, Pages 3324-3328, https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.509
28. Hill, R. (2024). *Glimpse at How Education Will Look in 2050*. https://studycrumb.com/future-of-education.
29. Ismoilova, D.M. (2020). Educational forecasting as a scientific and pedagogical problem. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences, 8*(6), 42-47.
30. Kent, P., Cancelliere, C., Boyle, E., Cassidy, D., & Kongsted, A. (2020). A conceptual framework for prognostic research. *BMC Med Res Methodol 20*, 172 (2020). https://doi.org/10.1186/s12874-020-01050-7
31. Kizilgol, T.Z., & Kasapoglu, K. (2024). Social studies teacher competencies in 2050: an e-Delphi study. *Eur J Futures Res 12*, 4 (2024). https://doi.org/10.1186/s40309-024-00227-3 .
32. Kroplijs, A., & Raščevska, M., (2004). Qualitative research methods in social sciences. Rīga: RaKa.
33. Margrett, Jennifer A., & Lee, Kyu ho. (2015). Adult Education and Lifelong Learning: The US Experience and Beyond, Editor(s): J.D. Wright, *Int Encyclopedia of the Soc&Behav Sciences (2nd Edition)*, Elsevier, 148-152.
34. Mayring, P. (2004). Qualitative Content Analysis. In: U. Flick, E. Von Kardoff and I. Steinke (Eds.), *A Companion to Qualitative Research*, pp. 266-269. SAGE, UK, Glasgow.
35. Melnikova, J. et al. (2023). Teachers' Data Literacy Skills for Pedagogical Decision Making: Needs Analysis in Lithuania and Germany. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 14th International Scientific and Practical Conference. Volume 2*, 182-188. Rezekne: Rezekne Academy of Technologies.

ISSN 2345-068

36. Melnikova, J. et al. (2017). A Comparative Study of Educators' Views on Advantages and Disadvantages of Open Educational Resources in Higher Education. *Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference, 1*, 294-304. https://doi.org/10.17770/sie2017vol1.2362 .
37. Orr, D., Pupinis, M., and Kirdulytė, G. (2020). Towards a European approach to micro-credentials: a study of practices and commonalities in offering micro-credentials in European higher education. doi: 10.2766/7338
38. Petropoulos, F. et al. (2022). Forecasting: theory and practice. *International Journal of Forecasting, Volume 38*, Issue 3, 2022, Pages 705-871, https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.11.001 .
39. Pirozhkova, S.V. (2016). Prediction, forecast, scenario: on question about diversity of prognostic research's results. *Philosophy of Science and Technology 2016, vol. 21*, no 2, pp. 111–129.
40. Pirozhkova, S.V. (2017). Unity and Pluralism of Methodology of Forecasting. *Philosophy of Science and Technology 2017. Volume 22*, Number 2, 29-41.
41. Project "Transnational Methods and Models for Self-Evaluation of Non-formal Personal Competences". (2017). *Self-evaluation - theory and practice*.
42. https://www.uni-flensburg.de/biat/forschung/forschungsprojekte/berufspaedagogik/self-evaluation .
43. Pūraitė, A., Bereikienė, D. & Šilinskė, N. (2018). Regulation of Unmanned Aerial Systems and Related Privacy Issues in Lithuania. *Baltic J of Law & Politics, vol. 10*, no. 2, Vytautas Magnus University, 2017, pp. 107-132.
44. Rezaei, N. et. al. (2022). Integrated Education and Learning 2050. In: Rezaei, N. (eds) *Integrated Education and Learning. Integrated Science, vol 1*3. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15963-3_26 .
45. Rüter, F., & Martin, A. (2022). How Do the Timing and Duration of Courses Affect Participation in Adult Learning and Education? A Panel Analysis. *Adult Education Quarterly, 72*(1), 42-64.
46. Sløk-Madsen, S.K. (2022). *The Industrial Denmark in the Twentieth Century. In: Danish Capitalism in the 20th Century.* Palgrave Studies in Economic History. Palgrave Macmillan, Cham.
47. Thanh, N.C., & Thanh, T.T.L. (2015). The Interconnection Between Interpretivist Paradigm and Qualitative Methods in Education. *American Journal of Educational Science, 1*(2), 24-27.
48. UNESCO (2015). Recommendation on adult learning and education. UNISCO.
49. Vaishkiyar, Shilpi. (2023). *Learning Objectives*. Pondicherry University.
50. Vygotsky, L. (1982-84). Complete Works, Vols. I-VI. Pedagogika.
51. Weaver, R.L., & Cotrell, H.W. (1986). Peer evaluation: A case study. *Innov High Educ 11*, 25–39 (1986).
52. Zaščerinska J. (2011). How to Teach Content: Existing Concepts and Prospects for Development. In: Stasys Vaitekūnas (Ed), *Association for Teacher Education in Europe ATEE Spring University 2011 Changing Education in a Changing Society, Volume 1*, pp. 134-149. Klaipeda University, Lithuania.
53. Zaščerinska, J. (2013). Development of Students' Communicative Competence within English for Academic Purposes Studies. Verlag: Mensch & Buch. 202 pp. ISBN-13: 978-3-86387-359-2.
54. Zaščerinska, J., Aļeksejeva, A., Aļeksejeva, L., Andreeva, N., Gloņina, O., & Zaščerinskis, M. (2015). *E-Learning in Non-Formal Adult Education in Latvia: Context Analysis*. Verlag: Mensch & Buch. 160 pp.
55. Zascerinska, J. et al. (2022a). A Cross-Sectoral Approach to STEM Education: A Multi-Perspective Design. *Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference, 1*, 846-856.
56. Zascerinska, J. et al. (2022b). Mixed Class Teaching as an Emerging Trend Accelerated by COVID-19. *Education. Innovation. Diversity. 2*(3), 53-65.
57. Zaščerinska, J. et al. (2021). The Impact of the COVID-19 Pandemic on Business in Africa: Implications for Building an EU-AU Partnership of Equals. *Reg Formation and Dev Studies J of Soc Sciences, 1*(33), 153-163.
58. Zogla, I. (2018). Science of Pedagogy: Theory of Educational Discipline and Practice. *Journal of Teacher Education for Sustainability, vol. 20*, no. 2, pp. 31-43.
59. Žogla, I. & Lasmanis, A. (2009). On Scientific Research in Education: Reflections on PhD Theses. *Scientific Papers University of Latvia VOLUME 747 Pedagogy and Teachers' Education*, pp. 278-295. Riga: LU.

ISSN 2345-068

CO_2 EMISIJŲ MAŽINIMO PRIEMONĖS UOSTE

CO_2 EMISSION REDUCTION MEASURES IN THE PORT

Julius Zaveckis, Diana Šateikienė
Klaipėdos valstybinė kolegija, Lietuva

Anotacija

Straipsnyje nagrinėjamos pagrindinės anglies dioksido (CO_2) emisijų mažinimo priemonės uostuose, akcentuojant jų reikšmę klimato kaitos švelninimo ir Europos Sąjungos žaliojo kurso tikslų įgyvendinimo kontekste. Analizuojami pagrindiniai emisijų šaltiniai uosto veikloje – laivai, krovos technika, transporto priemonės ir uosto infrastruktūra. Tyrimas remiasi naujausiais moksliniais šaltiniais ir tarptautinių organizacijų dokumentais, pateikiant šiuolaikines technologines bei vadybines priemones, taikomas CO_2 emisijų mažinimui. Pagrindinis dėmesys skiriamas krovos technikos elektrifikacijai, alternatyvių degalų (LNG, biokuro, vandenilio) naudojimui, atsinaujinančių energijos šaltinių (saulės, vėjo) integravimui ir laivų prijungimui prie krantinės elektros tiekimo sistemų (OPS). Aptariami pažangių uostų – Roterdamo, Hamburgo, Oslo ir Šanchajaus – pavyzdžiai, įrodantys technologinių sprendimų efektyvumą mažinant emisijas bei gerinant oro kokybę. Tyrimo rezultatai parodė, kad šių priemonių taikymas leidžia sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį 40–70 %, padidinti energetinį efektyvumą ir prisidėti prie klimatui neutralios uosto veiklos modelio kūrimo.

Raktiniai žodžiai: *CO_2 emisijos; jūrų uostas; elektrifikacija; atsinaujinantys energijos ištekliai; OPS; dekarbonizacija.*

Annotation

The article examines the main carbon dioxide (CO_2) emission reduction measures in seaports, emphasizing their importance in mitigating climate change and implementing the objectives of the European Green Deal. It analyses the principal sources of emissions in port operations-ships, cargo handling equipment, vehicles, and port infrastructure. The study is based on recent scientific sources and international organization documents, presenting modern technological and managerial measures applied to reduce CO_2 emissions. Special attention is given to the electrification of cargo handling equipment, the use of alternative fuels (LNG, biofuels, hydrogen), the integration of renewable energy sources (solar and wind), and the implementation of onshore power supply (OPS) systems for ships. The paper discusses examples from advanced ports such as Rotterdam, Hamburg, Oslo, and Shanghai, demonstrating the effectiveness of technological solutions in reducing emissions and improving air quality. The findings indicate that applying these measures can reduce greenhouse gas emissions by 40–70%, enhance energy efficiency, and contribute to the development of a climate-neutral port operation model.

Keywords: *CO_2 emissions; seaport; electrification; renewable energy sources; OPS (onshore power supply); decarbonization.*

ĮVADAS

Temos aktualumas. Uostai yra svarbūs CO_2 emisijų šaltiniai dėl laivybos, krovos technikos, uosto transporto priemonių, terminalų energetikos ir sausumos transporto srautų (Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija, 2024). Pasak Europos Komisijos (2020), transporto sektoriaus veikla sudaro apie 25 % visų ES išmetamų CO_2 emisijų. Tuo tarpu jūrų transporto veikla sudaro maždaug 13 % viso transporto sektoriaus emisijų (Wissner, Cames, Defour, Abbasov ir Armstrong, 2021). Šie duomenys rodo, kad uostų veiklos dekarbonizacija yra būtina siekiant įgyvendinti ES žaliojo kurso tikslus. Pagal Europos Sąjungos jūrų saugumo strategiją (2023), apie 80 % pasaulinės prekybos vyksta jūrų transportu, todėl uostai atlieka esminį vaidmenį tiek ekonomikos, tiek aplinkos apsaugos srityse. Tarptautinė jūrų organizacija (2023) numato, kad iki 2040 m. jūrų transporto CO_2 emisijos turi būti sumažintos ne mažiau kaip 70 %, todėl uostai privalo diegti technologines priemones, siekiant sumažinti uosto teritorijoje išmetamas emisijas. Tyrimai rodo, kad krovos įrangos elektrifikacija, dyzelinių variklių keitimas elektriniais, atsinaujinančių energijos šaltinių, alternatyvių degalų naudojimas bei energijos taupymo priemonių uosto pastatams ir sandėliams taikymas gali ženkliai sumažinti CO_2 emisijas uoste (Cunha, Oliveira, Porte, Cutrim ir Pereira, 2025; Alamoush, Dalaklis, Ballini ir Ölcer, 2023) Atsižvelgiant į tai, kad uostai sudaro reikšmingą CO_2 emisijų dalį transporto sektoriuje ir yra svarbi pasaulinės prekybos grandis, efektyvių technologinių priemonių taikymas uosto veikloje yra būtinas tiek siekiant klimato kaitos tikslų, tiek užtikrinant tvarų uostų veiklos vystymąsi. Todėl ši tema yra itin aktuali analizuojant, kaip uostai

ISSN 2345-068

gali mažinti savo neigiamą poveikį aplinkai taikydami pažangias technologijas ir efektyvų energijos valdymą.

Problematika: Jūrų uostai išlieka reikšmingu CO_2 šaltiniu, tyrimai rodo, kad laivai manevruodami ir stovėdami uoste, išskiria nemažą dalį CO_2 ir neigiamai veikia miestų oro kokybę bei gyventojų sveikatą (Bacalja ir kt., 2020; Ramacher ir kt., 2020; Tang ir kt., 2020; Viana ir kt., 2024). Siekiant sumažinti minėtas emisijas, Tarptautinė jūrų organizacija 2023 m. patvirtino atnaujintą šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo strategiją, nustatančią tarpinius 2030 ir 2040 m. siekius ir tikslą pasiekti nulinį emisijų lygį apie 2050 m. (International Maritime Organization, 2023), o Europos Sąjunga priėmė FuelEU Maritime (Regulation (EU) 2023/1805) ir AFIR (Regulation (EU) 2023/1804) reglamentus, kurie numato laivuose naudojamos energijos ŠESD intensyvumo ribas ir OPS infrastruktūros reikalavimus pagrindiniuose uostuose (European Commission, 2024; European Parliament & Council, 2023a, 2023b). Vis dėlto naujausi ESPO ir nepriklausomų studijų duomenys rodo, kad daugelis Europos uostų atsilieka diegdami krantinės elektros tiekimo (OPS) sistemas, tačiau rizika, jog reguliaciniai tikslai nebus pasiekti laiku (ESPO, 2023; Transport & Environment, 2025).

Darbo tikslas: išanalizuoti CO_2 emisijų mažinimo priemones uoste.

Tyrimo metodologija. Mokslines literatūros analizė, dokumentų analizė, statistinių duomenų analizė.

Tyrimo rezultatai. Atlikus mokslinės literatūros ir atvejų analizę nustatyta, kad pagrindiniai CO_2 emisijų šaltiniai uoste yra laivai švartavimosi ir stovėjimo metu, dyzelinė krovos technika (STS, RTG kranai, terminalo vilkikai, krautuvai) ir uosto infrastruktūros energijos vartojimas (pastatai, apšvietimas, automatizuotos sistemos). Tyrimai rodo, kad laivai ir krovos įranga sudaro didžiausią emisijų dalį, o jų intensyvumą lemia eksploatacijos trukmė, energijos šaltinis ir procesų organizavimas. Analizuojant emisijų mažinimo priemones nustatyta, kad didžiausią efektą duoda krovos technikos elektrifikacija (galimas 40–70 % CO_2 sumažėjimas), atsinaujinančių energijos išteklių (saulės ir vėjo, įskaitant plūduriuojančius sprendimus) integravimas, alternatyvių degalų (LNG, biokuro, vandenilio) naudojimas bei laivų prijungimas prie krantinės elektros tiekimo (OPS) sistemų. Šių priemonių derinimas leidžia reikšmingai sumažinti uosto anglies pėdsaką, tačiau jų plėtrą riboja didelės infrastruktūros investicijos, elektros tinklo pajėgumai ir technologinė bei reguliacinė OPS ir alternatyvių degalų diegimo aplinka.

Originalumas/reikšme. Tyrimas originalus tuo, kad nuosekliai sujungia tris dažnai atskirai nagrinėjamas dimensijas: pagrindinius CO_2 emisijų šaltinius uoste (laivus, krovos techniką ir infrastruktūrą), technologines mažinimo priemones (elektrifikaciją, atsinaujinančius energijos išteklius, alternatyvius degalus, OPS) ir tarptautinį reguliacinį kontekstą (IMO ir ES žaliojo kurso tikslus). Straipsnyje ne tik apibendrinami naujausi tyrimai, bet ir sistemingai suskirstomos priemonės pagal jų poveikį emisijoms, įgyvendinimo sudėtingumą ir priklausomybę nuo elektros tinklo bei infrastruktūros, taip sudarant prielaidas portfeliniam uosto sprendimų vertinimui. Praktiniu požiūriu reikšminga tai, kad teorinės įžvalgos siejamos su konkrečiais pasaulio uostų pavyzdžiais (OPS diegimu, krovos technikos elektrifikacija, alternatyvių degalų taikymu) ir perkeliamumu į Lietuvos kontekstą. Tai suteikia uosto valdymo subjektams aiškesnį orientyrą, kokios priemonės gali duoti didžiausią CO_2 sumažėjimo efektą ir kokių sąlygų (investicijų, tinklo pajėgumų, planavimo) reikia jų įgyvendinimui.

TYRIMO METODOLOGIJA

Siekiant pasiekti darbo tikslą – taikyta mokslinės literatūros ir dokumentų turinio analizė.

Literatūros analizė šiame darbe atliekama sistemiškai, remiantis Lietuvos ir užsienio autorių publikacijomis, nagrinėjančiomis CO_2 emisijų šaltinius uostų veikloje ir dekarbonizacijos priemones. Metodologinėje literatūroje pažymima, kad literatūros analizės tikslas – atskleisti nagrinėjamos srities kontekstą, identifikuoti pagrindines sąvokas, tyrimų

ISSN 2345-068

kryptis bei esamas spragas (Creswell ir Creswell, 2018; Tracy, 2020). Pirmiausia analizuojami moksliniai straipsniai, kuriuose identifikuojami pagrindiniai CO_2 emisijų šaltiniai uosto veikloje: laivų manevravimas ir stovėjimas prie krantinių, krovos technikos darbas, uosto vidaus transportas ir infrastruktūros energijos vartojimas (Gao, Yu, Dai ir Chen, 2025; Khayenzeli, Son, Jo ir Cho, 2025; Budiyanto, Ichfari ir Shinoda, 2024; Li ir kt., 2025; Shen, Gao, Lu, Li ir Feng, 2025). Šie tyrimai leidžia ne tik kiekybiškai įvertinti atskirų šaltinių indėlį į bendrą emisijų balansą, bet ir identifikuoti procesus, kuriuose emisijų intensyvumas yra didžiausias. Antrajame etape analizuojamos publikacijos, nagrinėjančios dekarbonizacijos priemones uostuose: krovos įrangos elektrifikaciją, alternatyvių degalų taikymą, atsinaujinančios energijos integravimą ir krantinės elektros tiekimo sistemų (OPS) diegimą (Alamoush, Dalaklis, Ballini ir Ölcer, 2023; Cunha, Oliveira, Porte, Cutrim ir Pereira, 2025; Issa ir kt., 2025; Tawfik, Shehata, Hassan ir kt., 2023; Jahanbakhsh Mashhadi, García-González ir Rezaei, 2025).

Kokybinis tyrimas leidžia giliau suprasti sudėtingus, daugiakomponenčius reiškinius, susijusius su uostų dekarbonizacija ir technologinių sprendimų taikymu praktikoje (Creswell ir Creswell, 2018; Flick, 2018; Tracy, 2020). Tokia tyrimo metodas tinkama, kai siekiama ne tik nustatyti CO_2 emisijų šaltinius, bet ir atskleisti skirtingų technologinių poveikį uostų tvarumui, remiantis jau atliktais tyrimais ir strateginiais dokumentais.

Taikoma dokumentų turinio analizė, orientuota į tarptautinių ir Europos Sąjungos institucijų strateginius bei norminius dokumentus, susijusius su uostų ir jūrų transporto dekarbonizacija: Europos žaliojo kurso nuostatas (European Commission, 2019; European Commission, 2023), „Fit for 55“ paketo tikslus transporto sektoriui, alternatyvių degalų infrastruktūros (AFIR) ir FuelEU Maritime reglamentus (European Parliament and Council, 2023), Tarptautinės jūrų organizacijos (IMO) 2023 m. šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo strategiją (International Maritime Organization, 2023), ESPO aplinkosaugos ataskaitą (ESPO, 2023), Europos Komisijos Jungtinio tyrimų centro (JRC) studijas apie transporto technologijų transformaciją (European Commission: Joint Research Centre, 2020), taip pat Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos aplinkosaugos ir žaliojo uosto koncepcijos dokumentus (Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija, 2024; VĮ Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija, 2022). Dokumentų analizė grindžiama kokybine turinio analize, identifikuojant pagrindines temas ir priemonių grupes (Bowen, 2009; Kuckartz, 2019).

Atliekant dokumentų atranką, taikomi šie pagrindiniai dokumentų atrankos kriterijai:

- Teminis aktualumas – dokumente turi būti analizuojamos CO_2 emisijos uostuose, transporto sektoriaus dekarbonizacija arba aiškiai apibrėžtos uostų emisijų mažinimo priemonės;
- Institucinis svoris ir patikimumas – prioritetas teikiamas tarptautinių ir ES institucijų, oficialių uosto direkcijų dokumentams ir ataskaitoms;
- Laiko rėmai – atrenkami naujausi (pvz., po 2019 m. – nuo Europos žaliojo kurso paskelbimo) dokumentai, kad analizė atspindėtų šiuolaikinį reguliacinį ir technologinį kontekstą;
- Prieiga prie duomenų – dokumentai turi būti viešai prieinami arba oficialiai skelbiami institucijų svetainėse (užtikrinamas šaltinių patikimumas ir patikrinamumas).

Esant kiekybiniams duomenims (pvz., CO_2 emisijų kiekiams, sumažėjimo procentams, energijos vartojimo rodikliams), taikoma aprašomoji statistinė analizė. Statistinių duomenų analizė literatūroje apibrėžiama kaip procedūrų visuma, skirta skaitiniams duomenims sutvarkyti, apibendrinti ir interpretuoti, pasitelkiant rodiklius (vidurkius, procentines dalis) ir grafinius vaizdus (lenteles, diagramas) (Field, 2024). Tokia analizė leidžia išryškinti duomenų struktūrą, identifikuoti tendencijas ir palyginti skirtingas situacijas ar scenarijus, o tai ypač aktualu vertinant technologinių priemonių poveikį CO_2 emisijoms.

ISSN 2345-068

Šiame tyrime statistinių duomenų analizė vykdoma remiantis mokslinių straipsnių ir institucinių ataskaitų pateiktais skaitiniais rodikliais. Apibendrinant duomenis, skaičiuojami ir interpretuojami:

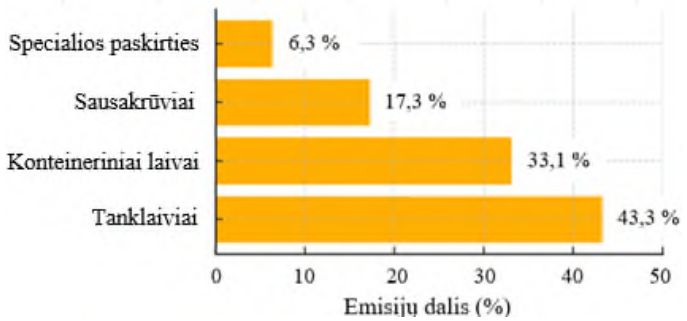
- absoliutūs emisijų kiekiai (tonomis CO_2 per metus ar per veiklos vienetą, pvz., kg CO_2/TEU),
- santykiniai rodikliai ir struktūros dalys (pvz., emisijų pasiskirstymas tarp skirtingų laivų ar krovos technikos tipų),
- procentiniai sumažėjimai, lyginant „iki“ ir „po“ technologinių priemonių taikymo (pvz., dyzelinių ir elektrifikuotų RTG kranų ar dyzelinių ir LNG varomų vilkikų emisijas).

Remiantis Field (2024), aprašomoji statistika leidžia ne tik kompaktiškai pateikti didelius duomenų kiekius, bet ir sudaro prielaidas pagrįstoms išvadoms apie nagrinėjamų reiškinių pobūdį bei jų pokyčius laike. Šiame tyrime aprašomoji statistinė analizė naudojama rezultatams iliustruoti ir pagrįsti kokybines išvadas – pavyzdžiui, pateikiant, kokią uosto emisijų dalį sudaro atskiros krovos įrangos grupės ar kokio dydžio emisijų sumažėjimas pasiekiamas elektrifikacijos, alternatyvių degalų ir OPS priemonių taikymo atvejais (Budiyanto, Ichfari ir Shinoda, 2024; Li ir kt., 2025; Khayenzeli ir kt., 2025).

Tokiu būdu pasirinkta metodologija leidžia kompleksiškai įvertinti CO_2 emisijų šaltinius uostų veikloje ir pagrįsti technologinių bei organizacinių priemonių, taikomų emisijų mažinimui, efektyvumo potencialą, derinant mokslinės literatūros, tarptautinių strateginių dokumentų ir konkretaus uosto (Klaipėdos) atvejo analizę.

PAGRINDINIAI CO_2 EMISIJŲ ŠALTINIAI UOSTO VEIKLOJE

Vienas reikšmingiausių CO_2 emisijų šaltinių uosto veikloje yra laivai. Gao, Yu, Dai ir Chen (2025) pabrėžia, kad didžiausias emisijų intensyvumas fiksuojamas laivų stovėjimo (angl. hotelling) ir švartavimosi metu. Stovėjimo metu, kai pagrindiniai varikliai išjungiami, laivų elektros energijos poreikiai, reikalingi pagalbinėms sistemoms ir įrangai eksploatuoti tenkinami naudojant vidaus dyzelinius generatorius. Tyrimai rodo, kad laivai uoste prie krantinės stovi visą krovos ir su ja susijusių operacijų laiką, kuris gali trukti nuo kelių valandų iki kelių dienų (Bacalja, Krčum ir Slišković, 2020). Laivui stovint uoste, jo dyzeliniai generatoriai toliau veikia, todėl nuolat išmetamos reikšmingos CO_2 emisijos. Khayenzeli, Son, Jo ir Cho (2025) tyrimo Pietų Korėjos Busano uoste gauti rezultatai parodė, kad laivai didžiausius CO_2 kiekius išmetė tuomet, kai laivai plaukė arba stovėjo prie krantinės. Pagal laivų tipus nustatyta, kad tanklaiviai sudarė 43,3 %, konteineriniai laivai – 33,1 %, sausakrūviai – 17,3 %, o specialios paskirties laivai – 6,3 % visų emisijų (1 pav.). Remiantis atliktos analizės rezultatais, nustatyta, kad bendras CO_2 emisijų kiekis sudaro 10,5 mln. tonų per metus, kas leidžia daryti išvadą apie reikšmingą laivų poreikį bendram uosto anglies pėdsakui.



1 pav. CO_2 emisijų pasiskirstymas tarp skirtingų krovininių laivų tipų

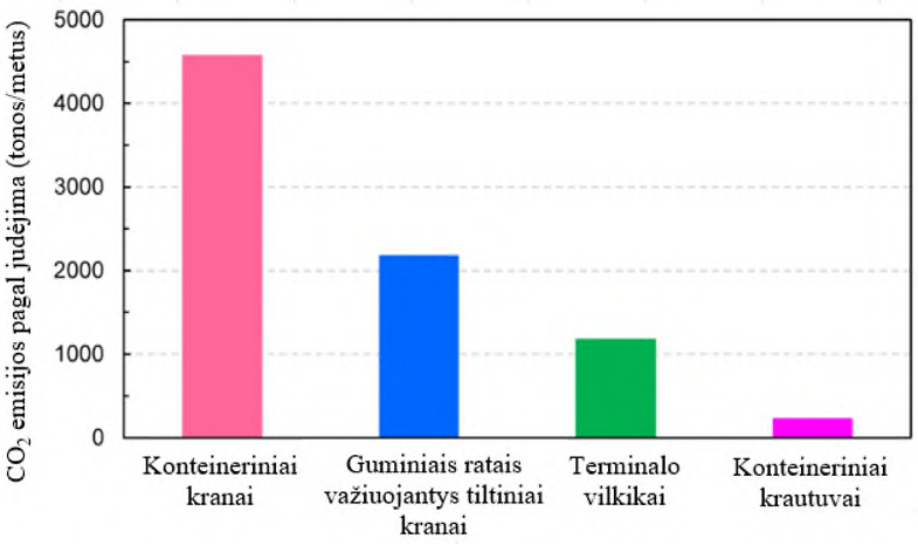
Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Khayenzeli, A. W., Son, W.-J., Jo, D.-J. ir Cho, I.-S. (2025). An AIS-Based Study to Estimate Ship Exhaust Emissions Using Spatio-Temporal Approach.

Tanklaivių CO_2 emisijos yra didesnės nei kitų laivų tipų, nes jų stovėjimo prie krantinės trukmė paprastai yra ilgesnė, kadangi prieš pradedant ir vykstant krovos darbams būtina atlikti

ISSN 2345-068

išsamius saugos patikrinimus bei palaikyti pastovią krovinių temperatūrą, kad būtų išvengta jų tankio ar klampos pokyčių (Khayenzeli ir kt., 2025). Krovinių temperatūrai palaikyti naudojami pagalbiniai katilai, kurie dažniausiai naudoja sunkųjį jūrinį mazutą (HFO), kuris pasižymi didesniu teršalų intensyvumu nei žemesnės sieros degalai. Šie duomenys rodo, kad laivai, stovintys uoste, reikšmingai prisideda prie bendro CO_2 išmetimo. Laivų stovėjimas trunkantis visą krovos procesą, turi itin didelį poveikį bendram uosto CO_2 emisijų kiekiui. Šių emisijų poveikis sustiprėja neefektyviai organizuotoje uosto logistikoje, kur dažni krovos vėlavimai, ribotas krantinių prieinamumas ar neefektyvus laivybos srautų planavimas lemia ilgesnį laivų stovėjimo laiką. Ilgesnis stovėjimas prie krantinės tiesiogiai didina kuro sąnaudas, o kartu ir atmosferoje išskiriamų teršalų kiekį.

Nors didelę CO_2 emisijų dalį sudaro laivai, svarbu atkreipti dėmesį ir į krovos techniką. Krovos įranga, uoste dažniausiai naudoja dyzelinį kurą ir veikia beveik nepertraukiamai. Dėl šios priežasties krovos įranga tampa svarbiu CO_2 emisijų šaltiniu, ypač dideliuose uosto terminaluose. Remiantis konteinerių terminale atlikto tyrimo rezultatais nustatyta, kad krovos įranga – kranai, terminalo vilkikai, krautuvai – sudaro reikšmingą emisijų dalį, ypač kai naudojamas dyzelinis kuras. Remiantis tyrimo duomenimis buvo apskaičiuota, kad iš 8183 tonų CO_2 emisijų konteineriniai kranai prisidėjo 56 %, guminiais ratais važiuojantys tiltiniai kranai – 27 %, terminalo vilkikai – 14 %, o konteineriniai krautuvai sudarė 3 % (2 pav.) (Budiyanto, Ichfari ir Shinoda, 2024). Šie rezultatai rodo, kad krovos įranga, priklausomai nuo tipo ir darbo intensyvumo, daro itin didelį poveikį bendram uosto CO_2 emisijų balansui. Kadangi ši įranga eksploatuojama uosto teritorijoje, tarp krantinių, sandėlių ir terminalų zonų, šios emisijos tiesiogiai priskiriamos uostui.



2 pav. Emisijų įvertinimo rezultatai

Šaltinis: Sudaryta autorių remiantis Budiyanto, M. A., Ichfari, F. ir Shinoda, T. (2024). Modest Method for Estimating CO2 Emissions from Container Handling Equipment at Ports.

CO_2 emisijų intensyvumas priklauso ne tik nuo įrangos tipo, bet ir nuo darbo laiko, degalų rūšies bei įrangos energinio efektyvumo. Įvertinus konteinerių terminalų krovos technikos emisijų pasiskirstymą, nustatyta, kad tam tikros technikos rūšys, pvz., konteineriniai krautuvai, sudaro santykinai mažą dalį (apie 3 %), tačiau jų didelis skaičius terminale gali turėti reikšmingą poveikį bendram emisijų kiekiui (Budiyanto ir kt., 2024). Tyrimas, atliktas Šanchajaus uosto konteinerių terminale, parodė, kad didžiausias emisijų intensyvumas dažnai fiksuojamas sandėliavimo ir vidaus transporto metu. Li ir kt. (2025) nustatė, jog terminalo vilkikai ir sandėliuose eksploatuojami krautuvai išskiria daugiau CO_2 nei tiltiniai kranai, kurie veikia tik pakrovimo ar iškrovimo metu. CO_2 emisijos dažnai koncentruojasi intensyviausiu uosto veiklos metu, kai vienu metu vyksta keli intensyvūs krovos procesai, ypač naudojant

ISSN 2345-068

technologiškai pasenusią ar mažo energinio efektyvumo techniką. Net ir esant efektyviai uosto infrastruktūrai, būtent technikos eksploatacijos intensyvumas dažnai lemia bendrą CO_2 emisijų lygį. Pakrovimo ir iškrovimo metu dažniausiai eksploatuojami STS kranai, RTG kranai, šakiniai krautuvai ir terminalo vilkikai, kurių eksploatacija yra intensyviausia, nes procesai pasižymi dideliu energijos poreikiu. Emisijų kiekis šiuo laikotarpiu priklauso nuo krovinio svorio, technikos energijos vartojimo efektyvumo ir logistikos procesų sklandumo – vėlavimai ar veiklos sustojimai gali sąlygoti papildomas sąnaudas ir emisijų padidėjimą.

Nors krovos įranga sudaro reikšmingą dalį uosto emisijų, svarbu atkreipti dėmesį ir į infrastruktūros energijos vartojimą, kuris taip pat turi įtakos bendram uosto emisijų lygiui. Shen, Gao, Lu, Li ir Feng (2025) pažymi, kad CO_2 emisijoms reikšmingą poveikį turi uosto infrastruktūros energijos vartojimas, įskaitant uosto pastatų šildymo ir apšvietimo sistemas, priklausomai nuo naudojamų energijos šaltinių tipų ir taikomų technologinių sprendimų. Šios emisijos ilgą laiką buvo vertinamos kaip netiesioginės, tačiau plečiantis uostų procesų automatizavimui ir diegiant išmaniosios infrastruktūros sistemas, jų reikšmė emisijų struktūroje pastebimai išauga. Redondo, Atienza, Medio, Ulla ir Pecharroman (2025) pažymi, kad pereinant prie išmaniojo uosto modelio, infrastruktūros ir elektros energijos poreikiai tampa neatskiriama bendro emisijų balanso dalimi. Nors technologijų diegimas yra orientuotas į emisijų mažinimą, priklausomai nuo elektros energijos tiekimo šaltinių, uosto infrastruktūros energijos vartojimo poveikis emisijų balansui gali būti reikšmingas.

PRIEMONĖS TAIKOMOS CO_2 MAŽINIMUI UOSTE

Atsižvelgiant į tai, kad uostai yra reikšmingas transporto sektoriaus CO_2 emisijų šaltinis, būtina taikyti tikslingas technologines ir uosto valdymo priemones, leidžiančias reikšmingai sumažinti bendrą emisijų kiekį. Uostų veiklos dekarbonizacija tampa svarbiu tvarios transporto sistemos tikslu tiek nacionaliniu, tiek tarptautiniu mastu. Tyrimų rezultatai rodo, kad didžiausias poveikis pasiekiamas integruojant technikos elektrifikaciją, alternatyvius energijos šaltinius ir pažangų energijos vartojimo valdymą (Cunha ir kt., 2025; Alamoush ir kt., 2023). Šiame skyriuje analizuojamos pagrindinės priemonės, kurios jau taikomos pažangiuose pasaulio uostuose, ir aptariamas jų efektyvumo potencialas CO_2 emisijų mažinimo srityje.

Vienas iš efektyviausių būdų mažinti CO_2 emisijas uostuose yra dyzelinės krovos technikos elektrifikacija. Ši technika – konteineriniai kranai, RTG (angl. Rubber-Tyred Gantry) kranai, terminalo vilkikai bei krautuvai – dažnai eksploatuojami nepertraukiamai visą parą, todėl jos veikla turi reikšmingą poveikį uosto CO_2 emisijų lygiui. Tradiciškai ši technika buvo varoma dyzeliniais varikliais, tačiau dėl technologinės pažangos, teisinių reikalavimų ir klimato kaitos švelninimo tikslų dauguma didžiųjų uostų pereina prie elektrifikuotų krovos sprendimų. Tyrimai rodo, kad technologiniai pokyčiai, susiję su krovos įrangos elektrifikacija, gali lemti reikšmingą CO_2 emisijų sumažėjimą. Pasak Budiyanto ir kt. (2024), elektrifikuota krovos įranga gali sumažinti CO_2 emisijas 40–70 %, priklausomai nuo taikomos technologijos tipo ir įrangos eksploatacijos intensyvumo. Pavyzdžiui, tyrime nustatyta, kad elektriniai RTG kranai užtikrino 56 % CO_2 emisijų sumažėjimą, palyginant su dyzeliniais. Elektrifikacijos nauda pastebima ne tik klimato kaitos švelninimo kontekste, bet ir vietos aplinkos kokybės gerinimo požiūriu. Shen ir kt. (2025) pažymi, kad elektrifikuotų sprendimų diegimas tiesiogiai mažina oro ir triukšmo taršą, o tai ypač svarbu uostuose, esančiuose arti gyvenamųjų teritorijų (cit. iš Xu, Shen, Chen, Pan ir Xiao, 2024). Reikšmingas tokios praktikos pavyzdys yra Oslo uostas, kuris dar 2018 m. patvirtino strategiją „Zero Emissions Port“, siekdamas iki 2030 m. sumažinti CO_2 emisijas 85 % ir ilgainiui tapti visiškai nulinės emisijos uostu (angl. zero-emission port). Remiantis oficialiais duomenimis, 2018 m. Oslo uosto bendras emisijų kiekis siekė 40 000 tonų CO_2 ekvivalento, iš kurių beveik pusė – 18 000 tonų buvo susijusi su krovos darbais ir krovinių transportavimu. Įgyvendindamas šią strategiją, uostas įgyvendino krovos įrangos elektrifikaciją, įdiegė krantinės elektros tiekimo (OPS) sistemas keltams bei investavo į

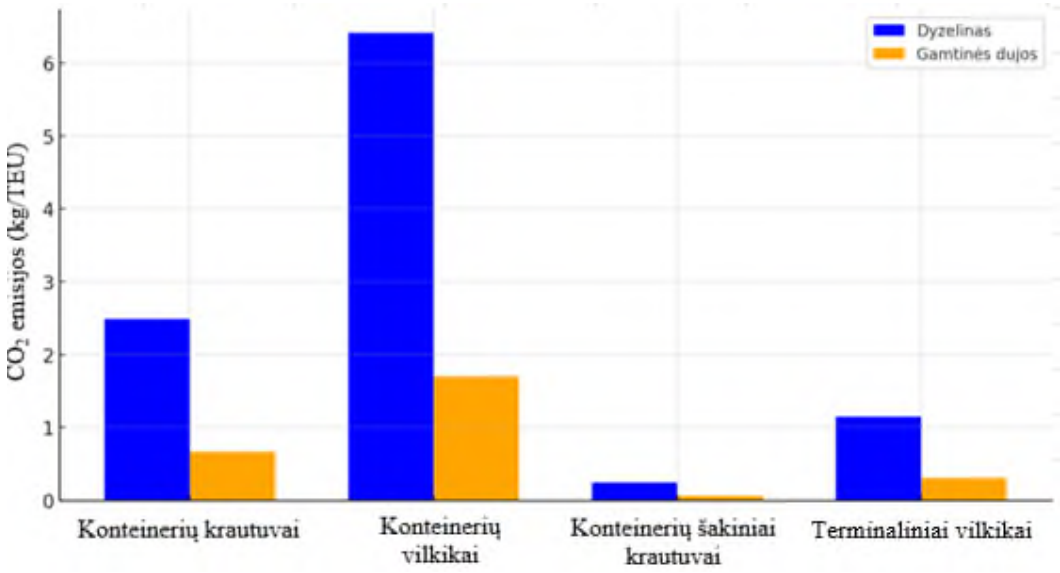
ISSN 2345-068

įkrovimo infrastruktūrą elektriniams vilkikams ir terminalų įrangai (Port of Oslo, 2018). Europos Komisijos Jungtinis tyrimų centras (JRC) dar 2020 m. pažymėjo, kad elektrifikacija yra viena kertinių transporto sektoriaus dekarbonizavimo priemonių. Pasak JRC, elektros energiją naudojančios technologinės sistemos, ypač uostuose ir terminaluose, gali reikšmingai sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro ir kartu padidinti energetinį efektyvumą. Šis požiūris atitinka Europos Sąjungos žaliojo kurso (angl. European Green Deal) tikslus ir siekį iki 2050 m. pasiekti klimatui neutralią ekonomiką. Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija (2022) savo aplinkosaugos veiklos ataskaitoje pabrėžia, kad uosto teritorijoje pradedamos įgyvendinti iniciatyvos, skirtos hibridinės ir elektrinės transporto bei krovos įrangos diegimui. Tokie technologiniai sprendimai padeda ne tik mažinti CO_2 emisijas, bet ir užtikrina tylesnį įrangos veikimą, mažina eksploatacines sąnaudas bei ilgalaikėje perspektyvoje prisideda prie uosto konkurencingumo didinimo. Vis dėlto elektrifikacijos diegimas reikalauja papildomų investicijų į elektros infrastruktūrą, įkrovimo sistemas bei personalo kompetencijų stiprinimą, todėl šie procesai turi būti planuojami pagal ilgalaikę strategiją ir užtikrintą finansavimą.

Nors krovos technikos elektrifikacija yra esminis žingsnis mažinant emisijas uosto teritorijoje jos efektyvumas didele dalimi priklauso nuo elektros energijos gamybos šaltinio. Svarbia kryptimi tampa atsinaujinančios energijos šaltinių integravimas į uosto energetinę infrastruktūrą. Tai leidžia mažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro ir didina veiklos klimatiniu požiūriu neutralumą. Uostai vis dažniau investuoja į saulės ir vėjo energijos sistemas, skirtas tiek tiesioginiam energijos poreikių tenkinimui, tiek laivų aprūpinimui krantinės elektros energija. Vėjo energija plačiai taikoma tokiuose uostuose kaip Kitajiušio, Hamburgo, Roterdamo, Zeebrugės ir Venecijos, o Genujos uostas planuoja šią technologiją integruoti artimiausiais metais (Issa ir kt., 2025). Tuo tarpu saulės energija tampa vis plačiau taikoma dėl paprasto diegimo proceso – saulės moduliai montuojami ant sandėlių, administracinių pastatų stogų bei automobilių stovėjimo aikštelių, o plaukiojančios saulės elektrinės gretimuose vandens telkiniuose užtikrina optimalų teritorijos panaudojimą (Jahanbakhsh Mashhadi, García-González ir Rezaei, 2025). Tokios integruotos energijos sistemos užtikrina stabilų atsinaujinančios energijos tiekimą uoste ir padeda mažinti ilgalaikes energijos vartojimo sąnaudas. Tyrimai rodo, kad vien atsinaujinančios energijos sistemų diegimas gali sumažinti daugiau nei 10 000 tonų CO_2 per metus, taip pat mažina ir kitų šiltnamio efektą sukeliančių dujų bei oro teršalų emisijas (Tawfik, Shehata ir Hassan, 2023).

Pastaraisiais metais vis daugiau pasaulio uostų vykdo perėjimą nuo tradicinių iškastinio kuro sistemų prie alternatyvių degalų, tokių kaip suskystintos gamtinės dujos (angl. LNG), biologinės kilmės kuras ir vandenilis. Pagal Europos Sąjungos reglamentą „FuelEU Maritime“ (Europos Parlamentas ir Taryba, 2023) nuo 2025 m. laivai, įplaukiantys į ES uostus, privalės mažinti išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, o iki 2030 m. tam tikras procentas laivyno turės naudoti ne mažiau kaip 6 % atsinaujinančių energijos išteklių pagrindu pagamintų degalų. Kadangi didelė dalis uosto emisijų susidaro laivų stovėjimo krantinėje metu, alternatyvių degalų naudojimas yra vienas pagrindinių veiksnių, siekiant mažinti bendrą uosto CO_2 emisijų balansą. Pavyzdžiui, Roterdamo uoste pradėtas taikyti žaliasis amoniakas ir biometanas, o Hamburgo uoste įdiegta alternatyvių degalų tiekimo infrastruktūra vandeniliniams ir LNG varomiems laivams. Tarptautinės energetikos agentūros (IEA, 2021) duomenimis, alternatyvūs degalai gali sumažinti CO_2 emisijas iki 70 %, palyginti su įprastu dyzeliniu kuru. Šanchajaus konteinerių terminalo atvejo analizės rezultatai parodė, kad didžiausią emisijų dalį uoste sudaro terminalo krovos ir transportavimo įranga (terminalo vilkikai, guminiais ratais važiuojantys kranai ir kt.), kuriame pagrindiniu energijos šaltiniu naudojamas dyzelinas. Skaičiavimai parodė, kad pakeitus dyzeliną gamtinėmis dujomis, CO_2 emisijos gali sumažėti maždaug 73 % vienam perkrautam TEU (Li ir kt., 2025).

ISSN 2345-068



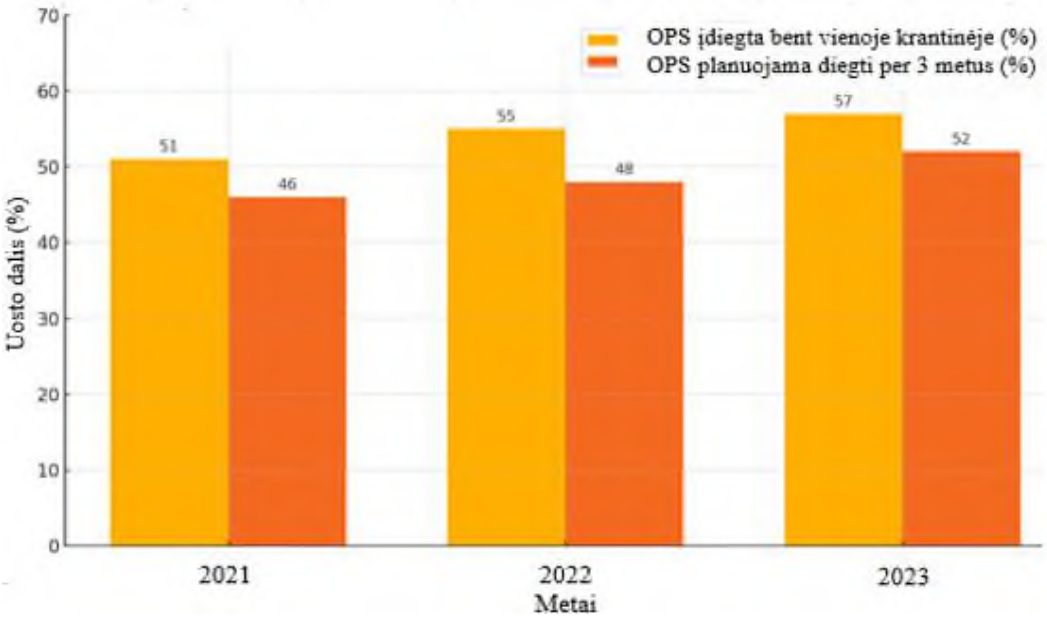
3 pav. CO_2 emisijos vienam horizontaliosios transporto įrangos vienetui pagal skirtingus energijos šaltinius (kg/TEU)

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Li, B., Cheng, L., Wang, H., Li, J., Xu, Z., & Pan, C. (2025). Carbon Emission Accounting and Emission Reduction Path of Container Terminal Under Low-Carbon Perspective.

Atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad perėjimas nuo dyzelinio kuro prie gamtinių dujų (pvz., LNG) reikšmingai mažina emisijas. pvz., terminalo konteinerių vilkikai, naudojantys dyzeliną, išmeta 6,42 kg CO_2/TEU, o naudojant gamtines dujas – 1,7 kg CO_2/TEU (3 pav.). Tai patvirtina, kad alternatyvūs degalai yra svarbūs ne tik laivybai, bet ir uosto vidaus logistikos procesams, kurių dekarbonizavimas sudaro esminę uosto tvarumo strategijos dalį.

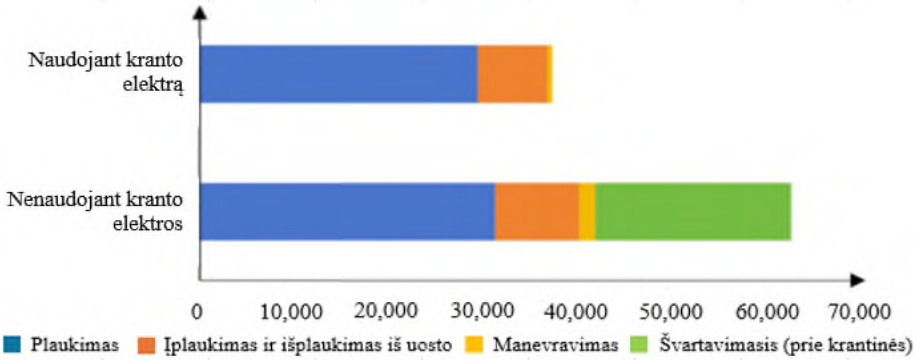
Kita reikšminga technologinė priemonė – laivų prijungimas prie krantinės energijos tiekimo sistemų. Ši technologija, žinoma kaip Onshore Power Supply (OPS), leidžia laivams, stovintiems prie krantinės, išjungti savo vidaus dyzelinius generatorius ir naudoti elektros energiją, tiekiamą iš uosto sausumos infrastruktūros. Tai viena efektyviausių uosto emisijų mažinimo priemonių, mažinanti ne tik CO_2, bet ir azoto oksidų bei kietųjų dalelių išmetimus. Pagal Europos alternatyvios degalų infrastruktūros reglamentą (AFIR, 2023), iki 2030 m. visi pagrindiniai TEN-T tinklui priklausantys uostai privalės įdiegti OPS sistemas, skirtas keleiviniams ir konteineriniams laivams. Tai laikoma strateginiu žingsniu siekiant dekarbonizuoti Europos Sąjungos uostų infrastruktūrą ir sumažinti vietinės oro taršos lygį (European Parliament and Council, 2023). Nors egzistuoja politinis spaudimas ir aiškiai apibrėžti įgyvendinimo terminai, OPS sistemų diegimas kelia tiek ekonominius, tiek infrastruktūrinius iššūkius. Norint užtikrinti efektyvų OPS sistemos veikimą, būtina modernizuoti krantines, stiprinti uosto elektros perdavimo sistemas, įrengti transformatorines pastotes bei užtikrinti techninį suderinamumą su skirtingų tipų ir valstybių laivų elektros jungtimis. Redondo ir kt. (2025) pažymi, kad OPS jungčių standartizacijos trūkumas bei infrastruktūros pritaikymo sąnaudos tebėra viena pagrindinių kliūčių šios technologijos plėtrai. Nuo 2021 m. OPS diegimo lygis Europos uostuose padidėjo nuo 51 % iki 57 %, o OPS diegimą planuojančių uostų dalis – nuo 46 % iki 52 % (4 pav.) (ESPO, 2023). Taigi, nors OPS sistemos daro reikšmingą teigiamą poveikį klimato kaitos švelninimui ir oro kokybės gerinimui, jų diegimas reikalauja vykdyti nuoseklią infrastruktūrinę plėtrą, užtikrinti tarpvalstybinę koordinaciją ir ilgalaikį investicijų planavimą.

ISSN 2345-068



4 pav. OPS plėtros lygis Europos uostuose (2021-2023)
Šaltinis: sudaryta autorių remiantis ESPO (2023). *Environmental Report 2023*, p. 22 https://www.espo.be/media/ESPO%20Environmental%20Report%202023.pdf

Pavyzdžiui, Roterdamo uoste nuo 2021 m. teikiamos OPS paslaugos konteineriniams ir keleiviniams laivams keliose terminalų zonose, o Hamburgo uostas įsipareigojo iki 2025 m. įdiegti OPS sistemas visuose laivų terminaluose (Port of Hamburg, 2020). Kadangi uostai yra vieni pagrindinių šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijų šaltinių tankiai apgyvendintose pakrančių zonose, jų dekarbonizacija tampa strategine kryptimi įgyvendinant Europos klimato politikos tikslus. Pagal Europos žaliąjį kursą ir su juo susijusį „Fit for 55“ paketą, transporto sektoriaus emisijos iki 2030 m. turi būti sumažintos bent 55 %, o šio tikslo pasiekimas neįmanomas be esminių technologinių ir organizacinių pokyčių jūrų transporto ir uostų veiklos procesuose (The European Green Deal, 2019). OPS laikoma viena iš kertinių technologijų, galinčių prisidėti prie šio tikslo įgyvendinimo, nes leidžia laivuose vietoje dyzelinių generatorių naudoti elektros energiją iš kranto, taip mažinant išmetamų teršalų kiekį, ypač kai ši energija gaminama iš atsinaujinančių šaltinių. Remiantis Šanchajaus uosto duomenimis, konteineriniams laivams naudojant OPS sistemas, CO_2 emisijos sumažėja daugiau nei 60 % (5 pav.). Tačiau dėl OPS jungčių standartizacijos stokos, Kinijos politinių ir ekonominių paskatų trūkumo bei didelių įgyvendinimo sąnaudų, OPS taikymo lygis tarp vietinių laivų išlieka mažesnis nei 20 %, o laivų stovėjimo metu generuojamos emisijos vis dar sudaro reikšmingą dalį bendro uosto emisijų balanso (Li ir kt., 2025).



5 pav. Laivo emisijų palyginimas su ir be kranto teikiamos energijos naudojimo
Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Li, B., Cheng, L., Wang, H., Li, J., Xu, Z., & Pan, C. (2025). Carbon Emission Accounting and Emission Reduction Path of Container Terminal Under Low-Carbon Perspective.

ISSN 2345-068

Šie rezultatai patvirtina, kad OPS technologija gali atlikti svarbų vaidmenį uostų dekarbonizacijos procese, ypač kai ji integruojama su atsinaujinančios energijos ištekliais. Nepaisant esamų infrastruktūrinių kliūčių, ilgalaikėje perspektyvoje ši sistema padeda užtikrinti oro kokybę uosto teritorijoje ir visos jūrų transporto grandinės perėjimą prie klimatui neutralios veiklos modelio. Uostų emisijų mažinimo priemonės – nuo technikos elektrifikacijos ir atsinaujinančių šaltinių integravimo iki OPS technologijų diegimo – sudaro esminį pagrindą siekiant ilgalaikės uostų transformacijos į klimatui neutralią veiklą.

IŠVADOS

1. Pagrindiniai anglies dioksido (CO_2) emisijų šaltiniai uosto veikloje yra laivai, ypač tada, kai jie prisišvartuoja ir stovi uoste, o elektros energijos poreikiai tenkinami naudojant vidaus dyzelinius generatorius. Reikšmingą dalį CO_2 emisijų sudaro krovos technika ir įranga, tokia kaip konteineriniai kranai (STS), guminiais ratais važiuojantys tiltiniai kranai (RTG), terminalo vilkikai ir krautuvai. Prie bendro emisijų balanso taip pat reikšmingai prisideda uosto infrastruktūros energijos vartojimas. Emisijų intensyvumą lemia naudojamų energijos šaltinių rūšis, įrangos techninis efektyvumas ir procesų planavimo kokybė. Neefektyviai organizuojant logistikos veiklas, emisijų kiekis didėja dėl ilgesnio įrangos darbo bei papildomų energijos sąnaudų.
2. Efektyviausi CO_2 emisijų mažinimo sprendimai uostuose grindžiami technologine modernizacija ir energijos transformacija. Pagrindinės CO_2 emisijų mažinimo priemonės uoste yra krovos įrangos elektrifikacija, laivų prijungimas prie krantinės elektros tiekimo sistemos, alternatyvių degalų (suskystintų gamtinių dujų, biokuro, vandenilio) naudojimas bei atsinaujinančių energijos šaltinių integravimas į uosto infrastruktūrą (pvz., saulės ir vėjo elektrinės). Šių technologinių priemonių taikymas leidžia sumažinti ne tik šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, bet ir oro bei triukšmo taršą, gerina energetinį efektyvumą ir užtikrina atitiktį Europos Sąjungos klimato politikos tikslams, nustatytiems pagal „Fit for 55“, AFIR ir FuelEU Maritime reglamentus.

LITERATŪRA

1. Alamoush, A. S., Ballini, F., & Ölçer, A. I. (2020). Ports' technical and operational measures to reduce greenhouse gas emission and improve energy efficiency: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111508. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111508
2. Alamoush, A. S., Dalaklis, D., Ballini, F., & Ölçer, A. I. (2023). Consolidating port decarbonisation implementation: Concept, pathways, barriers, solutions, and opportunities. *Sustainability*, 15(19), 14185. https://doi.org/10.3390/su151914185
3. Bacalja, B., Krčum, M., & Slišković, M. (2020). A line ship emissions while manoeuvring and hotelling—A case study of Port Split. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 953. https://doi.org/10.3390/jmse8110953
4. Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027
5. Budiyanto, M. A., Ichfari, F., & Shinoda, T. (2024). Modest method for estimating CO_2 emissions from container handling equipment at ports. *Sustainability*, 16(23), 10293. https://doi.org/10.3390/su162310293
6. Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE.
7. Cunha, D., Oliveira, C. B. M., Porte, M., Cutrim, S. S., & Pereira, N. (2025). Strategies for decarbonisation in the port and maritime sector: Key challenges and leading ports. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(4), e011963. https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n4-071
8. European Commission. (2019). The European Green Deal (COM(2019) 640 final). Publications Office of the European Union.
9. European Commission. (2023). Regulation (EU) 2023/1805 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC (FuelEU Maritime). *Official Journal of the European Union*, L 234, 48–100.
10. European Commission. (2024). Alternative fuels infrastructure regulation (AFIR). Mobility and Transport. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-infrastructure-regulation-afir_en

ISSN 2345-068

11. European Commission, Joint Research Centre. (2020). New and emerging transport technologies and trends in European research and innovation projects: An assessment based on the Transport Research and Innovation Monitoring and Information System (TRIMIS). Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2760/977404
12. European Parliament, & Council of the European Union. (2023a). Regulation (EU) 2023/1804 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU. *Official Journal of the European Union*, L 234, 1–47.
13. European Parliament, & Council of the European Union. (2023b). Regulation (EU) 2023/1805 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. *Official Journal of the European Union*, L 234, 48–100.
14. Europos Sąjungos jūrų saugumo strategija (EUMSS). (2023). Europos Sąjungos jūrų saugumo strategija. Retrieved 7 October 2025, from https://www.consilium.europa.eu/en/policies/maritime-security/
15. Field, A. (2024). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage publications limited.
16. Flick, U. (2018). An introduction to qualitative research (6th ed.). SAGE.
17. Gao, X., Yu, Q., Dai, W., & Chen, Q. (2025). Examining the influence of port ship activities on pollutant emissions in port environments. *Heliyon*, 11(1), e41208. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41208
18. Issa, M., Rizk, P., Boulon, L., Rezkallah, M., Rizk, R., & Ilinca, A. (2025). Smart, connected, and sustainable: The transformation of maritime ports through electrification, IoT, 5G, and green energy. *Sustainability*, 17(17), 7568. https://doi.org/10.3390/su17177568
19. Jahanbakhsh Mashhadi, A., García-González, M., & Rezaei, M. (2025). Using renewable energy for sustainable port. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15034389
20. Khayenzeli, A. W., Son, W.-J., Jo, D.-J., & Cho, I.-S. (2025). An AIS-based study to estimate ship exhaust emissions using spatio-temporal approach. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(5), 922. https://doi.org/10.3390/jmse13050922
21. Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija. (2024). Uosto aplinkosaugos vadybos sistema (Port Environmental Review System, PERS): Aplinkosaugos ataskaita. https://portofklaipeda.lt/wp-content/uploads/2024/05/Klaipedos-uosto-PERS-Aplinkosaugos-ataskaita.pdf
22. Kuckartz, U. (2019). Qualitative text analysis: A systematic approach. In G. Kaiser & N. Presmeg (Eds.), *Compendium for early career researchers in mathematics education* (pp. 181–197). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_8
23. Li, B., Cheng, L., Wang, H., Li, J., Xu, Z., & Pan, C. (2025). Carbon emission accounting and emission reduction path of container terminal under low-carbon perspective. *Atmosphere*, 16(10), 1158. https://doi.org/10.3390/atmos16101158
24. Port of Oslo. (2018). Zero emissions port strategy. https://www.oslohavn.no/en/menu/klima-og-miljo-i-oslo-by-og-havn/zero-emissions-port
25. Ramacher, M. O. P., Tang, L., Moldanová, J., Matthias, V., Karl, M., Fridell, E., & Johansson, L. (2020). The impact of ship emissions on air quality and human health in the Gothenburg area – Part II: Scenarios for 2040. Atmospheric Chemistry and Physics, 20(17), 10667–10686. https://doi.org/10.5194/acp-20-10667-2020
26. Redondo, R., Atienza, R., Medio, A., Ulla, L., & Pecharroman, L. (2025). Predictive simulation of onshore power supply requirements for ports. In 7th International Conference on the Design of Maritime Structures (MASHCON) (p. 542). https://www.vliz.be/imisdocs/publications/ocrd/58/413758.pdf#page=542
27. Shen, J., Gao, W., Lu, J., Li, F., & Feng, X. (2025). Sources, calculation methods, and reduction strategies for GHG emissions at ports: Current status and future trends. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1542255. https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1542255
28. Tang, L., Ramacher, M. O. P., Moldanová, J., Matthias, V., Karl, M., Johansson, L., Jalkanen, J.-P., Yaramenka, K., Aulinger, A., & Gustafsson, M. (2020). The impact of ship emissions on air quality and human health in the Gothenburg area – Part I: 2012 emissions. Atmospheric Chemistry and Physics, 20(13), 7509–7530. https://doi.org/10.5194/acp-20-7509-2020
29. Tawfik, M., Shehata, A. S., Hassan, A. A., & others. (2023). Renewable solar and wind energies on buildings for green ports in Egypt. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 47602–47629. https://doi.org/10.1007/s11356-023-25403-z
30. Transport & Environment. (2025). OPS deployment in ports: State of play towards the 2030 mandate (DNV study briefing). Transport & Environment.
31. Tracy, S. J. (2020). Qualitative research methods: Collecting evidence, crafting analysis, communicating impact (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
32. Viana, M., Hammingh, P., Colette, A., Gonzalez Ortiz, A., Pisoni, E., van Aardenne, J., & others. (2024). A review of ship emissions impacts on environmental, health, societal and economic aspects. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 39, 100597. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2024.100597

ISSN 2345-068

33. VĮ Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija. (2022). Klaipėdos valstybinio jūrų uosto Žaliojo uosto koncepcija: Galutinė ataskaita. https://portofklaipeda.lt/wp-content/uploads/2023/11/KVJU-Zaliojo-uosto-koncepcija.pdf
34. Wissner, N., Cames, M., Defour, S., Abbasov, F., & Armstrong, J. (2021). Integration of maritime transport in the EU Emissions Trading System. *Berlin/Brüssel July*.

MOKSLAS IR EDUKACINIAI PROCESAI

SCIENCE AND PROCESSES OF EDUCATION

Salumeda

ISSN 2345-0681