



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

# **Elektronikos inžinierių žinių ir gebėjimų tobulinimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Deividas Urbonas**

Projekto autorius

**Asist. dr. Ramūnas Kubiliūnas**

Vadovas

---

**Kaunas, 2026**



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

# **Elektronikos inžinierių žinių ir gebėjimų tobulinimas**

Baigiamasis magistro projektas

Nuotolinio mokymosi informacinės technologijos (6211BX010)

---

**Deividas Urbonas**

Projekto autorius

**Asist. dr. Ramūnas Kubiliūnas**

Vadovas

**Doc. prakt. dr. Vytenis Punys**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2026**



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

Deividas Urbonas

## **Elektronikos žinių ir gebėjimų ugdymas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Deividas Urbonas

*Patvirtinta elektroniniu būdu*

Urbonas, Deividas. Elektronikos inžinierių žinių ir gebėjimų tobulinimas. Baigiamasis magistro projektas / vadovas asist. dr. Ramūnas Kubiliūnas; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis: Programų sistemos (B03), Informatikos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: elektronikos inžinerija, kompetencijų ugdymas, virtualioji mokymosi aplinka, nuotolinis mokymasis, praktiniai įgūdžiai.

Kaunas, 2026. 77 p.

### **Santrauka**

Nuotolinis ir hibridinis mokymasis tampa vis svarbesne šiuolaikinio švietimo dalimi, suteikiančia lankstumo ir galimybę individualizuoti mokymosi procesą. Elektronikos inžinerijos srityje vis dar pastebimas praktinių įgūdžių ir gebėjimo taikyti žinias realiose situacijose trūkumas, kuris neigiamai veikia specialistų pasirengimą darbo rinkai. Sparčiai besivystančios technologijos ir skaitmenizacija reikalauja nuolat atnaujinamų kompetencijų, kurios tiesiogiai daro įtaką įmonių efektyvumui ir konkurencingumui, tačiau tradiciniai mokymo metodai ne visada geba užtikrinti pakankamą praktinį pasirengimą ir gebėjimą spręsti sudėtingas inžinerines problemas. Todėl aktualu kurti virtualias mokymosi aplinkas, leidžiančias stiprinti elektronikos inžinierių kompetencijas.

Šio baigiamojo darbo objektas – elektronikos inžinierių žinių ir gebėjimų ugdymas bei kompetencijų tobulinimas, o iškeltas tikslas – gerinti elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo procesą, siekiant stiprinti profesinius įgūdžius ir didinti įmonės veiklos efektyvumą, pasitelkiant virtualiąją mokymosi aplinką. Šiam tikslui pasiekti buvo išanalizuoti elektronikos inžinerijos žinių ir gebėjimų ugdymo principai bei kompetencijų tobulinimo galimybės, ištirtos virtualaus mokymosi aplinkos taikymo galimybės, poreikiai ir iššūkiai, sukurta virtualioji mokymosi aplinka bei empiriškai įvertinta jos nauda ugdant gebėjimus spręsti sudėtingas problemas. Tyrime taikyta mokslinės literatūros analizė ir mišri tyrimo strategija, derinanti kiekybinius ir kokybinius metodus, o „Moodle“ aplinkoje sukurtas mokymosi kursas.

Atliktas tyrimas atskleidė, kad elektronikos inžinieriai turi aiškų poreikį nuolat atnaujinti žinias ir tobulinti profesines kompetencijas, o respondentai labiausiai vertina praktinį mokymąsi, virtualias laboratorijas, individualizuotą mokymosi turinį ir grįžtamąjį ryšį. Sukurta virtualioji mokymosi aplinka sudarė sąlygas lanksčiai mokytis, atlikti praktines užduotis ir taikyti žinias realiose situacijose, o empirinis vertinimas parodė apie 40 proc. teorinių žinių pagerėjimą bei reikšmingą praktinių gebėjimų augimą – nuo komponentų atpažinimo ir gedimų diagnostikos iki grandinių projektavimo, matavimų atlikimo ir rezultatų analizės. Dalyviai taip pat teigiamai įvertino mokymosi kokybę, interaktyvumą ir praktinį pritaikomumą.

Apibendrinant galima teigti, kad sukurta virtualioji mokymosi aplinka yra efektyvi priemonė elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimui, sudaranti sąlygas lanksčiai atnaujinti teorines žinias, stiprinti praktinius gebėjimus ir gerinti problemų sprendimo įgūdžius. Empirinio tyrimo rezultatai patvirtino reikšmingą žinių ir kompetencijų augimą, todėl tokia mokymosi aplinka gali prisidėti prie efektyvesnio specialistų pasirengimo ir geresnių profesinės veiklos rezultatų.

Urbonas, Deividas. Development of Electronics Engineers' Knowledge and Skills. Master's Final Degree Project / supervisor assist. prof. dr. Ramūnas Kubiliūnas; Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Software Engineering (B03), Computing.

Keywords: electronics engineering, competency development, virtual learning environment, online learning, practical skills.

Kaunas, 2026. 77 p.

### **Summary**

Distance and hybrid learning are becoming an increasingly important part of modern education, providing flexibility and enabling the individualization of the learning process. In the field of electronics engineering, there is still a noticeable lack of practical skills and the ability to apply knowledge in real-life situations, which negatively affects specialists' preparedness for the labor market. Rapid technological development and digitalization require continuously updated competencies that directly impact company efficiency and competitiveness; however, traditional teaching methods do not always ensure sufficient practical training and the ability to solve complex engineering problems. Therefore, it is important to develop virtual learning environments that enable the strengthening of electronics engineers' competencies.

The object of this thesis is the development of knowledge, skills, and competencies of electronics engineers, while the aim is to improve the process of developing electronics engineers' competencies in order to strengthen professional skills and increase the efficiency of the company's operations through the use of a virtual learning environment. To achieve this aim, the principles of knowledge and skills development in electronics engineering and the possibilities for competency improvement were analyzed, the opportunities, needs, and challenges of applying virtual learning environments were investigated, a virtual learning environment was developed, and its effectiveness in developing problem-solving skills was empirically evaluated. The study applied literature analysis and a mixed research approach, and a learning course was developed in the „Moodle“ environment.

The conducted research revealed that electronics engineers have a clear need to continuously update their knowledge and improve professional competencies, and respondents particularly value practical learning, virtual laboratories, individualized learning content, and feedback. The developed virtual learning environment provided conditions for flexible learning, performing practical tasks, and applying knowledge in real-life situations, while empirical evaluation showed an approximately 40 % improvement in theoretical knowledge as well as significant growth in practical skills—from component identification and fault diagnosis to circuit design, measurement execution, and result analysis. Participants rated the learning process as high-quality, interactive, and practically applicable.

The developed virtual learning environment effectively improves electronics engineers' competencies by enhancing theoretical knowledge, practical skills, and problem-solving abilities. Empirical results

confirmed a significant increase in knowledge, contributing to better professional preparedness and performance.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas</b> .....	8
<b>Paveikslų sąrašas</b> .....	9
<b>Santrumpų sąrašas</b> .....	10
<b>Įvadas</b> .....	11
<b>1. Elektronikos žinių ir gebėjimų ugdymas bei kompetencijų tobulinimas</b> .....	14
1.1. Elektronikos inžinerijos gebėjimų ir kompetencijų tobulinimo aktualumas ir galimybės .....	14
1.2. Šiuolaikiniai elektronikos inžinerijos mokymo metodai .....	18
1.3. Virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo galimybės .....	19
1.4. „Moodle“ sistemos panaudojimo galimybės .....	24
1.4.1. „Moodle“ sistemos diegimo ir naudojimo reikalavimai .....	27
1.4.2. Įskiepių panaudojimo „Moodle“ sistemoje galimybės .....	30
1.5. Skyriaus išvados .....	31
<b>2. Elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo virtualioje mokymosi aplinkoje galimybių, poreikių ir iššūkių tyrimas</b> .....	33
2.1. Tyrimo metodologija .....	33
2.2. Tyrimo rezultatai ir jų analizė .....	34
2.3. Tyrimo išvados .....	42
<b>3. Virtualioji mokymosi aplinka, leidžianti lanksčiau ir efektyviau tobulinti elektronikos inžinierių kompetencijas</b> .....	44
3.1. Virtualiosios mokymosi aplinkos sudėtis ir jos įgyvendinimas .....	44
3.2. Automatizuotas programavimo įgūdžių vertinimas .....	47
3.3. Virtualioji įgūdžių tobulinimo laboratorija .....	49
3.3.1. „Phet“ simuliacijos integravimas .....	49
3.3.2. „Falstad circuit simulator“ integravimas .....	50
3.3.3. Interaktyvaus turinio kūrimas ir integravimas .....	51
3.4. Elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo kursas ir jo taikymas .....	52
3.5. Skyriaus išvados .....	54
<b>4. Virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo tobulinant elektronikos inžinierių kompetencijas naudingumo vertinimas</b> .....	56
4.1. Tyrimo metodologija .....	56
4.2. Tyrimo rezultatai ir jų analizė .....	60
4.3. Tyrimo išvados .....	65
<b>Išvados</b> .....	66
<b>Literatūros sąrašas</b> .....	67
<b>Priedai</b> .....	78
1 priedas. Klausimynas .....	78
2 priedas. Klausimynas .....	80
3 priedas. Klausimynas .....	81
4 priedas. Straipsnis .....	83
5 priedas. Diegimo aktas .....	92
6 priedas. Dirbtinio intelekto įrankių naudojimas rengiant baigiamąjį darbą .....	93

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> „Moodle“ , ilias, open eclass, chamo mokymosi valdymo sistemų palyginimas.....	21
<b>2 lentelė.</b> „Moodle“ virtualiosios mokymosi aplinkos rolės. ....	28
<b>3 lentelė.</b> Paramos planas .....	45
<b>4 lentelė.</b> „Google meet for „Moodle“ “ papildinio techniniai reikalavimai ir charakteristikos.....	46
<b>5 lentelė.</b> „Coderunner“ palaikomų programavimo kalbų apžvalga. ....	48
<b>6 lentelė.</b> „pPhet circuit construction kit“ funkcionalumo charakteristikos.....	49
<b>7 lentelė.</b> „Falstad circuit simulator“ funkcionalumo charakteristikos .....	50
<b>8 lentelė.</b> Inžinerinių elektronikos kompetencijų vertinimas ir mokymo gairės .....	53
<b>9 lentelė.</b> Pirmos praktinės užduoties vertinimas .....	57
<b>10 lentelė.</b> Antros praktinės užduoties vertinimas .....	58
<b>11 lentelė.</b> Trečios praktinės užduoties vertinimas .....	59

## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> Elektronikos inžinierių kompetencijos.....	14
<b>2 pav.</b> Elektronikos inžinerijos kompetencijų trūkumo problemų medis .....	17
<b>3 pav.</b> „Moodle“ sistemos architektūra .....	25
<b>4.pav.</b> Tiriamųjų kvalifikacijos laipsnis.....	34
<b>5 pav.</b> Tiriamųjų organizacijos dydis, kurioje jie dirba .....	34
<b>6. pav.</b> Tiriamųjų organizacijos sritis, kurioje jie dirba .....	35
<b>7. pav.</b> Tiriamųjų veikla pagal esco klasifikaciją.....	35
<b>8. pav.</b> Mokymosi forma, kuri labiau patinka tiriamiesiems .....	35
<b>9. pav.</b> Tiriamųjų pasirenkami mokymosi metodai kvalifikacijai tobulinti .....	36
<b>10. pav.</b> Aktualios mokymosi temos tiriamiesiems .....	36
<b>11. pav.</b> Naudojami mokymosi įrankiai nuotoliniame mokymesi .....	37
<b>12. pav.</b> Priimtina kursų trukmė.....	37
<b>13. pav.</b> Laiko skyrimas mokymuisi .....	37
<b>14. pav.</b> Kliūtys, kurios trukdo mokymosi procese .....	38
<b>15. pav.</b> Patogiausia mokymosi kalba .....	38
<b>16. pav.</b> Kursų sertifikato gavimo svarba .....	38
<b>17. pav.</b> Kursų ir kvalifikacijos kėlimo platformų naudojimas.....	39
<b>18 pav.</b> Dalyvių dalyvavimo dažnumas kvalifikacijos kėlimo veiklose nuotolinio mokymosi kurse....	39
<b>19 pav.</b> Kvalifikacijos kėlimo formatų tipai .....	40
<b>20 pav.</b> Pagrindiniai sunkumai / iššūkiai.....	40
<b>21 pav.</b> Tikėtina parama kvalifikacijos kėlimo veiklose.....	41
<b>22 pav.</b> Veiksniai, kurie paskatintų dažniau dalyvauti mokymuose .....	41
<b>23 pav.</b> Mokymosi kurso požymių diagrama.....	44
<b>24 pav.</b> Automatinės programavimo užduočių tikrinimo sistemos veikimas .....	48
<b>25 pav.</b> „Phet“ virtualiosios laboratorijos simuliacija.....	50
<b>26 pav.</b> „Falstad circuit simulator“ grandinių modeliavimas.....	51
<b>27 pav.</b> Mokymosi procesų panaudojimo atvejo diagrama .....	52
<b>28 pav.</b> Diagnostinio–intervencinio kurso modelio loginė diagrama .....	53
<b>29 pav.</b> Virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo vertinimo etapai .....	56
<b>30 pav.</b> Dalyvių teorinių žinių palyginimas prieš ir po mokymosi kurso .....	60
<b>31 pav.</b> Dalyvių pirmos praktinės užduoties žinių palyginimas prieš ir po mokymosi kurso .....	61
<b>32 pav.</b> Dalyvių antros praktinės užduoties žinių palyginimas prieš ir po mokymosi kurso.....	61
<b>33 pav.</b> Dalyvių trečios praktinės užduoties žinių palyginimas prieš ir po mokymosi kurso.....	62
<b>34 pav.</b> Praktinių užduočių ir bendros mokymosi kokybės vertinimas .....	63
<b>35 pav.</b> Žinių pagerėjimo ir lektoriaus kompetencijos vertinimas.....	63
<b>36 pav.</b> Dalyvių požiūris į mokymosi procesą.....	64

## Santrumpų sąrašas

- 2D (angl. *Two-Dimensional*) – Dvimatė erdvė;
- 3D (angl. *Three-Dimensional*) – Trimatė erdvė;
- AI (angl. *Artificial Intelligence*) – Dirbtinis intelektas;
- AMP (angl. *Accelerated Mobile Pages*) – Pagreitintos mobiliosios svetainės;
- API (angl. *Application Programming Interface*) – Programų sąsaja;
- CBL (angl. *Case-Based Learning*) – Atveju grįstas mokymasis;
- ChBL (angl. *Challenge-based learning*) – Iššikiu grįstas mokymasis;
- COVID-19 – Koronaviruso liga;
- CPU (angl. *Central Processing Unit*) – Centrinis procesorius;
- CSS (angl. *Cascading Style Sheets*) – Kaskadiniai stiliaus lapai: naudojami tinklalapių išvaizdos apibrėžimui ir formatavimui;
- GB (angl. *Gigabyte*) – Gigabaitas;
- GBL (angl. *Game-Based Learning*) – Žaidybinis mokymasis
- GeniAI (angl. *Artificial Intelligence Extension*) – Dirbtinio intelekto plėtinys;
- HTML (angl. *HyperText Markup Language*) – Hiperteksto žymėjimo kalba: naudojama tinklalapių struktūros ir turinio apibrėžimui;
- IoT (angl. *Internet of Things*) – Daiktų internetas: technologija, leidžianti prietaisams tarpusavyje komunikuoti ir keistis duomenimis;
- ISCO (angl. *International Standard Classification of Occupations*) – Tarptautinė profesijų klasifikacija;
- LAMP – Linux, Apache, MySQL, PHP programinė aplinka;
- MVS (angl. *Learning Management System*) – Mokymosi valdymo sistema;
- MySQL (angl. *My Structured Query Language*) – Atviro kodo reliacinė duomenų bazių valdymo sistema, naudojama duomenims saugoti ir valdyti;
- MTA (angl. *Multi-Tier Architecture*) – Daugiapakopė architektūra: programinės sistemos architektūros modelis, kuriame sistema suskaidoma į atskirus sluoksnius, siekiant didesnio lankstumo, saugumo ir paprastesnės priežiūros;
- PBL (angl. *Problem-Based Learning*) – Probleminis mokymasis;
- PHP (angl. *Hypertext Preprocessor*) – Serverio pusėje veikianči programavimo kalba, naudojama dinaminiam tinklalapiams ir internetinėms aplikacijoms kurti;
- PjBL (angl. *Project-Based Learning*) – Projektinis mokymasis;
- RAID (angl. *Redundant Array of Independent Disks*) – Atsarginis nepriklausomų diskų masyvas;
- RAM (angl. *Random Access Memory*) – Operatyvioji atmintis;
- SCORM (angl. *Sharable Content Object Reference Model*) – Standartas e. mokymosi turiniui kurti ir valdyti, užtikrinantis suderinamumą su įvairiomis mokymosi valdymo sistemomis;
- SMTP (angl. *Simple Mail Transfer Protocol*) – Paprastas pašto perdavimo protokolas;
- SQL (angl. *Structured Query Language*) – Struktūruota užklausų kalba;
- UX (angl. *User Experience*) – Naudotojo patirtis;
- VMA (angl. *Virtual Learning Environment*) – Virtuali mokymosi aplinka;
- VR (angl. *Virtual Reality*) – Virtualioji realybė;
- WCAG (angl. *Web Content Accessibility Guidelines*) – Žiniatinklio turinio prieinamumo gairės

## Įvadas

**Temos naujumas ir aktualumas.** Dėl COVID-19 pandemijos dauguma pasaulio vyriausybių buvo priverstos laikinai uždaryti švietimo įstaigas, siekdamos apriboti viruso plitimą. Ši globali krizė paskatino spartų internetinio mokymosi populiarėjimą ir privertė aukštojo mokslo institucijas pereiti prie internetinių mokymosi platformų, paveikusių daugiau nei 1,6 milijardo studentų (94 proc.) iš 190 šalių [1]. Po pandemijos, hibridinis mokymas, kuris apima tiek nuotolinį, tiek tradicinį tiesioginį mokymą, tapo dominuojančia mokymo strategija ir tikėtina, kad jis išliks pagrindine švietimo reformų kryptimi ateityje, prisitaikant prie nuolat besikeičiančių pasaulio sąlygų [2].

Nuotolinis mokymas apima interneto ir įvairių technologijų naudojimą edukacinių išteklių rengimui, mokymo procesų vykdymui ir švietimo programų administravimui [3]. Per pastarąjį dešimtmetį ši mokymo forma tapo itin populiari, nes ji suteikia didesnę lankstumą – tiek laiko, tiek vietos atžvilgiu, o taip pat leidžia valdyti individualizuotas mokymosi trajektorijas. Be to, nuotolinis mokymas atveria naujas galimybes, leidžiančias mokytojams ir studentams sukurti pritaikytas ir interaktyvias mokymosi patirtis, kurios atitinka šiuolaikinių technologijų ir edukacijos poreikius [4]. Mokyklos, mokytojai ir mokiniai vis dažniau taiko el. mokymosi technologijas, kurios leidžia mokytojams interaktyviai teikti mokymus, sklandžiai dalytis ištekliais ir palengvinti mokinių bendradarbiavimą bei sąveiką [5].

Technologijų pažanga atnešė reikšmingų pokyčių įvairiose srityse, įskaitant švietimą, ypač elektronikos inžinerijos ir jos automatizacijos srityje [6; 7]. Per pastaruosius 20 metų kompetencijų integravimas į inžinerinio ugdymo programas tapo svarbus, nes šios kompetencijos padeda studentams prisitaikyti prie pokyčių ir sėkmingai integruotis į darbo rinką [8]. Elektros ir elektronikos inžinerijos sritis sparčiai kinta dėl naujų technologijų ir visuomenės poreikių. Skaitmenizacija, dirbtinio intelekto taikymas bei išmaniųjų technologijų plėtra keičia elektroninių sistemų projektavimą ir valdymą. Be to, ši sritis vis labiau integruojasi su kitomis disciplinomis, tokiomis kaip informatikos mokslai ir biomedicinos inžinerija, formuodama tarpdisciplininius sprendimus. Todėl inžinierių rengimas turi būti orientuotas į šias tendencijas, užtikrinant platų, šiuolaikišką ir ateities iššūkiams pritaikytą žinių pagrindą [9]. Tačiau nuotolinis mokymasis, tradicinėms inžinerijos studijoms tai tapo dideliu iššūkiu, nes šioje srityje didelė mokymo programos dalis yra pagrįsta praktiniu žinių taikymu ir labai priklauso nuo tiesioginių praktinių ir laboratorinių užsiėmimų [10].

Inžinerinio ugdymo sistema privalo transformuotis, siekiant atliepti nuolat kintančius profesinius bei visuomenės lūkesčius, todėl kompetencijų, leidžiančių specialistams lanksčiai prisitaikyti prie sparčiai besikeičiančios, tarpusavyje susijusios ir daugialypės aplinkos, integravimas tampa esminiu šiuolaikinio švietimo prioritetu [11].

Nustatyta, kad dabartinėje darbo rinkoje inžinieriams būtina derinti technines žinias su minkštaisiais įgūdžiais, siekiant sėkmingai dirbti technologijomis grindžiamoje, tačiau į žmones orientuotoje inžinerijos profesijoje [117]. Taip pat įgūdžių ugdymas yra svarbus įmonės konkurencingumui, nes kvalifikuoti specialistai gali efektyviau taikyti technologinius sprendimus, kurti inovacijas ir prisidėti prie organizacijos veiklos gerinimo. Nuolat tobulinamos darbuotojų kompetencijos leidžia įmonėms greičiau prisitaikyti prie technologinių pokyčių, efektyviau spręsti sudėtingas problemas ir didinti darbo procesų produktyvumą [119].

**Problematika.** Tradicinės elektronikos inžinerijos programos sunkiai prisitaiko prie naujų technologijų, ribodamos studentų gebėjimus spręsti sudėtingas problemas. Per artimiausius dešimt metų elektriniai automobiliai, išmanieji tinklai, robotika ir vartotojų elektronika augs, sukurdami naujas galimybes ir reikalavimus talentų vystymui [12; 13]. Elektronikos specialistų rengimo kokybė tiesiogiai priklauso nuo to, kaip efektyviai mokymo procese yra atsižvelgiama į visas jų profesines veiklos ypatybes. Svarbu įvaldyti visas galimas darbo situacijas, su kuriomis gali susidurti būsimasis specialistas, o tai esamais fiziniiais modeliais švietimo įstaigų laboratorijose dažnai yra sudėtinga įgyvendinti [14].

Taip pat tyrimai rodo, kad inžinierių ir techninių specialistų kompetencijų trūkumas daro tiesioginį neigiamą poveikį įmonių produktyvumui ir konkurencingumui. Nustatyta, kad beveik pusė inžinerijos įmonių teigia, jog darbuotojų įgūdžių spragos, ypač susijusios su prisitaikymu prie naujų technologijų, mažina produktyvumą ir riboja inovacijas bei augimą, o tai neigiamai veikia galimybę laiku įgyvendinti projektus ir patenkinti rinkos poreikiu [120]. Tyrimai rodo, kad kvalifikuotų elektronikos inžinierių specialistų pasiūla ir paklausa yra netolygiai subalansuotos, todėl įmonėms kyla sunkumų užpildant techninius etatus, užtikrinant efektyvią gamybą, diegiant inovacijas ir prisitaikant prie sparčiai kintančių technologijų [123].

Populiarėjant nuotoliniam mokymuisi atsirado nuotolinės laboratorijos, leidžiančios studentams atlikti praktines užduotis internetu, tačiau jos dažnai nesuteikia galimybės dirbti su realia įranga, todėl gali riboti pilnavertį inžinerinių įgūdžių ugdymą [16]. Nors universitetuose vis dažniau siūlomi nuotoliniai kursai, inžinerijos srityje jų taikymas išlieka sudėtingas, nes šios studijos daugiausia grindžiamos praktiniu mokslinių ir technologinių principų taikymu. Dėl to kai kurios inžinerijos studijų programos ne visuomet pakankamai parengia studentus šiuolaikinės darbo rinkos poreikiams, ypač sprendžiant sudėtingas inžinerines problemas ir taikant naujas technologijas [17; 106]. Tyrimai rodo, kad virtualiosios mokymosi aplinkos ir virtualios realybės sprendimai gali gerinti inžinerijos studentų žinių įsisavinimą, praktinius įgūdžius ir problemų sprendimo gebėjimus, tačiau jie ne visada užtikrina visapusišką praktinių įgūdžių ugdymą [70]. Be to, vis dar trūksta empiriškai pagrįsto virtualiosios mokymosi aplinkos modelio, skirto efektyviam elektronikos inžinerijos studentų sudėtingų problemų sprendimo gebėjimų ugdymui.

**Problema** – nepakankamai efektyvus elektroniką kuriančios įmonės darbuotojų darbas dėl inžinierių kompetencijos stokos.

**Darbo objektas** – elektronikos inžinierių žinių ir gebėjimų ugdymas bei kompetencijų tobulinimas.

**Darbo tikslas** – pagerinti elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo procesą, siekiant stiprinti profesinius įgūdžius ir didinti įmonės veiklos efektyvumą, pasitelkiant virtualiąją mokymosi aplinką.

#### **Uždaviniai:**

1. išanalizuoti elektronikos inžinerijos žinių ir gebėjimų ugdymo principus bei elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo aktualumą ir galimybes;
2. ištirti elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo virtualiojoje mokymosi aplinkoje galimybes, poreikius ir iššūkius;
3. sukurti virtualiąją mokymosi aplinką, leidžiančią lanksčiau ir efektyviau tobulinti elektronikos inžinierių kompetencijas, sustiprinant profesines žinias ir pagerinant praktinius įgūdžius;

4. empiriškai įvertinti sukurtos virtualiosios mokymosi aplinkos naudą ugdant elektronikos inžinierių gebėjimus spręsti sudėtingas problemas.

**Tyrimo metodai:** mokslinių lietuvių ir užsienio autorių literatūros šaltinių analizė. Taikoma mišri tyrimo strategija, derinanti kiekybinius ir kokybinius tyrimo metodus. Prieš projektuojant „Moodle“ virtualiąją mokymosi aplinką, buvo atliktos anketinės apklausos, siekiant identifikuoti nuotolinio mokymosi poreikius, iššūkius bei reikalingas pedagogines ir technologines paramos priemones. Siekiant įvertinti sukurtos aplinkos efektyvumą, buvo atliktas empirinis tyrimas, kurio metu taikyti testai, praktinės užduotys ir anketinė apklausa.

**Produktas:** sukurta „Moodle“ pagrindu veikianti virtualioji mokymosi aplinka su integruotomis virtualiomis laboratorijomis, interaktyviu turiniu, praktinėmis užduotimis bei automatizuoto vertinimo sistema. 5 priede pateiktas sukurtos produkto diegimo aktas (žr. Priedą Nr.5).

**Darbo rezultatas:** efektyvesnis elektronikos inžinierių kompetencijų ir žinių tobulinimas. 4 priede pateiktas paruoštas publikavimui straipsnis, kuriame apžvelgiamas temos aktualumas, bei pateiktas patvirtinimas, kad straipsnis priimtas ir bus publikuojamas (žr. Priedą Nr.4).

**Darbo struktūra.** Baigiamąjį darbą sudaro įvadas, keturi skyriai, išvados, literatūros sąrašas ir priedai. Įvade apibrėžiama darbo problema, suformuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai, nurodomas tyrimo objektas, taikyti tyrimo metodai. Pirmajame skyriuje aptariami elektronikos inžinierių žinių, gebėjimų ir kompetencijų tobulinimo teoriniai aspektai, šiuolaikiniai mokymo metodai, virtualių mokymosi aplinkų taikymo galimybės bei „Moodle“ sistemos panaudojimas kompetencijų ir žinių gerinimo procese. Antrajame skyriuje pristatomas empirinis elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo virtualioje mokymosi aplinkoje tyrimas, jo metodologija ir rezultatai. Trečiajame skyriuje pateikiamas virtualiosios mokymosi aplinkos projektinis sprendimas, aprašomi jos kūrimo, technologinio įgyvendinimo ir elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo kurso realizavimo aspektai. Ketvirtajame skyriuje pateikiamas sukurtos virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo efektyvumo vertinimas, analizuojant jos poveikį elektronikos inžinierių teorinių žinių, praktinių gebėjimų ir mokymosi patirties gerinimui. Darbe pateikiamos galutinės viso darbo išvados. Darbe iš viso yra 6 priedai. 1 priede pateikiamas klausimynas, skirtas elektronikos inžinierių kvalifikacijos tobulinimo poreikiams ir mokymosi organizavimo aspektams tirti. 2 priede pateikiamas klausimynas, skirtas paramos sistemos elektronikos inžinieriams vertinimui. 3 priede pateikiamas dalyvių mokymosi proceso vertinimo klausimynas. 4 priede pateikiamas straipsnis, o 5 priede – sistemos diegimo aktas. 6 priede pateikiamas dirbtinio intelekto panaudojimas rengiant baigiamąjį darbą.

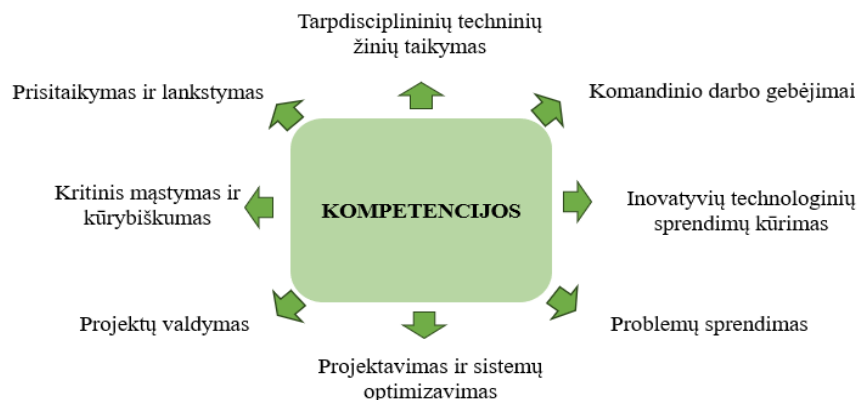
## 1. Elektronikos žinių ir gebėjimų ugdymas bei kompetencijų tobulinimas

Šiame skyriuje bus pateikta mokslinės literatūros analizė. Nagrinėjami elektronikos inžinierių kompetencijų ugdymo teoriniai aspektai, aptariamas gebėjimų formavimas, šiuolaikiniai mokymo metodai bei virtualiosios mokymosi aplinkos vaidmuo ugdymo procese. Taip pat šiame skyriuje „Moodle“ aptariama teoriniu aspektu – analizuojami sistemos funkcionalumo, architektūros, diegimo ir naudotojo sąsajos principai, o ne baigiamojo darbo metu kuriamos sistemos praktinis realizavimas. Todėl pateikta analizė priskiriama teorinei darbo daliai ir sudaro pagrindą projektinio darbo sprendimams pagrįsti.

### 1.1. Elektronikos inžinerijos gebėjimų ir kompetencijų tobulinimo aktualumas ir galimybės

Elektronikos inžinerijos absolventai dažnai susiduria su ribotomis galimybėmis atnaujinti žinias, todėl jų įgūdžiai sparčiai pasensta. Universitetai paprastai suteikia tik pagrindines žinias, kurios, sparčiai tobulėjant technologijoms, tampa nepakankamos, ypač siekiant įsidarbinti specializuotose srityse ar gauti gerai apmokamą darbą [18]. Atliktas tyrimas parodė, kad elektronikos inžinierių žinių ir įgūdžių lygis yra vidutinio lygio ir nepakankamai atitinka naujas technologijas, todėl būtina atnaujinti mokymo programas [19]. Kompetencijų trūkumas taip pat siejamas su aukštesniu nedarbo lygiu, kuris dažnai laikomas švietimo sistemos nesėkme parengti konkurencingus absolventus, atitinkančius darbo rinkos poreikius [20].

Kompetencijos sąvoka kilusi iš lotyniško termino „*competentia*“, reiškiančio gebėjimą efektyviai atlikti užduotį arba žinių ir įgūdžių, reikalingų konkrečiam darbui, rinkinį. Žinios reiškia teorinį supratimą; įgūdžiai apima praktinį žinių taikymą; o kompetencijos – tai įrodytas gebėjimas integruoti šiuos elementus darbo ir asmeniniame gyvenime [21]. Kaip teigia [22], kompetencijos laikomos pagrindu įgūdžių standartams, apibrėžiantiems žinių lygį, reikalingą sėkmingai veiklai darbo aplinkoje, bei kriterijus kompetencijų pasiekimui vertinti, tuo tarpu gebėjimai suprantami kaip asmens pajėgumas taikyti žinias ir technikas užduotims atlikti bei problemoms spręsti. 1 paveiksle pavaizduotos elektronikos inžinerijos specialistų kompetencijos.



1 pav. Elektronikos inžinierių kompetencijos [23;26;27;34].

Elektronikos inžinieriai turi turėti gebėjimą mąstyti sistemingai ir įsipareigoti nuolatiniam mokymuisi, kad galėtų prisitaikyti prie nuolatinės technologinės raidos [23]. Nuolatinis mokymas atlieka svarbų

vaidmenį įtraukiant ir motyvuojant inžinierius tobulinti savo įgūdžius ir kvalifikaciją per praktinius užsiėmimus, akcentuojant problemų sprendimą, pagrįstą naujomis ir besivystančiomis technologijų žiniomis bei įgūdžiais [24]. Šiuolaikinis elektros inžinierius turi turėti tiek profesinių žinių, tiek vadybos technologijų, o organizacinės ir vadybinės kompetencijos pradeda formotis jau universitete [25]. Remiantis Tarptautinio standartinio profesijų klasifikatoriumi ISCO, elektronikos inžinieriui būdingos kompetencijos apima elektroninių sistemų projektavimą, inžinerinių projektų tvirtinimą, techninių brėžinių programinės įrangos naudojimą, elektroninės įrangos bandymų procedūrų nustatymą, techninių ataskaitų rengimą bei techninių planų parengimą [26].

Kaip teigia [27], tarpdisciplininė integracija yra svarbi inovacijų variklis elektros ir elektronikos inžinerijoje. Šiuolaikinės technologijos vis dažniau kuriamos derinant skirtingų sričių, tokių kaip informatikos, dirbtinio intelekto ar biomedicinos inžinerijos, žinias, leidžiančias spręsti sudėtingus inžinerinius uždavinius ir kurti pažangius sprendimus. Tarpdisciplininis ugdymas taip pat ugdo platesnes inžinierių kompetencijas, apimančias ne tik techninius gebėjimus, bet ir komandinį darbą, komunikaciją bei projektų valdymą. Todėl jis yra būtinas rengiant specialistus, gebančius prisitaikyti prie sparčiai kintančios technologinės aplinkos ir spręsti kompleksines problemas.

Įgūdžiai skirstomi į:

- **minkštuosius**, apimančius žinias, gebėjimus ir savybes kasdieniam gyvenimui;
- **kietuosius**, susijusius su veiklos supratimu ir valdymu per metodus, procesus ir technikas [28].

Atlikto tyrimo metu nustatyta, kad elektronikos specialistams trūksta tiek minkštųjų, tiek kietųjų įgūdžių. Akademikai vertina discipliną ir atsakomybę, o pramonė – komandinį darbą ir analitinį mąstymą. Kietųjų įgūdžių srityje akademikai pabrėžia informacinių technologijų raštingumą, o pramonė – organizacinius gebėjimus ir trikdžių šalinimą [29]. Ateityje labiausiai reikalingi minkštieji įgūdžiai yra patikimumas ir savidisciplina, kūrybiškumas ir originalumas, kritinis mąstymas ir analizė, argumentavimas ir problemų sprendimas bei atsparumas ir prisitaikymas [30]. Tačiau inžinerijos mokymo programose dažniausiai prioritetas teikiamas kietiesiems (techniniams) įgūdžiams, o ne minkštųjų įgūdžių ugdymui [31; 32]. Vis dėl to didžioji dalis inžinerinio mokymo įstaigų turinio yra orientuota į techninius aspektus, todėl būtina pabrėžti ir įgyvendinti minkštųjų įgūdžių mokymą [33]. Tyrimo metu nustatyta, kad švietimo įstaigos dažnai susiduria su sunkumais prisitaikydamos prie sparčiai kintančių elektronikos pramonės tendencijų, todėl atsiranda atotrūkis tarp studentų įgyjamų žinių ir darbo rinkos poreikių. Darbdaviai dažniausiai reikalauja techninių gebėjimų, susijusių su elektroninių sistemų diagnostika ir priežiūra, taip pat svarbūs minkštieji įgūdžiai – dėmesys detalėms, orientacija į klientą ir gebėjimas dirbti komandoje. Rezultatai rodo, kad švietimo įstaigos turėtų daugiau dėmesio skirti tiek techninių, tiek minkštųjų įgūdžių ugdymui, kad studentai būtų geriau pasirengę darbo rinkai [115].

Įsidarbinimo įgūdžiai apima žinias, įgūdžius ir kompetencijas, reikalingas gauti, išlaikyti darbą ir prisitaikyti prie pokyčių. Aukštas išsilavinimas, komandinio darbo įgūdžiai, informacinių ir ryšių technologijų gebėjimai, problemų sprendimas bei bendravimo įgūdžiai palengvina įsidarbinimą ir karjeros pažangą [34]. Nuo 2020 metų elektronikos specialistams reikės stiprių techninių įgūdžių (skaitmeninė elektronika, programavimas, pažangios technologijos), metakognityvinių įgūdžių (refleksija ir problemų sprendimo koregavimas), kūrybiškumo, bendradarbiavimo, komandinio darbo

gebėjimų, emocinio intelekto ir prisitaikymo prie greitai besikeičiančios darbo aplinkos [35; 36]. Elektronikos inžinieriams skaitmenines kompetencijas taip pat reikia ugdyti duomenų analizės, programavimo, sistemos integracijos, skaitmeninio projektavimo ir automatizavimo srityse [37]. Nors inžinerijos pagrindai nesikeičia, žinių sprogimas, nenuspėjama pasaulio ekonomika ir inžinierių darbo metodai (pvz., pasaulinė inžinerijos paslaugų rinka ir laisvai judantys inžinerijos darbai) atspindi nuolatinę evoliuciją, reikalaujančią 21-ojo amžiaus įgūdžių [38]. Aukštojo mokslo inžinerijos studentai turi būti pasirengę tvariai spręsti sudėtingas problemas ir sugebėti suprasti technologinių sprendimų poreikį kontekste, pasitelkiant tvarius sprendimus, veikti sudėtingose ir chaotiškose situacijose [38; 39;40].

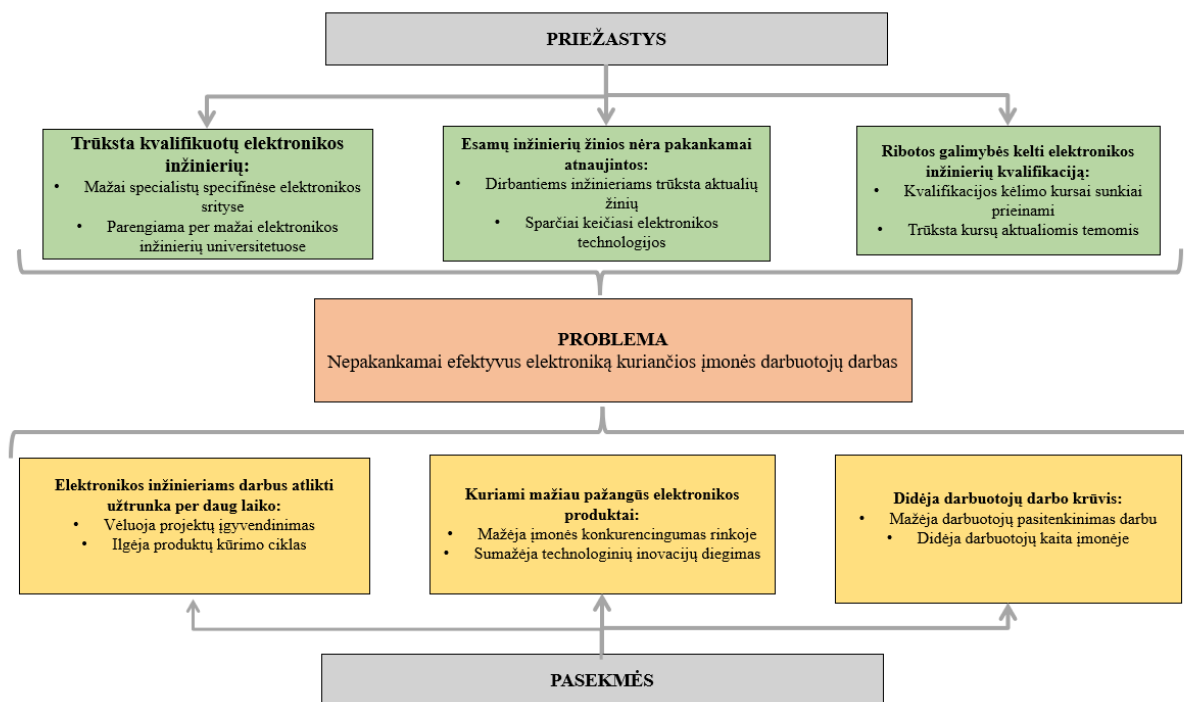
Šiuolaikinės švietimo sistemos sujungia klasikinio ir skaitmeninio ugdymo privalumus, suteikdamos studentams bazinį ir specializuotą paruošimą darbui, praktinio teorinių žinių taikymo kompetencijų įgijimą įvairioms pramonės pareigoms [41]. Tačiau įgūdžių neatitikimas kyla dėl atotrūkio tarp aukštojo mokslo paruošiamų gebėjimų ir pramonės lūkesčių, o pramonės 4.0 atsiradimas dar labiau išryškino poreikį įgyti pažangių, su šiuolaikinėmis technologijomis suderintų įgūdžių [42]. Pavyzdžiui, atsinaujinančios energijos sektoriaus darbuotojai turi turėti skaitmeninių technologijų įgūdžių, gebėti prisitaikyti prie sparčiai besikeičiančių pokyčių, nuolat kelti kvalifikaciją ir diegti naujas sistemas bei procesus [43]. Prognozuojama, kad esant tokiam technologijų vystymosi tempui, net 44 proc. darbuotojų įgūdžių turės iš esmės keistis [44]. Atsižvelgiant į šiuos pokyčius, darbuotojams būtina įgyti naujų profesinių ir bendrųjų kompetencijų, kad būtų galima sėkmingai prisitaikyti prie pramonės 5.0 ir užtikrinti ilgalaikę pažangą [112]. Ateities darbo rinkoje vis svarbesnės tampa minkštosios kompetencijos, nes jos išskiria žmones iš technologijų ir automatizuotų sistemų [113]. Taip pat vis didesnę reikšmę įgauna visą gyvenimą trunkantis mokymasis, nes naujos technologijos ir įgūdžiai atsiranda daug greičiau nei anksčiau [114]. Išskiriamos svarbiausios kompetencijos:

- gebėjimas naudoti ir valdyti technologijas;
- technologinių ir programavimo sprendimų kūrimas;
- nuolatinis mokymasis;
- kūrybiškumas ir iniciatyvumas;
- analitinis ir inovatyvus mąstymas;
- gebėjimas spręsti sudėtingas problemas;
- emocinis intelektas;
- lyderystė [116].

Naujos technologijos, kaip IoT, robotika, VR ir AI, stipriai veikia elektronikos inžineriją, optimizuodamos sistemas ir kuriant aparatinę bei programinę įrangą. Automatizuota gamyba ir 3D spausdinimas suteikia galimybes spręsti sudėtingas problemas ir spartina mokymąsi [45;46]. Todėl universitetai vis labiau orientuojasi į išsilavinimą, kuris skatina kompetencijų ir gebėjimų vystymą, kūrybiškumą, inovacijas ir problemų sprendimą [47]. Dabartinės darbo rinkos tendencijos ir išaugęs darbdavių susidomėjimas darbuotojais, turinčiais šiuolaikinių technologijų lygį atitinkančias profesines kompetencijas, verčia ruošti konkurencingus specialistus [48]. Pavyzdžiui, mikroelektronikos sektorius susiduria su didėjančiu darbo jėgos trūkumu, kurį galima sumažinti į sektorių pritraukiant jaunimą ir perkvalifikuojant esamą darbo jėgą [49].

Taigi, šiuolaikinė inžinerijos ir technologijų aplinka reikalauja nuolatinio specialistų žinių ir įgūdžių tobulinimo. Inžinerinių kompetencijų trūkumas daro neigiamą poveikį produktyvumui ir tampa ekonominiu iššūkiu daugelyje šalių. Tyrimai rodo, kad dėl kvalifikuotų specialistų stokos įmonės susiduria su darbuotojų paieškos sunkumais, prastesniu sprendimų priėmimu ir nepakankamu mokymų atitikimu praktiniams poreikiams, todėl pramonėje trūksta pakankamo skaičiaus kvalifikuotų inžinierių projektams įgyvendinti [111]. Taip pat atliktas tyrimas nustatė, kad minkštieji įgūdžiai ir darbuotojų produktyvumas yra svarbūs veiksniai organizacijos veiklos efektyvumui ir tvarumui konkurencingoje aplinkoje. Nustatyta, kad tokie įgūdžiai kaip komunikacija, problemų sprendimas ir sprendimų priėmimas daro teigiamą įtaką darbuotojų produktyvumui ir organizacijos rezultatams [118]. Kompetencijų trūkumas gali riboti investicijas, technologijų diegimą ir sukelti gamybos nuostolius, neigiamai veikiant organizacijos produktyvumą ir veiklos rezultatus [121]. Taip pat įgūdžių trūkumas gali padidinti nedarbą, sumažinti produktyvumą ir apsunkinti darbuotojų integraciją į rinką [122]. Tyrimo rezultatai rodo, kad inžinerinių įgūdžių lygis tiesiogiai susijęs su įmonės gebėjimu vykdyti procesų inovacijas – silpnesnės kompetencijos silpnina inovacijų įgyvendinimą ir galimybes pagerinti produktyvumą bei kokybę [124].

Remiantis išanalizuota literatūra, galima suformuluoti pagrindinę nagrinėjamą problemą ir jos priežastinius ryšius. Siekiant struktūruotai atskleisti problemos priežastis ir pasekmes, sudarytas problemų medis (žr. 2 pav.).



2 pav. Elektronikos inžinerijos kompetencijų trūkumo problemų medis (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip pateikta 2 paveiksle, elektronikos inžinerijos kompetencijų trūkumas yra kompleksinė problema, kylanti iš kelių tarpusavyje susijusių priežasčių. Nepakankamai atnaujinamos žinios, ribotos kvalifikacijos kėlimo galimybės ir sparčiai besikeičiančios technologijos lemia inžinerinių gebėjimų

stygių organizacijoje. Dėl to mažėja darbo efektyvumas, lėtėja inovacijų diegimas ir sudėtingiau užtikrinti konkurencingumą darbo rinkoje. Taigi, problemų medis aiškiai parodo ryšį tarp kompetencijų ugdymo spragų ir platesnių organizacinių bei sektoriaus iššūkių.

*Apibendrinus, elektronikos inžinerijos specialistų rengimas turi būti orientuotas į nuolatinį žinių atnaujinimą, gebėjimą spręsti sudėtingas problemas ir prisitaikyti prie sparčiai kintančios technologinės aplinkos. Svarbu ugdyti gebėjimą veikti komandose, kurti inovatyvius sprendimus ir prisidėti prie technologinių procesų optimizavimo bei naujų sistemų diegimo.*

## **1.2. Šiuolaikiniai elektronikos inžinerijos mokymo metodai**

Šiuolaikiniai elektronikos inžinerijos mokymo metodai vis labiau remiasi aktyvaus mokymosi principais, tokiais kaip probleminis, projektinis ir iššūkiu grįstas mokymasis, kurie skatina studentų įsitraukimą, savarankiškumą ir gebėjimą spręsti realaus gyvenimo inžinerijos uždavinius [51]. Nors tradiciniai paskaitomis pagrįsti mokymo metodai buvo naudojami jau seniai, įrodymai rodo, kad jie gali neefektyviai įtraukti studentų ar skatinti gilų mokymąsi. Tyrimo metu nustatyta, kad aktyviųjų mokymo metodų taikymas lėmė reikšmingus teigiamus pokyčius elektronikos inžinerijos studijose, bendras kurso efektyvumas padidėjo 15 proc., praktinių įgūdžių lygis – 20 proc., studentų įsitraukimas – 14 proc., o egzaminų rezultatai pagerėjo 8 proc. [52]. Žemiau pateikiama dažniausiai naudojami mokymosi metodai inžinerijos srityje.

**Projektinis mokymasis** (angl. *Project-based learning*, PjBL). Studentai, remdamiesi pateiktu probleminiu scenarijumi, formuluoja ir analizuoja problemą, kelia hipotezes apie galimus sprendimo būdus bei nustato, kokių žinių jiems trūksta, todėl mokymasis vyksta savarankiškai. Taikydami naujai įgytas žinias problemos sprendimui, studentai apmąsto įgytas teorines žinias ir vertina, ar jų suformuluotos hipotezės yra pagrįstos. Šio proceso metu dėstytojas teikia tikslingas konsultacijas, siekdamas nukreipti studentų darbą ir užkirsti kelią neapgalvotam problemos sprendimui. Šis metodas taikomas kompleksinėms žinioms, grindžiamoms realiomis inžinerinėmis problemomis ir dažnai integruojamas su kitų disciplinų žiniomis [53]. Atliktas tyrimas rodo, kad projektinis mokymasis ženkliai pagerina studentų gebėjimą taikyti teorines žinias praktikoje ir skatina tarpdisciplininį mąstymą. Tyrimo metu 65 proc. studentų nurodė, jog PBL kursai buvo efektyvesni nei tradiciniai paskaitomis pagrįsti kursai [54]. Projektinis mokymasis dažnai persidengia su problemų sprendimu grįstu mokymusi, nes abi mokymosi strategijos yra pagrįstos bendradarbiavimu ir savarankiškumu [51].

**Atveju grįstas mokymasis** (angl. *Case-based learning*, CBL). Mokymosi ir mokymo metodas, kai studentams pateikiamos kelios disciplinos problemos, kurias jie sprendžia žingsnis po žingsnio, vadovaujami dėstytojo. Tokiu būdu atveju grįstas mokymasis suteikia aiškią struktūrą projektų metu. CBL yra paprastesnis taikyti, nes suteikia daugiau paaiškinimų per mokymosi žingsnius, o studentai ir dėstytojai kartu atsakingi už projekto įgyvendinimą, todėl dėstytojai gali geriau nukreipti mokymosi procesą; tačiau tai kartais skatina pasyvų studentų dalyvavimą ir gali riboti jų kūrybiškumą. Studentai gali tobulinti problemų sprendimo įgūdžius PBL metu, o CBL metu mokytis projektą planuoti ir įgyvendinti žingsnis po žingsnio [55]. Tyrimo metu atskleista, jog elektronikos inžinerijos studentams CBL yra veiksmingesnis gerinant kognityvinį įsitraukimą ir konceptualų supratimą naudojant struktūrizuotas

realaus pasaulio situacijas, tuo tarpu PBL skatina bendradarbiavimą ir kritinį mąstymą per atvirų problemų sprendimą [56].

**Probleminis mokymasis** (angl. *Problem-based learning*, PBL). Probleminiu mokymusi grįstas mokymas ugdo studentų gebėjimą savarankiškai įsisavinti technines žinias, spręsti neapibrėžtas problemas ir kūrybiškai taikyti naujas žinias įvairiose situacijose [57]. Šis metodas taikomas paprastesnėms žinioms perteikti, sprendžiant realias inžinerines problemas [58]. Mokymasis vyksta savarankiškai ir komandose, o mokytojai tampa proceso pagalbininkais. Studentai naudoja įvairias strategijas, pvz., minčių lietu ar sąvokų žemėlapius, ir dirba su priskirtais vaidmenimis komandoje [51]. Tyrimo metu nustatyta, kad PBL metodas skatina efektyvesnį užduočių atlikimą, žinių įvairovę ir tarpusavio mokymąsi komandose, tačiau kartu išryškina nevienodą darbo pasiskirstymą, sumažėjusią individualią atsakomybę didesnėse grupėse ir galimus konfliktus tarp studentų [59].

**Iššūkiams grįstas mokymasis** (angl. *Challenge-based learning*, ChBL). Iššūkiams grįstas mokymasis yra pedagoginis metodas, kuris aktyviai įtraukia besimokančiuosius, integruodamas anksčiau tradicinius mokymosi kursus su realaus gyvenimo iššūkiams. Susideda iš trijų etapų:

- įsitraukimo etapas, kurio metu besimokantieji pereina nuo abstrakčios idėjos prie konkretaus ir įgyvendinamo iššūkio;
- tyrimo etapas, kurio metu besimokantieji atlieka tyrimus, kad sukurtų pagrindą įgyvendinamiems ir tvariems sprendimams;
- veikimo etapas, kurio metu kartu su autentiška auditorija kuriami ir įgyvendinami įrodymais pagrįsti sprendimai ir įvertinami rezultatai [51].

**Žaidimu grįstas mokymasis** (angl. *Game-based learning*, GBL). Žaidybinio mokymosi sprendimai sudaro sąlygas kontroliuojamose aplinkose stiprinti besimokančiųjų įsitraukimą, motyvaciją ir efektyvesnį žinių įsisavinimą [60]. Pavyzdžiui, nustatyta, kad (VR) pagrindu sukurta mokymosi aplinka elektronikos laboratorijose suteikia įtraukiančią ir interaktyvią patirtį, žymiai pagerina studentų praktines žinias, motyvaciją, pasitikėjimą įranga bei skatina didesnę įsitraukimą, palyginti su tradiciniu mokymu. Taip pat VR turi potencialą suteikti visapusišką mokymosi patirtį, kuri gali būti įgyvendinta naudojant nuotolines laboratorijas, kompiuterines ir internetines simuliacijas, interaktyvų mokymąsi per trimačius (3D) modelius. VR pagrindu sukurta simuliacinė aplinka užtikrina geresnę mokymosi patirtį vartotojo sąsajos ir naudojimosi aspektu, palyginti su dvimačiais (2D) virtualiasias ar nuotoliniais laboratorijų modeliais [61]. Autoriai [62] teigia, jog skaitmeniniais žaidimais grįsta mokymosi aplinka sudaro sąlygas inžinerijos studentams patirti didesnę autonomiją ir taikyti savarankiškas mokymosi strategijas, kurios skatina gilesnį supratimą. Tyrimo rezultatai rodo, kad tokia patirtis prisideda prie studentų kompetencijų ugdymo ir pasitikėjimo savimi stiprinimo savarankiškai valdant mokymosi procesą.

*Apibendrinus, šiuolaikiniai elektronikos inžinerijos mokymo metodai leidžia efektyviau ugdyti studentų praktinius įgūdžius, savarankiškumą ir gebėjimą spręsti realias inžinerines problemas.*

### **1.3. Virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo galimybės**

Šiuolaikinis mokslas ir švietimas reikalauja pritaikyti tradicinius mokymosi metodus, integruojant technologijas, naujas strategijas ir interaktyvias veiklas, siekiant efektyvesnio, lankstesnio ir labiau prieinamo mokymosi [63]. Tradiciniai švietimo modeliai yra per siauri, todėl studentams sunku išplėsti

savo kompetencijas į gretimas sritis. Be to, naujos technologijos, tokios kaip dirbtinis intelektas, daiktų internetas ir biomedicinos inžinerija, kelia naujų iššūkių ir suteikia galimybių elektros ir elektronikos inžinerijos sričiai, o tradicinis ugdymas gali nevisiškai atitikti šiuos poreikius. Siekiant parengti naujos kartos specialistus, būtina taikyti tokias technologijas, kurios atnaujintų programinių mokymosi rezultatų įsisavinimą, ugdytų reikiamas kompetencijas bei skatintų pažinimo veiklą, iniciatyvumą ir kūrybiškumą, natūraliai skatinant aktyvius žinių įgijimo metodus, kai studentai patys įgyja ir pritaiko žinias. Mišrusis mokymasis suteikia struktūruotą kurso eigą, kur besimokantieji dalinai studijuoja klasėje, dalinai – nuotoliniu būdu, patys reguliuodami tempą ir tvarką, derindami įvairias formas, technologijas ir metodus, ypatingą dėmesį skiriant interaktyvioms technologijoms. Mišraus mokymosi sistema keičia mokymo esmę: mokytojas tampa ne tik stebėtoju, bet ir mentoriumi, aktyviai sąveikauja su besimokančiais, seka jų pažangą ir teikia pagalbą prireikus [14].

Nuotolinis mokymasis – tai kompiuteriu grindžiamas mokymasis, kuris pedagogiškai orientuotas į studentą ir bendradarbiavimu pagrįstą mokymąsi. Jis apima mokymo ir mokymosi procesus, vykdomus įvairiomis elektroninėmis formomis. Informacinės ir komunikacinės sistemos veikia kaip pagrindinė priemonė mokymosi procesui įgyvendinti [19].

Nuotolinis mokymasis labiau orientuotas į studentą nei tradicinis mokymas, nes suteikia galimybę individualiai pritaikyti mokymosi procesą. Nuotolinis mokymasis, kaip ir bet kuri kita švietimo forma, taip pat turi savo teigiamų ir neigiamų aspektų. Ši mokymo forma pasižymi lankstumu, prieinamumu ir mažesnėmis sąnaudomis, tačiau susiduriama su technologinės nelygybės, ribotų skaitmeninių įgūdžių ir fizinės mokymosi erdvės trūkumo problemomis. Be to, kai kuriems studentams sunkiau išlaikyti dėmesį ir motyvaciją, o ilgas darbas prie ekranų gali turėti neigiamą poveikį sveikatai [20].

Autorių teigimu [64] nuotolinių studijų kokybė turi būti užtikrinama visuose nuotolinių studijų organizavimo etapuose:

- planuojant ir organizuojant nuotolinių studijų procesą;
- rengiant ir atnaujinant nuotolinių studijų programas;
- įgyvendinant ir administruojant nuotolinių studijų programas;
- kuriant studentų paramos sistemą ir užtikrinant sklandų jos veikimą;
- teikiant informaciją ir palaikant nuolatinę komunikaciją su studentais;
- vertinant studentų žinias, gebėjimus ir mokymosi pasiekimus;
- formuojant techninę ir organizacinę infrastruktūrą bei rūpinantis personalo kvalifikacijos tobulinimu.

Nuotolinio mokymosi sistema remiasi trimis pagrindiniais veiksniais – interaktyviu turiniu, dėstytoju (mentoriumi) ir technologinėmis priemonėmis. Interaktyvus turinys padeda įtraukti besimokančiuosius, dėstytojas užtikrina grįžtamąjį ryšį ir motyvaciją, o technologijos sudaro sąlygas efektyviam mokymosi procesui. Šių veiksnių dermė lemia e. mokymosi kokybę ir mokymosi patirtį [6].

Įsitraukimas nuotoliniame mokymesi yra svarbus efektyviam mokymuisi, nes apima ne tik studentų tarpusavio sąveiką, bet ir ryšius su dėstytojais bei mokymosi turiniu. Nuotolinio mokymosi kontekste galima išskirti šešias pagrindines sąveikos formas: studento ir turinio, studento ir dėstytojo, studento ir studento, dėstytojo ir turinio, dėstytojo ir dėstytojo bei turinio tarpusavio sąveiką. Kiekviena iš jų stiprina

žinių įsisavinimą ir aktyvina mokymosi procesą, o bendradarbiavimo įrankiai dar labiau gerina komunikaciją ir mokymosi efektyvumą [65]. O studento pasitenkinimą nuotoliniu mokymusi lemia keli veiksniai – kokybiška sąveika su dėstytojais, kitais studentais ir mokymosi turiniu, aiškiai struktūruotas kursas, tinkamas vertinimas bei pakankami skaitmeniniai gebėjimai. Teigiamas šių elementų derinys didina motyvaciją ir norą tęsti mokymąsi nuotoliniu būdu [39].

Mokymosi valdymo sistemos (VMS) suteikia centralizuotą e. mokymosi turinio valdymą, neribotą prieigą prie kursų, galimybę stebėti studentų pažangą, mažina mokymosi kaštus bei laiką, palengvina kursų atnaujinimą. VMS gali būti komercinė arba atvirojo kodo, užtikrinanti saugią, patikimą ir lanksčią e. mokymosi aplinką. Be to, kai kurios VMS sistemos naudoja mašininio mokymosi koncepcijas, automatinį atpažinimą, socialinius tinklus ir naudotojų pageidavimų numatymą, kad automatiškai pritaikytų savo funkcijas pagal naudotojų reikalavimus. Šiuo metu egzistuoja ir yra prieinama visuomenei daug atvirojo kodo ir komercinių VMS sistemų [66]. MVS sistemos aukštojo mokslo institucijose turi būti pritaikytos sudėtingiems studentų poreikiams, nes studijų procese jie nuolat dirba grupėse, vykdo individualius tyrimus ir atlieka specializuotas akademinės užduotis [67]. 1 lentelėje pavaizduota kelių populiarių mokymosi valdymų sistemų palyginimas.

**1 lentelė.** „Moodle“, Ilias, Open eClass, Chamilo mokymosi valdymo sistemų palyginimas [77, 78, 79].

Parametras	„Moodle“	ILIAS	Open eClass	Chamilo
Tipas	Atviro kodo	Atviro kodo	Atviro kodo	Atviro kodo
Lietuvių kalba	Taip	Ne	Taip	Taip
Mobili aplikacija	Taip	Ne	Ne	Taip
Virtualiosios laboratorijos kūrimas	Taip, turi daug įvairių ir pažangių įrankių.	Taip, bet funkcionalumas yra ribotas	Ne	Taip, bet funkcionalumas yra ribotas
Nemokama	Taip	Taip	Taip	Taip

Kaip pateikta 1 lentelėje, palyginus visas 4 mokymosi valdymo sistemas, labiausiai tinkama toliau nagrinėti darbe „Moodle“ sistema. „Moodle“ yra plačiausiai naudojama ir populiariausia tarp švietimo bendruomenės dėl savo prieinamumo, nes palaikoma daugiau nei šimtu kalbų, mažų sąnaudų ir integruotų saugumo mechanizmų [66]. „Moodle“ turi lanksčią modulinę struktūrą, kuri gali būti pritaikyta pagal dėstytojų poreikius. Sistema suteikia įvairius įrankius, tokius kaip kursų valdymas, vertinimo priemonės, užduočių pateikimas, egzaminų moduliai, diskusijų forumai, apklausos ir palaiko multimedijos turinį. Technologiškai „Moodle“ gali veikti praktiškai bet kuriame kompiuteryje, kuris palaiko PHP programavimo kalbą ir SQL tipo duomenų bases. Jo modulinė struktūra siūlo įvairius įrankius, kurie atitinka skirtingus vartotojų poreikius [78].

„Open eClass“ platformos projektavimo nuostatos grindžiamos paprastu ir aiškiu naudojimu vartotojams, neturintiems specialių techninių kompetencijų, sistemos gebėjimu prisitaikyti prie esamų bei būsimų poreikių ir nesudėtingu programinės įrangos atnaujinimu bei plėtimu. Tačiau didesni

skirtumai išryškėja nefunkcinių reikalavimų aspektu – „Open eClass“ nepalaiko lietuviškos vartotojo sąsajos, todėl tai gali apsunkinti sistemos valdymą ir naudojimą [79].

„Chamilo“ pasižymi paprasta sąsaja ir mažais sistemos reikalavimais. „Chamilo“ privalumai – paprastas diegimas, patogi sąsaja ir plati bendruomenės parama. Atviro kodo struktūra leidžia ją pritaikyti, o integracija su kitomis sistemomis yra paprasta. Su maža aparatūros reikalavimų sistema, Chamilo siūlo ekonomišką sprendimą, ypač mažoms ir vidutinėms įstaigoms. Tačiau ji gali turėti trūkumų organizacijoms, siekiančioms pažangesnių techninių funkcijų ar didelio masto operacijų. Pavyzdžiui, ji gali nesugebėti apdoroti sudėtingų ataskaitų ar didelių duomenų apdorojimo poreikių. Platforma taip pat palaiko SCORM, vaizdo integraciją ir sertifikavimą [78].

Virtualiosios mokymo aplinkos (VMA) skirstomos į dvi pagrindines kategorijas: mokymo(si) aplinkas, paremtas atvirąja programine įranga, ir mokymo(si) aplinkas, sukurtas kaip komercinė arba nuosavybinė programinė įranga. Šiuolaikinėse studijose ypač plačiai taikomos atvirojo kodo virtualiosios mokymosi aplinkos, kadangi jų kūrimo, tobulinimo ir plėtroje gali dalyvauti plati bendruomenė. Tokios aplinkos pasižymi lankstumu – jas galima nesudėtingai pritaikyti konkrečioms poreikiams, plėsti papildomais moduliais ar funkcijomis. Tuo tarpu komercinės ar nuosavybės virtualiosios mokymo aplinkos dažniausiai turi išvystytą techninio palaikymo sistemą, tačiau yra mažiau lanksčios pritaikymo ir funkcionalumo plėtros požiūriu [68].

VMA suteikia galimybes taikyti skirtingus mokymosi metodus ir scenarijus bei užtikrina viso ugdymo proceso įgyvendinimą skaitmeninėje erdvėje. Mokslinėje literatūroje išskiriamos šios pagrindinės VMA funkcijos:

- **ugdymo turinio valdymo priemonės.** Viena esminių VMA funkcijų – mokymosi turinio kūrimas, pateikimas ir saugojimas įvairiais formatais. Sistema leidžia turinį kurti, redaguoti, struktūruoti bei jungti atskirus mokymosi fragmentus į modulius ar visus kursus;
- **užduočių rengimo ir apklausų organizavimo priemonės.** VMA suteikia galimybę kurti įvairių tipų užduotis, testus ir apklausas, taikyti automatinį atsakymų vertinimą. Užduotys gali būti pritaikytos individualiam arba grupiniam darbui, naudojamos žinių vertinimui, savikontrolei bei grįžtamojo ryšio rinkimui;
- **mokymosi pažangos stebėjimo ir vertinimo priemonės.** Šios funkcijos leidžia kaupti ir analizuoti duomenis apie besimokančiųjų veiklą, aktyvumą, užduočių atlikimą, testavimo rezultatus bei bendrą pažangą. Generuojamos ataskaitos sudaro prielaidas formuojamajam vertinimui ir mokymosi proceso tobulinimui;
- **bendravimo priemonės.** VMA palaiko tiek sinchroninę, tiek asinchroninę komunikaciją:
  - **sinchroninę** – realiuoju laiku vykstančius pokalbius ar diskusijas (pvz., „chat“);
  - **asinchroninę** – žinutes sistemoje, el. pašto pranešimus, diskusijų forumus, kalendorių, apklausas ir kitas priemones, leidžiančias bendrauti nepriklausomai nuo laiko;
- **bendradarbiavimo priemonės.** Sistema suteikia galimybes kurti ir valdyti grupes, atlikti bendras užduotis, rengti projektus bei dalintis rezultatais, taip skatinant kolektyvinį mokymąsi ir tarpusavio sąveiką;

- **asmeninės naudotojų erdvės.** Kiekvienas VMA naudotojas gali susikurti asmeninį profilį, kuriame pateikiama pagrindinė informacija apie save. Tai padeda stiprinti bendruomeniškumą ir gerina tarpusavio pažinimą;
- **naudotojų registracijos ir teisių valdymas.** VMA leidžia priskirti skirtingas roles ir teises, todėl naudotojams pateikiamas tik jų vaidmeniui aktualus funkcionalumas. Sistema yra uždara ir prieinama tik institucijos bendruomenės nariams;
- **elektroninio mokymosi turinio administravimo priemonės.** Į šią funkcijų grupę įeina automatiniai pranešimai, veiklų priminimai, prieigos ribojimas pagal laiką ar vaidmenį, pasiekimų išskyrimas ir kiti turinio valdymo sprendimai;
- **aplinkos sąsajos pritaikymo priemonės.** VMA leidžia individualizuoti naudotojo sąsają – keisti šriftų dydį, spalvas, išdėstymą ar aktyvuoti tik reikalingas funkcijas. Taip pat sistema gali būti pritaikyta pagal institucijos vizualinį identitetą ir poreikius [69].

Nuotoliniai kursai suteikia inžinerijos studentams galimybę mokytis lanksčiai. Inžinerijos studentams virtualiosios laboratorijos nuotoliniame mokymesi leidžia atlikti eksperimentus saugiai, greičiau ir ekonomiškiau, tirti sudėtingus reiškinius bei įgyti praktinės patirties nepaisant geografinių ar saugos apribojimų. Tyrimai rodo, kad virtualūs eksperimentai dažnai yra tokie pat veiksmingi kaip fiziniai, gerinant žinių įsisavinimą ir studentų pasitikėjimą. Naujų technologijų, tokių kaip virtualioji ir papildyta realybė, naudojimas nuotoliniame mokymesi suteikia inžinerijos studentams interaktyvesnę ir realistiškesnę mokymosi patirtį [34]. Pavyzdžiui, tyrimo metu nustatyta, kad inžinerijos studijų programose, taikančiose nuotolinio mokymosi principus, laboratoriniai darbai gali būti efektyviai organizuojami tiek kaip simuliacinės laboratorijos, tiek kaip nuotoliniu būdu valdomos fizinės laboratorijos [35].

VMA gali pasiūlyti saugią aplinką neribotiems eksperimentams, susijusiems su reiškiniais, kuriuos sunku stebėti realiame gyvenime, gali padėti mokiniams lengvai keisti kintamuosius ir gauti tiesioginį grįžtamąjį ryšį apie pasekmes ir iš to kylančius padarinius, taip pat virtualiosios aplinkos galėtų būti naudingas pagrindas pedagogams stebėti savo mokinių mokymąsi ir siūlyti sistemas mokymosi procesui tobulinti. Tyrimas atskleidė, kad VMA gali teigiamai paveikti inžinerijos studentų technines žinias ir įgūdžius, ypač elektroninių grandinių studijų kontekste, ir padeda kurti aukštesnio lygio mąstymo gebėjimus [70]. Tačiau atlikto tyrimo metu, kuriame dalyvavo elektronikos inžinerijos studentai, identifikuoti pagrindiniai iššūkiai, su kuriais susiduria inžinieriai nuotolinio tobulinimosi programose: trūksta pakankamo grįžtamojo ryšio, silpnas bendradarbiavimas bei parama tarp besimokančiųjų, o nedidelė dalis dalyvių patiria studijų perdegimo pojūtį. Vis dėlto, dauguma respondentų demonstruoja gilų mokymosi požiūrį, laiko įgytas žinias svarbiomis ir sugeba jas tiesiogiai pritaikyti savo profesinėje veikloje [37]. Atlikto tyrimo metu nustatyta, kad integruotas naujausių švietimo technologijų ir interaktyvių mokymo formų taikymas mišriojo mokymosi sistemoje padeda formuoti profesines kompetencijas elektros inžinerijos ir elektromechanikos studentams. Simuliacinio, virtualiųjų laboratorijų ir atvejo analizės metodai leidžia geriau suprasti elektros energijos gamybos procesus, taupyti energijos išteklius ir spręsti aktualias energetikos problemas [14].

Mokymosi aplinka laikoma svarbiu veiksniu, skatinančiu sąveiką tarp studentų ir dėstytojų, taip pat leidžia vertinti praktinius žinių aspektus, pavyzdžiui, laboratorinių eksperimentų metu. Elektroninės

inžinerijos kursuose pagrindinis iššūkis – aktyviai įtraukti studentus per praktines užduotis, siekiant sujungti teoriją su praktine veikla. Virtualiame mokymosi kontekste nuotolinės arba virtualiosios laboratorijos tampa nepakeičiama priemone, padedančia studentams ugdyti kritinį mąstymą, gebėjimą spręsti problemas ir priimti sprendimus [71]. Atskleista, jog virtualiosios laboratorijos gali padėti studentams naudoti novatoriškas technologines priemones ir metodus, bendradarbiaujant komandoje [72]. Be to, tokio tipo laboratorijos skatina įgūdžius, reikalingus sudėtingoje darbo aplinkoje atliekant praktines užduotis [73]. Išskirti nuotolinių laboratorijų privalumai yra šie:

- studentai gali atlikti kursų užduotis savo tempu ir pagal individualius interesus;
- dėstytojams sumažėja laikas, reikalingas laboratorijų paruošimui ir vedimui (dažnai tai viršvalandžiai);
- vieną laboratorinę įrangą galima naudoti keliems eksperimentams;
- suteikia prieigą didesniai vartotojų skaičiui, todėl jų diegimas yra ekonomiškė nei fizinių laboratorijų;
- skatina studentų savarankišką darbą;
- saugesnės tiek vartotojui, tiek įrangai ar programinei įrangai, kadangi yra fiziškai atskirtos ir technologijų valdomos [74].

Tačiau fizinėse laboratorijose studentai gali lengvai kontroliuoti savo mokymąsi, susidurdami su realiomis aplinkybėmis eksperimento metu. Be to, studentai negali patirti visų specialių įrangos savybių dirbdami virtualioje laboratorijoje, todėl jų žinios gali būti ribotos, palyginti su tomis, kurios įgyjamos fizinėje laboratorijoje [70]. Daugiausia dėmesio skiriama tik bendram eksperimentų proceso vaizdui, trūksta praktinio mokymo ir momentinio grįžtamojo ryšio, o ribotas studentų supratimas, kaip naudotis virtualiomis laboratorijomis, mažina jų mokymosi efektyvumą [75].

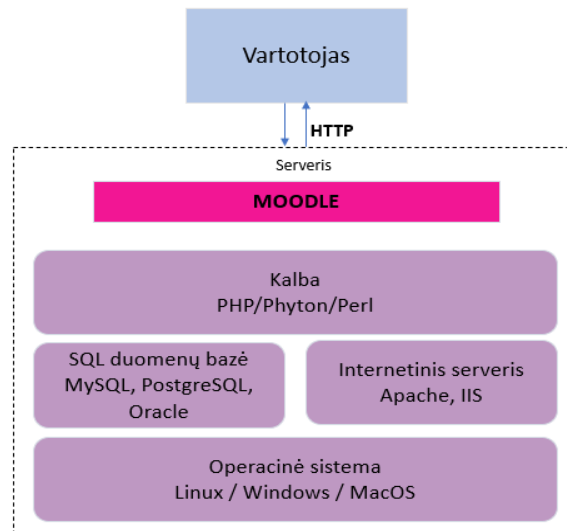
*Apibendrinus, virtualioji mokymosi aplinka suteikia lankstų, individualizuotą ir į studentą orientuotą mokymąsi, derinant teoriją su praktinėmis užduotimis. Mokymosi kokybę lemia interaktyvus turinys, dėstytojo įsitraukimas ir technologinės priemonės, o MVS sistemos padeda efektyviai valdyti kursus, stebėti pažangą ir organizuoti mokymosi procesą. Nuotoliniai kursai bei virtualiosios laboratorijos leidžia inžinerijos studentams saugiai atlikti eksperimentus, tyrinėti sudėtingus reiškinius ir įgyti praktinių įgūdžių nepriklausomai nuo vietos ar įrangos galimybių. Tokia aplinka skatina bendradarbiavimą, kritinį mąstymą ir profesinių kompetencijų ugdymą elektronikos inžinerijos srityje.*

#### **1.4. „Moodle“ sistemos panaudojimo galimybės**

„Moodle“ (angl. *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) – tai modulinė, objektinėmis technologijomis paremta dinaminė mokymosi aplinka, dar vadinama mokymosi valdymo sistema, kursų valdymo sistema, virtualioji mokymosi aplinka arba tiesiog mokymosi platforma / asmenine mokymosi sistema. Ji suteikia dėstytojams, studentams ir administratoriams pažangų kompiuterizuoto mokymosi priemonių rinkinį, įskaitant nuotolinį mokymąsi [80]. „Moodle“ suteikia galimybę integruotis su plačiu švietimo programų spektru, nes pasižymi atvirojo kodo architektūra, gausia įskiepių ekosistema ir moduline struktūra, leidžiančia plačiai pritaikyti bei lengvai adaptuoti sistemą. „Moodle“ buvo sukurta remiantis labai populiaria atvirojo kodo LAMP architektūra (Linux, Apache, MySQL, PHP), pavaizduota 3 paveiksle. Vis dėlto, dėl „Moodle“ atvirojo kodo ir modulinės

struktūros, sistema gali būti palaikoma įvairiose operacinėse sistemose, duomenų bazėse, žiniatinklio serveriuose ir programavimo kalbose [77].

Kaip parodyta 3 paveiksle, „Moodle“ architektūra naudoja įprastus šiandienos žiniatinklio programų elementus: vartotojo pateiktą užklausą, kuri perduodama žiniatinklio serveriui, kviečiančiam PHP modulį, atsakingą už užklausos apdorojimą; PHP modulis kreipiasi į duomenų bazę su veiksmu, kuris gražina prašomus duomenis HTML formatu žiniatinklio serveriui. Galiausiai informacija pateikiama atgal vartotojui [77].



3 pav. „Moodle“ sistemos architektūra [77]

Kaip teigia autoriai [81], „Moodle“ MVS dėl savo lankstumo, paprastumo naudoti ir funkcionalumo savybių yra vertinama kaip naudinga ir prieinama mokymosi platforma, kuri palengvina mokymo ir mokymosi procesus nuotoliniu būdu ir prisideda prie efektyvesnio turinio prieinamumo bei studentų įsitraukimo. Prisijungę prie „Moodle“, naudotojai gauna skirtingas funkcijas, priklausomai nuo lankomų kursų. Pagrindinės naudotojų rolės yra šios:

- dėstytojai – gali atnaujinti kursus, įkelti medžiagą, vertinti studentus, tikrinti statistiką ir pan.;
- studentai – gali pasiekti įkeltą kurso medžiagą, atlikti testus ir klausimynus, naudotis komunikacijos ir grupinių užduočių įrankiais ir pan.;
- svečių naudotojai – gali peržiūrėti informaciją apie kursus ir, jei turi prieigą, tikrinti tam tikrą kurso medžiagą [82].

Pagrindinės „Moodle“ funkcijos, dėl kurių ši platforma tapo populiariu MVS, apibūdinamos taip:

- MVS uri pritaikoma ir lengvai naudojama sąsaja, tinkama tiek darbastalio, tiek mobiliųjų įrenginių aplikacijoms;
- platformoje yra personalizuotas kurso puslapis, kuriame pateikiami praeiti, esami ir būsimi kursai;
- palaikoma laiko juostos (angl. *timeline*) informacijos suvestinė, kurioje matomi terminai ir kalendoriaus įvykiai;

- MVS sudaro forumas, wiki, žodynėliai ir duomenų bazės moduliai, kuriuose studentai gali bendradarbiauti ir mokytis kartu;
- integruota patogi failų tvarkymo sistema, leidžianti lengvai vilkti ir mesti failus arba įkelti juos iš įvairių platformų;
- platformoje yra paprastas teksto redaktorius;
- naudotojai gali gauti pranešimus apie naujas užduotis ar artėjančius terminus, taip pat siųsti ir gauti konfidencialias žinutes;
- dėstytojai ir studentai gali sekti atskirų kurso veiklų ar išteklių atlikimo pažangą ir jų užbaigimą [83].

Interaktyvumo lygis „Moodle“ tipo kursuose gali skirtis priklausomai nuo kurso struktūros ir modulio turinio pobūdžio. Kurso struktūra daro lemiamą įtaką sąveikos tipui ir kokybei, o dėstytojo kompetencijos yra būtinos planuojant, kuriant ir valdant sąveiką internetinėje mokymosi aplinkoje, ypač mokymosi situacijose, kuriose vyksta bendradarbiavimas [84].

Naudodamiesi elektronine informacine edukacine aplinka, studentai gali gauti prieigą prie paskaitų medžiagos (garso ir vaizdo paskaitų), praktinių užduočių su pusiau automatiniu vertinimu, internetinio testavimo, naudingų interneto nuorodų nagrinėjimai ir panašiai. Ši mokomojo turinio valdymo sistema pasižymi daugeliu privalumų, iš kurių svarbiausi yra galimybė priskirti prieigos teises (administratorius, kurso kūrėjas, dėstytojas su redagavimo teisėmis ir be jų, studentas, svečias), stebėti studentų veiklą, generuoti analitines ataskaitas, pateikti užduočių ir testavimo rezultatus, analizuoti testavimo rezultatus didelėse studentų grupėse bei atlikti statistinį atsakymų apdorojimą [85].

Remdamasis gautais rezultatais ir statistinės analizės duomenimis, dėstytojas gali identifikuoti tas kurso dalis, kurioms reikalingas išsamesnis ir kokybiškesnis nagrinėjimas ar pakartojimas, pasitelkti išorines informacines sistemas, taikyti sinchroninio ir asinchroninio bendravimo mechanizmus bei organizuoti personalizuotą mokymąsi [86]. Be to, MVS „Moodle“ suteikia plačias testų kūrimo ir mokomojo bei kontrolinio testavimo galimybes, kurios yra ypač svarbios e. mokymesi, kur testavimas yra viena pagrindinių žinių vertinimo formų [87]. Kaip teigia [88], ši internetinė platforma suteikia plačias galimybes organizuoti teorinius ir praktinius užsiėmimus bei užtikrina individualias ir grupines studentų mokymosi veiklas. Tyrimo metu nustatyta, kad dauguma respondentų teigiamai vertino „Moodle“ pagrindu sukurtos MVS naudojamumą – 77,33 proc. patvirtino sistemos naudingumą, 88,00 proc. išreiškė pasitenkinimą, o 79,05 proc. nurodė, kad sistema yra lengvai naudojama [89].

Taip pat organizuojant darbą internetinėje platformoje, didelis dėmesys skiriamas studentų savarankiškam darbui, kuris užima ypatingą vietą šiuolaikiniame ugdymo procese. Esminės savarankiško darbo, kaip mokymosi organizavimo formos, funkcijos yra ugdyti studentų gebėjimus savarankiškai mokytis, taikant įvairias kūrybinio darbo rūšis ir skirtingas pažintinės veiklos formas, kurios prisideda tiek analitinių gebėjimų, tiek racionalaus mokymosi darbo organizavimo įgūdžių plėtojimo [80]. Atliktas tyrimas atskleidė, jog „Moodle“ kaip virtualioji mokymosi aplinka ne tik pateikia mokymo turinį, bet ir skatina besimokančiųjų metakognityvinį sąmoningumą bei mokymosi autonomiją, ypač kai naudojami interaktyvūs įrankiai ir užduotys [90].

Nepaisant teigiamų savybių, MVS „Moodle“ trūkumai riboja aukštos kokybės universitetinį mokymą ir studijų programų įgyvendinimą. Problemos apima nepakankamai išvystytą techninę infrastruktūrą, ribotą profesionalią pagalbą bei dėstytojų techninių kompetencijų stoką [85]. Dėl dėstytojų darbo krūvio ir laiko trūkumo sunku kurti ir nuolat atnaujinti kokybišką elektroninę medžiagą. Taip pat kai kurie dėstytojai vis dar laikosi nuomonės, kad ugdymo procesas gali vykti ir be šiuolaikinių technologijų. Tačiau sparčiai kintančiame pasaulyje švietimo sistemos būtini specialistai, gebantys naudotis skaitmeninėmis technologijomis ir taikyti inovatyvias ugdymo priemones įvairiems elektroniniams ištekliams kurti [80].

*Apibendrinus galima teigti, jog „Moodle“ yra atvirojo kodo modulinė virtualioji mokymosi aplinka, suteikianti galimybes organizuoti kursų turinį, testus, užduotis, stebėti studentų pažangą bei skatinti savarankišką mokymąsi. Platforma palaiko skirtingas naudotojų roles, sinchroninę ir asinchroninę komunikaciją bei interaktyvius įrankius, didinant studentų įsitraukimą ir mokymosi efektyvumą.*

#### 1.4.1. „Moodle“ sistemos diegimo ir naudojimo reikalavimai

„Moodle“ – atvirojo kodo programinė įranga, kuri gali būti įdiegta bet kuriame kompiuteryje, galinčiame vykdyti PHP ir palaikančiame SQL duomenų bazę. Sistemos diegimui taikomi tokie įrangos reikalavimai:

- **disko vieta:** „Moodle“ užima apie 1 GB vietos diske. Tai tik pati sistema, neįskaitant vietos mokomajam turiniui saugoti. Greitesni diskai užtikrina geresnį veikimą. RAID diskai yra rekomenduojami, bet nebūtini mažesniems diegimams;
- **atmintis (RAM):** Windows sistemose reikia padvigubinti šį skaičių dėl didesnės operacinės sistemos apkrovos. Iš visų aparatūros komponentų RAM labiausiai įtakoja „Moodle“ našumą. Minimaliai 512 MB, rekomenduojama 1 GB arba daugiau. Dideliuose gamybos serveriuose gali prireikti 8 GB ir daugiau;
- **procesoriai (CPU):** Procesoriaus tipas ir greitis taip pat svarbūs, bet ne tokie kritiški kaip RAM. Kuo greitesnis procesorius ir daugiau branduolių, tuo galingesnė sistema. Rekomenduojamas 2 GHz dviejų branduolių arba galingesnis;
- **tinklas:** „Moodle“ gali veikti ir viename kompiuteryje, tačiau pilną potencialą išnaudojama tinklo aplinkoje. Greiti tinklo adapteriai yra būtini, taip pat svarbu užtikrinti gerą failų įkėlimo ir atsisiuntimo greitį, jei MVS pasiekama internetu [91;92].

„Moodle“ 5.1 versijai taikomi aiškiai apibrėžti minimalūs serverio ir programinės įrangos reikalavimai, kurie užtikrina stabilų ir saugų sistemos veikimą. Sistemos atnaujinimas galimas tik iš „Moodle“ 4.2.3 arba naujesnės versijos. „Moodle“ 5.1 palaiko tik 64 bitų PHP versijas, o minimali reikalaujama PHP versija yra 8.2.0, taip pat palaikomos PHP 8.3.x ir 8.4.x versijos. Sistemos diegimui būtinas PHP plėtinys *sodium*, o konfigūracijos nustatymas *max\_input\_vars* turi būti ne mažesnis nei 5000, siekiant užtikrinti stabilų sudėtingų formų ir didesnių kursų veikimą. „Moodle“ 5.1 suderinama su keliomis duomenų bazių valdymo sistemomis, įskaitant PostgreSQL (nuo 15 versijos), MySQL (nuo 8.4 versijos), MariaDB (nuo 10.11.0 versijos), Aurora MySQL (nuo 8.0 versijos) ir Microsoft SQL Server (nuo 2017 versijos), tačiau nuo „Moodle“ 5.0 versijos Oracle Database nebėra palaikoma. Siekiant išvengti diegimo ir atnaujinimo problemų, duomenų bazės lentelių prefikso ilgis negali viršyti 10 simbolių. Be to, „Moodle“ reikalauja

naudoti standartinius MySQL versijų numerius dirbant su Aurora MySQL, kad būtų užtikrintas suderinamumas su duomenų bazės vartotojais ir funkcijomis. Naudotojų pusėje „Moodle“ yra suderinama su visomis standartus palaikančiomis interneto naršyklėmis, reguliariai testuojant sistemą su Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari ir Microsoft Edge darbalaukio aplinkoje bei MobileSafari ir Google Chrome mobiliosiose platformose. Siekiant geriausios naudotojo patirties ir sistemos saugumo, rekomenduojama naudoti naujausias naršyklių versijas [93].

„Moodle“ sistema bendrauja su naudotojais elektroniniu paštu, todėl jos veikimui būtina SMTP (angl. *Simple Mail Transfer Protocol*) paslauga. Reikia užtikrinti, kad serveris turėtų veikiantį pašto perdavimo agentą (MTA), pavyzdžiui, *Exim* arba *Sendmail*, arba kad „Moodle“ galėtų prisijungti prie išorinio SMTP serverio [92].

„Moodle“ sistemoje vartotojai priskiriami skirtingoms rolėms, kurios nustato jų teises ir funkcijas sistemoje, priklausomai nuo vaidmens mokymo procese. „Moodle“ platformoje galima apibrėžti ir kurti naujas vartotojų roles, remiantis esamomis rolėmis bei papildant jas specifinėmis teisėmis, siekiant užtikrinti tinkamą prieigos kontrolę ir sistemos funkcionalumą pagal organizacijos poreikius [94]. 2 lentelėje pateiktos visos „Moodle“ roles.

**2 lentelė.** „Moodle“ virtualiosios mokymosi aplinkos rolės [94].

Rolės pavadinimas	Aprašymas
Valdytojas (angl. <i>Manager</i> )	Gali pasiekti ir keisti kursus; dažniausiai neaktyviai dalyvauja kursuose
Kurso kurėjas (angl. <i>Course creator</i> )	Gali kurti naujus kursus ir priskirti pradinis rolės nustatymus.
Dėstytojas (angl. <i>Teacher</i> )	Gali atlikti bet kokius veiksmus kurse, įskaitant redagavimą, veiklų keitimą ir studentų vertinimą.
Neredaguojantis dėstytojas (angl. <i>Non-editing teacher</i> )	Gali dėstyti kursuose ir vertinti studentus, bet negali keisti veiklų.
Studentas (angl. <i>Student</i> )	Gali pasiekti kursus, į kuriuos yra įrašytas, ir turi ribotas teises kurse.
Svečias (angl. <i>Guest</i> )	Turi minimalias teises ir dažniausiai negali įvesti teksto jokiose kursų srityse.
Autentifikuotas vartotojas (angl. <i>Authenticated user</i> )	Visi prisijungę vartotojai.
Autentifikuota vartotojas pagrindiniame puslapyje (angl. <i>Authenticated user on frontpage</i> )	Visi prisijungę vartotojai, esantys pagrindinio puslapio kursuose

Modulinė „Moodle“ sistemos architektūra suteikia galimybę kurti, diegti, keisti bei atnaujinti naudotojo sąsajos temas ir jas pritaikyti pagal dalyvių poreikius. Esant reikalui, specifinė sąsajos tema gali būti pritaikyta ne visai virtualiai aplinkai, o tik konkrečiam kursui, atsižvelgiant į jo struktūrą bei besimokančiųjų poreikius. Temos suteikia galimybę pakeisti puslapio struktūrą, spalvų schemas, šriftus, meniu išdėstymus ir kitus vizualinius komponentus, taip prisitaikant prie institucijos ar vartotojų poreikių. Pagal oficialią dokumentaciją, Boost tema yra pagrindinė ir numatytoji tema naujausiose „Moodle“ versijose, lengvai konfigūruojama naudojant Bootstrap 4 karkasą, integruotą SASS kompiliatorių ir pasirinktinius šablonus, kurie leidžia kurti vieningą ir modernią vartotojo patirtį tiek stacionariuose kompiuteriuose, tiek mobiliuosiuose įrenginiuose. Boost tema taip pat sudaro pagrindą

kitiems pritaikytoms temoms, leidžianti keisti aspektus, tokius kaip navigacijos struktūra, spalvų rinkiniai ar logotipo vaizdavimas, be būtinybės keisti pačią „Moodle“ sistemos kodą [95;96].

CSS (angl. *Cascading Style Sheets*) yra kalba, skirta nurodyti, kaip puslapio elementai turi būti atvaizduojami – pavyzdžiui, fono ir teksto spalvas, kraštines, tarpelius bei elementų išdėstymą eilutėse ar stulpeliuose. Keliems elementams bendri nustatymai gali būti sugrupuoti į klases, kurias paveldėdami elementai automatiškai taiko šiuos nustatymus. „Moodle“ standartinėje instaliacijoje integruota Bootstrap biblioteka, kuri suteikia daug paruoštų CSS klasių ir palaiko pritaikomą dizainą – išdėstymas automatiškai keičiasi pagal ekrano dydį: dideliems ekranams medijos elementai rodomi pilno dydžio, o mažesniuose ekranuose jie sumažinami, o lentelės pertvarkomos vertikalios. Dėstytojai, naudodami „Moodle“, gali įterpti JavaScript ir Bootstrap CSS į savo kursų puslapius pasitelkdami tą patį puslapio redaktorių, kuris naudojamas tekstui, garso ar vaizdo įrašams pridėti. Kadangi standartiniai redaktoriai neturi grafinio įrankio JavaScript ir CSS įterpimui, šios technologijos turi būti pridėdamos tiesiogiai HTML puslapio šaltinio kode [96].

Keičiantis MVS dizaino kryptims – nuo technologiškai orientuotos prie orientuotos į naudotoją – vis didesnis dėmesys skiriamas naudotojo patirčiai (angl. *User Experience, UX*), siekiant pagerinti sistemų naudojamumą ir vartotojų pasitenkinimą [66]. Naudotojo sąsajos dizaino vertinimas yra svarbi sistemų kūrimo ir tobulinimo dalis, leidžianti nustatyti naudojamumo, efektyvumo ir prieinamumo problemas. Šiam tikslui pasiekti taikomi įvairūs vertinimo metodai, kuriuos autoriai savo darbe suskirstė į keturias pagrindines kategorijas:

- formalų vertinimą, paremtą struktūruota analize ar konkrečiomis metodikomis;
- automatinį vertinimą, atliekamą pasitelkiant kompiuterizuotas procedūras;
- empirinį vertinimą, grindžiamą eksperimentais su tikslinėmis naudotojų grupėmis;

euristinį vertinimą, kai sąsaja analizuojama remiantis ekspertų patirtimi, išvalgomis ir subjektyvia nuomone [97].

Naudojamumo vertinimo metodai daro didelę įtaką naudotojo sąsajos atnaujinimui ir gerinimui. Išryškinius svarbiausias naudojamumo problemas, dizaineriai gali tikslingai nuspręsti, kuriuos sąsajos elementus būtina koreguoti. Daugeliu atvejų šiems trūkumams pašalinti nereikia keisti sistemos branduolinio kodo – pakanka patobulinti sąsajos komponentus, tokius kaip išdėstymas, pavadinimai ar navigacijos sprendimai. Tokie patobulinimai dažnai reikšmingai prisideda prie geresnės bendros naudotojo patirties [98]. Automatinės naudotojo sąsajos vertinimo priemonės nuolat tobulinamos ir vis plačiau taikomos tiek kuriamoms, tiek jau naudojamoms sistemoms analizuoti. Vertinimui pasitelkiamos naudotojų elgsenos analizės programos bei naršyklės papildiniai, pavyzdžiui, „Google Chrome Lighthouse“, kurie pateikia kiekybinius pasiekiamumo rodiklius ir siūlo sąsajos tobulinimo rekomendacijas. Vis dėlto tokios priemonės turi ribojimų, nes pasiekiamumo sprendimai dažnai priklauso nuo konkretaus naudojimo konteksto ir sistemos paskirties, todėl automatizuotas vertinimas dažniausiai taikomas kaip papildomas metodas bendrame sąsajos vertinimo procese [99].

Šiame darbe nagrinėjami metodai ir priemonės, skirtos „Moodle“ virtualiosios mokymosi aplinkos naudotojo sąsajos projektavimui ir optimizavimui, todėl pasirinktas formalus vertinimo metodas, remiantis Pasaulinio žiniatinklio konsorciumo „Web Content Accessibility Guidelines“ (WCAG)

gairėmis bei „WebAim“ pasiekiamumo standartais. „WCAG“ nustato tinklalapių turinio pasiekiamumo principus, kurie apima keturias pagrindines naudotojo sąsajos ir turinio principus:

- suvokiamumą (angl. *perceivable*) – turinys turi būti pateikiamas taip, kad vartotojas galėtų jį suvokti visomis jutimo priemonėmis;
- valdomumą (angl. *operable*) – vartotojas turi galėti efektyviai naudotis sąsaja ir jos elementais.
- Aiškumą ir suprantamumą (angl. *understandable*) – informacija ir sąsajos veikimas turi būti lengvai suprantami;
- universalumą (angl. *robust*) – turinys turi būti suderinamas su įvairiomis technologijomis, tiek esamomis, tiek ateities įranga ir programine įranga [100].

Šie principai detalizuojami 13 WCAG gairių, kurios apibrėžia pagrindinius prieinamumo tikslus ir sudaro metodologinį pagrindą pasiekiamam turiniui kurti. Nors pačios gairės nėra tiesiogiai testuojamos, jos padeda suprasti, kaip turėtų būti įgyvendinami prieinamumo reikalavimai praktikoje. Kiekviena gairė yra susieta su konkrečiais sėkmės kriterijais, pagal kuriuos vertinamas atitikimas WCAG standartams. Šie kriterijai skirstomi į tris lygius: A (minimalus pasiekiamumas), AA (dažniausiai pasitaikančių prieinamumo kliūčių pašalinimas) ir AAA (aukščiausias pasiekiamumo lygis). Be to, WCAG dokumentacijoje pateikiamos technikos, padedančios praktiškai įgyvendinti sėkmės kriterijus. Jos apima pakankamas technikas, kurios užtikrina atitiktį gairėms, bei rekomendacines technikas, papildomai gerinančias prieinamumą, nors jos nėra privalomos. Taip pat aprašomi dažniausiai pasitaikantys klaidingi sprendimai, kurių reikėtų vengti kuriant prieinamą skaitmeninį turinį [101].

*Apibendrinus, „Moodle“ yra atvirojo kodo virtualioji mokymosi aplinka, kuriai reikalinga specifinė aparatūra ir programinė įranga, palaikanti PHP ir SQL duomenų bazines. Sistema suteikia galimybę valdyti naudotojų roles, pritaikyti sąsajos temas ir integruoti interaktyvų turinį, o jos modulinė architektūra leidžia lengvai keisti funkcionalumą bei dizainą.*

#### **1.4.2. Įskiepių panaudojimo „Moodle“ sistemoje galimybės**

„Moodle“ įskiepiai (angl. *plugins*) – tai papildomi komponentai, kurie praplečia pagrindinės mokymosi aplinkos funkcionalumą, suteikdami galimybę adaptuoti sistemą pagal specifinius mokymo ir administravimo poreikius. Įskiepių dėka „Moodle“ gali būti pritaikoma ne tik turinio valdymui, bet ir interaktyviam mokymuisi, analitikai, saugumo sprendimams ar naudotojo sąsajos pritaikymui. Oficialiame „Moodle“ įskiepių kataloge šiandien yra daugiau nei 2 000 atvirojo kodo įskiepių [102]. Kadangi ši platforma yra sukurta taip, kad pagrindinę programos dalį (branduolį) supa įvairūs įskiepiai, galima pridėti naujus įskiepius nekeičiant pagrindinio sistemos kodo. Įskiepių kūrimas ir pritaikymas sulaukė didelio dėmesio švietimo technologijų srityje. Keletas tyrimų nagrinėjo, kaip pritaikyti įskiepius siekiant pagerinti mokymosi patirtį, padidinti vertinimo efektyvumą ir palengvinti dėstytojo bei studento sąveiką [103].

„Moodle“ įskiepių struktūra yra aiškiai apibrėžta, o kiekvienas įskiepis turi tam tikrus būtinus failus ir katalogus, kad sistema tinkamai jį atpažintų ir galėtų įdiegti bei valdyti. Įskiepio struktūra yra standartizuota ir apibrėžta oficialioje „Moodle“ dokumentacijoje, siekiant užtikrinti suderinamumą su sistema ir sklandų įskiepio veikimą. Kiekvienas įskiepis privalo turėti:

- **version.php** failą, kuriame pateikiama informacija apie įskiepio versiją, priklausomybes bei minimalią reikalingą „Moodle“ versiją;
- **kalbos failą** (*lang/en/pluginname\_pluginname.php*), kuriame aprašomi visi naudotojo sąsajoje rodomi tekstai;
- **amd/** katalogą (*amd/src/.js\**), kuriame talpinami JavaScript moduliai. „Moodle“ sistemoje JavaScript kodas rašomas „ESM“ formatu ir diegimo metu transpiliuojamas į „AMD“ modulius, todėl šis katalogas yra būtinas įskiepiams, naudojantiems vartotojo pusės funkcionalumą ar interaktyvius sąsajos elementus [101].

Papildomai, priklausomai nuo įskiepio funkcionalumo, „Moodle“ įskiepyje gali būti naudojami ir kiti failai bei katalogai:

- **lib.php** – faile aprašomos globalios įskiepio funkcijos ir „callback“ tipo metodai, naudojami „Moodle“ branduolio sąveikai su įskiepiu. Šis failas dažniausiai naudojamas tik tais atvejais, kai reikalingas ryšys su „Moodle“ API;
- **db/** katalogas – skirtas duomenų bazės ir teisių konfigūracijai. Jame gali būti:
  - *install.xml*, apibrėžiantis įskiepio duomenų bazės struktūrą;
  - *upgrade.php*, kuriame aprašomi įskiepio atnaujinimo veiksmai;
  - *access.php*, skirtas naudotojų teisių (capabilities) aprašymui;
  - kiti konfigūraciniai failai, susiję su įvykiais, pranešimais ar suplanuotomis užduotimis.
- **classes/** katalogas – naudojamas automatiškai įkeliamoms PHP klasėms talpinti. Šis metodas rekomenduojamas šiuolaikiniuose „Moodle“ įskiepiuose, siekiant tvarkingo ir palaikomo kodo;
- **settings.php** – faile aprašomi administratoriaus konfigūruojami įskiepio nustatymai, rodomi „Moodle“ administravimo sąsajoje;
- **styles.css** – naudojamas įskiepio specifiniams stiliams apibrėžti, pritaikant naudotojo sąsajos dizainą prie „Moodle“ temos;
- **pix/** katalogas – talpinamos įskiepio piktogramos ir kiti grafiniai elementai, naudojami naudotojo sąsajoje;
- **README arba README.md** – pateikiama papildoma informacija apie įskiepio paskirtį, diegimą ir naudojimą, skirta administratoriams ir kūrėjams [101].

*Apibendrinus, „Moodle“ įskiepių sistema yra lanksti ir standartizuota, leidžianti lengvai plėsti pagrindinės mokymosi aplinkos funkcionalumą nepriklausomai nuo branduolio kodo. Aiški struktūra, būtinų failų ir katalogų reikalavimai užtikrina suderinamumą su „Moodle“ branduoliu, tinkamą diegimą, vartotojo sąsajos integraciją ir administratoriaus valdymą.*

## 1.5. Skyriaus išvados

1. Elektronikos žinių ir gebėjimų ugdymas bei kompetencijų tobulinimas yra nuolatinis ir kompleksiškas procesas, kurį lemia technologinė pažanga, darbo rinkos pokyčiai ir poreikis derinti teorines žinias su praktiniais gebėjimais. Šiuolaikiniam elektronikos inžinieriui svarbios ne tik techninės kompetencijos, bet ir bendrieji gebėjimai – kritinis mąstymas, problemų sprendimas, komandinis darbas, kūrybiškumas, komunikacija bei gebėjimas nuolat mokytis.

2. Aktyvieji mokymo metodai, tokie kaip projektinis, probleminis, atveju, iššūkiams ir žaidimu grįstas mokymasis, sudaro sąlygas aktyvesniam besimokančiųjų įsitraukimui, teorinių žinių taikymui praktikoje bei realių inžinerinių problemų sprendimui.
3. Virtualiosios mokymosi aplinkos ir mokymosi valdymo sistemos leidžia organizuoti lankstų, individualizuotą ir į studentą orientuotą mokymosi procesą, užtikrinant mokymosi turinio valdymą, vertinimą, pažangos stebėseną, komunikaciją ir bendradarbiavimą.
4. Elektronikos inžinerijos ugdyme svarbią reikšmę turi virtualiosios laboratorijos, simuliacijos ir interaktyvūs įrankiai, kurie leidžia derinti teorinį mokymąsi su praktinėmis veiklomis, saugiai atlikti eksperimentus ir ugdyti sudėtingų problemų sprendimo gebėjimus.
5. Išanalizavus „Moodle“ sistemos panaudojimo galimybes nustatyta, kad ši atvirojo kodo virtualioji mokymosi aplinka yra tinkama elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimui, nes pasižymi moduline struktūra, naudotojų rolių valdymu, interaktyvių veiklų integravimu, pažangos stebėseną, sąsajos pritaikymu ir galimybe plėsti funkcionalumą įskiepiams.

## 2. Elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo virtualioje mokymosi aplinkoje galimybių, poreikių ir iššūkių tyrimas

Šioje tyrimo dalyje pristatomas elektronikos inžinierių nuotolinio mokymosi poreikių ir iššūkių vertinimas, siekiant empiriškai pagrįsti virtualiosios mokymosi aplinkos kūrimo būtinybę ir nustatyti esmines paramos priemones, reikalingas efektyviam mokymosi procesui organizuoti.

### 2.1. Tyrimo metodologija

Šioje tyrimo dalyje pasirinkta kiekybinė tyrimo strategija. Kiekybinis požiūris padeda gauti objektyvius, palyginamus rezultatus, kurie gali būti naudojami išvadoms formuoti ir rekomendacijoms teikti [107]. Tyrimo tikslas – nustatyti elektronikos inžinerijos srityje besimokančių ir dirbančių asmenų nuotolinio mokymosi (NM) poreikius bei iššūkius, siekiant išsiaiškinti, kokios paramos formos, mokymosi metodai ir technologiniai sprendimai yra reikalingiausi, kad būtų užtikrintas efektyvus žinių atnaujinimas, motyvacija ir mokymosi kokybė.

Pirmuoju tyrimu siekta nustatyti elektronikos inžinerijos mokymosi poreikius, technologinių sprendimų vertinimą ir sudėtingų problemų sprendimo gebėjimų ugdymo galimybes nuotolinio mokymosi sąlygomis. Apklausa vykdyta tarp elektronikos inžinerijos studentų. Tyrime dalyvavo 18 studentų.

Antruoju tyrimu siekta identifikuoti profesinėje aplinkoje dirbančių elektronikos inžinierių nuotolinio mokymosi iššūkius ir paramos poreikius, kurie turi įtakos mokymosi efektyvumui ir kompetencijų atnaujinimui. Tyrimas buvo vykdytas įmonėje X, kurios veikla susijusi su elektronikos inžinerijos sritimi. Apklauskos dalyviai – įmonėje dirbantys inžinieriai, turintys patirties dalyvaujant nuotolinio mokymosi kursuose ar kvalifikacijos kėlimo veiklose. Tyrime dalyvavo 6 respondentai.

Tyrimo instrumentu pasirinktas struktūrizuotas klausimynas, pateiktas elektronine forma per *Google Forms*, kuris leidžia įvertinti respondentų nuomonę apie paramos priemones, jų poreikius bei patirtis nuotolinio mokymosi aplinkoje. Pirmojo tyrimo metu anketa sudaryta iš 7 klausimų, anketinė apklausa pateikiama Priede Nr. 1. Antrojo tyrimo metu anketa sudaryta iš 16 klausimų, kuri pateikiama priede Nr.2, anketos klausimai buvo suskirstyti į 4 grupes:

- **demografiniai ir profesiniai duomenys**, klausimai nuo 1 iki 5;
- **veiklos sritis ir mokymosi poreikiai**, klausimai nuo 6 iki 7;
- **mokymosi metodai ir temos**, klausimai nuo 8 iki 9;
- **mokymosi sąlygos ir technologiniai įrankiai**, klausimai nuo 10 iki 16.

Anketos yra veiksmingos priemonės, padedančios efektyviai rinkti kiekybinius duomenis ir juos tvarkyti, kas leidžia daryti pagrįstas išvadas apie tiriamą reiškinį [108]. Struktūruoti klausimynai plačiai naudojami įvairiose formose, tokiose kaip savarankiškai pildomos ar elektroninės apklausos, ir suteikia galimybę įvertinti elgesį, požiūrį ir vartotojų patirtis [109]. Abiejų tyrimų metu dalyviai buvo informuoti apie tyrimo anonimiškumą ir konfidencialumą.

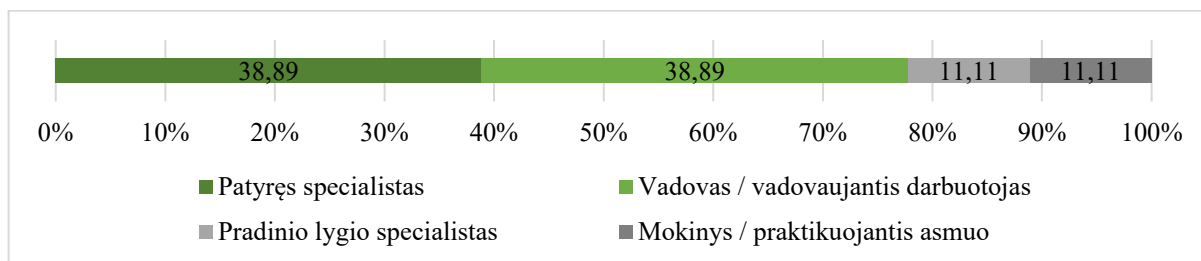
Duomenys, gauti iš anketos, yra analizuojami naudojant statistinių duomenų analizės metodą. Statistiniais metodais duomenys yra sisteminami, skirstomi į grupes ar kategorijas, aprašomi (aprašomoji statistika), skaičiuojama pagrindinė atsitiktinio dydžio charakteristika (vidurkis) ir kiti rodikliai. Detalus

surinktų duomenų pateikimas ir grafinis atvaizdavimas leidžia autoriui interpretuoti duomenis ir formuoti pagrįstas išvadas [104]. Tyrimo metu gauti rezultatai buvo pateikiami naudojant statistinius metodus. Darbe taikoma vertikali analizė, kuri transformuoja gautus skaičius į procentus nuo bazinio skaičiaus, kuris yra 100 proc., ir rezultatai išreiškiami kaip šio bazinio rodiklio procentinės dalys. Vertikali analizė yra metodas, kuris kiekvieną atskaitos elementą pateikia kaip procentą nuo bazinės sumos. Procentinė vertė skaičiuojama pagal formulę:  $(\text{Gauto skaičiaus reikšmė} / \text{bazinis skaičius}) \times 100 \text{ proc.}$  [105].

## 2.2. Tyrimo rezultatai ir jų analizė

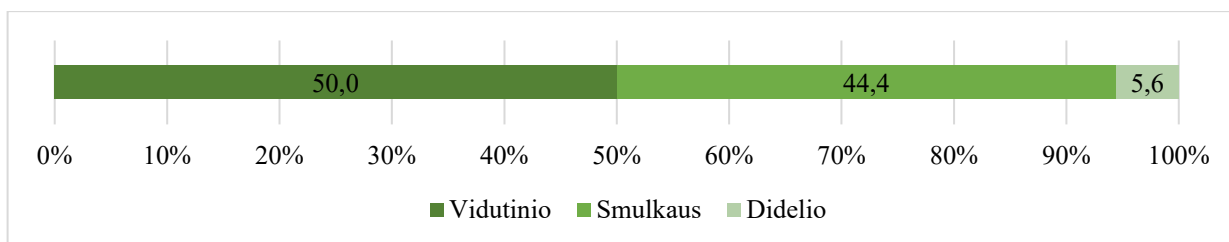
Šioje darbo dalyje bus pateikiama abiejų tyrimų respondentų apklausos rezultatų analizė. Pirmojo tyrimo metu siekta išsiaiškinti elektronikos inžinerijos specialistų profesinio tobulėjimo poreikius, pageidaujamas mokymosi formas, aktualias temas, technologinių priemonių naudojimą bei pagrindines kliūtis, su kuriomis susiduriama nuotolinio mokymosi procese.

Pirmojo tyrimo metu buvo apklausoje dalyvavo daugiausia vyrai – 94,44 proc. t.y 19 respondentų. Didžiausią tyrimo dalyvių dalį sudarė 46–55 metų amžiaus asmenys – 50 proc., t.y 9 respondentai. Kaip vaizduoja 4 pav. duomenys, 38,89 proc. t.y 7 vnt. respondentų nurodė, kad yra patyręs specialistas elektronikos inžinerijos srityje. Kita dalis 38,89 proc. t.y 7 vnt. respondentų nurodė, kad yra vadovas ar vadovaujantis darbuotojas. Dvi dalys po 11,11 proc. t.y po 2 vnt. respondentų atitinkamai nurodė, kad yra pradinio lygio specialistas arba mokinys / praktikuojantis asmuo.



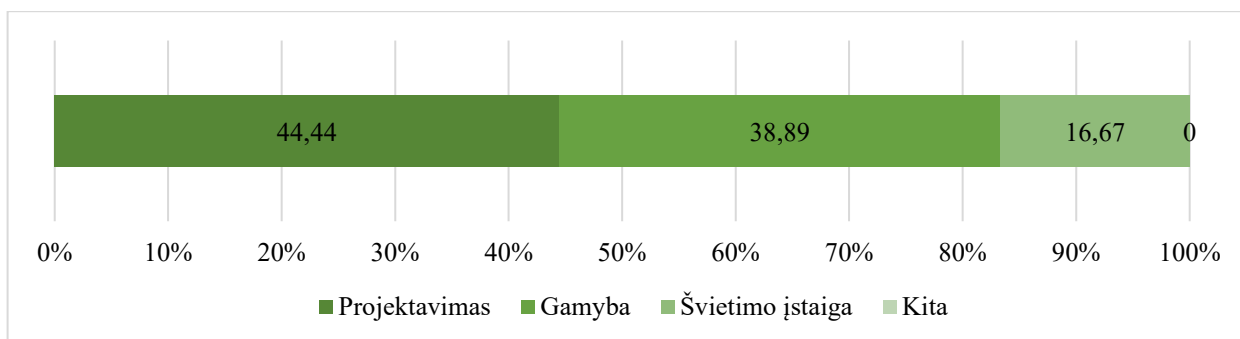
4 pav. Tiriamųjų kvalifikacijos laipsnis (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip pateikta 5 pav. didžiausia dalis – 50 proc. t.y 9 vnt. respondentų nurodė, kad dirba vidutinio dydžio organizacijoje, 44,4 proc. t.y 8 vnt. nurodė, kad dirba smulkaus dydžio organizacijoje, o 5,6 proc. t.y 1 vnt. nurodė, kad dirba didelėje organizacijoje.



5 pav. Tiriamųjų organizacijos dydis, kurioje jie dirba (sudaryta darbo autoriaus)

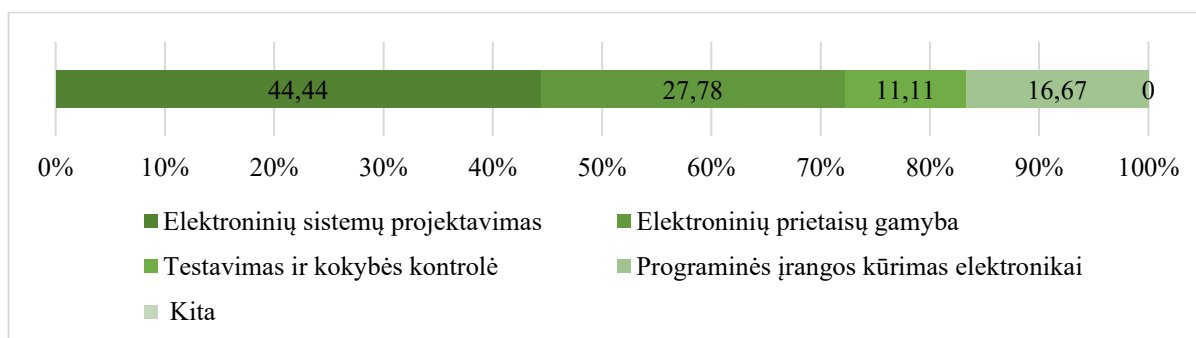
Pagal 6 paveikslą vaizduojamus duomenis, didžioji dalis 44,44 proc. t.y 8 vnt. respondentų nurodė, kad dirba organizacijoje, kurios veikla yra projektavimas. Kita dalis – 38,89 proc. t.y 7 vnt. nurodė, kad dirba gamyboje. Mažiausią dalį – 16,67 proc. t.y 3 vnt. sudarė respondentai, kurie dirba švietimo įstaigoje.



**6 pav.** Tiriamųjų organizacijos sritis, kurioje jie dirba (sudaryta darbo autoriaus)

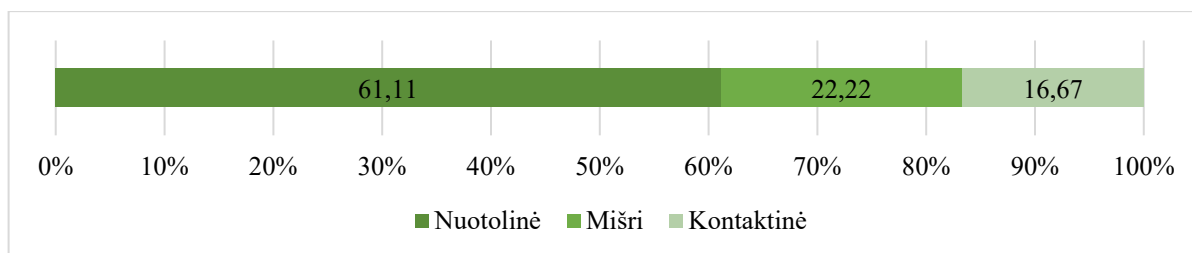
Toliau bus pateikia klausimų grupės dalies – veiklos sritys ir mokymosi poreikiai, rezultatai.

7 paveikslo duomenys atspindi, kad dauguma respondentų – 44,44 proc. t.y 8 pagal ESCO klasifikaciją užsiima elektroninių sistemų projektavimu. Kita dalis – 27,79 proc. t.y 5 vnt. respondentų užsiima elektroninių prietaisų gamybos veikla. 16,67 proc. t.y 3 vnt. respondentų nurodė, kad kuria programinę įrangą elektronikai. Mažiausia dalis – 11,11 proc. t.y 2 vnt. respondentų nurodė, kad atlieka testavimą ir kokybės kontrolę.



**7 pav.** Tiriamųjų veikla pagal ESCO klasifikaciją (sudaryta darbo autoriaus)

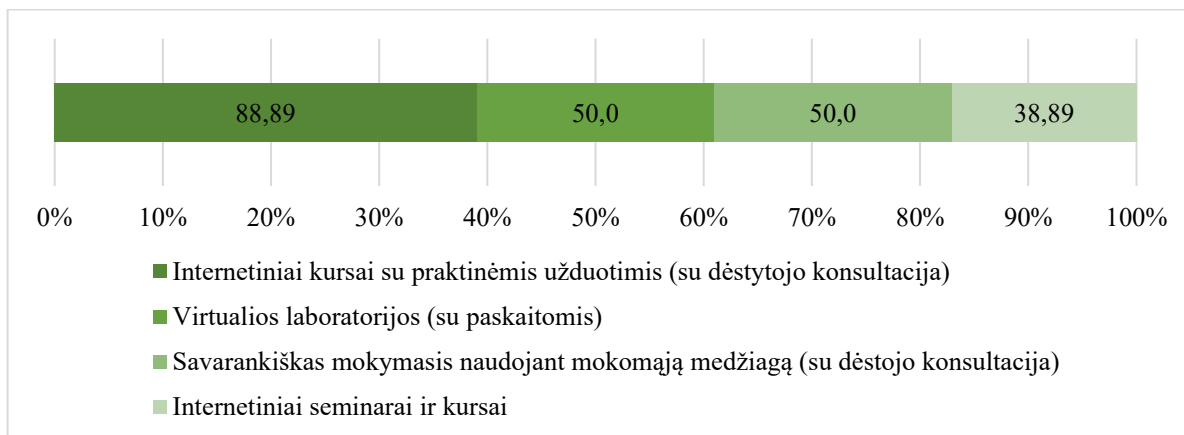
Kaip pateikta 8 paveiksle, apklausus tiriamuosius, kuri mokymosi forma jiems labiau patinka, didžioji dalis 61,11 proc. t.y 11 vnt. nurodė, kad nuotolinė mokymosi forma. Kita dalis 22,22 proc. t.y 4 vnt. nurodė, kad labiau patinka mišri mokymosi forma. Mažiausia dalis – 16,67 proc. t.y 3 vnt. nurodė, kad kontaktinė.



**8 pav.** Mokymosi forma, kuri labiau patinka tiriamiesiems (sudaryta darbo autoriaus)

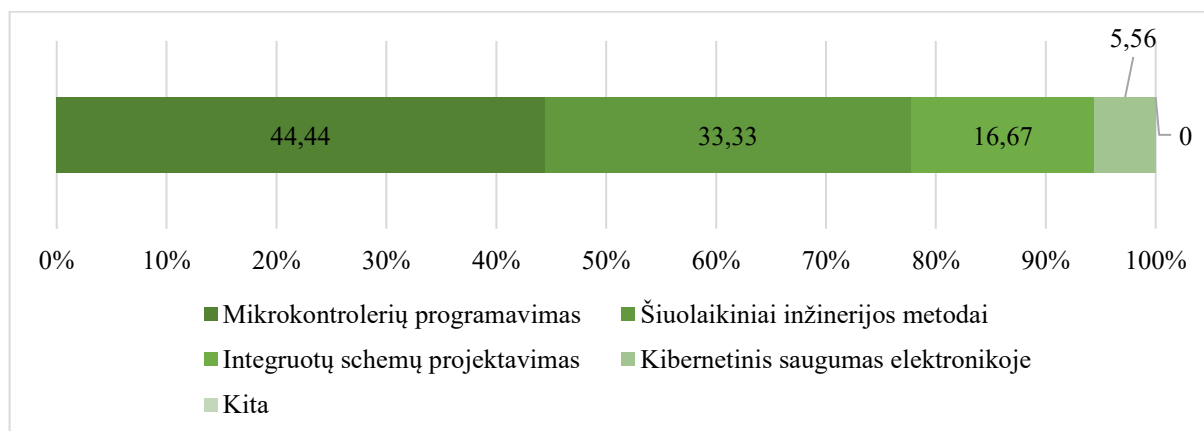
Toliau bus pateikti apibendrinami rezultatai klausimyno 3 dalis – mokymosi metodai ir temos.

Kaip vaizduoja 9 pav. duomenys, dauguma – 88,89 proc. t.y 16 vnt. kad kvalifikacijai tobulinti pasirenka internetinius kursus su praktinėmis užduotimis (su dėstytojo konsultacija). Kitos dvi dalys po 50 proc. t.y po 9 vnt. respondentų atitinkamai nurodė, kad pasirenka virtualiąsias laboratorijas (su paskaitomis) ar savarankišką mokymąsi, naudojant mokomąją medžiagą (su dėstytojo konsultacija). Mažiausia dalis respondentų – 38,89 proc. t.y 7 vnt., nurodė, kad pasirenka internetinius seminarus ir kursus.



**9 pav.** Tiriamųjų pasirenkami mokymosi metodai kvalifikacijai tobulinti (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip pateikta 10 paveiksle, 44,44 proc. t.y 8 vnt. respondentų nurodė, kad mikrokontrolierių programavimas yra aktuali mokymosi tema. Kita dalis 33,33 proc. t.y 6 vnt. nurodė, kad aktuali mokymosi tema yra apie šiuolaikinius inžinerijos metodus. 16,67 proc. t.y 3 vnt. respondentų nurodė, kad integruotų schemų projektavimas yra aktuali mokymosi forma. Mažiausia dalis – 5,56 proc. t.y 1 vnt. nurodė, kad aktuali tema yra kibernetinis saugumas elektronikoje.

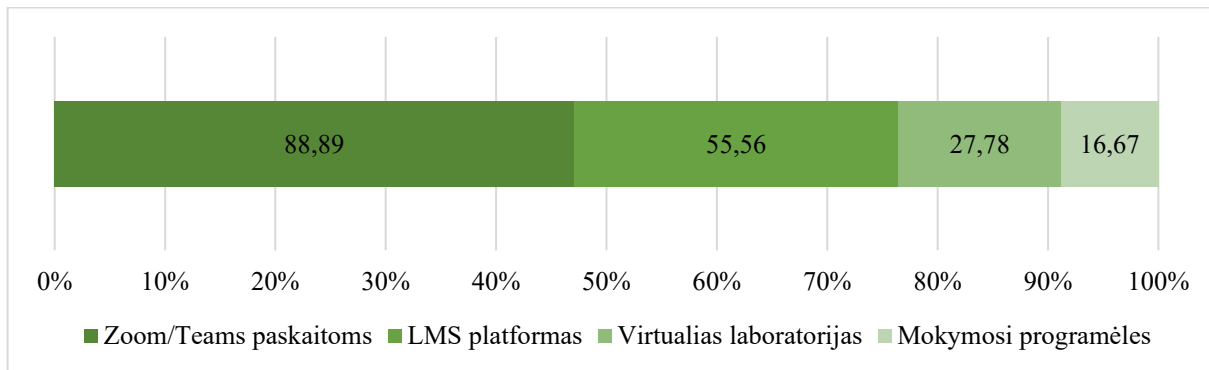


**10 pav.** Aktualios mokymosi temos tiriamiesiems (sudaryta darbo autoriaus)

Toliau bus pateikiami anketos klausimų rezultatai iš mokymosi sąlygos ir technolginiai įrankiai grupės.

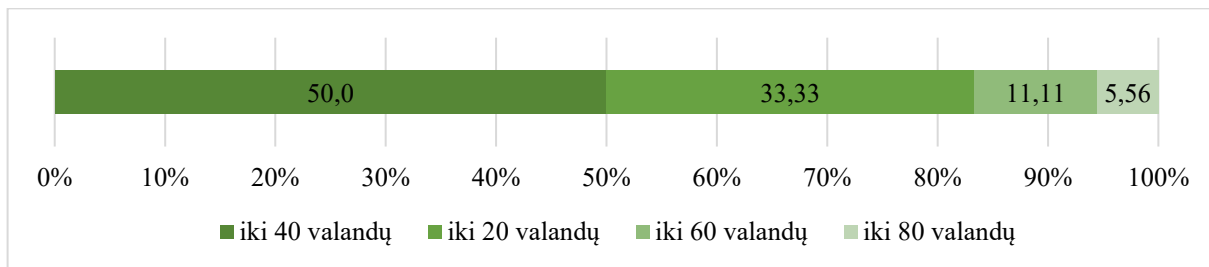
Remiantis 11 pav. duomenimis, didžioji dalis – 88,89 proc. t.y 16 vnt. nurodė, kad norėtų naudoti Zoom/Teams paskaitomis kaip mokymosi įrankį. 55,56 proc. t.y 10 vnt. nurodė, kad naudotųsi MVS platformomis (pvz. „Moodle“). Kita dalis 27,78 proc. t.y 5 vnt. respondentų nurodė, kad norėtų naudoti

virtualiąsias laboratorijas. Mažiausia dalis respondentų – 16,67 proc. t.y 3 vnt. nurodė, kad naudotųsi mokymosi programėlėmis kaip mokymosi įrankiu.



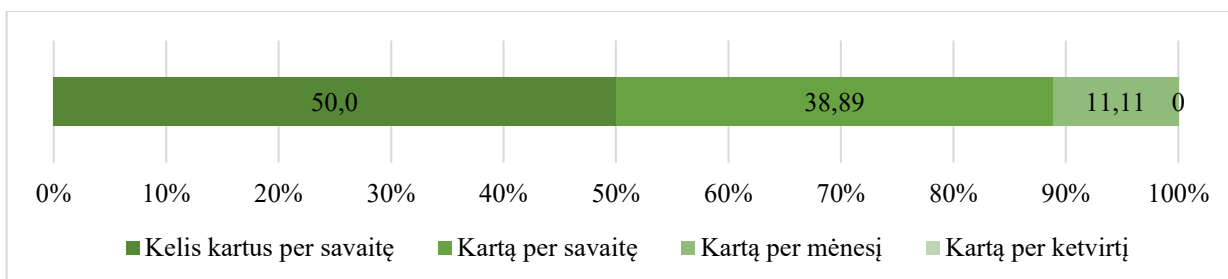
**11 pav.** Naudojami mokymosi įrankiai nuotoliniame mokymesi (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip pateikta 12 paveiksle, 50 proc. t.y 9 vnt. respondentų nurodė, kad iki 40 valandų mokymosi kursai jiems yra labiau priimtini. 33,33 proc. t.y 6 vnt. nurodė, kad labiau priimtini kursai, kurių trukmė yra iki 20 valandų. Kita dalis 11,11 proc. t.y 2 vnt. nurodė, kad iki 60 valandų. O mažiausią dalį sudarė 5,56 proc. t.y 1 vnt. iki 80 valandų trukmės kursai.



**12 pav.** Priimtina kursų trukmė (sudaryta darbo autoriaus)

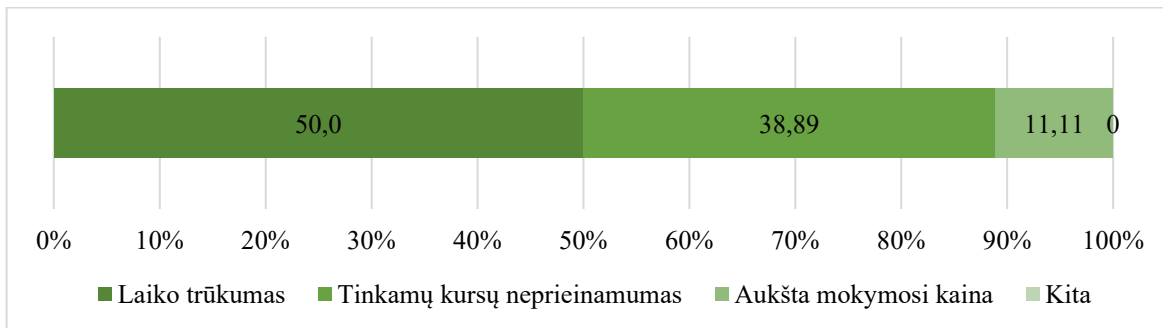
Remiantis 13 pav. duomenimis, didžioji dalis – 50 proc. t.y 9 vnt. respondentų nurodė, kad skiria kelis kartus per savaitę laiko mokymuisi. 38,89 proc. t.y 7 vnt. nurodė, kad skiria kartą per savaitę laiko mokymuisi. Mažiausia dalis – 11,11 proc. t.y 2 vnt. nurodė, kad skiria tik kartą per mėnesį laiko mokymuisi.



**13 pav.** Laiko skyrimas mokymuisi (sudaryta darbo autoriaus)

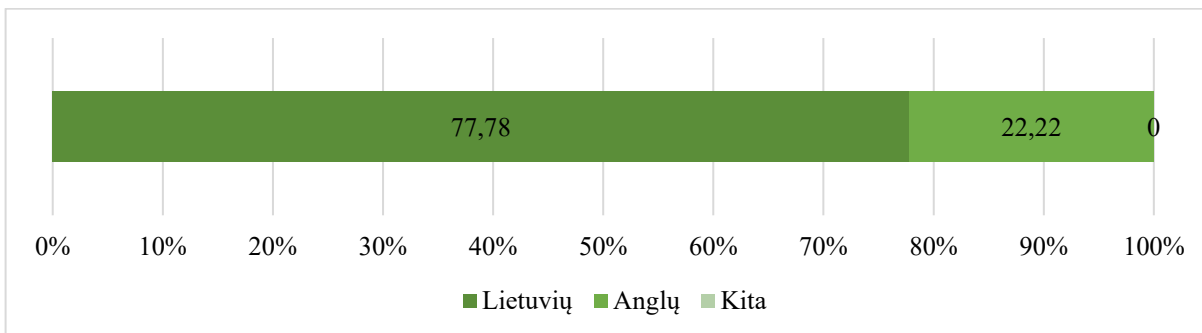
Remiantis 14 pav. duomenimis, 50 proc. t.y 9 vnt. nurodo, kad didžiausia kliūtis mokymosi procese yra laiko trūkumas. 38,89 proc. t.y 7 vnt. nurodo, kad tinkamų kursų neprieinamumas yra kliūtis, kuri trukdo

mokymosi procese. Mažiausia dalis – 11,11 proc. t.y 2 vnt. nurodė, kad aukšta mokymosi kaina trukdo mokymosi procese.



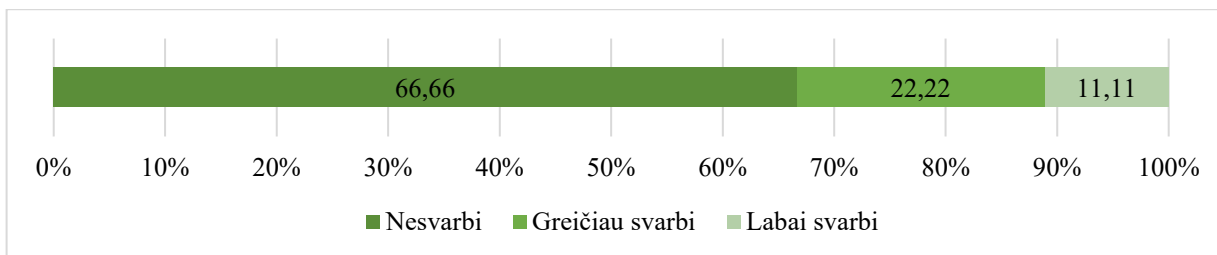
**14 pav.** Kliūtys, kurios trukdo mokymosi procese (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip pateikta 15 paveiksle, 77,78 proc. t.y 14 vnt. respondentų nurodė, kad patogiausia mokymosi kalba yra lietuvių, o 22,22 proc. t.y 4 vnt. anglų kalba.



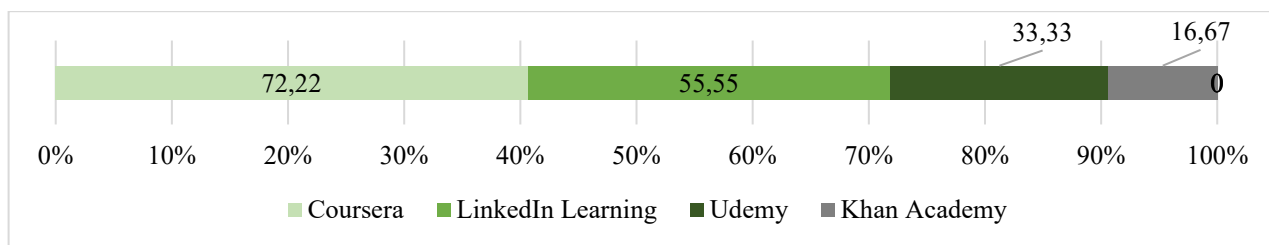
**15 pav.** Patogiausia mokymosi kalba (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip pavaizduota 16 paveiksle, didžioji dalis – 66,66 proc. t.y 12 vnt. nurodė, kad jiems nesvarbu ar gauna sertifikatą po kursų. 22,22 proc. t.y 4 vnt. nurodė, kad greičiau svarbi. O mažiausia dalis – 11,11 proc. t.y 2 vnt. nurodė, kad sertifikato gavimas yra labai svarbu.



**16 pav.** Kursų sertifikato gavimo svarba (sudaryta darbo autoriaus)

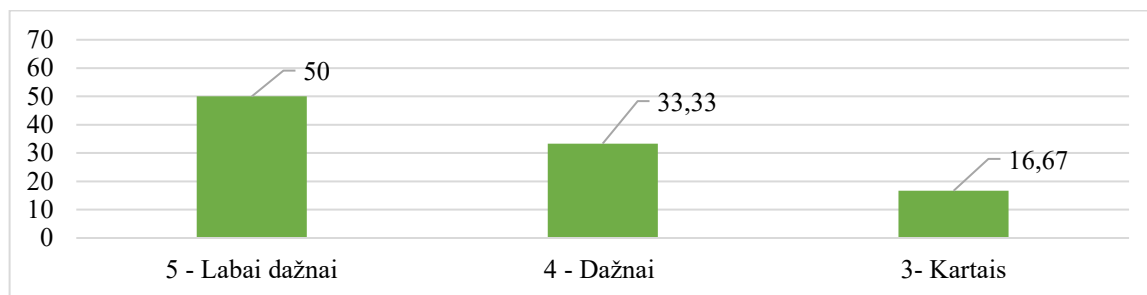
Kaip pateikta 17 pav., 72,22 proc. t.y 13 vnt. respondentų nurodė, kad naudoja Coursera kaip kursų ir kvalifikacijos kėlimo platformą. 55,55 proc. t.y 10 vnt. nurodė, kad naudoja LinkedIn platformą. Kita dalis – 33,33 proc. t.y 6 vnt. nurodė, kad naudoja Udemy platformą kursams ir kvalifikacijos kėlimui. Mažiausia dalis – 16,67 proc. t.y 3 vnt. naudoja Khan Academy platformą.



**17 pav.** Kursų ir kvalifikacijos kėlimo platformų naudojimas (sudaryta darbo autoriaus)

*Apibendrinus, dauguma respondentų dirba kaip patyrę specialistai arba vadovaujantys darbuotojai (po 38,89 proc.). Didžioji dalis jų dirba vidutinio dydžio organizacijose (50 proc.), daugiausia projektavimo (44,44 proc.) ir gamybos srityse (38,89 proc.). Nuotolinė mokymosi forma yra populiariausia (61,11 proc.), o internetiniai kursai su praktinėmis užduotimis laikomi tinkamiausiu metodu kvalifikacijai tobulinti (88,89 proc.). Aktualiausios mokymosi temos – mikrokontrolierių programavimas (44,44 proc.) ir šiuolaikiniai inžinerijos metodai (33,33 proc.). Zoom/Teams yra dažniausiai pasirenkama nuotolinio mokymosi priemonė (88,89 proc.). Platformos, tokios kaip Coursera (72,22 proc.) ir LinkedIn (55,55 proc.), taip pat populiarios. Priimtinas kursų trukmės diapazonas daugumai – iki 40 valandų (50 proc.), o dažniausiai mokymuisi laikas skiriamas kelis kartus per savaitę (50 proc.). Pagrindinės mokymosi kliūtys – laiko trūkumas (50 proc.) ir tinkamų kursų neprieinamumas (38,89 proc.). Daugumai respondentų patogiausia mokymosi kalba yra lietuvių (77,78 proc.). Sertifikacijos svarba po kursų daugumai nėra svarbi (66,66 proc.).*

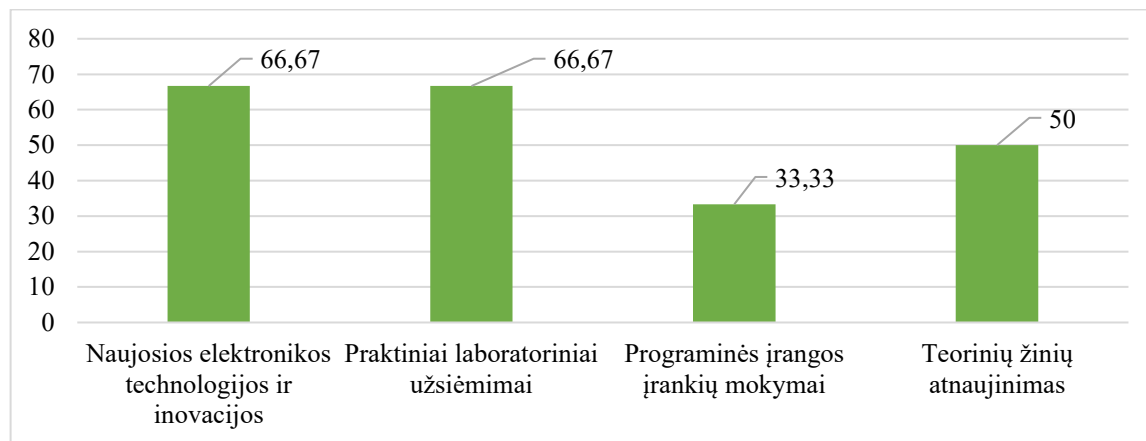
Antrasis tyrimas buvo skirtas išsamiau analizuoti X įmonėje dirbančių inžinierių kvalifikacijos kėlimo patirtį, jų dalyvavimo nuotolinio mokymosi veiklose ypatumus, susiduriančius iššūkius bei lūkesčius paramos priemonėms, siekiant tobulinti kuriamą virtualiąją mokymosi aplinką. Visi apklausoje dalyvavę respondentai nurodė, kad jaučia poreikį savo kvalifikacijos kėlime, suvokia nuolatinio mokymosi reikšmę bei siekia atnaujinti savo žinias ir gebėjimus. Toks rezultatas atskleidžia teigiamą požiūrį į profesinį augimą ir rodo, kad kvalifikacijos kėlimas išlieka svarbus veiksnys profesinės veiklos tobulinimui.



**18 pav.** Dalyvių dalyvavimo dažnumas kvalifikacijos kėlimo veiklose nuotolinio mokymosi kurse (sudaryta darbo autoriaus)

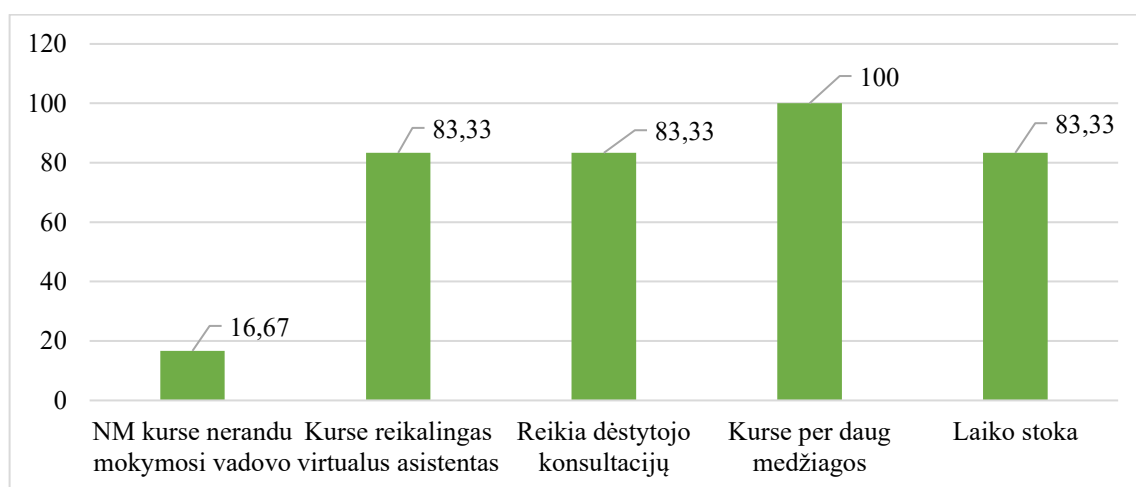
Antruoju anketos klausimu buvo siekiama išsiaiškinti, kaip dažnai respondentai dalyvauja kvalifikacijos kėlimo veiklose NM kurse. Kaip pateikta 18 paveiksle, 50 proc. t.y 3 respondentai nurodė, kad labai dažnai dalyvauja kvalifikacijos kėlimo veiklose, 33,33 proc. t.y 2 respondentai nurodė, kad dalyvauja dažnai, o 16,67 proc. t.y vienas respondentas, kad kartais.

Gauti duomenys rodo, kad respondentai labiausiai vertina praktinio pobūdžio mokymus. Kaip pateikta 19 paveiksle, 66,67 proc. t.y 4 respondentai nurodė, jog jiems aktualūs praktiniai laboratoriniai užsiėmimai, tiek pat – 66,67 proc. – pasirinko naujųjų elektronikos technologijų ir inovacijų mokymus. Kiek mažiau, 33,33 proc. t.y 2 respondantai, domisi programinės įrangos įrankių mokymais, o 50 proc. t.y 3 respondantai – teorinių žinių atnaujinimu.



**19 pav.** Kvalifikacijos kėlimo formatų tipai (sudaryta darbo autoriaus)

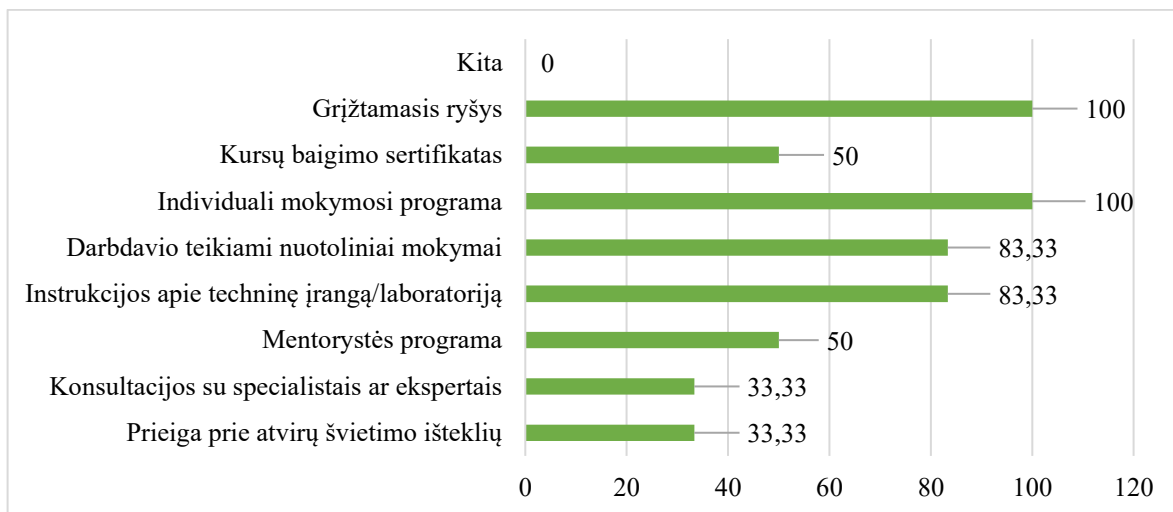
Gauti rezultatai atskleidė, kad dažniausiai minimos problemos yra susijusios su mokymosi proceso organizavimu ir laiko valdymu. Kaip pateikta 20 paveiksle, net visi respondentai nurodė, kad kurse per daug medžiagos, o 83,33 proc. t.y 5 respondantai pažymėjo, jog jiems trūksta dėstytojo konsultacijų bei jaučia laiko stoką. Tokia pati dalis mano, kad kurse reikalingas virtualus asistentas, galintis padėti orientuotis mokymosi procese. Mažesnę dalį, 16,67 proc. t.y 1 respondantas, nurodė, kad NM kurse neranda mokymosi vadovo.



**20 pav.** Pagrindiniai sunkumai / iššūkius (sudaryta darbo autoriaus)

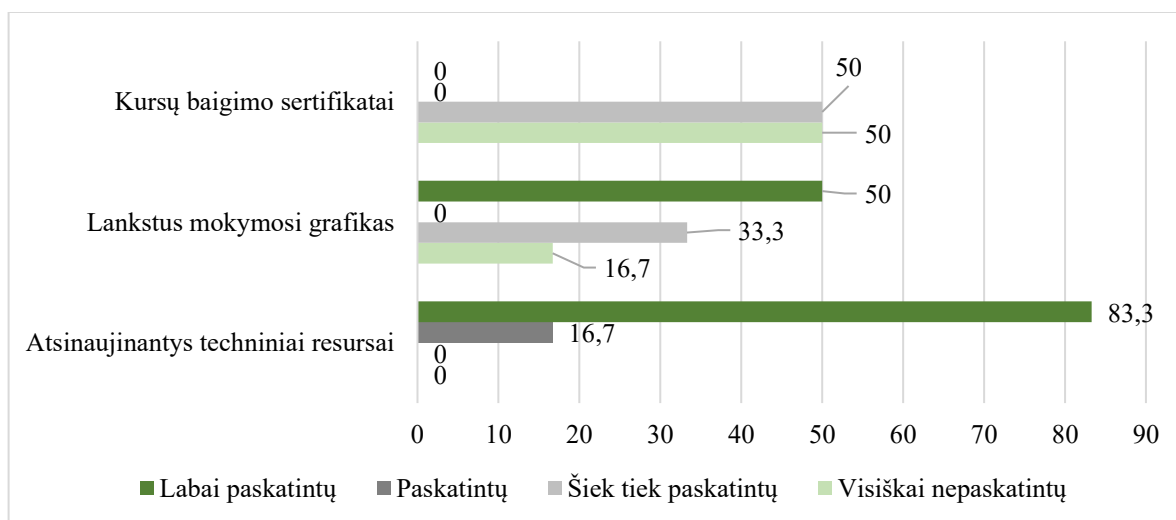
Kaip pateikta 21 paveiksle, daugiausia respondentų pageidauja individualios mokymosi programos ir grįžtamojo ryšio – šiuos aspektus pažymėjo visi respondantai. Taip pat didelė dalis – 83,33 proc. t.y 5 respondantai – tikisi darbdavio teikiamų nuotolinių mokymų bei instrukcijų apie techninę įrangą ar

laboratoriją, kas rodo, jog praktinės pagalbos ir lankstumo poreikis yra itin svarbus. Mentorystės programą bei kursų baigimo sertifikatus pasirinko po 50 proc. respondentų, o prieigą prie atvirų švietimo išteklių ir konsultacijas su specialistais ar ekspertais pažymėjo po 33,33 proc. t.y 2 respondentai.



**21 pav.** Tikėtina parama kvalifikacijos kėlimo veiklose (sudaryta darbo autoriaus)

Toliau siekta išsiaiškinti, kiek tam tikri papildomos paramos veiksniai paskatintų respondentus dažniau dalyvauti kvalifikacijos kėlimo veiklose. Kaip pateikta 22 paveiksle, respondentams buvo pateikti trys pagrindiniai motyvuojantys veiksniai – atsinaujinantys techniniai resursai, lankstus mokymosi grafikas ir kursų baigimo sertifikatai. Gauti duomenys rodo, kad atsinaujinantys techniniai resursai būtų itin reikšmingas motyvuojantis veiksnys – 83,3 proc. t.y 5 respondentai nurodė, kad šis aspektas juos labai paskatintų, o 16,7 proc. t.y 1 respondentas teigė, jog tai jį paskatintų.



**22 pav.** Veiksniai, kurie paskatintų dažniau dalyvauti mokymuose (sudaryta darbo autoriaus)

Lankstus mokymosi grafikas taip pat vertinamas kaip reikšmingas, tačiau nuomonės pasiskirstė tolygiau: 50 proc. respondentų nurodė, kad toks veiksnys juos labai paskatintų, 33,3 proc. t.y 2 respondentai – kad šiek tiek paskatintų, o 16,7 proc. t.y 1 respondentas teigė, kad tai jo visiškai nepaskatintų. Tuo tarpu

kursų baigimo sertifikatai pasirodė esantys mažiausiai motyvuojantis veiksnys – 50 proc. respondentų teigė, kad jie visiškai nepaskatintų dalyvauti dažniau, o likę 50 proc. mano, kad tai juos tik šiek tiek paskatintų.

Paskutiniuoju anketos klausimu siekta išsiaiškinti, ar respondentai turi papildomų pasiūlymų ar rekomendacijų, kaip pagerinti kvalifikacijos kėlimo veiklas. Šis klausimas leido surinkti kokybinę informaciją, papildančią kiekybinius duomenis ir suteikiančią galimybę geriau suprasti respondentų poreikius bei lūkesčius. Tačiau tik vienas respondentas atsakė į šį klausimą ir nurodė, jog kurse per daug medžiagos ir nemaža dalis jau žinomų dalykų.

*Apibendrinus šios anketos rezultatus, galima teigti, jog visi apklausoje dalyvavę respondentai pripažįsta kvalifikacijos kėlimo svarbą ir jaučia poreikį nuolat tobulėti. Dauguma jų aktyviai dalyvauja kvalifikacijos kėlimo veiklose, tačiau susiduria su tam tikrais iššūkiais, susijusiais su mokymų apimtimi, dėstytojų konsultacijų trūkumu bei laiko stoka. Respondentai labiausiai vertina praktinio pobūdžio mokymus, kuriuose taikomos naujosios technologijos, ir pageidauja daugiau individualizuotos bei interaktyvios paramos – tokios kaip grįžtamasis ryšys, mentorystė ar nuotoliniai darbdavio mokymai. Atsinaujinantys techniniai resursai ir lankstus mokymosi grafikas yra pagrindiniai veiksniai, galintys paskatinti dažnesnį dalyvavimą kvalifikacijos kėlimo veiklose.*

Atlikus abi anketines apklausas ir atsižvelgus į gautas apibendrinančias išvagas, virtualiosios mokymosi aplinkos modelis bus grindžiamas praktiniu, moduline struktūra paremtu, individualizuotu ir technologijomis grįstu mokymosi principu, siekiant didinti elektronikos inžinierių žinių ir gebėjimų įsisavinimo veiksmingumą.

### **2.3. Tyrimo išvados**

1. Tyrimo rezultatai parodė, kad elektronikos inžinerijos srityje besimokantys ir dirbantys asmenys turi aiškų poreikį nuolat atnaujinti žinias bei tobulinti profesines kompetencijas. Respondentams priimtinos lanksčios mokymosi formos, ypač nuotolinis ir mišrus mokymasis, leidžiantis derinti profesinę veiklą su kvalifikacijos kėlimu.
2. Nustatyta, kad didžiausias dėmesys skiriamas praktiniam mokymuisi, internetiniams kursams su praktinėmis užduotimis, virtualioms laboratorijoms ir dėstytojo konsultacijoms, nes šios priemonės padeda efektyviau susieti teorines žinias su jų praktiniu taikymu.
3. Tyrimas atskleidė, kad svarbiausi mokymosi poreikiai yra susiję su mikrokontrolierių programavimu, šiuolaikiniais inžinerijos metodais, naujosiomis elektronikos technologijomis, laboratoriniais užsiėmimais ir praktinių gebėjimų stiprinimu.
4. Nustatyta, kad respondentams svarbus ne tik mokymosi turinys, bet ir mokymosi proceso organizavimas – aiški kurso struktūra, tinkama mokymosi medžiagos apimtis, lankstus grafikas, grįžtamasis ryšys bei galimybė konsultuotis su dėstytoju ar specialistu.
5. Pagrindiniais nuotolinio mokymosi iššūkiais išlieka laiko trūkumas, per didelis mokymosi medžiagos kiekis, tinkamų kursų neprieinamumas ir nepakankama dėstytojo ar mentoriaus pagalba.

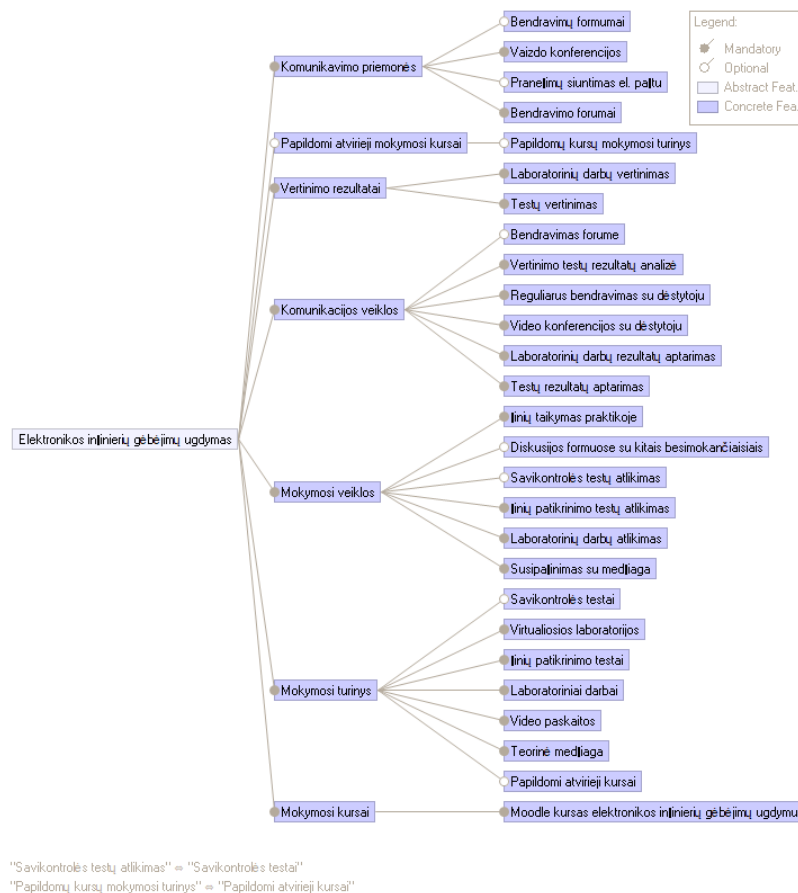
6. Taigi, kad virtualioji mokymosi aplinka turėtų būti orientuota į praktinį, modulinį ir individualizuotą mokymąsi, integruojant interaktyvų turinį, virtualiąsias laboratorijas, praktines užduotis, pažangos stebėseną, grįžtamojo ryšio priemones ir konsultacijas. Tokia aplinka sudarytų prielaidas efektyvesniam elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimui bei geresniam besimokančiųjų poreikių atliepimui.

### 3. Virtualioji mokymosi aplinka, leidžianti lanksčiau ir efektyviau tobulinti elektronikos inžinierių kompetencijas

Šiame skyriuje aprašoma virtualiosios mokymosi aplinkos kūrimo ir įgyvendinimo eiga, pateikiant pagrindinius technologinius, organizacinius ir metodinius sprendimus, skirtus elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimui.

#### 3.1. Virtualiosios mokymosi aplinkos sudėtis ir jos įgyvendinimas

Siekiant spręsti išskirtas elektronikos inžinierių nuotolinio mokymosi problemas, numatyta sukurti virtualiąją mokymosi aplinką, orientuotą į teorinių žinių, praktinių gebėjimų ir sinchroninės komunikacijos integravimą. Šios aplinkos sudėties modelis pateiktas 23 paveiksle (žr. 23 pav.)



23 pav. Mokymosi kurso požymių diagrama (sudaryta darbo autoriaus)

Schema taip pat parodo, kad kursą sudaro tiek privalomi, tiek pasirenkami elementai. Privalomieji komponentai apima pagrindinę teorinę medžiagą, vaizdo paskaitas, laboratorinius darbus, žinių patikrinimo testus ir atsiskaitymus, kurie yra būtini kompetencijoms įgyti ir vertinti. Neprivalomi elementai, tokie kaip papildomi atvirieji kursai, diskusijos formuose ar papildomas mokymosi turinys, skirti gilesniam žinių plėtojimui ir individualiam tobulėjimui. Kursas bus organizuojamas „Moodle“ aplinkoje, kur kiekviena tema apjungs teoriją, praktines užduotis, savikontrolės testus ir vertinimą, užtikrinant nuoseklų, sistemingą ir į rezultatą orientuotą gebėjimų ugdymo procesą.

Kuriant mokymosi aplinką inžinerijos studentams, būtina atsižvelgti į kelis svarbius reikalavimus, kad sistema būtų optimizuota tiek mokymosi kokybei, tiek jos prieinamumui. Pirmiausia, mokymosi aplinka turi būti atviro kodo, kad būtų užtikrinta jos nemokama prieiga ir galimybė pritaikyti pagal įvairius vartotojų ir institucijų poreikius. Antras reikalavimas – sistema turi būti lietuvių kalba, kad užtikrintų optimalų naudotojų patogumą ir prieinamumą, atsižvelgiant į galimą besimokančiųjų kalbinių įgūdžių įvairovę.

Siekiant pagerinti nuotolinio mokymosi kokybę ir prieinamumą elektronikos inžinerijos studentams, buvo sudarytas paramos planas, apimantis įvairias mokymosi palaikymo priemones (žr. 3 lentelę).

**3 lentelė.** Paramos planas (sudaryta darbo autoriaus)

Nr.	Paramos forma	Aprašymas	Nauda
1.	Individualus mokymosi planas	Prieš kursą atliekama apklausa, nustatanti dalyvio žinias.	Mažina informacijos perkrovą, suteikia lankstumo, atitinka individualius poreikius
2.	Darbdavio skiriamas laikas	Darbuotojui suteikiamas laikas nuotoliams kursams atlikti darbo metu	Padedą įveikti laiko stoką, skatina lankstų mokymosi grafiką
3.	Dėstytojo konsultacija	Galimybė užduoti klausimus ir aptarti mokymosi eigą	Gerina žinių įsisavinimą, suteikia eksperto palaikymą
4.	Nuorodos į atvirus mokymosi šaltinius	Pateikiami šaltiniai, naujausios technologijos ir inovacijos	Skatina savarankišką mokymąsi, užtikrina prieigą prie aktualios, naujausios informacijos
5.	Testai po mokymosi kurso	Vertinimas po kurso	Leidžia patikrinti įsisavintas žinias, suteikia grįžtamąjį ryšį
6.	Diskusijų forumai	Bendravimas su lektoriais ir kitais dalyviais	Skatina bendruomeniškumą, mentorystę.
7.	DI asistentas	Virtualaus asistento pagalba	Greitas atsakymas į klausimus, padeda orientuotis kurse
8.	Atnaujinama mokymosi medžiaga	Nuolat atnaujinamas turinys pagal naujausias technologijas	Skatina nuolatinį mokymąsi
9.	Praktiniai užsiėmimai ir virtualiosios laboratorijos	Eksperimentai ir simuliacijos nuotoliniu būdu	Suteikia praktinę patirtį, leidžia saugiai atlikti laboratorinius darbus

Kaip pateikta 3 lentelėje, paramos planas apima įvairias pedagogines, organizacines ir technologines priemones, kurios yra svarbios siekiant užtikrinti efektyvų nuotolinį mokymąsi. Šios priemonės leidžia spręsti pagrindines problemas, su kuriomis susiduria studentai, tokias kaip informacijos perkrova, laiko planavimas ar motyvacijos stoka.

Analizuojant pateiktas priemones matyti, kad jos tiesiogiai susijusios su virtualiosios mokymosi aplinkos reikalavimais – lankstumu, prieinamumu, interaktyvumu ir praktinio mokymosi galimybėmis

Taip pat svarbus elementas yra ir mobiliųjų įrenginių palaikymas – kurdama kursą, orientuotą į savarankišką mokymąsi, sistema turi suteikti galimybę naudoti mobiliąs aplikacijas. Tai leis besimokantiems pasiekti mokymosi medžiagą bet kur ir bet kada, tokiu būdu užtikrinant nepertraukiamą mokymosi procesą ir didesnę lankstumą. Autoriai [76] išryškina, kad šiuolaikinės LMS turi būti pritaikytos tiek mobiliesiems įrenginiams, tiek suteikti funkcionalumą virtualiųjų laboratorijų paleidimui

ir praktinių eksperimentų atlikimui internetu, siekiant pagerinti mokymosi kokybę ir prieinamumą inžinerijos studijose. Be to, esminis reikalavimas – virtualiųjų laboratorijų integracija, ypač šiuolaikinėje elektronikos inžinerijoje, kur mikroprocesorių programavimas ir jų valdymas yra esminiai gebėjimai. Todėl mokymosi aplinkoje turi būti galimybė įdiegti praktines užduotis, kurios būtų automatiškai tikrinamos, suteikiant studentams greitą grįžtamąjį ryšį be tiesioginio dėstytojo įsikišimo. Galimybė apdoroti ir redaguoti vaizdus taip pat yra būtina. Inžinerijos srityje dažnai tenka dirbti su įvairiomis techninėmis schemomis, diagramomis ir vaizdais, todėl sistema turi suteikti įrankius, leidžiančius tiesiogiai redaguoti vaizdus [77]. Sistema orientuota į bendradarbiavimą tarp studentų bei dėstytojų, o jos modulinė struktūra leidžia pritaikyti sistemą įvairioms mokymosi situacijoms.

Sinchroninė komunikacija yra svarbi virtualiosios mokymosi aplinkos dalis, nes ji leidžia užtikrinti tiesioginę sąveiką tarp dėstytojo ir studentų realiuoju laiku. Skirtingai nei asinchroninis mokymasis, sinchroninė komunikacija vyksta tuo pačiu metu, todėl sudaro sąlygas nedelsiant keistis informacija, užduoti klausimus ir gauti atsakymus [110]. Moksliniai tyrimai rodo, kad sinchroninis mokymasis sudaro galimybes dėstytojui tiesiogiai bendrauti su studentais, nepaisant geografinio atstumo, ir taip palaikyti aktyvų mokymosi procesą. Be to, nustatyta, kad tokio tipo mokymasis gali sumažinti studentų patiriamą kognityvinę apkrovą, nes sudėtinga informacija gali būti paaiškinama iš karto, realiuoju laiku [125;126].

Skaitmeninėje erdvėje vykdant nuotolinę ar hibridinę mokymąsi, kritiškai svarbu sudaryti sąlygas lengvai pereiti nuo savarankiško mokymosi prie sinchroninių vaizdo konferencijų. Šiam tikslui „Moodle“ aplinkoje gali būti naudojamas „Google Meet for „Moodle“ “ papildinys, kuris leidžia dėstytojams kurti virtualius susitikimus tiesiog kurso aplinkoje, nepaliekant platformos [127]. Toks sprendimas ne tik supaprastina administracinius procesus, bet ir sukuria vientisą mokymosi patirtį, kurioje visos reikalingos nuorodos ir įrašai yra pasiekiami vienoje vietoje.

**4 lentelė.** „Google Meet for „Moodle“ “ papildinio techniniai reikalavimai ir charakteristikos [127]

Parametras	Reikalavimai ir specifikacijos
„Moodle“ versija	3.7 arba naujesnė
PHP versija	7.0 arba naujesnė
Autentifikavimo būdas	OAuth 2 („Google“ paslaugos)
Pagrindinė funkcija	Susitikimų kūrimas ir įrašų sinchronizavimas
Licen	GNU General Public License
Saugykla	Google Drive

Kaip pateikta 4 lentelėje, papildinio veikimui būtina „OAuth 2“ autentifikacija ir suderinama „Moodle“ versija, o integracija su „Google Drive“ leidžia patogiai valdyti susitikimų įrašus.

„Google Meet for „Moodle“ “ papildinys yra integruotas su „Google Cloud Platform“ infrastruktūra, todėl jo veikimas tiesiogiai priklauso nuo „Google“ teikiamų paslaugų. Norint sėkmingai įdiegti ir naudoti šį papildinį, būtina sukonfigūruoti „OAuth 2“ autentifikaciją, kuri leidžia saugiai susieti „Moodle“ sistemą su „Google“ paskyra. Ši konfigūracija atliekama „Moodle“ administravimo aplinkoje. Integracijos metu naudojamos „Google API“ sąsajos, kurios leidžia automatizuoti virtualių

susitikimų kūrimą bei valdyti prieigą prie įrašų. Dėl to dėstytojai gali kurti ir administruoti susitikimus tiesiog „Moodle“ sistemoje, o studentai – patogiai pasiekti tiek susitikimų nuorodas, tiek jų įrašus [127].

„Google Meet for „Moodle““ papildinio diegimas galimas tik turint administratoriaus teises. Diegimo metu papildinio failai įkeliami į „Moodle“ sistemos katalogą, o pats įdiegimas patvirtinamas per administravimo aplinką.

Vienas didžiausių šio papildinio privalumų yra automatinis susitikimų įrašų pateikimas studentams. Kai vaizdo konferencija pasibaigia ir įrašas išsaugomas dėstytojo „Google Drive“ paskyroje, sistema leidžia šį įrašą padaryti prieinamą tiesiogiai per „Moodle“ veiklą [127]. Tai pašalina poreikį rankiniu būdu siųsti nuorodas ar kelti didelius vaizdo failus į LMS serverį, taip taupant serverio vietą ir užtikrinant aukštą vaizdo kokybę per „Google“ srautinio perdavimo infrastruktūrą.

Papildinys taip pat leidžia integruoti susitikimus su kalendoriumi, todėl kurso įvykiai gali būti sinchronizuojami su studentų naudojamomis kalendoriaus sistemomis [128]. Dėl to studentai gali lengviau sekti paskaitų laiką ir planuoti savo mokymosi veiklas.

Integruota vaizdo komunikacija leidžia dėstytojui organizuoti sinchroninius susitikimus, valdyti jų nustatymus ir tiesiogiai bendrauti su studentais virtualioje mokymosi aplinkoje. „Google Meet“ siūlomos funkcijos, tokios kaip „Breakout Rooms“ (grupių kambariai), apklausos ir tiesioginis susirašinėjimas, leidžia paskaitos metu aktyviai įtraukti studentus, o integruotas įrašų archyvas užtikrina mokymosi tęstinumą tiems, kurie negalėjo dalyvauti gyvai [129].

### **3.2. Automatizuotas programavimo įgūdžių vertinimas**

Programavimo įgūdžių ugdymas yra svarbi elektronikos inžinerijos studijų dalis, todėl būtina užtikrinti efektyvų studentų sprendimų vertinimą. Tradiciniai vertinimo metodai dažnai reikalauja daug dėstytojo laiko ir ne visada leidžia užtikrinti greitą grįžtamąjį ryšį.

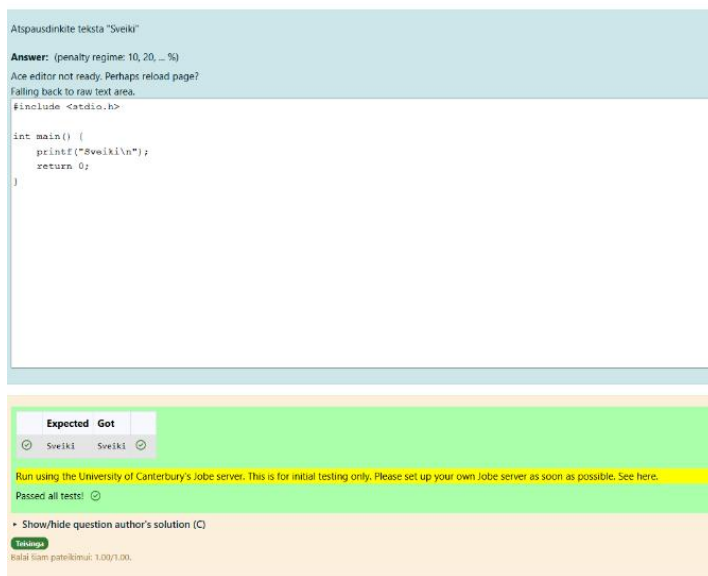
Programavimo kursuose vienas didžiausių iššūkių yra operatyvus ir tikslus studentų pateikto kodo vertinimas. Šiai problemai spręsti naudojamas CodeRunner papildinys, kuris automatizuoja kodo vykdymą ir tikrinimą saugioje aplinkoje [130].

Automatizuotas vertinimas leidžia sprendimus tikrinti realiuoju laiku, suteikiant studentams galimybę iš karto matyti rezultatus ir taisyti klaidas. Vykdamas studentų parašytą kodą serveryje, vienas svarbiausių aspektų yra saugumas, nes vykdomas nepatikimas turinys gali kelti riziką sistemai. Šiai problemai spręsti CodeRunner papildinys naudoja atskirą „Jobe“ (Job Engine) serverį, kuriame kodas vykdomas izoliuotoje aplinkoje [130].

Studento pateiktas sprendimas per API užklausa perduodamas į „Jobe“ serverį, kur jis, esant poreikiui, yra kompiliuojamas ir vykdomas su iš anksto apibrėžtais testavimo scenarijais. Po vykdymo rezultatai grąžinami atgal į „Moodle“ sistemą, kur naudojami vertinimui. Toks architektūrinis sprendimas leidžia užtikrinti saugų ir patikimą automatizuotą programavimo užduočių tikrinimą (žr. 24 pav.)

Sistemoje sukurta programavimo užduočių vertinimo sistema, leidžianti automatiškai tikrinti besimokančiųjų pateiktus sprendimus. „Moodle“ testo metu studentui pateikiama užduotis, kurią jis turi išspręsti rašydamas programinį kodą. Pateikus sprendimą, sistema automatiškai:

- patikrina ar programa kompiliuojama ir vykdoma be klaidų;
- įvertina gautų rezultatų atitikimą užduoties reikalavimams;
- palygina išvesties duomenis su nustatytais testavimo kriterijais;
- priskiria įvertinimą pagal nustatytą vertinimo logiką



**24 pav.** Automatinės programavimo užduočių tikrinimo sistemos veikimas (sudaryta darbo autoriaus)

Tokiu būdu užtikrinamas objektyvus, greitas ir automatizuotas vertinimas bei sudaroma galimybė studentui iš karto gauti grįžtamąjį ryšį.

Nors testavimui gali būti naudojamas viešai prieinamas „Jobe“ serveris, praktikoje rekomenduojama naudoti nuosavą serverį, siekiant išvengti veikimo apribojimų ir užtikrinti didesnę sistemos stabilumą. Toks sprendimas leidžia efektyviau apdoroti didesnę užklausų kiekį ir yra tinkamas taikant automatizuotą vertinimą didesnėms studentų grupėms.

**5 lentelė.** „CodeRunner“ palaikomų programavimo kalbų apžvalga [130;131].

Programavimo kalba	Palaikymo lygis ir technologijos
Python 3	Plačiausiai naudojama kalba, palaikomas papildomų bibliotekų naudojimas
C / C++	Pilnas kompiliavimas ir vykdymas per GCC
Java	Objektinio programavimo palaikymas, įskaitant metodų testavimą
SQL	Duomenų bazių užklausų tikrinimas naudojant sqlite3
JavaScript	Node.js aplinkos palaikymas serverio pusės skriptams
Octave / Matlab	Matematinio skaičiavimo ir algoritmų testavimas

5 lentelėje pateikiamos pagrindinės programavimo kalbos, kurias palaiko „CodeRunner“, bei jų vykdymui naudojamos technologijos. Taigi, sistema gali būti taikoma įvairių tipų programavimo užduotims.

Vienas svarbiausių CodeRunner papildinio privalumų yra galimybė suteikti studentams momentinį grįžtamąjį ryšį. Naudojant adaptyvųjį režimą, studentas gali pateikti savo sprendimą ir iš karto matyti testavimo rezultatus. Jei pateiktas kodas yra neteisingas, sistema nurodo klaidas ir leidžia sprendimą taisyti bei pateikti pakartotinai [130].

Papildinys taip pat pasižymi dideliu lankstumu kuriant įvairaus sudėtingumo užduotis. Dėstytojai gali rengti tiek paprastas programavimo užduotis, tiek sudėtingesnius scenarijus, susijusius su objektiniu programavimu ar duomenų bazių užklausomis. Be to, „CodeRunner“ suteikia galimybę naudoti šablonus, leidžiančius integruoti studento kodą į platesnį programos kontekstą bei automatizuoti vertinimo procesą. Taip pat palaikomi skirtingi užduočių tipai, kurie padeda įvairinti mokymosi procesą ir pritaikyti jį skirtingiems studentų gebėjimų lygiams [130;131].

*Apibendrinus, virtualioji mokymosi aplinka elektronikos inžinerijos studentams turi būti lanksti, prieinama ir orientuota į praktinį mokymąsi. Ji turi užtikrinti mobilumą, lokalizaciją, galimybę naudotis atviro kodo sprendimais bei sudaryti sąlygas bendradarbiavimui ir grįžtamajam ryšiui.*

### 3.3. Virtualioji įgūdžių tobulinimo laboratorija

#### 3.3.1. „Phet“ simuliacijos integravimas

Mokymosi aplinkoje bus integruotos virtualiosios laboratorijos, leidžiančios saugiai ir efektyviai atlikti praktinius eksperimentinius darbus. Vienas iš taikytų sprendimų – Kolorado universiteto sukurta „PhET Circuit Construction Kit: DC“ simuliacija, kuri leidžia modeliuoti elektros grandines virtualiojoje aplinkoje. Šis įrankis suteikia galimybę studentams ne tik konstruoti grandines, bet ir stebėti jų veikimą realiuoju laiku [132].

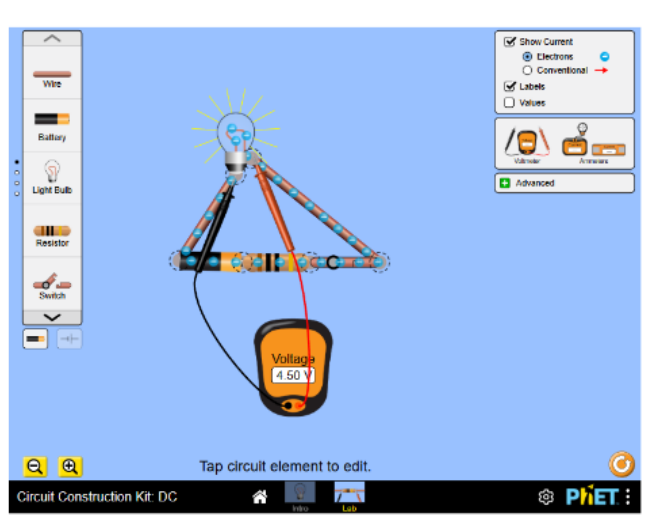
„PhET“ simuliacijos pagrindinis tikslas – vizualizuoti fizikinius procesus, kurie realiame pasaulyje nėra tiesiogiai matomi. Naudojamiesi šiuo įrankiu, studentai gali stebėti elektronų judėjimą, analizuoti srovės tekėjimą bei vertinti grandinės parametrų pokyčius, keičiant įtampą ar varžą [132].

**6 lentelė.** „PhET Circuit Construction Kit“ funkcionalumo charakteristikos [132].

Savybė	Nauda
Naudotojo sąsaja	Intuityvus „drag-and-drop“ principu veikiantis valdymas
Komponentai	Intuityvus „drag-and-drop“ principu veikiantis valdymas
Matavimo prietaisai	Voltmetras ir ampermetras parametrų matavimui
Vaizdavimo režimai	Realistinis ir scheminis vaizdavimas
Saugumas	Galimybė eksperimentuoti be fizinės įrangos pažeidimo rizikos

Kaip pateikta 6 lentelėje, simuliacija suteikia platų funkcionalumą, leidžiantį modeliuoti įvairaus sudėtingumo elektrines grandines bei analizuoti jų veikimą saugioje aplinkoje. Ypač svarbi funkcija yra galimybė perjungti vaizdavimą tarp realistinio ir scheminio režimų, kuri padeda studentams geriau

suprasti ryšį tarp teorinių simbolių ir realių komponentų. Tokiu būdu ugdomi tiek praktiniai, tiek analitiniai įgūdžiai.



25 pav. „PhET“ virtualiosios laboratorijos simuliacija (sudaryta darbo autoriaus)

„PhET“ simuliacijos yra sukurtos naudojant HTML5 technologiją, todėl gali būti lengvai integruojamos į „Moodle“ mokymosi aplinką. Integracija atliekama įterpiant simuliaciją naudojant „iframe“ arba pateikiant tiesioginę nuorodą į simuliacijos šaltinį [132]. Tokiu būdu studentai gali pasiekti virtualiąsias laboratorijas tiesiogiai iš kurso puslapio, o dėstytojai – integruoti jas į praktines užduotis. Tokiu būdu studentai gali:

- modeliuoti elektronines grandines;
- keisti komponentų parametrus;
- stebėti signalų formas ir matavimo rezultatus;
- atlikti eksperimentus virtualioje aplinkoje (žr. 25 pav.).

Virtualiosios laboratorijos funkcionalumas padeda geriau suprasti analoginės ir skaitmeninės elektronikos veikimo principus.

### 3.3.2. „Falstad Circuit Simulator“ integravimas

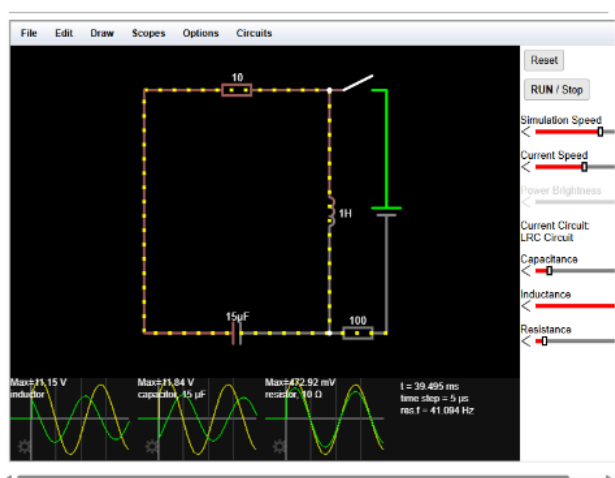
Siekiant išplėsti virtualiųjų laboratorijų funkcionalumą, mokymosi aplinkoje papildomai integruotas „Falstad Circuit Simulator“ – interneto naršyklėje veikiantis elektrinių grandinių modeliavimo įrankis. Skirtingai nei „PhET“, šis simulatorius suteikia platesnes analizės galimybes ir leidžia modeliuoti sudėtingesnes elektronikos sistemas [133].

7 lentelė. „Falstad Circuit Simulator“ funkcionalumo charakteristikos [133;134]

Funkcija	Aprašymas
Komponentų įvairovė	Tranzistoriai, operaciniai stiprintuvai, loginiai elementai, 555 laikmatis
Dinaminis valdymas	Tranzistoriai, operaciniai stiprintuvai, loginiai elementai, laikmačiai
Spartieji klavišai	Parametrų keitimas realiuoju laiku naudojant slankiklius

Funkcija	Aprašymas
Failų įkėlimas / iškėlimas	Grandinių išsaugojimas tekstiniu formatu
Analizė	Galios ir energijos srautų vizualizacija

Kaip pateikta 7 lentelėje, simulatorius suteikia galimybę ne tik modeliuoti grandines, bet ir atlikti jų išsamią analizę. Papildomai sistema vizualizuoja srovę naudojant animuotas daleles, kurių judėjimo greitis atitinka srovės stiprį, taip palengvindama procesų suvokimą.



26 pav. „Falstad Circuit Simulator“ grandinių modeliavimas (sudaryta darbo autoriaus)

„Falstad“ įrankis buvo integruotas į mokymosi aplinką naudojant tiesiogines nuorodas, leidžiančias studentams pasiekti simuliacijas per naršyklę be papildomo programinės įrangos diegimo (žr. 26 pav.) Toks sprendimas leidžia efektyviai taikyti šį įrankį paskaitų metu bei savarankiškam studentų darbui.

Kaip pateikta 28 paveiksle, simulatorius naudoja animuotas geltonas daleles srovei vaizduoti, kur jų judėjimo greitis tiesiogiai priklauso nuo srovės stiprio.<sup>23</sup> Tai suteikia intuityvų jausmą apie tai, kaip srovė pasiskirsto lygiagrečiose šakose. Nors „Falstad“ yra mažiau vizualiai „patrauklus“ nei „PhET“, jis yra nepakeičiamas norint greitai patikrinti dizaino idėjas ar suprasti sudėtingus elektronikos procesus

### 3.3.3. Interaktyvaus turinio kūrimas ir integravimas

Papildomai mokymosi aplinkoje buvo integruotas „H5P“ papildinys, skirtas interaktyvaus turinio kūrimui. Šis įrankis leidžia kurti interaktyvius vaizdo įrašus, į kuriuos integruojami klausimai, paaiškinimai ar papildomos nuorodos [135]. Naudojant „H5P Interactive Video“, vaizdo turinys tampa aktyvia mokymosi priemone – studentai privalo atsakyti į pateiktus klausimus, kad galėtų tęsti peržiūrą, taip pat dėstytojas gali įterpti klausimus, paaiškinimus ar papildomas nuorodas tiesiai į vaizdo įrašą.

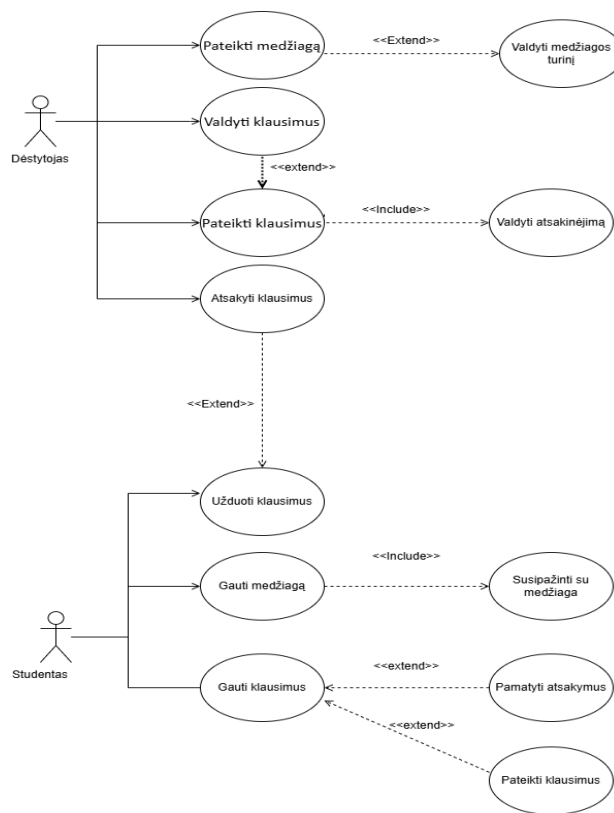
„Adaptivity“ funkcija leidžia, studentui suklydus, automatiškai grąžinti jį į atitinkamą vaizdo įrašo vietą, kad jis įsisavintų pagrindines žinias prieš tęsiant. Siekiant taupyti serverio resursus, „H5P“ leidžia naudoti išorinius šaltinius, pvz., „YouTube“, sukuriant interaktyvų sluoksnį virš vaizdo įrašo. Be to, rezultatai integruojami į „Moodle“ vertinimų knygelę, suteikiant dėstytojui išsamią informaciją apie studentų pasiekimus ir sunkumus [135].

Apibendrinus, virtualiųjų laboratorijų integravimas leidžia efektyviai derinti teorines žinias su praktinių jų taikymu saugioje aplinkoje. „PhET“ ir „Falstad“ įrankiai suteikia galimybes modeliuoti bei analizuoti elektrines grandines skirtingo sudėtingumo lygiu. Tuo tarpu „H5P“ užtikrina interaktyvų mokymąsi ir momentinį grįžtamąjį ryšį.

### 3.4. Elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo kursas ir jo taikymas

Remiantis atlikto tyrimo rezultatais ir identifikuotais elektronikos inžinierių mokymosi poreikiais, buvo suformuotas individualizuoto nuotolinio kurso modelis. 27 paveiksle pavaizduotas dėstytojo ir studento sąveikos diagrama.

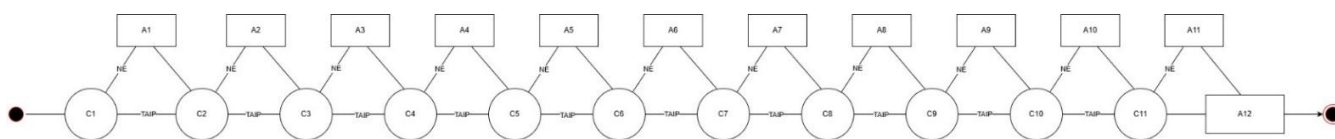
Kaip pateikta 27 paveiksle, naudotojo atvejo diagrama apibūdinama „Moodle“ tipo mokymosi aplinkos funkcionalumą, atsižvelgiant į skirtingus vartotojus – dėstytoją ir studentą. Dėstytojas gali pateikti mokomąją medžiagą, ją redaguoti, kurti klausimus ir atsakyti į juos. Kai kurios veiklos yra susijusios su papildomomis funkcijomis: pvz., pateikiant medžiagą galima ją valdyti, o pateikiant klausimus – valdyti atsakymų procesą. Studentas gali peržiūrėti mokomąją medžiagą, atsakyti į klausimus, užduoti klausimus dėstytojui ir gauti atsakymus.



27 pav. Mokymosi veiklų panaudojimo atvejų diagrama (sudaryta darbo autoriaus)

28 paveiksle pateikta individualizuoto kurso veikimo loginė schema. Modelis grindžiamas nuosekliu diagnostinių kriterijų vertinimu (C1–C11), kurių pagrindu aktyvuojamos atitinkamos mokymosi intervencijos (A1–A11). Jei besimokantysis atitinka kriterijų („taip“), pereinama prie kito kompetencijų

vertinimo etapo. Nustačius žinių spragą („ne“), aktyvuojamas atitinkamas mokymosi modulis. Galutinis modelio tikslas – pasiekti integruotą kompetencijų lygį (A12).



28 pav. Diagnostinio–intervencinio kurso modelio loginė diagrama (sudaryta darbo autoriaus)

8 lentelėje pateiktas individualizuoto kurso modelis, kuriame diagnostiniai kriterijai (C) susiejami su atitinkamomis mokymosi veiklomis (A), užtikrinančiomis kryptingą kompetencijų plėtrą.

8 lentelė. Inžinerinių elektronikos kompetencijų vertinimas ir mokymo gairės (sudaryta darbo autoriaus)

Elementas (C)	Kompetencija	Elementas (A)	Mokymo paaiškinimas
C1	Ar inžinierius gerai supranta ir gaudosi analoginėje elektronikoje?	A1	Inžinierius supažindinamas su analoginę elektroniką, jos komponentais, grandinėmis, panaudojimo galimybėmis praktikoje.
C2	Ar inžinierius geba išvardinti elektronikos komponentus, jų paskirtį, panaudojimo atvejus?	A2	Inžinieriui padedama suprasti kokie elektronikos komponentų rūšys, panaudojimo atvejai.
C3	Ar inžinierius žino matavimo prietaisus, bei moka jais tinkamai naudotis ir tinkamai interpretuoti gautus rezultatus?	A3	Inžinieriui paaiškinama kokie yra matavimo prietaisai, išmokomas jais naudotis, teisingai suprasti gautus rezultatus.
C4	Ar inžinierius gaudosi pagrindiniuose mikroprocesorių tipuose ir išmano jų programavimo pradmenyse?	A4	Inžinierius apmokomas pagrindinius mikroprocesorių tipus, bei jų programavimo ypatybes ir programavimo pradmenis.
C5	Ar inžinierius išmano pagrindinius elektronikos principus?	A5	Apmokoma pagrindinių fundamentalių elektronikos veikimo principų.
C6	Ar inžinierius moka projektuoti paprastas PCB, supranta litavimo technologijas, moka dirbti su Gerber failais?	A6	Inžinierius apmokomas praktiniais darbais kaip projektuoti paprastas PCB, teoriškai apmokomas kokios yra litavimo technologijos, bei kaip tinkamai eksportuoti Gerber failus, juos peržiūrėti ir suprasti.
C7	Ar inžinierius moka programuoti pradiniu lygiu naudojant Arduino, C++ ir Python?	A7	Inžinierius apmokomas programavimo būdu ir tobulina įgūdžius praktiniais užsiėmimais.
C8	Ar inžinierius gerai išmano įvairius sensorius, geba paaiškinti jų veikimo principus ir panaudojimo galimybes?	A8	Inžinierius supažindinamas su įvairiais sensoriais, jų veikimo principais ir panaudojimo galimybėmis.
C9	Ar inžinierius supranta šiuolaikinius komunikavimo tinklus, bei jų veikimo principus?	A9	Inžinierius supažindinamas su šiuolaikiniais komunikavimo tinklais, protokolais, saugumo reikalavimais.
C10	Ar inžinierius moka naudotis šiuolaikiniais simuliacijos metodais (Altium, LTspice, MATLAB)?	A10	Inžinierius apmokomas kaip naudotis šiuolaikiniais simuliacijos metodais, kaip dirbti su programomis.

Elementas (C)	Kompetencija	Elementas (A)	Mokymo paaishkinimas
C11	Ar inžinierius gerai supranta ir gaudosi skaitmeninėje elektronikoje?	A11	Inžinierius supažindinamas su skaitmenine elektronika, jos komponentais, grandinėmis, panaudojimo galimybėmis praktikoje.
		A12	Inžinierius susigauja šiuolaikinėje elektronikoje, geba savarankiškai projektuoti ir analizuoti elektronikos grandines.

Kaip pateikta 8 lentelėje, gairės leidžia aiškiai ir nuosekliai organizuoti individualų mokymosi procesą, apibrėžiant, kokias kompetencijas inžinierius turi įgyti ir kokiais būdais jos bus ugdomos. Jos padeda įvertinti esamą žinių lygį, nustatyti tobulintinas sritis, suplanuoti teorinius ir praktinius užsiėmimus bei užtikrinti sistemingą pažangą. Taip pat gairės leidžia orientuotis į konkretų galutinį rezultatą – gebėjimą savarankiškai projektuoti ir analizuoti elektronikos grandines.

*Apibendrinus, techninis realizavimas „Moodle“ aplinkoje leidžia sukurti interaktyvią, automatizuotą ir praktika grįstą kurso sistemą. Integruota programavimo vertinimo sistema, simuliacijos įrankiai ir vaizdo medžiaga sudaro sąlygas efektyviam elektronikos inžinierių kompetencijų ugdymui. Tokia sistema užtikrina nuoseklų problemomis grįstą mokymosi procesą, greitą grįžtamąjį ryšį ir galimybę taikyti žinias praktikoje.*

### 3.5. Skyriaus išvados

1. Sukurta virtualioji mokymosi aplinka yra orientuota į lankstų, individualizuotą ir praktika grįstą elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimą. Aplinkos sudėtis parengta atsižvelgiant į tyrimo metu nustatytus poreikius, todėl joje numatytos tokios priemonės kaip individualus mokymosi planas, dėstytojo konsultacijos, diskusijų forumai, praktiniai užsiėmimai, virtualiosios laboratorijos, atnaujinama mokymosi medžiaga ir grįžtamojo ryšio priemonės. Šie sprendimai sudaro sąlygas mažinti pagrindinius nuotolinio mokymosi iššūkius, susijusius su laiko trūkumu, informacijos pertekliumi, motyvacijos stoka ir nepakankama pagalba mokymosi procese.
2. Virtualiosios mokymosi aplinkos įgyvendinimui pasirinkta „Moodle“ sistema leidžia centralizuotai organizuoti mokymosi turinį, vertinimą, komunikaciją ir pažangos stebėseną. Į aplinką integruoti papildomi įrankiai – „Google Meet for „Moodle““, „CodeRunner“, „PhET“, „Falstad Circuit Simulator“ ir „H5P“ – išplečia mokymosi galimybes, nes užtikrina sinchroninį bendravimą, automatizuotą programavimo užduočių vertinimą, virtualių eksperimentų atlikimą ir interaktyvaus turinio pateikimą. Tokia priemonių visuma leidžia derinti teorines žinias su praktinėmis užduotimis, suteikia greitą grįžtamąjį ryšį ir sudaro sąlygas besimokančiajam aktyviai dalyvauti mokymosi procese.
3. Sukurtas elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimo kursas grindžiamas diagnostiniu–intervenciniu principu, kai pirmiausia nustatomas besimokančiojo žinių ir gebėjimų lygis, o vėliau pagal nustatytas spragas parenkamos atitinkamos mokymosi veiklos. Toks modelis leidžia individualizuoti mokymosi procesą, kryptingai ugdyti analoginės ir skaitmeninės elektronikos,

programavimo, matavimo, sensorių, komunikavimo tinklų, PCB projektavimo ir simuliacijos gebėjimus. Todėl galima teigti, kad sukurta virtualioji mokymosi aplinka sudaro prielaidas efektyviau organizuoti elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimą, užtikrinant mokymosi lankstumą, praktinį pritaikomumą ir nuoseklų profesinių gebėjimų ugdymą.

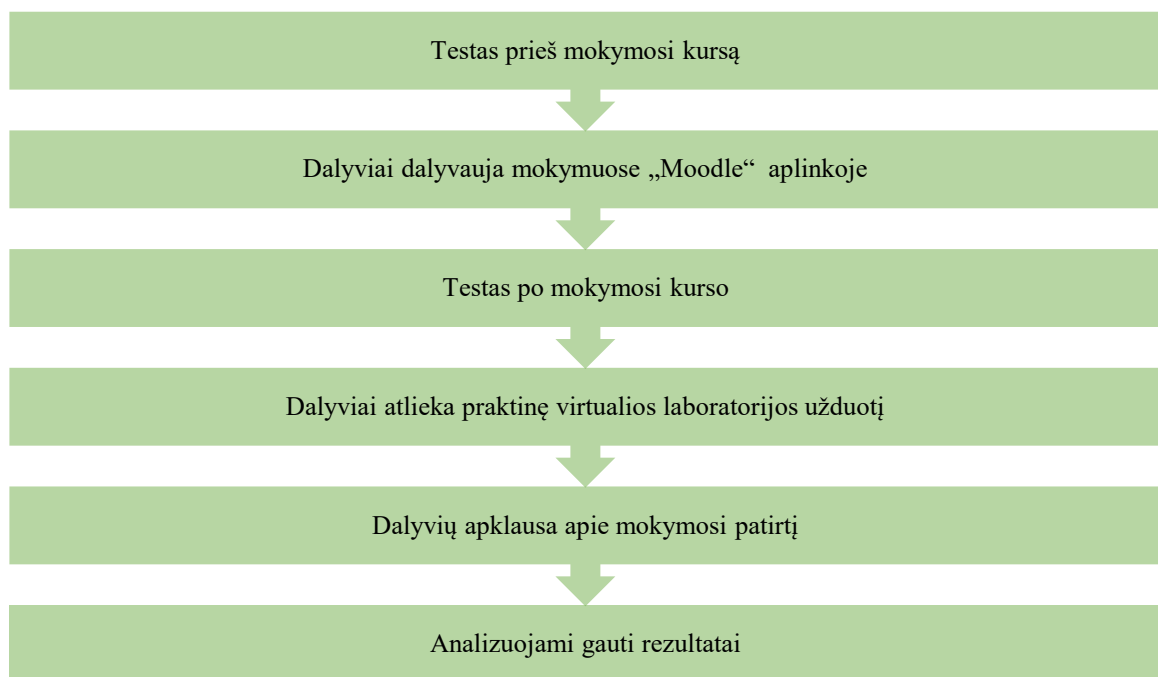
#### 4. Virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo tobulinant elektronikos inžinierių kompetencijas naudingumo vertinimas

Šiame skyriuje pateikiamas sukurtos virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo vertinimas, siekiant nustatyti jos naudą elektronikos inžinierių teorinių žinių, praktinių gebėjimų ir mokymosi patirties gerinimui.

##### 4.1. Tyrimo metodologija

Tyrimas buvo vykdomas sukurtoje virtualiojoje mokymosi aplinkoje, naudojant „Moodle“ platformą. Sukurtas mokymosi kursas apima struktūruotą teorinę medžiagą, interaktyvias užduotis bei virtualiąsias laboratorijas, leidžiančias modeliuoti realias elektronikos inžinerijos situacijas ir taikyti įgytas žinias praktikoje. Tyrimo tikslas – nustatyti, ar sukurta virtualioji mokymosi aplinka, efektyviai gerina elektronikos inžinierių teorines žinias ir praktinius gebėjimus. Tyrimu siekiama įvertinti ne tik teorinių žinių pokytį, bet ir praktinių gebėjimų tobulėjimą bei dalyvių požiūrį į mokymosi procesą, įvertinti pasitenkinimą mokymosi procesu.

Taip pat tyrimo metu buvo užtikrintos vienodos techninės sąlygos visiems dalyviams – darbas kompiuterizuotose darbo vietose, stabilus interneto ryšys bei vienoda prieiga prie mokymosi aplinkos. Papildomai prieš mokymosi kursą buvo atliekami teminiai testai iš atskirų kurso dalių. Jų rezultatai buvo naudojami individualizuoto mokymosi plano sudarymui, leidžiant pritaikyti mokymosi turinį pagal kiekvieno dalyvio žinių lygį. Toliau tyrimas buvo vykdomas nuosekliais etapais (žr. 30 pav.)



29 pav. Virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo vertinimo etapai (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip pateikta 29 paveiksle, tyrimo metu buvo taikomos kelios duomenų rinkimo ir vertinimo priemonės, leidžiančios visapusiškai įvertinti mokymosi proceso efektyvumą. Pradinių teorinių žinių lygiui nustatyti ir žinių pokyčiui po mokymų įvertinti buvo naudojami testai. Praktiniams gebėjimams vertinti buvo

skirta praktinė užduotis, leidžianti nustatyti gebėjimą taikyti įgytas žinias realiose situacijose. Papildomai buvo taikoma dalyvių apklausa, skirta įvertinti mokymosi proceso suvokimą, naudingumą ir pasitenkinimą.

Tyrime taikoma mišri tyrimo strategija, derinanti kiekybinius ir kokybinius duomenų rinkimo bei analizės metodus. Kiekybinė tyrimo dalis grindžiama testų rezultatų analize, leidžiančia objektyviai įvertinti dalyvių žinių pokytį prieš ir po mokymų, apskaičiuoti vidurkius, procentinius pokyčius ir palyginti rezultatus. Tuo tarpu kokybinė tyrimo dalis apima dalyvių apklausos duomenų analizę, kuri leidžia įvertinti mokymosi proceso suvokimą, naudingumą ir pasitenkinimą. Tokia tyrimo strategija leidžia kompleksiskai įvertinti tiriamą reiškinį ir padidina tyrimo rezultatų patikimumą [136].

Tyrimo metu dalyvių teorinių žinių vertinimui buvo taikomi standartizuoti testai. Testą sudarė 50 klausimų, kurie buvo atsitiktinai parenkami iš 500 klausimų visumos. Tokia klausimų generavimo sistema leido sumažinti atsitiktinumo ir nusirašymo tikimybę bei užtikrinti vertinimo objektyvumą. Klausimai apėmė pagrindines elektronikos inžinerijos temas, susijusias su kurso turiniu, ir buvo skirti tiek teorinių žinių patikrinimui, tiek jų taikymo supratimui.

Praktinių gebėjimų vertinimui buvo parengtos trys užduotys, orientuotos į realių situacijų sprendimą, taip pat kiekviena užduotis buvo vertinama skirtingai:

1. pirmoji užduotis buvo skirta patikrinti dalyvių gebėjimą atpažinti elektroninės grandinės komponentus ir paaiškinti jų veikimo principus. Dalyviui pateikiama PCB (gaminys), prašoma išvardinti pagrindinėmis grandinės dalis, jų veikimo principą. Pirmai užduočiai buvo taikomas vertinimo būdas, kuris pateiktas 9 lentelėje (žr. 9 lentelę).

**9 lentelė.** Pirmos praktinės užduoties vertinimas (sudaryta darbo autoriaus)

Kriterijus	Balai
Įvardintos 4 visos dalys ir veikimo principas	8
Įvardintos 4 dalys ir 3 veikimo principas	7
Įvardintos 4 dalys ir 2 veikimo principas	6
Įvardintos 4 dalys ir 1 veikimo principas	5
Įvardintos 4 dalys, bet be veikimo principų	4
Įvardintos 3 dalys	3
Įvardintos 2 dalys	2
Įvardinta 1 dalis	1
Neįvardinta nei 1 dalis	0

2. antroji užduotis vertino dalyvių gebėjimą diagnozuoti gedimus elektroniniame įrenginyje, nustatyti neveikiančius komponentus bei pagrįsti sprendimus. Užduoties probleminė situacija: gaunamas neveikiantis gaminys, kurio neveikimo priežastis – neveikiantis diodas, kuris

praleidžia elektros srovę į abi puses, todėl elektros srovė patenka į kitas gaminio vietas. Šiai užduočiai pateikiami vertinimo kriterijai, nurodyti 10 lentelėje (žr. 10 lentelę).

**10 lentelė.** Antros praktinės užduoties vertinimas (sudaryta darbo autoriaus)

Vertinimo kriterijus ir balas	0 balų	1 balas	2 Balai	3 Balai
Diodo veikimo supratimas	Nesupranta, kaip veikia diodas, neranda neveikiančio komponento	Žino tik iš dalies (pvz., kad praleidžia srovę)	Supranta kryptingumą, bet ne pilnai paaiškina	Aiškiai paaiškina, kad diodas praleidžia srovę tik viena kryptimi
Matavimo metodo pasirinkimas	Netinkamas metodas	Pasirinktas netikslus būdas	Pasirinktas tinkamas metodas, bet su klaidomis	Teisingai pasirenka (multimetro „diode test“ arba varžos matavimas, arba naudoja grandinės vientisumo patikrinimo funkciją))
Matavimų atlikimas	Neatlieka arba daro neteisinga	Atlieka su daug klaidų	Atlieka iš dalies teisingai	Tiksliai išmatuoja abiem kryptimis
Rezultatų interpretacija	Nesupranta rezultatų arba jų neturi	Dalinai supranta	Teisingai interpretuoja, bet ne pilnai	Aiškiai nustato, kad diodas pramuštas (laidus abiem kryptimis)
Gedimo paaiškinimas	Nepateikia paaiškinimo	Paaškinimas netikslus	Paaškinimas iš dalies teisingas	Teisingai paaiškina, kad pažeista PN sandūra
Sprendimo pasiūlymas	Nepateikia sprendimo	Netinkamas sprendimas	Dalinai tinkamas sprendimas	Siūlo teisingą sprendimą (diodo keitimas)

- trečiosios praktinės užduoties metu dalyviai turėjo sukurti paprastą signalų šaltinį, generuojantį stačiakampius impulsus. Užduočiai buvo keliami konkretūs techniniai reikalavimai: grandinė turėjo veikti esant 5–12 V maitinimo įtampai, generuoti stačiakampį signalą ir užtikrinti 1–10 kHz dažnio diapazoną. Atlikdami šią užduotį dalyviai pirmiausia turėjo nubraižyti grandinės schemą, parinkti tinkamas komponentų vertes ir paaiškinti jos veikimo principą. Vėliau reikėjo surinkti grandinę ir ją paleisti. Toliau, naudojant osciloskopą, buvo matuojami pagrindiniai grandinės veikimo parametrai – signalo dažnis, amplitudė ir darbo ciklas. Gauti praktiniai rezultatai buvo lyginami su teoriškai apskaičiuotomis reikšmėmis, o nustatčius nuokrypius dalyviai turėjo juos pagrįsti ir, esant poreikiui, pakoreguoti grandinę. Tokiu būdu ši užduotis leido

įvertinti ne tik teorinių žinių taikymą praktikoje, bet ir gebėjimą analizuoti grandinės veikimą, naudotis matavimo įranga bei priimti sprendimus koreguojant jos parametrus. Šios užduoties vertinimo kriterijai pateikti 11 lentelėje (žr. 11 lentelę).

**11 lentelė.** Trečiosios praktinės užduoties vertinimas (sudaryta darbo autoriaus)

Vertinimo kriterijus ir balas	0 Balų	1-2 balai	3 Balai	4 Balai	5 Balai
Schemos projektavimas	Nesukūrė schemas	Schema netiksli	Schema beveik teisinga (1-2 klaidos)	Schema teisinga, bet ne iki galo pagrįsta	Schema teisinga ir pagrįsta
Komponentų parinkimas	Neparinko	Daug klaidų	Parinko iš dalies teisingai	Parinko tinkamai	Parinko tinkamai ir paaiškino kodėl
Grandinės surinkimas	Nesurinko	Daug klaidų	Surinko, bet grandinė veikia nestabiliai	Grandinė veikia stabiliai, bet surinkta netvarkingai	Surinko tvarkingai ir be klaidų
Osciloskopo naudojimas	Nesinaudojo	Nauduoja neteisingai	Matuoja su klaidomis	Matuoja teisingai	Matuoja teisingai ir paaiškina matavimo metodiką
Rezultatų analizė	Neanalizavo	Analizė labai paviršutiniška	Iš dalies teisinga	Teisinga	Teisinga ir pagrįsta
Grandinės veikimas	Nepastebi, kad grandinė neveikia pagal reikalavimus	Pastebi problemą, bet negali paaiškinti	Supranta, kad parametrai netinkami (pvz., dažnis, amplitudė), bet paaiškinimas paviršutiniškas	Logiškai paaiškina, kodėl grandinė veikia ne taip, kaip tikėtasi	Paaiškina problemą ir ją išsprendžia (pvz., pakeičia komponentus, koreguoja schemą, optimizuoja veikimą) ARBA schema iš pat pradžių veikia tinkamai ir nereikalauja pakeitimų.

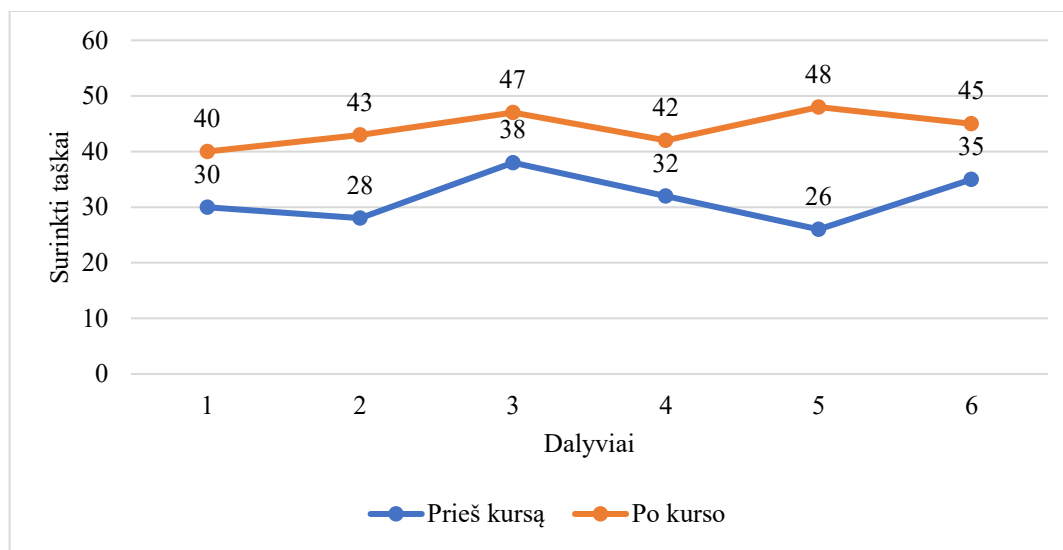
Po žinių ir praktinių gebėjimų vertinimo buvo taikoma anoniminė anketinė apklausa, kurios tikslas – nustatyti dalyvių požiūrį į mokymosi aplinką, kurso naudingumą, turinio aiškumą bei bendrą pasitenkinimą mokymosi procesu (žr. Priedą Nr.3).

Duomenų analizė buvo atliekama taikant aprašomosios statistikos metodus. Tyrimo efektyvumas buvo vertinamas remiantis žinių pagerėjimo procentu, testų rezultatų vidurkių palyginimu bei praktinių gebėjimų pokyčiu. Taip pat buvo atsižvelgiama į dalyvių subjektyvų mokymosi proceso vertinimą. Tyrimas laikomas sėkmingu, jei nustatomas **ne mažesnis kaip 20 proc.** teorinių žinių pagerėjimas bei teigiamas dalyvių požiūris į mokymosi procesą. Be to, buvo analizuojamas probleminės situacijos

pokyti, vertinant dalyvių savarankiškumą, analitinius gebėjimus ir praktinių užduočių sprendimo kokybę po mokymų.

#### 4.2. Tyrimo rezultatai ir jų analizė

Tyrimo metu buvo analizuojami 6 dalyvių teorinių žinių rezultatai prieš ir po „Moodle“ virtualiosios aplinkos kursų, kiekvienam dalyviui buvo pateikta atsitiktinai 50 klausimų, atliktas rezultatų palyginimas (žr. 30 pav.)

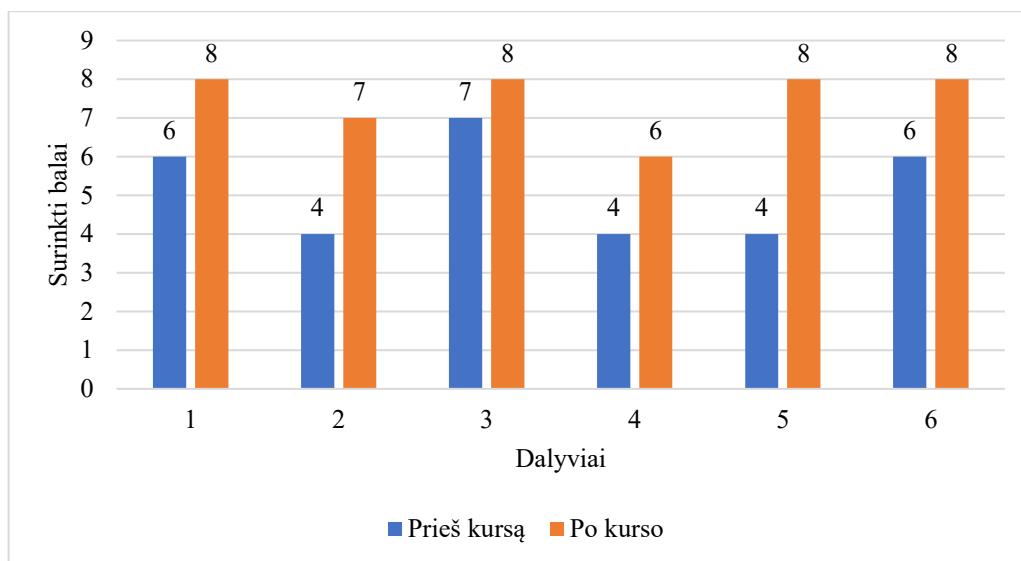


30 pav. Dalyvių teorinių žinių palyginimas prieš ir po mokymosi kurso (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip matyti 30 paveiksle, visų dalyvių testų rezultatai po mokymų yra aukštesni nei prieš mokymus, todėl stebimas aiškus teigiamas žinių pokytis. Prieš mokymus dalyvių testų rezultatų vidurkis siekė 31,5 teisingo atsakymo, o po mokymų – 44,17. Tai rodo, kad vidutinis žinių pagerėjimas sudarė apie 40 proc.

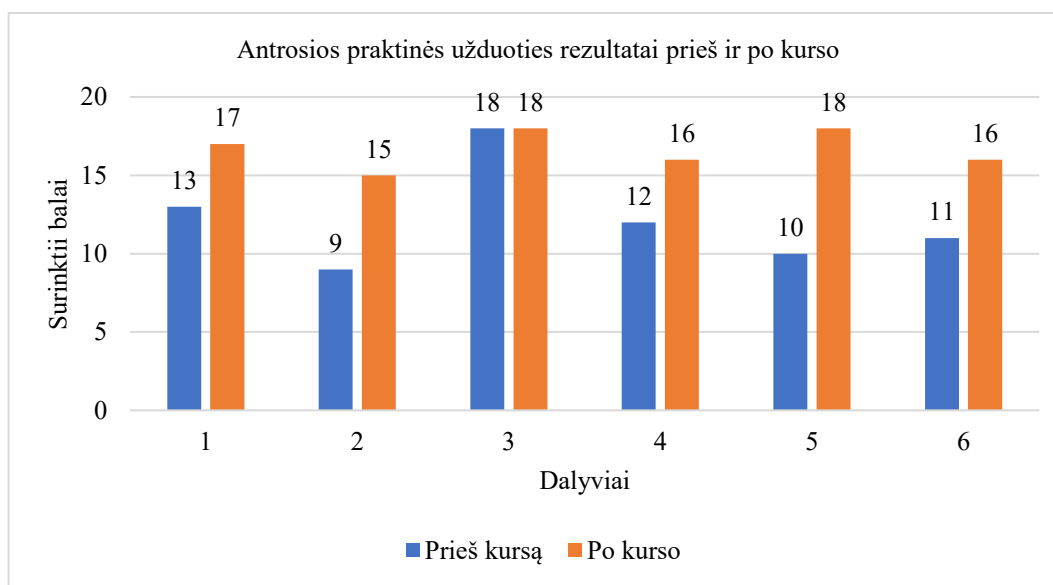
Pirmosios praktinės užduoties metu buvo siekiama įvertinti dalyvių gebėjimą atpažinti elektroninės grandinės elementus bei suprasti jų veikimo principus. Dalyviams buvo pateiktas realus elektroninis gaminys (PCB), kurio analizė reikalavo tiek teorinių žinių, tiek praktinio suvokimo. Užduoties rezultatai pateikiami 31 paveiksle.

Kaip pateikta 31 paveiksle, visų dalyvių pirmosios praktinės užduoties rezultatai po mokymų pagerėjo. Prieš mokymus dalyvių surinkti balai svyravo nuo 4 iki 7 balų, o po mokymų – nuo 6 iki 8 balų. Vertinant pagal nustatytus kriterijus, galima teigti, kad po mokymų dalyviai geriau identifiko elektroninės grandinės komponentus bei tiksliau aiškino jų veikimo principus.



**31 pav.** Dalyvių pirmos praktinės užduoties žinių palyginimas prieš ir po mokymosi kurso (sudaryta darbo autoriaus)

Antrosios praktinės užduoties metu buvo siekiama įvertinti dalyvių gebėjimą diagnozuoti elektroninės grandinės gedimus, nustatyti neveikiantį komponentą bei pagrįsti gedimo priežastį. Užduoties rezultatai pateikiami 32 paveiksle.

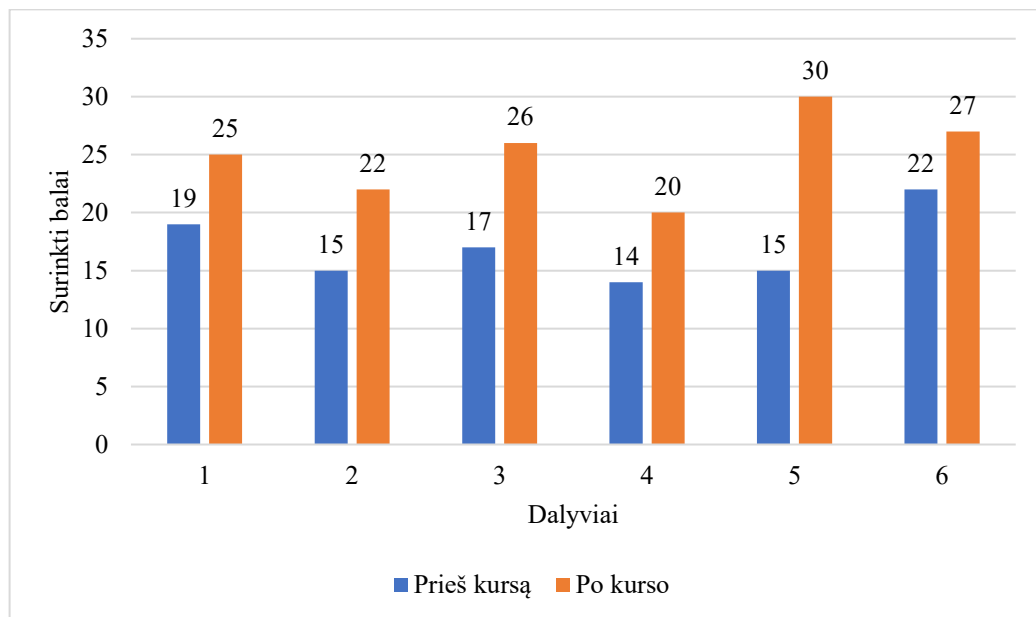


**32 pav.** Dalyvių antros praktinės užduoties žinių palyginimas prieš ir po mokymosi kurso (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip matyti iš 32 paveikslo, daugumos dalyvių antrosios praktinės užduoties rezultatai po mokymų pagerėjo. Prieš mokymus dalyvių surinkti balai svyravo nuo 9 iki 18 balų, o po mokymų – nuo 15 iki 18 balų. Tai leidžia teigti, kad mokymosi metu dalyviai geriau įsisavino elektroninių komponentų veikimo principus bei įgijo tikslesnius gedimų diagnostikos įgūdžius. Vertinant pagal nustatytus kriterijus, po

mokymų dalyviai tiksliau suprato diodo veikimo principą, gebėjo pasirinkti tinkamesnius matavimo metodus ir tiksliau atlikti matavimus. Taip pat pagerėjo rezultatų interpretavimo gebėjimai bei gedimo priežasčių paaiškinimas. Jei prieš mokymus dalyvių atsakymai dažnai buvo fragmentiški ar neišsamūs, tai po mokymų jie tapo nuoseklesni ir labiau pagrįsti, o sprendimų pasiūlymai – tikslesni ir praktiškai pritaikomi.

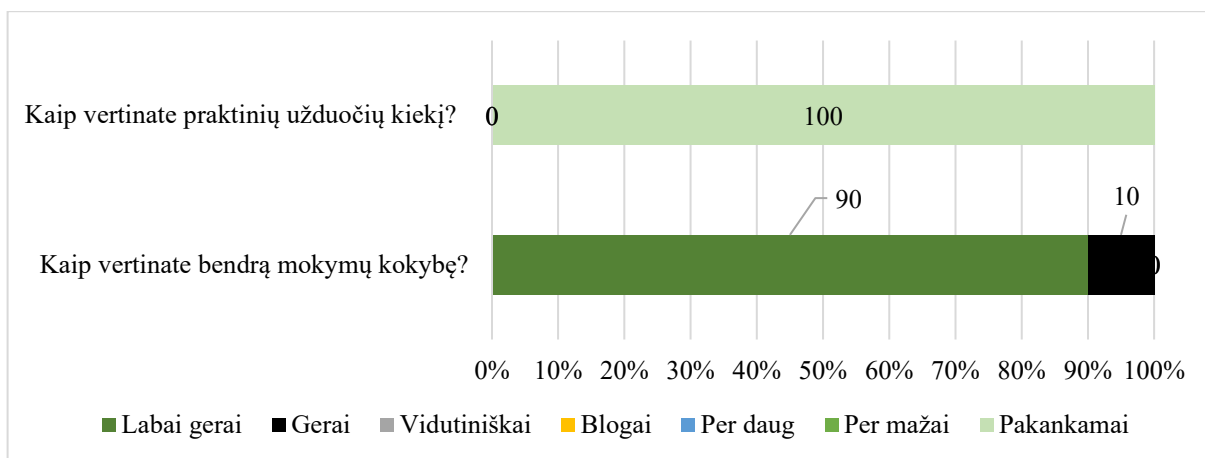
Trečiosios praktinės užduoties metu buvo vertinami dalyvių gebėjimai projektuoti, realizuoti ir analizuoti elektroninę grandinę, generuojančią stačiakampius signalus. Dalyviai turėjo sukurti signalų šaltinį, parinkti komponentus, surinkti grandinę, atlikti matavimus osciloskopu ir palyginti praktinius rezultatus su teoriniais skaičiavimais. Užduoties rezultatai pateikiami 33 paveiksle.



**33 pav.** Dalyvių trečios praktinės užduoties žinių palyginimas prieš ir po mokymosi kurso (sudaryta darbo autoriaus)

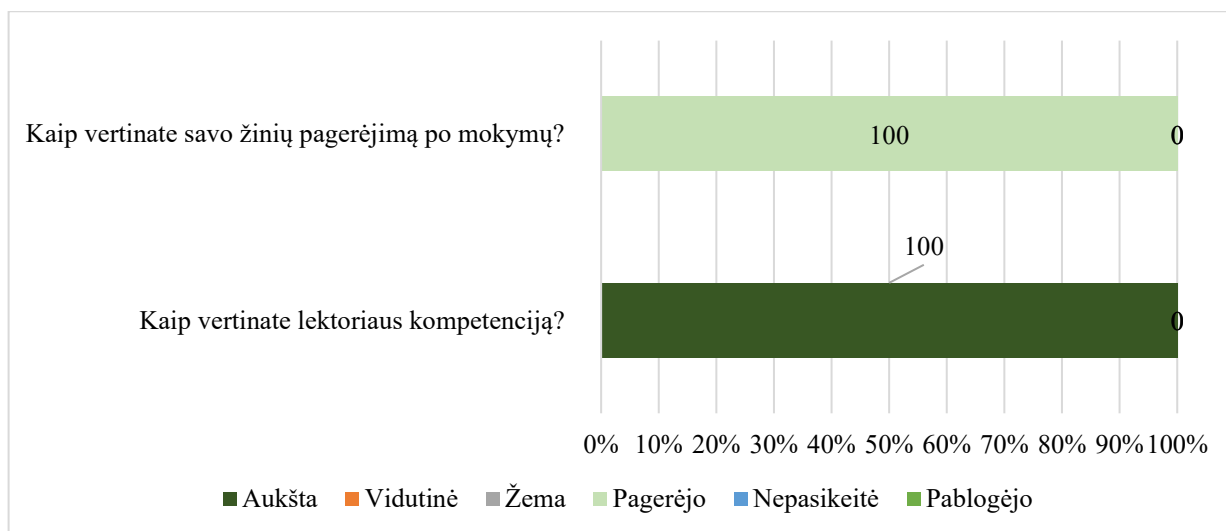
Kaip pateikta 33 paveiksle, pastebimas reikšmingas visų dalyvių trečios užduoties rezultatų pagerėjimas. Prieš mokymus dalyvių surinkti balai svyravo nuo 14 iki 22 balų, o po mokymų – nuo 20 iki 30 balų. Vertinant pagal nustatytus kriterijus, po mokymų dalyviai tiksliau projektavo grandines, tinkamiau parinko komponentus ir kokybiškiau jas surinko. Taip pat pagerėjo matavimo įrangos naudojimo įgūdžiai bei rezultatų analizė. Dalyviai gebėjo ne tik identifikuoti grandinės veikimo netikslumus, bet ir juos pagrįsti bei pasiūlyti sprendimus.

Po teorinių ir praktinių žinių vertinimo visi 6 dalyviai atliko anketinę apklausą apie sukurto „Moodle“ mokymosi aplinkos efektyvumą gerinant jų teorinės ir praktinės žinias ir gebėjimus, anketos rezultatai pateikiami žemiau.



**34 pav.** Praktinių užduočių ir bendros mokymosi kokybės vertinimas (sudaryta darbo autoriaus)

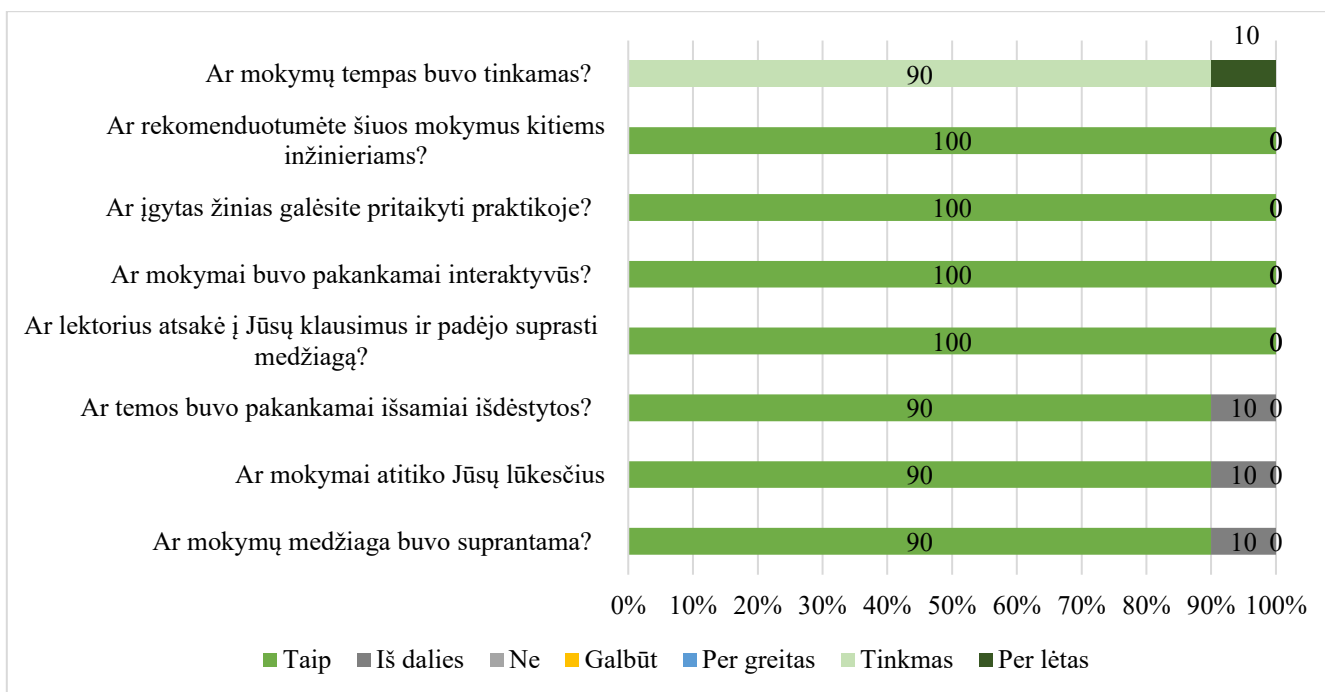
Kaip pateikta 34 paveiksle, 100 proc. visi tyrime dalyvavę dalyviai nurodė, kad praktinių užduočių buvo pakankamai. 90 proc., t.y 5 dalyviai nurodė, kad bendrą mokymosi kokybę vertina labai gerai, o 10 proc. t.y. vienas dalyvis nurodė, kad vertina gerai.



**35 pav.** Žinių pagerėjimo ir lektoriaus kompetencijos vertinimas (sudaryta darbo autoriaus)

Kaip pateikta 35 paveiksle, 100 proc. visi dalyviai nurodė, kad jų žinios po mokymų pagerėjo. Taip pat 100 proc. visi dalyviai nurodė, kad lektoriaus kompetenciją vertina aukštai.

Kaip pateikta 36 paveiksle, 90 proc. t.y 5 dalyviai nurodė, kad mokymų tempas buvo tinkamas, tik 10 proc. t.y 1 dalyvis nurodė, kad kiek per lėtas. Taip pat 90 proc. respondentų pažymėjo, kad mokymų temos buvo pakankamai išsamiai išdėstytos ir mokymų medžiaga buvo suprantama, o 10 proc. nurodė, kad šie aspektai buvo įgyvendinti tik iš dalies. 100 proc. visi dalyviai nurodė, kad mokymai buvo interaktyvūs. Be to, 90 proc. respondentų teigė, kad mokymai atitiko jų lūkesčius, o 10 proc. – tik iš dalies. Visi respondentai taip pat pažymėjo, kad rekomenduotų šiuos mokymus kitiems inžinieriams, įgytas žinias galės pritaikyti praktikoje, o lektorius mokymų metu atsakė į visus klausimus ir padėjo geriau suprasti mokymosi medžiagą.



**36 pav.** Dalyvių požiūris į mokymosi procesą (sudaryta darbo autoriaus)

Taip pat anketinės apklausos metu respondentams buvo užduodami keli atviri klausimai. Taip pat anketinės apklausos metu respondentams buvo pateikti atviri klausimai. Atsakydami į klausimą, kas jiems labiausiai patiko šiame kurse, respondantai išskyrė keletą pagrindinių aspektų. Dažniausiai buvo minimas lankstus mokymosi grafikas ir galimybė mokytis individualiu tempu, kas leido derinti mokymąsi su darbu. Taip pat pabrėžta praktinių užduočių nauda, ypač galimybė jas atlikti realioje darbo aplinkoje bei iš karto pritaikyti įgytas žinias praktikoje. Respondantai teigiamai vertino didelį mokomosios medžiagos kiekį ir virtualiąsias laboratorijas, kurios sudarė sąlygas eksperimentuoti be papildomos įrangos. Be to, buvo išskirtas individualaus mokymosi plano ir konsultacijų naudingumas, padedantis spręsti konkrečias problemas ir geriau suprasti mokymosi turinį. Taip pat pažymėta darbdavio suteikta galimybė skirti laiką mokymuisi, kas prisidėjo prie gilesnio įsigilinimo į studijuojamą medžiagą.

Atsakydami į klausimą, ką reikėtų patobulinti, respondantai išskyrė keletą tobulintinų aspektų. Dalis respondentų nurodė, kad norėtų daugiau gyvų (tiesioginių) susitikimų su lektoriumi. Taip pat pastebėta, kad kai kurios temos galėtų būti pateikiamos paprasčiau, ypač pradiniam etape, kai trūksta pagrindinių žinių. Respondantai išreiškė poreikį didesniai praktinių užduočių kiekiui bei daugiau pavyzdžių iš realių projektų, ypač susijusių su PCB projektavimu. Be to, buvo paminėta aiškesnės mokymų struktūros pradžioje svarba bei papildomų užsiėmimų automatikos tematika poreikis. Kai kurie respondantai taip pat pažymėjo, kad kartais trūko greitesnio grįžtamojo ryšio į atliktas praktines užduotis.

*Apibendrinus, virtualiosios mokymosi aplinkos kurso taikymo vertinimo rezultatus, galima teigti, jog organizuoti mokymai turėjo reikšmingą teigiamą poveikį dalyvių teorinėms žinioms ir praktiniams gebėjimams. Teorinių žinių vertinimas parodė, kad vidutinis rezultatų pagerėjimas siekė apie 40 proc., taip viršijant iškeltą tikslą padidinti žinias bent 20 proc. Visų praktinių užduočių rezultatai taip pat nuosekliai gerėjo, o tai rodo, kad dalyviai ne tik įsisavino teorinę medžiagą, bet ir gebėjo ją sėkmingai*

*taikyti praktikoje – identifikuoti elektroninių grandinių komponentus, diagnozuoti gedimus bei projektuoti grandines. Anketinės apklausos rezultatai patvirtino kiekybinių duomenų tendencijas – visi respondentai nurodė, kad jų žinios pagerėjo, teigiamai įvertino mokymų kokybę, lektoriaus kompetenciją ir mokymosi aplinkos interaktyvumą. Taip pat išryškėjo svarbūs mokymosi proceso privalumai, tokie kaip lankstus mokymosi grafikas, praktinių užduočių nauda, virtualiųjų laboratorijų taikymas bei galimybė žinias pritaikyti darbo aplinkoje. Nors buvo išskirti ir tam tikri tobulintini aspektai – gyvų susitikimų poreikis, aiškesnė struktūra, daugiau praktikos ir greitesnis grįžtamasis ryšys, bendri rezultatai leidžia daryti išvadą, kad taikytas mokymo modelis yra efektyvus ir tinkamas elektronikos inžinerijos kompetencijoms ugdyti.*

### **4.3. Tyrimo išvados**

1. Sukurta virtualioji mokymosi aplinka turėjo teigiamą poveikį elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimui. Tyrimo metu nustatyta, kad po mokymosi kurso pagerėjo visų dalyvių teorinių žinių rezultatai, o vidutinis žinių pokytis siekė apie 40 proc. Tai rodo, kad taikyta mokymosi aplinka leido efektyviai perteikti teorinę medžiagą ir padėjo dalyviams geriau įsisavinti pagrindines elektronikos inžinerijos temas.
2. Praktinių užduočių rezultatai taip pat parodė teigiamą pokytį. Po mokymų dalyviai tiksliau atpažino elektroninių grandinių komponentus, geriau suprato jų veikimo principus, gebėjo tikslingiau diagnozuoti gedimus ir pagrįsti priimtus sprendimus. Trečiosios praktinės užduoties rezultatai parodė, kad dalyviai pagerino grandinių projektavimo, komponentų parinkimo, matavimo įrangos naudojimo ir rezultatų analizės gebėjimus. Tai leidžia teigti, kad virtualiojoje mokymosi aplinkoje taikytos teorinės medžiagos, praktinių užduočių ir virtualiųjų laboratorijų derinys sudarė sąlygas ne tik žinių įgijimui, bet ir jų taikymui praktikoje.
3. Dalyvių apklausos rezultatai patvirtino teigiamą mokymosi aplinkos vertinimą. Respondentai palankiai įvertino mokymų kokybę, interaktyvumą, lektoriaus kompetenciją, praktinių užduočių naudą ir galimybę mokytis lanksčiu tempu. Taip pat nustatyta, kad mokymosi aplinka atitiko daugumos dalyvių lūkesčius, o įgytos žinios gali būti pritaikomos profesinėje veikloje. Vis dėlto tyrimo metu išryškėjo ir tobulintini aspektai: poreikis organizuoti daugiau tiesioginių susitikimų su lektoriumi, aiškiau pateikti kai kurias temas, didinti praktinių užduočių kiekį ir užtikrinti greitesnį grįžtamąjį ryšį. Taigi, sukurta virtualioji mokymosi aplinka yra naudinga elektronikos inžinierių kompetencijų tobulinimui, tačiau jos taikymo efektyvumą galima dar labiau didinti stiprinant konsultacinę pagalbą, praktinį turinį ir mokymosi proceso struktūravimą.

## Išvados

1. Atlikta teorinė analizė parodė, kad elektronikos inžinerijos specialistų rengime būtina derinti techninių ir bendrųjų kompetencijų ugdymą bei taikyti lanksčias, praktika grįstas mokymosi formas. Nustatyta, kad virtualiosios mokymosi aplinkos, ypač „Moodle“, sudaro sąlygas efektyviai organizuoti individualizuotą mokymąsi, integruoti virtualiąsias laboratorijas, stebėti pažangą ir ugdyti praktinius gebėjimus.
2. Empirinis tyrimas atskleidė, kad elektronikos inžinerijos studentai ir specialistai teigiamai vertina nuotolinį ir mišrų mokymąsi dėl jo lankstumo ir galimybės derinti mokymąsi su darbu. Respondentai kaip svarbiausias priemones išskyrė praktines užduotis, virtualiąsias laboratorijas, konsultacijas, aiškia kurso struktūrą ir grįžtamąjį ryšį.
3. Sukurta „Moodle“ pagrindu veikianti virtualioji mokymosi aplinka, kurioje integruotos virtualiosios laboratorijos („PhET“, „Falstad“), automatizuotas programavimo vertinimas („CodeRunner“), interaktyvus turinys („H5P“) ir sinchroninės komunikacijos priemonės („Google Meet for „Moodle“). Sukurtas individualizuoto mokymosi modelis leido pritaikyti mokymosi turinį pagal besimokančiųjų žinių lygį ir kompetencijų poreikius.
4. Virtualiosios mokymosi aplinkos taikymo vertinimas parodė, kad po mokymų dalyvių teorinių žinių vidurkis padidėjo apie 40 proc., o praktinių užduočių rezultatai reikšmingai pagerėjo. Dalyviai tiksliau identifikavo elektroninių grandinių komponentus, geriau diagnozavo gedimus, efektyviau projektavo grandines ir taikė matavimo metodus. Apklausos rezultatai patvirtino, kad sukurta aplinka buvo vertinama teigiamai dėl interaktyvumo, praktinio pritaikomumo ir lankstaus mokymosi proceso.

## Literatūros sąrašas

1. PAUDEL, Pitambar. Online education: Benefits, challenges and strategies during and after COVID-19 in higher education. *International Journal on Studies in Education (IJonSE)*, 2021, 3.2 [tps://doi.org/10.46328/ijonse.32](https://doi.org/10.46328/ijonse.32)
2. WANG, Xiaoran, et al. Hybrid teaching after COVID-19: advantages, challenges and optimization strategies. *BMC Medical Education*, 2024, 24.1: 753 <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05745-z>
3. ADEDOYIN, Olasile Babatunde; SOYKAN, Emrah. Covid-19 pandemic and online learning: the challenges and opportunities. *Interactive learning environments*, 2023, 31.2: 863-875 <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1813180>
4. KHURANA, Chesta. *Exploring the role of multimedia in enhancing social presence in an asynchronous online course*. 2016. PhD Thesis. Rutgers University-Graduate School-New Brunswick <https://doi.org/doi:10.7282/T3N018Q3>
5. Elaish MM, Shuib L, Ghani NA, Yadegaridehkordi E. Mobile English language learning (MELL): A literature review. *Educational Review*. 2019 Mar 4;71(2):257-76 <https://doi.org/10.1080/00131911.2017.1382445>
6. ZOU, Juncheng. Empowering Electrical Engineering and Automation Majors: Technology-Driven Machine Vision Curriculum Reform for the Digital Age. *Journal of Natural Science Education (ISSN: 3005-5792)*, 2024, 1.3: 47 Prieiga per internetą: <http://www.stemmpress.com/uploadfile/202405/1dda8d38fe501d.pdf>
7. KUZOVKOVA, T. A.; SHARAVOVA, O. I.; SHARAVOVA, M. M. The Causes and Sources of the Evolution of Engineering Education Competencies in the Field of Electronics and Communications. In: *2024 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED)*. IEEE, 2024. p. 1-5 <https://doi.org/10.1109/TIRVED63561.2024.10769847>
8. CRUZ, Mariana Leandro; SAUNDERS-SMITS, Gillian N.; GROEN, Pim. Evaluation of competency methods in engineering education: a systematic review. *European Journal of Engineering Education*, 2020, 45.5: 729-757 <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1671810>
9. ZHANG, Fengru, et al. Interdisciplinary Education in Electrical and Electronic Engineering: Trends and Opportunities. *Journal of Modern Education and Culture*, 2024, 1.1. <https://doi.org/10.70767/jmec.v1i1.88>
10. JACQUES, Sébastien; OUAHABI, Abdeldjalil; LEQUEU, Thierry. Remote knowledge acquisition and assessment during the COVID-19 pandemic. *international Journal of engineering Pedagogy (iJeP)*, 2020, 10. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9453887>
11. RICHTER, Tanja; KJELLGREN, Björn. Comparing peer-reviewed competence frameworks for engineers: a systematic review and critical discussion of backgrounds, development, and content. *Australasian Journal of Engineering Education*, 2025, 1-22. <https://doi.org/10.1080/22054952.2025.2509390>
12. MO, Tiande, et al. Trends and emerging technologies for the development of electric vehicles. *Energies*, 2022, 15.17: 6271 <https://doi.org/10.3390/en15176271>
13. XIAO, Jin, et al. In-Depth Reform and Practice of Theory-Practice Integration in Core Curriculum of Electrical Majors in New Engineering and Technical Disciplines. *International Journal of Learning and Teaching*, 2021, 8.1: 23-30 <https://doi.org/10.18178/ijlt.8.1.23-30>

14. LESIA, Sakun, et al. Use of modern educational technologies in the electrical engineers and electromechanics preparation by a blended learning system. In: *2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. IEEE, 2021. p. 1-5. <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.9598702>
15. ASGARI, Shadnaz, et al. An observational study of engineering online education during the COVID-19 pandemic. *Plos one*, 2021, 16.4: e0250041 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250041>
16. ALAM, Ashraf; MOHANTY, Atasi. Discerning the application of virtual laboratory in curriculum transaction of software engineering lab course from the lens of critical pedagogy. In: *Sentiment Analysis and Deep Learning: Proceedings of ICSADL 2022*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 53-68 [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5443-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5443-6_5)
17. BALTÀ-SALVADOR, Rosó, et al. Academic and emotional effects of online learning during the COVID-19 pandemic on engineering students. *Education and information technologies*, 2021, 26.6: 7407-7434 <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10593-1>
18. MIRANDA, Jhonattan, et al. The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. *Computers & Electrical Engineering*, 2021, 93: 107278 <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>
19. ISMAIL, Asnidatul Adilah; HASSAN, Razali. Technical competencies in digital technology towards industrial revolution 4.0. *Journal of Technical Education and Training*, 2019, 11.3 <https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.03.008>
20. FRANITA, R., Harahap, A. F., & Sukriah, Y. (2016). Analisa pengangguran di Indonesia. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 1(3), 88-93. Prieiga per internet: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67786553/ANALISA\\_PENGANGGURAN\\_DI\\_INDONESIA-A-libre.pdf?1624880722=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DANALISA\\_PENGANGGURAN\\_DI\\_INDONESIA.pdf&Expires=1736945089&Signature=g5G9nQZ~0w1DwWlj~90vwgrEBmBkeYJO3PZdBW1Fzole6zlubspZ4gark~RRHp6K0Vmzhe0NLTo4P~VbWEzvxvPSoRIMT2MAtoFCXC6yH4LFuGycmUJ8o4WR31XhTv92YZ~bV-gjhUoulispyzI7GVt6IUutwAeBTwcVQMkj91xo7jz18VBIVr~EYTwwBw4hUd6X~PYRrUSbZn~Y3FQ1XuZG5Gb4W909fEQTbIqQnBrXe4Oywe91n6Z8yIMQR6I3SSYXN0HUu0Xq8J0X68bTLdoPgKqQBg3k38GkbyyRGOz0w4vDR2hHca6dsQ5U-BM8TBs-qFi6c0ef5cOslWq0gQ &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67786553/ANALISA_PENGANGGURAN_DI_INDONESIA-A-libre.pdf?1624880722=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DANALISA_PENGANGGURAN_DI_INDONESIA.pdf&Expires=1736945089&Signature=g5G9nQZ~0w1DwWlj~90vwgrEBmBkeYJO3PZdBW1Fzole6zlubspZ4gark~RRHp6K0Vmzhe0NLTo4P~VbWEzvxvPSoRIMT2MAtoFCXC6yH4LFuGycmUJ8o4WR31XhTv92YZ~bV-gjhUoulispyzI7GVt6IUutwAeBTwcVQMkj91xo7jz18VBIVr~EYTwwBw4hUd6X~PYRrUSbZn~Y3FQ1XuZG5Gb4W909fEQTbIqQnBrXe4Oywe91n6Z8yIMQR6I3SSYXN0HUu0Xq8J0X68bTLdoPgKqQBg3k38GkbyyRGOz0w4vDR2hHca6dsQ5U-BM8TBs-qFi6c0ef5cOslWq0gQ &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
21. MUZULON, Nádyá Zanin, et al. Beyond Technical Skills: Competency Framework for Engineers in the Digital Transformation Era. *Societies*, 2025, 15.8: 217. <https://doi.org/10.3390/soc15080217>
22. FORERO-GARCÍA, Edwin, et al. Energetic Competencies in Electronic Engineering Education A Sustainable Social Commitment. *Journal of Engineering Education Transformations*, 2022, 55-66. <https://doi.org/10.16920/jeet/2022/v36i2/22154>
23. MUNIR, Fouzia. More than technical experts: Engineering professionals' perspectives on the role of soft skills in their practice. *Industry and Higher Education*, 2022, 36.3: 294-305 <https://doi.org/10.1177/09504222211034725>
24. CHOOKAEW, Sasithorn; HOWIMANPORN, Suppachai. Upskilling and reskilling for engineering workforce: Implementing an automated manufacturing 4.0 technology training course. *Global*

- Journal of Engineering Education*, 2022, 24.1: 34-39 Prieiga per internetą <http://www.wiete.com.au/journals/GJEE/Publish/vol24no1/05-Chookaew-S.pdf>
25. POCHTOVYUK, Andrey, et al. Formation of Organizational and Managerial Competence of Electrical Engineers. In: *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. IEEE, 2020. p. 1-4 <https://doi.org/10.1109/PAEP49887.2020.9240862>
  26. LIETUVOS RESPUBLIKOS EKONOMIKOS IR INOVACIJŲ MINISTERIJA. *Elektronikos inžinierius*. Lietuvos profesijų klasifikatorius, 2023 [žiūrėta 2025-01-06]. Prieiga per internetą: <https://www.profesijuklasifikatorius.lt/lt/node/1689>
  27. ZHANG, Fengru, et al. Interdisciplinary Education in Electrical and Electronic Engineering: Trends and Opportunities. *Journal of Modern Education and Culture*, 2024, 1.1. <https://doi.org/10.70767/jmec.v1i1.88>
  28. COUNCIL, N. R., et al. *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: National Academies Press, 2013 Prieiga per internetą: [https://hewlett.org/wp-content/uploads/2016/08/Education\\_for\\_Life\\_and\\_Work.pdf](https://hewlett.org/wp-content/uploads/2016/08/Education_for_Life_and_Work.pdf)
  29. YAAKOB, Hashamuddin, et al. Employers' Perception on Malaysian Polytechnic Graduates Employability Skills. In: *First International Multidisciplinary Academic Conference 2018, October*. 2018. p. 1-8 Prieiga per internetą: [https://www.researchgate.net/profile/Hashamuddin-Yaakob/publication/328225470\\_Employers'\\_Perception\\_on\\_Malaysian\\_Polytechnic\\_Graduates\\_Employability\\_Skills/links/5bbf6cf892851c88fd65095e/Employers-Perception-on-Malaysian-Polytechnic-Graduates-Employability-Skills.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hashamuddin-Yaakob/publication/328225470_Employers'_Perception_on_Malaysian_Polytechnic_Graduates_Employability_Skills/links/5bbf6cf892851c88fd65095e/Employers-Perception-on-Malaysian-Polytechnic-Graduates-Employability-Skills.pdf)
  30. RODZALAN, Shazaitul Azreen, et al. TVET skills gap analysis in electrical and electronic industry: perspectives from academicians and industry players. *Journal of Technical Education and Training*, 2022, 14.1: 158-177 Prieiga per internetą: <https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/JTET/article/view/10053/5100>
  31. MANPOWERGROUP. *Global talent shortage: The biggest workforce challenge of 2023*. 2023. Prieiga per internetą: [https://go.manpowergroup.com/hubfs/MPG\\_TS\\_2023\\_Infographic\\_FINAL.pdf](https://go.manpowergroup.com/hubfs/MPG_TS_2023_Infographic_FINAL.pdf) [žiūrėta 2025-01-02].
  32. HIRUDAYARAJ, Malar, et al. Soft skills for entry-level engineers: What employers want. *Education Sciences*, 2021, 11.10: 641 <https://doi.org/10.3390/educsci11100641>
  33. GERO, Aharon; MANO-ISRAELI, Shai. Importance of technical and soft skills: Electronics students' and teachers' perspectives. *Global J Eng Educ*, 2020, 22: 13-19 Prieiga per internetą: [https://www.researchgate.net/profile/Aharon-Gero/publication/339439953\\_Importance\\_of\\_technical\\_and\\_soft\\_skills\\_Electronics\\_students'\\_and\\_teachers'\\_perspectives/links/5e52638c458515072db330e9/Importance-of-technical-and-soft-skills-Electronics-students-and-teachers-perspectives.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Aharon-Gero/publication/339439953_Importance_of_technical_and_soft_skills_Electronics_students'_and_teachers'_perspectives/links/5e52638c458515072db330e9/Importance-of-technical-and-soft-skills-Electronics-students-and-teachers-perspectives.pdf)
  34. GHARAIBEH, Ali; KRAMMER, Oliver; CUMMINGS, Victoria. Addressing the Skills Gap in Microelectronics—Development and Validation of Reactive Response in the Project European Chips Skills Academy. In: *2024 IEEE 30th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*. IEEE, 2024. p. 291-294 <https://doi.org/10.1109/SIITME63973.2024.10814855>

35. FAJARYATI, Nuryake, et al. The employability skills needed to face the demands of work in the future: Systematic literature reviews. *Open Engineering*, 2020, 10.1: 595-603  
<https://doi.org/10.1515/eng-2020-0072>
36. QADIR, Junaid, et al. Engineering education, moving into 2020s: Essential competencies for effective 21st century electrical & computer engineers. In: *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 2020. p. 1-9 <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274067>
37. ALTRINGER, Beth; HABBAL, Fawwaz. Embedding design thinking in a multidisciplinary engineering curriculum. In: *VentureWell. Proceedings of Open, the Annual Conference*. National Collegiate Inventors & Innovators Alliance, 2015. p. 1 Prieiga per internetą: <https://venturewell.org/open2015/wp-content/uploads/2013/10/ALTRINGER.pdf>
38. KOLODIICHUK, Liubomyr. The structural and functional model of designing digital competence of future electrical profile specialists. *Baltic Journal of Legal and Social Sciences*, 2022, 1: 96-102  
<https://doi.org/10.30525/2592-8813-2022-1-12>
39. HADGRAFT, Roger G.; KOLMOS, Anette. Emerging learning environments in engineering education. *Australasian Journal of Engineering Education*, 2020, 25.1: 3-16  
<https://doi.org/10.1080/22054952.2020.1713522>
40. MORRIS, Libby V. Designing the future in higher education. *Innovative Higher Education*, 2018, 43: 321-322 <https://doi.org/10.1007/s10755-018-9439-x>
41. HRISTOVA, Teodora, et al. Automated Tracking of Electrical Engineer Competencies through Blockchain Technology. In: *2023 4th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES)*. IEEE, 2023. p. 1-8  
<https://doi.org/10.1109/CIEES58940.2023.10378781>
42. MOHD KAMARUZAMAN, F., et al. Communication skills attributes for IR 4.0 for engineering graduates. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 2020, 7.8 Prieiga per internetą: [https://www.researchgate.net/profile/Fathiyah-Mohd-Kamaruzaman/publication/346784107\\_Communication\\_Skills\\_Attributes\\_For\\_IR\\_40\\_For\\_Engineering\\_Graduates/links/5fd09e5f92851c00f85f4ae7/Communication-Skills-Attributes-For-IR-40-For-Engineering-Graduates.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fathiyah-Mohd-Kamaruzaman/publication/346784107_Communication_Skills_Attributes_For_IR_40_For_Engineering_Graduates/links/5fd09e5f92851c00f85f4ae7/Communication-Skills-Attributes-For-IR-40-For-Engineering-Graduates.pdf)
43. ARCELAY, Irene, et al. Definition of the future skills needs of job profiles in the renewable energy sector. *Energies*, 2021, 14.9: 2609 <https://doi.org/10.3390/en14092609>
44. BRAUN, Greta. *Towards bridging skill gaps for the future industrial workforce*. Chalmers Tekniska Hogskola (Sweden), 2023 Prieiga per internetą: [https://research.chalmers.se/publication/537006/file/537006\\_Fulltext.pdf](https://research.chalmers.se/publication/537006/file/537006_Fulltext.pdf)
45. BARDALES, Einstein Sánchez, et al. Key Competencies for Industry 5.0 in Undergraduate Engineering Students. In: *2024 International Symposium on Accreditation of Engineering and Computing Education (ICACIT)*. IEEE, 2024. p. 1-7  
<https://doi.org/10.1109/ICACIT62963.2024.10788655>
46. ALSULAIMANI, Bandar; ISLAM, Amanul. Impact of 4ir technology and its impact on the current deployment. *arXiv preprint arXiv:2209.01791*, 2022 <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.01791>
47. MAGENUKA, T. K.; SIBANDA, M. Developing a Curriculum for the Fourth Industrial Revolution in Electrical Engineering Education. In: *Proceedings of the 10th Focus Conference (TFC 2023)*. Springer Nature, 2023. p. 284 Prieiga per internetą:

- [https://books.google.co.uk/books?hl=lt&lr=&id=nUjhEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA284&dq=18.%09MAGENUKA,+T.+K.%3B+SIBANDA,+M.+Developing+a+Curriculum+for+the+Fourth+Industrial+Revolution+in+Electrical+Engineering+Education.+In:+Proceedings+of+the+10th+Focus+Conference+\(TFC+2023\).+Springer+Nature,+2023.+p.+284.&ots=GzfAH3q9kf&sig=g7f\\_TaRIn7fA\\_KvyML0ZkguFYyNo&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.uk/books?hl=lt&lr=&id=nUjhEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA284&dq=18.%09MAGENUKA,+T.+K.%3B+SIBANDA,+M.+Developing+a+Curriculum+for+the+Fourth+Industrial+Revolution+in+Electrical+Engineering+Education.+In:+Proceedings+of+the+10th+Focus+Conference+(TFC+2023).+Springer+Nature,+2023.+p.+284.&ots=GzfAH3q9kf&sig=g7f_TaRIn7fA_KvyML0ZkguFYyNo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
48. QUINTERO, Walter Rosas; MALDONADO, Julia Eleana Namuche. Competencies of the engineer in industry 4.0 context: a systematic literature review. *Production*, 2024, 34: e20230051 <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20230051>
  49. KIPRONO, Keter Amos; PETER, Okemwa; F G, Kanyeki. Relationship between technical skills acquired and skills required on electrical equipment servicing among electrical engineering technicians in manufacturing industries in Kenya. *International Journal of Engineering and Management Research*, 2020, 10 <https://doi.org/10.31033/ijemr.10.4.7>
  50. TUR, Oksana, et al. The Role of Integrated Electrical Engineering Disciplines in the Development of Student Professional Competencies. In: *2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*. IEEE, 2022. p. 1-6 <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005778>
  51. SUKACKÉ, Vilma, et al. Towards active evidence-based learning in engineering education: A systematic literature review of PBL, PjBL, and CBL. *Sustainability*, 2022, 14.21: 13955. <https://doi.org/10.3390/su142113955>
  52. AWWAD, Falah. Enhancing Electronics Courses Education: Active Learning Strategies for Undergraduate Engineering Students. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 2025, 15.2. <https://doi.org/10.3991/ijep.v15i2.51739>
  53. CHEN, Jianpei, et al. Study on teaching methods of fundamental electrical courses in engineering education. In: *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*. IEEE, 2018. p. 515-519. <https://doi.org/10.1109/IEA.2018.8387155>
  54. FAN, Hua, et al. Interdisciplinary project-based learning: Experiences and reflections from teaching electronic engineering in China. *IEEE Transactions on Education*, 2022, 66.1: 73-82. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3186184>
  55. YANG, Wenli, et al. A distributed case-and project-based learning to design 3D lab on electronic engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 2019, 27.2: 430-451.
  56. AHLEYANI, M., et al. Comparative Analysis of CBL and PBL in the Department of Electrical Engineering at Ailangga University. *WIRL: World of Immersive Learning*, 2025, 2.1: 31-37 <https://doi.org/10.63914/wirl.v2i1.82>
  57. ITURREGI, Araitz, et al. Work in progress: Project-based learning for electrical engineering. In: *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, 2017. p. 464-467. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7942888>
  58. CHEN, Jianpei, et al. Study on teaching methods of fundamental electrical courses in engineering education. In: *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*. IEEE, 2018. p. 515-519. <https://doi.org/10.1109/IEA.2018.8387155>
  59. MARCINAUSKAS, Liutauras, et al. Problem-based learning versus traditional learning in physics education for engineering program students. *Education Sciences*, 2024, 14.2: 154. <https://doi.org/10.3390/educsci14020154>

60. GIRALDO, Juan S.; KOK, Koen; PATERAKIS, Nikolaos G. A structured review on game-based learning applied to electrical power and energy engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 2024, 32.1: e22686. <https://doi.org/10.1002/cae.22686>
61. CHEN SINGH, Gurjinder, et al. Virtual reality learning environment for enhancing electronics engineering laboratory experience. *Computer Applications in Engineering Education*, 2021, 29.1: 229-243. <https://doi.org/10.1002/cae.22333>
62. PÉREZ, Raúl Frías, et al. How can game-based learning affect engineering students' confidence?. In: *2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 2022. p. 1-5. <https://doi.org/10.1109/FIE56618.2022.9962463>
63. XIAO, Jin, et al. In-Depth Reform and Practice of Theory-Practice Integration in Core Curriculum of Electrical Majors in New Engineering and Technical Disciplines. *International Journal of Learning and Teaching*, 2021, 8.1: 23-30 <https://doi.org/10.18178/ijlt.8.1.23-30>
64. RUTKAUSKIENĖ, Danguolė, et al. Nuotolinio mokymosi dėstytojo vadovas. *Kaunas: Technologija*, 2007.
65. CAEIRO-RODRÍGUEZ, Manuel, et al. Teaching soft skills in engineering education: An European perspective. *IEEE Access*, 2021, 9: 29222-29242 <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3059516>
66. SALEH, Khairul. Blended learning as a developmental model strategy of teaching and learning in Islamic Universities in Indonesia. 2021. <http://repository.uinsi.ac.id/handle/123456789/3712>
67. NGULUBE, Patrick; NCUBE, Mthokozisi Masumbika. Leveraging Learning Analytics to Improve the User Experience of Learning Management Systems in Higher Education Institutions. *Information*, 2025, 16.5: 419. <https://doi.org/10.3390/info16050419>
68. KAKLAUSKAS, Liudvikas; KAKLAUSKIENĖ, Danutė. E. STUDIJŲ AKTYVINIMO PRIEMONIŲ ĮTAKA STUDENTŲ MOKYMOSI REZULTATAMS. *Studies in Modern Society*, 2010, 1. Prieiga per internetą: [https://www.slk.lt/sites/default/files/studijos\\_2013\\_knyga\\_i\\_puslapi.pdf](https://www.slk.lt/sites/default/files/studijos_2013_knyga_i_puslapi.pdf)
69. NŠA. Nuotolinio mokymo(si) / ugdymo(si) vadovas. 2020. Prieiga per internetą: [https://www.zelsvosprogimnazija.lt/docs/nuotolinis%20mokymas/nuotolinio\\_mokymosi\\_vadovas\\_visas\\_08-20.pdf](https://www.zelsvosprogimnazija.lt/docs/nuotolinis%20mokymas/nuotolinio_mokymosi_vadovas_visas_08-20.pdf)
70. TOKATLIDIS, Christos, et al. Virtual Environment in Engineering Education: The Role of Guidance, Knowledge and Skills Development in Electronic Circuits Teaching. *Education Sciences*, 2024, 14.12: 1336. <https://doi.org/10.3390/educsci14121336>
71. FAN, Yuanyuan; EVANGELISTA, Ana; INDUMATHI, V. Evaluation of remote or virtual laboratories in e-learning engineering courses. In: *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, 2021. p. 136-143. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9454067>
72. LYNCH, Tiina; GHERGULESCU, Ioana. Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching STEM subjects. *INTED2017 proceedings*, 2017, 6082-6091. <https://doi.org/10.21125/inted.2017.1422>
73. Frady K. Use of virtual labs to support demand-oriented engineering pedagogy in engineering technology and vocational education training programmes: A systematic review of the literature. *European Journal of Engineering Education*. 2023 Sep 3;48(5):822-41. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2141610>

74. CHEN, Xuemin, et al. Developing virtual and remote undergraduate laboratory for Engineering Technology. In: *2010 Annual Conference & Exposition*. 2010. p. 15.390. 1-15.390. 8. <https://doi.org/10.18260/1-2--16609>
75. YANG, Wenli, et al. A distributed case-and project-based learning to design 3D lab on electronic engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 2019, 27.2: 430-451. <https://doi.org/10.1002/cae.22087>
76. GAUR, V., et al. A Smart Learning Management System for Virtual Labs. *Journal of Engineering Education Transformations*, 2024, 164-177. <https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38i1/24184>
77. SAPEHA, Anastasiia, et al. Learning management systems as a platform for deployment of remote and virtual laboratory environments. 2022. <http://dx.doi.org/10.25673/76944>
78. YILMAZ, Emine, et al. A Comparison of Open-Source Learning Management Systems Used for Distance Education in Higher Education Institutions. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 2024, 8.2: 211-222 <https://doi.org/10.47897/bilmes.1597768>
79. OPEN ECLASS PROJECT. Open eClass Documentation. Web site. Prieiga per: [https://docs.openecclass.org/en/3.9/short\\_description](https://docs.openecclass.org/en/3.9/short_description). [žiūrėta 2025-01-02].
80. KOVALENKO, Oksana. Distance learning technologies in a higher educational institution: Experience in using and implementing e-learning courses in the educational process. 2023. Prieiga per internetą: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/33882>
81. JABAR, Raessa; GOVENDER, Desmond Wesley. Using „Moodle“ as a Learning Management System (MVS) for e-learning: student experiences in a developing country during the Pandemic. *International Journal of Business Ecosystem & Strategy (2687-2293)*, 2025, 7.2: 422-429. <https://doi.org/10.36096/ijbes.v7i2.701>
82. DLABAČ, Tatijana; MILOVANOVIĆ, Alenka. Using „Moodle“ platform in evaluating the electrical engineering practices. In: *Technics and Informatics in Education, 8th International Scientific Conference, Proceedings of full papers*. 2020. p. 3-9. Prieiga per internetą: [https://www.ftn.kg.ac.rs/konferencije/tie2020/Radovi%20TIE%202020/EN/1\)%20Plenary%20Session/P1.pdf](https://www.ftn.kg.ac.rs/konferencije/tie2020/Radovi%20TIE%202020/EN/1)%20Plenary%20Session/P1.pdf)
83. „MOODLE“ DOCS. *Features*. „Moodle“ documentation. Prieiga per internetą <https://docs.moodle.org/501/en/Features>. [žiūrėta 2025-01-02].
84. PERAMUNUGAMAGE, Anuradha, et al. Design of „Moodle“ -based collaborative learning activities to enhance student interactions. *Asian Association of Open Universities Journal*, 2024, 19.1: 37-54. <https://doi.org/10.1108/AAOUJ-06-2023-0079>
85. BOROVA, Tetiana, et al. Fostering students' responsibility and learner autonomy by using google educational tools. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*, 2021, 13.3: 73-94. <https://doi.org/10.18662/rrem/13.3/44>
86. KOLBINA, T. V.; OLEKSENKO, O. O. Implementation of distance learning in Ukraine. 2020. <https://doi.org/10.34142/2709-7986.2020.25.1.04>
87. OSADCHA, Kateryna, et al. Modeling of the adaptive system of individualization and personalization of future specialists' professional training in the conditions of blended learning. *Educational Dimension*, 2021, 5: 109-125. <https://doi.org/10.31812/educdim.4721>

88. REBUKHA, Liliia; POLISHCHUK, Vira. Ukrainian Society and Covid-19: the Influence of the Pandemic on Educational Processes in Higher School. *Postmodern Openings/Deschideri Postmoderne*, 2020, 11.2. . <https://doi.org/10.18662/po/11.2/165>
89. AHMED, Jamil; LAGHARI, Sardaran; SIDDIQUE, Muhammad Essa. Perceived Usability of a „Moodle“ -Based Learning Management System in Higher Education. *Pakistan Social Sciences Review*, 2023, 7.3: 858-866. [https://doi.org/10.35484/pssr.2024\(8-II\)24](https://doi.org/10.35484/pssr.2024(8-II)24)
90. GULBINSKIENĖ, Dalia; MASOODI, Marjan; ŠLIOGERIENĖ, Jolita. „Moodle“ as virtual learning environment in developing language skills, fostering metacognitive awareness and promoting learner autonomy. *Pedagogika*, 2017, 127.3: 176-185. <http://dx.doi.org/10.15823/p.2017.47>
91. BUCHNER, Alex. *“Moodle“ 4 Administration: An administrator's guide to configuring, securing, customizing, and extending „Moodle“* . Packt Publishing Ltd, 2022. Prieiga per internetą: [https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=p1OZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq="+Moodle](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=p1OZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=)  
[e“](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=p1OZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=)  
[+architecture+and+technical+requirements+for+instalation&ots=UDKGELNcQH&sig=AF1HgW](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=p1OZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=)  
[ZRZ3WBnij1e2XbL1JqTvE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=„Moodle“](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=p1OZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=)  
[%20architecture%20and%20technical%20requirements%20for%20instalation&f=false">%20architecture%20and%20technical%20requirements%20for%20instalation&f=false](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=p1OZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=)
92. „MOODLE“ DOC. *Installing „Moodle“* . „Moodle“ 5.1 dokumentacija. „Moodle“ .org. Prieiga per: [https://docs.“Moodle“.org/en/Installing\\_“Moodle“](https://docs.“Moodle“.org/en/Installing_“Moodle“). [žiūrėta 2025-01-02].
93. „MOODLE“ DEV. *„Moodle“ 5.1 – Server requirements*. „Moodle“ Developer Resources. Available at: <https://“Moodle“dev.io/general/releases/5.1>. [žiūrėta 2025-01-02].
94. „MOODLE“ DOC. *Roles 2.0*. „Moodle“ documentation. Prieiga per: [https://docs.“Moodle“.org/19/en/Roles\\_2.0](https://docs.“Moodle“.org/19/en/Roles_2.0). [žiūrėta 2025-01-02].
95. „MOODLE“ DOC. *Boost theme*. „Moodle“ documentation. Prieiga per: [https://docs.“Moodle“.org/501/en/Boost\\_theme](https://docs.“Moodle“.org/501/en/Boost_theme). [žiūrėta 2025-01-02].
96. BATESON, Gordon. Enhancing Course Page Usability on a Standard „Moodle“ Site Using Generic JavaScript and Bootstrap CSS. (*No Title*), 2022. Prieiga per internetą: <https://teflpraxis.org/wp-content/uploads/2024/01/TEFL-Praxis-Journal-Vol-1.6-Bateson.pdf>
97. NIELSEN, Jakob; MOLICH, Rolf. Heuristic evaluation of user interfaces. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. 1990. p. 249-256. Prieiga per internetą: [https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/97243.97281?trk=public\\_post\\_comment-text](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/97243.97281?trk=public_post_comment-text)
98. OFOSU-ASARE, Yaw. Enhancing user experience in online learning environments: Design, evaluation, and usability techniques. *Journal of graphic engineering and design*, 2024, 15.4: 45-59. <https://doi.org/10.24867/JGED-2024-4-045>
99. PANDA, Akshyat Kumar, et al. Enhancing the efficacy of virtual study spaces in the age of online learning. In: *2024 International Conference on Emerging Systems and Intelligent Computing (ESIC)*. IEEE, 2024. p. 620-625. <https://doi.org/10.1109/ESIC60604.2024.10481657>
100. JAYASIRI, Jayani Mudiyansele Sandamali; JAYALAL, Shantha. The Improving Accessibility of E-Learning Systems for Visually Impaired Students in Sri Lanka: An Evaluation Based on Wcag Principles. *Vallis Aurea*, 2025, 11.1: 1-16. <https://doi.org/10.62598/JVA.11.1.1.12>
101. THAMMACHOKMONGKOL, Piyarat. *Content accessibility evaluation on a learning management system for students with visual impairments*. 2025. PhD Thesis. Mae Fah Luang

- University. Learning Resources and Educational Media Centre. <http://mfuir.mfu.ac.th:80/xmlui/handle/123456789/1248>
102. „MOODLE“ DEV. Common files. „Moodle“ *Developer Documentation*. Prieiga per: <https://“Moodle“ dev.io/docs/5.2/apis/commonfiles>. [žiūrėta 2025-01-03].
  103. FIRDAUS, Lukmannul Hakim; WISNUADHI, Bambang; RAHMANI, Ani. Optimizing Function Point Analysis in „Moodle“ : A Plugin-Based Solution for Automated Grading and Student Assessment. *Media Jurnal Informatika*, 2025, 17.1a: 163-174. <https://doi.org/10.35194/mji.v0i0.5758>
  104. ČEKANA VIČIUS, Vydas; MURAU SKAS, Gediminas. Taikomoji regresinė analizė socialiniuose tyrimuose. *Vilniaus universiteto leidykla*, 2014, 33-38.
  105. LAKADA, Maharani Nadia; LAPIAN, SLHV Joice; TUMIWA, Johan R. Analyzing the financial statement using horizontal–vertical analysis to evaluating the company financial performance period 2012-2016 (Case Study at PT. Unilever Indonesia Tbk). *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 2017, 5.3. <https://doi.org/10.35794/emba.v5i3.18270>
  106. FERREIRA, Carla, et al. In search of a more balanced engineering curriculum: The perspective of students, teachers, alumni and employers. *Trends in Higher Education*, 2024, 3.1: 142-154.
  107. LEAVY, Patricia. *Research design: Quantitative, qualitative, mixed methods, arts-based, and community-based participatory research approaches*. Guilford publications, 2022. Prieiga internetu: [https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=qUiKEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=26.%09LEAVY,+Patricia.+Research+design:+Quantitative,+qualitative,+mixed+methods,+arts-based,+and+community-based+participatory+research+approaches.+Guilford+publications,+2022.&ots=RxPcKpJn9Q&sig=kzs6ZXQL6810eM7-xZVbgE6D5h0&redir\\_esc=y#v=onepage&q=26.%09LEAVY%2C%20Patricia.%20Research%20design%3A%20Quantitative%2C%20qualitative%2C%20mixed%20methods%2C%20arts-based%2C%20and%20community-based%20participatory%20research%20approaches.%20Guilford%20publications%2C%202022.&f=false](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=qUiKEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=26.%09LEAVY,+Patricia.+Research+design:+Quantitative,+qualitative,+mixed+methods,+arts-based,+and+community-based+participatory+research+approaches.+Guilford+publications,+2022.&ots=RxPcKpJn9Q&sig=kzs6ZXQL6810eM7-xZVbgE6D5h0&redir_esc=y#v=onepage&q=26.%09LEAVY%2C%20Patricia.%20Research%20design%3A%20Quantitative%2C%20qualitative%2C%20mixed%20methods%2C%20arts-based%2C%20and%20community-based%20participatory%20research%20approaches.%20Guilford%20publications%2C%202022.&f=false)
  108. AITHAL, Architha; AITHAL, P. S. Development and validation of survey questionnaire & experimental data—a systematical review-based statistical approach. *International Journal of Management, Technology, and Social Sciences (IJMTS)*, 2020, 5.2: 233-251. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3724105>
  109. KUPHANGA, Dalitso. Questionnaires in research: Their role, advantages, and main aspects. *ActionAid International*, 2024, 1-8. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15334.64325>
  110. AMITI, Flora. Synchronous and asynchronous E-learning. *European Journal of Open Education and E-Learning Studies*, 2020, 5.2. <https://doi.org/10.46827/ejoe.v5i2.3313>
  111. AKINSHIPE, Olushola, et al. Engineering skills shortage: A bane to better performance in the construction industry. In: *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, 2022. p. 020152. <https://doi.org/10.1063/5.0092364>

112. SUCIU, Marta Christina, et al. Core competence—As a key factor for a sustainable, innovative and resilient development model based on Industry 5.0. *Sustainability*, 2023, 15.9: 7472. <https://doi.org/10.3390/su15097472>
113. KOLADE, Oluwaseun; OWOSENI, Adebowale. Employment 5.0: The work of the future and the future of work. *Technology in Society*, 2022, 71: 102086. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102086>
114. LI, Ling. Reskilling and upskilling the future-ready workforce for industry 4.0 and beyond. *Information systems frontiers*, 2024, 26.5: 1697-1712.
115. ABIDES, Ralph Jerico. Bridging the Skills Gap: Examining the Electronics Technology Students' Competence and Industry Demands. *Journal of Interdisciplinary Perspectives*, 2024, 2.10: 232-238. <https://doi.org/10.69569/jip.2024.0407>
116. BROO, Didem Gürdür; KAYNAK, Okyay; SAIT, Sadiq M. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. *Journal of Industrial Information Integration*, 2022, 25: 100311. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>
117. PANDEY, Aayushi, et al. Comprehending the role of soft skills in current work scenarios in the engineering domain. *The TQM Journal*, 2026, 38.2: 383-413. <https://doi.org/10.1108/TQM-05-2024-0184>
118. MUÑOZ-PEÑA, Fernando Andrés; PULIDO-REINA, Jason Steve. Influence of soft skills, and employee productivity, on organizational performance, a developing field: current state and relationship. *DYNA*, 2025, 92.SPE236: 64-72. <https://doi.org/10.15446/dyna.v92n236.117303>
119. AMISH, Mohamed. Enhancing workplace skills through work-based learning in engineering education. *International journal of innovative science and research technology*, 2024, 9.7: 1983-1990. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24JUL1276>
120. THE INSTITUTION OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY. *Skills for a Digital Future 2023 Survey*. Stevenage: The Institution of Engineering and Technology, 2023. Prieiga per internetą: <https://www.theiet.org/media/11064/skills-for-a-digital-future-survey.pdf>.
121. KÖNIG, Tobias; BRENNER, Thomas. Skill shortages and industrial clusters—empirical evidence from German establishment data. *The Annals of Regional Science*, 2025, 74.4: 93. <https://doi.org/10.1007/s00168-025-01422-1>
122. MATORY–SYLVESTER, Bernetta. Bridging the Skills Gap: A Design Thinking Mixed Methods Approach to Workforce Readiness. 2025. Prieiga per internetą: <https://digitalcommons.lindenwood.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1803&context=dissertations>
123. QADIR, Junaid, et al. Engineering education, moving into 2020s: Essential competencies for effective 21st century electrical & computer engineers. In: *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 2020. p. 1-9. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274067>
124. UEKI, Yasushi; GUAITA MARTÍNEZ, José Manuel. The impact of engineers' skills and problem-solving abilities on process innovation. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 2020, 33.1: 2018-2037. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2019.1596826>
125. MARTIN, Florence, et al. A meta-analysis on the effects of synchronous online learning on cognitive and affective educational outcomes. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 2021, 22.3: 205-242. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v22i3.5263> CopiedAn error has occurred

126. HUNG, Chih-Tsung, et al. The evaluation of synchronous and asynchronous online learning: student experience, learning outcomes, and cognitive load. *BMC medical education*, 2024, 24.1: 326. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05311-7>
127. „MOODLE“ . *Google Meet™ for „Moodle“ plugin*. Prieiga per internetą: [https://“Moodle“ .org/plugins/mod\\_googlemeet](https://“Moodle“ .org/plugins/mod_googlemeet) [žiūrėta 2026-03-21].
128. „MOODLE“ . *Using Calendar – „Moodle“ Docs*. Prieiga per internetą: [https://docs.“Moodle“ .org/2x/pl/Using\\_Calendar](https://docs.“Moodle“ .org/2x/pl/Using_Calendar) [žiūrėta 2026-03-22].
129. HOPE COLLEGE. *Google Meet | Computing and Information Technology* [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://hope.edu/offices/computing-information-technology/online-teaching/google-meet.html> [žiūrėta 2026-03-21].
130. „MOODLE“ . *CodeRunner question type*. Prieiga per internetą: [https://docs.“Moodle“ .org/en/CodeRunner\\_question\\_type](https://docs.“Moodle“ .org/en/CodeRunner_question_type) [žiūrėta 2026-03-22].
131. „MOODLE“ . *CodeRunner – „Moodle“ Plugins directory*. Prieiga per internetą: [https://“Moodle“ .org/plugins/qtype\\_coderunner](https://“Moodle“ .org/plugins/qtype_coderunner) [žiūrėta 2026-03-22].
132. PhET Interactive Simulations. *Circuit Construction Kit: DC*. University of Colorado Boulder. Prieiga per internetą: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/circuit-construction-kit-dc> [žiūrėta 2026-03-27].
133. Falstad, P. *Circuit Simulator*. Prieiga per internetą: <http://www.falstad.com/circuit/> [žiūrėta 2026-03-28].
134. Instructables. *Using Falstad's Circuit Simulator: 5 Steps*. Prieiga per internetą: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/> [žiūrėta 2026-03-28].
135. eCampusOntario. *Adding interactivity to your instructional videos using H5P*. Prieiga per internetą: <https://ecampusontario.pressbooks.pub/techttoolsforteaching/chapter/28-adding-interactivity-to-your-instructional-videos-using-h5p/> [žiūrėta 2026-03-29].
136. ORANGA, Josephine. Mixed methods research: Application, advantages and challenges. *Journal of Accounting Research, Utility Finance and Digital Assets*, 2025, 3.4: 370-375. <https://doi.org/10.54443/jaruda.v3i4.213>

## Priedai

### 1. Priedas. Klausimynas

#### Elektronikos inžinierių kvalifikacijos tobulinimas

1. Jūsų amžius:
  - Iki 25 metų
  - 26-35 metų
  - 36-45 metų
  - 46-55 metų
  - Vyresni nei 55 metų
2. Jūsų lytis:
  - Vyras
  - Moteris
3. Jūsų dabartinis kvalifikacijos lygis (pasirinkite tinkamiausią):
  - Mokinys / praktikuojantis asmuo
  - Pradinio lygio specialistas
  - Patyręs specialistas
  - Vadovas / vadovaujantis darbuotojas
4. Kokio dydžio organizacijoje dirbate?:
  - Smulkaus
  - Vidutinio
  - Didelio
5. Kokia organizacijos, kurioje dirbate, sritis?:
  - Projektavimas
  - Gamyba
  - Švietimo įstaiga
  - Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_
6. Jūsų pagrindinė veikla (pagal ESCO klasifikaciją):
  - Elektroninių sistemų projektavimas
  - Elektroninių prietaisų gamyba
  - Testavimas ir kokybės kontrolė
  - Programinės įrangos kūrimas elektronikai
  - Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_
7. Kokia mokymosi forma Jums labiau tiktų?:
  - Nuotolinė
  - Kontaktinė
  - Mišri
8. Kokie mokymo metodai kvalifikacijai tobulinti jums labiausiai tinka? (pasirinkite iki 3 variantų):
  - Internetiniai kursai su praktinėmis užduotimis (su dėstytojo konsultacija)
  - Virtualiosios laboratorijos (su paskaitomis)
  - Internetiniai seminarai ir mokymai
  - Savarankiškas mokymasis naudojant mokomąją medžiagą (su dėstytojo konsultacija)

9. Kokios mokymosi temos jums aktualiausias?:
- Mikrokontrolerių programavimas
  - Integruotų schemų projektavimas
  - Kibernetinis saugumas elektronikoje
  - Šiuolaikiniai inžinerijos metodai
  - Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_
10. Kokius įrankius norėtumėte naudoti nuotoliniam mokymuisi?:
- Zoom / Teams paskaitoms
  - Virtualiąsias laboratorijas
  - VMA platformas (Pvz. „Moodle“ )
  - Mokymosi programėles
11. Kokios trukmės kursai Jums būtų priimtinesni?:
- Iki 20 valandų
  - Iki 40 valandų
  - Iki 60 valandų
  - Iki 80 valandų
12. Kaip dažnai esate pasirengęs skirti laiko mokymuisi?:
- Kelis kartus per savaitę
  - Kartą per savaitę
  - Kartą per mėnesį
  - Kartą per ketvirtį
13. Kokios kliūtys dažniausiai trukdo mokymosi procese?
- Laiko trūkumas
  - Aukšta mokymosi kaina
  - Tinkamų kursų neprieinamumas
  - Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_
14. Kokios mokymosi kalbos jums patogiausios?
- Anglų
  - Lietuvių
  - Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_
15. Ar jums svarbu gauti sertifikatą po kursų?
- Labai svarbu
  - Greičiau svarbu
  - Nesvarbu
16. Kokias platformas naudojate kursų paieškai ir kvalifikacijos kėlimui?
- ESCO
  - LinkedIn Learning
  - Coursera
  - Udemy
  - Khan Academy
  - FutureLearn
  - Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_

Paramos sistema elektronikos inžinieriams

1. Ar jaučiate poreikį savo kvalifikacijos kėlime?:

- Taip  
 Ne

2. Kaip dažnai jūs dalyvaujate kvalifikacijos kėlimo veiklose NM kurse?:

	1	2	3	4	5	
Visai retai	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Labai dažnai

3. Kokie mokymų / kvalifikacijos kėlimo formatų tipai jums yra aktualiausi?:

- Naujosios elektronikos technologijos ir inovacijos  
 Praktiniai laboratoriniai užsiėmimai  
 Programinės įrangos įrankių mokymai  
 Teorinių žinių atnaujinimas  
 Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_

4. Su kokiais pagrindiniais sunkumais / iššūkiais susiduriate dalyvaudami mokymuose?:

- NM kurse nerandu mokymosi vadovo  
 Kurse reikalingas virtualus asistentas  
 Reikia dėstytojo konsultacijų  
 Kurse per daug medžiagos  
 Laiko stoka  
 Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_

5. Įvardinkite kokios paramos tikėtės:

- Prieiga prie atvirų švietimo išteklių  
 Konsultacijos su specialistais ar ekspertais  
 Mentorstės programa  
 Instrukcijos apie techninę įrangą/laboratoriją  
 Darbdavio teikiami nuotoliniai mokymai  
 Individuali mokymosi programa  
 Kursų baigimo sertifikatas  
 Grįžtamasis ryšys  
 Kita (įrašykite)\_\_\_\_\_

6. Įvertinkite, kiek šie papildomos paramos veiksniai paskatintų jus dažniau dalyvauti mokymuose?:

	Visiškai nepaskatintų	Šiek tiek paskatintų	Paskatintų	Labai paskatintų
Atsinaujinantys techniniai resursai	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lankstus mokymosi grafikas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kursų baigimo sertifikatai	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Ar turite papildomų pasiūlymų ar komentarų dėl kvalifikacijos kėlimo paramos mokymų metu?

**Dalyvių mokymosi proceso vertinimas**

1. Kaip vertinate bendrą mokymų kokybę?
  - Labai gerai
  - Gerai
  - Vidutiniškai
  - Blogai
  - Labai blogai
2. Ar mokymai atitiko Jūsų lūkesčius?
  - Taip
  - Iš dalies
  - Ne
3. Kaip vertinate mokymų turinio aktualumą?
  - Labai aktualus
  - Aktualus
  - Vidutiniškai aktualus
  - Neaktualus
4. Ar mokymų medžiaga buvo suprantama?
  - Taip
  - Iš dalies
  - Ne
5. Ar temos buvo pakankamai išsamiai išdėstytos?
  - Taip
  - Ne
  - Iš dalies
6. Kaip vertinate lektoriaus kompetenciją?
  - Aukšta
  - Vidutinė
  - Žema
7. Ar lektorius atsakė į Jūsų klausimus ir padėjo suprasti mokymosi medžiagą?
  - Taip
  - Ne
  - Iš dalies
8. Kaip vertinate praktinių užduočių kiekį?
  - Per daug
  - Per mažai
  - Pakankamai
9. Ar mokymai buvo pakankamai interaktyvūs?
  - Taip
  - Ne
  - Iš dalies
10. Ar mokymų tempas buvo tinkamas?
  - Per greitas

- Per lėtas
  - Tinkamas
11. Ar įgytas žinias galėsite pritaikyti praktikoje?
- Taip
  - Ne
  - Iš dalies
12. Kaip vertinate savo žinių pagerėjimą po mokymų?
- Pagerėjo
  - Nepasikeitė
  - Pablogėjo
13. Ar rekomenduotumėte šiuos mokymus kitiems inžinieriams?
- Taip
  - Ne
  - Galbūt
14. Kas Jums labiausiai patiko šiame kurse?
15. Ką reikėtų patobulinti?

## Updating The Professional Knowledge of Electronics Engineers In The Context of Rapidly Changing Technologies

Deividas Urbonas<sup>1</sup>  
Ramūnas Kubiliūnas<sup>2</sup>

<sup>a</sup> <sup>1</sup> Kaunas University of Technology, K. Donelaičio St. 73, 44249 Kaunas, Lithuania

<sup>b</sup> <sup>2</sup> Kaunas University of Technology, K. Donelaičio St. 73, 44249 Kaunas, Lithuania

### Abstract

Rapid technological advancement driven by Industry 4.0 and the emerging Industry 5.0 paradigm is fundamentally transforming the professional landscape of electronics engineering. The increasing integration of cyber-physical systems, artificial intelligence, cloud computing, big data analytics, and intelligent automation requires engineers to continuously update both technical and transversal competencies. This paper analyzes the impact of technological transformation on the professional skill profile of electronics engineers and identifies existing gaps between higher education outcomes and labor market expectations. Particular attention is given to the balance between hard skills—such as programming, embedded systems design, and digital system integration—and soft skills, including critical thinking, adaptability, collaboration, and problem-solving. The study synthesizes contemporary research findings and highlights the importance of competency-based education, project- and problem-based learning, virtual laboratories, and industry–academia collaboration as effective mechanisms for professional knowledge renewal. The results emphasize that lifelong learning, systematic upskilling and reskilling strategies, and the integration of innovative educational technologies are essential to ensure the adaptability, sustainability awareness, and competitiveness of electronics engineers in rapidly evolving industrial environments.

### Keywords

Electronics engineering; Industry 4.0; Industry 5.0; professional competencies; lifelong learning; upskilling and reskilling; competency-based education; virtual laboratories; engineering education; digital transformation

## 1. Introduction

The Fourth Industrial Revolution has introduced new challenges for the workforce, as emerging technologies require new skills and competencies. Technologies such as the Industrial Internet of Things (IIoT), cloud computing, big data, simulation, 3D reality, additive manufacturing (3D printing), horizontal and vertical system integration, autonomous robots, cybersecurity, and cyber-physical systems form the technological foundation of the Fourth Industrial Revolution. These technologies enable the interconnection of devices, systems, and data, ensuring advanced, digitalized, and automated industrial operations [1]. It is projected that, given the current pace of technological development, as many as 44% of workers' skills will need to fundamentally change [2].

Demand in the labor market is expected to increase for specialists with competencies in software development, information technology, and information and communication technologies due to the growing use of digital technologies and data analytics. Skills such as adaptability, creativity, and problem-solving will also become increasingly important [1;3]. Emerging technologies significantly influence electronics engineering by optimizing systems and advancing both hardware and software development [4;5]. Table 1 presents specific technologies,

Proceedings INFORMATION SOCIETY AND UNIVERSITY STUDIES (IVUS 2026), May 12, 2026, Kaunas, Lithuania

EMAIL: d.urbonas@ktu.edu (A. 1); ramunas.kubiliunas@ktu.lt (A. 2);

ORCID: 0009-0004-6849-9634 (A. 1); 0009-0006-5050-8007 (A. 2);



© 2020 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)

trends, and changes associated with the Fourth Industrial Revolution that impact the field of electronics engineering (see Table 1).

**Table 1. Technologies Influencing the Profession of Electronics Engineering (based on [6])**

Technologijos	Įtaka elektronikos inžinerijai
Internet of Things (IoT)	Involves interconnected devices and sensor networks enabling continuous data exchange. Electrical engineers develop and optimize communication architectures ensuring interoperability, reliability, and efficiency.
Robotics	Requires advanced control, sensing, and power systems. Electrical engineers design and improve embedded and automation systems supporting robotic applications.
Virtual Reality (VR) and Artificial Intelligence (AI)	Demand specialized hardware and intelligent processing systems. Electrical engineers contribute to the development of computational platforms and integrated electronic solutions enabling these technologies.
Cloud Technology	Enables distributed data storage and remote system integration. Electrical engineers contribute to the development of infrastructure and supporting electronic systems for cloud-based environments.
Blockchain Technology	Introduces decentralized and secure data management models requiring reliable electronic and communication systems designed by electrical engineers.

As presented in Table 1, these technologies and trends will continue to evolve, and the role of electronics engineers in innovation within these domains will further expand. Continuous learning and skills upgrading will therefore be essential for engineers to adapt to ongoing changes [6].

Engineering education is also essential for promoting global sustainability by developing and implementing sustainable technologies and technological innovations. It thus plays a crucial role in realizing the principles of the Fifth Industrial Revolution. This revolution differs from previous ones by placing particular emphasis on the application of research and innovation to ensure that industry serves humanity in the long term while respecting planetary sustainability limits. Engineering professionals and their knowledge are vital for achieving sustainable development, especially in implementing sustainable technologies and new systems [7].

Moreover, the Fifth Industrial Revolution emphasizes collaboration between humans and intelligent machines through advanced digital technologies such as cognitive artificial intelligence, adaptive robotics, digital twins, blockchain, the Internet of Everything (IoE), and 6G networks. Future engineers must not only be able to use these technologies but also anticipate their impact, assess cybersecurity risks, and ensure data security [8].

## 2. Necessity for updating professional knowledge

Modern education systems combine the advantages of classical and digital learning, providing students with foundational and specialized preparation for employment, as well as competencies for the practical application of theoretical knowledge across various industrial roles [9]. However, a skills mismatch arises due to the gap between competencies developed in higher education and industry expectations, and the emergence of Industry 4.0 has further intensified the need for advanced, technology-aligned skills [10].

For example, employees in the renewable energy sector must possess digital competencies, demonstrate adaptability to rapid change, continuously upgrade their qualifications, and implement new systems and processes [11]. Future labor markets will be increasingly automated and dynamic, enhancing the value of skills that enable workers to collaborate effectively with machines, master emerging digital technologies, and adapt to ongoing transformation. The transition toward high-skilled professions will require substantial upskilling and reskilling of the workforce [12].

Current labor market trends and increased employer demand for professionals with competencies aligned with modern technological standards necessitate the preparation of competitive specialists [13]. For instance, the microelectronics sector is experiencing a growing workforce shortage, which may be mitigated by attracting

young talent and retraining the existing workforce [14]. Nevertheless, despite increasing attention to these issues, organizations face difficulties in effectively implementing qualification strategies. Traditional training often fails to keep pace with technological change, leading to skills mismatches, while the absence of an integrated approach results in short-term initiatives [15].

Employability skills encompass the knowledge, abilities, and competencies required to obtain and maintain employment and to adapt to change. Higher education attainment, teamwork skills, ICT competencies, problem-solving abilities, and communication skills facilitate employment and career progression [16]. Research has shown that the level of knowledge and skills among electronics engineers is moderate and insufficiently aligned with emerging technologies, highlighting the need to update curricula [17]. Competency gaps are also associated with higher unemployment rates, often considered a failure of the education system to prepare competitive graduates who meet labor market needs [18].

Competencies are regarded as the foundation for skill standards that define the level of knowledge required for successful performance in the workplace, as well as criteria for assessing competency achievement. Abilities, in contrast, refer to an individual's capacity to apply knowledge and techniques to perform tasks and solve problems [19]. According to the International Standard Classification of Occupations (ISCO), competencies characteristic of electronics engineers include designing electronic systems, approving engineering projects, using technical drawing software, establishing testing procedures for electronic equipment, preparing technical reports, and developing technical plans [20].

Contemporary technologies also generate demand for the development of the following skills:

- Personal skills: adaptability, tolerance for ambiguity, motivation for learning, ability to work under pressure, and sustainable thinking;
- Social/interpersonal skills: intercultural competence, language proficiency, communication skills, networking skills, teamwork, knowledge transfer abilities, and leadership;
- Technical skills: technical expertise, media literacy, and programming skills;
- Methodological skills: creativity, research skills, problem-solving, conflict resolution, and decision-making [21;22;23].

Electronics engineers must possess systems thinking abilities and commit to lifelong learning to adapt to continuous technological advancement [24]. Continuous professional training plays a crucial role in engaging and motivating engineers to enhance their skills and qualifications through practical activities, emphasizing problem-solving based on emerging technological knowledge and competencies [25].

Skills are commonly categorized as:

- Soft skills, encompassing knowledge, abilities, and attributes relevant to everyday and professional life;
- Hard skills, also referred as technical skill, related to the understanding and management of professional activities through methods, processes, and technical expertise [26].

Research indicates that electronics specialists lack both soft and hard skills. Academics emphasize discipline and responsibility, whereas industry prioritizes teamwork and analytical thinking. In terms of hard skills, academics highlight ICT literacy, while industry stresses organizational abilities and troubleshooting skills [27]. The most in-demand soft skills for the future include reliability and self-discipline, creativity and originality, critical thinking and analysis, reasoning and problem-solving, as well as resilience and adaptability [28].

However, engineering curricula typically prioritize hard (*technical*) skills over soft skills development [29;30]. The majority of engineering education content remains technically oriented, underscoring the need to emphasize and systematically integrate soft skills training [31]. Soft skills are essential because they complement technical competencies, foster independent learning, encourage critical thinking, and support adaptability in an ever-changing engineering environment [32].

In conclusion, electronics engineers face deficiencies in both hard and soft skills, while existing study programs often focus predominantly on technical aspects. Contemporary technologies require continuous knowledge updating, critical and creative thinking, problem-solving abilities, teamwork, and digital competencies; therefore, integrating professional knowledge and skills development into engineering education is essential.

### 3. Methods and opportunities for updating the professional knowledge of electronics engineers

A new engineering education strategy has emerged in response to technological revolution and industrial transformation, aiming to develop highly qualified engineering professionals with interdisciplinary knowledge, innovative capabilities, practical skills, and a global perspective. This new training model involves not only deepening traditional engineering disciplines but also integrating them with advanced technologies such as information technology, artificial intelligence, and big data.

In electronics engineering, this entails updating curricula, strengthening practical preparation, and fostering innovation to prepare specialists who meet contemporary labor market demands [33]. Professional knowledge is assessed based on mastery of theoretical foundations, the level of practical skills, competence in applying professional tools, and the demonstration of innovation and creativity throughout the study process [34]. Traditional models of training electronics technology specialists can no longer meet the demands of current socio-economic development [35].

The updating of professional knowledge in engineering is grounded in targeted educational strategies and strengthened collaboration between academia and industry:

- Competency-based education: focusing on clear and measurable learning outcomes and developing transferable skills that broaden career opportunities;
- Challenge-based education: engaging students in solving real engineering problems to strengthen practical knowledge application and reduce the gap between theory and practice;
- Regular curriculum renewal: integrating the latest technological trends, industry needs, and skill requirements to reduce competency mismatches in the labor market;
- Industry-academia collaboration: developing partnerships, joint research projects, internships, and advisory boards to better align specialist training with real sector needs;
- Continuous industry feedback: involving employers and experts in shaping study content and identifying current and future competency requirements [12].

Various programs are currently being implemented to assist both employees and employers in adapting to changing labor market conditions in engineering. Skills development focuses on improving competencies within one's current career path to perform existing tasks more effectively [36]. Upskilling strengthens existing competencies or develops advanced skills within a current role, enabling employees to perform more effectively while preparing for career growth. Through structured training programs, seminars, and professional development initiatives, organizations enhance employee capabilities, productivity, and motivation [15].

Training should be an integral part of lifelong professional development throughout an engineer's career [37]. Educational processes should reduce excessive theoretical instruction and place greater emphasis on project-based learning, which develops teamwork and critical engineering skills. Additionally, comprehensive online tools should be developed to promote self-directed learning, support both asynchronous and synchronous communication, and ensure that course design aligns with lifelong learning objectives.

Methods such as project-based learning, problem-based learning, and case studies can enhance student engagement, initiative, creativity, and practical abilities. The use of modern educational tools, including virtual simulation technologies and online experimental platforms, provides more accessible and effective practical learning opportunities [31]. Engineering education and continuous training play a crucial role in motivating engineers to upgrade qualifications through hands-on activities emphasizing problem-solving based on emerging technologies [25].

Research indicates that integrating advanced educational technologies and interactive learning formats within blended learning systems contributes to the formation of professional competencies in electrical engineering and electromechanics students. Simulation, virtual laboratories, and case-based methods improve understanding of energy production processes, promote efficient resource use, and address contemporary energy challenges [38].

Project-based learning is grounded in practical projects where students actively learn, collaborate in problem-solving, and apply theoretical knowledge in practice. Studies show that project-based approaches strengthen professional knowledge and practical skills among electronics engineering students. A structured system of practical training enables the gradual development of competencies and better preparation for engineering activities [39].

With the rapid digitalization of education, virtual laboratories have become a key tool for technical training, particularly in electronics and engineering. They enhance accessibility and interactivity in practical education,

while modern platforms support remote collaboration [40]. Laboratory work can be effectively organized either as simulation-based laboratories or as remotely controlled physical laboratories [41]. Research demonstrates that virtual experiments are often as effective as physical ones in improving knowledge acquisition and student confidence. The use of virtual and augmented reality technologies provides engineering students with more interactive and realistic learning experiences [16].

Virtual laboratories enable students to utilize innovative technological tools and methods while collaborating in teams [42]. They also foster skills necessary for complex workplace environments involving practical tasks [43]. For example, VR-based laboratories create immersive environments that simulate real-world contexts, allowing learners to practice procedures and interact with equipment in realistic settings. Students using VR laboratories often achieve better learning outcomes compared to those using conventional teaching methods [44;45].

In summary, updating the professional knowledge of electronics engineers is based on modern educational strategies, strong collaboration between academia and industry, and continuous competency development through the integration of advanced technologies and practice-oriented teaching methods. Research confirms that project-based and problem-based learning, virtual laboratories, and digital platforms significantly strengthen practical skills, innovation capacity, and preparedness for evolving labor market demands.

#### 4. References

- [1] ALHLOUL, Abdelkarim; KISS, Eva. Industry 4.0 as a Challenge for the Skills and Competencies of the Labor Force: A Bibliometric Review and a Survey. *Sci*, 2022, 4.3: 34. <https://doi.org/10.3390/sci4030034>
- [2] BRAUN, Greta. *Towards bridging skill gaps for the future industrial workforce*. Chalmers Tekniska Hogskola (Sweden), 2023 Prieiga internetu: [https://research.chalmers.se/publication/537006/file/537006\\_Fulltext.pdf](https://research.chalmers.se/publication/537006/file/537006_Fulltext.pdf)
- [3] FONSECA, Luis Miguel. Industry 4.0 and the digital society: concepts, dimensions and envisioned benefits. In: *Proceedings of the international conference on business excellence*. Bucharest University of Economic Studies, 2018. p. 386-397. Prieiga internetu: <https://reference-global.com/download/article/10.2478/picbe-2018-0034.pdf>
- [4] BARDALES, Einstein Sánchez, et al. Key Competencies for Industry 5.0 in Undergraduate Engineering Students. In: *2024 International Symposium on Accreditation of Engineering and Computing Education (ICACIT)*. IEEE, 2024. p. 1-7 <https://doi.org/10.1109/ICACIT62963.2024.10788655>
- [5] ALSULAIMANI, Bandar; ISLAM, Amanul. Impact of 4ir technology and its impact on the current deployment. *arXiv preprint arXiv:2209.01791*, 2022 <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.01791>
- [6] MAGENUKA, T. K.; SIBANDA, M. Developing a curriculum for the fourth industrial revolution in electrical engineering education. In: *10th Focus Conference (TFC 2023)*. 2023. p. 286. Prieiga internetu: [https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=nUjhEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA284&dq=MAGENUKA+engineering&ots=GzjuK4nbp9&sig=MEFDyeKFvHg7cZbRrPnteFlcrMQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=MAGENUKA%20engineering&f=false](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=nUjhEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA284&dq=MAGENUKA+engineering&ots=GzjuK4nbp9&sig=MEFDyeKFvHg7cZbRrPnteFlcrMQ&redir_esc=y#v=onepage&q=MAGENUKA%20engineering&f=false)
- [7] MAZUR, Barbara; WALCZYNA, Anna. Sustainable development competences of engineering students in light of the industry 5.0 concept. *Sustainability*, 2022, 14.12: 7233. <https://doi.org/10.3390/su14127233>
- [8] ANG, Hua Qian; DOMINGO, Belinda. An Innovative and Universal Teaching Model in Engineering Education to Foster Industry 5.0 Skills—EPIC Principles. *Education Sciences*, 2025, 15.9: 1096. <https://doi.org/10.3390/educsci15091096>
- [9] HRISTOVA, Teodora, et al. Automated Tracking of Electrical Engineer Competencies through Blockchain Technology. In: *2023 4th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES)*. IEEE, 2023. p. 1-8 <https://doi.org/10.1109/CIEES58940.2023.10378781>
- [10] MOHD KAMARUZAMAN, F., et al. Communication skills attributes for IR 4.0 for engineering graduates. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 2020, 7.8 Prieiga internetu: [https://www.researchgate.net/profile/Fathiyah-Mohd-Kamaruzaman/publication/346784107\\_Communication\\_Skills\\_Attributes\\_For\\_IR\\_40\\_For\\_Engineering](https://www.researchgate.net/profile/Fathiyah-Mohd-Kamaruzaman/publication/346784107_Communication_Skills_Attributes_For_IR_40_For_Engineering)

[Graduates/links/5fd09e5f92851c00f85f4ae7/Communication-Skills-Attributes-For-IR-40-For-Engineering-Graduates.pdf](#)

- [11] ARCELAY, Irene, et al. Definition of the future skills needs of job profiles in the renewable energy sector. *Energies*, 2021, 14.9: 2609 <https://doi.org/10.3390/en14092609>
- [12] PÊGO, João Pedro; SOEIRO, Alfredo. Engineers 4 Europe Skills Strategy. 2025. Prieiga internetu: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/169794/2/744374.pdf>
- [13] QUINTERO, Walter Rosas; MALDONADO, Julia Eleana Namuche. Competencies of the engineer in industry 4.0 context: a systematic literature review. *Production*, 2024, 34: e20230051 <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20230051>
- [14] KIPRONO, Keter Amos; PETER, Okemwa; F G, Kanyeki. Relationship between technical skills acquired and skills required on electrical equipment servicing among electrical engineering technicians in manufacturing industries in Kenya. *International Journal of Engineering and Management Research*, 2020, 10 <https://doi.org/10.31033/ijemr.10.4.7>
- [15] SUNDARAM, Sujatha. Innovating for the Future: Sustainable Corporate Strategies for Workforce Upskilling and Reskilling. *International Journal of Research in Entrepreneurship & Business Studies*, 2025, 6.3: 33-46. <https://doi.org/10.47259/ijrebs.2005.633>
- [16] GHARAIBEH, Ali; KRAMMER, Oliver; CUMMINGS, Victoria. Addressing the Skills Gap in Microelectronics—Development and Validation of Reactive Response in the Project European Chips Skills Academy. In: *2024 IEEE 30th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*. IEEE, 2024. p. 291-294 <https://doi.org/10.1109/SIITME63973.2024.10814855>
- [17] ISMAIL, Asnidatul Adilah; HASSAN, Razali. Technical competencies in digital technology towards industrial revolution 4.0. *Journal of Technical Education and Training*, 2019, 11.3 <https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.03.008>
- [18] FRANITA, R., Harahap, A. F., & Sukriah, Y. (2016). Analisa pengangguran di Indonesia. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 1(3), 88-93. Prieiga internetu: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67786553/ANALISA\\_PENGANGGURAN\\_DI\\_INDONESIA-libre.pdf?1624880722=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DANALISA\\_PENGANGGURAN\\_DI\\_INDONESIA.pdf&Expires=1736945089&Signature=g5G9nOZ~0w1DwWlj~90vwgrEBmBkeYJO3PZdBW1Fzole6zlgubspZ4gark~RRHp6K0Vzmzhe0NLTo4P~VbWEzxxvPSorIMT2MAAtOFCXC6yH4LfuGycmUJ8o4WR31XhTv92YZ~bV-gjhUouliispyz17GVt6lUutwAeBTweVOMkj91xo7jz18VBIVr~EYTwwBw4hUd6X~PYRrUSbZn~Y3FO1XuZG5Gb4W909fEQTb1QqNbrXe4Oyve91n6Z8yIMQR6I3SSYXN0HUu0Xq8I0X68bTLdoPgKqQBg3k38GkbyyRGOz0w4vDR2hHca6dsO5U~BM8TBs~qFi6c0ef5cOslWq0gO\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67786553/ANALISA_PENGANGGURAN_DI_INDONESIA-libre.pdf?1624880722=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DANALISA_PENGANGGURAN_DI_INDONESIA.pdf&Expires=1736945089&Signature=g5G9nOZ~0w1DwWlj~90vwgrEBmBkeYJO3PZdBW1Fzole6zlgubspZ4gark~RRHp6K0Vzmzhe0NLTo4P~VbWEzxxvPSorIMT2MAAtOFCXC6yH4LfuGycmUJ8o4WR31XhTv92YZ~bV-gjhUouliispyz17GVt6lUutwAeBTweVOMkj91xo7jz18VBIVr~EYTwwBw4hUd6X~PYRrUSbZn~Y3FO1XuZG5Gb4W909fEQTb1QqNbrXe4Oyve91n6Z8yIMQR6I3SSYXN0HUu0Xq8I0X68bTLdoPgKqQBg3k38GkbyyRGOz0w4vDR2hHca6dsO5U~BM8TBs~qFi6c0ef5cOslWq0gO_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- [19] FORERO-GARCÍA, Edwin, et al. Energetic Competencies in Electronic Engineering Education A Sustainable Social Commitment. *Journal of Engineering Education Transformations*, 2022, 55-66. <https://doi.org/10.16920/jcet/2022/v36i2/22154>
- [20] LIETUVOS RESPUBLIKOS EKONOMIKOS IR INOVACIJŲ MINISTERIJA. *Elektronikos inžinierius*. Lietuvos profesijų klasifikatorius, 2023 [žiūrėta 2026-02-13]. Prieiga per internetą: <https://www.profesijuklasifikatorius.lt/lt/node/1689>
- [21] BLAYONE, Todd JB; MYKHAILENKO, Olena. Using Digital Technologies for Indigenous Sociocultural Advancement in an Era of AI: A Systematic Critical Synthesis. *Preservation, digital technology & culture*, 2025, 54.2: 135-157. <https://doi.org/10.1515/pdtc-2024-0086>
- [22] KADIR, Asnia Kadir, et al. The effects of coaching and mentoring on metacognition knowledge among malay language teachers in Sabah, Malaysia. *American International Journal of Education and Linguistics Research*, 2021, 4.1: 18-30. <https://doi.org/10.46545/aijelr.v4i1.284>
- [23] WHYSALL, Zara; OWTRAM, Mike; BRITAIN, Simon. The new talent management challenges of Industry 4.0. *Journal of management development*, 2019, 38.2: 118-129. <https://doi.org/10.1108/JMD-06-2018-0181>
- [24] MUNIR, Fouzia. More than technical experts: Engineering professionals' perspectives on the role of soft skills in their practice. *Industry and Higher Education*, 2022, 36.3: 294-305 <https://doi.org/10.1177/09504222211034725>
- [25] CHOOKAEW, Sasithorn; HOWIMANPORN, Suppachai. Upskilling and reskilling for engineering workforce: Implementing an automated manufacturing 4.0 technology training course. *Global Journal of Engineering Education*, 2022, 24.1: 34-39 Prieiga internetu: <http://www.wiete.com.au/journals/GJEE/Publish/vol24no1/05-Chookaew-S.pdf>

- [26] COUNCIL, N. R., et al. *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: National Academies Press, 2013 Prieiga internetu: [https://hewlett.org/wp-content/uploads/2016/08/Education\\_for\\_Life\\_and\\_Work.pdf](https://hewlett.org/wp-content/uploads/2016/08/Education_for_Life_and_Work.pdf)
- [27] YAAKOB, Hashamuddin, et al. Employers' Perception on Malaysian Polytechnic Graduates Employability Skills. In: *First International Multidisciplinary Academic Conference 2018, October*. 2018. p. 1-8 Prieiga per internetą: [https://www.researchgate.net/profile/Hashamuddin-Yaakob/publication/328225470\\_Employers'\\_Perception\\_on\\_Malaysian\\_Polytechnic\\_Graduates\\_Employability\\_Skills/links/5bbf6cf892851c88fd65095e/Employers-Perception-on-Malaysian-Polytechnic-Graduates-Employability-Skills.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hashamuddin-Yaakob/publication/328225470_Employers'_Perception_on_Malaysian_Polytechnic_Graduates_Employability_Skills/links/5bbf6cf892851c88fd65095e/Employers-Perception-on-Malaysian-Polytechnic-Graduates-Employability-Skills.pdf)
- [28] RODZALAN, Shazaitul Azreen, et al. TVET skills gap analysis in electrical and electronic industry: perspectives from academicians and industry players. *Journal of Technical Education and Training*, 2022, 14.1: 158-177 Prieiga internetu: <https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/JTET/article/view/10053/5100>
- [29] **MANPOWERGROUP**. *Global talent shortage: The biggest workforce challenge of 2023*. 2023. Prieiga internetu: [https://go.manpowergroup.com/hubfs/MPG\\_TS\\_2023\\_Infographic\\_FINAL.pdf](https://go.manpowergroup.com/hubfs/MPG_TS_2023_Infographic_FINAL.pdf) [žiūrėta 2026-02-13].
- [30] HIRUDAYARAJ, Malar, et al. Soft skills for entry-level engineers: What employers want. *Education Sciences*, 2021, 11.10: 641 <https://doi.org/10.3390/educsci11100641>
- [31] GERO, Aharon; MANO-ISRAELI, Shai. Importance of technical and soft skills: Electronics students' and teachers' perspectives. *Global J Eng Educ*, 2020, 22: 13-19 Prieiga internetu: [https://www.researchgate.net/profile/Aharon-Gero/publication/339439953\\_Importance\\_of\\_technical\\_and\\_soft\\_skills\\_Electronics\\_students'\\_and\\_teacher\\_s'\\_perspectives/links/5e52638c458515072db330e9/Importance-of-technical-and-soft-skills-Electronics-students-and-teachers-perspectives.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Aharon-Gero/publication/339439953_Importance_of_technical_and_soft_skills_Electronics_students'_and_teacher_s'_perspectives/links/5e52638c458515072db330e9/Importance-of-technical-and-soft-skills-Electronics-students-and-teachers-perspectives.pdf)
- [32] DORFMAN-FURMAN, Gabriela; WEISSMAN, Zeev. Engineering the future: Student perceptions on soft skills and lifelong learning in electronic engineering education. In: *2024 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)*. IEEE, 2024. p. 1-4. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE60625.2024.10500680>
- [33] FU, Qin. Reform and research on practice teaching system of Electronic Information Engineering specialty. In: *Proceedings of the 2024 4th International Conference on Education, Language and Art (ICELA 2024)*. Springer Nature, 2025. p. 67. Prieiga internetu: [https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=tV9OEOAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA67&dq=electronic+engineering+teaching+reform&ots=Sg-RP-7WOS&sig=Ay15FUm4HTGxhQ1ShGnCdR1xNE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=electronic%20engineering%20teaching%20reform&f=false](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=tV9OEOAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA67&dq=electronic+engineering+teaching+reform&ots=Sg-RP-7WOS&sig=Ay15FUm4HTGxhQ1ShGnCdR1xNE&redir_esc=y#v=onepage&q=electronic%20engineering%20teaching%20reform&f=false)
- [34] WU, Zhenyu, et al. Design of the main teaching line for the major of electrical engineering and its automation under the guidance of new engineering education. *Engineering Education Review*, 2025, 3. <https://doi.org/10.54844/eer.2025.1070>
- [35] ZHANG, Mengzi, et al. Research on the core capabilities cultivation mode of software engineering talents for new engineering. In: *2020 International Conference on Big Data and Informatization Education (ICBDIE)*. IEEE, 2020. p. 225-228. <https://doi.org/10.1109/ICBDIE50010.2020.00058>
- [36] DARIUSZ, K. Ł. A. K.; KARDIS, Kamil; MAŁGORZATA, K. Ł. A. K. Reskilling and Upskilling: Key Strategies for Engineering Competence Development in the Era of Industry 4.0 and 5.0. *Humanities and Social Sciences*, 2025, 32.4: 69-80. <https://doi.org/10.7862/rz.2025.hss.42>
- [37] SABRI, Omar K. Lifelong Learning for Engineers: A Literature Review. *International Society for Technology, Education, and Science*, 2023. Prieiga internetu: <https://eric.ed.gov/?id=ED652418>
- [38] LESIA, Sakun, et al. Use of modern educational technologies in the electrical engineers and electromechanics preparation by a blended learning system. In: *2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. IEEE, 2021. p. 1-5. <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.9598702>
- [39] ZHAO, Ling; FU, Shaobo; HE, Huiying. Research on the practical teaching system of "Electrical Engineering and Electronics" course based on progressive learning. In: *Proceedings of the 2025 2nd International Conference on Informatics Education and Computer Technology Applications*. 2025. p. 148-153. <https://doi.org/10.1145/3732801.3732831>

- [40] SAKKAS, Konstantinos, et al. Multiplayer Virtual Labs for Electronic Circuit Design: A Digital Twin-Based Learning Approach. *Electronics*, 2025, 14.16: 3163. <https://doi.org/10.3390/electronics14163163>
- [41] FAJARYATI, Nuryake, et al. The employability skills needed to face the demands of work in the future: Systematic literature reviews. *Open Engineering*, 2020, 10.1: 595-603. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0072>
- [42] LYNCH, Tiina; GHERGULESCU, Ioana. Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching STEM subjects. *INTED2017 proceedings*, 2017, 6082-6091. <https://doi.org/10.21125/inted.2017.1422>
- [43] Frady K. Use of virtual labs to support demand-oriented engineering pedagogy in engineering technology and vocational education training programmes: A systematic review of the literature. *European Journal of Engineering Education*. 2023 Sep 3;48(5):822-41. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2141610>
- [44] Paxinou, E., Kalles, D., Panagiotakopoulos, C. T., Sgourou, A., Verykios, V. S. *An IRT-based approach to assess the learning gain of a virtual reality lab students' experience*. *Intelligent Decision Technologies*, 2021, vol. 15, no. 3, p. 487-496. <https://doi.org/10.3233/IDT-200216>
- [45] ALMAATOUQ, A., Becker, J., Houghton, J. P., Paton, N., Watts, D. J., Whiting, M. E. *Empirica: a virtual lab for high-throughput macro-level experiments*. *Behavior Research Methods*, 2021, vol. 53, no. 5, p. 2158-2171. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01535-9>



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO  
INFORMATIKOS FAKULTETAS**

Viešoji įstaiga, K. Donelaičio g. 73, 44249 Kaunas, elektroninio pristatymo dėžutės adresas 111950581.  
Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 111950581.  
Fakulteto duomenys: Studentų g. 50, 51368 Kaunas, tel. +370 37 300 350, if.ktu.edu, el. p. if@ktu.lt.

---

To Deividas Urbonas

2026-04-29

**LETTER OF ACCEPTANCE**

We are happy to inform you that your paper "Updating the Professional Knowledge of Electronics Engineers in the Context of Rapidly Changing Technologies" submitted to IVUS 2026 has been accepted and will be published online in **CEUR WS**.

Prof. Daina Gudonienė  
Vice-Dean for Research  
Faculty of Informatics  
Kaunas University of Technology

Daina Gudonienė, tel. +370 37 300350, el. p. daina.gudoniene@ktu.lt

## PROGRAMINĖS ĮRANGOS DIEGIMO AKTAS

Dėl magistro baigiamojo darbo metu sukurto produkto praktinio pritaikymo

Data: 2026 m. Sausio 19d. Vieta: Kaunas

### 1. Šalys

**Kūrėjas:** Kauno technologijos universiteto, Informatikos fakulteto, magistratūros studijų studentas Deividas Urbonas (toliau – Autorius).

**Naudotojas:** Įmonė MB “Mideluma”, atstovaujama direktoriaus Mindaugo Urbono (toliau – Įmonė).

### 2. Diegimo objektas

Šiuo aktu patvirtinama, kad Autorius perdavė, o Įmonė priėmė ir įdiegė šią programinę įrangą:

- **Pavadinimas:** Moodle “Elektronikos inžinierių gebėjimų ugdymas“ virtuali mokymosi aplinka (VMA), skirta elektronikos inžinierių žinių atnaujinimui ir gerinimui.
- **Paskirtis:** Elektronikos inžinerijos teorinių žinių gilinimas, praktinių įgūdžių tobulinimas ir kvalifikacijos kėlimas naudojant skaitmeninius mokymo modulius.


### 3. Atlikti darbai

Diegimo proceso metu buvo atlikti šie veiksmai:

1. Sistemos diegimas įmonės serveriuose.
2. Duomenų bazės konfigūravimas ir vartotojų paskyrų sukūrimas.
3. Sistemos funkcionalumo testavimas realioje aplinkoje.
4. Atsakingų darbuotojų instruktažas dėl naudojimosi VMA.

### 4. Patvirtinimas

- Įmonė patvirtina, kad VMA veikia tinkamai, atitinka numatytus funkcinius reikalavimus ir yra tinkama naudoti elektronikos inžinierių mokymo procese.

*MB Mideluma direktorius  
Mindaugas Urbonas*  


## **6. Priedas. Dirbtinio intelekto įrankių naudojimas rengiant baigiamąjį darbą**

Rengiant baigiamąjį darbą dirbtinis intelektas buvo naudojamas tekstų redagavimui, sakinių struktūros keitimui, siekiant išvengti stiliaus klaidų, bei gramatinių klaidų taisymui. Taip pat naudojant dirbtinį intelektą buvo verčiama medžiaga iš anglų kalbos, siekiant užtikrinti terminologijos tikslumą, bei vietomis įsitinkinti, kad teksto prasmė ir kontekstas suprantamas teisingai.