



RĪGAS TEHNISKĀ
UNIVERSITĀTE

Vita Brakovska

METODES KLIMATATBILDĪGAS NĀKOTNES SABIEDRĪBAS ATTĪSTĪBAI

Promocijas darbs



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Dabaszinātņu un tehnoloģiju fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Vita Brakovska

Doktora studiju programmas “Vides inženierija” doktorante

METODES KLIMATATBILDĪGAS NĀKOTNES SABIEDRĪBAS ATTĪSTĪBAI

Promocijas darbs

Zinātniskās vadītājas:
tenūrfesore *Dr. sc. ing.*
ANDRA BLUMBERGA

profesore *Dr. habil. sc. ing.*
DAGNIJA BLUMBERGA

Rīga 2024

Brakovska, V. Metodes klimatatbildīgas nākotnes sabiedrības attīstībai. Promocijas darbs. Rīga: RTU Izdevniecība, 2024. 209 lpp.

Iespiests saskaņā ar Promocijas padomes “RTU P-19” 2024. gada 26.jūnija lēmumu, protokols Nr. 203.

Promocijas darbs izstrādāts Fundamentālo un lietišķo pētījumu projekta „Oglekļa neitralitātes plaisas pārvarēšana enerģētikas kopienās: sociālās un humanitārās zinātnes satiekas ar enerģētikas pētījumiem (BRIDGE)”, Nr. lzp-2020/1–0256 ietvaros, ko finansē Latvijas Zinātnes padome



FLPP
FUNDAMENTĀLO UN
LIETIŠĶO PĒTĪJUMU
PROJEKTI

PATEICĪBA PAR “VĒLAMAJĀM GRŪTĪBĀM”

Pārfrāzējot pazīstamā inovatora, *Apple* dibinātāja Stīva Džobsa vārdus par punktu savienošānu pagātnē, lai nokļūtu labākā nākotnē, es redzu kā šie 4 gadi manā “varoņa ceļojumā” (*Joseph Campbell*) atveduši līdz punktam, kad uz ikdienu un profesionāliem izaicinājumiem raudzīšos no daudzveidīgākiem skatu punktiem kā līdz šim. Ne tikai skatīšos, bet palīdzēšu arī citiem uzlikt šīs dažādās “brilles” un izvērtēt atbilstošākās konkrētiem mērķiem.

Runa ir par vērtīgām zināšanām un atziņām, kas gūtas, izstrādājot promocijas darbu, dažas no tām – pašā noslēguma posmā, kad kā pilotam jāiekāpj gaisa kuģī un jāpaskatās uz savu veikumu no augšas, meklējot atbildi – nevis vai, bet kā vēl vairāk stiprināt pētījuma zinātniskās novitātes pielietojumu manā ikdienas praksē un kādu sociālo ietekmi tas atstās uz sabiedrību kopumā.

Tādēļ saku milzīgu paldies daudziem iesaistītajiem, kas katrs paveica savu labāko misiju, lai atbildes uz šiem jautājumiem es būtu atradusi:

tenūrprofesorei Dr. sc. ing. Andrai Blumbergai par ieskatu sistēmiskās domāšanas pasaulē, kas paver vēl līdz galam neapjaustas iespējas strādāt ar sociāli sarežģītām sistēmām;

profesorei *Dr. habil. sc. ing.* Dagnijai Blumbergai par apbrīnojamo pacietību un uzticēšanos, kā arī piešķirto izvēles brīvību pētījuma tēmas izvēlē, kas man sniedza motivāciju sarežģītākajos darba izstrādes brīžos;

pētījumā iesaistīto organizāciju, īpaši plānošanas reģionu un pašvaldību pārstāvjiem, ar kuriem kopā tika aprobētas sabiedriski nozīmīgas metodes klimatatbildīgas sabiedrības attīstībai;

Dr. oec. Renātei Lukjanskai, kas pirms daudziem gadiem izteica leģendāro frāzi “Ja gribi izsist savus stikla griestus, iestājies doktorantūrā”;

profesorei *Dr. sc. ing.* Jūlijai Guščai, sadarbība ar kuru man ļāva iepazīt vides inženierzinātnes, saredzēt to praktisko pienesumu manās profesionālās gaitās un atvērt durvis uz pasauli, kurā vēl ir tik daudz cilvēcei vajadzīgas un vērtīgas zināšanas!

Un, protams, tuviniekiem, kas atbalstīja un palīdzēja saglabāt līdzsvaru, lai man šajos četros gados nevienā (!) brīdī neienāktu doma padoties.

Patiesībā gaidu ar nepacietību, kad pētījuma ietvaros sasniegtos rezultātus varēšu turpināt pielietot, lai kopā ar domubiedriem varētu veidot labāku pārvaldības praksi Latvijā klimatatbildīgas sabiedrības attīstībai!

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora grāda (*Ph. D.*) iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2024. gada 28. novembrī plkst. 14.00 Rīgas Tehniskās universitātes Dabaszinātņu un tehnoloģiju fakultātē, Āzenes ielā 12/1, 607. telpā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors *Dr. sc. ing.* Gatis Bažbauers,
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

Profesors *Ph. D. Raimondas Grubliauskas*,
Viļņas Ģedimina tehniskā universitāte, Lietuva

Profesors *Dr. rer. oec. Wolfgang Irrek*,
Rūras Rietumu lietišķo zinātņu universitāte, Vācija

APSTIPRINĀJMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē vides zinātnes doktora grāda (*Ph. D.*) iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Vīta Brakovska (paraksts)
Datums: 29.10.2024.

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, 3 nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 53 attēli, 30 tabulas, kopā 209 lappuses. Literatūras sarakstā ir 154 nosaukumi.

Anotācija

Promocijas darba pētījuma objekts ir daudzveidīgu metožu pieejamība klimatatbildīgas nākotnes sabiedrības attīstībai, kas ir atkarīga ne tikai no zinātnes un industrijas sasniegumiem vides tehnoloģiju attīstībā un valsts atbalsta mehānismiem, bet arī indivīdu izglītības un līdzdalības pieauguma klimata pārmaiņu mazināšanas procesos. Tomēr ar ilgtspēju saistītos izaicinājumus nevar atrisināt tikai ar atsevišķu cilvēku ieguldījumu – ir nepieciešama kolektīva rīcība, pasākumi kuras veicināšanai jau ir parādījuši savas vājās vietas.

Pēdējos gados tiek izstrādātas inovatīvas metodes un pieejas, lai risinātu klimata pārmaiņu izaicinājumus ar aktīvu sabiedrības iesaisti. Starp šīm metodēm ir tādi tehnoloģiskie risinājumi kā nopietnās spēles datu ieguvei un mentālo modeļu analīzei un citi cilvēkresursu attīstības instrumenti, piemēram, izglītojošas un iesaistošas mijiedarbības metodes. Daudzveidīgu metožu pielietojums veicina attieksmes maiņu pret strauji pieaugošām klimata pārmaiņām, un bagātāka mācīšanās mijiedarbība, ko nodrošina atgriezeniskās saites iegūšana reāllaika formātā, varētu stimulēt ilgstošākus efektus.

Ņemot vērā Apvienoto Nāciju organizācijas ilgtspējīgas attīstības mērķu analītiķu vērtējumu, līdz pat 65 % no ilgtspējīgas attīstības mērķu 169 apakšmērķiem ir saistīti ar pašvaldību kompetencē esošām darbībām, līdz ar to tieši vietvaras un plānošanas reģionu administrācijas kļūst par izšķirošo posmu šo mērķu sasniegšanā.

Pētījumā izvirzītā hipotēze iekļauj pieņēmumu, ka daudzveidīgu rīku pieejamība sniedz ieguldījumu klimatatbildīgas sabiedrības attīstībā un iedarbojas uz trīs indivīda uzvedību ietekmējošiem aspektiem: informēšana un izglītošana, indivīdu attieksmes un nodoma demonstrēšana un rīcību stimulējoša vide. Pielietojot zinātniskās pieejas, ir iespējams izstrādāt un aprobēt satura un formāta ziņā daudzdimensionālas metodes, kas pielietojamas reģionālā un vietējā līmenī, atbalstot pašvaldību centienus darbā ar vietējo kopienu virzībā uz klimatneitralitāti, ņemot vērā kopienas pārstāvju atšķirīgos uzskatus un uzvedības modeļus klimata pārmaiņu jautājumos. Piedāvāto metožu komplekss paver pavisam jaunas iespējas partnerorganizācijām kā publiskā, tā komercsektorā izvēlēties atbilstošāko vienu vai vairākas pieejas, lai veicinātu cilvēkresursu attīstību ilgtspējas kontekstā, salāgojot ar organizācijas vajadzībām un resursiem.

Pētījuma rezultāti ne tikai apstiprina izvirzīto hipotēzi, bet arī demonstrē pirmos rezultātus, kas pozitīvi novērtēti starp pētījumā dalību ņēmušām partnerorganizācijām Latvijas reģionos. Tā var kļūt par pilnīgi atšķirīgu un ietekmīgu pieeju sabiedrības pārvaldes darbā ar kopienu ceļā uz klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu.

Promocijas darbs balstīts uz deviņām kontekstuāli saistītām zinātniskām publikācijām, kas publicētas zinātniskajos žurnālos un pieejamas starptautiskās datu bāzēs. Pētījumā vērtētas sociālo un vides inženierzinātņu sinerģijā balstītas pieejas, kas paver iespēju turpmākiem pētījumiem, lai stiprinātu starpdisciplināras pieejas klimata pārmaiņu mazināšanas centienos. Promocijas darbs ir izstrādāts latviešu valodā. Ievadā definēts darba mērķis un uzdevumi, pamatota izvēlētais tēmas aktualitāte un sniegts pārskats par rezultātu aprobāciju konferencēs un publikācijās. Darbā sniegts literatūras apraksts, raksturotas pētījuma metodes, atspoguļoti rezultāti un sniegta secinājumi un ieteikumi.

Abstract

The subject of this doctoral thesis is the exploration of diverse methods for the development of a climate-responsible future society. This development depends not only on scientific and industrial advancements in environmental technologies and state support mechanisms but also on increased public education and participation in climate change mitigation processes. However, sustainability challenges cannot be resolved through individual contributions only — collective action is essential, and efforts to promote such action have already revealed weaknesses.

In recent years, innovative methods and approaches have been developed to address climate change challenges through active public engagement. Among these methods are technological solutions such as serious games for data collection and mental model analysis, alongside other human resource development tools, including educational and interactive engagement methods. The application of diverse methods fosters changes in attitudes towards rapidly accelerating climate change, while enriched learning interactions, supported by real-time feedback, may generate more long-lasting effects.

According to analysts evaluating the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs), up to 65 % of the 169 sub-targets are linked to activities within the competence of municipalities, making local and regional administrations critical players in achieving these goals. The research hypothesis suggests that the availability of diverse tools contributes to the development of a climate-responsible society by impacting three aspects of individual behavior: information and education, the demonstration of attitudes and intentions, and an environment that stimulates action. By applying scientific approaches, it is possible to develop and test multidimensional methods, both in content and format, that are applicable at regional and local levels, supporting municipalities in working with local communities towards climate neutrality, while considering the diverse perspectives and behavioral patterns of community members on climate change.

The proposed set of methods offers new perspectives for stakeholders in both the public and commercial sectors to select the most appropriate approach or combination of approaches to foster human resource development in the context of sustainability, aligning with organizational needs and resources. The research findings not only confirm the hypothesis but also demonstrate initial results that have been positively evaluated by participating stakeholders in the regions of Latvia. This could lead to a novel and impactful approach to governance in guiding communities toward achieving climate neutrality goals.

The dissertation is based on nine contextually related scientific publications, published in academic journals and available in international scientific databases. The research assesses approaches grounded in the synergy of social and environmental engineering, paving the way for further studies to strengthen interdisciplinary efforts in climate change mitigation. The dissertation is written in Latvian. The objectives and tasks of the work are defined in the introduction, the relevance of the chosen topic is justified, and an overview of the validation of results through conferences and publications is provided. The work also includes a literature review, a description of research methods, results, conclusions, and recommendations.

SATURS

IEVADS	9
Promocijas darba aktualitāte	9
Darba mērķis un uzdevumi	9
Pētījuma hipotēze	10
Zinātniskā novitāte	10
Praktiskā novitāte	11
Pētījuma aprobācija	12
Zinātniskās publikācijas	13
Promocijas darba struktūra.....	14
1.LITERATŪRAS APSKATS	16
2.METODOLOĢIJA	23
2.1. Socioloģiskās aptaujas.....	24
2.2.Sistēmdinamikas metode.....	26
<i>Enerģijas kopienas digitālais dvīnis</i>	27
<i>Simulācijas spēle kā analogs formāts</i>	32
<i>Sistēmiskās domāšanas darbnīca</i>	37
2.3.Mijiedarbības metodes	39
<i>Dizaina domāšana</i>	40
<i>Kopražošanas metode</i>	44
2.4. Bibliometriskā metode	48
2.5.Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metode	49
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA	53
3.1. Socioloģisko aptauju rezultāti	53
<i>Privātās izmaksas un ieguvumi</i>	57
3.2. Enerģijas kopienu digitālais dvīnis	59
3.3. Simulācijas spēle	66
3.4. Ilgtspējas hakatons	70
3.5. Nākotnes organizācijas spēle	79
3.6. Sistēmiskās domāšanas darbnīca.....	85
3.7. Izstrādāto metožu izvērtējums.....	86
SECINĀJUMI	96
REKOMENDĀCIJAS	97
ATSAUCES	98
PUBLIKĀCIJU KOPA	109

LIETOTIE SAĪSINĀJUMI

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANO	Apvienoto Nāciju Organizācija
ELECTRE	<i>Elimination and Choice Expressing Reality</i>
IAM	Ilgtspējīgas attīstības mērķi
MAUT	<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>
MVU	Mazie un vidējie uzņēmumi
NVO	nevalstiskās organizācijas
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>
SPSS	Prognozējošās analītikas un statistiskās analīzes programmatūra (<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>)
TOPSIS	<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
SWARA	<i>Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis</i>
VAS	Valsts akciju sabiedrība
VIKOR	<i>VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje</i>

IEVADS

Promocijas darba aktualitāte

Klimatattildīgas sabiedrības veidošanā izšķirošā nozīme ir izglītotam, motivētam un kopienas interesēs balstītiem lēmumiem pieņemt spējīgam indivīdam, kura attieksme un uzvedība attiecībā pret vidi ne tikai būtiski ietekmē dažādu atbalsta pasākumu efektivitāti [1], [2], bet arī veido sarežģīti maināmus priekšstatus [2] par sabiedrības normām [3], jo tās pēc būtības sakņojas uzvedības kultūrā [4].

Pētījuma aktualitāte ir pamatojuma ar to, zinātnes un industrijas sadarbības rezultātā izstrādātās tehnoloģijas un uz klimata pārmaiņu mazināšanu vērstie publiskā sektora atbalsta instrumenti kā iniciatīvas neuzrāda vēlamos rezultātus [5] un dinamiku. Indivīdu mentāliem modeļiem pievērsta uzmanību ir īpaši aktuāla laikā, kad Eiropas "Zaļā kursa" ietvaros sasniegtie rezultāti ir nepietiekami un tas norāda uz nepieciešamību pēc jaunām metodēm, kas apvieno tehnoloģijas un atbalsta mehānismus ar metodisku pieeju indivīdu attieksmes un uzvedības maiņai lēmumu pieņemšanā par labu klimatneitrālai rīcībai.

Par pētījuma nepieciešamību liecina tas, ka pieaug pieprasījums pēc sistēmiskiem risinājumiem [6], kas ir atbilstoši laikmeta garam, mainot sociālo normu [7] un uzvedības kultūru, pielāgojoties sabiedrības segmentu atšķirīgajam profilam.

Klimatattildīgu sabiedrību veidojošos rīkus ir jāintegrē ne tikai vides un klimata pārmaiņu izglītībā, bet arī kultūras un radošo industriju aktivitātēs, kas aptver daudz plašāku interešu loku un mijiedarbības iespējas, piemēram, personiskā izaugsme, teritorijas sociāli ekonomiskā attīstība un produktivitāte un citi procesi, kur sabiedrības pārstāvji var īstenot savas pilsoniskās intereses.

Tēmas aktualitāti iezīmē arī izaicinājums - kā vides izglītības zināšanu un izpratnes veicināšanas aktivitātes pielāgot dažādām sociālajām disciplīnām, aptverot plašāku, tajā skaitā līdz šim grūti sasniedzamu mērķa grupu loku.

Turpmākā izpēte un attīstība šajā jomā būs lielā mērā atkarīga no sociālo un vides inženierzinātņu sadarbības kvalitātes ceļā uz priekšnoteikumiem klimattildīgas sabiedrības attīstībai. Šajā procesā ir svarīgi ņemt vērā galveno ne tikai mērķa grupu, bet arī rezultātos ieinteresēto pušu [8] jeb partnerorganizāciju (pašvaldības, uzņēmumi, nevalstiskās organizācijas, plānošanas reģioni, valsts institūcijas) specifiskās vajadzības un mērķus, integrējot pētījuma ietvaros izstrādātās metodes sistēmiskos risinājumos organizāciju ietvaros.

Pētījuma aktualitāte ir saistīta arī ar to, ka pašlaik teorētiskā un praktiskā pētniecība šajā jomā ir agrīnā attīstības stadijā [9] un literatūrā nav visaptverošu pētījumu par starpdisciplinārām pieejām sociālo un inženierzinātņu jomā klimattildīgas sabiedrības attīstībai vietējā un reģionālā līmenī [10].

Darba mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir izveidot un pārbaudīt laikmetam atbilstošas metodes partnerorganizāciju darbam ar daudzveidīgām mērķa grupām, lai veicinātu tādas sabiedrības attīstību, kas ir

informēta un izglītota klimata pārmaiņu jautājumos un spēj uzņemties atbildību par savu attieksmi un uzvedību, sniedzot ieguldījumu klimatneitralitātes mērķu sasniegšanā.

Lai sasniegtu pētījuma mērķi, tika izvirzīti šādi uzdevumi:

- 1) analizēt un izvērtēt indivīdu uzvedības modeļus un informētību par klimata pārmaiņām, identificēt nepilnības pašreizējos centienos, kā arī apzināt potenciālos attīstības virzienus klimatatbildīgas rīcības veicināšanai,
- 2) izstrādāt un aprobēt metožu un pasākumu kopumu darbam ar daudzveidīgām mērķa grupām, lai veidotu ietekmi uz izpratnes pakāpi, nodomu un rīcību klimata pārmaiņu jautājumos. Pētījuma ietvaros veidotais metožu komplekss veicinās indivīdu izglītošanu, iesaisti, kritiskās domāšanas attīstību un jaunas pieredzes gūšanu klimatneitralitātes kontekstā,
- 3) pielietot zinātnisko jaunradi, lai stiprinātu centienus sasniegt klimatneitralitātes mērķus, piedāvājot teorijā pamatotus un praktiski pārbaudītas pieejas darbā ar mērķa grupām.

Pētījuma hipotēze

Darbā tiek izvirzīta hipotēze, ka daudzveidīgu rīku pieejamība sniedz ieguldījumu klimatatbildīgas sabiedrības attīstībā un iedarbojas uz trīs indivīda uzvedību ietekmējošiem aspektiem:

- 1) informēšana un izglītošana – ar klimata pārmaiņu jautājumiem saistīta informācija adaptēta un integrēta sabiedrībai pieejamos daudzveidīgos pasākumos, balstoties uz indivīdu interešu loku (ar klimata pārmaiņām saistītie kultūras un radošo industriju produkti, sabiedrības iesaiste teritorijas ilgtspējīgas attīstības plānošanā, ar vides zinātnēm saistītas mūžizglītības tēmas, kritiskā domāšana, organizācijas kultūra virzībā uz klimatneitralitāti u.c. jomas);
- 2) indivīdu attieksmes un nodoma demonstrēšana – dažādu mijiedarbības rīku (sadarbība, koprade, rezultātu vizualizācija, kritiskā domāšana u. c.) pielietojums publiskos pasākumos jauno normu pieņemšanai;
- 3) rīcību stimulējoša vide – apzinātu uzvedību rosinoša fiziskā un kultūrvidē, kas veido atbalstošu fonu indivīda pašizpausmei.

Par hipotēzes apstiprinājumu liecinās tas vai un cik lielā mērā piedāvātās metodes aptvers visus trīs augstāk minētos aspektus un sniegs vērtīgu ieguldījumu partnerorganizāciju darbā ar sabiedrību klimatneitralitātes jautājumos. Atsevišķa pētījuma jautājums ir – kuras tieši mērķa grupas ir uzskatāmas par vispiemērotākajām izstrādāto rīku pilnvērtīgai aprobācijai. Šajā pētījumā kā papildus pieņēmums izvirzīts, ka pašvaldības, uzņēmumi un jaunieši ir adaptīvas mērķa grupas, balstoties uz to pieejamību resursiem, uz rezultātu virzīto domāšanu un – vēlmi veidot jaunas normas.

Zinātniskā novitāte

Darba zinātniskā novitāte ir sešās zinātniskās pieejās balstīta piecu rīku izstrāde, analīze un aprobācija klimatatbildīgas pieejas stiprināšanai sabiedrībā:

- 1) Enerģijas kopienas digitālais dvīnis,
- 2) Simulācijas spēle (analogais formāts digitālam dvīnim),

- 3) Ilgtspējas hakatons,
- 4) “Nākotnes organizācijas spēle”,
- 5) Sistēmiskās domāšanas darbnīca.

Latvijā starpdisciplināri rīki klimatbildīgas sabiedrības attīstībai ir nepietiekami pētīti, tādēļ metodoloģija ietver sociālo un inženierzinātņu sinerģiju šo rīku izveidei. Tādējādi darbs būs nozīmīgs papildinājums jaunu pieeju ieviešanai ceļā uz klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu Eiropas “Zaļā kursa” ietvaros.

Praktiskā novitāte

Piedāvātā metodika, kas ir darba zinātniskās vērtības pamatā, jau pētījuma veikšanas laikā ir kļuvusi par praktisku instrumentu ilgtspējīgas attīstības stratēģiju izstrādē plānošanas reģionu un pašvaldību līmenī, jo piedāvā daudzveidīgas pieejas darbā ar vietējo kopienu to virzībai uz klimatneitralitāti.

Noslēdzot izpētes daļu un apkopojot rezultātus, promocijas darbā aprobētās metodes būs ieguldījums publiskā un privātā sektora organizāciju ilgtspējas mērķu sasniegšanā, jo piedāvās:

- 1) plašāku auditorijas iesaisti, balstoties uz jaunu saturu un formu,
- 2) iekļaujošāku darbu ar atšķirīgi domājošām mērķa grupām,
- 3) atbalstu sociālā kapitāla attīstībai organizāciju iekšienē, tiecoties uz klimatneitralitāti,
- 4) labākas sabiedrības pārvaldes iespējas klimata pārmaiņu mazināšanas jautājumos,
- 5) mijiedarbības rīkus klimatbildīgas attieksmes kā jaunās normas veicināšanai sabiedrības uzverē, rezultātā piedāvājot harmoniskāku sarežģītu sociālo sistēmu pielāgošanos jaunajai realitātei.

Šim pētījumam ir būtiska nozīme, jo tas palīdz labāk aptvert dažādu interešu grupas un mainīt to domāšanas paradigmu un tam ir nepieciešami sociālo un inženierzinātņu sadarbībā balstīti risinājumi.

Aprobētās metodes īpaši būs aicinātas izmantot tās 24 Latvijas pašvaldības, kas ir pievienojušās perspektīvajam Eiropas Savienības Pilsētas mēru paktam klimata un enerģētikas jomā, centienos, lai nodrošinātu labāku nākotni saviem iedzīvotājiem, līdztekus brīvprātīgi apņēmoties īstenot ar klimatneitralitāti saistītos mērķus – izstrādātie rīki ļauj efektīvāk mijiedarboties ar vietējo kopienu un, pielietojot daudzveidīgas pieejas, sekmēt sabiedrības apziņā izpratni par nepieciešamību pielāgoties jaunajiem apstākļiem.

Pētījuma rezultāti ir izmantojami ar kultūras un izglītības vajadzībām vietvaru un plānošanas reģionu līmenī, kā arī ar citiem dzīves kvalitātes aspektiem saistītās sabiedrības attīstības jomās, īpaši pasākumu un apmācību rīkošanā, kas veltīta ilgtspējas jautājumiem, tāpat arī speciālistu sagatavošanā šajās disciplīnās.

Jau tagad pētījuma tēzes, metodiskās pieejas un tajā iekļautās publikācijas kā avoti tiek izmantoti pedagoģiskajā, sociālā un akadēmiskajā darbā, autorei sadarbojoties gan ar Latvijas un citu valstu universitāšu studentiem, gan ar dažādām sabiedrības grupām un ekspertiem visos Latvijas plānošanas reģionos, piemēram, līdzdalība Latvijas Republikas Labklājības ministrijas metodiskā materiāla sagatavošanā sociāliem darbiniekiem sadarbības un ilgtspējas jautājumu risināšanā kopienā (“Metodiskais materiāls sociālam darbam kopienā”), kur ieguldījums veikts

dialoga un sadarbības pieeju dažādošanai kopienā ar mērķi apzināties savas attieksmes un rīcības sekas un ietekmi uz ilgtspējīgu teritorijas sociāli ekonomisko attīstību. Ņemot vērā ANO ilgtspējīgas attīstības mērķu analītiķu vērtējumu, līdz pat 65 % no ilgtspējīgas attīstības mērķu 169 apakšmērķiem ir saistīti ar pašvaldību kompetencē esošām darbībām, līdz ar to tieši vietējās pašpārvaldes līmenis kļūst par izšķirošo posmu šo mērķu sasniegšanā.

Neatņemama šī pētījuma sastāvdaļa ir arī publikācija “Domāšana un radošums” Latviešu valodas aģentūras zinātniski metodiskajā izdevumā “TAGAD”, kura misija ir sniegt atbalsta rīkus vispārīglītojošo skolu pedagogiem darbā ar skolēniem radošo prasmju attīstībai, kas turpmākajās dzīves gaitās veicina daudzveidīgu pieeju pielietojumu sarežģītu, tajā skaitā, ar klimata pārmaiņām saistītu jautājumu risināšanā [11].

Būtiska praktiska nozīme darbam ir autore centienos izstrādāt un nodrošināt laikmeta prasībām atbilstošu saturu ES, valsts, reģionāla un pašvaldību līmeņa partneru (Eiropas Parlaments, Latvijas Nacionālais kultūras centrs, plānošanas reģioni, pašvaldības, izglītības iestādes, uzņēmēju apvienības u. c.) rīkotos publiskos pasākumos, kuru mērķis ir aktīvi iesaistīt savas mērķa grupas ilgtspējas jautājumu risināšanā. Līdzsvarots sociālo un inženierzinātņu disciplīnu pielietojums interaktīvo rīku pielietojumā ir vienīgais autorei zināmais šāda veida formāts Latvijā.

Pētījuma ietvaros izstrādātie rīki aprobēti sadarbībā ar dažādus sektorus pārstāvošām organizācijām:

- 1) publiskais sektors: Latvijas Nacionālais kultūras centrs, plānošanas reģioni (Vidzeme, Zemgale, Latgale un Rīga), pilsētu un novadu pašvaldības (Rīga, Rēzekne, Talsi, Līvāni, Daugavpils, Jelgava, Jūrmala, Ventspils, Cēsis, Dobeles, Preiļi),
- 2) Publiskā sektora kapitālsabiedrības: “Rīgas namu pārvaldnieks”, “Liepājas namu apsaimniekotājs”, “Elektroniskie sakari”,
- 3) nevalstiskais sektors: Latvijas Sociālās uzņēmējdarbības asociācija, Eiropas Digitālās inovācijas centrs, Dienvidlatgales NVO atbalsta centrs.

Pētījuma rezultāts ir praktiski pielietojams arī privātā sektorā, kas veic ievērojamas investīcijas savu darbinieku informēšanā par ilgtspējas jautājumiem un rosināšanā uz klimatneitrālu rīcību, lai sniegtu ieguldījumu uzņēmuma ar klimatneitralitāti saistītu veikspējas rādītāju uzlabošanā.

Pētījuma aprobācija

Promocijas darba rezultāti ir prezentēti piecās konferencēs un publicēti deviņās zinātniskajās publikācijās. Pētījuma atziņas ir apspriestas un demonstrētas šādās starptautiskās konferencēs:

- 1) V. Brakovska “Green Culture in the Smart City as a supportive environment for the sustainable company” // 9th Annual Entrepreneurship and Innovation Conference, Estonian Entrepreneurship University of Applied Sciences, 2021.
- 2) V. Brakovska and A. Blumberga, “The Influence of Young People on Household Decisions on Energy Efficiency in Latvia,” //International Scientific Conference of

Environmental and Climate Technologies – CONECT 2023, Riga Technical University, 2023

- 3) V. Brakovska, R. Vanaga, G. Bohvalovs, L. Fila, and A. Blumberga, “Multiplayer game for decision-making in energy communities,” //Sustainable Energy Planning and Management, Aalborg University, 2023.
- 4) V. Brakovska “From Energy Communities to Collective Synergy in Business: Knowledge Transfer for Addressing Social Dilemmas in Entrepreneurship” //3rd IEEE-TEMS International Conference on Technology and Entrepreneurship (ICTE), Kaunas University of Technology, 2023.
- 5) V.Brakovska, R.Vanaga, Ģ.Bohvalovs, A.Blumberga, D. Blumberga “Climate Conscious Communities: Navigating Transformation through Simulation Games and Creative Engagement” // International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies – CONECT 2024, Riga Technical University, 2024.

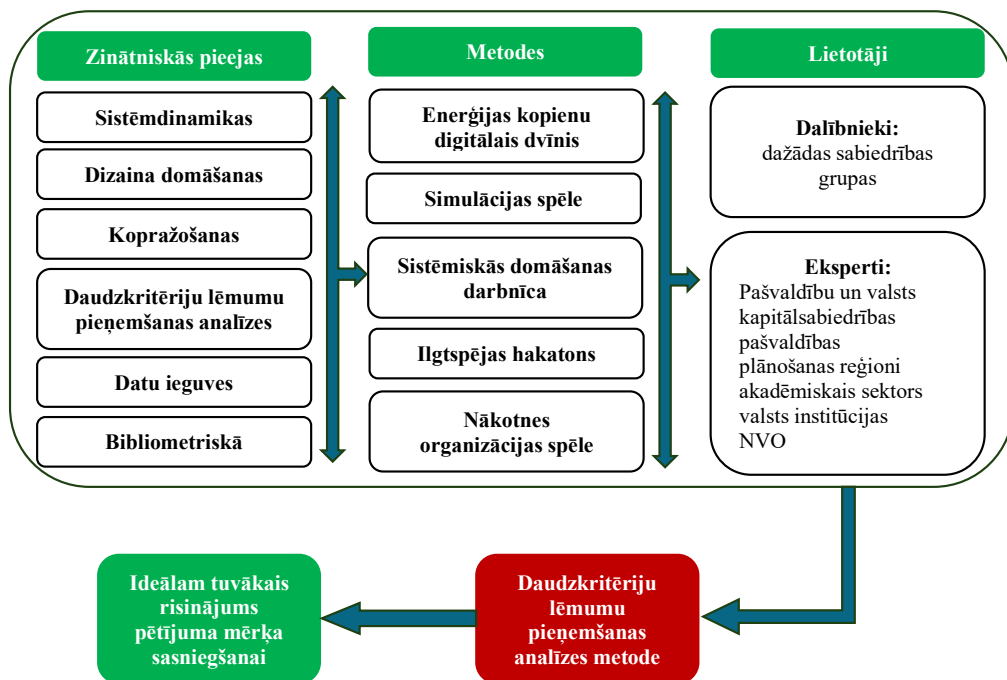
Zinātniskās publikācijas

- 1) G. Bohvalovs, R. Vanaga, V. Brakovska, R. Freimanis, and A. Blumberga, “Energy Community Measures Evaluation via Differential Evolution Optimization,” Environmental and Climate Technologies, vol. 26, no. 1, pp. 606–615, Jan. 2022, <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0046>
- 2) V. Brakovska, R. Vanaga, G. Bohvalovs, L. Fila, and A. Blumberga, “Multiplayer game for decision-making in energy communities,” International Journal of Sustainable Energy Planning and Management, vol. 38, pp. 1–13, Jul. 2023, <https://doi.org/10.54337/ijsepm.7549>
- 3) A. Kalnbalkite, V. Brakovska, V. Terjanika, J. Pubule, and D. Blumberga, “The tango between the academic and business sectors: Use of co-management approach for the development of green innovation,” Innovation and Green Development, vol. 2, no. 4, p. 100073, Dec. 2023, <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100073>
- 4) V. Brakovska and A. Blumberga, The Influence of Young People on Household Decisions on Energy Efficiency in Latvia, Environmental and Climate Technologies, vol. 28, no. 1, pp. 45–57, 2024, <https://doi.org/10.2478/rtuect-2024-0005>
- 5) A. Blumberga, I. Pakere, Ģ. Bohvalovs, V. Brakovska, R. Vanaga, U. Spurins, G. Klasons, V. Celmins, D. Blumberga, «Impact of the 2022 energy crisis on energy transition awareness in Latvia», Energy, Volume 306, 2024, 132370, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132370>
- 6) V. Brakovska, “Domāšana un radošums”, Zinātniski metodisks izdevums "TAGAD", Latvijas valodas aģentūra, ISSN 1407-6284 · Jan 1, 2018 (11), https://maciunmacies.valoda.lv/wp-content/uploads/2019/10/TAGAD_1.2018_web_small.pdf

- 7) Autoru kolektīvs, “Metodiskais materiāls sociālam darbam kopienā”, Latvijas Republikas Labklājības ministrija, ISSN 2661-5371, 2023, <https://www.lm.gov.lv/lv/media/24606/download?attachment>
- 8) Under review: Brakovska, V., Vanaga, R., Bohvalovs, Ģ., Blumberga, D., Blumberga, A. Climate Conscious Communities: Navigating Transformation through Simulation Games and Creative Engagement. CONECT 2024: XVII International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies: Riga Technical University, 2024, 50.-50.lpp. ISBN 978-9934-37-065-6. ISSN 2592-9704. <https://doi.org/10.7250/CONECT.2024.032>
- 9) Under Review: A. Blumberga, V. Brakovska, R. Vanaga, G. Bohvalovs and R. Freimanis, Single player game for decision making in energy communities, Energy Proceedings, Vol 29, 2024, ISSN 2004-2965, <https://doi.org/10.46855/energy-proceedings-11276>

Promocijas darba struktūra

Promocijas darbs ir 9 kontekstuāli saistītu zinātnisku publikāciju kopa, kas publicētas dažādos akadēmiskos izdevumos un pieejamas citēšanai starptautiskās datubāzēs, tajā skaitā, Web of science un/vai Scopus datu bāzē. Pētījuma galvenā uzmanība vērsta uz metodēm, kas veicina klimatatbildīgas nākotnes sabiedrības attīstību, izmantojot sešas zinātniskās pieejas (1. att.).



1. att. Promocijas darba struktūra.

Pētījuma mērķis ir izstrādāt piecus modeļus, kuri orientēti uz klimatneitralitātes virzienā attīstošu indivīdu izaugsmi. Šo modeļu izstrādē un aprobācijā piedalās dažādas mērķa grupas, kā arī organizācijas un eksperti no dažādiem sektoriem.

Promocijas darbā ir iekļauts ievads un trīs nodaļas: literatūras apskats, pētījuma metodes, rezultāti un diskusija. Darba ievadā ir norādīts mērķis un uzdevumi. Ievadā izvirzīta hipotēze un aprakstīta promocijas darba zinātniskā nozīme un praktiskais pielietojums. Tālāk sniegta informācija par pētījumu rezultātu aprobāciju, piedaloties starptautiskās zinātniskās konferencēs, izstrādājot zinātniskās publikācijas, kā arī praksē īstenojot un izvērtējot pētījuma ietvaros izstrādātās metodes.

Pirmā nodaļa ir veltīta literatūras analīzei par klimatneitralitāti veicinošas sabiedrības attīstību saistītiem izaicinājumiem un iespējām, lai identificētu nepilnības pētniecībā par indivīda uzvedības aspektiem klimata pārmaiņu mazināšanas jautājumos. Otrā nodaļā aprakstīta pētījuma metodoloģija, kas balstīta sešu zinātniski pamatotu pieeju pielietojumā piecu metožu izstrādei un aprobēšanai. Trešā nodaļa ietver rezultātus un to analīzi izvirzītās hipotēzes kontekstā. Secinājumi pēc iegūto rezultātu analīzes ir izklāstīti noslēguma daļā.

1.LITERATŪRAS APSKATS

Klimata pārmaiņas ir viens no 21. gadsimta globālajiem izaicinājumiem, kas prasa tūlītēju rīcību, lai veicinātu ilgtspējīgu resursu pielietojumu un attīstību, kā arī dzīves kvalitātes uzlabošanu sabiedrībā. Enerģētikas sistēmas visā pasaulē piedzīvo būtiskas pārmaiņas, ko izraisa fosilā kurināmā resursu samazināšanās, klimata izmaiņas, kā arī tehnoloģiskie, institucionālie un politiskie procesi. Eiropas Savienības ilgtermiņa klimata stratēģijas mērķis ir līdz 2050. gadam sasniegt oglekļa neitralitāti, veicot pārkārtojumus enerģētikas sektorā. Tas nozīmē pāreju no centralizētām enerģijas sistēmām uz decentralizētākām struktūrām [12]. Arī Mitsubishi korporācija savā ceļvedī uz klimatneitrālu sabiedrību nosaka, ka būtiski ir divi galvenie elementi – enerģijas un digitālā transformācija, kas sevī ietver augsti produktīvu un pašpietiekamas, decentralizētas kopienas [13]. Pieejamās tehnoloģijas ļauj palielināt energoefektivitāti un ražot enerģiju no atjaunojamiem energoresursiem gan ēku, gan kopienu līmenī [14], [15]. Tomēr sabiedrības klimatatbildīga attīstība kļūst par arvien aktuālāku diskusiju tematu politiskajā, sociālajā un ekonomiskajā līmenī [16]. Arī jaunākie zinātniski tehnoloģiskie risinājumi un politikas iniciatīvas ir iestrēguši lēmumu pieņemšanas procesos un konservatīvos uzvedības modeļos; inovāciju izplatība sabiedrībā notiek lēni, kas tādejādi apdraud klimata mērķu sasniegšanu. Izpratne par klimata pārmaiņām un to pieņemšana ir ļoti svarīga, lai cilvēki pieņemtu videi atbildīgu uzvedību un atbalstītu politiskās darbības, kuru mērķis ir samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas [17]. Kļūst par klimatatbildīgu indivīdu nozīmē ne tikai pēc iespējas vairāk samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas, bet arī kompensēt visas atlikušās emisijas. Klimatatbildīgas nākotnes sabiedrības izveide ir atkarīga no vairākiem faktoriem, tostarp ilgtspējīgu enerģijas izmantošanu, pārdomātu resursu pārvaldību, kā arī sabiedrības izglītības un līdzdalības pieaugumu klimata pārmaiņu mazināšanas procesos [18].

Pēdējos gados tiek izstrādātas inovatīvas metodes un pieejas, lai risinātu klimata pārmaiņu izaicinājumus ar aktīvu sabiedrības iesaisti. Starp šīm metodēm ir tādi tehnoloģiskie risinājumi kā nopietnās spēles datu ieguvei un analīzei un citi cilvēkresursu attīstības instrumenti, piemēram, izglītojošas un iesaistošas mācību metodes [19]. Eksperimentēšana un mācīšanās arvien vairāk tiek uzskatīta par instrumentiem, lai ieviestu inovāciju pārvaldības pieejas ilgtspējīgākas sabiedrības veidošanā un tā ir novērojama dažādos formātos, piemēram, spēlēs vai koprades procesos [20].

Kā liecina pētījumu rezultāti, valsts un pašvaldības pieliek pūles, lai veidotu atbalsta pasākumus energoefektivitātes jomā un veicinātu oglekļa neitrālu kopienu veidošanu un šie pasākumi piedāvā iedzīvotājiem dažādas izvēles iespējas, taču nesniedz pilnīgu izpratni par katra indivīda lēmuma nozīmi kā ieguldījumu klimata pārmaiņu mazināšanā [21]. Pēdējo 100 gadu laikā attīstītajās valstīs ir izveidojusies sabiedrība, kas ir pieradusi pie patēriņa un resursu izšķērdēšanas. Nozīmīga loma ir lielākai izpratnei par patēriņa ietekmi uz vidi un nepieciešamībai pārdomāt patēriņa paradumus, lai indivīdu uzvedība būtu atbildīga pret klimatu. Ir nepieciešama individuāla un kolektīva rīcība, lai samazinātu atkritumu daudzumu, veicinātu ilgtspējīgu pārtikas ražošanu un patēriņu, kā arī izveidotu ilgtspējīgas transporta lietošanas sistēmas. Sabiedrībā trūkst zināšanu par sistēmas elementiem un to mijiedarbību, kas izraisa zemu klimata pārmaiņu pieņemšanas līmeni un galu galā neefektīvu atbalsta instrumentu

izmantošanu energoefektivitātes uzlabošanai [22]. Nepietiekami augsts izglītības un izpratnes līmenis par klimata pārmaiņām un to sekām var būt šķērslis klimatatbildīgas sabiedrības attīstībai. Individīda informētība klimata pārmaiņu jautājumos ir viens no izšķirošiem faktoriem, lai stiprinātu individu izpratni un motivāciju rīkoties [23]. Sabiedrības līdzdalība pārmaiņu procesos ir svarīgs solis klimatatbildīgas sabiedrības attīstībā [24].

Lai arī bērni un jaunieši ir galvenie ieguvēji no visiem centieniem ietekmēt klimata pārmaiņas, maz ir zināms par bērnu zināšanām un attieksmi saistībā ar enerģijas patēriņa samazināšanu. Pētījumi liecina, ka skolas vecuma jauniešu izpratni par energoefektivitātes jautājumiem un vēlmi iesaistīties klimata pārmaiņu mazināšanas procesos ietekmē viņu mijiedarbība ar ģimenes locekļiem, draugiem, skolu un sociālajiem medijiem. Šķiet, ka tieši vecākiem un skolotājiem ir būtiska ietekme uz bērnu enerģētikas prasības attīstību un tāpēc viņi tiek uzskatīti par galvenajiem ietekmes aģentiem [25].

Daudzi vecāki uzskata, ka viņu vērtības ietekmē bērni. Tomēr daži pētījumi sniedz tiešus pierādījumus par vērtības nodošanu pretējā virzienā [26]. Līdz šim veiktie pētījumi atklājuši, ka enerģētika ir tēma, par kuru mājās reti tiek runāts ar bērniem. Skolas aktivitāšu iespaidā bērni bija vairāk motivēti taupīt enerģiju [27].

Pamatojoties uz "Fridays For Future" kampaņas pieredzi, ir secināts, ka skolas un citas kultūras vai izglītības iestādes piedāvā jauniešiem iespēju darboties kolektīvi, nodrošinot viņiem vidi socializācijai un identifikācijai ar citiem, kuri iesaistīti vides problēmu risināšanā. Šādas vietas var būt efektīvas labvēlīgas uzvedības veicināšanai. Labs piemērs ir mācību programmas, kuru mērķis ir veicināt jauniešu līdzdalību pilsoniskajās aktivitātēs un viņu spēju aktīvi veidot ilgtspējīgu nākotni. Kopumā ir būtiski veicināt sistemātisku līdzdalību jauniešu vidū, īpaši to vidū, kuri vēl nav sasnieguši balsošanas vecumu [28].

Pētījumi uzsver, cik būtiski ir nodrošināt atgriezenisko saiti par to, kā konkrētas darbības veicina vietējo un globālo vides mērķu sasniegšanu. Nepieciešami arī dziļāki pētījumi, kas pievērštos psiholoģiskajiem procesiem, kas veicina pret vidi atbildīgu uzvedību [29]. Dati liecina - jo vairāk cilvēki ir informēti par svarīgām vides saglabāšanas tēmām, jo izteiktāka ir viņu iesaiste vides jautājumos [30]. Svarīga ir arī izmantoto datu vākšanas metožu daudzveidība, kas iesaista pusaudžus un palīdz viņus ieinteresēt dažādu projektu aktivitātēs. Tas parāda vairāku metožu vienlaicīgas izmantošanas vērtību šajā vecuma grupā [31].

Problēmas nevar atrisināt tikai ar atsevišķu cilvēku ieguldījumu, bet ar kolektīvu rīcību, un politiķiem ir pienākums aizsargāt vidi un visu ekonomisko sistēmu, kas jau ir parādījusi savas vājās vietas [32]. Pētījumos iesaistītie pusaudži katru dienu dažādās pakāpēs iesaistās viedei draudzīgā uzvedībā, un tas ir atkarīgs no viņu attieksmes pret šīm aktivitātēm. Tomēr dominējošās ģimenes normas, kas atspoguļojas viņu vecāku uzvedībā, pauž vismaz tikpat lielas uzvedības variācijas kā pašu pusaudžu attieksme [33]. Pētījumi liecina, ka attieksme pret vidi un uzvedību veidojas ap 7 gadu vecumu, pieaug līdz 10 gadu vecumam, izlīdzinās līdz 14 gadu vecumam un pēc tam atkal samazinās [34], [35]. Vides uzvedība attīstās no bērnības līdz agrai pusaudža vecumam un sāk nostiprināties no 10 gadu vecuma, turpretim attieksme pret vidi nemainās vismaz agrīnā pieaugušā vecumā [36].

Kā tiek atzīmēts literatūras avotos, plaši izplatītas spēles uzvedības maiņai un mācībām var būt piemērotas arī saistītām jomām, piemēram, vides aizsardzībai un ar dzīvesveidu saistītiem

veselības jautājumiem [37]. Daudzveidīgu metožu pielietojums veicina attieksmes maiņu pret vides problēmām, un bagātāka mācīšanās mijiedarbība, ko nodrošina spēles izveide reāllaika formātā, varētu stimulēt ilgstošākus efektus [38]. Pētījumi liecina, ka uz bērniem vērstas enerģētikas izglītības programmas var palielināt enerģijas taupīšanas uzvedību gan bērnu, gan viņu vecāku vidū [39].

“Zini savu enerģijas rādītāju” (*Know Your Energy Numbers*) ASV bāzēta enerģētikas izglītības programma, kas izstrādāta, lai palīdzētu pusaudžiem un viņu ģimenēm izprast viņu enerģijas dzīvesveidu un datus. Pētījums parāda, ka dalībnieki bija (i) pozitīvi par izglītības programmām enerģētikas jomā, (ii) deva priekšroku enerģijas vizualizācijām, kas ļāva viņiem skatīt savas mājas enerģijas datus dažādos mērogos un vēlējās uzlabotākus skatus (piemēram, ierīces līmeņa sadalījumus) un (iii) tika iesaistīti praktiskās aktivitātēs ar elektroinstrumentiem [40]. Pozitīvas izmaiņas zināšanās, uzvedībā un attieksmē liecina, ka rūpīgi izstrādāta enerģētikas izglītības programma var risināt problēmas, kas saistītas ar bērnu izglītošanu par enerģijas taupīšanu un klimata pārmaiņām skolas vecumā, pat ja programmas ilgums ir īss [41].

Vai jaunieši ir pietiekami informēti, lai varētu ietekmēt mājsaimniecības izvēli, izspēlējot dažādas metodes, kuru mērķis ir stimulēt klimatatbildīgas sabiedrības attīstību? Balstoties uz iepriekš minēto literatūras apskatu, ir nepieciešams veikt kvalitatīvo izpēti par Latvijas reģionos dzīvojošo jauniešu informētību par energoefektivitātes pasākumiem un kādu pieredzi viņi guvuši savās mājsaimniecībās - vai siltumenerģijas rēķini tiek pārrunāti ar tuviniekiem un vai ir gatavība mainīt ikdienas paradumus, kas saistīti ar enerģijas patēriņu.

Publicētajā literatūrā ir pausts viedoklis par klimata pārmaiņu izglītības pieaugošo nozīmi darbā ar sabiedrību, tomēr pētnieki sistemātiskā literatūras analizē atklājuši, ka no 86 pētījumiem, kur vērtēta klimata pārmaiņu izglītības ietekme, tikai 19 darbos tā aplūkota ar faktisko uzvedību (galvenokārt, uz otrreizējo pārstrādi, atkritumu šķirošanu vai enerģijas taupīšanu) vai ar normām saistītiem uzskatiem [42]. Mazākā daļa pētījumu balstās uz zinātniski pamatotām mijiedarbībām, kas liecina par svarīgiem trūkumiem pētniecības darbā saistībā ar uzvedības ekonomiku klimata pārmaiņu kontekstā.

Lai gan sadarbība ir būtiska jebkurā uz ilgtspēju vērstā kopienā, tajā pastāv vairākas sociālās dilemmas. Viens no tiem ir savtīgu interešu pārākums pār kopējām interesēm, un tas var izpausties kā kopienā, tā organizācijas līmenī [43]. Pētījumi liecina, ka ir nepieciešami rīki, lai demonstrētu klimata pārmaiņu sliekšņa noteiktību un mazinātu pret kopienas interesēm vērstu lēmumu pieņemšanu [44] [45].

Vēl viens šķērslis ir investīcijas, kas nepieciešamas pārejai uz klimata ziņā atbildīgu sabiedrību – tas var būt finansiāli un ekonomiski sarežģīti. Ilgtspējīgas tehnoloģijas un infrastruktūra var būt dārga, un dažādām valstīm un reģioniem var būt ierobežotas finansiālās un resursu iespējas veikt šos ieguldījumus. Ja netiek ievērota sistemātiska rīcība, tas sūta sabiedrībai signālu par citām, svarīgākām politikas veidotāju prioritātēm [46]. Lai to novērstu, iedzīvotāji ir jāinformē vislabākajā iespējamajā veidā. Tradicionālās pieejas vides izglītības pasākumu, apmācību, konferenču organizēšanā ir mazāk piemērotas tur, kur sabiedrības iesaiste ir zema. Joprojām ir vajadzīgi pētījumi par piemērotām pieejām, lai izveidotu vajadzīgās kompetences jauno metožu lietošanai un ilustrētu to izmantošanas sekas sabiedrībā

[47]. Viens no trūkumiem - bieži vien ir maz atsaucis uz praktisko pielietojumu un iesaistīto dalībnieku motivāciju.

Kā tiek atzīmēts zinātniskajā literatūrā, uz spēlēm balstīta mācīšanās izmanto spēles kā zināšanu nodošanas līdzekli [48], [49]. Jo īpaši simulācijas spēles ir daudzsološa pieeja [50], jo iegūtās zināšanas var tieši pielietot un pielietot konkrētajā kontekstā [51] un lēmumu pieņemšanā [52], transformējot rīku no spēles par digitālo dvīni un veidojot jaunu pieeju, lai pielāgotos klimata pārmaiņām [53]. Lomu simulācijas spēles ir lielisks veids, kā izglītēt un veicināt izpratni par dažādām vides problēmām, kā arī iesaistīt dalībniekus praktiskā un interaktīvā mācīšanās procesā.

Simulācijas modelēšana tiek plaši izmantota, lai atbalstītu lēmumu pieņemšanu dažādās sabiedrībai aktuālās jomās un ar tās pārvaldību saistītos uzdevumos [54]. Spēļu veidošanās principi ir praktiski pielietojami ne tikai izklaides industrijā – tie tiek uzskatīti par pilnvērtīgiem rīkiem arī citās jomās [55]. Akadēmiskie pētījumi ir pierādījuši lomu spēles simulāciju priekšrocības lēmumu pieņemšanā un sociālajā mācībās klimata pārmaiņu un vides politikas jomā. Vides inženierzinātņu metodes var izmantot, lai gan uzbūvētu šādu spēli, gan arī novērtētu tās efektivitāti un dalībnieku iegūtās zināšanas. Nopietnas spēles piedzīvo strauju izaugsmi kā rīks, kas apvieno izpratni un sadarbību vienā platformā, piesaistot spēlētājus, kuri meklē risinājumus enerģijas resursu optimizēšanai [56]. Tas veido sinerģiju, apvienojot trīs dizaina elementus (uz modeļiem balstīta plānošana, tiešsaistes diskusija un elektroniskā balsošana) [57]. Simulācijas spēļu nozīme pieaug, jo mācīšanās tiek aplūkota kā aktīvs, konstruktīvs, uz sevi vērstas, emocionāls, sociāls un situācijas process. Tāpēc simulācijas spēles piedāvā labu iespēju stiprināt indivīdu kā pret klimatu atbildīgas sabiedrības pārstāvju kapacitāti, padarīt viņu attieksmi atvērtāku un mazināt distancēšanos no kolektīvo interešu jautājumiem [56]. Simulācijas spēļu priekšrocības ir, piemēram, teorijas un prakses savienojamība, dalība simulācijas spēlē atvieglo jaunu inovatīvu ideju pieņemšanu un var veidot holistisku izpratni par jauniem jēdzieniem [51]. Simulācijas spēle nodrošina reālu apstākļu sajūtu, neietekmējot pašu realitāti. Atšķirībā no nepareizu lēmumu sekām, spēles vidē nav reālu seku un tādējādi tiek nodrošināta liela radošā brīvība [58]. Šis un citi līdzdalības dizaini ir kļuvuši plaši populāri kopienas dalībnieku mijiedarbības kontekstā, taču līdz šim tie maz ietekmējuši nopietnu spēļu izstrādes procesus [59]. Neskatoties uz pieaugošo interesi, soli pa solim sniegtās vadlīnijas joprojām ir reti sastopamas attiecībā uz lomu spēles praktisko izstrādi un ieviešanu, kas kavē šīs daudzsološās pieejas pieņemšanu un ieviešanu [60]. Viens no izesliem - tradicionālajā spēļu teorijā bieži tiek pieņemts, ka dalībnieks ir pilnīgi racionāls, un darbības tiek veiktas, izmantojot tā rīcībā esošo pilnvērtīgo informāciju. Tomēr reālajā pasaulē ir grūti nodrošināt dalībnieka informācijas pilnīgas racionalitātes un pilnīguma nosacījumus [61].

Vēl iepriekšējie pētījumi ir atklājuši, ka pašnovērtējuma veikšanas biežums un regularitāte ir pozitīvi korelē ar mācīšanās sniegumu [62] un palīdz aktīvi iesaistīties mācību procesā, paaugstina sasniegumus, veicina pašmācīšanos un attīsta metakognitīvās prasmes [63]. Ja šīs spēles tiek pielāgotas indivīda vajadzībām, mācību rezultāts ir vēl augstāks [64].

Apskatot zinātnisko literatūru, autore secina, ka metodes galvenais panākumu faktors ir spēles satura pārņemšana uz paša indivīda interesēm. Tas jo īpaši attiecas uz gadījumiem, kad

tēma ir cieši saistīta ar iekļaujošas vides attīstību indivīdiem. Detalizēta reālu mijiedarbības procesu atveidošana tiek izmantota arī, piemēram, Enerģētikas kopienu veidošanā kopienas interešu veicināšanas nodrošināšanai.

Lai veicinātu “zaļo” inovāciju ilgtspēju, visām pusēm ir kritiski jāizvērtē sava loma mērķauditorijas izglītošanā un jāņem vērā dažādi faktori, kas ietekmē kopīgos sasniegumus [35][65], [66], piemēram, zināšanu pārneses un izglītojošu ietekmi, kā arī labāko inovāciju praksi un uz ilgtspējību orientētas izglītības lomu. Pētnieku uzdevums ir rast konceptuāli jaunas pieejas mūsdienu izglītībai un jāiesaistās dialogā ar industriju, paralēli izvērtējot arī sāncensību starp augstākās izglītības iestādēm [67] un alternatīvu izglītības platformu piedāvāto potenciālu. Sabiedrībā novērojamā paradigmas maiņa ir ietekmējusi arī akadēmisko sektoru, kurš reaģē uz arvien pieaugošo politikas veidotāju un nozares pieprasījumu pēc atbilstošām mācību pieejām, arī “zaļo radošumu” [68] – pētījumi arī liecina, ka akadēmiskajam personālam ir jāuzlabo savi rezultāti [69], [70], tostarp sadarbība, kopradīšanas un kōppārvaldības pieejas izmantošana.

“Zaļās iniciatīvas” ir daļa no pilsoniskās uzvedības [71], [72] un literatūrā ir redzama ievērojama plaša pētījums, kas fokusējas uz “zaļās” jaunrades jēdzienu kā svarīgu zaļo iniciatīvu virzītājspēku organizācijās. Par to liecina arī neseni sistemātiskie literatūras pārskatiem par zaļo radošumu viesmīlības un pakalpojumu nozarēs [73], [74]. Arī šis jēdziens zinātniskajā literatūrā joprojām nav izpētīts, jo tikai ierobežots skaits pētījumu to aplūko [75], [76], [77]. Ņemot vērā pieaugošās bažas par ilgtspējības nodrošinājumu dažādos sektoros, ir jānovērs šī nepilnība arī literatūrā, sniedzot plašāku ieskatu "zaļā radošuma" praktiskā pielietojumā organizācijās.

Neraugoties uz zinātnes un tehnoloģiju attīstību, pastāv būtiskas nepilnības klimata pārmaiņu mazināšanai nepieciešamo risinājumu ieviešanā. Kā tiek atzīmēts pētījumos, sabiedrības izpratnes un līdzdalības trūkums attiecībā uz ilgtspējīgu attīstību un enerģijas pārvaldību ir būtisks izaicinājums [78]. Lai arī iedzīvotāju interese par atjaunojamo resursu izmantošanu pamazām ir augusi, joprojām ar mainīgiem panākumiem, īpaši savstarpēji vienojoties, tiek īstenoti enerģētikas politikas atbalsta pasākumi sabiedrības aktīvākai līdzdalībai energoefektivitātes pasākumu īstenošanā [79]. Sabiedrība bieži vien ir maz informēta par savu lomu klimata pārmaiņu mazināšanā, kas apgrūtina pāreju uz mentālo modeli ilgtspējīgam dzīvesveidam.

Vienlaikus pētījumi atklāj, ka tehnoloģiskie risinājumi bieži vien tiek attīstīti bez pietiekamas cilvēku iesaistes, tādējādi mazinot šo risinājumu efektivitāti ieviešanas posmā. Energoresursu sistēmas visā pasaulē piedzīvo radikālas pārmaiņas tehnoloģisku, institucionālu un politisko pārmaiņu, fosilā kurināmā resursu izsīkšanas un klimata pārmaiņu, kā arī globālo enerģētikas krīžu dēļ [80]. Sadalīto energoresursu palielināšana vietējā līmenī prasa centralizēto energosistēmu reorganizāciju [12]. Enerģētikas kopienas ir iedzīvotāju brīvprātīgi izveidotas biedrības, kam ir kopīga interese par energoefektivitātes pasākumiem un atjaunojamo enerģijas avotu pielietojumu, lai mazinātu patēriņu un enerģijas izmaksas un palielinātu enerģētisko neatkarību [81]. Enerģētikas kopienas atvieglo privāto investīciju piesaisti atjaunojamās enerģijas ražošanā, nodrošina elastību ar pieprasījuma-reakcijas un uzglabāšanas tehnoloģijām, kā arī palielina sabiedrības atbalstu šādiem projektiem [82]. Minētās iespējas seko “Tīrai

enerģijai visiem eiropiešiem” tiesību aktu kopuma politikas sistēma, lai pārietu no fosilā kurināmā uz tīrāku enerģiju [83]. Pāreja palīdz samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas, jo pašreizējā situācijā ēkas ir atbildīgas par 40 % no ES enerģijas patēriņa un 36 % no ar enerģiju saistītajām SEG emisijām, un 75 % ēku nav energoefektīvas [84].

Cilvēki ir būtiska enerģijas kopienas sastāvdaļa, un tādēļ ir nepieciešams plaši veicināt viņu līdzdalību ilgtspējīgās enerģijas sistēmās [85], [86]. Mūsdienās indivīdi sevi vēl neredz kā enerģijas kopienas dalībniekus – tas ir drīzāk likumdevēju vai pētnieku veidots normatīvs jēdziens. Sociālo zinātņu pētnieki uzsver nepieciešamību mainīt skatījumu uz sabiedrību kopumā – no pasīviem indivīdiem, kuru uzvedību ietekmē politikas un tehnoloģiskie risinājumi, uz aktīviem līdzdalībniekiem enerģijas pārejas procesā. Uzmanības pārlikšana no atsevišķiem indivīdiem uz kopienām ir viens no veidiem, kā sekmēt sabiedrības iesaisti.

Kultūras un radošo industriju ieguldījums globālo izaicinājumu risināšanā un unikālais pienesums darbā ar sarežģītām sociālām sistēmām ir pamanīts [87], taču ne pilnvērtīgi novērtēts. Iemesls pēc autores domām ir saistīts ar sociālo zinātņu ne tik attīstīto kompetenci sistemātiskā datu ieguvē un analizē, kas, savukārt, vides inženierzinātnēs ir pamats pētniecībai un zinātniskajai jaunradei. Toties kultūras un radošo industriju unikālais vērtības piedāvājums ir nestandarta domāšana [88], spēja uzrunāt un apvienot atšķirīgi domājošus indivīdus un prasme stiprināt jebkuras organizatoriskas izpausmes pievilcību visdažādākās auditorijas acīs, tādējādi rosinot vēlmi malā stāvētājiem kļūt daļu no radošā procesa – ja ne uzreiz, tad lielākā daļa to izdara pakāpeniski. Ne tikai Eiropas jaunais Bauhaus, kas ir viens no piemēriem kā kultūrvēsturiskais mantojums ir tieša norāde ceļam uz ilgtspējīgu resursu pārvaldību un klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu [89], bet arī tādi termini kā, piemēram, “aktualitātes radošā interpretācija” un “radoša attieksme pret aktualitāti” [90], palīdz iesaistīt indivīdus motivēt un bagātināt mijiedarbības metožu daudzveidību ar tādiem elementiem kā, piemēram, audiovizuālie materiāli, saukļi publicitātes uzlabošanai, dalībnieku iesaistes formāti un nestandarta atribūti.

Pētnieki norāda, ka “nav vienas stratēģijas, lai atrisinātu klimata krīzi” [91]. Tādēļ, paralēli tehnoloģijām, atbalsta mehānismiem un atbildīgai pilsētplānošanai, ir nepieciešamas jaunas pieejas arī darbā ar sabiedrību, lai veidotu ietekmi uz tās attieksmi un uzvedību. Literatūras avoti apliecina, ka izglītības sistēma un valdību īstenotās politikas ne vienmēr piedāvā risinājumus sistēmiskas un ilgtspējīgas domāšanas praksei sabiedrībā. Tādēļ ir nepieciešamas jaunas pieejas un praktisku rīku pieejamība sabiedrības izpratnes veicināšanai par klimata pārmaiņām.

Šādi pētījumi ir svarīgi, lai veicinātu sabiedrības izpratni par tās lomu klimatneitralitātes mērķu sasniegšanā un sniegtu jaunas metodes sabiedrības iesaistei šajos procesos. Ir nepieciešama pieejamība metožu daudzveidībai klimatatbildīgas nākotnes sabiedrības attīstībai piedāvājot inovatīvus risinājumus, kas ietver gan tehnoloģisko attīstību, gan sabiedrības līdzdalības iespējas [92], [93].

Piemēram, autores pētījumā apskatītais enerģiju kopienas digitālais dvīnis ir metode, kas ļauj ne tikai simulēt enerģijas patēriņu un efektivitāti, bet arī sniedz indivīdiem iespēju uzņemties aktīvu lomu enerģijas resursu pārvaldībā. Savukārt, lomu simulācijas spēle un dizaina domāšanas pieeja palīdz organizācijām attīstīt cilvēkresursus, veicinot ilgtspējīgas

nākotnes sabiedrības attīstību. Šīs un citas metodes ir būtiskas, lai mazinātu plaisu starp tehnoloģisko attīstību un sabiedrības izpratni par klimata pārmaiņām [94].

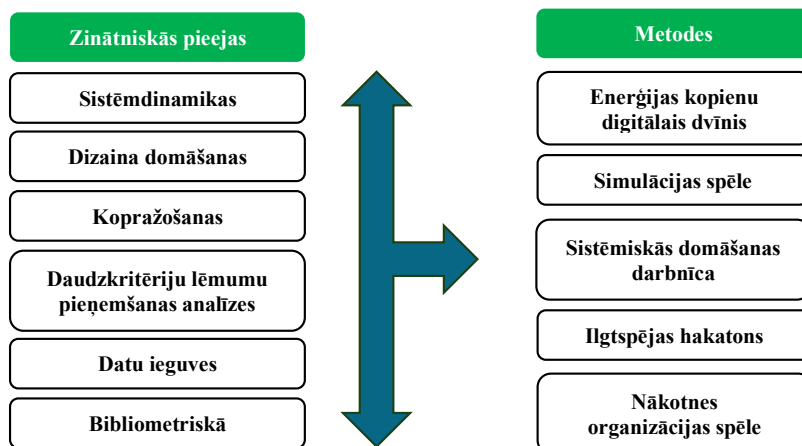
Citi sistemātiskie literatūras pētījumi liecina, ka visas četras pārskatītās intervences – sociālais salīdzinājums, apņemšanās (iejaukšanās kopums, kas ļauj indivīdiem šodien sevi ieslēgt darbībā, ko viņi apņemas veikt rīt [95]), mērķu noteikšana un marķēšana – var būtiski samazināt privāto mājsaimniecību enerģijas patēriņu. Tomēr no visām minētajām intervencēm apņemšanās un mērķu noteikšana vēl nav plaši pētītas, un esošie pētījumi liecina par būtiskiem metodoloģiskiem trūkumiem [96], [97].

Ir dažādas pieejas klimatatbildīgas sabiedrības veidošanai, kuras var salīdzināt pēc to pieejas sabiedrības iesaistīšanai un izglītošanai. Bieži vien šīm pieejām ir tradicionāla pieeja, piemēram, konferences un semināri. Salīdzinot tās ar dažādos mijiedarbības rīkos balstītu mācīšanos, var secināt, ka tie piedāvā aktīvu līdzdalību, motivāciju un iespēju eksperimentēt drošā vidē, kas ļauj indivīdiem izprast to rīcības ietekmi bez reālām sekām. Nopietnas spēles un citi pētījumā piedāvātie interaktīvie rīki, kas apvieno izpratni ar sadarbību, ir īpaši piemēroti enerģijas resursu optimizācijai un sabiedrības motivēšanai iesaistīties ilgtspējīgas sabiedrības veidošanā, pie tam neparedz abstraktu un praksē grūti pielietojamu ietvaru. To apliecina arī pētījumi par dažādām izglītojošām intervencēm, kuru mērķis ir mazināt nodoma un rīcības plaisu, pielietojot tādas stratēģijas kā atgriezeniskā saite, modelēšana, pamudinājumi un apņemšanās [98].

Šajā literatūras apskatā izklāstītais parāda, ka ir nepieciešamas jaunas un inovatīvas metodes, kas vērstas uz attieksmes un uzvedības maiņu [99], lai veicinātu sabiedrības aktīvāku iesaisti klimatatbildīgas sabiedrības attīstībā, sniedzot atbalstu arī partnerorganizācijām to darbā ar savām mērķa grupām. Pētījumā piedāvātas piecas metodes, kas ietver digitālus un analogus risinājumus darbā ar dažādām sabiedrības grupām un sniedz praktiskus risinājumus, balstoties gan uz tehnoloģiskām inovācijām, gan uz cilvēka attieksmes un uzvedības maiņu, radot izpratni par klimata pārmaiņu mazināšanas nepieciešamību un ilgtspējīgu attīstību.

2.METODOLOĢIJA

Promocijas darbā ir izmantotas sešas zinātniskās pieejas, lai aprobētu izstrādātās metodes klimatatbildīgas sabiedrības attīstībai. 2.1. attēlā redzamas pētījumā izmantotās zinātniskās pieejas.



2.1. att. Promocijas darbā izmantotās zinātniskās pieejas jaunu metožu attīstībai.

Zinātniskajās pieejās balstīto metožu pielietojums var būt secīgs, ja ir vērsts uz pakāpeniskas ietekmes veidošanu, sākot no informēšanas līdz indivīda rīcību stimulējošas vides veidošanai pētījumā izvēlētajās mērķa grupās. Savukārt, ja nepieciešams īstenot tikai viena veida ietekmi, tad var tikt izvēlēts atbilstošais rīks.

Pētniecības darba gaitā tika izmantotas arī promocijas darba autores profesionālās darbības ietvaros gūtā pieredze intensīvā darbā ar dažādām sabiedrības grupām un ilgtspējas attīstībā iesaistītām publiskā un privātā sektora organizācijām.

Darba ietvaros papildus socioloģiskām aptaujām atsevišķu metožu aprobācijā iesaistītas trīs mērķa grupas (2.1. tab.) – pašvaldību darbinieki, uzņēmēji un jaunieši (t.sk. vides inženierzinātņu studenti).

2.1. tabula

Pētījumā iesaistītās mērķa grupas un to izvēles pamatojums

Nr.	Sabiedrības grupa	Pamatojums
1.	Pašvaldību darbinieki, jo īpaši attīstības plānošanas, kultūras un izglītības jautājumos	Administratīvo resursu pārvaldība Ilgtspējas procesu attīstība kopienā
2.	MVU ar personālu virs 10 darbiniekiem	Produktivitātes rīki personāla attīstībai uzņēmuma ilgtspējīgas darbības kontekstā
3.	Jaunieši vecumā no 14 līdz 25 gadiem	Mentālais modelis ietekmes veidošanai

Izvēle pamatota ar autores praktisko pieredzi darbā ar minētajiem segmentiem un novērojumiem par daudzveidīgiem formātiem šo mērķa grupu potenciālai ietekmei uz klimatatbildīgas sabiedrības attīstību - pieeja administratīvajiem resursiem uz ilgtspēju vērstu

aktivitāšu plānošanai un īstenošanai vietējā kopienā (pašvaldību darbinieki), motivācija iepazīt jaunus rīkus darbā ar personāla virzību uz klimatneitralitāti (uzņēmēji), kā arī vēlme veidot savu ietekmi klimata pārmaiņu mazināšanā (jaunieši).

Pētījumā izvēlētās zinātniskās pieejas tiek pielietotas ne tikai metožu attīstībai un efektivitātes novērtējumam, bet arī datu vizualizācijas kā ietekmes paņēmiena lomas novērtējumam gadījumos, kad jāiedarbojas uz indivīdu attieksmi un uzvedības kultūru. Tas tiek veikts ar mērķi piedāvāt jaunus formātus uztveres normu demonstrēšanai un nostiprināšanai plašākā sabiedrībā [100].

Izvēlētās pieejas metodes var padarīt ne tikai izglītojošas, bet arī izklaidējošas, sniedzot mērķa grupām dziļāku izpratni tām ērti uztveramā veidā par vides inženierzinātņu nozīmīgumu un praktisko pielietojumu klimata pārmaiņu mazināšanā. Autore ieskatā pētījuma ietvaros veidoto metožu pielietojums sniedz optimālus un praktiskus risinājumus, kas rosinās sociālo un vides inženierzinātņu sinerģiju sabiedrības sekmīgākai pārejai Eiropas “Zaļā kursa” ietvaros.

2.1. Socioloģiskās aptaujas

Socioloģiskās aptaujas ir bieži izmantota pieeja akadēmiskajos pētījumos socioloģijas jomā. Šī metode ietver datu savākšanu, uzdodot respondentiem jautājumus par dažādiem sociāliem fenomeniem, uzskatiem, uzvedību vai pieredzēm. Socioloģiskās aptaujas var būt gan kvantitatīvas, balstītas uz skaitliskiem datiem, gan kvalitatīvas, balstītas uz dziļākas izpratnes iegūšanu, izmantojot padziļinātas intervijas.

Socioloģisko aptauju formāti ir dažādi un atkarīgi no izpētes subjekta un mērķa. Tie ietver anketas rakstiskai aizpildīšanai, tiešsaistes aptaujas internetā, telefoniskas aptaujas mutisku atbilžu iegūšanai un tiešas intervijas ar respondentiem. Tipiski mērķi, ko var izvirzīt izpētes ietvaros, ir tendenču un uzvedības izpēte sabiedrībā, pārliecību un viedokļu noskaidrošana dažādos aktuālos jautājumos, sociālā mijiedarbība, kas pēta attiecību dinamiku gan individuālā, gan grupu līmenī, kā arī pētniecības instrumentu izstrāde un validācija.

Socioloģiska pētījuma veikšanai ir jāizvēlas atbilstoša metode, jāizstrādā precīzi jautājumi un jāiegūst pietiekams datu apjoms, kas nodrošina pētījuma uzticamību un precizitāti. Turklāt, ir jāievēro ētiskie principi, piemēram, respondentu privātuma aizsardzība un brīvprātīga līdzdalība.

Socioloģisko aptauju kvantitatīvais un kvalitatīvais raksturs ļauj daudzveidīgi iegūt datus un tos izmantot sarežģītu sociālo sistēmu izpētei. Šajā pētījumā tiek izmantotas abas datu ieguves pieejas. Literatūras analīzes posmā tiek pārskatīti aktuālie pētījumi darbā ar indivīdu attieksmi pret klimata pārmaiņas jautājumiem un ar to saistīto uzvedību. Dokumentu izpēte balstās uz zinātnisko literatūru, enerģētikas nozares datiem, normatīvajiem aktiem un sabiedrisko domu.

Divas aptaujas tika veiktas no 2021. gada 17. līdz 21. septembrim un 2023. gada 27.–28. martam, izmantojot datorizētās tīmekļa intervijas metodi. Aptauju lauka darbus nodrošināja pētījumu centrs SKDS. Kopējo iedzīvotāju skaitu veido vairāk nekā 1,5 miljoni Latvijas iedzīvotāju vecumā no 18 līdz 75 gadiem. Paraugu ņemšanai tika izmantota kvotu izlases

metode. Abās aptaujās tika izmantotas identiskas anketas ar mērķi sasniegt 1000 respondentus. Anketas dati sastāv no pieciem tematiskiem blokiem, kas uzskaitīti 2.2. tabulā.

2.2. tabula

Socioloģiskās aptaujas tematiskie bloki

Respondentu raksturojums pēc sociāli demogrāfiskajiem parametriem	Energoefektivitātes prakse mājokļu, ēku un kopienu līmenī	Energoefektivitātes uzlabošanu noteicošie faktori	Energoefektivitātes uzlabojumu ieviešanas iespēju apraksts ēkas līmenī	Iedzīvotāju sabiedriskā un sabiedriskā aktivitāte, iesaistīšanās dažāda veida kopienas pasākumos
dzimums, vecums, tautība, izglītība, dzīvesvieta, nodarbinātības statuss, ģimenes stāvoklis, mājokļa veids, būvniecības gads, īpašumtiesības uz mājokli, apsaimniekošanas veids, personiska iesaistīšanās mājokļa pārvaldīšanā	siltuma un elektroenerģijas taupīšana, enerģijas ražošana, mobilitāte (videi draudzīgs transports, transporta koplietošana)	faktori, kas ietekmē cilvēku izvēli veikt vai neveikt energoefektivitātes uzlabojumus savā mājā vai ēkā: ietekme uz vidi, dzīves kvalitāte, sava nekustamā īpašuma vērtība, finanšu ieguldījumi un atmaksāšanās periods, pieejamais valsts atbalsts uzlabojumiem, ekspertu konsultācijas	vienošānās ar kaimiņiem par energoefektivitātes paaugstināšanu daudzdzīvokļu mājā, ēkas pārvaldnieka izvēle, kāpņu telpu remonts, ēkas fasādes remonts, ēkas jumta nomaiņa, ēkas loga maiņa, saules paneļu uzstādīšana, ēkas apkures veida maiņa, velosipēdu novietnes uzstādīšana u.c.	vides talkas, komandu sporta spēles, tālākizglītība, kopīgas apkāmes aktivitātes, sabiedriskās apspriešanas, nevalstiskās organizācijas, reliģiskās draudzes, politiskās partijas u.c.

Datu apstrāde veikta, izmantojot SPSS statistikas programmatūras pakotni. Dažos aptauju jautājumos tika izmantotas piecu punktu Likerta atbildes alternatīvas [101], [102]. Likerta tipa jautājumu datiem tika veikti vairāki testi, lai salīdzinātu abu aptauju rezultātus. Pirmkārt, tika ieviests neatkarīgu paraugu t-tests vidējo vienlīdzības noteikšanai. Parasti t-tests uzrāda labu jaudu [103], taču daži ir iebilduši pret tā izmantošanu Likerta tipa vienībām, jo atbildes un to radītie kārtas dati ir diskreti [104]. Tāpēc kā neparametriskis alternatīvs Mann-Whitney U tests tika veikts, pārbaudot, vai abi paraugi ir no populācijām ar vienādu sadalījuma funkciju. Mann-Whitney U tests neizmanto līdzekļus un standarta novirzes. Tā vietā tā paļaujas uz visu abu paraugu novērojumu sarindošanu un atbilstošo rangu summu salīdzināšanu [105].

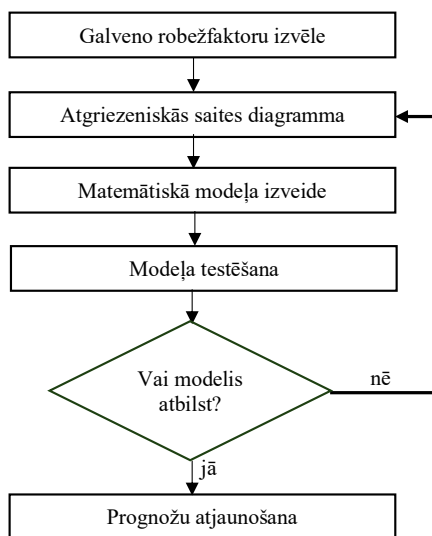
Aprobācijai paredzēto rīku izstrādei nepieciešamais saturs izriet no 2021. gadā veiktās izpētes un socioloģiskajā aptaujā iegūtajiem datiem, kā arī to interpretācijām par iedzīvotāju attieksmi pret energoefektivitātes jautājumiem. Otrās socioloģiskās aptaujas posms 2023. gadā paredz socioloģisko datu iegūšanu, lai raksturotu izmaiņas iedzīvotāju energoefektivitātes praksēs un attieksmē klimata pārmaiņu jautājumos pēc 2022. gada, kad enerģijas resursu cenas būtiski ietekmēja mājsaimniecību izdevumu struktūru.

2.2.Sistēmdinamikas metode

Metode ir Masačūsetsas Tehnoloģiju institūta (MIT) profesora Džeja Vaita Forestera izstrādāta metodika, kas apvieno kvalitatīvo un kvantitatīvo analīzi [106] un sākotnēji tika veidota uzņēmumu vadītājiem, lai palīdzētu izprast ražošanas procesu, taču šobrīd tās plašāk sastopams pielietojums ir politikas analīze un īstenošana privātā un publiskā sektorā.

No citām komplekso sistēmu pētīšanas metodēm tā atšķiras ar atgriezeniskās saites vadības un krājumu un plūsmu kā pamatelementu izmantošanu, kas ļauj šķietami vienkāršās sistēmās iekļaut apjomīgu nelinearitāti.

Izmantojot datorsimulācijas programmas (piemēram, Stella Architect vai Vensim), parametri vai stratēģijas var tikt pielāgoti, lai simulētu un prognozētu, kā dažādi sistēmas elementi mijiedarbojas un maina savu uzvedību noteiktos apstākļos laika gaitā [107]. Tas palīdz izstrādāt jēgpilnas stratēģijas sarežģītu problēmu risinājumiem situācijās, kad sistēmas uzvedību nevar pilnībā izskaidrot ar tās elementu uzvedību, jo sistēmai un tās elementiem ir atšķirīgas īpašības. Sistēmas dinamikas modeļa attīstība demonstrēta 2.2. attēlā.



2.2. att. Sistēmas dinamikas modeļa attīstības procesa posmi [108].

Sistēmas dinamikas metodoloģijas soļi ir sekojoši:

- 1) mērķa un sistēmas robežu noteikšana: identificē galvenos robežfaktorus un mainīgos lielumus sistēmā, kas ietekmē risināmo problēmu,
- 2) strukturālā analīze: noskaidro atgriezeniskās saites mehānismus un atgriezeniskās saites cilpas starp mainīgajiem, kā arī izveido krājumu plūsmas diagrammu,
- 3) matemātisko vienādojumu izstrāde: izveido matemātiskos modeļus, kas atspoguļo plūsmas diagrammā parādīto mainīgo lielumu attiecības un piešķir konstantes vērtības,
- 4) metodes pārbaude: testē un modificē metodi līdz brīdim, kad tā ir pārbaudīta un iztur pārbaudi,

5) simulācija: izmanto datorsimulācijas programmatūru, lai simulētu sistēmu un pārskatītu rezultātus, lai noteiktu labāko problēmas risinājumu un sniegtu piemērotus ieteikumus [109].

Pētījuma ietvaros sistēmdinamikas metode tiek izmantota ne tikai sarežģītu sociālu sistēmu savstarpējo savienojumu izpētei. Autores skatījumā tikpat būtisks ir šīs metodes ieguldījums izglītībā, veicinot indivīdu kritisko domāšanu un ļaujot labāk izprast pieņemto lēmumu tiešās un netiešās sekas. Sistēmiskās domāšanas arhetipi un pazīmes ir vērtīgs, taču reti sastopams izglītojošs rīks sabiedriskajā telpā, un, pēc autores domām, tā būtiskākais ieguldījums ir iedarbība uz indivīdu apziņu un attieksmi. Tāpēc sistēmdinamikas metode tiek pielietota ne tikai datu ieguvei un analīzei, bet arī indivīdu informēšanai, izglītošanai un apziņas veidošanai.

Zinātniskās pieejas aprobācija tiek veikta, izstrādājot divus izpildījuma ziņā atšķirīgus rīkus – tehnoloģijās balstītu un analogu saskarsmes formu. Analoga formāta izveide ir pamatota ar nepieciešamību paaugstināt ar digitāliem rīkiem saistīto ieguvumu pieejamību auditorijai ar atšķirīgu digitālo prasmju līmeni, tādējādi nodrošinot pētījuma mērķu sasniegšanu darbā ar dažādām sabiedrības grupām. Abi rīki ietver simulāciju enerģijas kopienas attīstībai, kuras pamatā ir indivīdu sadarbība kopīga mērķa, piemēram, CO₂ izmešu samazināšanas, sasniegšanai.

Enerģijas kopienas digitālais dvīnis

Eiropas Savienības klimata pārmaiņu mazināšanas politika definē enerģijas kopienas kā vienu no risinājumiem klimatneitralitātes mērķu sasniegšanā. Šim nolūkam izstrādāti digitāli rīki ļauj pētniekiem labāk izprast sabiedrībā dominējošos uztveres un uzvedības modeļus, lai veidotu atbilstošas rekomendācijas politikas veidotājiem. Vienlaikus šie zinātniskie sasniegumi digitālo risinājumu jomā var tikt sekmīgi izmantoti arī sabiedrības apziņas veidošanai un kļūt par nozīmīgu instrumentu sabiedrības straujākai transformācijai ceļā uz klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu, piemēram, sniedzot iespēju indivīdiem novērtēt dažādu oglekļa neitralitātes risinājumu ietekmi un klimata pārmaiņu mazināšanu.

Uz sistēmdinamikas metodi balstīts digitālais rīks - Enerģijas kopienas digitālais dvīnis — tiek veidots kā platforma sadarbībai un kopīgu lēmumu pieņemšanai energoefektivitātes jomā potenciālām enerģijas kopienām, kas sastāv no vairākām daudzdzīvokļu dzīvojamām ēkām viena dzīvojamā kvartāla ietvaros. Rīks arī var sniegt novērtējumu par to, kurām klimata enerģētikas politikām ir lielāka ietekme uz enerģijas pārejas risinājumu veicināšanu.

Rīka izveides mērķis ir sniegt iespēju lietotājiem novērtēt savu lēmumu ietekmi uz individuālajām un kolektīvajām interesēm un pielāgoties, līdz pieņemtie lēmumi apmierina enerģijas kopienas vajadzības. Izspēles ietvaros tiek nodrošināta mijiedarbība starp lietotājiem un datu atspoguļojums, kas ir optimāls resursu patēriņš no laika un tehnoloģiju viedokļa, rosina lēmumu pārskatīšanu, lai sasniegtu izvirzīto kopienas mērķi, piemēram, CO₂ izmešu samazināšanu.

Rīka izspēles ietvaros dalībnieki tiek iepazīstināti ar hipotētisku situāciju un iepriekš definētu sasniedzamo kolektīvo mērķi, ļaujot tiem izvēlēties mērķa sasniegšanas līdzekļus [56] - enerģijas taupīšana, enerģijas ražošana vai transporta resursa koplietošana (2.3. tab).

Energoefektivitātes pasākumu veidi [56]

Enerģijas taupīšana	Enerģijas ražošana	Transporta lietošana
Jumta, sienu un pagraba siltināšana Logu nomaiņa Ventilācijas nomaiņa Elektroierīču nomaiņa	Saules paneļi	Lietošanas biežums Braukšanas attālums Auto koplietošana

Tādējādi rīks veic būtisku funkciju, vizualizējot reāllaikā dažādus lēmuma pieņemšanas rādītājus (2.4. tab.). Tas nodrošina spēlētājiem vērtīgu izglītojošu vidi, kurā viņi var iepazīties ar savu un citu simulācijas dalībnieku pieņemto lēmumu sekām, kā arī to ietekmi uz kopienas ieguvumiem un zaudējumiem. Dalībnieki pievienojās rīka spēlei, ievadot izdomātu, neidentificējamu lietotājvārdu un komandas nosaukumu. Simulācija norisinājās pēc audio vizuālu vadlīniju noklausīšanās, kurās tika izskaidroti rīka pamatprincipi un darbību secība.

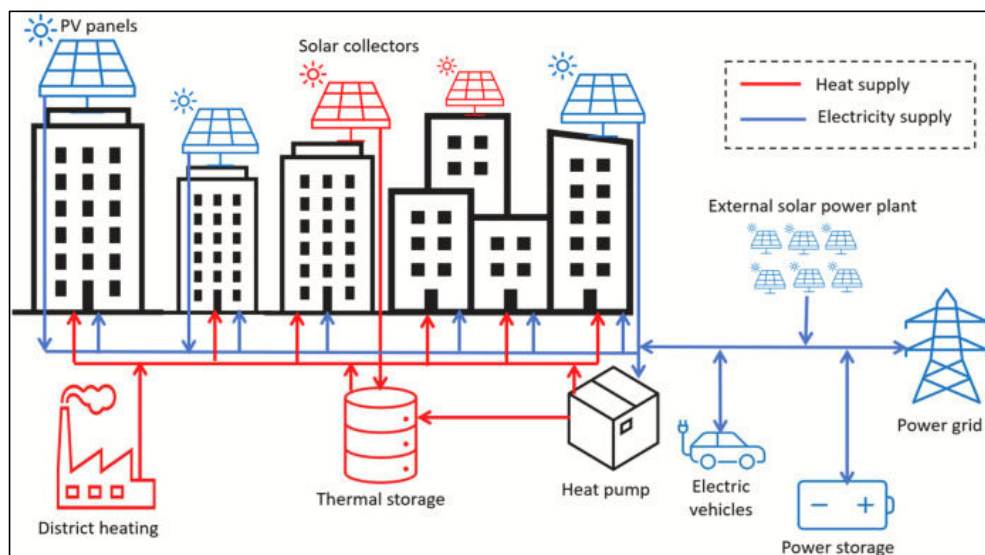
Lēmumu pieņemšanas rādītāji, iekļaujot gan individuālos, gan kopienas mērķus [56]

Specifiskie mērķi	Finanšu rādītāji	Īpatsvars	Absolūtie rādītāji
Siltumenerģijas patēriņš, kWh/m ² Apkure, kWh/m ² Elektroenerģijas patēriņš, kWh/m ² Enerģijas patēriņš, kWh/m ² Investīcijas, EUR/m ²	Izmaksas, EUR/gadā Siltumenerģijas izmaksas EUR/ gadā Transporta izmaksas, EUR/ 100 km Investīcijas, EUR Ietaupījums, EUR/ gadā Atmaksāšanās laiks, gadi	Izmaiņas siltumenerģijas patēriņā, % Izmaiņas elektroenerģijas patēriņā, % Izmaiņas elektroenerģijas izmaksās, % Pašpietiekamība, % Pašpatēriņš, % Izmaiņas transporta lietošanā, %	Siltumenerģijas patēriņš, kWh Transporta enerģijas patēriņš, kWh Siltumenerģijas emisijas, t Elektroenerģijas emisijas, t Transporta emisijas, t Saražotās siltumenerģijas pārpalikums, kWh Saražotās elektroenerģijas pārpalikums, kWh

Datu vizualizācija un mijiedarbība starp spēlētājiem paaugstina informētību un izglītību, kas ir būtisks aspekts indivīda klimatbildīgas apziņas veicināšanai. Autoresprāt, šāda rīka izspēles process var veicināt stimulējošas vides izveidi, kas sekmē klimatbildīgākas rīcības pieņemšanu nākotnē, īpaši attiecībā uz energoefektivitātes pasākumiem. Rīka efektivitātes novērtējumu sniedz tā lietotāji, un rezultāti ir aprakstīti 3. nodaļā.

Enerģijas kopienas digitālā dvīņa vispārējo struktūru veido sistēmdinamikas modelis, ko demonstrē vienkāršota shēma [110] ar galvenajām sastāvdaļām (2.3. att.). Tā pamatstruktūrā ietilpst pieci savstarpēji saistīti sektori: apkures enerģijas patēriņš, elektroenerģijas patēriņš, transporta enerģijas patēriņš, enerģijas ražošana un uzglabāšana vietējā līmenī no atjaunojamiem enerģijas avotiem, kā arī enerģija no siltumapgādes rajona un elektrotīkla.

Modelis aprēķina enerģijas bilanci gan ēkas, gan kopienas līmenī, izmantojot standarta klimatiskos datus ar simulācijas laika posmu viens mēnesis. Enerģija var tikt ražota uz vietas, izmantojot saules paneļus un kolektoros, siltumsūkņus, uzkrājošas termoakumulācijas tvertnes, elektriskos akumulatorus un elektriskos transportlīdzekļus.



2.3. att. Simulācijas rīkā izmantotās enerģijas kopienas vienkāršota shēma ar galvenajām sastāvdaļām [110].

Ārējā saules enerģijas ražošana, ar atbilstošu mijiedarbību ar elektrotīklu, ir pievienota kā papildu alternatīva politikas simulācijas rīkā, lai novērtētu šī risinājuma iespējamo ietekmi. Tomēr citas ārējās atjaunojamās enerģijas ģenerēšanas tehnoloģijas šīs modeļa versijas ietvaros nav iekļautas, ņemot vērā, ka Latvijā priekšroka tiek dota lieliem fotoelektrisko paneļu laukiem, nevis, piemēram, vēja elektrostacijām.

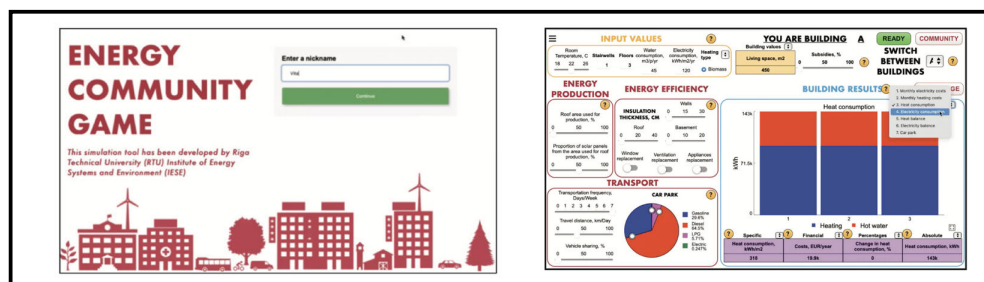
Katrs no pieciem sektoriem ietver dažādus ievades mainīgos ar noklusējuma vērtībām (piemēram, tehnoloģiju tehniskie parametri, izmaksas, āra klimats, emisijas faktori) un mainīgos, kurus lietotājs var pielāgot (piemēram, enerģijas cenas, degvielas veidi, iekštelpu klimats). Katrā sektorā galvenie darbības rādītāji ilustrē dažādu intervences pasākumu ietekmi uz enerģijas pieprasījumu, transportēšanu, ražošanu un uzkrāšanu uz vietas, tostarp kopējās investīcijas, atmaksāšanās laiku, enerģijas patēriņu un siltumnīcefekta gāzu emisijas. Galvenie enerģijas kopienas darbības rādītāji ietver kopējo enerģijas patēriņu, enerģijas izmaksas, emisiju līmeņus, ikmēneša enerģijas bilanci, atmaksāšanās laiku un citus ēku parametrus. Detalizēta modeļa struktūra ir pieejama rakstā “Enerģētikas kopienas pasākumu novērtējums, izmantojot diferenciālās evolūcijas optimizāciju” pievienotajā publikāciju kopā.

Lietotājs var izvēlēties vienu no sešām iepriekš definētām ēku kategorijām, kuru pamatā ir Latvijā visizplatītākās standartizētās daudzdzīvokļu ēkas, kas celtas no 1950. līdz 1980. gadam. Ēku apsildāmā platība tiek klasificēta kā maza, vidēja un liela, un jumta platība ir klasificēts kā mazs un liels. 2.5. tabulā ir sniegti ēku arhetipi un to parametri [23] ietver ēkas norobežojošo konstrukciju laukumus (A), siltuma pretestību (R), siltuma zudumu koeficientu (H_c) un stāvu skaitu ēkā (F).

Ēku norobežojošo konstrukciju raksturlielumi iepriekš noteiktām ēku kategorijām [110].

Ēkas lielums	Maza	Maza	Vidēja	Vidēja	Liela	Liela
Jumta platība	Maza	Liela	Maza	Liela	Maza	Liela
Grīdas	3	3	6	6	9	9
Kāpņu telpas	2	3	4	6	8	12
Jumta platība (A_R), m ²	300	450	600	900	1200	1800
Dzīvojamā platība, m ²	900	1350	3600	5400	10800	16200
Ēkas augstums, m	9	9	18	18	27	27
Tilpums (V), m ³	2700	4050	10800	16200	32400	48600
Platība (S_F), m ²	825	1125	1650	2250	3075	4275
S_F/V , m ⁻¹	0.31	0.28	0.15	0.14	0.09	0.09
S_F/A_R	2.75	2.50	2.75	2.50	2.56	2.38

Datu ieguvei tiek izmantota Stella Architect programmatūra, kuras ietvaros tiek izveidota lietotāja saskarne. Šī saskarne ļauj spēlētājam ievadīt datus un uzsākt izspēli, ievērojot sniegtās vadlīnijas, kas tiek prezentētas gan audiovizuālā, gan rakstiskā formātā (2.4. att.).



2.4. att. Digitālā rīka lietotāja saskarnes lapa [56].

Rīka lietotāja saskarne, kas attēlo pasākumus, ko var īstenot kopienas līmenī, valsts līmeņa politiku un galvenos darbības rādītājus katram ēkas veidam un kopienai, ir ilustrēta 2.6. attēlā. Šī saskarne ietver dažādus energoefektivitātes pasākumus pieprasījuma pusē, piemēram, ēkas norobežojošo konstrukciju siltumnoturības uzlabošanu, iekštelpu temperatūras pazemināšanu, paradumu maiņu, tehnikas modernizāciju, viedo tehnoloģiju un ventilācijas sistēmu uzstādīšanu.

Tāpat tajā ir iekļauti pasākumi transportā (auto koplietošana, ikdienas nobraukums, nedēļas automašīnu izmantošana), kā arī tehnoloģijas enerģijas ražošanā uz vietas (saules fotovolttaiskie paneļi un kolektori) un akumulācijā (elektrība un siltums).

2.5. attēls demonstrē lietotāja saskarni, kurā lietotājs var izveidot enerģētikas kopienu no iepriekš noteiktām ēkām ar trīs ēkas apsildāmo platību izmēriem un divu izmēru jumta laukumu. Lietotājs var arī izvēlēties apkures veidu.

Please, choose energy community building types:

Small Buildings (Area < 1000 m ²)	Average Buildings (Area 1000-3000 m ²)	Large Buildings (Area > 10000 m ²)
Buildings	Buildings	Buildings
With small roof area: <input style="width: 50px;" type="text" value="5"/>	With small roof area: <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/>	With small roof area: <input style="width: 50px;" type="text" value="6"/>
With large roof area: <input style="width: 50px;" type="text" value="3"/>	With large roof area: <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	With large roof area: <input style="width: 50px;" type="text" value="3"/>

Please, choose energy community heat supply type:

Building heat supply ?

District Heating

Natural Gas

Firewood

Briquettes

Electricity

Other

<<<
>>>

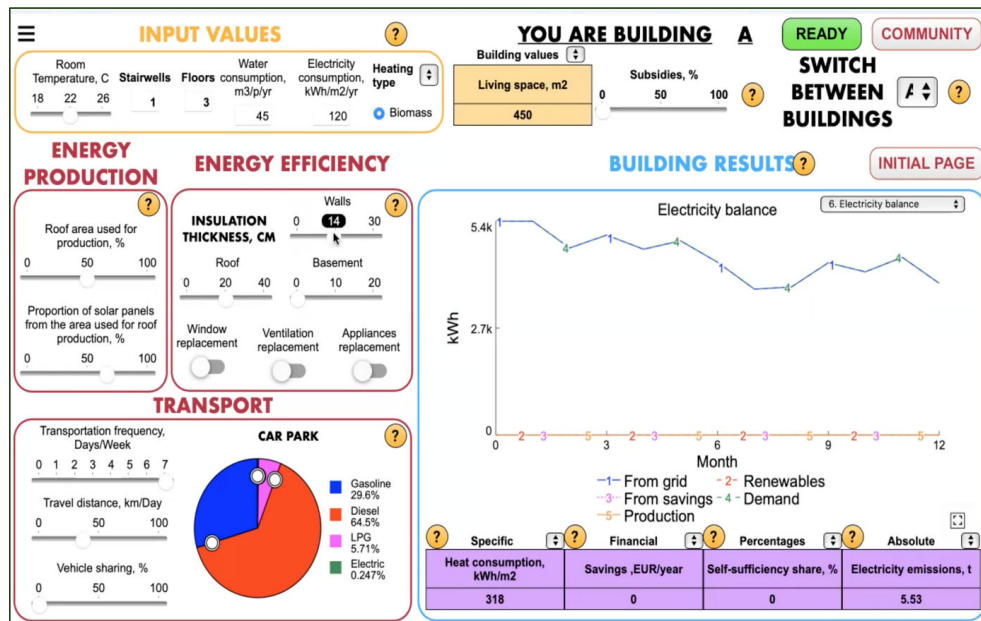
2.5. att. Lietotāja saskarnes ievades lapa, kur lietotājs var izveidot enerģijas kopienu no iepriekš definētām ēkām [110].

Turklāt tiek ņemti vērā atjaunojamie enerģijas avoti ārpus uzņēmuma (vēja turbīnas un saules paneļi), ko kopienas līmenī var kombinēt, lai palielinātu kopējo enerģijas patēriņu un sasniegtu noteiktas kopienas oglekļa emisiju samazināšanas mērķus. Valsts līmeņa politikas ietver siltumenerģijas un elektroenerģijas cenas, investīciju subsīdijas ēku energoefektivitātes pasākumiem, investīciju subsīdijas elektriskajiem transportlīdzekļiem, investīciju dotācijas saules enerģijas instalācijām uz jumtiem (saules paneļi un saules kolektori), pārpalikumu saules elektroenerģijas pārdošanai par tirgus elektroenerģijas cenu, Neto enerģijas mērīšanas sistēmas saules enerģijas pārpalikumu [111], Zaļo sertifikātu ieviešanu, definējot tīkla elektroenerģijas izcelsmi [112], emisiju nodokļus un kopējās enerģijas izmaksas no fosilā kurināmā, izmaiņas aizdevuma termiņā un procentu likmē.

Detalizētāks apraksts ir sniegts pievienotajos zinātniskajos rakstos “Vairāku spēlētāju spēle lēmumu pieņemšanai enerģētikas kopienās” un “Enerģētikas kopienas pasākumu novērtējums, izmantojot diferenciālās evolūcijas optimizāciju” pievienotajā publikāciju kopā.

Lietotājiem tiek sniegta iespēja pielāgot savu uzvedību, piemēram, mainot telpas temperatūru. Tāpat viņi var veikt izmaiņas enerģijas taupīšanas vai ražošanas pasākumos pēc saviem ieskatiem, piemēram, pielāgojot saules paneļu proporciju un izvēršanas intensitāti uz ēkas jumta (2.6. att.). Pētījumi rāda, ka pašpatēriņa attiecībai nav obligāti jābūt tuvu 100%, lai ieguldījums saglabātos ekonomiski dzīvotspējīgs [113]. Tāpēc lietotājiem tiek dota brīvība

mainīt šo apgabalu un proporciju pēc saviem ieskatiem, lai optimizētu enerģijas izmantošanu un ražošanu.



2.6. att. Rīka lietotāja saskarne pasākumiem, ko var veikt kopienas līmenī, valsts līmeņa politikas un galvenie darbības rādītāji katram ēkas veidam un kopienai [56].

Rīkā integrētais sistēmdinamikas modelis ietver sociālo dilemmu, kas rodas, līdzsvarojot individuālās (ekonomiskās) intereses, piemēram, ietaupījumus un atmaksāšanās laiku, ar kopienas interesēm, piemēram, siltumenerģijas, elektrības un transporta emisiju samazināšanu. Šī dilemma tiek ietekmēta no nevienmērīgas patērētāju motivācijas, sociālās mijiedarbības un individuālajiem adopcijas lēmumiem laika gaitā.

Spēlētājiem jāizvērtē savi lēmumi, apsverot to ietekmi uz visu kopienu vairāku sesiju laikā, un jāpielāgojas, lai panāktu lēmumu, kas apmierina visas kopienas (iesaistīto spēlētāju) vēlmes. Izstrādātais rīks nodrošina reāllaika izsekošanu un atspoguļošanu par visu spēlētāju uzvedību vienā izspēlē, ļaujot redzēt, kā individuālie lēmumi ietekmē kopienas kopējo iznākumu un vidi. Detalizēts rīka apraksts pieejams rakstā “Vairāku spēlētāju spēle lēmumu pieņemšanai enerģētikas kopienās” pievienotajā publikāciju kopā.

Simulācijas spēle kā analogs formāts

Zinātniskā pētniecība veicina vides inženierijas ieguldījumu klimatneitralitātes mērķu sasniegšanā, sniedzot ne tikai ieskatu dažādu metožu ietekmē uz klimata pārmaiņām, bet arī veicinot daudzveidīgu risinājumu pieejamību un izpēti darbu ar dažādām sabiedrības grupām [114]. Šī pētījuma ietvaros, balstoties uz sistēmdinamikas pieeju, izveidota Enerģijas kopienas

digitālā dvīņa analogā versija – lomu simulācijas spēle, kas ir pieejama plašākai auditorijai, ņemot vērā tās digitālo prasmju atšķirīgo līmeni.

Rīka izveides mērķis ir uzlabot lietotāju spēju sadarboties situācijās, kad individuālās intereses jāpielāgo kolektīvām interesēm klimatpārmaiņu mazināšanas kontekstā, kas var prasīt izmaiņas sākotnējā nostājā.

Izpētei izvēlēti tādi aspekti kā indivīda informētība un izglītība klimata pārmaiņu un energoefektivitātes jautājumos, attieksme un uzvedība, savtīgo un kolektīvo interešu ievērošana, kā arī iesaiste kolektīvos, tajā skaitā koprades, procesos [115], tādējādi nodrošinot līdzsvarotu sociālo un inženierzinātņu ieguldījumu mērķa grupu domāšanas un uzvedības modeļu izzināšanā.

Šis rīks sniedz vērtīgu ieskatu sociālo sistēmu mijiedarbības sarežģītībā cilvēkiem, kuri nav tieši saistīti ar enerģētikas jomu, ļaujot saprast sistēmdinamikas pamatprincipus un attīstīt prasmi tos pielietot darbības veidošanai ar atšķirīgi domājošiem indivīdiem.

Rīka galvenais uzdevums ir ne tikai veicināt lietotāju izglītību, bet arī rosināt interesi par vides inženierzinātnēm kā praktiski pielietojamu disciplīnu, kas ir būtiska izsvērtu nākotnes lēmumu pieņemšanā klimatbildīgas uzvedības kontekstā. Simulācijas spēles elementu raksturojums ir redzams 2.6. tabulā.

2.6. tabula

Simulācijas spēles izveides posmu raksturojums

Spēles izveides posmi	Uzdevumi	Sasniedzamie rezultāti
Spēles lomu (spēlētāju) profilu izveide	Sociālo lomu definēšana Individuālo prioritāšu noteikšana Kvalifikācijas definēšana Zināšanu robežu definēšana Mācīšanās mērķu noteikšana	Definēti segmenti un mācīšanās mērķi Definētas starta pozīcijas, no kurām izriet uzvedība un tās maiņa
Simulācijas spēles scenārija izveide	Hipotētiskas situācijas izveide Ietvara, kurā darbojas dalībnieki, definēšana	Definēti ierobežojumi un scenārija attīstības virzieni
Simulācijas mijiedarbības aspektu raksturojuma izveide	Saskarsmes kultūras īpatnību definēšana Kopienas apraksta sagatavošana Teritorijas attīstības plānošanas politikas prioritāšu definēšana	Sagatavots kopienas savstarpējās mijiedarbības nosacījumu raksturojums un teritorijas attīstības plānošanas politikas prioritātes

Simulācijas spēles struktūra ietver trīs būtiskus aspektus, kas tieši ietekmē indivīdu:

1) zināšanas par klimata pārmaiņām un energoefektivitātes pasākumiem: spēles dalībniekiem tiek sniegta informācija par klimata pārmaiņām un energoefektivitātes pasākumiem, kas palīdz pieņemt pārdomātus lēmumus

2) scenāriju kopums: šis aspekts ietver kopienas dalībnieku uzvedību un individuālo mērķu raksturojumu, pozicionējot katru spēles dalībnieku reālos kopienas apstākļos, kur viņu izvēli ietekmē citu dalībnieku argumenti un uzvedība

3) rīcību atbalstoša vide: tā ir vide, kas ietver pašvaldības definētās prioritātes un politiku klimata pārmaiņu mazināšanai, kā arī pieejamo infrastruktūru, tehnoloģijas un materiālo bāzi, kas veicina dalību energoefektivitātes pasākumos.

Simulācijas spēles uzbūve ir detalizēti aprakstīta 2.7. tabulā un sastāv no trim sesijām, kuru ietvaros rīks nodrošina dažādu mācīšanās mērķu sasniegšanu [116]. Pirms simulācijas spēles dalībnieki tiek izglītoti par klimatneitralitātes mērķiem un enerģijas kopienām. Spēles laikā viņi iegūst zināšanas par dažādiem energoefektivitātes pasākumiem, kā arī sistēmiskās domāšanas arhetipiem un pazīmēm, kas veicina pārdomātu lēmumu pieņemšanu un ietekmē citu dalībnieku attieksmi un uzvedību.

2.7. tabula

Simulācijas spēles struktūra

0. Vispārējie uzstādījumi		Ilgums: līdz 2 stundām	6 lomas	1 moderators
		1.Sagatavošana		3.Pēcpārbaude
Ievades dati		Mācīšanās mērķis nr 1: zināšanas par klimatneitralitāti	Jautājumi un atbildes	Atgriezeniskā saite par procesu
2. Izpilde		Spēles 1.sesija	Spēles 2.sesija	Spēles 3.sesija
Ievada informācija par spēli		Mācīšanās mērķis nr 2: zināšanas par sistēmisko domāšanu	Mācīšanās mērķis nr 5: enerģijas kopienām	Mācīšanās mērķis nr 8: zināšanas par radošiem risinājumiem
Simulācijas sesijas		Mācīšanās mērķis nr 3: zināšanas par energoefektivitātes pasākumiem	Mācīšanās mērķis nr 6: zināšanas par argumentācijas mākslu	Mācīšanās mērķis nr 9: zināšanas par transformācijas teoriju
Atgriezeniskās saites posms	Izvērtējums	Atgriezeniskā saite par 1.sesiju	Atgriezeniskā saite par 2.sesiju	Atgriezeniskā saite par 3.sesiju
	Teorija	Mācīšanās mērķis nr 4: datu analīze	Mācīšanās mērķis nr 7: kultūra un uzvedība	Mācīšanās mērķis nr 10: zināšanas par informācijas paneļiem
	Optimizācija	Alternatīvais scenārijs	Alternatīvais scenārijs	Alternatīvais scenārijs

Izspēles sākumā dalībniekiem tiek sniegtas vadlīnijas, kas ietver kopējo mērķi, spēles norises kārtību, ilgumu un secīgi izkārtotos uzdevumus, kā arī katras lomas raksturojumu. Katram dalībniekam tiek piešķirta loma, kas ietver energoefektivitātes prakses kā individuālos mērķus un prioritātes attiecībā uz pašvaldības piedāvātajiem labumiem pozitīvas rīcības gadījumā.

Simulācijas spēlē dalībniekiem tiek piešķirta viena no sešām lomām (2.7. att.), katrai no kurām ir konkrēts sociālā portreta raksturojums, balstoties uz nodarbošanos, personisko pārlicību (noliedzīga, konservatīva, progresīva pieeja) un attieksmi pret klimata pārmaiņām (skeptiķis, neitrāls, optimists). Lomu apraksti ir papildināti ar vizuāliem attēliem un rakstura iezīmēm, lai dalībniekus rosinātu labāk iejusties tēlā. Līdzīgi kā digitālā rīka izspēles gadījumā, dalībniekiem ir jāpanāk kopīgs mērķis – CO₂ emisiju mazināšana, vienojoties par vienu vai diviem energoefektivitātes pasākumiem, kurus īstenot kopīgi.



2.7. att. Simulācijas spēles lomas.

Katrā sesijā dalībniekiem tiek sniegtas vadlīnijas par viņu rīcību atbilstoši katrai lomai. Izaicinājumu spēles dalībniekiem veido katras lomas specifiskie individuālie mērķi un motivācija sadarboties (2.8. tab.). Informācija par pārējām lomām dalībniekiem tiek atklāta pakāpeniski, tādējādi simulējot reālas dzīves situācijas, kad indivīdi atrodas ierobežotas informācijas apstākļos. Šāda pieeja veicina dalībnieku nepieciešamību savstarpēji komunicēt, lai iegūtu plašāku informāciju par citu spēlētāju rīcības iemesliem.

2.8. tabula

Simulācijas spēles lomu sākotnējās prioritātes

Nr.	Kopīgais mērķis: CO ₂ emisiju mazināšana	Vientuļa seniore	Dabas aktīviste	Lauksaimnieks	Skolotāja	Santehniķis	Pašvaldības deputāte
1.	Katras lomas primārais mērķis sadarbībai						
1.1.	Enerģijas taupīšana	+	+	N	+	N	+
1.2.	Enerģijas ražošana	N	+	N	+	N	+
1.3.	Resursu koplietošana	+	-	-	+	-	+
2.	Katras lomas primārā motivācija iesaistīties (nodrošināti ieguvumi pašvaldības)						
2.1.	Sporta laukuma izbūve	-	N	N	N	+	N
2.2.	Brīvdabas estrādes remonts	+	+	+	+	N	+
2.3.	Teritorijas apzaļumošana	+	+	+	+	+	+
2.4.	Elektro auto pieslēgums	N	-	N	+	-	+

Kur:

“+” - pozitīva attieksme,

“-“ - negatīva nostāja,

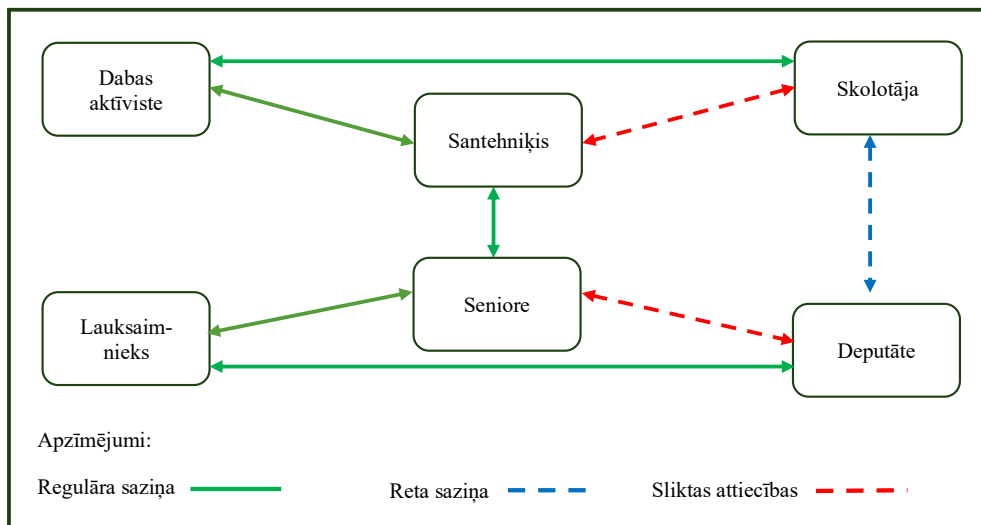
“N” – neitrāla attieksme

Pirmajā sesijā dalībnieki pieņem lēmumus informācijas trūkuma apstākļos. Otrajā sesijā dalībnieki tiek informēti par citu dalībnieku iespējamo prioritāšu raksturu, bet nav informēti par principālo iebildumu jautājumiem. Ja dalībnieks pieņem lēmumu, kas aizskar cita dalībnieka principiālos jautājumus, viņš zaudē ieguvumus un iespēju izteikties pēdējā sesijā, tādējādi

motivējot rūpīgi izsvērt lēmumus. Trešajā sesijā dalībnieki tiek sadalīti trīs grupās, kur viņu uzdevums ir izvēlēties, kurus no pretēji noskaņotajiem dalībniekiem vēlētos pārliecināt darboties kopienas interesēs, kā arī sniegt pamatojumu par savu izvēli.

Dalībniekiem uzdevums ir praktizēt iepriekš definētas un viņu lomām atbilstošas uzvedības un komunikācijas stratēģijas un pārliecināt pārējos lomu turētājus rīkoties saskaņā ar kopīgām interesēm, izmantojot dažādas nestandarta pieejas un argumentācijas tehnikas. Pēc katras sesijas dalībnieki saņem atgriezenisko saiti par savu lēmumu ietekmi uz kopējo spēles mērķi, kā arī diskutē par rīcību, tās pamatojumu un sekām, kas veicina mācīšanās mērķu sasniegšanu. Labākie lēmumu pieņēmēji saņem punktus, kas tiek fiksēti rezultātu tabulā.

Lai palielinātu dalībnieku iesaisti, tiek nodrošināti dažādi spēles mehānikas elementi, piemēram, ieguvumi (punkti) un priekšrocības, saziņas formāti, sadarbība, lēmumu pieņemšanas laiks, statuss, grūtības pakāpe, pielāgošana un izslēgšana. Viens no šķēršļiem sadarbībai ir komunikācijas kultūras īpatnības un ar tiem saistītie izaicinājumi. Lai simulētu reālos apstākļus un veidotu spēles dinamiku, pētījuma ietvaros izveidota arī spēlētāju vispārējā saskarsmes politika (2.8. att.).



2.8. att. Simulācijas spēles lomu savstarpējās saskarsmes dinamika [116].

Socioloģiskajās aptaujās iegūtie dati un sistēmdinamikas pieeja tiek izmantoti dažādu simulācijas spēles scenāriju attīstībai, ietverot indivīdu uzvedības īpatnības un iespējamās klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumus. Šie scenāriji ļauj dalībniekiem labāk izprast savu lomu sekmīgas sadarbības veidošanā, veidot klimatatbildīgāku attieksmi un veicina savstarpēju sadarbību vidē, kurā mijiedarbojas daudzi dalībnieki ar dažādām attieksmēm un uzvedību. Pēc izspēles dalībniekiem ir sniegta iespēja diskutēt par iespējamiem nākotnes lēmumiem un to ietekmi uz vidi, kas veicina dziļāku izpratni par sekām un ilgtermiņa perspektīvu.

Sistēmiskās domāšanas darbnīca

Sabiedrības atšķirīgais informētības, izglītības un izpratnes līmenis par atbildīgu rīcību klimata pārmaiņu mazināšanas jautājumos rosina pieprasījumu pēc dažādām izglītojoša satura metodēm. Šie rīki, tostarp interaktīvas darbnīcas, palīdz indivīdiem pieņemt optimālus lēmumus kā dalībniekiem sarežģītās sociālās sistēmās, pastāvot lielai nenoteiktībai un daudziem ietekmējošiem faktoriem. Kritiskās domāšanas un ceļoņu un seku analīzes prasmes ir būtiskas, lai attīstītu klimatbilstīgu sabiedrību.

Pētījuma ietvaros, sistēmiskās domāšanas darbnīcas tiek izmantotas kā trešais rīks sistēmdinamikas modeļa zinātnisko aspektu aprobēšanai praksē. Šo darbnīcu mērķis ir sniegt dalībniekiem vienkāršotu ieskatu sarežģītu sistēmu problēmu risināšanā, lai veicinātu viņu prasmi iegūt, strukturēt, analizēt un izvērtēt informāciju, kas nepieciešama dziļākai problēmu izpratnei un optimālu lēmumu pieņemšanai.

Darbnīcas ir 3 stundu garumā un paredz intensīvu mijiedarbību starp dalībniekiem, lai ātri apmainītos ar lēmumprojektiem un analizētu tos no sistēmiskās domāšanas viedokļa. Tas palīdz mazināt vai novērst riskus, kas var rasties no konkrētiem nākotnes lēmumiem. Dalībniekiem tiek skaidroti pamatprincipi kā atgriezeniskās saites cilpas, laika aizture un nelineāras attiecības, lai padziļinātu izpratni par sarežģītu sistēmu dinamiku. Detalizēta sistēmiskās darbnīcas struktūra apskatāma 2.9. tabulā.

2.9. tabula

Sistēmiskās domāšanas darbnīcas struktūra

Nr.	Aktivāte	Laiks, min
1.	Dalībnieku informēšana un izglītošana Mērķis: iepazīstināt dalībniekus ar sistēmdinamikas pamatiem, izmantojot vienkāršus un viegli saprotamus piemērus	
1.1.	Ievadlekcija	20
1.1.1.	Iepazīstināšana ar sistēmiskās domāšanas jēdzienu, arhetipiem un pazīmēm. Praktiski piemēri no ikdienas dzīves un darba situācijām.	
1.1.2.	Interaktīvas prezentācijas	
	Prezentācijās tiek izmantoti vizualizācijas rīki, piemēram, PowerPoint ar dinamiskām infografikām, lai attēlotu sistēmu darbību un to komponentes	
1.1.3.	Grafiku un diagrammu izmantošana	
	Tiek parādīti piemēri atgriezeniskām saitēm, cilpu diagrammām un sistēmu kartēm, lai ilustrētu sarežģītas sistēmas	
1.2.	Interaktīva izglītošanās	40
	Dalībnieki tiek iesaistīti diskusijā, kas vērsta uz pagātnes lēmumu pieņemšanu un to sekām. Var tikt veikta interaktīva viktorīna, lai pārbaudītu dalībnieku sapratni par sistēmdinamikas pamatprincipiem.	
2.	Attieksmes un nodoma maiņa Mērķis: veicināt dalībnieku izpratni par to, kā sistēmiskā domāšana var palīdzēt mainīt viņu pieeju problēmu risināšanā un lēmumu pieņemšanā.	
2.1.	Grupas darbs un diskusijas	30
	Dalībnieku sadalīšana 3-4 cilvēku komandās, lai apspriestu konkrētas problēmas un piemērotu sistēmdinamikas principus šo problēmu analīzē	
2.2.	Pārskats un diskusija	30
	Prezentācijas no katras grupas par viņu atziņām un priekšlikumiem. Kolektīva diskusija par apspriestajiem scenārijiem un to iespējamajām sekām.	

3.	Stimulējoša vide rīcībai Mērķis: veidot vidi, kurā dalībnieki tiek motivēti piemērot sistēmdinamikas principus praksē un pieņemtu informētus lēmumus	
3.1.	Praksē un vajadzībās balstītu problēmjautājumu risināšana	20
	Katrs dalībnieks izvēlas no savām vajadzībām izrietošu problēmjautājumu kontekstā ar klimata pārmaiņu mazināšanu un piedāvā veidu kā sistēmdinamika var tikt veiksmīgi pielietota	
3.2.	Reālā laika dati un vizualizācija	
	Katrs dalībnieks izvirza pieņēmumu - kādus reāllaika datus nepieciešams izmantot, lai veicinātu optimālu lēmumu pieņemšanu un veidotu pārmaiņas apkārtējo indivīdu uztverē, izmantojot vizualizācijas rīkus	
3.3.	Patstāvīgais uzdevums	40
	Dalībnieki saņem uzdevumu izstrādāt un prezentēt īstermiņa un ilgtermiņa risinājumus konkrētam problēmjautājumam, ņemot vērā sistēmdinamikas arhetipus un pazīmes. Var tikt izveidota diskusiju grupa sociālajos tīklos, dodot iespēju dalībniekiem dalīties ar sasniegtiem rezultātiem un sekot līdzī savas idejas progresam pēc darbnīcas noslēguma	
4.	Noslēgums un atsauksmes Mērķis: apkopot darbnīcas rezultātus, dalīties ar galvenajiem secinājumiem un piedāvāt resursus tālākai izglītībai (simulācijas rīki, piemēram, Stella Architect vai Vensim). Tiek iegūtas dalībnieku atsauksmes un priekšlikumi turpmākajiem uzlabojumiem.	10

Darbnīcās ar piemēru palīdzību tiek raksturoti un vēlāk pielietoti tādi sistēmiskās domāšanas arhetipi kā pieauguma robežas, “veiksmīgo veiksmē”, uzmanības novēršana, “peldošie” mērķi, koplietošanas traģēdija un citi arhetipi, kas ļauj apzināties sarežģītu problēmu cēloņus, identificēt atkārtotiešos modeļus, un izstrādāt ilgtspējīgus risinājumus, balstoties uz sistēmisko skatījumu uz problēmām un to savstarpējām saistībām.

Darbnīcās ar piemēru palīdzību tiek raksturotas un vēlāk pielietotas dažādas vides inženierzinātnēs sastopamās sistēmiskās domāšanas pazīmes [117]:

1. Šodienas problēmas nāk no vakardienas risinājumiem.
2. Vieglis risinājums parasti liek atgriezties sākumpunktā.
3. Cēloņi un sekas atrodas tālu viens no otra gan laikā, gan telpā.
4. Jo stiprāks spiediens tiek izdarīts uz sistēmu, jo stiprāk tā spiež pretī.
5. Īstermiņa risinājums var būt sliktāks par pašu problēmu.
6. Mazas izmaiņas var radīt lielus rezultātus, taču šīs izmaiņas var būt grūti ieraugāmas.
7. Ātrāk ir lēnāk.
8. Uzvedība paliek labāka pirms pasliktinās.
9. “Vai nu – vai nu” izvēle.
10. “Ziloņa sadalīšana uz pusēm nerada 2 ziloņus”.
11. Ārējo ienaidnieku nav.

Iepazīstoties ar šīm pazīmēm, dalībnieki gūst dziļāku izpratni par to, kā sarežģītu problēmu risinājumi nereti rada jaunas problēmas (pazīmes nr. 1 un 5), un ka īstermiņa pieejas bieži vien ir mazāk efektīvas nekā ilgtermiņa risinājumi (pazīmes nr. 4 un 5). Tiek arī izcelta nepieciešamība izprast cēloņu un seku attālumu gan laikā, gan telpā (pazīme nr. 3), kā arī tas, ka šķietami mazi, bet pārdomāti soļi var radīt būtiskus sistēmiskus uzlabojumus (pazīme nr. 6).

Atgriezeniskā saitē iegūtie dati un sistēmdinamikas metode tiek izmantoti, lai izsekotu potenciālo lēmumu iespējamām sekām, balstoties uz zināšanām par sistēmiskās domāšanas

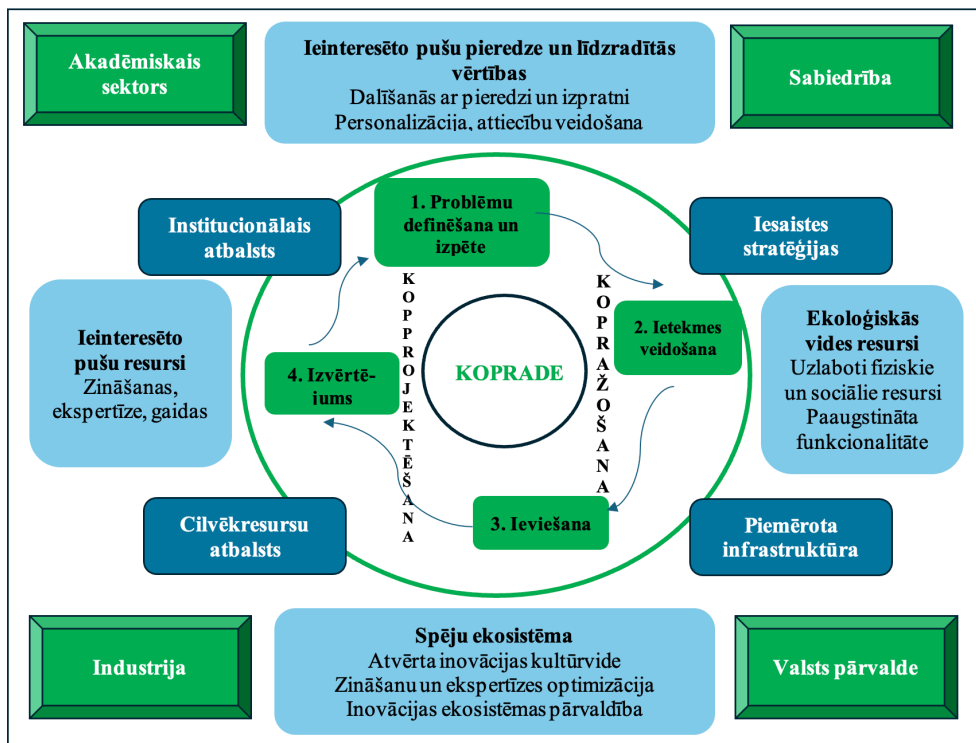
arhētipiem un pazīmēm. Darbniču ietvaros gūtā pieredze var palīdzēt dalībniekiem veidot klimatatbildīgāku attieksmi un veicina savstarpēju sadarbību vidē, kurā darbojas sarežģītas sociālas sistēmas. Noslēgumā dalībnieki diskutē par iespējamiem nākotnes lēmumiem un to ietekmi uz vidi, kas veicina dziļāku izpratni par sekām un ilgtermiņa perspektīvu.

Iegūtie dati par rīka novērtējumu tiek izmantoti, lai analizētu darbnīcas ietekmi uz dalībnieku iesaistes un izpratnes līmeni klimatneitralitātes jautājumos, kā arī viņu spēju identificēt un potenciāli īstenot ilgtspējīgus risinājumus. Iegūtie rezultāti sniedz vērtīgu informāciju par darbnīcas kā metodes efektivitāti un tās potenciālo ietekmi uz indivīdu izpratni par klimata pārmaiņu jautājumiem.

2.3. Mijiedarbības metodes

Uz sadarbību vērsta līdzdalība kā mijiedarbības metode ir kļuvusi par atzītu pieeju darbā ar mērķa grupām, jo tā veicina daudzveidīgāka ieinteresēto personu loka iesaistīšanos situācijas analīzes un lēmumu pieņemšanas procesos, nodrošinot līdzsvarotākus pūliņus tādas uz klimata neitralitāti vērstas vērtības veidošanā, kur galvenais ieguvējs ir vide un sabiedrība.

2.9. attēls demonstrē trīs būtisku elementu (kopprojektēšanas, koprades un kopražošanas) sinerģiju, kas ir nozīmīgs ieguldījums klimatatbildīgas sabiedrības veidošanā [118].



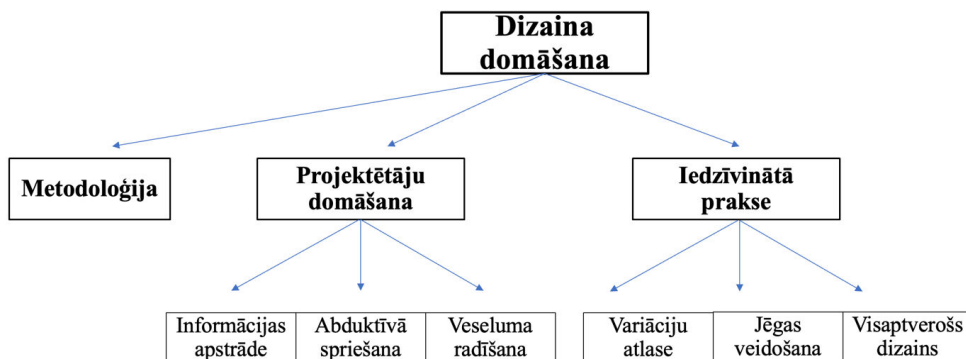
2.9. att. Analītiskais ietvars sistemātiskajam pārskatam par kopprojektēšanas, koprades un kopražošanas sinerģiju [118].

Fizisko aktivitāšu un spēļu pieredzes sajaukums, ko veicina tehnoloģiskie sasniegumi, pievērš uzmanību arī pētniecībā [119]. Savstarpējas mijiedarbības formātam, kas ietver kopprojektēšanas, koprades un koppražošanas elementus, ir izšķiroša nozīme lietotāju iesaistīšanās veicināšanā [120]. Tādēļ pētījumā pielietotas un turpmāk apskatītas divas metodoloģiskas pieejas – kopprojektēšanas (dizaina domāšana) un koppražošanas (hakatons) metodes, kuru savstarpēja integrācija ļauj veidot pamatu efektīviem mijiedarbības rīkiem.

Dizaina domāšana

Dizaina domāšana ir sociāla tehnoloģija, kas atvieglo mācāmu un mērojamu metožu parādīšanos [121] un tā tiek izmantota, lai risinātu sarežģītas problēmas, kā arī virzītu starpnozāriskas inovācijas [122]. Dizaina domāšana kā metode ir pielietota jau kopš 1950.–60-ajiem gadiem un akadēmiskajā literatūrā tā ir plaši apskatīta un pozicionēta kā 1) metodoloģija, 2) projektētāju domāšana un 3) praksē balstīta (iedzīvināta) domāšana.

2.10. attēls demonstrē dažādas šīs metodes pielietojuma perspektīvas.



2.10. att. Dažādas dizaina domāšanas perspektīvas [123].

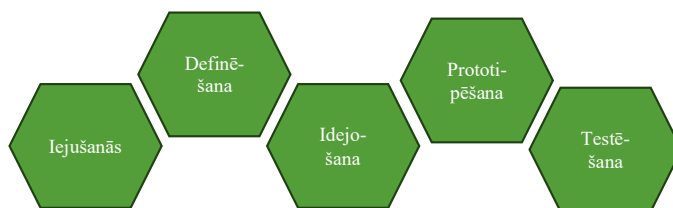
Abdukcija ir domāšanas process, kurā tiek piedāvāta vislabākā iespējamā hipotēze, lai izskaidrotu novērotos faktus. Salīdzinot ar deduktīvo vai induktīvo spriešanu, abduktīvā domāšana koncentrējas uz iespējamo skaidrojumu veidošanu, kas nav noteikti pierādīti, tomēr ir ticami, balstoties uz pieejamo informāciju. Veseluma radīšana kā termins atsaucas uz uztveri un procesu, kurā daļas tiek apvienotas, lai radītu jēgpilnu veselumu, kas ir vairāk nekā tikai atsevišķo daļu summa. Jēgas veidošana attiecas uz procesu, kurā indivīdi vai grupas interpretē un piešķir nozīmi sarežģītām vai neskaidrām situācijām, lai labāk izprastu notikumus un pieņemtu lēmumus. Visaptverošs dizains nozīmē projektēšanas pieeju, kas aptver visu sistēmu, ņemot vērā visus elementus, kontekstu un mijiedarbību, lai izveidotu pilnīgu, labi pārdomātu risinājumu [123].

Kā metodiska pieeja dizaina domāšana ir sastopama plašā spektrā inženierzinātnēs un arī sociālās zinātnēs [124], [125], [126]. Kā sabiedrības iesaistes metode tā plašāk tiek izmantota pēdējos 20 gados un tai ir būtiska nozīme indivīdu izglītošanā, kā arī kritiskās domāšanas veicināšanā. Dizaina domāšanā tiek izmantotas aktīvas mācīšanās stratēģijas, piemēram, grupu sadarbība un praktiskā mācīšanās, kas uzlabo izglītojamā radošumu problēmu risināšanā [127].

Turklāt tā var sekmēt uzvedības modeļu veidošanu un attīstīt organizācijas kultūru, tādējādi veicinot digitālo transformāciju un inovācijas mērķu sasniegšanu [128], [129]. Tomēr mehānismi, ar kuriem organizācijas izmanto dizaina domāšanu, lai virzītu pārmaiņas un spēju veidošanu, joprojām ir empīriski nepietiekami izpētīti [130], [131].

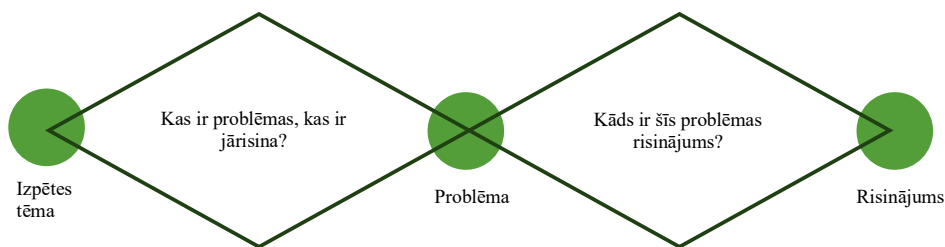
Dizaina domāšana tāpat kā kvalitatīvās izpētes metodes paver jaunas iespējas, lai izmantotu abu jomu stiprās puses, lai ieviestu efektīvus jauninājumus.

Pētījumā pielietotā dizaina domāšanas metode aizgūta no dizaina domāšanas modeļa, ko izveidoja Hasso-Plattner Dizaina institūts Stenfordā. Stenfordas skolas modelis izceļ nepieciešamību visu risinājumu centrā izvirzīt cilvēkus. Modelis māca procesā iesaistītajiem just līdzīgi saviem lietotājiem, uzdot jēgpilnus jautājumus, apstrīdēt pieņēmumus, ģenerēt plašu iespējamo risinājumu klāstu, iesaistīties prototipa veidošanā un pārbaudīt risinājumus ar reāliem lietotājiem [132]. Stenfordas skolas modelī izmantotie pieci dizaina domāšanas posmi, kā parādīts 2.11. attēlā, ir: empātija un iejušanās, problēmas definēšana, idejas un risinājumi, prototipēšana un testēšana.



2.11. att. Dizaina domāšanas metodes soļi [132].

Nav viena labākā dizaina domāšanas procesa. Tādēļ Stenfordas skolas modeļa elementi tiek integrēti Apvienotās Karalistes Dizaina padomes 2003.gadā izstrādātajā pieejā “Dubultais dimants”, kur viss kopējais process ietver divas atsevišķas fāzes – diverģento un konverģento [133], kā tas ir redzams 2.12. attēlā. Pirmajā posmā (diverģentā pieeja) uzsvars ir uz risinājumu virzienu kvantitāti, lai tiktu atklātas jaunas iespējas, savukārt, otrajā posmā (konverģentā pieeja) tiek izvēlēts un attīstīts viens risinājums, lai sniegtu vērtību gala lietotājiem.



2.12. att. “Dubultā dimanta” pieeja dizaina domāšanā [133].

Šī pētījuma ietvaros ir pielietota dizaina domāšanas metode, pamatojoties uz Britu dizaina padomes "dubultā dimanta" pieeju un Britu padomes dizaina domāšanas metodoloģiju "Nākotnes pilsētas spēle," ko 2006. gadā izstrādāja vadošie eksperti radošās ekonomikas jomā

no Vietējo ekonomisko stratēģiju centra (Centre for Local Economic Strategies) Lielbritānijā. Šīs metodes jau tiek plaši pielietotas sabiedrības iesaistei dažādu pilsētplānošanas un attīstības jautājumu risināšanā, taču nav bijušas plaši izmantotas klimatneitralitātes mērķu sasniegšanas kontekstā.

Eksistējošā rīka pilnveide kā autores izvēle ir pamatota ar spēles metodoloģijas un formāta augsto novērtējumu pētījuma mērķa grupu vidū gan publiskajā, gan privātajā sektorā. Tajā pašā laikā ir konstatēta nepieciešamība pielāgot spēli laikmeta garam un ilgtspējīgas attīstības vajadzībām, ko apstiprina arī līdz šim saņemtā atgriezeniskā saite no spēles dalībniekiem, kuri piedalījušies vairāk nekā vienu reizi. Dalībnieki īpaši izceļ spēles nozīmīgumu jaunu zināšanu iegūšanā, lēmumu pieņemšanas procesa kvalitātes uzlabošanā, aktuālās mijiedarbības metodēs komandā un starp komandām spēles ietvaros. Spēle tiek organizēta 1–2 dienu formātā ar 30–40 dalībniekiem, kas tiek sadalīti 6–8 komandās. “Nākotnes pilsētas spēles” metodoloģijā ietvertie 10 soļi, kuri redzami 2.13. attēlā, virza individu no problēmjautājumu konteksta dziļākas izpratnes līdz praktiski pārbaudītiem un uzlabotiem risinājumiem [134].



2.13. att. Dizaina domāšanas metodoloģijas “Nākotnes pilsētas spēle” 10 soļi [134].

Esošās spēles metodoloģija balstās uz plašāku datu analīzi, sadarbību komandā un ar ārējiem partneriem, viedokļu apmaiņu, sacensību principu ar balsojuma palīdzību, ideju ģenerēšanu, prioritizēšanu un prezentēšanu, kā arī atgriezeniskās saites sniegšanu, iegūšanu un analīzi. Labākās idejas tiek pārbaudītas reālā vidē.

Pētījuma ietvaros tiek piedāvāta uzlabota dizaina domāšanas kā procesa piceja – “Nākotnes organizācijas spēle”. Šī spēle ir paredzēta organizācijām publiskajā vai komercsektorā un ir vērsta uz darbinieku informētības, attieksmes un uzvedības modeļu maiņu attiecībā uz organizācijas ietekmi uz vidi.

Esošā rīka struktūra tiek papildināta ar diskusiju kā datu ieguves veidu, lai novērtētu dalībnieku zināšanu līmeni, attieksmes un uzvedības izmaiņas. Kvalitatīva datu analīze ļauj identificēt metodes efektivitāti dažādos izglītošanas aspektos, piemēram, ilgtspējīgu lēmumu sekas un ieguvumi. Tas palīdz dalībniekiem labāk izprast ar cilvēkresursiem saistītus riskus organizācijas ilgtspējīgai attīstībai un nepieciešamību pēc pielāgošanās stratēģijām. Identificējot un analizējot organizācijas ievainojamības faktorus, spēles dalībnieki var mācīties, kā labāk aizsargāt organizāciju un tās infrastruktūru no klimata pārmaiņu sekām.

2.10. tabulā redzami elementi veido dinamisku mijiedarbību starp dalībniekiem, nodrošinot ietekmi uz dalībnieku izglītošanu, attieksmes pārskatīšanu un rīcību stimulējošas vides attīstību.

2.10. tabula

“Nākotnes organizācijas spēles” elementi un to ietekme

Nr.	Integrētie elementi	Ietekme uz procesa vai rezultātu efektivitāti	Uzlabojumi rīka saturā	Pienesums organizācijai
1.	Indivīda informēšana un izglītošana			
1.1.	Datu analītika	Balstīšanās uz faktiem un skaitļiem veido izpratni par reālo situāciju un ļauj salīdzināt ar saviem līdzšinējiem priekšstatiem	x	
1.2.	Pieeja vēsturiskiem datiem no iepriekšējām spēlēm	Plašāka izpratne par problēmjautājumiem		x
1.3.	Komandu veidošana pēc dažādības principa	Sastopoties ar atšķirīgiem uzskatiem, tos analizējot, var paplašināt savu redzesloku		x
2.	Attieksmi un nodomu mainīt spējīgs indivīds			
2.1.	Sparings	Izaicinot citas komandas un saņemot pretjautājumus, var izvērtēt savu priekšstatu atbilstību reālai situācijai un to nepieciešamības gadījumā mainīt	x	x
2.2.	Diskusija par jaunām normām un vērtībām	Datos balstītu tendenču apskats liek izvērtēt savu piederību vienai vai otrai sabiedrības grupai	x	x
2.3.	Datu analītikas vizualizācija	Iesaistīšanās procesā ietver rīcību, kas ir pamanāma arī plašākā sabiedrībā un var sekmēt tās attieksmes maiņu	x	x
2.4.	Datu ieguve par indivīda attieksmi ar klimata pārmaiņām saistītos jautājumos pēc spēles	Sava viedokļa maiņa pārskatāmā (īsā) laika periodā var sekmēt atvērtību attieksmes maiņai arī citos jautājumos	x	x
2.5.	Lēmumu pieņemšana	Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes pielietojums	x	x
3.	Rīcību stimulējoša vide			
3.1.	Koprade plakātu izveidē nākamo spēles dalībnieku piesaistei	Līdzdarbošanās jaunu vērtību radīšanā un kopīga vēstījuma formulēšanā var veidot emocionālo saikni starp dažādi domājošiem indivīdiem, kas uzlabo kopīgu lēmumu pieņemšanas potenciālu	x	x
3.2.	Mijiedarbība ar sabiedrību ideju testēšanas fāzē	Praktiskas aktivitātes organizācijā spēles ietvaros var veicināt spēlētāju ticību reālām pārmaiņām		x
3.3.	Starpdisciplināru pieeju izmantošana rezultāta sasniegšanā	Daudzveidīgāka sadarbība ar indivīdiem, kam ir atšķirīgs viedoklis	x	x

Integrējot šīs pieejas "Nākotnes organizācijas spēlē", tiek uzlabota tās izglītojošā vērtība un veicināta dalībnieku dziļāka izpratne un iesaiste klimata pārmaiņu mazināšanā.

Minēto elementu pielietojuma ierobežojumi: informācijas ieguvei un ideju testēšanai atvēlētais laika ietvars, spēles dalībnieku skaits, motivācija iesaistīties ideju kvalitātes uzlabošanā un spēles organizatora uzstādījumi un ierobežojumi.

Metodes izstrādes mērķis ir nodrošināt drošu vidi daudzveidīgu viedokļu apmaiņai un izsvērtu lēmumu pieņemšanai, veidojot atbalstošu platformu indivīda rīcībai ar nolūku līdzsvarot individuālās un kolektīvās intereses. Tas tiek panākts ar dinamiskas mijiedarbības nodrošināšanu starp dalībniekiem individuālā un komandu līmenī, koncentrējoties uz izaicinājumiem klimata pārmaiņu jautājumos, ideju ģenerēšanu, optimālo risinājumu izvēli ar daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodi un pārbaudi reālos apstākļos. Tādējādi tiek veicināta dalībnieku izglītošana un nostājas pārskatīšana, sastopoties ar to ietekmējošiem faktoriem. Jaunie saturs un aktivitāšu organizācijas elementi tiek pielāgoti, lai uzlabotu dizaina domāšanas procesa un rezultātu efektivitāti.

Kopražošanas metode

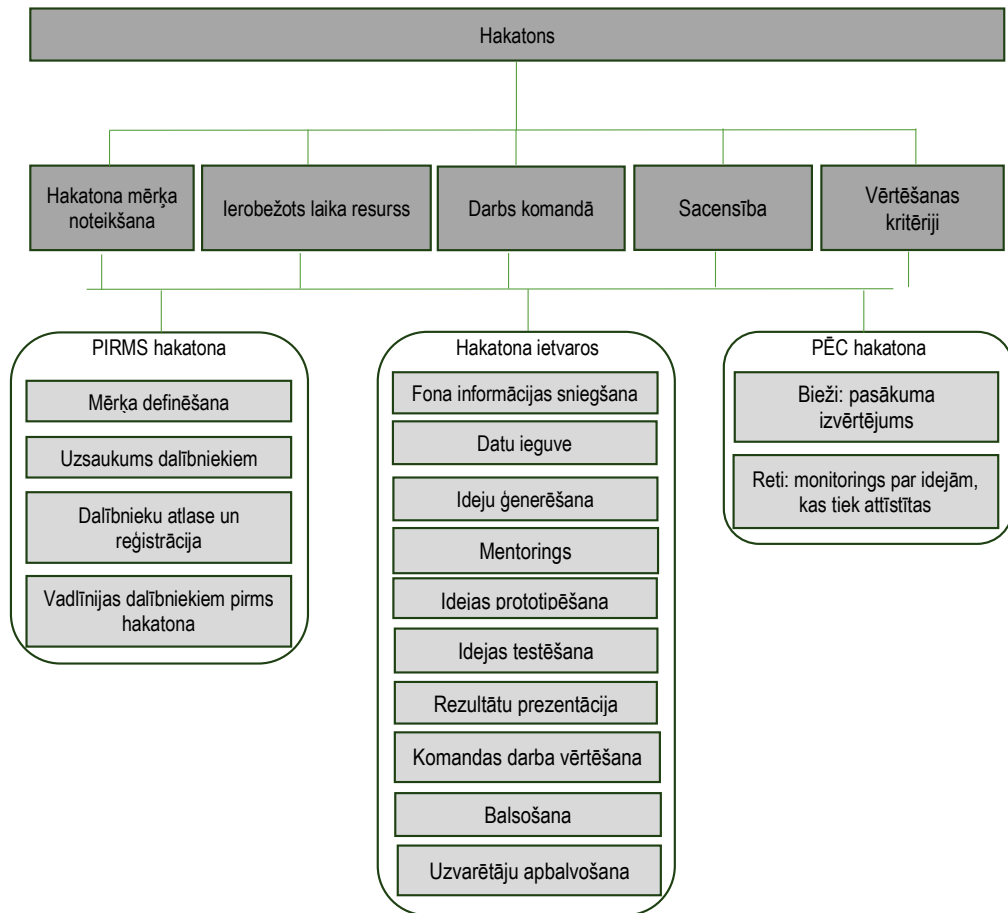
Zinātniskajā literatūrā hakatons tiek apskatīts kā mijiedarbības metode, kur noteiktā laika nogrieznī dalībnieki ar dažādu pieredzi un ekspertīzi darbojas kopā, iesaistoties strukturētās aktivitātēs ar mērķi izveidot kopīgu iniciatīvu konkrētas problēmas risinājumam atbilstoši pasākuma rīkotāja tematiskajam uzstādījumam [135], [136], [137], [138]. Dalībnieki dalās savās zināšanās, prasmēs un idejās, lai radītu praktiskus risinājumus un procesa ietvaros liela nozīme ir vērtības radīšanai sadarbībā un atvērtā diskusijā. Hakatoni var tikt rīkoti kā īstermiņa pasākumi, kas ilgst vienu vai divas dienas vai arī veidoti kā ilgtermiņa koprades process, kas var pēc rīkotāju uzstādījumiem turpināties vairākas nedēļas.

No organizācijas viedokļa hakatons tiek strukturēts un vadīts, ievērojot noteiktus procesus un norises kārtību. Tas ietver uzdevumu definēšanu, dalībnieku piesaisti un atlasi, darba sesiju plānošanu un īstenošanu, kā arī sasniegto rezultātu prezentāciju un novērtēšanu. Retākos gadījumos tiek monitorētas komandas, kas turpina darbu pie hakatonā izstrādātās idejas pēc tā formālā noslēguma. Tādējādi hakatons kā metode nodrošina sistēmisku pieeju virzībai no problēmas līdz risinājumam un tā ieviešanai.

Autore uzskata, ka hakatons kā izplatīts un labi iepazīts mijiedarbības rīks, līdz šim nav pilnvērtīgi izmantots attieksmes un uzvedības kultūras maiņas jautājumos. Pilnveidojot tā formātu, var mērķtiecīgāk rosināt jaunu ar klimatneitralitāti saistītu normu veidošanos un izplatību plašākā sabiedrībā.

Kopražošanas metodes un hakatona kā tās aprobācijas rīka uzmanības centrā ir dinamisks mijiedarbības process starp dalībniekiem un tā ietvaros tiek veikta situācijas analīze, ģenerēts un aprobēts ideju kopums, attīstīta tīklošanās, resursu koplietošanas, komunikāciju un citas sociālās prasmes, kā arī iegūta informācijas apmaiņas un sadarbības pieredze. Tiek pielietoti arī dažādi spēles mehānikas elementi, ieskaitot punktu vākšanu un uzvarētāju noteikšanu (2.14. att.) un tas kopumā veido stimulējošu vidi indivīdu turpmākai rīcībai.

Ilgspējas hakatona izstrādes mērķis ir veidot stimulējošu vidi indivīda rīcībai, balstoties uz izpratnes uzlabošanu klimata pārmaiņu jautājumos un saistīto risinājumu attīstībā. Šis kopražošanas formāts ir piemērots sistemātiskai datu ieguvei un atspoguļojumam ar vizualizācijas rīku palīdzību, ļaujot dalībniekiem novērtēt izmaiņas savā attieksmē pēc rīka izspēles.



2.14. att. Hakatonu raksturojošie elementi.

Lai gan tradicionālie hakatoni atpazīstami ar problēmu “uzlaušanas” pieeju, tie veicina arī uz kopienām balstītu mācīšanos un starpdisciplināru sadarbību, tāpēc šis zināšanu kopražošanas veids var nodrošināt institucionālu impulsu [139], kas ļauj gūt pārnozarisku, vairo savstarpēju uzticību un laika gaitā stiprina attiecības starp dalībniekiem [140]. Tādējādi hakatoni kļūst par potenciāli iedarbīgām aktīvām mācīšanās metodēm, jo veido metodoloģisku pamatu padziļinātām, ilglaicīgām un jēgpilnām mācībām, kas apvieno teoriju un praksi.

Pētījuma ietvaros veidotais rīks tiek fokusēts uz jauniešu iesaisti klimata pārmaiņu jautājumu risināšanā, sadarbojoties ar publisko sektoru (valsts vai pašvaldību iestādēm) un akadēmisko un komercsektoru. Šī pieeja var rosināt jauniešu motivāciju izvēlēties vides

inženierzinātnes kā nākotnes izglītību vai profesiju, piedāvājot iespēju būt saskarsmē ar zinātni, pētniecību, kā arī politikas veidotājiem un ieviesējiem praktiskā līmenī. Detalizēta ilgtspējas hakatona struktūra un iesaistīto pušu loma apskatāma 2.11. tabulā.

2.11. tabula

Ilgspējas hakatona aktivitātes un iesaistītās pušes

Nr.	Posmi	Aktivitātes	Iesaistītās pušes			
			Publiskais sektors	Privātais sektors	Jau- nieši	Akadēmiskais sektors
1.	Sagatavo- šanās fāze	Plānošana un partneru piesaiste	x	x		x
2.	Tematiskā fokusa noteikšana	Konkrētas vides izaicinājumu definēšana, uz ko koncentrēties hakatona laikā	x	x		x
3.	Tiešsaistes aptauju veikšana	Tiešsaistes aptauju veikšana pirms norises potenciālo dalībnieku (jauniešu) vidū ar mērķi noteikt viņu zināšanu un izpratnes līmeni	x		x	
4.	Atklāšanas pasākums	Iepazīstināšana ar mērķiem un kritērijiem Sadarbības partneru iesaiste Stimulējošas vides nodrošināšana	x	x	x	x
5.	Komandu veidošana	Dalībnieku sadalīšanas komandās	x		x	
6.	Atbalsta rīku nodrošināšana komandām	Mentoru piešķiršana Infrastruktūras un vides pieejamības un nodrošināšana Metodiskais atbalsts sistēmdinamikas pamatu izpratnei un daudzkritēriju lēmumu analīzes metodes pielietojumam	x	x		x
7.	Ideju ģenerēšana un attīstīšana	Risinājumu izstrādes sesijas Sākotnējo ideju prezentācija Mijiedarbības koordinēšana starp komandām	x		x	x
8.	Prototipu izstrāde	Tehniskā un tirgus izpēte Izejmateriālu un aprīkojuma nodrošināšana Prototipu izstrāde Progresā atskaišu monitorings	x	x	x	
9.	Noslēguma fāze	Komandu noslēguma prezentācijas Žūrijas darba nodrošināšana	x	x	x	x
10.	Balsojums un apbalvošana	Labāko ideju noteikšana un apbalvošana	x	x		x
11.	Pēc-hakatona aktivitātes	Atbalsta programmas (piemēram, akseleratori) Atsauksmju analīze un uzlabošana Prakses un darba iespējas Publicitāte plašsaziņas līdzekļos Sadarbības tīkla veidošana	x	x	x	x

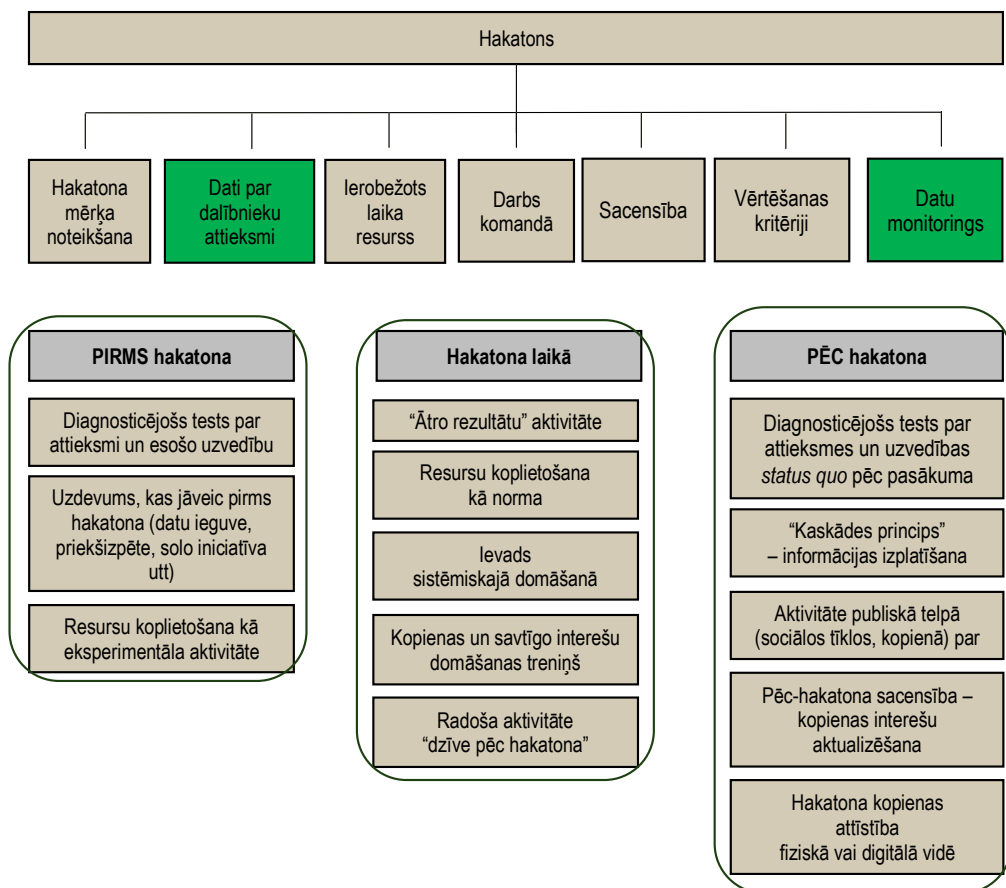
Akadēmiskā un privātā sektora partneru loma ir nodrošināt nepieciešamās kompetences risinājumiem, kas vērsti ne tikai uz ilgtspējas hakatona mērķu sasniegšanu, bet arī uz formāta pievilcības veicināšanu jauniešu mērķauditorijā.

Autores piedāvātie uzlabojumi ilgtspējas hakatona organizatoriskajā struktūrā (2.15. att.) ietver ne tikai datu ieguvu un analīzi pēc hakatona, bet arī vairāku elementu integrēšanu, lai stiprinātu rīka ietekmi uz klimatatbildīgu uztveri un rīcību.

Šie uzlabojumi ietver:

- 1) uzdevumu definēšana un monitorings pirms un pēc pasākuma,
- 2) resursu koplietošanas un citu klimatneitralitāti veicinošu uzvedības formu dažādošana,
- 3) pasākuma dalībnieku kā kopienas attīstība ar sociālo saišu uzturēšanas palīdzību,
- 4) sistēmiskās domāšanas jēdziena skaidrošana un iekļaušana informatīvā materiāla veidā.

Šie elementi kopumā veicina ilgtspējas hakatona efektivitāti, nodrošinot, ka tas ne tikai sasniedz savus mērķus, bet arī aktīvi iesaista un iedvesmo dalībniekus, veicinot ilgtermiņa klimatneitralitātes uzvedību un izpratni.



2.15. att. Hakatona organizatoriskā struktūra.

Lai stiprinātu kopražošanas metodes pievilcību jauniešu kā mērķa grupas vidū, tiek izmantoti spēles mehānikas elementi (piemēram, šķēršļi, sacensības, lomas, punkti), kā arī kultūras un radošajās industrijās sastopamus uzdevumus – komandu vēstījuma vizualizācija, tradicionālo pieņēmumu apstrīdēšana un citi radoši formāti informācijas pasniegšanai vai procesa dažādošanai. Šie elementi palīdz mazināt risku, ka dalībnieku motivācija samazinās vai izsīkst hakatona laikā vai pēc tā noslēguma.

Rezultātā uzlabotais hakatona formāts ne tikai nodrošina aizraujošu atmosfēru, bet arī motivē dalībniekus turpināt iesaistīties un veikt uzdevumus pēc hakatona, piedaloties dažādās aktivitātēs, piemēram, aptaujās, atgriezeniskās saites sniegšanā par “kaskādes” principa ieviešanu, pēc-hakatona sacensībās un aktivitātēs sociālajos tīklos. Tas ļauj izvērtēt izmaiņas dalībnieku attieksmē un uzvedībā, kā arī novērot multiplikatīvo efektu, ja dalībnieki pēc iegūtās pieredzes veic aktivitātes vietējā kopienā vai citās mērķa grupās.

2.4. Bibliometriskā metode

Bibliometriskā metode ir plaši sastopama dažādās zinātniskās pētījumu jomās un tās pamatā ir akadēmisko publikāciju satura un citējumu analīze, kas ļauj noteikt populārākās tēmas, zinātnisko darbu un to autoru ietekmi un pētniecisko jomu attīstību. Šī metode ir īpaši noderīga pie liela skaita publikāciju, kas saistītas ar konkrētu tēmu un kuras ir laikietilpīgi un neefektīvi analizēt bez tehnoloģiju palīdzības. Jomās, kur ir mazāk kā daži simti pētījumu, var tikt piemēroti sistemātiski pārskati, savukārt, ja ir 500 vai vairāk pētījumu, efektīvākam darbam nepieciešams izmantot bibliometriskās analīzes [141].

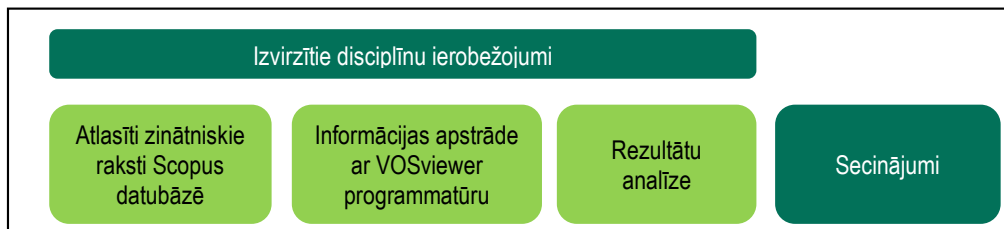
Bibliometriskā metode ļauj novērtēt zinātnisko darbu nozīmīgumu, tomēr jāņem vērā ar citējumu kvalitātes vai zinātnisko darbu vērtējuma subjektivitāti saistītie izaicinājumi.

Akadēmisko pētījumu resursi, piemēram, Scopus, Web of Science un Google Scholar nodrošina plašas iespējas zinātnisko publikāciju meklēšanai dažādās jomās. Pētniecībā šīs datubāzes ļauj identificēt jaunākās publikācijas un analizētu tendences pētījumu jomās noteiktā laika periodā. Katrai no minētajām datu bāzēm ir savas priekšrocības un ierobežojumi: SCOPUS un Web of Science datu bāzes pievērš galveno uzmanību zinātniskajiem žurnāliem un augstas kvalitātes publikācijām, savukārt, Google Scholar var ietvert plašu publikāciju spektru, ieskaitot neakadēmiskus darbus. Tādēļ ir būtiski izvēlēties piemērotāko datu bāzi un racionāli argumentēt bibliometriskās analīzes avota izvēli un interpretāciju.

VOSviewer ir bezmaksas programmatūras rīks bibliometrisko tīklu veidošanai un vizualizēšanai, tam piemīt spēja apstrādāt liela apjoma informāciju, nodrošinot uztveramu un daudzpusīgu analīzi [142]. Digitālo rīku ir izstrādājis Nīs Jans van Eks (*Nees Jan van Eck*), pētnieks Leidenas universitātē Nīderlandē un tas ir kļuvis par plaši pielietotu arī zinātnisko publikāciju vizuālā kartēšanā, atvieglojot arī publikācijās sastopamo atslēgas vārdu apstrādi. Otrs bieži sastopams rīks bibliometrijā ir *CiteSpace*. Ar *VOSviewer* izveidotās vizualizācijas ir labāk uztveramas un lietotājam draudzīgākas. Savukārt, *CiteSpace* priekšrocība ir vizualizāciju vērtējošā analīzē, piemēram, klasteru mezglu analīzē, izmantojot klasteru pārlūkprogrammu [143], [144].

Pētījuma metode sastāv no četriem soļiem un ir apskatāma 2.16. attēlā:

- 1) zinātnisko rakstu atlase no Scopus datu bāzes, balstoties uz izvirzītajiem kritērijiem,
- 2) informācijas apstrāde ar vizualizācijas programmu,
- 3) rezultātu analīzi, balstoties uz izvirzītajiem kritērijiem,
- 4) secinājumiem.



2.16. att. Bibliometriskā metode.

Lai nodrošinātu, ka izgūtā literatūra ir cieši saistīta ar šo pētījumu un sniegtu ieguldījumu darba mērķa sasniegšanā, Scopus meklētāja kategorijā “Article title, Abstract, Keywords” tika ierakstītas šādas atslēgas vārdu kombinācijas:

- 1) “Climate” AND “Society” AND “Methodology” AND “Behavior”,
- 2) “Climate” AND “Society” AND “Behavior”,
- 3) “Climate” AND “Society” AND “Attitude”,
- 4) “Climate” AND “responsible” AND “society”,
- 5) “Climate” AND “change” AND “mitigation” AND “Attitude”.

Pārstāvēto disciplīnu ierobežojumi publikāciju atlasei: izvēlētas publikācijas kategorijās vides zinātnes, sociālās zinātnes, inženierzinātnes, enerģija, psiholoģija māksla un humanitārās zinātnes un lēmumu pieņemšanas disciplīna.

Meklēšana tika veikta 2024. gada 13.februārī un analīzei izvēlētie dokumenti ir publicēti Scopus datubāzē starp 2014. un 2024.gadu, lai nodrošinātu aktuālo pētījumu analīzi. Kopumā šim pētījumam kā primārais datu avots tika izgūta datu kopa, kurā bija 2219 attiecīgie raksti.

2.5.Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metode

Viens no promocijas darba uzdevumiem ir izstrādāt un izvērtēt metožu un pasākumu kopumu, kas būtu piemērots darbam ar daudzveidīgām mērķa grupām. Uzdevuma izpildei pētījuma ietvaros izstrādātās metodes kā alternatīvus risinājumus nepieciešams novērtēt pēc vispārējās efektivitātes un piemērotības kritērijiem, kuru kvantitatīvos un kvalitatīvos parametrus nosaka partnerorganizācijas pārstāvošie eksperti, lai tādejādi varētu izvēlēties metodes atbilstoši vienam vai vairākiem iepriekš definētiem mērķiem:

- 1) mērķa grupas informēšana un izglītošana,
- 2) attieksmes un nodoma demonstrēšana,
- 3) rīcību stimulējošas vides veidošana.

Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metode ir sistemātiska pieeja, kas ļauj izvērtēt un salīdzināt dažādus lēmumu variantus, ņemot vērā vairākus, arī pretrunīgus, kritērijus. Šo metodi 1981. gadā izstrādāja Hvangs C.L. (*C.L. Hwang*) un Jūns K.P. (*K.P. Yoon*) [145] un tā ir īpaši noderīga situācijās, kad nepieciešams izvērtēt dažādus faktorus un kompromisus, piemēram, metodes pielietojumam atvēlētais laiks, ieviešanai nepieciešamie resursi, mērķa grupas lielums u. c. kritēriji.

Pētījumā izmantota TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) metode, kas ir populāra daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metode, kas palīdz izvēlēties labāko risinājumu, balstoties uz alternatīvu tuvumu ideālajam risinājumam un attālumu no sliktākā risinājuma [146]. Šīs metodes pamatā ir pieņēmums, ka labākie risinājumi ir tie, kas ir vistuvāk ideālajam risinājumam un vistālāk no sliktākā risinājuma.

Ņemot vērā nepieciešamību pielietot zinātnisku pieeju ārpus akadēmiskās vides, TOPSIS metodei ir vairākas priekšrocības, piemēram, neierobežotu skaitu kritēriju un alternatīvu izmantošana, salīdzinoši vienkāršs aprēķinu process, kam nav nepieciešama specializēta programmatūra. Turklāt, tās rezultāti ļauj efektīvi un pārskatāmi salīdzināt alternatīvas.

Sākumā tiek identificēti un definēti kritēriji ($C_1 - C_7$), raksturo rīku efektivitāti un piemērotību rīka ieviešanai:

- 1) informējošā un izglītojošā vērtība – novērtē, cik efektīvi rīks nodrošina informāciju un veicina dalībnieku izpratni par klimata pārmaiņu jautājumiem,
- 2) indivīda attieksmes un nodoma demonstrācija – cik lielā mērā rīks ļauj indivīdiem paust savu nostāju un uzklaut citu dalībnieku viedokļus,
- 3) stimulējošas vides veidošana – novērtē, cik efektīvi rīks ļauj indivīdam aktīvi īstenot savu nodomu metodes ieviešanas laikā vai izteikt apņemšanos rīcībai pēc aktivitātes,
- 4) piemērotība darbam ar daudzveidīgām mērķa grupām – izvērtē metodes pielāgojamību auditorijām ar dažādu profilu un interesēm,
- 5) izspēles ilgums – nosaka laika resursus, kas nepieciešami metodes īstenošanai,
- 6) partnerorganizāciju iesaistes pakāpe – novērtē nepieciešamo cilvēkresursu apjomu organizatorisko darbu veikšanai un saistīto administratīvo slogu,
- 7) auditorijas aptvere – cik liels dalībnieku skaits vienlaikus var iesaistīties metodes nodrošinātajā procesā.

Šo kritēriju novērtēšana ļauj identificēt labākās iespējas pētījuma ietvaros izstrādāto metožu pilnveidei, nodrošinot to optimālu pielāgošanu publiskā vai komercsektora organizāciju vajadzībām darbā ar mērķa grupām, lai veicinātu ilgtspējīgu darbību un klimatneitralitāti.

Balstoties uz TOPSIS analīzes metodi, tiek izveidota lēmumu pieņemšanas matrica (X), kur katra rinda sastāv no piecām metodēm, un katra kolonna – septiņiem kritērijiem, kā redzams 2.1. formulā. Katrs elements x_{ij} norāda metodes i vērtību attiecībā uz kritēriju j .

(2.1.)

$$X = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} & x_{16} & x_{17} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} & x_{25} & x_{26} & x_{27} \\ A_3 & x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} & x_{35} & x_{36} & x_{37} \\ A_4 & x_{41} & x_{42} & x_{43} & x_{44} & x_{45} & x_{46} & x_{47} \\ A_5 & x_{51} & x_{52} & x_{53} & x_{54} & x_{55} & x_{56} & x_{57} \end{pmatrix}$$

kur:

$A_1 \dots A_5$ – salīdzināmās alternatīvas (metodes);

$C_1 \dots C_7$ – kritēriji, pēc kuriem tiek veikta salīdzināšana;

x_{ij} – alternatīvas i (i no 1 līdz 5) sniegums/vērtība pēc kritērija j (j no 1 līdz 7).

Katram kritērijam tiek noteikts tā individuālais svars w_j (2.2. formula). Svarus nosaka ekspertu sniegtais vērtējums. Visu kritēriju svaru summai jābūt vienāgai ar 1.

(2.2.)

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Lai nodrošinātu, ka dažādi kritēriji tiek vērtēti līdzvērtīgi, katrs sākotnējās matricas elements tiek normalizēts, izmantojot šādu 2.3. formulu.

(2.3.)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

kur r_{ij} ir normalizētā vērtība, x_{ij} ir sākotnējā vērtība, un m ir alternatīvu skaits.

Tālāk tiek aprēķināta normalizētā svērtā matrica, izmantojot 2.4. vienādojumu, kur normalizētās vērtības tiek reizinātas ar atbilstošā kritērija svaru, iegūstot normalizēto svērto vērtību.

(2.4.)

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$$

Normalizētā svērtā lēmumu pieņemšanas matrica (2.5. formula) ir pamats turpmākai TOPSIS analīzei.

(2.5.)

$$X = \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 \\ A_1 & v_{11} & v_{12} & v_{13} & v_{14} & v_{15} & v_{16} & v_{17} \\ A_2 & v_{21} & v_{22} & v_{23} & v_{24} & v_{25} & v_{26} & v_{27} \\ A_3 & v_{31} & v_{32} & v_{33} & v_{34} & v_{35} & v_{36} & v_{37} \\ A_4 & v_{41} & v_{42} & v_{43} & v_{44} & v_{45} & v_{46} & v_{47} \\ A_5 & v_{51} & v_{52} & v_{53} & v_{54} & v_{55} & v_{56} & v_{57} \end{pmatrix}$$

kur:

X ir normalizētā svērtā lēmumu pieņemšanas matrica,

A apzīmē alternatīvas,

C apzīmē kritērijus,

v_{ij} ir normalizētā svērtā vērtība.

Tālāk tiek noteikts katra kritērija ideālais pozitīvais (A^+) un ideālais negatīvais (A^-) risinājums (2.6. un 2.7. formula). Ideālais pozitīvais risinājums ir risinājums, kurā katra kritērija

vērtība ir optimāla (maksimāla vai minimāla, atkarībā no tā, vai kritērijs ir labvēlīgs vai nelabvēlīgs), savukārt ideālais negatīvais risinājums ir sliktākais iespējamais variants katram kritērijam [145].

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+\} \quad (2.6.)$$

kur $v_j^+ = \max_i(v_{ij})$ ja j ir labvēlīgs kritērijs
 un $v_j^+ = \min_i(v_{ij})$ ja j ir nelabvēlīgs kritērijs

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-\} \quad (2.7.)$$

kur $v_j^- = \min_i(v_{ij})$ ja j ir labvēlīgs kritērijs
 un $v_j^- = \max_i(v_{ij})$ ja j ir nelabvēlīgs kritērijs

Tālāk tiek aprēķināti attālumi no katras izstrādātās alternatīvas līdz pozitīvajam ideālajam risinājumam (D_i^+) un negatīvajam ideālajam risinājumam (D_i^-), kas redzami 2.8. un 2.9. formulās.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (2.8.)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (2.9.)$$

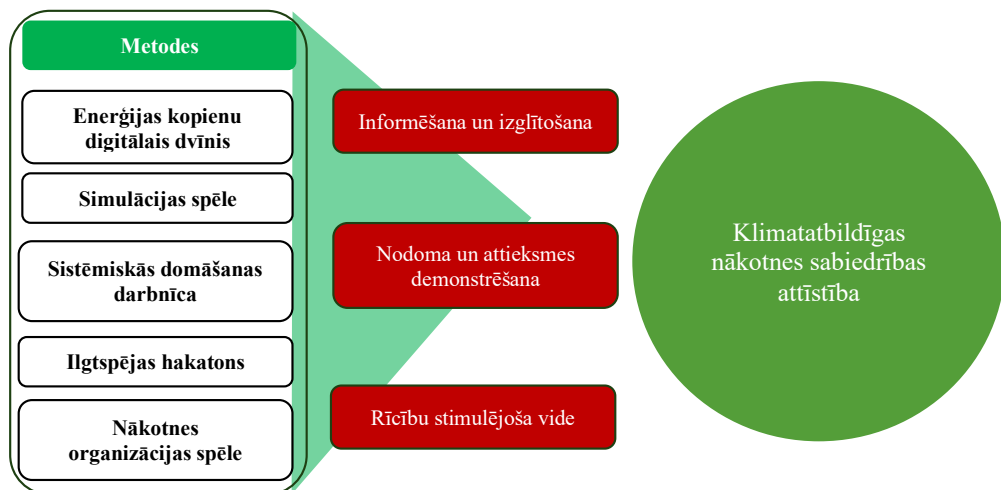
Iegūstot rezultātu, tiek aprēķināts relatīvās tuvības indekss (C_i) katrai alternatīvai (2.10.formula):

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (2.10.)$$

Noslēgumā rīki tiek sakārtoti pēc relatīvās tuvības indeksa (C_i) dilstošā secībā. Rīks ar augstāko (C_i) vērtību tiek uzskatīts par labāko risinājumu. Pēdējā posmā tiek interpretēti rezultāti un sniegti ieteikumi par to, kā uzlabot rīkus. Tiek piedāvāti ieteikumi, balstoties uz novērtēšanas rezultātiem, kas var ietvert rīku struktūras izmaiņas, jaunas pieejas ieviešanu vai uzlabojumus rīku saturā.

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Šajā nodaļā ir apkopoti 2. nodaļā aprakstīto sešu zinātnisko pieeju rezultāti pielietotos piecos klimatatbildīgas sabiedrības attīstību veicinošos rīkos, kas ir apskatāmi 3. attēlā.



3. att. Promocijas darba aprobētie moduļi.

3.1. Socioloģisko aptauju rezultāti

Divu socioloģisko aptauju veikšanas mērķis bija analizēt Latvijas iedzīvotāju pašreizējo energoefektivitātes praksi un attieksmi klimata pārmaiņu jautājumos - enerģijas taupīšanu un ražošanu, videi draudzīgu transportu, modernu atjaunīgo energoresursu ieviešanu un enerģijas kopienu veidošanas potenciālu starp mājokļu īpašniekiem vienā ēkā vai blakus ēkās, kā arī identificēt potenciālās iespējas klimatatbildīgas rīcības veicināšanai, lai tās integrētu izstrādātajos mijiedarbības rīkos.

Abās aptaujās tika izmantotas identiskas anketas, un tās sasniedza 1005 respondentus, taču bija atšķirīgas izlases. Pirmā aptauja tika veikta 2021. gadā, kad nekas neliecināja par iespējamu karu Eiropā un strauju cenu pieaugumu. Līdz ar to 2023. gadā nebija iespējams identificēt jau apsekoto paneli atkārtotām aptaujām. Līdz ar to abu aptauju novērojumus nevar saistīt ar unikālu respondentu, bet tie sniedz ieskatu, kā attieksme ir mainījies. Dati tika svērti, izmantojot valsts statistiku par dzimumu, tautību, vecumu un reģionu kā svēruma parametrus.

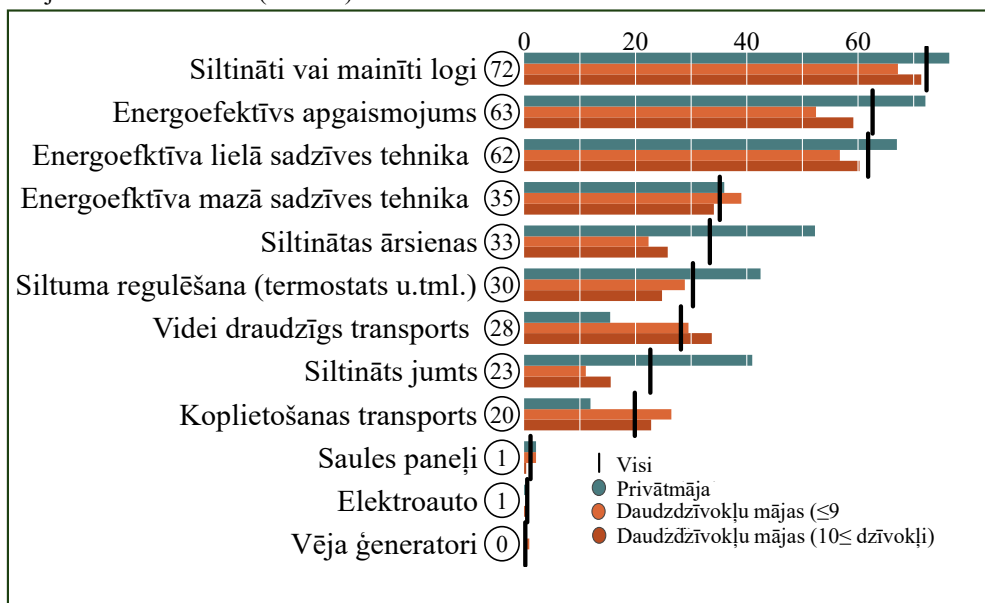
Aptaujas pirmajā daļā galvenā uzmanība tika pievērsta energoefektivitātes pasākumiem, kurus potenciāli varētu ieviest vai vismaz saistīt ar respondentu mājām. Konkrēti, cilvēkiem tika jautāts, kādu apkures enerģijas taupīšanas praksi viņi ir pieņēmuši vai plāno ieviest savā dzīvojamā vienībā. Līdzīgi jautājumi tika uzdoti par elektroenerģijas taupīšanas praksi. Visbeidzot, vairāki jautājumi attiecās uz respondentu transportu un ikdienas braucieniem.

2021. gadā veiktais pētījums atklāja, ka energoefektivitātes ieviešana mājāsaimniecībās reti kad konsekventi veicina progresīvākas energoefektivitātes prakses pieņemšanu. Datu analīze par kaskādes lēmumiem vai secīgiem modeļiem energoefektivitātes pasākumu pieņemšanā

sniedza ierobežotus pierādījumus. Turklāt tika konstatēts, ka izpratne par klimata pārmaiņu cēloņiem nepalielina cilvēku gatavību investēt vai mainīt uzvedību klimata pārmaiņu jautājumos. Tehnoloģiju ieviešanā izšķiroša nozīme ir attieksmei pret vidi, kas izpaužas enerģijas taupīšanas praksē vai dalībā vides nevalstiskās organizācijās.

Lai iegūtu aplēses par energoefektivitātes pasākumu izplatību Latvijā, tika aplūkoti četri galvenie energoefektivitātes pasākumu veidi. Tie ietvēra enerģijas taupīšanas praksi māsasaimniecību līmenī, kas aptver gan elektroenerģijas, gan siltumenerģijas taupīšanas praksi ēkas līmenī, koncentrējoties uz apkures sistēmu, enerģijas ražošanu ēkas līmenī un individuālās pārvietošanās paradumus. Šie pasākumu veidi un prakses tika izvēlēti, lai aptvertu galvenos priekšnosacījumus un nākotnes iespējas, ko māsasaimniecības varētu apsvērt enerģijas kopienas veidošanas un nākotnes rīcības plānu izstrādes procesā.

Atbildes liecina, ka visplašāk pieņemtie energoefektivitātes pasākumi notiek māsasaimniecību līmenī (3.1. att.).



3.1. att. Energoefektivitātes pasākumu pieņemšanas rādītāji (procentos).

Lielākā daļa Latvijas iedzīvotāju dzīvo mājokļos, kuros ir siltināti vai nomainīti logi (72%), energoefektīvas gaismas (63%) un energoefektīvas (vismaz A pakāpe pēc ES elektroierīču marķējuma) galvenās ierīces (ledusskapis, televizors u. c., 62%). Savukārt, to pasākumu pieņemšanas rādītāji, kas vismaz prasītu sadarbību starp dažādām māsasaimniecībām, ja tie tiktu pieņemti daudzdzīvokļu mājās, vai māsasaimniecību sadarbība no vairākām ēkām, ja pasākumi tiktu ieviesti efektīvos energoblokos, ir daudz zemāki.

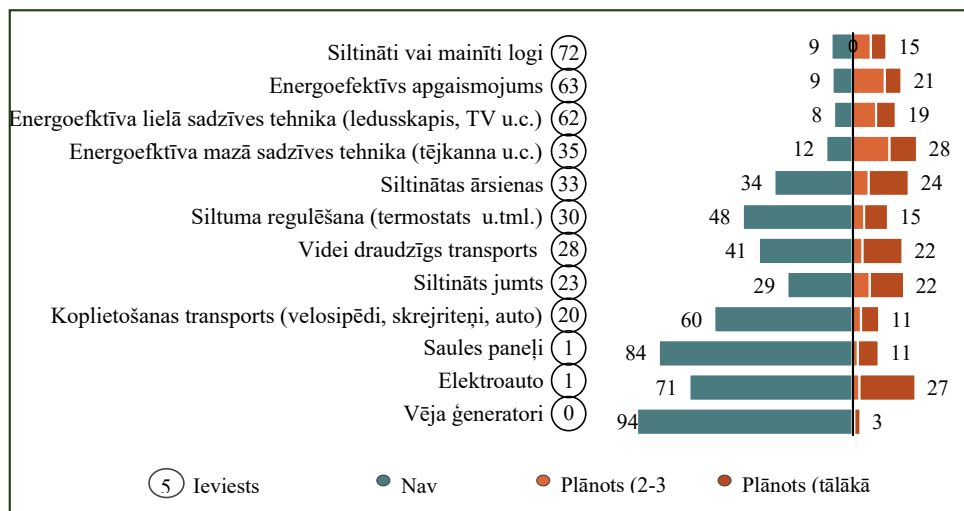
Energoefektīvas transporta iespējas, kuras var labi integrēt efektīvā enerģijas kopienā, Latvijā nav populāras. Nelielam skaitam cilvēku ir elektromobiļi (1%) un tikai daži cilvēki regulāri izmanto transporta (velosipēdu, motorolleru, automašīnu) koplietošanas pakalpojumus (20%). Pat vispārīgāks jautājums par to, vai ikdienas pārvietošanās lielākoties notiek,

izmantojot videi draudzīgu transportu (sabiedriskais transports, velosipēds, elektromobilis), sniedza tikai 28% pozitīvu atbilžu.

Ir dažas ievērojamas atšķirības, vērtējot energoefektivitātes pasākumu ieviešanas rādītājus starp daudzdzīvokļu māju iedzīvotājiem un tiem, kuri dzīvo individuālos mājokļos. Pirmkārt, attiecībā uz ārsienu un jumta izolāciju individuālo mājokļu pieņemšanas rādītāji ir ievērojami augstāki. Individuālās dzīvojamās vienībās dzīvojošie 2,1 reizi biežāk nekā cilvēki no daudzdzīvokļu dzīvokļiem dzīvoja ēkā ar izolētām sienām un 2,7 reizes biežāk individuāliem mājokļiem ir siltināts jumts. Savukārt, daudzdzīvokļu namos dzīvojošie biežāk izmanto energoefektīvas transporta iespējas. Trešdaļa no tiem (33%) pārsvarā ikdienā izmanto videi draudzīgu transportu, savukārt individuālos mājokļu iedzīvotāji - tikai 15%. Tāpat koplietošanas pakalpojumus izmanto 23% daudzdzīvokļu māju iedzīvotāji pretstatā 12% individuālos dzīvokļos dzīvojošo.

Galvenās atšķirības energoefektivitātes pasākumu ieviešanas tempos starp Latvijas teritorijām ir saistītas ar transportu un pārvietošanos. Nav pārsteidzoši, ka vairāk cilvēku, kas dzīvo Rīgā – vienīgajā vietā Latvijā ar salīdzinoši augstu iedzīvotāju blīvumu – mēdz izvēlēties videi draudzīgas pārvietošanās iespējas, kas ietver arī sabiedrisko transportu. Arī Rīgā ir nedaudz vairāk cilvēku nekā citās vietās, kas regulāri izmanto transporta koplietošanas iespējas. Tas vismaz daļēji varētu būt saistīts ar vairākām iespējām.

Aptaujas respondentiem pie katra iekļautā energoefektivitātes pasākuma bija iespēja izvēlēties, vai plāno to darīt tuvākajā laikā (2-3 gadi), tālākā nākotnē vai nav plānots to ieviest. Bija arī iespēja norādīt, ka ir grūti sniegt precīzu atbildi. Kopumā visizplatītākā alternatīva energoefektivitātes pasākumu pieņemšanai ir to nepieņemšana. Īpaši tajos gadījumos, kad adopcijas rādītāji ir zemi, lielākā daļa cilvēku, kuri nav veikuši konkrētu energoefektivitātes pasākumu, norādīja, ka neplāno to darīt arī turpmāk (3.2. att.).



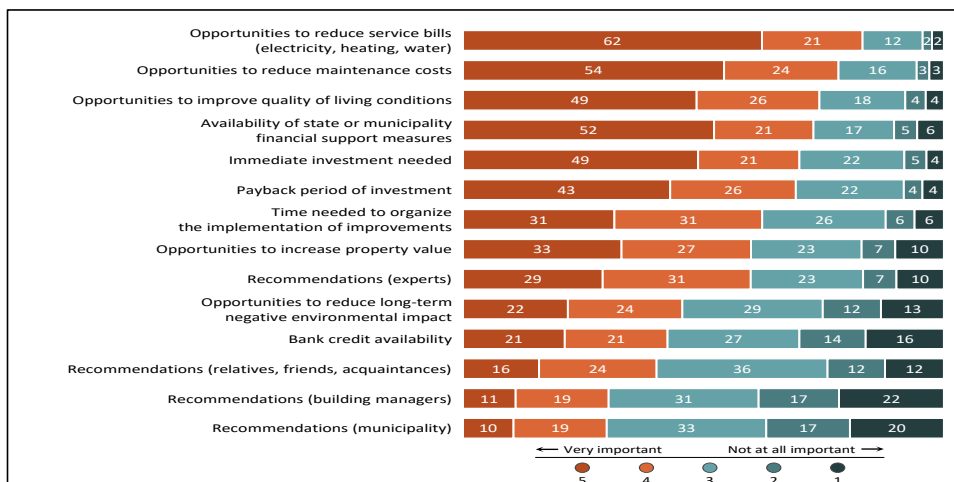
3.2. att. Plāni pieņemt energoefektivitātes pasākumus (procentos).

Dati arī ļauj nošķirt to respondentu atbildes, kuri norādīja, ka ir mājokļu īpašnieki, kuros viņi dzīvo, no tiem respondentiem, kuri ir tikai īpašnieku ģimenes locekļi vai dzīvo mājokļos, kas nepieder viņiem vai kādam no ģimenes locekļiem. Dati liecina, ka īpašniekiem ir nedaudz augstāki energoefektivitātes pasākumu ieviešanas rādītāji, kas saistīti tieši ar viņiem piederošajiem mājokļiem (izolācija, apkures regulēšanas ierīces utt.), bet zemāks energoefektivitātes pasākumu ieviešanas līmenis.

Salīdzinot daudzdzīvokļu māju kvartālu iedzīvotāju un individuālos mājokļos dzīvojošo plānus, tiek iegūtas vairākas vērtīgas atziņas. Pirmkārt, ēkas līmeņa siltuma taupīšanas pasākumu ieviešanas rādītāji ir augstāki starp cilvēkiem, kuri dzīvo individuālajos mājokļos. Turklāt arī individuālajos mājokļos dzīvo salīdzinoši vairāk cilvēku, kuri tuvākajā laikā plāno veikt minētos pasākumus. Piemēram, siltināt jumtu ēkai plānoja 32% cilvēku, kas dzīvo individuālajā mājoklī un attiecīgi 18% cilvēku, kas dzīvo ēkās ar vismaz 10 dzīvokļiem. Otrkārt, tie cilvēki, kas apsver iespēju kļūt par enerģijas ražotājiem, parasti dzīvo individuālos mājokļos. Piemēram, saules paneļus plānoja uzstādīt 29% individuālo māju iedzīvotāju, pretstatā tikai 3% cilvēku, kas dzīvo daudzdzīvokļu ēkās ar vismaz 10 dzīvokļiem.

Visbeidzot, īpašnieku un īpašnieku ģimenes locekļu atbildes ir ļoti līdzīgas jautājumos, kas attiecas uz mājokļu enerģētikas pasākumu plāniem. Īpašnieku īpatsvars, kuri plāno kādas darbības šajā jomā, pārsniedz plānotāju īpatsvaru to cilvēku vidū, kuri tikai dzīvo mājokļos un kuriem tie nepieder, kā arī nav saistīti ar dzīvokļu īpašniekiem.

Cilvēkiem, kas piedalījās aptaujā, tika sniegts to faktoru saraksts, kas potenciāli varētu ietekmēt lēmumus par energoefektivitātes uzlabojumiem (attiecībā uz apkuri, ventilāciju, apgaismojumu, karstā ūdens piegādi u.c.). Respondentiem tika lūgts novērtēt katra faktora nozīmīgumu piecu punktu Likerta skalā no 1 (nemaz nav svarīgi) līdz 5 (ļoti svarīgi). Faktori, ko cilvēki uzskatīja par svarīgākajiem savos lēmumos, bija iespējas samazināt ikmēneša maksājumus par elektrību, apkuri un ūdeni, kā arī iespējas samazināt uzturēšanas izmaksas (3.3.att.).



3.3. att. Energoefektivitātes uzlabošanas ieviešanas lēmumus ietekmējošie faktori (procentos).

Šo divu faktoru vidējais vērtējums bija attiecīgi 4,4 un 4,2. Šiem faktoriem sekoja neskaidrāk definēta vēlme pēc dzīvesvietas (dzīves apstākļu kvalitāte), cerības, ka par to būtu jāmaksā kādam citam (valsts vai pašvaldības finansiāls atbalsts) un vēl viens ar ienesīgumu saistīts faktors – uzlabojumu realizēšanai nepieciešamas tūlītējas investīcijas.

Visiem trim faktoriem vidējais vērtējums bija 4,1. Faktori, kurus cilvēki novērtēja kā mazāk svarīgus, bija pašvaldību, namu apsaimniekotāju un radnieku ieteikumi. Salīdzinoši maz bija arī tādu cilvēku, kuri par būtiskiem energoefektivitātes paaugstināšanas lēmumus ietekmējošiem faktoriem uzskatīja banku kredītu pieejamību un iespēju samazināt negatīvo ietekmi uz vidi.

Kopumā šķiet, ka cilvēki pārsvarā vērtē energoefektivitātes pasākumus privāto izmaksu un ieguvumu izteiksmē. Viņi arī nelabprāt paļaujas uz ieteikumiem, īpaši, ja tie nāk no publiskā sektora iestādēm, piemēram, pašvaldībām vai namu apsaimniekošanas organizācijām. Ir cilvēki, kas uzskata, ka ekspertu ieteikumi ir svarīgi, taču izpratne par to, kurš ir kvalificēts kā eksperts, respondentu vidū var būt atšķirīga.

Gan cilvēkiem, kuri dzīvoja ēkās, kurām nebija autonomas apkures sistēmas, gan cilvēkiem, kuriem bija autonoma apkures sistēma, bet kuras darbina fosilais kurināmais un biodegviela, tika lūgts novērtēt savu gatavību pāriet uz moderniem atjaunojamiem enerģijas avotiem (sauli, vēju vai ģeotermālo enerģiju). No respondentiem, kuriem bija autonoma apkures sistēma, 56 % konceptuāli atbalstīja pāreju. Salīdzinājumam, atbalsts pārejai to cilvēku vidū, kuriem bija centrālā apkure, bija mazāk izteikts – to atbalstīja tikai 46 %.

Socioloģiskā pētījuma mērķis bija arī izpētīt cilvēku motivāciju, kad viņi pieņem vai nepieņem noteiktus energoefektivitātes pasākumus. Pēc tam tie tika izmantoti, lai izstrādātu digitālo dvīni kā lēmumu pieņemšanas palīdzības rīku, kas ņem vērā šīs atšķirības.

Aptaujas rezultāti liecina, ka izpratne par atjaunojamiem energoresursiem Latvijā ir salīdzinoši zema – 67 % respondentu norāda, ka viņiem nav vai ir ļoti ierobežota izpratne par šiem resursiem. Šis fakts liecina par iespējamu pieprasījumu pēc detalizētākas informācijas, kas apraksta katra atjaunojamā enerģijas avota sociālo ietekmi. Turklāt stimulu rīkoties, pamatojoties uz informāciju par sociālajām izmaksām, varētu palielināt ar brīvprātīgu oglekļa tirgu ieviešanu un oglekļa kredītu piešķiršanu iedzīvotājiem, kuri izvēlas samazināt oglekļa emisijas. Tomēr, negatīvs aspekts ir tas, ka Latvijā cilvēki par prioritāti uzskata privātās izmaksas un ieguvumus, nevis sociālos. Tādēļ sociālo izmaksu akcentēšanai, izmantojot tikai brīvprātīgus privātos emisiju samazināšanas mehānismus, varētu būt ierobežota ietekme uz valsts mēroga rezultātiem.

Privātās izmaksas un ieguvumi

Lai atbalstītu lēmumu pieņemšanu saistībā ar enerģijas patēriņu, ražošanu un enerģijas avotu izvēli, politikas veidotāji, enerģijas piegādātāji un pētnieki strādā pie informatīvu palīgmateriālu un interaktīvu lēmumu pieņemšanas rīku izstrādes. Šo centienu pamatā ir atziņa, ka enerģētikas lēmumi bieži vien ir sarežģīti, ar ilgtermiņa sekām un vairākiem mērķiem. Loģiski konsekventa un uz pierādījumiem balstīta fona informācija var padarīt šos lēmumus pārskatāmākus un mazāk balstītus uz emocijām.

Aptaujas rezultāti liecina, ka arī Latvijā iedzīvotāji būtu ieinteresēti šādā informācijā. Jautājot par faktoriem, kas ietekmē viņu lēmumus par energoefektivitātes paaugstināšanu mājsaimniecībās, respondenti kā svarīgākos norādīja iespējas samazināt ikmēneša maksājumus par elektrību, apkuri un ūdeni, kā arī uzturēšanas izmaksas.

Ir arī pierādījumi, ka cilvēki, kuriem pašiem vai kuru ģimenes locekļiem pieder mājoklis, kurā viņi dzīvo, vairāk sliecas apsvērt izmaksas un ieguvumus, kas saistīti ar mājokļa energoefektivitātes investīcijām. Šīs grupas pārstāvji energoefektivitātes investīciju ietekmi uz īpašuma vērtību vērtē augstāk (3,7 skalā no 1 līdz 5) nekā iedzīvotāji, kuri tikai ir mājokli (3,3). Tomēr starp grupām nav lielas atšķirības, ja ņem vērā citu izmaksu un ieguvumu faktoru svarīguma vērtējumus. Iepriekšējie pētījumi liecina, ka cilvēki mēdz paļauties uz iepriekš veidotiem viedokļiem un selektīvi meklēt informāciju, kas apstiprina viņu uzskatus.

Visbeidzot, 2021. gada aptauja norādīja uz iedzīvotāju zemo izpratni par atjaunojamajiem energoresursiem, kas norāda uz nepieciešamību veidot izglītojošu saturu, lai palielinātu sabiedrības izpratni par klimata pārmaiņām un iespējām veicināt energoefektivitāti.

2022. gada martā enerģijas cenas būtiski pieauga enerģētikas krīzes dēļ. Vislielākais cenu pieaugums bija dabasgāzei, šķeldai un malkai. Neliels relatīvais pieaugums attiecināms uz dīzeļdegvielu, kokskaidu granulām un elektroenerģiju.

Reaģējot uz enerģijas cenu pieaugumu, 2022. gadā bija pieejams valdības atbalsts elektroenerģijas un centralizētās siltumapgādes izmaksu segšanai [147]. Mājsaimniecībām, kuras elektrību izmanto telpu apkurei, elektroenerģijas tarifs, kas pārsniedz 0,16 EUR/kWh, tika samazināts par 50 %. Dabasgāzes maksa tika samazināta par 0,03 EUR/kWh par patēriņu virs 221 kWh mēnesī. Centralizētās siltumapgādes tarifs tika samazināts par 50 % no starpības starp apstiprināto un vidējo siltumenerģijas tarifu (68 EUR/MWh). Tāpat tika kompensētas biomasas granulū un briekšu iepirkuma izmaksas, ja izmaksas pārsniedza 300 EUR/t. Katra mājsaimniecība ar malkas krāsni vai katlu bez pirkuma čeka saņēma 60 EUR kompensāciju. Kompensācijām atvēlētais finansējums bija gandrīz 340 miljoni eiro [148].

Abu socioloģisko pētījumu rezultāti sniedz vairākas būtiskas atziņas, kas sniedz ieguldījumu promocijas darbā aprobēto mijiedarbības rīku satura izstrādē. Pirmkārt, aptaujas atklāj, ka Latvijas iedzīvotāji biežāk veic energoefektivitātes pasākumus, kas saistīti ar individuālu rīcību (piemēram, logu siltināšana vai energoefektīvu ierīču izmantošana), bet reti sadarbojas kopienas līmenī. Tādēļ mijiedarbības rīku saturs jāveido tā, lai sekmētu kopienu sadarbību un kolektīvu rīcību energoefektivitātes uzlabošanā.

Otrkārt, aptaujas liecina, ka ekonomiskie faktori, piemēram, izmaksu samazināšana, ir galvenais motivējošais faktors energoefektivitātes uzlabojumiem. Tāpēc izstrādājot mijiedarbības rīkus, ir svarīgi iekļaut ekonomisko ieguvumu modelēšanu un apspriešanu, kā arī demonstrēt ilgtermiņa izmaksu samazināšanas potenciālu.

2023.gada aptaujas rezultāti liecina, ka sabiedrības attieksme un izpratne pret oglekļa neitralitāti nav īpaši mainījusies kara un enerģētikas krīzes dēļ. Lielākā daļa procentuālo izmaiņu bija kļūdas robežās 95 % ticamības līmenī. Vēl viens svarīgs aptaujas jautājums, kas aplūkots šajā pētījumā, ir faktori, kas ietekmē vēlmi sadarboties ar kaimiņiem un veidot enerģētikas kopienas. Attiecīgais jautājums ir definēts šādā formā: "Pieņemsim, ka jums un jūsu kaimiņiem ēkā bija jāizlemj par kādu ēkas apsaimniekošanas vai labiekārtošanas

jautājumu. Cik viegli vai grūti jums būtu panākt vienošanos? Iegūtos rezultātus var aplūkot pievienotajā rakstā [110]. Ēku apsaimniekošanas un labiekārtošanas jautājumi, par kuriem respondenti uzskatīja visvieglāk vienoties ar kaimiņiem, bija “kāpņu telpas uzkopšana” (23 % aptaujāto norādīja, ka tā būtu “ļoti viegli”) 2023. gadā, savukārt 21 % to apstiprināja 2021. gadā) un “ēkas apkārtnes sakopšana” (19 % atzīmēja “ļoti viegli” 2023. gadā un 16 % 2021. gadā). No otras puses, problēmas, par kurām vienoties ar kaimiņiem būtu visgrūtāk, bija “saules paneļu uzstādīšana” (tikai 3 % aptaujāto uzskatīja to par “ļoti viegli” jautājumu, par kuru vienoties 2023. gadā un 2021) un “apkures sistēmas veida maiņa” (5 % no “ļoti viegli” atzīmes 2023. gadā un 4 % 2021. gadā). Atbilstoši respondentu sniegtajām atbildēm dzīvokļu īpašnieku līdzdalība mājokļu apsaimniekošanā nav īpaši mainījiesies – 2023. gadā mājokļu apsaimniekošanā piedalījās 71 % respondentu, bet 2021. gadā – 66 %, kas atbilst kļūdu robežām.

Kopumā šķiet, ka dzīvokļu īpašnieku pašu uzrādītā kapacitāte vienoties par dažiem ēku apsaimniekošanas un labiekārtošanas jautājumiem ir nedaudz pieaugusi, tomēr nepārsniedzot atbilstošās kļūdas robežas. Jebkurā gadījumā pašu uzrādītā spēja vienoties par kopīgiem pasākumiem joprojām ir ļoti zema.

Tāpat kā attiecībā uz faktoriem, kas ietekmē energoefektivitātes pasākumu pieņemšanu un atjaunīgo energoresursu lietošanu, ranžēšanas secību izmantošana ļāva pārbaudīt 2021. un 2023. gadā sniegto atbilžu atšķirības. Praksē apņemšanās uzlabot koplietošanas sabiedrisko telpu, piemēram, kāpņu telpu uzkopšana, ēku apkārtnes kopšana vai kāpņu telpu atjaunošana ir iedzīvotāju kopīgo vērtību rādītājs. Šīs kopīgās vērtības, darbības un apspriežu procesi, kas tiek ieviesti, pieņem un nostiprina svarīgus lēmumus un finansiālas saistības, piemēram, energoefektivitātes pasākumus.

3.2. Enerģijas kopienu digitālais dvīnis

Sistēmdinamikas pieejā balstītais digitālais rīks "Enerģijas kopienas digitālais dvīnis" pētījuma ietvaros nodrošināja interaktīvu vidi, kas ļāva dalībniekiem sadarboties enerģijas patēriņa optimizācijā un resursu pārvaldībā, tādējādi veidojot priekšnoteikumus ilgtspējīgas energoefektivitātes uzlabošanas prakses attīstībai kopienas līmenī.

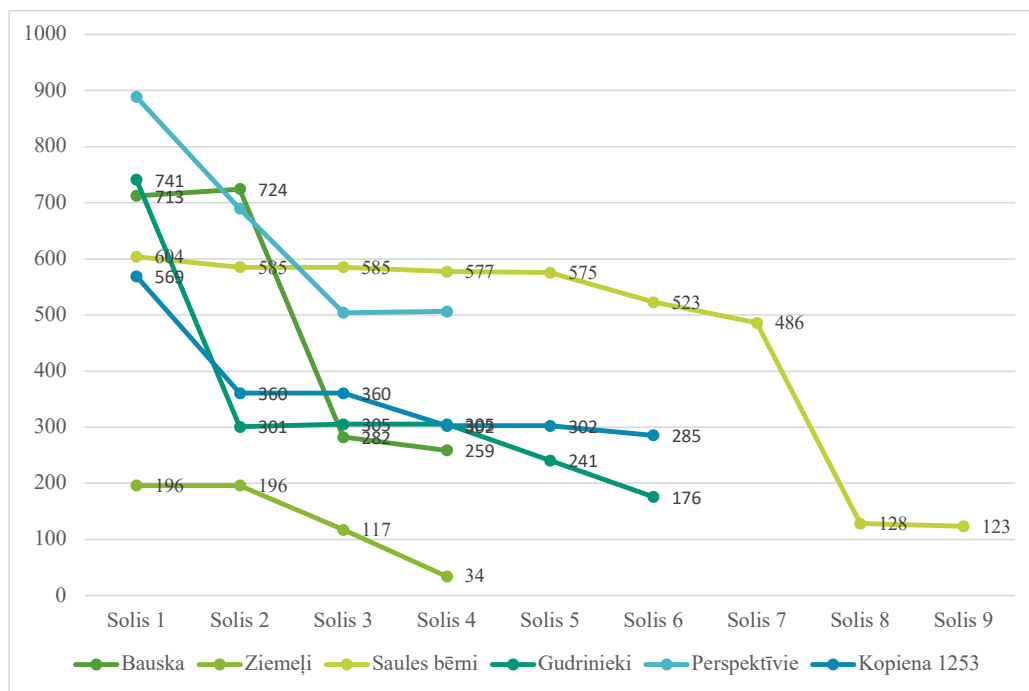
Testēšanas mērķis bija pārbaudīt gan rīka funkcionalitāti, gan arī tā ietekmi uz lietotāju attieksmes un lēmumu maiņu. Sākotnēji izstrādātā simulācijas rīka testēšanai tika izvēlēti akadēmiskā sektora pārstāvji, kuri tiek uzskatīti par kompetentiem energoefektivitātes jomā[56]. Viņu atsauksmes norāda uz rīka potenciālu pielietojumam lēmumu pieņemšanai mājāsaimniecību līmenī realitātei pietuvinātos apstākļos. Tas skaidrojams ar to, ka izvēlēta mērķa grupa sevi identificē kā dzīvokļu īpašniekus, kuriem jāpieņem lēmumi par savu mājokļu energoefektivitāti un to vērtības uzturēšanu vai paaugstināšanu nekustamā īpašuma tirgū. Testēšanā piedalījās 29 dalībnieki, kuri pēc testēšanas aizpildīja novērtējuma anketas, sniedzot savu viedokli par rīka funkcionalitāti un tā turpmāko pielietojumu .

Otra primārā mērķa grupa bija vides inženierzinātņu studenti, kuri izstrādāto rīku pozitīvi vērtēja kontekstā ar klimata pārmaiņu mazināšanu saistītu lēmumu pieņemšanā, tādējādi iesaistoties klimatneitralitātes mērķu sasniegšanā konkrēti definējamu pasākumu līmenī.

Pēc rīka aprobācijas minētajās rīka testēšanas grupās, sekoja pētījuma ietvaros izvēlētas sabiedrības grupas – daudzdzīvokļu namu apsaimniekošanas uzņēmumi, attīstības jautājumu speciālisti pašvaldībās, kā arī jaunieši. Kopumā 241 dalībnieks piedalījās 8 pasākumos, sadaloties 6 komandās pa 4-5 spēlētājiem katrā.

Digitālā dvīņa simulācijas rezultāti liecina, ka tiešaistes rīks veicina dalībnieku lēmumu pieņemšanu un sadarbību, neskatoties uz sarežģītu parametru kopumu, kas prasa koncentrēšanos uz iepriekšējo sesiju rezultātiem. Šis rīks ļauj lietotājiem eksperimentēt ar savām izvēlēm un redzēt reāllaika rezultātus. Rīka interaktivitāte veicina sociālo mācīšanos vidē, kurā dalībnieki iegūst jaunas zināšanas, balstoties uz savu rīcību.

Rīka izspēles ietvaros komandas aizvadīja 4-9 sesijas, kuru skaits bija atkarīgs no komandas dinamikas un iekšējās vienošanās, ko nodrošināja rīkā integrētā tērzētava. Spēlētāju uzdevums bija definēt rīka sākotnējos uzstādījumos – samazināt CO₂ līmeni. Lielākais samazinājums bija par 80 % (no 604 t uz 123 t) kopumā 9 sesijās, savukārt mazākais bija par 43 % (no 889t uz 506t) 4 seansu kopsummā (3.4. att.).

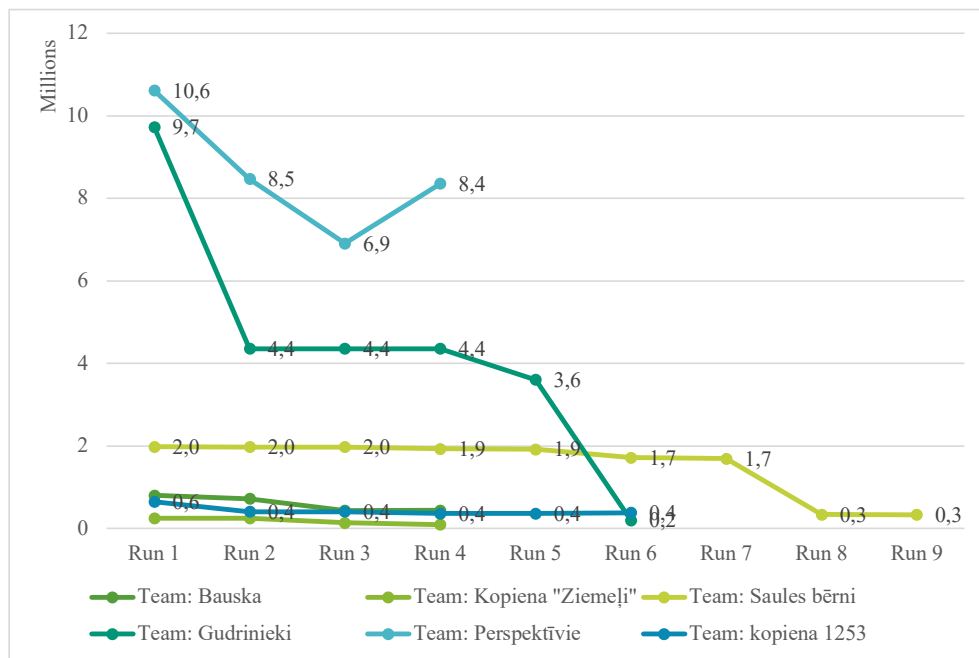


3.4. att. Simulācijas laikā radītās kumulatīvās CO₂ emisijas, tn/gadā [56].

Izvērtējot iegūtos datus, var secināt, ka visas komandas centās sasniegt rīka vadlīnijās definēto uzstādījumu, tāpēc var uzskatīt, ka komandas dalībnieki ar rīka starpniecību spēja sadarboties, lai sasniegtu mērķi, kas veicina enerģijas kopienas attīstību.

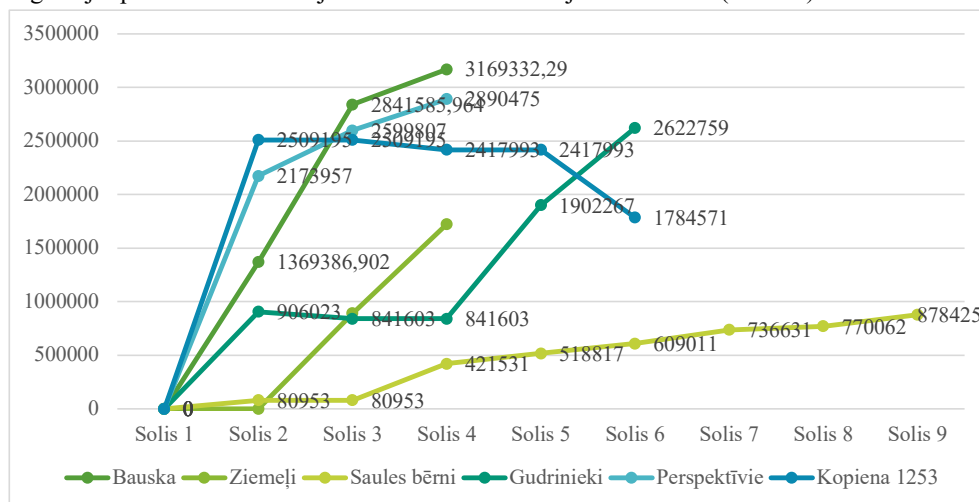
Kā vēl vienu pamatparametru spēlētāji izvirzīja izmaksu samazināšanu – arī tās pēc ceturtais sesijas samazinājās par 4 miljoniem. par 2,6 miljoniem eiro. Lielākais samazinājums par 98 % (no 9,7 miljoniem eiro uz 0,2 miljoniem eiro) kopumā 6 sesijās, bet mazākais – par 41 % (no

0,65 miljoniem eiro uz 0,38 miljoniem eiro) kopumā 6 sesijās. Datu apstrāde liecina, ka abi augstāk minētie rādītāji ar katru sesiju samazinājās, izņemot vienu komandu, kurai pēdējās sesijas laikā pieauga izmaksas (3.5. att.).



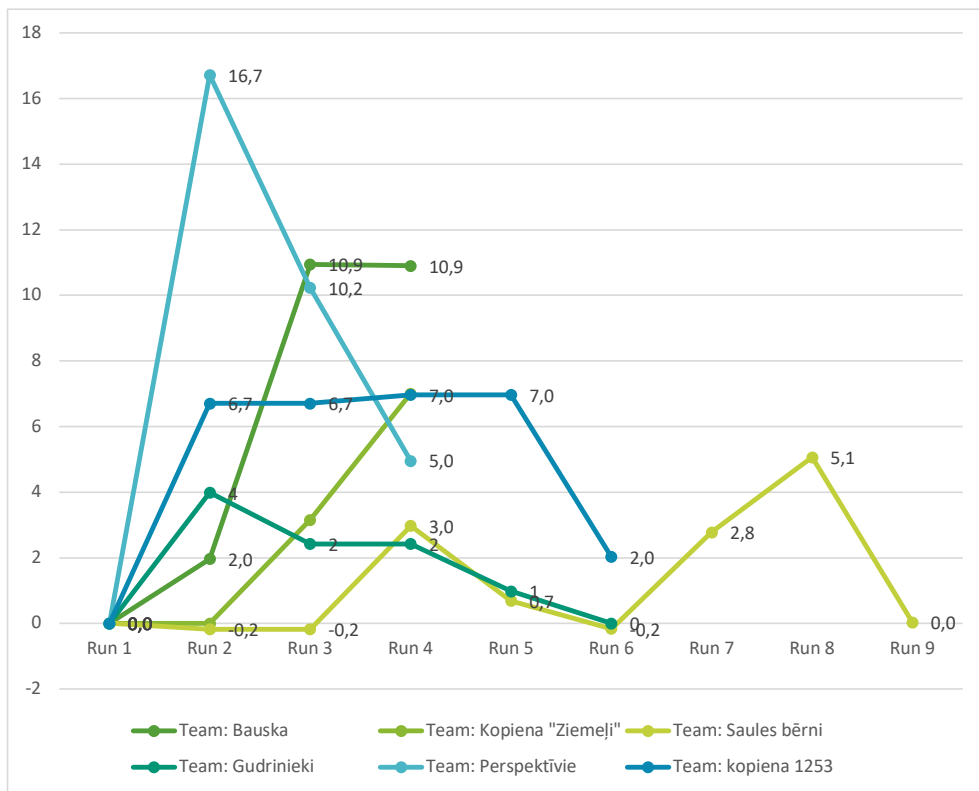
3.5. att. Izmaksu samazināšanas dinamika simulācijas laikā, EUR [56].

Savukārt, kopējais investīciju apjoms ar katru sesiju pieauga, vidēji sākot no 1,2 milj. 2. sesijā līdz 1,9 miljoniem 4. sesijā. Lielākais pieaugums bija 91 %, bet mazākais – 25 %. Komanda izdarīja izvēli, kas samazināja kopējo investīciju apjomu par 40 %, vienlaikus saglabājot pozitīvu CO₂ emisiju un izmaksu samazinājuma tendenci (3.6. att.).



3.6. att. Investīcijas energoefektivitātes pasākumos simulācijas laikā, EUR [56].

Vidējais investīciju atmaksāšanās laiks bija 5 - 6 gadi, kur spēles beigās augstākais bija 11 gadi un zemākais 2 gadi. Trīs komandām spēli izdevās pabeigt ar 0 gadu atmaksāšanās laiku, divām 9. sesijā, vienai 6. sesijā (3.7. att.).

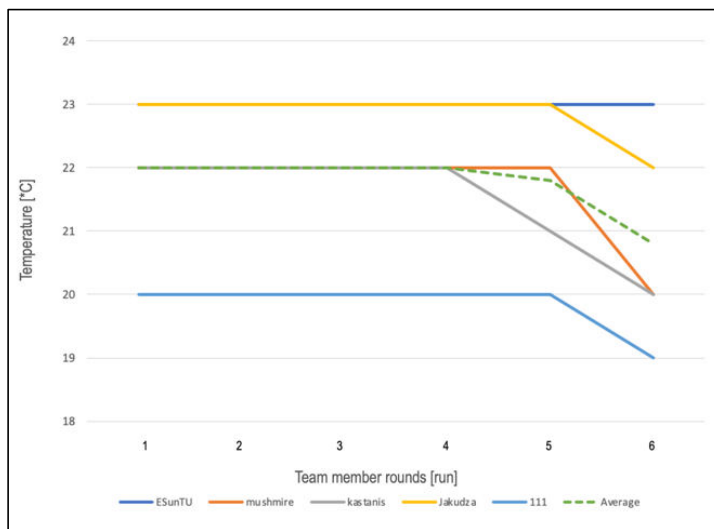


3.7. att. Investīciju atmaksāšanās laiks simulācijas laikā [56].

Izspēles ietvaros tika novērots, ka rīkā iekļauto iespēju skaits mainīt savus ieradumus, piemēram, pazemināt telpas temperatūru, ir salīdzinoši minimāls. Norādītā telpas temperatūra svārstījās no 18 līdz 24 grādiem pēc Celsija, kas liecina par spēlētāju zemu vēlmi pazemināt ikdienas komfortu, tā vietā izvēloties citus pasākumus energoefektivitātes uzlabošanai, vienlaikus apzinoties, ka temperatūras pazemināšana var samazināt enerģijas patēriņu (3.8. att.). Tas sniedz vērtīgu informāciju autoriem par aspektiem, ko integrēt citos mijiedarbības rīkos, lai veicinātu diskusiju un sadarbību ar energoefektivitāti saistītu praksi uzlabošanai.

Viena komanda pēdējā sesijā piekrita samazināt temperatūru par 1-2 grādiem. Viens dalībnieks to izdarīja 5. kārtā, samazinot par vienu grādu, bet pēdējā kārtā to izdarīja vēl 3

spēlētāji, kā rezultātā vidējā temperatūra pazeminājās, salīdzinot ar sākotnējām izvēlēm. Visu komandu spēlētāji ar savu izvēli samazināja temperatūru par 27,5 %.



3.8. att. Temperatūras pazemināšanas lēmuma gadījums komandā.

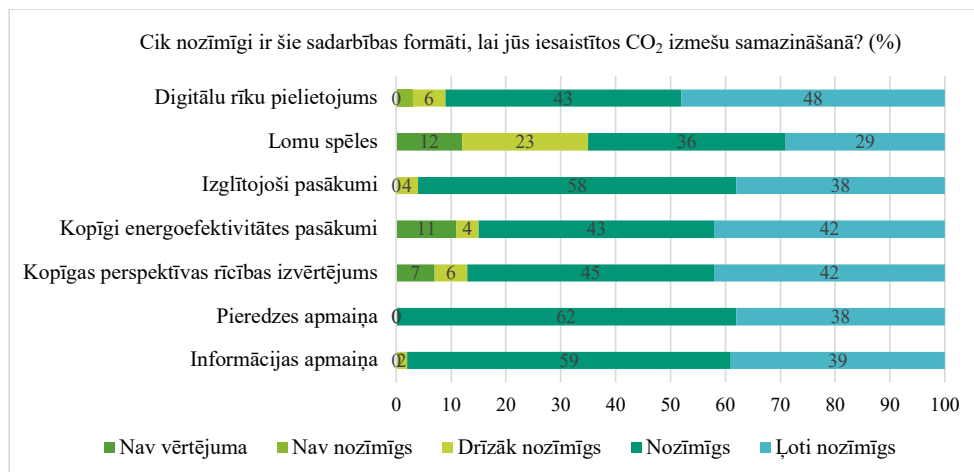
Simulācijas rezultāti liecina, ka spēlētāji mainīja savus lēmumus, pamatojoties uz vienošanos par kopīga mērķa sasniegšanu (piemēram, CO₂ samazināšanu) un ka turpmākajās nodarbībās guva apstiprinājumu, ka spēlētāji ir gatavi vienoties kolektīvo interešu vārdā.

Kopumā tiešsaistes anketēšanas ietvaros 81 % pozitīvi novērtēja rīku kā metodi informācijas iegūšanai un sadarbībai, savukārt pārējie respondenti norādīja, ka pozicionētais formāts (spēle, sacensības) neļauj to uztvert kā pielietojamu reālos apstākļos, tomēr, ja tie sniedz pārliecību par apstrādāto datu ticamību, tad to varētu vērtēt pozitīvāk. Komentējot saņemto aprēķinu saprotamību, 48 % atbildēja apstiprinoši, 18 % noliedzoši, savukārt daži norādīja, ka nav iedziļinājušies aprēķinu skaidrojumā. Līdzīgas atbildes tika sniegtas arī par aprēķinu ticamību [56].

55 % apliecināja, ka audio vizuālās vadlīnijas bija izsmeļošas rīka lietošanai, 16% atzina, ka nav pilnvērtīgi iepazinušies ar vadlīnijām, savukārt pārējie norādīja uz vairāku uzlabojumu nepieciešamību, piemēram, skaidrojums jāsniedz nedaudz lēnāk un nepieciešami papildus informācijas avoti atsevišķu terminu dziļākai izpratnei.

67 % dalībnieku rīkā atspoguļoto informāciju novērtēja kā viegli uztveramu, savukārt 14 % atbildēja noraidoši, skaidrojot to ar tērzesšanas istabas funkcionalitāti, nepiedāvājot iespēju vienlaikus redzēt visu kopienas dalībnieku rezultātus, nepieciešamība vizuāli redzēt kopējo mērķi visas spēles garumā, kā arī vēlme redzēt skaidrojumus, kā individuālie parametri mainīs kopienu lēmumu rezultātus. Kā papildus izskanēja vēlme redzēt pašreizējos atbalsta mehānismus enerģētikas kopienu kopīgu aktivitāšu ieviešanai [56].

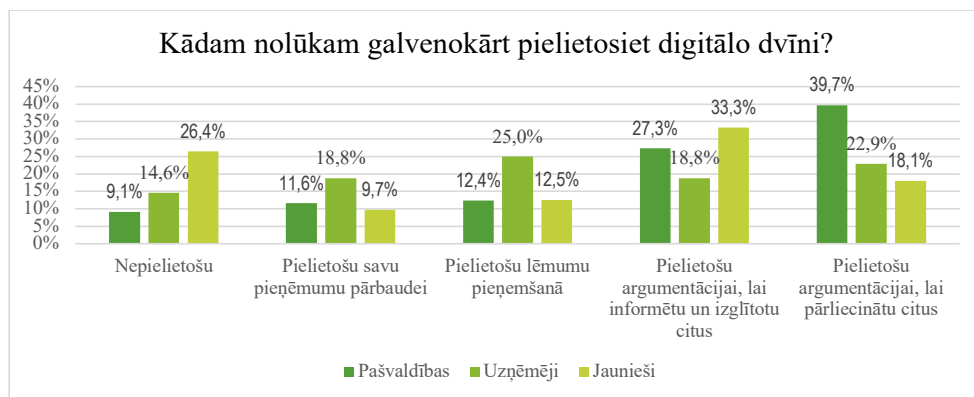
3.9. attēlā ir atspoguļotas pētījumā iekļauto dalībnieku atbildes uz jautājumu par dažādu sadarbības formātu ietekmi uz motivāciju iesaistīties CO₂ izmešu samazināšanā. Jautājums tika uzdots pēc rīka izspēles.



3.9. att. Pētījuma mērķa grupu vērtējums sadarbības formātu nozīmīgumu pēc rīka izspēles.

No atbildēm izriet, ka gandrīz puse (48 %) uzskata digitālos rīkus uzskata par ļoti nozīmīgiem, lai būtu motivēti iesaistīties klimatneitralitāti veicinošās aktivitātēs, otrā vietā (42 %) atstājot kopīgas iniciatīvas energoefektivitātes pasākumiem un atgriezeniskai saitei par perspektīvu rīcību.

Mērķa grupas tika aicinātas sniegt atbildi par primāro rīka pielietojumu (3.10. att.) un rezultāti liecina, ka metodi vislabprātāk pielietos pašvaldību pārstāvji savu mērķa grupu pārliecināšanai, savukārt, gandrīz trešdaļa jauniešu norādīja, ka rīku nepielietos. Pēc autores domām, ņemot vērā rīka specifisko nozīmi (vienošanās par kopīgiem energoefektivitātes pasākumiem) jauniešiem vēl nav aktuāla, jo viņi ikdienā neuzņemas rūpes par ēku energoefektivitātes uzlabošanu un komunālo maksājumu veikšanu.

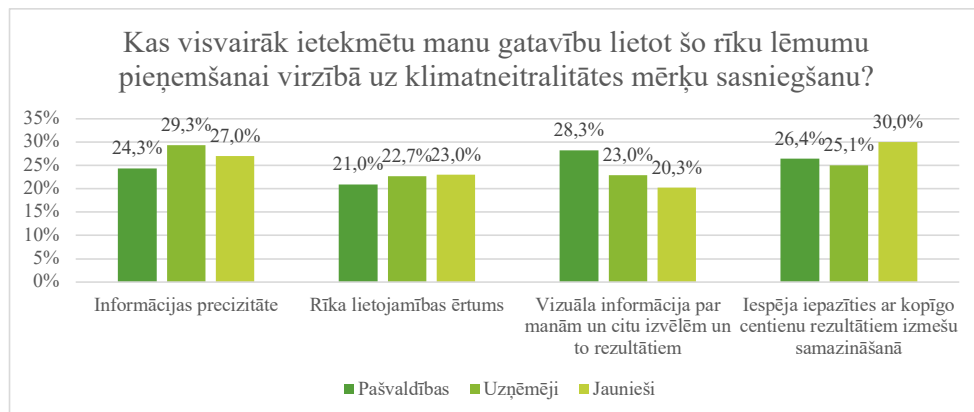


3.10. att. Mērķa grupu atbildes par rīka primāro pielietojumu.

Uzņēmēji kā augstāko vērtējumu sniedza rīka pielietojumam lēmumu pieņemšanā (25 %) – tas norāda, ka šai mērķa grupai digitāli risinājumi, kas ļauj veikt optimālus lēmumus, balstoties uz datiem, ir noderīgi stratēģiskajā plānošanā un šādu rīku ieviešana sekmēs šīs mērķa grupas spēju pielietot ar procesa digitalizāciju saistītus paņēmienus ilgtspējas principu ieviešanā savā organizācijā, iesaistot arī personālu.

Atbildot uz jautājumu, vai šis rīks potenciāli ļautu kvartāla dzīvojamo māju iedzīvotājiem pieņemt optimālu lēmumu, 41 % atbildēja apstiprinoši, 19% noraidīja, bet pārējie apsvērumi bija saistīti ar spēlētāju individuālām interesēm (piemēram, fiskālā ietekme uz mājāsaimniecības budžetu) un nepieciešamību nodrošināt izsekojamus datus (pieņemto lēmumu rezultātus) visas izspēles laikā [56].

Atbildot uz jautājumu par to, kas visvairāk ietekmētu manu gatavību lietot šo rīku lēmumu pieņemšanai (3.11. att.), pašvaldību pārstāvji norāda uz vizualizācijas funkciju, kas aktuāla darbā ar pašvaldības mērķauditoriju, savukārt, uzņēmējiem svarīgākā šķiet informācijas precizitāte, bet jauniešiem – iespēja iepazīties ar kopīgo centienu rezultātiem CO₂ izmešu samazināšanā.



3.11. att. Mērķa grupu atbildes par rīka lietošanu ietekmējošiem faktoriem.

Mērķa grupu atbildes norāda uz nepieciešamību ņemt vērā dažādu sabiedrības grupu vajadzības kontekstā ar to privātiem vai profesionāliem mērķiem – tādejādi rosinot iesaisti uz sadarbību vērstu risinājumu lietošanā.

Aptaujas noslēgumā respondenti norādīja, ka izstrādātais rīks ir piemērots spēlētājiem ar priekšzināšanām energoefektivitātes jautājumos, kuri ir motivēti rīkoties situācijas uzlabošanai, taču pēc pirmās izspēles (pieņemtajiem lēmumiem) komandai būtu jāuzsāk diskusija par rezultātiem un kā tos kopīgi uzlabot. Komentējot rīka ietekmi uz enerģijas kopienas veidošanu, respondenti norādīja, ka rīks palīdz labāk izprast izdarītās izvēles un to ietekmi uz energoefektivitātes rādītājiem, spēlētāju motivāciju un uzvedības dažādību vienas kopienas ietvaros ceļā uz kopīga mērķa sasniegšanu, modelējot dažādus scenārijus un redzot kopējos rezultātus reāllaikā, kā arī dod iespēju kopienām plānot aktivitātes, kas uzlabo kopējo situāciju un veicina enerģētisko neatkarību. Kā papildu vērtību aptaujātie norādīja reālās situācijas

atspoguļojumu – kā viena indivīda izvēle var ietekmēt visas kopienas situāciju. Daži spēlētāji norādīja, ka viņu motivācija rīkoties bija lielākā enerģijas patērētāja statuss.

Izstrādātā metode ļāva spēlētājiem iesaistīties reālā lēmumu pieņemšanas procesā par dažādām energoefektivitātes praksēm un izmēģināt dažādas iespējas kopīga mērķa sasniegšanai. Salīdzinot ar iepriekš izstrādāto viena spēlētāja spēli, kurā tika izmantoti fiksēti ievades dati, vairāku spēlētāju rīks ļāva manuāli ievadīt datus par ēkas enerģijas pieprasījuma parametriem, ļaujot rezultātiem pietuvināties reālajiem apstākļiem.

Rezultāti liecina, ka spēlētājiem būtu atšķirīgs uzvedības modelis, ja viņi pēc katras sesijas neiegūtu informāciju par citu spēlētāju izvēlēm un to ietekmi uz kopīgā mērķa sasniegšanu.

Rīka testēšanas laikā tika padziļināta interese par dažādiem parametriem un to ietekmi uz tādiem instrumentā integrētiem rādītājiem kā kopējais enerģijas patēriņš, saražotās enerģijas daudzums, enerģētiskā neatkarība, nepieciešamo investīciju skaits un atmaksāšanās periodā. Autore pieļauj, ka spēlētāju gatavība iedziļināties un spēlēt spēli pēc iespējas tuvāk realitātei ir skaidrojama ar konkrēto apstākļu kontekstu - energoresursu krīzi un ar to saistīto straujo cenu kāpumu [56].

Tā kā metodes pielietojumam attiecībā uz tā atspoguļoto datu precizitāti reālos apstākļos pastāv ierobežojumi (nepieciešams pielāgot specifiskiem ar energoefektivitāti saistītiem aspektiem, piemēram, atbilstošajam māju tipam, kombinētai enerģijas patēriņa iekārtu lietošanai un klimatiskajiem apstākļiem u.c.) un spēlētāja uzvedība mainās atkarībā no informācijas, ko viņš iegūst rīka izspēles laikā, darbojoties sociālās dilemmas principam (individuālās pret kopienas interesēm), rīka pielietojums šobrīd sniedz ieguldījumu metodoloģijas vērtību noteicošajos aspektos – indivīdu informēšana un izglītošana, nodoms un stimulējošas vides veidošana klimatatbildīgai attīksmei nākotnē.

Autore rosina klimatneitralitāti veicinošu pasākumu plānošanas kontekstā izstrādāt un padarīt publiski pieejamus tādus digitālus rīkus, kas sniedz iespēju salīdzināt anonimizētus, vēl praksē neīstenotus lēmumus indivīdu starpā, lai sabiedrības pārstāvjiem ir iespēja vizuāli redzēt viedokļu dažādību un tendences. Kā analogija minama socioloģisko aptauju rezultāti, kas tiek demonstrēti plašsaziņas līdzekļos, tomēr tas nesniedz iespēju katram savu lēmumu un nodomu klimata pārmaiņu mazināšanas kontekstā salīdzināt ar citu lēmumiem. Šāda brīvprīgiejas rīka izveide un pieejamības nodrošināšana ļautu uzkrāt datus un analizēt sabiedrības dažādo grupu interesi par iespējām iesaistīties klimatneitralitātes mērķu sasniegšanā.

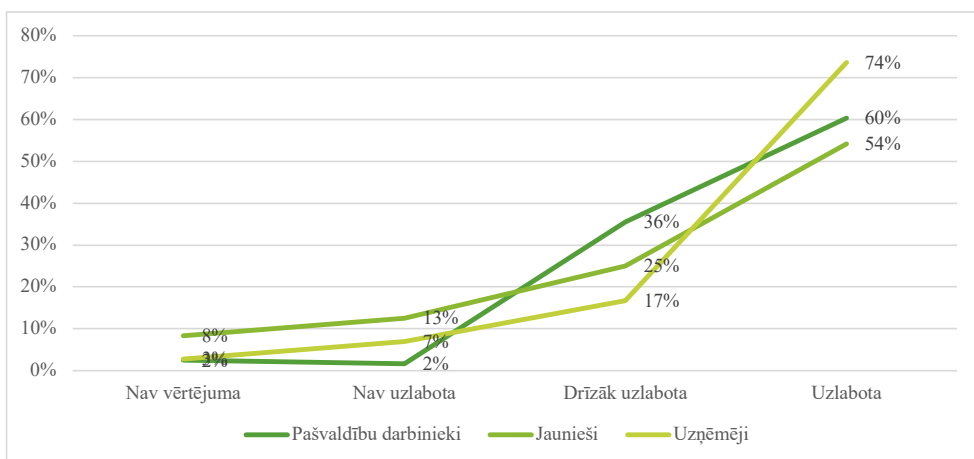
Piedāvātais rīks tika pārbaudīts un aprobēts Rīgas Tehniskās Universitātes Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūta, Rīgas Namu pārvaldnieka, Liepājas Namu apsaimniekotāja un Vidzemes plānošanas reģiona rīkotajos pasākumos, kas vērsti uz daudzdzīvokļu dzīvojamo māju iedzīvotāju energoprātības uzlabošanu un Enerģijas kopienu attīstību.

3.3. Simulācijas spēle

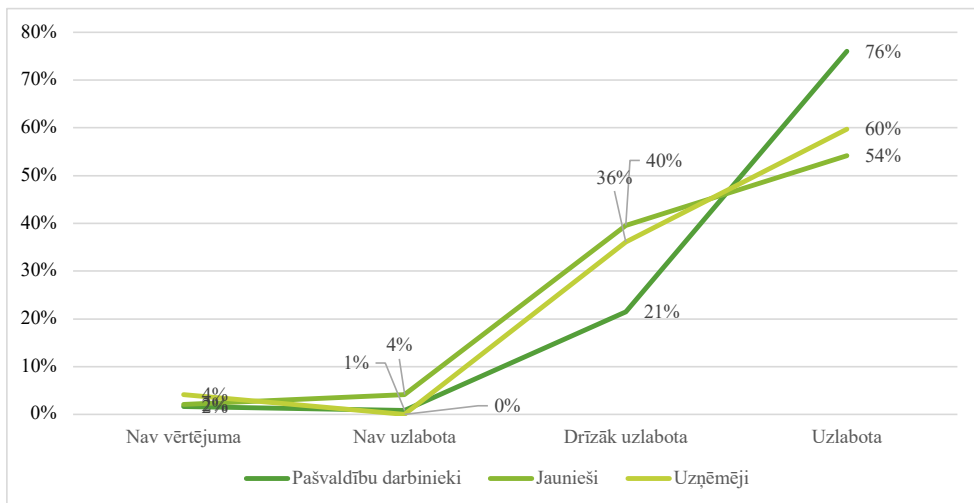
Šī pētījuma ietvaros kā analogais formāts 3.2.nodaļā aprakstītajam digitālajam rīkam tika izveidota simulācijas spēle. Šāda formāta izveides nepieciešamību raksturo atšķirīgs digitālo prasmju līmenis dažādu sabiedrības grupu vidū, līdz ar to ierobežojot visaptverošu digitālu rīku

8.	Uzvedība	Spēlētāju spēja analizēt savu un citu spēlētāju uzvedību
9.	Izglītība	Spēja apzināties nepieciešamību pēc izglītošanās, lai pieņemtu labākus lēmumus
10.	Izpratne par riskiem	Spēja definēt, analizēt un mazināt iespējamus riskus

Simulācijas spēles ietvaros gandrīz visi dalībnieki atzinīgi novērtēja zināšanas, ko viņi saņēma pirms un pēc sesijas, kas uzlaboja izpratni gan par klimata ziņā atbildīgas sabiedrības veidošanas ietekmi uz kopienas dzīves kvalitāti nākotnē, gan par to, kā katrs indivīds var iesaistīties klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumos (3.13. un 3.14.att.).



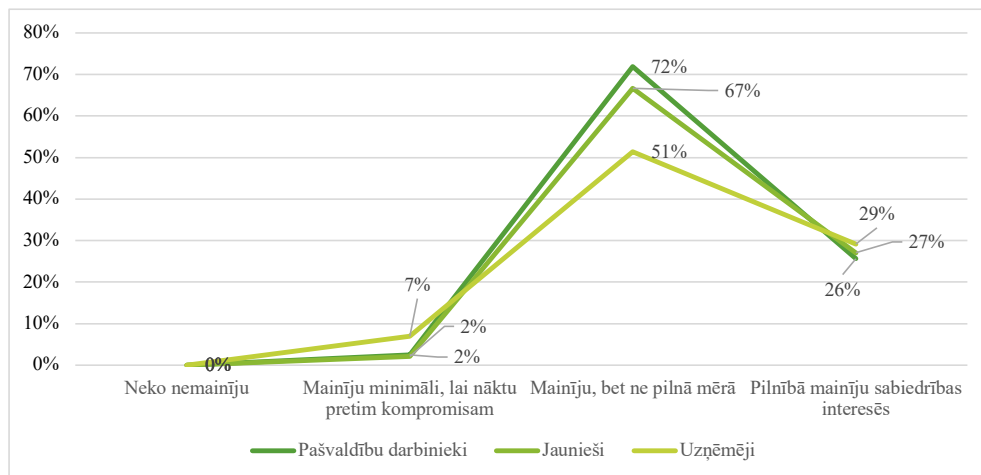
3.13. att. Mērķa grupu vērtējums par izpratni par klimata pārmaiņu ietekmi uz dzīves kvalitāti.



3.14. att. Mērķa grupu vērtējums par izpratni par iesaistīšanās iespējām klimata pārmaiņu mazināšanā.

Tāpat dalībnieki atzinīgi novērtēja punktu skaitīšanas sistēmu un īpaši atzīmēja definēto šķēršļu un sistēmiskās domāšanas nozīmi, kas būtiski uzlaboja simulācijas spēles kā procesa pievilcību. Dalībnieki pozitīvi novērtēja to, ka katrā kārtā bija dažādi uzdevumi, kas nepalielināja rutīnu un saglabāja interesi visu sesiju spēlēšanas laikā.

Dažādo sociālo lomu klātbūtne ļāva atveidot dzīves situācijas, kurās cilvēkiem ar dažādu pieredzi un uzskatiem jāatrod vislabākais problēmas risinājums. Pēc dalībnieku atsauksmēm, nepieciešamība sadarboties apstākļos, kur dominē ļoti dažādas intereses, ļāva pārvērtēt savas savtīgās intereses un upurēt tās kolektīvo interešu vārdā, izjutot atbildību par savas un līdzcilvēku dzīves kvalitāti nākotnē (3.15. att.).

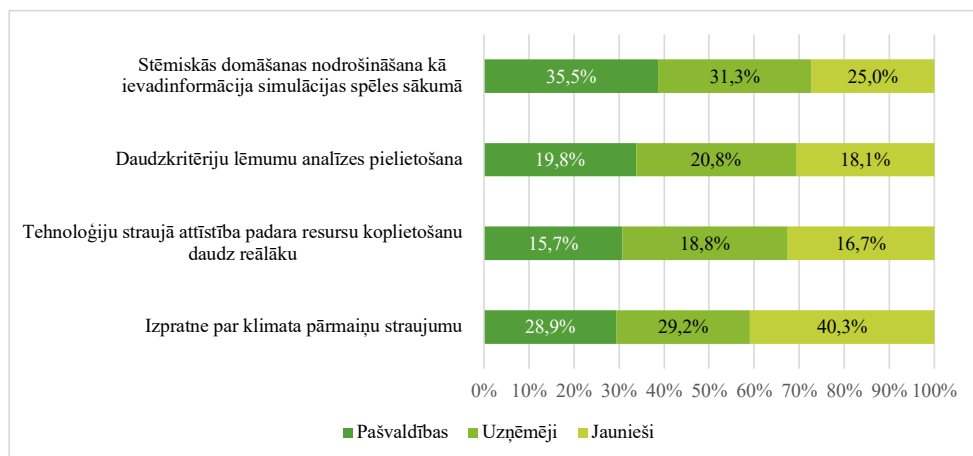


3.15. att. Mērķa grupu individuālo interešu pārvērtēšana kolektīvo interešu vārdā.

Rezultāti liecina, ka mērķa grupas salīdzinoši līdzīgi nav gatavas pilnībā upurēt savas intereses sabiedrības vārdā, taču, gūstot daudzveidīgu informāciju un atbalsta instrumentus, ir gatavas pārvērtēt personīgo ieguvumu labumu un daļu no resursiem novirzīt kopīgu mērķu sasniegšanai. Pēc autores domām, šāds lēmums pieņemts, redzot, citu dalībnieku uzvedību, kā tas redzams digitālā dvīņa izspēles gadījumā 3.6. attēlā.

Pētījumā tika identificēti šādi faktori, kas ietekmēja spēlētāju uzvedību un pieņemtos lēmumus (3.16. att.):

- izpratne par klimata pārmaiņu straujumu – dalībnieki varēja novērtēt situācijas nopietnību un iepazīties ar izmantojamo instrumentu dažādību,
- tehnoloģiju straujā attīstība padara resursu koplietošanu daudz reālāku – nojaucot fiziskās robežas un apvienojoties kopīgās vērtībās,
- daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes pielietošana - analogās simulācijas spēlēm, kur sarežģīti aprēķini nav pieejami reāllaikā, šīs analīzes pielietošana ir nodrošina operatīvu lēmumu pieņemšanai un sniedz pamatojumu vienai vai otrai izvēlei,
- sistēmiskās domāšanas nodrošināšana kā ievadinformācija simulācijas spēles sākumā ļauj dalībniekiem izprast viņu attieksmes, lēmumu un uzvedības nozīmi kopējā kopienas transformācijas procesā.



3.16. att. Mērķa grupu novērtējums faktoriem, kas ietekmēja viņu attieksmi spēles gaitā.

Tāpat dalībnieki atzinīgi novērtēja simulācijas spēļu pieejamību cilvēkiem ar atšķirīgu digitālo prasmju līmeni, tādējādi neizslēdzot atsevišķas sabiedrības grupas no iesaistīšanās un jaunas pieredzes gūšanas. Pašvaldību darbinieki norādīja uz potenciālu pieprasījumu pēc līdzvērtīgiem praktiskiem, viegli pielāgojamiem rīkiem ar dažādu sarežģītības pakāpi.

Zināšanu un izpratnes stiprināšana par klimata pārmaiņām un nepieciešamo rīcību stiprina pārliecību un motivāciju dažādos segmentos nodot savu jauno pieredzi, tādēļ metode ir pielietojama sabiedrības iesaistes pasākumos, kas saistīti ar klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu.

Metode tika aprobēta Latvijas Nacionālā kultūras centra, Rēzeknes novada pašvaldības un Dienvidlatgales NVO atbalsta centra rīkotajos pasākumos, kas vērsti uz ilgtspējīgiem risinājumiem darbā ar kultūras aktivitāšu dažādošanu un pilsoniskas sabiedrības attīstību.

3.4. Ilgtspējas hakatons

Kopražošanas pieejas aprobācijai, tika īstenots eksperimentārs hakatons, kuru organizēja Rīgas Tehniskās universitātes (Latvija) Energosistēmu un vides institūts. Tā galvenie dalībnieki bija gan augstskolas akadēmiskais personāls, gan studenti, gan arī atkritumu apsaimniekošanas uzņēmums.

Hakatona mērķis bija veicināt idejas par sarežģītu atkritumu veidu pārstrādi un izstrādāt inovatīvus otrreizējās pārstrādes risinājumus. Hakatona laikā tika noteikts viens kritērijs: atrast un pamatot iespēju izmantot konkrētu atkritumu veidu jauna augstas pievienotās vērtības produkta ražošanā. Pasākuma pamatā ir ražošanas cikla cikliskums, kas pozitīvi ietekmē uzņēmuma ekonomiku.

Darba grupu (studentu) uzdevums bija izstrādāt biznesa plānu problemātiska atkritumu veida pārstrādei. Izstrāde sastāvēja no situācijas analīzes, alternatīvu un tehnoloģisko risinājumu meklēšanas un izvērtēšanas, ekonomiskā pamatojuma un potenciālo intelektuālā īpašuma tiesību apzināšanas.

Komandu sastāva dažādība ļāva simulēt situācijas no reālās dzīves, kad cilvēkiem ar atšķirīgu dzīves pieredzi un uzskatiem ir jāatrod optimālais problēmas risinājums. Pēc dalībnieku atsauksmēm, nepieciešamība sadarboties ļoti konkurences vidē starp komandām ļāva tām uzņemties iniciatīvu sarežģītās situācijās, justies atbildīgiem un uzņemties saistības. Šāda pieredze pozitīvi ietekmē cilvēka raksturu, ļaujot viņam atvērties un izprast savas spējas un iespējas.

Hakatona kā izglītojošas aktivitātes ietvaros komandas strādāja ar šādiem grūti pārstrādājamiem atkritumu veidiem:

- a) atkritumu izcelsmes degviela - cietie sadzīves atkritumi, kuru apstrādē ir izveidota viendabīga degvielas masa. To var izmantot kā papildu degvielu enerģijas ražošanai termoelektrostacijās vai sadedzināt enerģijas ražošanai speciālās iekārtās,
- b) lietotas riepas - ekonomiski izdevīgu pārstrādes tehnoloģiju iespējas,
- c) stikla šķiedra – šāda veida atkritumi regulāri tiek nogādāti hakatona dalībnieka poligonā. Ņemot to vērā, uzņēmums var prognozēt pieprasījumu pēc apstrādes pakalpojuma.

Hakatonu ļāva studentiem efektīvāk un vizuāli apgūt izglītojoša rakstura saturu, kas arī ir vērsta uz vides inovāciju izstrādi. Metodes saturs ietver jauno profesionāļu konkurētspējai vides zinātņu jomā nepieciešamo kompetenču attīstīšanas elementus.

Pasākums sastāvēja no trim posmiem, kas bija veltīti vienam no trim atkritumu veidiem. Katrā solī piedalījās trīs komandas. Pēc sasniegtajiem rezultātiem ekspertu žūrija noteica finalistu, kuram uzņēmums atļāva piedalīties plašā hakatonā.

Lai arī konkurence katrā posmā bija necīga, katra komanda demonstrēja azartu. Dalībniekus vadīja komandu sacensība un vēlme nodrošināt kvalitatīvu sniegumu.

Vērtīga pieredze un rezultāts bija komandu padziļinātā izpēte par intelektuālā tīpauma tiesībām. Komandas varēja novērtēt savu risinājumu novitāti un salīdzināt tos ar esošajām tehnoloģijām. Dažas komandas bija arī ieinteresētas iesaistīties uzņēmējdarbībā un kļūt par uzņēmuma sadarbības partneriem.

Balstoties uz šīs pieredzes rezultātiem, tika secināts, ka daudzpusējās sadarbības rezultātā studenti varēja nostiprināt šādas prasmes:

- 1) darbs ar zinātnisko literatūru un dažādiem informācijas avotiem,
- 2) izmantot digitālos rīkus iespēju un scenāriju analīzei,
- 3) inovatīvu tehnoloģisko risinājumu izstrāde,
- 4) biznesa domāšana vides tehnoloģiju komercializācijai,
- 5) tāda projekta izveide, kas atbilst ilgtspējīgas attīstības mērķiem attīstība,
- 6) pārlicinoša rezultātu prezentācija,
- 7) komandas darbs, sadarbība un kopīgas valodas atrašana stresa apstākļos.

Gadījuma izpētē izstrādātā un izmantotā metode ļauj būtiski uzlabot sadarbību starp akadēmisko sektoru un nozari, sagatavojot topošos vides inženieru speciālistus zaļās inovācijas komercializācijas prasībām. Pētījumā galvenā uzmanība pievērsta partnerattiecību veidošanai starp akadēmiskajām aprindām un nozari kā priekšnoteikumu zaļo inovāciju attīstībai [149].

Pētījuma turpmākā gaitā tika īstenoti 3 hakatoni, kuru ietvaros kopumā 71 dalībnieks iepazīna sistēmdinamikas metodes principus un sarežģītu sistēmu problēmu risinājumu dažādās

pieejas. Tas ļāva analizēt sistēmu struktūru un gūt dziļāku izpratni par sistēmas uzvedības cēloņiem, kas ļauj labāk risināt novērotās sistēmas problemātisko uzvedību [150].

Pētījuma ietvaros veiktās aptaujas rezultāti [151] liecina, ka jaunieši Latvijas reģionos ir informēti par enerģētiku efektivitātes pasākumi un atbildes sniedz ieskatu gūtās pieredzes dažādībā. Respondenti demonstrēja pārsteidzoši plašas zināšanas par dažādiem pasākumiem, kas veicina energoefektivitāti mājokļos – kopumā tika minēta 21 dažāda aktivitāte, kas pēc jauniešu domām veicina energoefektivitāti mājās (3.2. tab.).

3.2. tabula

Biežāk minētie energoefektivitātes pasākumi jauniešu skatījumā [151]

Nr.	Energoefektivitātes uzlabošanas pasākumi	Īpatsvars (%)
1.	Saules paneļi	12,4
2.	Ēku siltināšana, t.sk. mājas renovācija	12,4
3.	Ekonomēt enerģiju, t.sk., slēgt laukā gaismu, izraut no kontaktiem ierīces	10,5
4.	Sienu siltināšana	9,5
5.	Logu nomaiņa	8,6
6.	Jumta siltināšana/ uzlabošana/ maiņa	7,6
7.	Ēku apsildē izmanto zaļo enerģiju, t.sk. siltuma sūkņi	6,2
8.	Pagraba un grīdas siltināšana	4,8
9.	LED spuldzes, to kvalitāte	3,8
10.	Durvju siltināšana/ maiņa	2,9
11.	Apkures sistēmas izvēle/ atjaunošana, t.sk. centrālās apkures ierīkošana, krāšņu pārbūve	3,2
12.	Virtuves tehnikas vecums un energoefektivitāte	2,8
13.	Radiatoru maiņa	2,4
14.	Ventilācija, durvju turēšana ciet uz telpām, kur ir konstanta temperatūra	2,4
15.	Vēja ģeneratori (piejūras apgabalos)	1,9
16.	Samazināt vai regulēt apkuri un uzturēt vidējo temperatūru	1,9
17.	Jaunākās tehnoloģijas, iesk. kustību sensorus, radiatoru sensori	1,9
18.	Siltā ūdens cauruļu siltināšana	1,4
19.	Apsildāmās grīdas	1,4
20.	Patēriņa analīze	1,0
21.	Nepārkurināšana	1,0
Kopā		100

No aptaujātajiem vairākums minēja pagrabu, ārsienu un jumtu izolāciju un enerģijas ražošanu (galvenokārt – saules paneļus, dažos gadījumos - zemes un vēja enerģijas izmantošana). Plašs atbilžu klāsts ietver enerģijas taupīšanas pasākumus. Tas liecina, ka jaunieši ir netieši informēti par prioritārajiem virzieniem ES enerģētikas jomā, visticamāk, ikdienā savā māsaimniecībā vai skolā veicot enerģijas taupīšanas pasākumus.

Respondenti bieži (piektais visbiežāk uzskaitītais) norādīja uz logu nomaiņu kā vienu no energoefektivitātes pasākumiem – diskusijā atzīstot, ka ar to ir nācies saskarties, jo viņi daļu savas ikdienas pavada telpās, kur kvalitatīvai studiju apguvei ir svarīgs arī mikroklimats un temperatūra. Salīdzinoši liela daļa piemin videi draudzīgas enerģijas izmantošanu apkures nodrošināšanai – aptauja demonstrēja respondentu izpratni par fosilā kurināmā kaitīgo ietekmi uz vidi, kā arī zināšanas par atjaunojamo resursu nozīmi klimata pārmaiņu mazināšanai nākotnē. Interesanti, ka vairāki respondenti norādīja uz ārdurvju nomaiņu kā energoefektivitātes pasākumu - tas diskusijās tika minēts kā svarīgs siltuma zudumu avots, un

pozitīvi vērtējams ir fakts, ka jaunieši tam pievērš uzmanību. Tāpat vairāki respondenti minēja vēja ģeneratorus kā enerģijas avotu, veicot piezīmi par to lietderību piejūras reģionā.

Vairāki respondenti minējuši radiatoru nomaiņu un centrālās apkures renovāciju, diskusijā atzīstot, ka šāda prakse tiek izmantota viņu mājsaimniecībās. Tas ir mazāk izplatīts energoefektivitātes veicināšanas pasākums, ko galvenokārt īsteno māju renovācijas projektos.

Līdzīgs skaits respondentu norādīja uz jaunāko tehnoloģiju izmantošanu, piemēram, kustību sensoriem un radiatoru regulatoriem enerģijas zudumus samazināšanai. Respondenti ar šīm un līdzīgām tehnoloģijām ir saskārušies izglītības iestādēs un citos publiskās infrastruktūras objektos.

Aptaujātie apliecina, ka moderno tehnoloģiju ieviešana veicina viņu apzinātības praksi un pakāpeniski to var pārnest uz lietotāju dzīves apstākļiem, pieņemot lēmumus par optimāliem energoefektivitātes risinājumiem. Tikai daži aptaujātie norādīja uz iespēju samazināt vai regulēt apkuri un vidējā temperatūra telpā – salīdzinot ar citiem energoefektivitātes pasākumiem, šo aktivitāti pieņem mazāk lietotāju, un tas sakrīt ar tālāk pausto viedokli par nevēlēšanos samazināt istabas temperatūru, lai gan tas var būtiski ietekmēt enerģijas patēriņu. Vēl mazāks skaits respondentu minēja enerģijas patēriņa analīzi – respondenti atzina, ka nav pilnībā iepazinušies ar komunālo maksājumu izpēti, tāpēc viņiem nav iespējas pamatoti argumentēt par klimatatbildīgas uzvedības veicināšanu viņu mājsaimniecībā.

Kā praktiskus pasākumus, ko var definēt kā ikdienas ieradumus, jaunieši minēja “nedrīkst pārķūrināt” vai “nepiepildīt pilnu ledusskapi” un “netērēt pārāk daudz ūdens”, ar ko jaunieši saskāras savos mājokļos. Neskatoties uz plašu uzskaitījumu, respondenti kā risinājumus nepiedāvāja kopienas sadarbības aktivitātes enerģijas patēriņa mazināšanā vai resursu koplietošanā, piemēram, koplietošanas automašīnu izmantošana.

Jautājums “Vai jūs būtu gatavs dzīvot mazāk siltās telpās (mīnus 2–3 grādu robežās), lai samazinātu CO₂ emisijas?” izceļ ar paradumu maiņu saistītos izaicinājumus arī gados jaunākā paaudzē, kuru uzskata par vides jautājumos daudz aktīvāku un gatavāku iesaistīties cīņā par klimata pārmaiņu mazināšanu. Vairāk nekā puse (58 %) respondentu atbildēja, ka nav gatavi pazemināt istabas temperatūru savā dzīvesvietā, lai panāktu klimata neitralitāti mērķa nolūkos (3.3. tab.).

3.3. tabula

Biežāk minētie energoefektivitātes pasākumi jauniešu skatījumā

Nr.	Jautājums	Jā (%)	Nē (%)
1.	Vai jūs būtu gatavs dzīvot mazāk siltās telpās (mīnus 2–3 grādu robežās), lai samazinātu CO ₂ emisijas?	42	58
2.	Vai Tu zini - kāds ir komunālo izmaksu apjoms mēnesī Tavā mājsaimniecībā	56	44
3.	Vai vienas ēkas iedzīvotāji var būt gan enerģijas patērētāji, gan ražotāji?	91	9
4.	Vai ar saviem tuviniekiem pārrunā enerģijas taupīšanas pasākumus savā mājoklī	58	42
5.	Kā Tev šķiet – vai Tu vari ietekmēt savu tuvinieku enerģijas lietošanas paradumus	60	40

Šīs atbildes mudināja respondentu grupu pētīt sīkāk, jo viens no priekšnoteikumiem klimatatbildīgas sabiedrības attīstībai nākotnē ir skaidra izpratne par lēmumu un rīcības motīviem. Diskusijā izskanēja trīs tipiskākie apgalvojumi, kāpēc ir tik liels to jauniešu

īpatsvars, kuri nav gatavi samierināties ar temperatūras pazemināšanos. Pirmkārt, to ietekmē tuvinieku attieksme un uzvedība, otrkārt – jaunieši nav atbildīgi par komunālo maksājumu veikšanu, tāpēc neizprot paaugstināto finansiālo slogu, treškārt, atbildot uz šo jautājumu, jauniešiem, tāpat kā pieaugušajiem, ir sociālā dilemma – ar sadzīves komfortu saistītās savtīgās intereses dominē pār sabiedrības interesēm (ieguldījums klimata pārmaiņu mazināšanā).

Vairāk nekā puse (56 %) aptaujāto norāda, ka zina komunālo izmaksu apmēru savā mājāsaimniecībā, jo, lai arī par to atbildību neuzņemas, tomēr apzinās mājāsaimniecības finansiālo stāvokli. Gandrīz tikpat daudz (58 %) jauniešu apstiprina, ka diskutē enerģijas taupīšanas pasākumus savā mājāsaimniecībā.

Jautājums par pielāgošanos jauniem apstākļiem nozīmē ikdienas paradumu maiņu (piemēram, dzīvot mazāk siltas istabas, kopīgs transports, brauciena vidū apstājas, lai uzlādētu elektrību auto utt.) tika uzdots un jaunieši tika aicināti novērtēt, cik lielā mērā jaunieši un viņu ģimenes locekļi ir atvērti savu ikdienas paradumu maiņai ar mērķi atbalsīt CO₂ emisiju samazinājums pasaulē (3.4. tab.).

3.4. tabula

Respondentu gatavība mainīt savus ikdienas paradumus (%) [151]

Vērtējums	Neesmu gatavs									Pilnībā gatavs
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Es	2	2		6	17	15	29	19		10
Mani ģimenes locekļi	2	4	16	11	24	27	10	2	2	2

Jautājums: cik lielā mērā Tu un Tavi tuvinieki esat atvērti savu ikdienas paradumu maiņai ar mērķi atbalsīt CO₂ emisiju mazināšanu pasaulē?

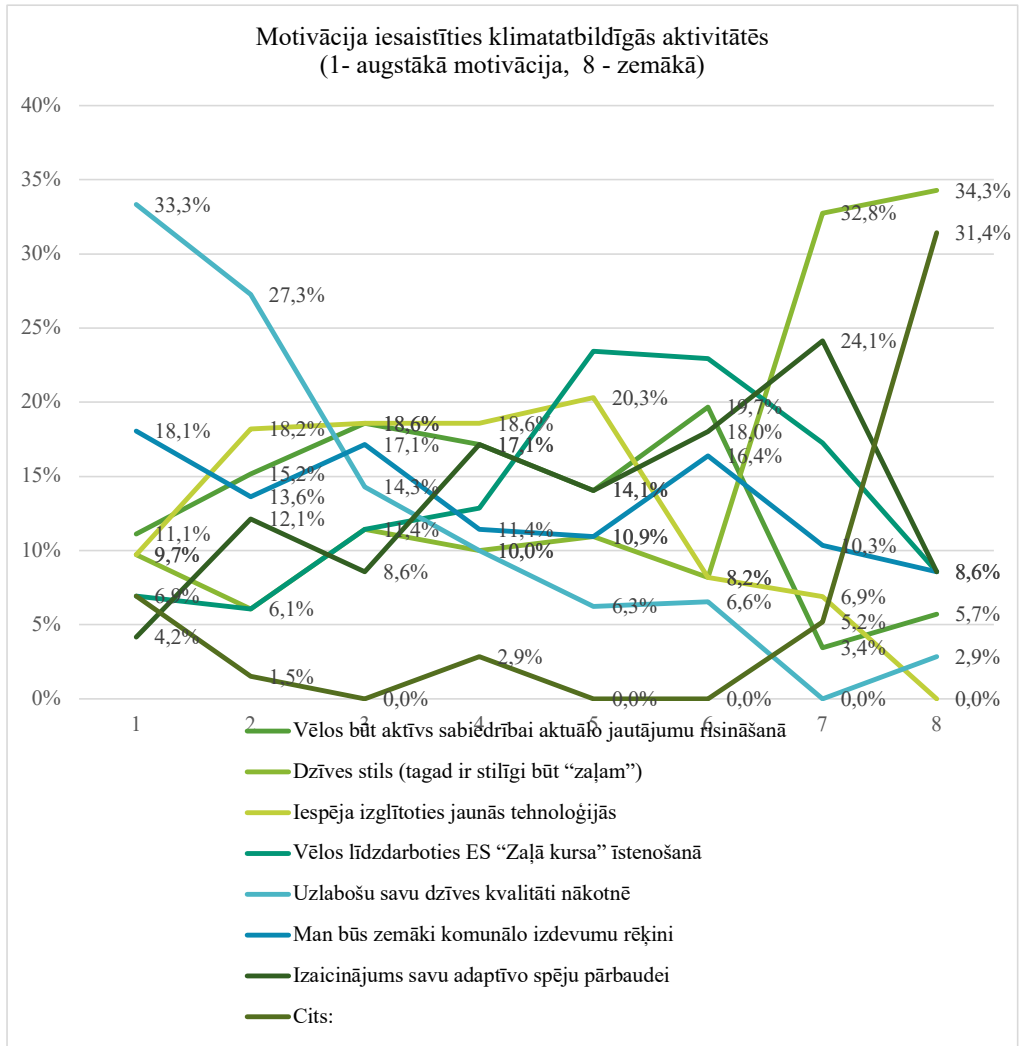
Rezultāti liecina, ka jaunieši savu atvērtību ikdienas paradumu maiņai vērtē nedaudz augstāk nekā viņu ģimenes locekļu gatavību. 60 % jauniešu uzskata, ka viņi var ietekmēt viņu ģimenes locekļu enerģijas patēriņa paradumus.

Viena no diskusijas noslēguma tēmām bija jauniešu motivācija iesaistīties klimatatbildīgās aktivitātēs (enerģijas taupīšana un ražošana, transporta koplietošana minēti kā piemēri). Atbildes uz šo jautājumu iezīmē sociālās dilemmas klātbūtni jauniešu vidū – augstāka motivācija ir iesaistīties tādās pret klimatu atbildīgās darbībās, kas ir saistītas ar savtīgām interesēm – vēlmi uzlabot dzīves kvalitāti nākotnē un rūpes par komunālo izdevumu samazināšanu (3.17. att.).

Rezultāti liecina, ka jaunieši “zaļo domāšanu” uzskata par ikdienas nepieciešamību. Motivācija saistīta ar aktivitāti sabiedrībai aktuālu jautājumu risināšanā un sadarbība ES “Zaļā kursa” ieviešanā ir novērtēta vidēji (skalā no 1 līdz 8 svārstās no 3 līdz 6), kas nozīmē, ka jaunieši ir atvērti aktivitātēm, kas vērstas uz sabiedrisko labumu, tomēr ir nepieciešams stimulēt.

Motivācijas saistīšana ar personīgajām interesēm (piemēram, jaunāko tehnoloģiju apguve) var rosināt lielāku jauniešu iesaistīšanos nākotnē. Salīdzinoši ļoti zema motivācija ir savu

adaptīvo spēju pārbaude (lielākā daļa to norādīja kā zemāko motivāciju). Tas liecina, ka jaunieši neuztver savu iesaistīšanos klimata pārmaiņu mazināšanā kā tiešu iespēju attīstīties profesionāli un apgūt jaunas kompetences, kas nepieciešamas turpmākai izaugsmei.



3.17. att. Respondentu motivācija iesaistīties klimatbūvējošās aktivitātēs [151].

Atbildot uz jautājumu par to, kādas asociācijas veidojas saistībā ar vārdiem “klimatbūvējoša nākotnes sabiedrība”, jauniešu atbildes (3.5. tab.) parāda, ka viņi šobrīd nepozicionē sevi kā vadošo vai izšķirošo spēku klimata pārmaiņu mazināšanā.

Respondentu asociācijas ar vārdiem “klimatbildīga nākotnes sabiedrība” (%) [151]

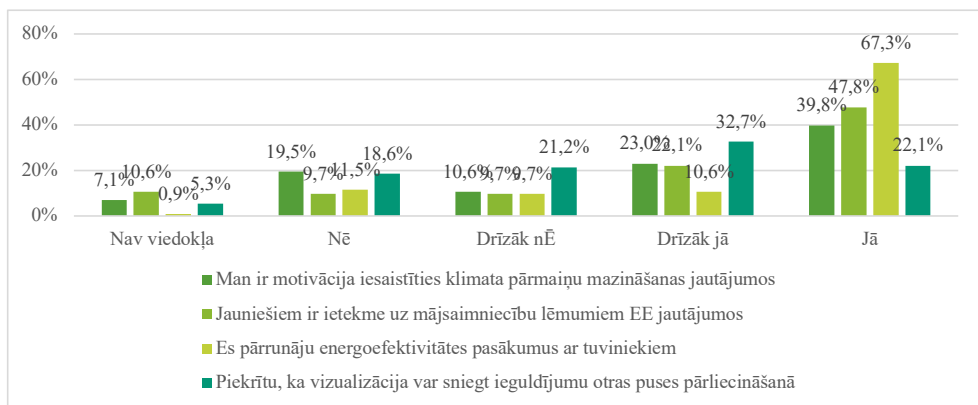
1.	Mēs, jaunatne, nesam tādu pat atbildību par mūsu turpmāko ekoloģisko, veselīgo, pārliecināto dzīvi
2.	Klimata pārmaiņu seku novēršana, sākot ar sevi
3.	Es ar to saprotu, ka cilvēkiem nāksies uzņemties atbildību par mūsu rīcību, lai glābtu klimatu un dabu
4.	Sabiedrība būs atbildīga par klimatu, atteiksies no kaut kā
5.	Jaunieši, kas šobrīd aug un var runāt, mainīt citu cilvēku domas par zaļo kursu
6.	Sabiedrība, kas uzskata, ka, braucot ar elektromobili, būs ekoloģiskāk, bet patiesībā uzražot elektromobiļus un elektrību ir neekoloģiskāk nekā braukt ar degvielas auto.
7.	Labākas nākotnes nodrošināšanu saviem pēctečiem, dabas saglabāšanu, pielāgošanos
8.	Domā par vidi, ilgtspējību, nākamām paaudzēm un viņu dzīves labklājību
9.	Sabiedrība vairāk domās par ekoloģiju un būs atbildīgāka par mūsu nākotni
10.	Viss būs labāk
11.	Ar laiku audzināt cilvēkus, kas vairāk domās par ekoloģiju
12.	Zaļi cilvēki, kuriem rūp daba un cilvēku nākotne, lai nodrošinātu iespēju dzīvot uz šīs planētas
13.	Cilvēki vairāk cenšas taupīt resursus
14.	Ar to, ka jāreķinās ar tagadējām klimata pārmaiņām un jāpalēnina tās
15.	Šie vārdi man asociējas ar cilvēkiem, kas jau šodien domā par klimatu, lai mums būtu labāka nākotne
16.	Cilvēki, kuri būs atbildīgi un rūpēsies par klimatu
17.	Cilvēki, kam rūp nākotne
18.	Ar to, ka nākotnes cilvēki pievērsīs vairāk uzmanības klimatam
19.	Fosilā kurināmā maiņa, lai palīdzētu dabai
20.	Sabiedrība vairāk domā un interesējas par savas dzīves kvalitātes uzlabošanu
21.	Atbildība par apkārtējo vidi
22.	Labāka dzīves kvalitāte un dabai draudzīgs dzīves stils
23.	Šobrīd
24.	darboties tā, lai neveiktu nākotnē lielākas klimata pārmaiņas
25.	Rūpējas par vidi sev apkārt – mazāk atkritumu, (lieto) elektro auto, saules baterijas
26.	Sabiedrība, kura visās savās darbībās ņems vērā, kas ir labāk dabai
27.	Sabiedrība, kurā klimata un vides saglabāšana ir nozīmīga, kur tiek reāli veiktas dažādas darbības, kas uzlabo vidi
28.	Sabiedrība, kura uztraucas par esošo un nākotnes klimatu
29.	Cilvēki, kas saprot, kādas sekas uz klimatu atstāj viņu rīcība
30.	Resursu taupīga un izglītota sabiedrība
31.	Sabiedrība, kura, piemēram, skatās vai produkts ir EKO. Sabiedrība, kurai nav vienalga, kas notiek ar pasauli mūsdienās
32.	Siltums netiek patērēts, kad neviena nav mājās. Sliktākos apstākļos apkure ir tikai labi izolētās telpās, kur ilgstoši uzturas vairāki cilvēki.
33.	Nākotnes iedzīvotāji, kuri nedomās tikai par patērēto dabai, bet arī domās, ko var tai dot!
34.	Minimāli CO2 izmeši un zaļas pilsētas
35.	Cilvēki veido savu dzīves stilu ekoloģiski
36.	Asociējas ar lielām pārmaiņām ikdienā, vairāk pienākumiem, taupīšanas pasākumiem
37.	Cilvēki vairāk pievērsīs uzmanību klimatam, tā problēmām un darīs kaut ko, lai uzlabotu klimatu
38.	Asociējas ar to, ka liels cilvēku daudzums dzīvo tā, lai mazinātu klimata izmaiņas
39.	Atbildība, uzmanība, izpratne, apdomātas rīcības, taupība
40.	Sabiedrība, kas no patērētāju sabiedrības pāriet uz zaļi domājošu sabiedrību

41.	Domā par enerģijas un resursu taupīšanu
42.	Sabiedrība, kuras veiktie pasākumi mazina nākotnes draudus klimatam, piemēram, samazinās caurumi ozona slānī
43.	Elektromobiļi, atkritumu šķirošana
44.	Sabiedrība vai sabiedrības daļa, kas vēlas būt atbildīga par to, kā izmanto dabas resursus vai arī kā var palīdzēt dabai
45.	Cilvēks zina kā iegūt enerģiju no dabas
46.	Cilvēki, kuri apsver savas rīcības ieguvumus gan sev, gan sabiedrībai un videi kopumā
47.	Visi kā viens ir par zaļu dzīves stilu un visām eko štellēm
48.	Ar tādu sabiedrību, kura pievērš uzmanību klimata maiņai sabiedrībā jeb dzīvo zaļi

Jauniešu atbildes atspoguļo izpratni par atbildību pret vidi un nepieciešamību veikt izmaiņas, lai mazinātu klimata pārmaiņas. Tiek uzsvērtā individuālā un kolektīvā atbildība, demonstrējot ilgtspējīgu dzīvesveidu un resursu taupīšanu. Daži skaidri norāda uz savu tiešo lomu un atbildību, piemēram, uzsverot, ka pārmaiņas jāsāk ar sevi vai ka nākotnes sabiedrība būs jāveido, balstoties uz viņu pašu rīcību. Citi vairāk koncentrējas uz sabiedrības kopējo atbildību vai uz trešo personu, valdības vai citu institūciju lomu, kas pieņems lēmumus un veiks pārmaiņas, lai nodrošinātu ilgtspējīgu nākotni.

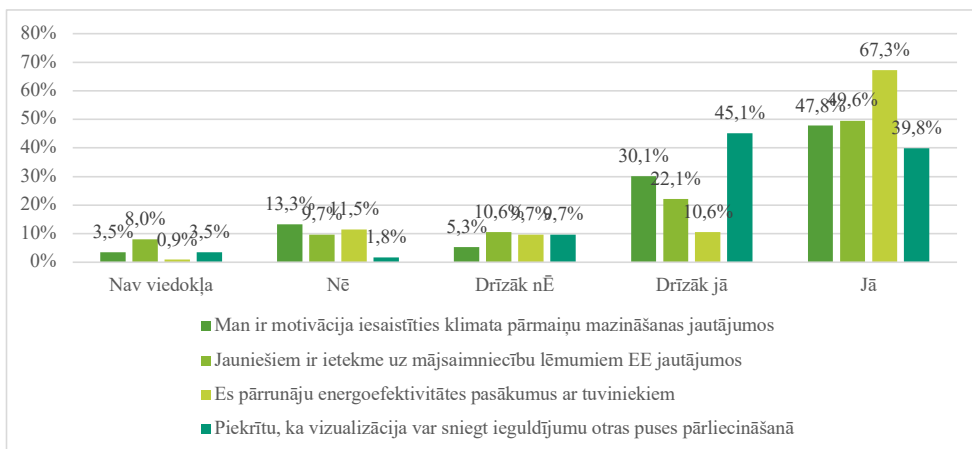
Savukārt, uzņēmējiem un pašvaldību pārstāvjiem bija unikāla iespēja iegūt zināšanas par sistēmdinamikas metodi un tā pielietojuma iespējām ar vidi nesaistīto jautājumu risināšanu dažādās sistēmās. Tas stiprināja pētījumā izvēlēto mērķa grupu izpratni ne tikai par vides inženierijas nozīmi dabas resursu ilgtspējīgā pārvaldīšanā, bet arī katra indivīda tiešās rīcības ietekmi uz dzīves kvalitātes uzlabošanu sabiedrībā saistībā ar klimata pārmaiņu mazināšanu.

Pirms un pēc pasākuma tika veiktas mērķa grupu tiešsaistes aptaujas, lai noskaidrotu rīka formāta ietekmi uz spēlētāju attieksmi pret dažādiem ar klimata pārmaiņām saistītiem jautājumiem un indivīdu rīcību pārmaiņu veicināšanā (3.18. un 3.19. att.).



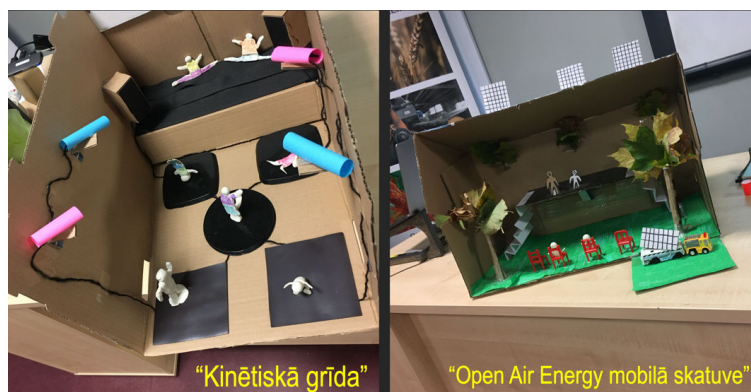
3.18. att. Mērķa grupu atbildes uz tiešsaistes aptaujas jautājumiem pirms pasākuma.

Tiešsaistes aptaujas rezultāti liecina, ka pēc dalības hakatonā mērķa grupām paaugstinājies motivācija iesaistīties klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumos un nedaudz pieaugusi pārliecība, ka jauniešiem ir ietekme uz mājsaimniecību lēmumiem energoefektivitātes jautājumos.



3.19. att. Mērķa grupu atbildes uz tiešsaistes aptaujas jautājumiem pēc pasākuma.

Visstraujāk ir pieaugusi pārliecība, ka vizualizācija var sniegt ieguldījumu otras puses pārliecināšanā. Hakatona ietvaros komandas prototipēja idejas un tās noslēgumā demonstrēja pārējām komandām ar mērķi uzvarēt sacensībā (3.20. att.).



3.20. att. Komandu veidotie prototipi ideju vizualizācijai.

Rezultāti liecina, ka idejas prototipa kvalitatīva vizualizācija pēc mērķa grupas domām var būt ietekmīgs rīks lēmumu pieņemšanā, jo ļauj dalībniekiem ne tikai labāk iztēloties risinājuma mērķi un funkcionalitāti, bet arī iedvesmo šo rīku izmantot situācijās, kad nepieciešams kādu pārliecināt. Tas saskan ar digitālā dvīņa testēšanas rezultātiem, kad pētījuma mērķa grupa

novērtēja vizualizācijas ietekmi uz motivāciju iesaistīties klimatneitralitātes mērķu sasniegšanā (3.11. att.).

Lai sekmētu spēju izvēlēties labākās idejas, dalībnieki apguva vienkāršotu versiju daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodei, kopīgi izvirzot ideju vērtēšanas kritērijus un katram no tiem kopā sadarībā ar kvalificētiem mentoriem piešķirot svaru. Šāda pieeja ļāva lielu skaitu dažāda veida ideju komandas līmenī izvērtēt un nodalīt jēgpilnas darbības, lai sasniegtu optimālo rezultātu. Vienas komandas idejas izvērtēšanas sākotnējā matrica kā piemērs redzams 3.6. tabulā. Līdzīgi tas tika veikts, izvēloties labāko ideju hakatonā – izvērtējot visu komandu sniegtumus, katra komanda izvēlējās optimālo ideju, kam piešķirt punktus no komandas noslēguma balsojumā. Lai arī tā nebija pilnvērtīga pieeja, ņemot vērā ierobežojumu laikā un tehnoloģiju pieejamībā – metodes apguves sekmēšanai komandas tika iepazīstinātas ar TOPSIS metodes bezmaksas lietojuma iespējām tīmeklī, kas ļauj šo metodi pētnieciskiem nolūkiem izmantot arī ārpus hakatona norises.

3.6. tabula

Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodes pielietojums (piemērs) ideju vērtēšanā

	Vērtējuma robežas *	Kritērija svars	Kinētiskās grīdas	Intellectual Box	Eco Energy	Open Air Energy	ERZ	Saers	Emociju virtuve	Brauciens uz sauli
Kritēriji	(1-5)									
Cejā uz klimatneitrālu risinājumu	1-5	0,2	1	0,6	0,4	1	0,8	0,6	1	0,6
Priekšizpētes kvalitāte	1-5	0,2	0,4	0,8	0,6	0,4	1	0,4	1	0,4
Identificējams inovācijas veids	1-5	0,15	0,75	0,75	0,45	0,75	0,3	0,15	0,3	0,3
Biznesa modeļa kvalitāte	1-5	0,1	0,2	0,1	0,4	0,5	0,3	0,1	0,5	0,2
Tehnoloģiju gatavības līmenis	1-5	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4
Inovācijas līmenis (vietējais, reģionālais, globālais)	1-5	0,1	0,5	0,5	0,1	0,5	0,1	0,1	0,5	0,1
Ieguldījums vienā vai vairākos ANO ilgtspējīgas attīstības mērķos	1-5	0,05	0,25	0,15	0,25	0,25	0,25	0,2	0,25	0,1
Komandas sniegums (prezentācijas kvalitāte)	1-5	0,05	0,25	0,25	0,25	0,25	0,1	0,2	0,25	0,1
Dalībnieki ir formulējuši savu lomu risinājuma ieviešanā	1-5	0,05	0,1	0,25	0,2	0,25	0,1	0,2	0,25	0,1
Kopā			3,95	3,9	2,95	4,4	3,25	2,35	4,55	2,3

Hakatona dalībnieku vērtējumā jaunu izvērtēšanas metožu apguve un digitālo rīku pielietojums veidoja lietišķāku atmosfēru komandā, mazināja riskus interpretācijai un viena viedokļa dominēšanai un sekmēja sadarbību, jo ļāva īsā laikā nonākt līdz objektīvāk izvērtētam risinājumam, kā arī samazināja vērtēšanas kritērijos neiekļautas argumentācijas pielietojumu. Lielākajai daļai (83%) līdz šim nav bijusi tieša saskare ar daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodes lietojumu, tādēļ hakatonā bija nepieciešams papildus laiks metodes skaidrojumam un pirmreizējam pielietojumam.

Metode tika aprobežta Vidzemes plānošanas reģiona un Latvijas Sociālās uzņēmējdarbības asociācijas rīkotajos pasākumos, kas vērsti uz cilvēkresursu kapacitātes stiprināšanu un ilgtspējīgu risinājumu veicināšanu sabiedrības pārvaldē, kopienā un uzņēmējdarbībā.

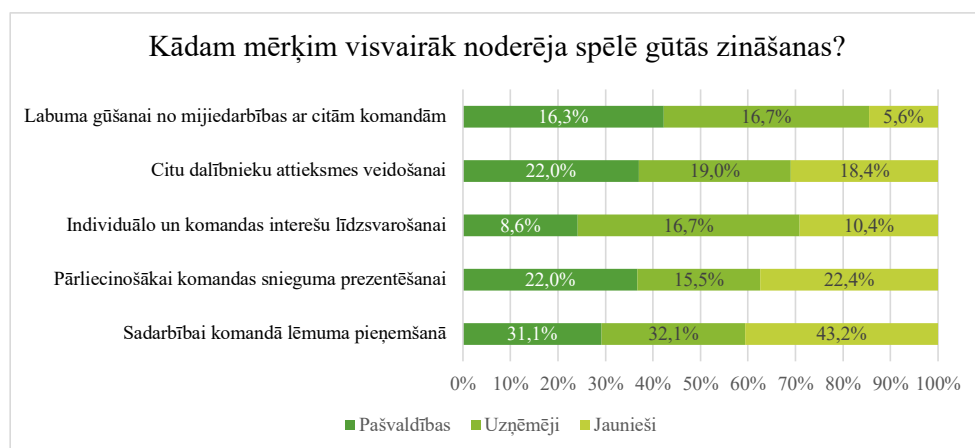
3.5. Nākotnes organizācijas spēle

Rezultātu ieguvei un atspoguļošanai tika organizētas 14 “Nākotnes organizācijas spēles” par personāla iesaisti ilgtspējas jautājumos, kas saistīti ar energoefektivitāti, organizācijas kultūru, darba vides uzlabošanu, cilvēkresursu attīstību un digitalizācijas veicināšanu ar kopumā 418 dalībnieku piedalīšanos, kas pārstāvēja pētījumā definētās mērķa grupas no visiem

plānošanas reģioniem Latvijā – 209 pašvaldību darbinieki (attīstības jautājumu speciālisti, kultūras, jaunatnes un izglītības jomā strādājošie), 84 jaunieši, kas pārstāvēja jauniešu centrus un 125 privātā sektora pārstāvji - dažādu nozaru un lieluma uzņēmumi, informācijas un komunikāciju tehnoloģiju, atkritumu apsaimniekošanas, finanšu pakalpojumu un veselības aprūpes jomās.

Spēles ietvaros dalībnieki pēc profila dažādības principa tika sadalīti pa 4-5 spēlētājiem katrā komandā un veica spēles izspēli 10 posmos – no vajadzību izzināšanas līdz savas komandas ietvaros izvirzīto risinājumu testēšanas reālā vidē un rezultātu prezentēšanas pārējiem dalībniekiem.

Sasniegtie rezultāti (3.21. att.) liecina, ka spēles dalībnieki spēja jēgpilni izmantot iegūtās zināšanas, lai sasniegtu individuālos vai komandas mērķus spēles ietvaros.



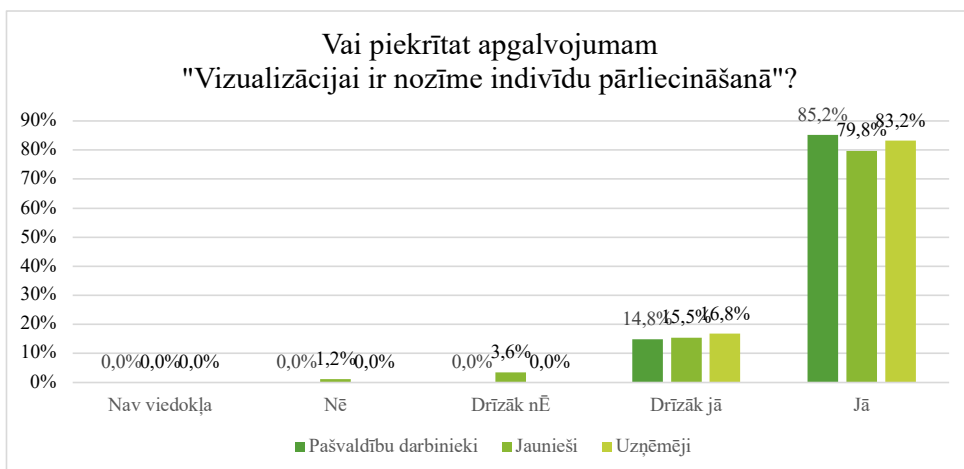
3.21. att. Iegūto zināšanu pielietojums mērķa grupu vērtējumā.

Visaugstāk visas mērķa grupas novērtējušas sadarbību komandā lēmuma pieņemšanā – pēc autores domām to veicināja daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodes iekļaušana spēles metodikā – dalībnieki novērtējuši iespēju apgūt praktiskas iemaņas, kas var tikt pielietotas arī turpmāk un tas stiprina rīka iespējamo ietekmi uz pārmaiņām sabiedrībā izsvērtāku lēmumu pieņemšanā.

Pašvaldību pārstāvji un uzņēmēji vidēji augstu novērtējuši zināšanas, kas ļauj gūt labumu no mijiedarbības ar citām komandām (attiecīgi 16 % un 17 %) – to nodrošināja spēles ietvaros iekļautais komandu sparings, kura laikā komandām bija jāsniedz atgriezeniskā saite par otras komandas ideju, norādot uz iespējamiem riskiem. Savukārt, jaunieši šo aktivitāti vērtējuši salīdzinoši zemu (6 %) – pēc autores domām tas pamatojums ar vēl nepietiekošām komunikāciju prasmēm vai nespēju ieraudzīt sparringa kā aktivitātes vērtību.

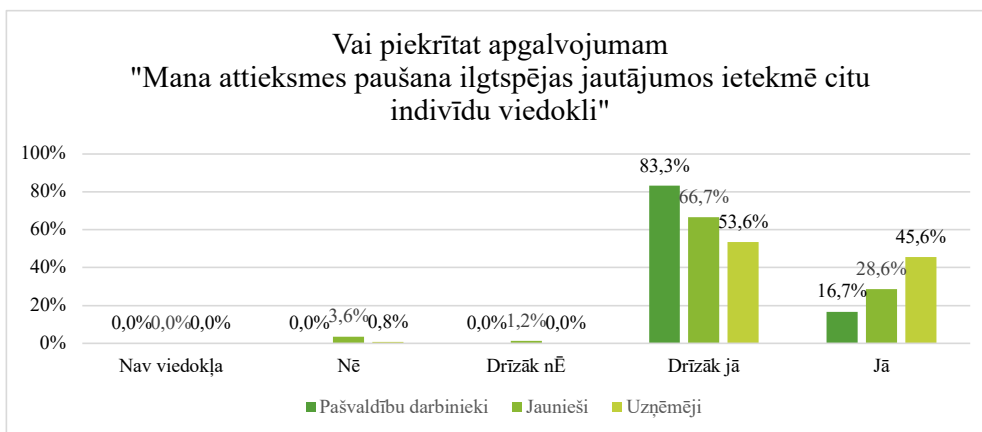
Lai salīdzinātu vizualizācijas nozīmi “Nākotnes organizācijas spēlē” un citos šīs metodoloģijas rīkos, dalībnieki tika aicināti sniegt vērtējumu par vizualizācijas kā ietekmes rīka pielietojumu citu dalībnieku pārliecināšanai par idejas vērtību un to vai vizualizācijas

pielietojums spēlē raisījis pārdomas par savas attieksmes ietekmi uz apkārtnējo vidi un citiem indivīdiem (3.22. un 3.23. att.).



3.22. att. Mērķa grupas vērtējums par vizualizācijas nozīmi indivīdu pārliecināšanā.

Pielietojot “Nākotnes organizācijas spēlē” piedāvātos rīkus (ideju vizualizāciju uz plakāta, kā arī iespēju izspēlēt etīdi, lai atspoguļotu idejas rezultātus), dalībnieki apstiprināja (vidējais vērtējums visām mērķa grupām kopā 83 %) autore pieņemumu, ka vizualizācija ir ietekmes instruments, lai veidotu ietekmi uz citu dalībnieku attieksmi un nostāju ilgtspējas jautājumos.



3.23. att. Mērķa grupas vērtējums par savas attieksmes ietekmi uz citiem indivīdiem.

Aptaujas rezultāti norāda uz to, ka dalībnieki apzinās savas attieksmes paušanas nozīmi citu indivīdu nostājas ietekmēšanā. Šī aktīvā nostājas demonstrācija palīdz radīt priekšnoteikumus sabiedriskās domas veidošanai un mērķtiecīgākai rīcībai kopienā virzienā uz klimatneitralitāti.

Lai izvērtētu spēles ietekmi uz dalībnieku attieksmi un nodomu īstermiņā, tika rīkota noslēguma diskusija. Tajā skeptiskākie dalībnieki atklāja, ka, redzot vizuālu informāciju par pārmaiņu progresu, viņi pārskatīja savu attieksmi un bija gatavi meklēt iespēju līdzsvarot individuālās un kolektīvās intereses. Dalībnieki atzina, ka tūlītēja rezultātu apkopošana un demonstrēšana attieksmi un uzvedību ietekmēja ātrāk nekā šīs atbilstošās informācijas trūkums. Daži spēlētāji norādīja, ka uz rīcības maiņu viņus mudināja risks kļūt par vienīgajiem, kas savas intereses vērtē augstāk par kolektīva interesēm.

Kontekstā ar daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodes pielietojumu komandu risinājumu vērtēšanā lielākā daļa (89 %) respondentu norādīja, ka šī pieeja palīdz izvēlēties ilgtspējīgāko risinājumu un novērtēt tā tiešo ietekmi uz organizācijas mērķu sasniegšanu, kuras ilgtspējīgu un efektīvu darbību ietekmē atšķirīgā darbinieku atšķirīgais izpratnes līmenis, līdz ar to arī motivācija un uzvedība.

Izmantojot tīmekļa vietnes OnlineOutput.com bezmaksas programmatūru tiešsaistē, dalībnieki ar TOPSIS metodes palīdzību apguva prasmi modelēt labāko alternatīvu darba režīmam organizācijā, ņemot vērā ar klimatneitralitāti un produktivitāti saistītos faktorus. Dalībnieki izvirzīja kritērijus un, piesaistot vadības pārstāvjus, noteica tiem svarus. Pirms tam dalībnieki apmainījās ar argumentiem, veica balsojumu un vēlāk to salīdzināja ar TOPSIS metodes rezultātiem. 3.24.-3.31. attēlos secīgi attēlots TOPSIS metodes pielietojums komandā – no alternatīvu un kritēriju definēšanas līdz labākās alternatīvas noteikšanai.

Alternatives

Number of alternatives: [Create table of alternatives](#)

	name
1	Darbs birojā
2	Attālinātais form
3	Hibrīda formāts

3.24. att. 1.solis: alternatīvu apzināšana.

Criteria

Number of criteria: [Create table of criteria](#)

	name	type	weight
1	Emisijas	-	0.35
2	Atkritumi	-	0.2
3	Socializēšanās	+	0.15
4	Produktivitāte	+	0.3

3.25. att. 2.solis: kritēriju un to svaru noteikšana.

Decision Matrix

	Emisijas	Atkritumi	Socializēšanās	Produktivitāte
Darbs birojā	5	5	5	3
Attālinātais formāts	1	3	2	4
Hibrīda formāts	3	4	4	4

3.26. att. 3.solis: kritēriju novērtējums.

The normalized matrix				
	Emisijas	Atkritumi	Socializēšanās	Produktivitāte
Darbs birojā	0.845	0.707	0.745	0.469
Attālinātais formāts	0.169	0.424	0.298	0.625
Hibrīda formāts	0.507	0.566	0.596	0.625

3.27. att. 4.solis: normalizētās matricas izveide.

The weighted normalized matrix				
	Emisijas	Atkritumi	Socializēšanās	Produktivitāte
Darbs birojā	0.296	0.141	0.112	0.141
Attālinātais formāts	0.059	0.085	0.045	0.187
Hibrīda formāts	0.177	0.113	0.089	0.187

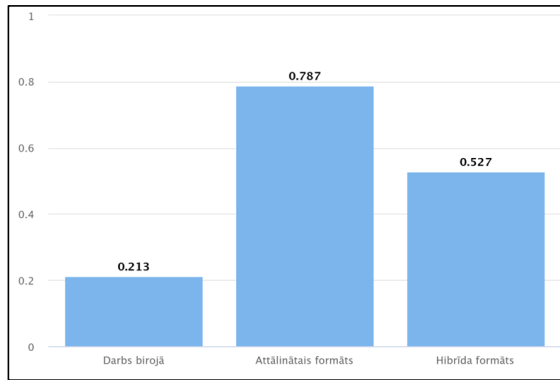
3.28. att. 5.solis: svērtās normalizētās matricas izveide.

The positive and negative ideal values		
	Positive ideal	Negative ideal
Emisijas	0.059	0.296
Atkritumi	0.085	0.141
Socializēšanās	0.112	0.045
Produktivitāte	0.187	0.141

3.29. att. 6.solis: ideālo pozitīvo un negatīvo vērtību noteikšana.

Distance to positive and negative ideal points		
	Distance to positive ideal	Distance to positive negative
Darbs birojā	0.248	0.067
Attālinātais formāts	0.067	0.248
Hibrīda formāts	0.124	0.138

3.30. att. 7.solis: attālums līdz ideālajām vērtībām.



3.31. att. 8.solis: katras alternatīvas tuvums līdz ideālam un reitings.

Iegūtie rezultāti raisīja aktīvu diskusiju starp dalībniekiem par lēmumu pieņemšanas metodēm un procesiem un cik tie ir objektīvi situācijās, kad a) tiek atstāti viena indivīda ziņā, b) netiek apskatītas visas iespējamās alternatīvas un c) nav informācijas par dažādu kritēriju atšķirīgo ietekmi. TOPSIS metodes pielietojums sniedza daudz plašākas iespējas iesaistīties kolektīvam un organizācijas ilgtspējai būtisku lēmumu pieņemšanā, ievērojot kolektīvās intereses un mazinot subjektīvu pieeju kopīgo mērķu sasniegšanā. Atgriezeniskā saite liecina, ka situācijās, kad ir šķietami nesalīdzināmi ietekmes faktori lēmumu pieņemšanā (kā atspoguļotajā piemērā – produktivitāte un virzība uz klimatneitralitāti), TOPSIS metode ir kvalitatīvs, caurspīdīgs un laika ziņā efektīvs rīks lēmumu pieņemšanai, kas var kļūt par vērtīgu instrumentu organizācijas kultūrvides attīstībai.

Papildus minētajam dalībnieki norādīja, ka TOPSIS metodes lietošana rosinājusi motivāciju pašiem aktīvāk meklēt objektīvu, datus balstītu informāciju, kritiskāk izvērtēt kritēriju pielietojumu, iesaistīt kolektīvu horizontālā un vertikālā līmenī kritēriju svaru noteikšanā, kā arī sajutuši stiprāku vēlmi pieņemt izvērtākus lēmumus un pieprasīt to darīt arī citus kolēģus.

Turpmākā diskusijā dalībnieki pozitīvi novērtēja ideju par “Nākotnes organizācijas spēles” digitālās versijas attīstību un potenciālu modelēt un atspoguļot reāllaikā dažādus organizācijas sadarbības scenārijus individuālā vai struktūrvienību līmenī, lai uzskatāmāk parādītu ieguvumus no sistēmiskās domāšanas principu ieviešanas organizācijā un to kā viena darbinieka savtīgs lēmums var ietekmēt uzņēmuma kopējo klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu un ilgtspējīgas darba vides kvalitāti.

Atbildot uz jautājumu par primāro motivāciju aktivitātei spēlē, dalībnieku atbildēs atklājās vairāki organizācijas kultūrvidi ietekmējoši faktori, piemēram, vēlme mazināt darba apstākļu negatīvos aspektus, proaktīvi rosināt iniciatīvas darbinieku ilgtspējīgas sadarbības stiprināšanai u. c. Turklāt dažās atbildēs bija nojaušama vēlme pēc jaunrades, jo dalībnieki izteica vēlmi eksperimentēt un izpētīt dažādus risinājumu virzienus, lai sasniegtu optimālus rezultātus.

Pēc spēles veikto interviju ar organizāciju vadības pārstāvjiem rezultāti liecina, ka esošā rīka uzlabojumi ir veicinājuši pētījuma mērķa sasniegšanu jau īstermiņā, piemēram, organizācijas darbinieku mazbudžeta pašu iniciētas aktivitātes darba vides uzlabošanai, administratīvo šķēršļu mazināšanai, plašāka kolektīva iesaistīšanai u. c., gan prognozējams arī

vidēja un ilgtermiņa ieguvums organizāciju cilvēkresursu kapacitātes attīstībai ilgspējas jautājumos.

Aptaujas noslēgumā respondenti norādīja, ka metode viegli iekļauj darbiniekus, kuri ir izpratuši ne tikai organizācijas vīziju, stratēģiskos mērķus un personāla lomu organizācijas ilgspējīgā attīstībā, bet arī ārējos tās darbību ietekmējošos faktoros un ir motivēti iesaistīties, lai ar savu līdzdalību stiprinātu kopējo pozitīvo ietekmi uz vidi. Tomēr aptaujātie arī norāda, ka šāda spēle sniedz lielu ieguldījumu demokrātisku un uz komandas kopējām interesēm orientētu pārmaiņu veidošanai organizācijā, kur joprojām daļa no personāla attieksmes un uzvedības ziņā nesaskata sevi kā daļu no pārmaiņām. Veidojot dalībnieku sastāvu no darbiniekiem ar dažādām attieksmēm “Nākotnes organizācijas spēles” kā metodes pielietojumam, ir iespējams veidot stimulējošu vidi kolektīva transformācijai, kas balstīta intensīvā informācijas apmaiņā, izglītošanā, attieksmes un uzvedības modeļa maiņā.

Metode tika aprobēta Eiropas Digitālās inovācijas centra, Vidzemes plānošanas reģiona, Zemgales plānošanas reģiona, Latgales plānošanas reģiona un Rīgas plānošanas reģiona, Daugavpils valstspilsētas pašvaldības, Līvānu novada domes un Talsu novada pašvaldības rīkotajos pasākumos, kas vērsti uz cilvēkresursu kapacitātes un organizācijas kultūras stiprināšanu ilgspējīgu risinājumu kontekstā.

3.6. Sistēmiskās domāšanas darbnīca

Rezultātu ieguvei un atspoguļošanai tika organizētas 7 Sistēmiskās domāšanas darbnīcas pašvaldību darbiniekiem attīstības, kultūras un jaunatnes lietu jomā un uzņēmēju auditorijai ar kopumā 132 dalībnieku piedalīšanos. Sākotnēji arī jaunieši kā mērķa grupa tika izvēlēta, tomēr, izvērtējot atgriezenisko saiti pēc pirmā pasākuma, autore secināja, ka nelielā pieredze traucē gados jauniem dalībniekiem uztvert visas sistēmiskās domāšanas pazīmju un arhetipu nianšes, kas prasa vairāk skaidrojumu, līdz ar to būtiski paildzina darbnīcas ilgumu. Autore pieļauj domu, ka nākotnē var tikt veikti papildus pētījumi kā izmantot jauniešu esošo pieredzi sistēmiskās domāšanas satura apguvei jauniešu auditorijā.

Kopumā gandrīz visi (93 %) respondenti atzina, ka Sistēmiskās domāšanas darbnīcā iegūtās zināšanas un prasmes ir praktiski pielietojamas pretrunu mazināšanai starp īstermiņa un ilgtermiņa interesēm un pauda motivāciju turpmāk šo pieeju pielietot lēmumu pieņemšanā, kas balstīti uz kopienas interesēm un ieguvumiem. 73 % atzina, ka pilnvērtīgam pielietojumam nepieciešama papildus iedziļināšanās, taču jau tagad saredz iespēju, kā gūtās zināšanas ļauj pieņemt izsvērtākus lēmumus, pat ja tie nav analizēti ar matemātiskās modelēšanas palīdzību. Visaugstāk (87 %) darbnīcās gūto informāciju novērtēja pašvaldību darbinieki, kuru ikdienas rūpju lokā ir dažādu sabiedrības grupu individuālo interešu salāgošana ar kopienas jeb kolektīvajām interesēm. Uzņēmēji piedāvātās darbnīcas vērtēja līdzvērtīgi pašvaldību darbiniekiem, paužot apņemšanos iegūtās zināšanas pielietot organizācijas vides un darba kultūras uzlabošanā, kur novērojami ar saskarsmi un attieksmi saistīti izaicinājumi indivīdu un struktūrvienību līmenī.

Augstu atsaucību dalībnieku vidū guva viena no metodes ietvaros veiktām aktivitātēm – ideju sesija par tematiskiem vizuāliem materiāliem par sistēmiskās domāšanas pazīmēm.

Dalībnieki atzina, ka šādu materiālu vēlētos izmantot savās darba vietās, lai sekmētu savu kolēģu informēšanu un izglītošanu par labāku lēmumu pieņemšanu kontekstā ar ilgtspējīgiem lēmumiem un kolektīvo interešu ievērošanu (3.32. att.).



3.32. att. Piemērs Sistēmiskās domāšanas darbnīcā veidotai plakāta idejai.

Metode tika aprobēta Vidzemes plānošanas reģiona, Zemgales plānošanas reģiona, Rīgas valstspilsētas pašvaldības, Jūrmalas valstspilsētas pašvaldības, Ventspils valstspilsētas pašvaldības, Cēsu novada pašvaldības, Dobeles pašvaldības, Preiļu novada pašvaldības un Rēzeknes novada pašvaldības rīkotajos pasākumos, kas vērsti uz cilvēkresursu kapacitātes stiprināšanu un ilgtspējīgu risinājumu veicināšanu sabiedrības pārvaldē, kopienā un uzņēmējdarbībā.

3.7. Izstrādāto metožu izvērtējums

Partnerorganizācijas pārstāvošie eksperti, kas ikdienā ir ciešā mijiedarbībā ar dažādām mērķa grupām, novērtēja piecas dažādas metodes pēc septiņiem būtiskiem kritērijiem, kas ietver tiem kā organizatoriem būtiskus elementus lēmumu pieņemšanā par vienas vai otras aktivitātes īstenošanu - informēšanu un izglītošanu, indivīda attieksmes un nodoma demonstrāciju, stimulējošas vides veidošanu, pielāgojamību dažādām mērķa grupām, ar metožu ieviešanu saistīto pasākumu norises ilgumu, partnerorganizāciju iesaisti un auditorijas aptveri (3.7. tab.). Gan kritērijus, gan to svarus noteica paši eksperti, balstoties uz partnerorganizāciju vajadzībām un arī atgriezenisko saiti, ko saņēma no dalībniekiem. Par metodēm, kuras eksperti paši nebija pielietojuši savās partnerorganizācijās, tika sniegta informācija, ietverot metodes izspēles mērķi, sasniedzamos rezultātus, iepriekšējo pieredzi un atgriezenisko saiti no dalībniekiem. 3.8.-3.9. tabulā un 3.33. attēlā apskatāmi pētījuma ietvaros izstrādāto un aprobēto metožu vispārējā vērtējuma rezultāti ekspertu vērtējumā, pielietojot TOPSIS pieeju.

3.7. tabula

Metožu vispārējās novērtēšanas kritēriji un to svāri

Nr	Kritērijs	Svāri
C1	Informēšana un izglītošana	0,2
C2	Indivīda attieksmes un nodoma demonstrācija	0,2
C3	Stimulējošas vides veidošana (iespējotāju klātbūtne)	0,2
C4	Adaptējams daudzveidīgām mērķa grupām	0,15
C5	Norises ilgums	0,05
C6	Partnerorganizācijas iesaistes pakāpe	0,05
C7	Auditorijas aptvere	0,15

3.8. tabula

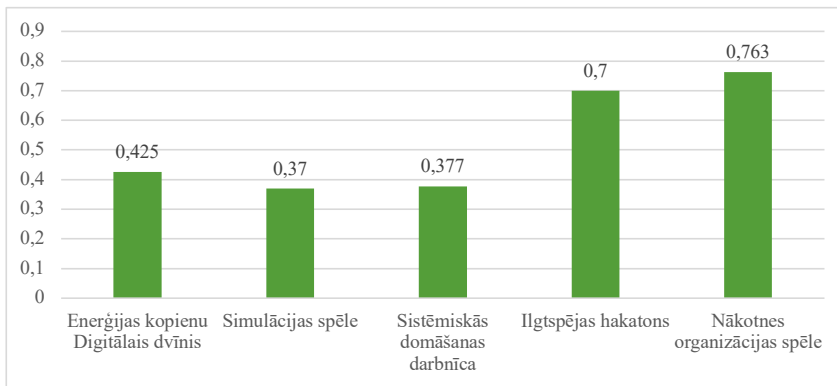
Lēmumu pieņemšanas matrica (ekspertu vērtējums)

Metodes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis	3.4	2.4	2.8	1.6	1.2	1.4	4
Simulācijas spēle	2	2.8	2.8	2.4	2.4	1.2	2.2
Sistēmiskās domāšanas darbnīca	3.4	4.6	1.2	1.2	2	1.4	3.6
Ilgspējas hakatons	4.8	4.4	3.4	3.4	8	3.4	4
“Nākotnes organizācijas spēle”	4	5	4.4	4.4	8	4.8	4

3.9. tabula

Normalizētā svērtā matrica

Metodes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis	0,084	0,054	0,081	0,038	0,005	0,011	0,074
Simulācijas spēle	0,049	0,063	0,081	0,056	0,01	0,009	0,041
Sistēmiskās domāšanas darbnīca	0,084	0,103	0,035	0,028	0,008	0,011	0,067
Ilgspējas hakatons	0,118	0,099	0,098	0,08	0,034	0,027	0,074
“Nākotnes organizācijas spēle”	0,098	0,112	0,127	0,103	0,034	0,038	0,074



3.33. att. Metožu vērtējumu salīdzinājums pēc vispārējiem kritērijiem.

TOPSIS analīzes rezultāti parādīja, ka “Nākotnes organizācijas spēle” un Ilgtspējas hakatons piecu partnerorganizāciju ekspertu vērtējumā ieguva augstāko vērtējumu (attiecīgi 0.763 un 0.7), kļūstot par atbilstošākajām metodēm, tām seko Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis (0.425). Rezultāti skaidrojami ar partnerorganizāciju vēlmi veidot rīcību stimulējošu vidi, kas ar vizualizācijas palīdzību demonstrē jaunās normas. Hakatoni tradicionāli ir orientēti uz praktisku problēmu risināšanu, ko bieži veicina intensīva sadarbība starp dažādām iesaistītajām pusēm, savukārt, “Nākotnes organizācijas spēle” ir vērsta uz iekšējo procesu sakārtošanu un pielāgošanu ilgtspējas stratēģijas ieviešanai. Tas var nodrošināt augstāku partnerorganizāciju iesaistes līmeni un veidot pateicīgu mikrovidi, kurā dalībnieku mentālie modeļi tiek aktīvi iespējoti. Zemāku vērtējumu saņēmušas Sistēmiskās domāšanas darbnīca un Simulācijas spēle – tas skaidrojams ar ierobežojumiem šo metožu pielietojumā – pirmajā gadījumā partnerorganizācijām rūpīgi jāizvēlas mērķa grupa, kurā metodi pielietot (jaunieši nav atbilstoši), savukārt, Simulācijas spēles ietvars uzliek zināmus ierobežojumus dalībnieku radošām izpausmēm visā izspēles laikā, jo ir jāiejūtas konkrētā lomā ar deinētām attieksmes un uzvedības robežām.

Papildus vispārējam novērtējumam, eksperti veica arī 3 atsevišķo dimensiju izvērtējumu. Nepieciešamība pēc auditorijas informēšanas un izglītošanas, kā arī ievērojamas aptveres ir iemesls, kādēļ “Nākotnes organizācijas spēle”, pateicoties tās metodoloģiskajam ietvaram, ir tik augstu novērtēta – tā sniedz dalībniekiem praktisku pieredzi un zināšanas, kas uzlabo izpratni un veicina atbildīgāku lēmumu pieņemšanas iespējas. Turklāt, hakatoni bieži piesaista daudzveidīgu auditoriju, kas var ietvert atšķirīgas mērķa grupas, tādējādi nodrošinot plašāku pielāgojamību un lielāku ietekmi. Ekspertu vērtējuma process atspoguļots 3.10. - 3.12 tabulās un 3.34. attēlā.

3.10. tabula

Metožu novērtēšanas kritēriji un to svāri pēc ietekmes uz informēšanu un izglītošanu

Nr	Kritērijs	Svāri
C1	Pieceja jaunai informācijai	0,25
C2	Informācijas analīze	0,25
C3	Viedokļu apmaiņa	0,15
C4	Secinājumu integrēšana risinājumos	0,35

3.11. tabula

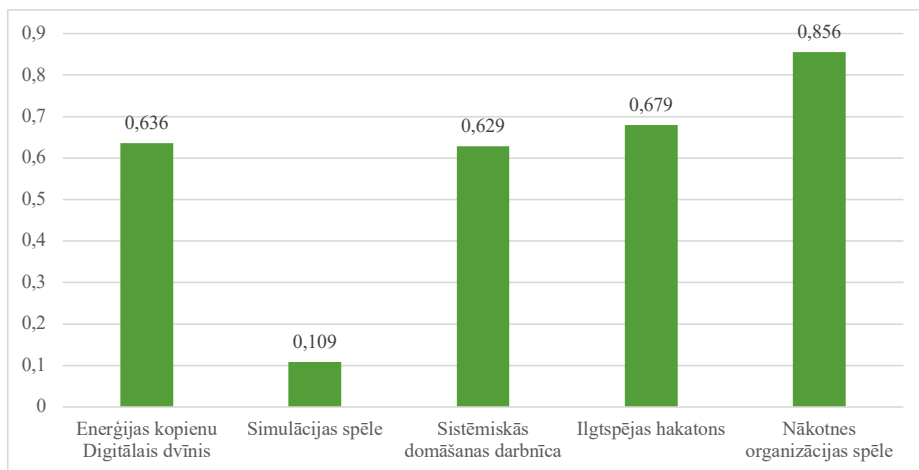
Lēmumu pieņemšanas matrica (ekspertu vērtējums)

Metodes	C1	C2	C3	C4
Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis	3,4	4,4	1,8	4,8
Simulācijas spēle	2,2	1,6	2,6	3
Sistēmiskās domāšanas darbnīca	4,2	4	3	3,6
Ilgspējas hakatons	4,4	3	4,4	4,4
“Nākotnes organizācijas spēle”	4,6	4,6	3,4	4,6

3.12. tabula

Normalizētā svērtā matrica

Metodes	C1	C2	C3	C4
Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis	0,098	0,133	0,038	0,182
Simulācijas spēle	0,064	0,048	0,055	0,114
Sistēmiskās domāšanas darbnīca	0,122	0,121	0,064	0,136
Ilgspējas hakatons	0,127	0,091	0,093	0,167
“Nākotnes organizācijas spēle”	0,133	0,139	0,072	0,174



3.34. att. Metožu vērtējumu salīdzinājums pēc ietekmes uz informētību un izglītību.

Četras no piecām metodēm ir piemērotas mērķa grupu informētības un izglītības uzlabošanai, jo ietver dažādus ietekmes līdzekļus, kas tiek izmantoti mijiedarbības procesā starp partnerorganizāciju un dalībniekiem vai starp pašiem dalībniekiem, kā arī – procesā pašiem aktīvi meklējot datus balsītu informāciju. Simulācijas spēlei tāpat kā vispārējā vērtējumā pastāvošie ierobežojumi (lomu spēle) sniedz nelielu ieguldījumu dalībnieku izpratnes līmeņa uzlabošanā, tomēr tas paver iespēju nākotnē pilnveidot metodoloģisko pieeju un stiprināt informācijas pieejamību metodes ietvaros.

Veicot novērtējumu arī pārējām divām dimensijām, eksperti sniedza vērtējumu, lai noteiktu atbilstošākās metodes, atkarībā no partnerorganizāciju izvirzītajiem mērķiem. Rezultāti apskatāmi no 3.13. līdz 3.18. tabulai un 3.35. un 3.36. attēlā.

3.13. tabula

Metožu novērtēšanas kritēriji un to svāri pēc ietekmes uz nodoma un attieksmes demonstrēšanu

Nr	Kritērijs	Svari
C1	Izmaiņas attiecībā pret sākotnējo nostāju	0,15
C2	Motivācijas līmeņa paaugstināšanās	0,3
C3	Nodoma paušana atgriezeniskajā saitē	0,3
C4	Reālas rīcības īstenošana	0,25

3.14. tabula

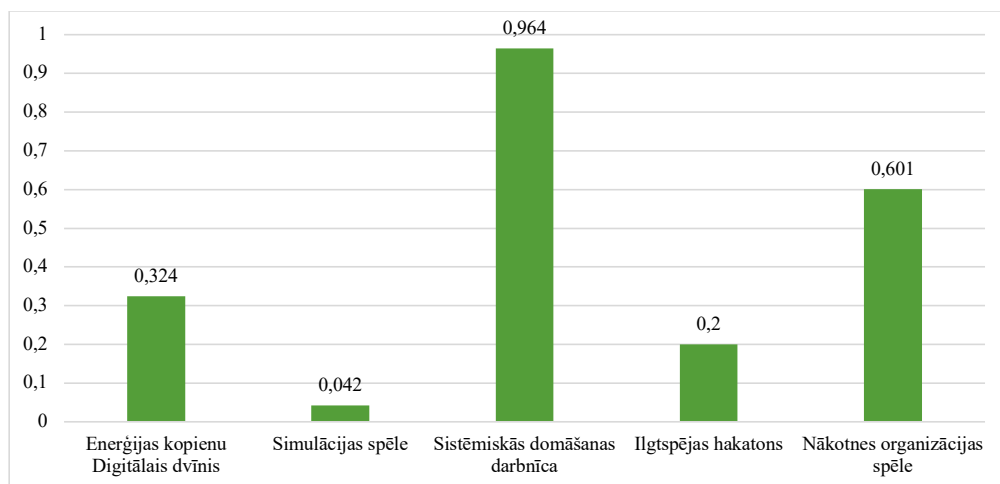
Lēmumu pieņemšanas matrica (ekspertu vērtējums)

3.15. tabula

Normalizētā svērtā matrica

Metodes	C1	C2	C3	C4
Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis	0,07	0,126	0,114	0,077
Simulācijas spēle	0,047	0,081	0,084	0,054
Sistēmiskās domāšanas darbnīca	0,093	0,163	0,183	0,192
Ilgspējas hakatons	0,043	0,111	0,076	0,084
“Nākotnes organizācijas spēle”	0,07	0,17	0,175	0,1

Metodes	C1	C2	C3	C4
Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis	3,6	3,4	3	2
Simulācijas spēle	2,4	2,2	2,2	1,4
Sistēmiskās domāšanas darbnīca	4,8	4,4	4,8	5
Ilgspējas hakatons	2,2	3	2	2,2
“Nākotnes organizācijas spēle”	3,6	4,6	4,6	2,6



3.35. att. Metožu vērtējumu salīdzinājums pēc ietekmes uz nodoma un attieksmes demonstrēšanu.

TOPSIS metodes pielietojuma rezultāti liecina, ka Sistēmiskās domāšanas darbnīcas saturs un formāts ekspertu vērtējumā sniedz lielāko ieguldījumu nodoma un attieksmes demonstrēšanai pasākumos. Otrā ietekmīgākā metode ir “Nākotnes organizācijas spēle”, kam seko Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis. Pārrunājot iegūtos rezultātus, eksperti apliecina, ka

šo trīs metožu sniegums var palīdzēt partnerorganizācijām sekmēt proaktīvu darbu ar dažādām mērķa grupām, kurām ir atšķirīga nostāja ilgtspējas jautājumos un aktivitāšu vide ļauj dalībniekiem mijiedarboties tā, lai ir iespēja brīvi demonstrēt savu nodomu un attieksmi.

3.16. tabula

Metožu novērtēšanas kritēriji un to svāri pēc ietekmes uz rīcību stimulējošas vides veidošanu

Nr	Kritērijs	Svāri
C1	Atbalsta sistēma un nepieciešamie resursi	0,25
C2	Ierosinātāju (trigeru) klātbūtne	0,2
C3	Autonomija un pašnoteikšanās	0,3
C4	Atzinības sistēma	0,25

3.17. tabula

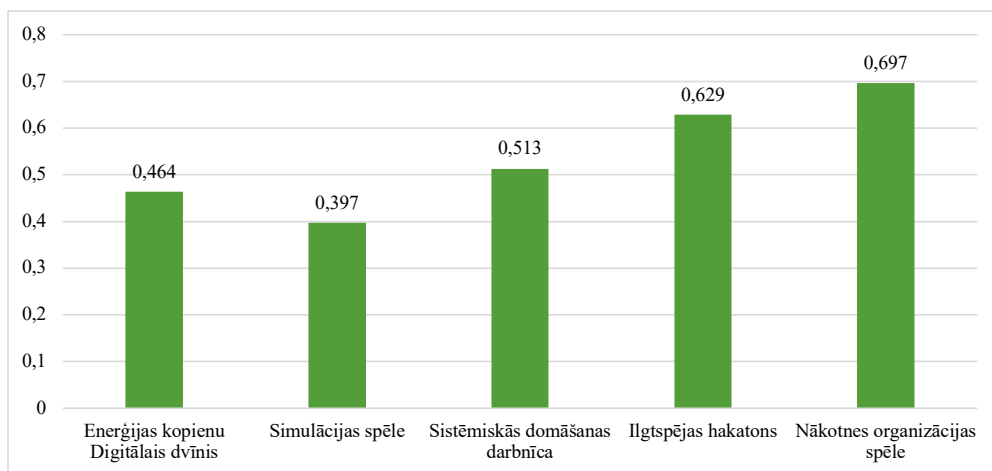
Lēmumu pieņemšanas matrica (ekspertu vērtējums)

Metodes	C1	C2	C3	C4
Enerģijas kopienų Digitālais dvīnis	2	3,6	3,8	1,6
Simulācijas spēle	2,6	1,8	1,8	1,6
Sistēmiskās domāšanas darbnīca	2,2	1,6	3,4	1,4
Ilgspējas hakatons	4,4	2,4	4,6	4
“Nākotnes organizācijas spēle”	3,8	1,8	4,6	3,6

3.18. tabula

Normalizētā svērtā matrica

Metodes	C1	C2	C3	C4
Enerģijas kopienų Digitālais dvīnis	0,071	0,137	0,135	0,067
Simulācijas spēle	0,092	0,068	0,064	0,067
Sistēmiskās domāšanas darbnīca	0,078	0,061	0,121	0,058
Ilgspējas hakatons	0,157	0,091	0,163	0,167
“Nākotnes organizācijas spēle”	0,135	0,068	0,163	0,15



3.36. att. Metožu vērtējumu salīdzinājums pēc ietekmes uz rīcību stimulējošas vides veidošanu.

Vērtējot izstrādātās metodes pēc to ieguldījuma rīcību stimulējošas vides veidošanai, augstākos rezultātus parāda “Nākotnes organizācijas spēle”, ilgtspējas hakatons un Sistēmiskās domāšanas darbnīca, tomēr vērtēšanā iesaistītie eksperti atzīst, ka visas metodes nodrošina interaktīvu un uz rīcību vērstu vidi, tādēļ, izvērtējot partnerorganizāciju mērķa grupu specifiku (vecums, nodarbošanās, kopā sanāksšanas mērķis u. c. aspekti), ir gatavi izmantot arī tās metodes, kas nav ieguvušas augstāko novērtējumu.

Ņemot vērā katras metodes specifiku gan pielietojumā, gan organizēšanā, ir definēti 13 visbiežāk sastopamie atšķirīgās metodes raksturojošie parametri, lai partnerorganizācijas var novērtēt šo rīku ieguldījumu darbā ar izvēlētām mērķa grupām. Parametru pieejamība sniedz iespēju izvēlēties tādu metožu kombināciju, kas ļauj secīgi sasniegt izvirzītos mērķus, ņemot vērā organizācijai pieejamos administratīvos un tehniskos resursus, kā piemēram, aktivitātes ieviešanai atvēlētais laiks, tehniskais aprīkojums, pieejamo telpu platība u. c. parametri, kas nosaka metodes izvēli.

Autores novērojumi darbā ar partnerorganizācijām liecina, ka vērtīgākais resurss aktivitāšu plānošanas un ieviešanas posmā ir laiks, kas nepieciešams dažādo metožu izpētei, satura definēšanai un darba uzdevumu formulēšanai ārpalpojumu sniedzējiem. Ne vienmēr ir pieejama precīza informācija par nepieciešamiem resursiem vai formāta īpatnībām, tādēļ sadarbībā ar partnerorganizācijas pārstāvošiem ekspertiem ir sagatavots pārskats par būtiskākajiem parametriem (3.19. tab.), informācija par kuriem ir aktuāla vairums aktivitāšu plānošanas un ieviešanas posmā.

Balstoties uz pozitīvo pieredzi, kas tika gūta darbā ar daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodi, minētie parametri ir pielietojami, lai veidotu modificētu lēmumu pieņemšanas matricu ar vēl citiem partnerorganizācijām aktuāliem kritērijiem. Šādas lēmumu pieņemšanas metodes pielietojums stiprinātu partnerorganizāciju praksi zinātniskā literatūrā balstītas pieejas lietošanā un veidotu labāku pārvaldības praksi.

Pārskats par pētījuma ietvaros aprobēto metožu parametriem

Metodes raksturojošie parametri	Enerģijas kopienu Digitālais dvīnis	Simulācijas spēle	Sistēmiskās domāšanas darbnīca	Ilgspējas hakatons	“Nākotnes organizācijas spēle”
1. Primārais mērķis (TOPSIS rezultāti, kur 1 – atbilstošākais):					
1.1. Izglītošana un informēšana	3	5	4	2	1
1.2. Nodoma un attieksmes demonstrācija	3	5	1	4	2
1.3. Rīcību stimulējoša vide	4	5	3	2	1
2. Pasākuma ilgums, h	2	2	3	8-24	8-16
3. Minimālais telpas lielums, m ²	50	50	50	100	100
4. Dalībnieku skaits					
4.1. Minimālais skaits	5	6	12	16	16
4.2. Maksimālais skaits	50	30	30	45	45
5. Nepieciešamība veikt iepriekšēju dalībnieku atlasī					x
6. Iepriekšēja sagatavošanās, h	2	2	2	8	10
7. Moderators klātbūtne		x	x	x	x
8. Organizācijas vadības klātbūtne				x	x
9. Ārējo ekspertu piesaiste				x	x
10. Tehniskais nodrošinājums, dators	x			x	x
11. Rezultātu digitizācija (apkopojums) pēc aktivitātes (partnerorganizācijai analīzes vai projekta atskaites nolūkiem)					
11.1. Ideju apkopojums				x	x
11.2. Atgriezeniskā saite	x	x	x	x	x
11.3. Diskusijas kopsavilkums		x	x		x
12. Izmaksas pasākuma moderēšanai, EUR		300-450	300-450	500-1000	500-1000
13. Ēdināšanas pakalpojumu nodrošināšana					
13.1. Kafijas pauzes, skaits	1	1	1	2-4	2-3
13.2. Pusdienu pauzes, skaits				1-2	1-2

kur:

x – nepieciešamība pēc minētā parametra.

Ņemot vērā partnerorganizāciju atšķirīgo zināšanu līmeni un praksi dažādu lēmumu pieņemšanas metožu lietojumā, TOPSIS ir izvēlēta dēļ tās vieglas uztveramības un digitālo rīku pieejamības metodes pielietojumā. Tajā pat laikā turpmākos pētījumos autore apsver iespēju piedāvēt iespēju nākotnē pielietot arī citas daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodē balstītās pieejas [152], kā piemēram, AHP (hierarhiskā struktūra, kur lēmumu pieņēmēji prioritizē izvēles iespējas, balstoties uz subjektīviem spriedumiem, kas tiek kvantitatīvi izteikti un salīdzināti), ELECTRE (tiek salīdzinātas alternatīvas, pamatojoties uz dominējošiem kritērijiem un tiek izslēgti mazāk pieņemami risinājumi), VIKOR (kompromisa definēšana starp alternatīvām, meklējot risinājumu, kas ir tuvu ideālajam, pamatojoties uz vairākiem kritērijiem), PROMETHEE (pāru salīdzinājumi, lai palīdzētu lēmumu pieņēmējiem identificēt labākās iespējas, ņemot vērā kritēriju preferences), SWARA (tiek izmantoti ekspertu vērtējumi, lai secīgi noteiktu kritēriju svarīgumu,

balstoties uz to relatīvo nozīmīgumu), MAUT (balstīta uz lietderības teoriju, kur lēmumi tiek pieņemti, ņemot vērā dažādu faktoru kopējo lietderību un parametri tiek salīdzināti pēc to ieguldījuma kopējā rezultātā) un citas. Tomēr, ņemot vērā mērķauditoriju un gala lietotāju primārās un sekundārās vajadzības, izglītošanai par metodēm būtu nepieciešams atsevišķs administratīvais resurss, kas, pēc autores pārlicēbas, būs vērtīgs ieguldījums labākā pārvaldības praksē un caurspīdīguma un objektivitātes nodrošināšanā lēmumu pieņemšanā.

Otrs partnerorganizācijām būtisks aspekts metožu ieviešanas efektīvākai plānošanai, ir jūtīguma analīzes veidošana, ņemot vērā to, ka atsevišķu parametru izmaiņas ietekmē kopējo rezultātu vai izvēlētas metodes efektivitāti. Ar jūtīguma analīzes palīdzību partnerorganizācija var vērtēt to kā izmaiņas kādā no parametriem ietekmē kopējo metodes veikspēju vai rezultātu (piemēram, attieksmes maiņa, definētu ilgspējas rādītāju sasniegšana). Tāpat arī var noteikt – kurš no parametriem visvairāk ietekmē katras metodes efektivitāti – tas ļauj identificēt aspektus, kam jāpievērš uzmanība plānošanas un ieviešanas posmā [153]. Jūtīguma analīze sniedz atbildi – cik izvēlēta metode ir noturīga pret svārstībām atsevišķos parametros un kā šīs svārstības palielina vai samazina ar metodes ieviešanu saistītās izmaksas. Tas ļauj iegūt datus par to cik efektīvi tiek izmantoti organizācijas resursi, mainoties noteiktiem parametriem [154]. Šie un citi rezultāti, ko partnerorganizācijas var iegūt, pielietojot jūtīguma analīzi, sniedz ieguldījumu lēmumu pieņemšanas procesa kvalitātes uzlabošanā, tomēr, līdzī kā ar ierobežotiem resursiem citu lēmumu pieņemšanas analīzes pieeju izzināšanā, arī jūtīguma analīzes daudzveidīgo pieeju iepazīstināšana pieprasa atsevišķu administratīvo resursu, tādēļ šī darba ietvaros galvenā uzmanība tika veltīta zinātniskās pieejas balstīto metožu izstrādei un aprobācijai, lai iegūtu apliecinājumu par to pielietojumu pēc būtības un daudzveidīgās zinātnes sasniegumos balstītās lēmumu pieņēmēju izglītošanas pieejas atstājot nākotnes pētījumiem.

SECINĀJUMI

1. Pētījuma rezultāti apstiprina darbā izvirzīto hipotēzi – daudzveidīgu rīku pieejamība sniedz ieguldījumu klimatatbildīgas sabiedrības attīstībā un iedarbojas uz trīs indivīda uzvedību ietekmējošiem aspektiem - informēšana un izglītošana, indivīdu attieksmes un nodoma demonstrēšana un rīcību stimulējoša vide. Par to liecina izstrādāto un aprobēto metožu analīzes rezultāti, kuru tapšanā piedalījās kā dalībnieki, tā arī ieinteresētās puses pārstāvošās organizācijas un to deleģētie eksperti, sniedzot pozitīvu vērtējumu.
2. Apkopotie rezultāti liecina, ka “Nākotnes organizācijas spēle” kā metode ir ieguvusi visaugstāko novērtējumu starp jomas ekspertiem un ir vispiemērotākā klimatatbildīgas nākotnes sabiedrības attīstībai. Resursi tās praktiskai ieviešanai atbilst vietvaru organizatoriskajai kapacitātei un aprobācijas rezultāti liecina par sociālo ietekmi uz sabiedrības izglītošanu un izmaiņām mentālajā modelī.
3. Sistēmiskās domāšanas darbnīca kā zinātniski pamatotas sistēmdinamikas pieejas sastāvdaļa ir uzskatāma par unikālu metodi darbā ar sarežģītām sociālām sistēmām, jo sniedz būtisku ieguldījumu iespējamai nodoma un attieksmes maiņai vides jautājumos, kur pastāv liela viedokļu dažādība un marginālisms. Par to liecina atgriezeniskā saite no dalībniekiem un ekspertiem, kā arī Sistēmiskās domāšanas darbnīcu nodevumu rezultāti (vizualizācija kā radoša pieeja sarežģītu jautājumu skaidrošanā un spējā nodot vēstījumu plašākai sabiedrībai). Šīs konkrētās metodes ietvaros pētījums demonstrē vienu konkrētu veidu jaunu normu rosināšanā bez “burkāniem un pātagām” – ar vizualizācijas kā sociālās ietekmes rīka palīdzību.
4. Izpētes gaitā iegūtie rezultāti iezīmē šobrīd novēroto tendenci, ka sociālās un vides inženierzinātnēs balstītas pieejas ir jauns, maz pētīts formāts, kas piesaista jo īpaši publiskā sektora uzmanību, meklējot jaunus, laikmeta garam atbilstošus rīkus darbam ar mērķa grupām, kam raksturīga grūti ietekmējama attieksme un uzvedība.
5. Analizējot pētījuma datus, ir secināms, ka daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodes TOPSIS pieeja var kļūt par izteikti transformējošu un augsti pieprasītu rīku starp partnerorganizācijām ne tikai izsvērtu un ilgtspējīgu lēmumu pieņemšanā, bet arī kalpot par uzticamām un demokrātiskās vērtībās balstītām digitālām vadlīnijām plašākai sabiedrībai, kas meklē līdzsvaru starp individuālām un kopienas interesēm vides un citos sabiedrībai aktuālos jautājumos.
6. Atsaucoties uz ANO datiem par IAM ieviešanas reālistiskā scenārija tiešu saikni ar vietvarām, pētījuma ietvaros īstenotā komunikācija un sadarbība ar ekspertiem liecina, ka pašvaldības kā partnerorganizācijas ir viens no atbilstošākajiem un arī atsaucīgākajiem segmentiem klimatatbildīgas nākotnes sabiedrības veidošanā, līdz ar to tiek stiprināta pētījuma praktiskā pielietojamība un turpmākā potenciāla attīstība.
7. Darba rezultāti paver vēl plašākas iespējas pētniekiem, kas ir gatavi piedāvāt t. s. radikālās inovācijas mūsdienīgā, uz klimatneitralitāti vērstā sabiedrības pārvaldē, izmantojot starpdisciplināritātes piedāvātās iespējas vietās, kur satiekas sociālās un vides inženierzinātnes.

REKOMENDĀCIJAS

Promocijas darba ietvaros sagatavotas rekomendācijas politikas veidotājiem plānošanas reģionu administrāciju un pašvaldību līmenī, komercsektoram kā pasūtītājam, ārpakalpojumu sniedzējam, akadēmiskam sektoram un vispārīzglītojošām izglītības iestādēm.

1. Plānošanas reģioniem un pašvaldībām autore iedrošina plašāk lietot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes TOPSIS pieeju, kas ļauj mazināt negatīvo un noraidošo attieksmi no sabiedrības jautājumos, kad ir pārāk daudz un kardināli atšķirīgi viedokļi. Spēja vienoties par kopīgu skatījumu (kas ietver kritērijus un svarus) nodrošina objektīvu un caurspīdīgu lēmumu pieņemšanas procesu un tas vairo kopienas uzticēšanos vietvarām. Darbinieku izglītošana par sistēmiskās domāšanas arhetipiem un pazīmēm sniegs iespēju ar “pilināšanas metodi” vidējā un ilgtermiņā jēgpilnāk strādāt ar to sabiedrības daļu, kura šobrīd ir sarežģīti vadāma dēļ kardināli pretējiem viedokļiem un bez gatavības uz kompromisiem.
2. Komersektoram kā pasūtītājam autore rosina “Nākotnes organizācijas spēli” kā praktisku dizaina domāšanas instrumentu integrēt uzņēmuma ilgspējas stratēģijas izstrādē un ieviešanā ļauj pilnvērtīgi iesaistīt personālu un veicināt jaunas pakāpes attiecību veidošanu kolektīvā dažādos pārvaldes līmeņos. Šī metode, kas vieno darbiniekus kopīgās vērtībās un motivē būt aktīvākiem sadarbības un izaugsmes iespēju identificēšanā un ieviešanā, var kļūt par stratēģiski nozīmīgu daļu no organizācijas kultūras ceļā uz klimatneitralitātes mērķi.
3. Ārpakalpojumu sniedzējiem autore piedāvā izveidot pakalpojumu raksturojošo parametru sarakstu un produktīvākai sadarbībai ar pasūtītājiem piedāvāt iespēju, pielietojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodi, sniegt iespēju izvēlēties klientu vajadzībām piemērotāko alternatīvu. Tas nodrošinās ne tikai laika resursu ekonomiju, bet arī samazinās interpretācijas iespējas plānošanas un ieviešanas posmā.
4. Akadēmiskajam sektoram autore piedāvā turpināt pētīt iespējas sociālo un inženierzinātņu sadarbībā balstītu sinerģiju, kas ļauj apvienot abu disciplīnu spēcīgākās zinātniskās iestādes, lai veidotu pamatu jaunām zinātniskām novitātēm un risinātu zinātniskajā literatūrā identificētās nepilnības darbā ar sarežģītām sociālām sistēmām. Šī pētījuma rezultāti apliecina virziena perspektīvu un demonstrē arī praktisku nozīmīgumu partnerorganizācijām, kuru uzmanības lokā ir sabiedrības virzība uz klimatneitralitāti.
5. Vispārīzglītojošām izglītības iestādēm autore iesaka izvēlēties jebkuru no pētījumā apskatītajām metodēm un to aprobēt lietošanai izglītības procesā, lai veicinātu izglītojamo aktīvu iesaistīšanos ANO IAM sasniegšanā, vienlaikus piedāvājot laikmeta garam un izglītojamo vajadzībām atbilstošu formātu zināšanu iegūšanai, jaunas pieredzes gūšanai, personības veidošanai un jaunu ietekmju veidošanai savā kopienā.

ATSAUCES

- [1] European Environment Agency, “Trends and projections in Europe 2023,” 2023. doi: <https://doi.org/10.2800/595102>.
- [2] P. C. Stern, “Toward a coherent theory of environmentally significant behavior,” *Journal of Social Issues*, vol. 56, no. 3, pp. 407–424, 2000, doi: <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00175>.
- [3] S. Clayton, “A social psychology of climate change: Progress and promise,” *British Journal of Social Psychology*, vol. 63, no. 4, pp. 1535–1546, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.1111/bjso.12749>.
- [4] S. Hampton and L. Whitmarsh, “Choices for climate action: A review of the multiple roles individuals play,” *One Earth*, vol. 6, no. 9, pp. 1157–1172, Sep. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/J.ONEEAR.2023.08.006>.
- [5] J. Markard, R. Raven, and B. Truffer, “Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects,” *Res Policy*, vol. 41, no. 6, pp. 955–967, Jul. 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/J.RESPOL.2012.02.013>.
- [6] L. Steg, “Psychology of Climate Change,” *Annu Rev Psychol*, vol. 74, no. Volume 74, 2023, pp. 391–421, 2023, doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-032720-042905>.
- [7] K. Farrow, G. Grolleau, and L. Ibanez, “Social Norms and Pro-environmental Behavior: A Review of the Evidence,” *Ecological Economics*, vol. 140, pp. 1–13, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.017>.
- [8] E. Sharpe, A. Ruepert, E. van der Werff, and L. Steg, “Corporate environmental responsibility leads to more pro-environmental behavior at work by strengthening intrinsic pro-environmental motivation,” *One Earth*, vol. 5, no. 7, pp. 825–835, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.06.006>.
- [9] C. J. Kirchhoff, R. Esselman, and D. Brown, “Boundary organizations to boundary chains: Prospects for advancing climate science application,” *Clim Risk Manag*, vol. 9, pp. 20–29, Jan. 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/J.CRM.2015.04.001>.
- [10] I. Fazey *et al.*, “Ten essentials for action-oriented and second order energy transitions, transformations and climate change research,” *Energy Res Soc Sci*, vol. 40, pp. 54–70, Jun. 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2017.11.026>.
- [11] Autoru kolektīvs, “Zinātniski metodiskais izdevums TAGAD,” *TAGAD*, 2018.
- [12] B. P. Koirala, E. Koliou, J. Friege, R. A. Hakvoort, and P. M. Herder, “Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 722–744, Apr. 2016, doi: [10.1016/J.RSER.2015.11.080](https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.11.080).
- [13] The Mitsubishi Corporation, “Roadmap to a Carbon Neutral Society Integrated EX/DX initiatives to create the future,” 2021. Accessed: Sep. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.mitsubishicorp.com/jp/en/carbon-neutral/pdf/20211018.pdf>
- [14] B. V Mathiesen *et al.*, “Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions,” *Appl Energy*, vol. 145, pp. 139–154, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.075>.
- [15] M. K. Nematchoua, A. Marie-Reine Nishimwe, and S. Reiter, “Towards nearly zero-energy residential neighbourhoods in the European Union: A case study,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 135, p. 110198, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110198>.
- [16] W. N. Adger, J. Barnett, S. Heath, and S. Jarillo, “Climate change affects multiple dimensions of well-being through impacts, information and policy responses,” Nov. 01, 2022, *Nature Research*. doi: [10.1038/s41562-022-01467-8](https://doi.org/10.1038/s41562-022-01467-8).

- [17] T. Fraembs and S. Drobnič, “Ill-informed or ideologically driven? Climate change awareness and denial in Europe,” *Popul Environ*, vol. 46, Aug. 2024, doi: 10.1007/s11111-024-00462-7.
- [18] V. Eyring *et al.*, “Human Influence on the Climate System,” in *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, I. P. on C. C. (IPCC), Ed., Cambridge: Cambridge University Press, 2023, ch. 3, pp. 423–552. doi: DOI: 10.1017/9781009157896.005.
- [19] J. , Grin, J. Rotmans, and J. Schot, *Transitions to Sustainable Development*, 1st ed. Taylor and Francis., 2010. Accessed: Sep. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.perlego.com/book/1691416/transitions-to-sustainable-development-new-directions-in-the-study-of-long-term-transformative-change-pdf>
- [20] K. Gugerell and C. Zuidema, “Gaming for the energy transition. Experimenting and learning in co-designing a serious game prototype,” *J Clean Prod*, vol. 169, pp. 105–116, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.142>.
- [21] L. Chen *et al.*, “Strategies to achieve a carbon neutral society: a review,” *Environ Chem Lett*, vol. 20, no. 4, pp. 2277–2310, 2022, doi: 10.1007/s10311-022-01435-8.
- [22] H. of Lords Environment and C. Change Committee, “In our hands: behaviour change for climate and environmental goals.” [Online]. Available: <http://www.parliament.uk/mps-lords-and-offices/standards-and-interests/register-of-lords->
- [23] G. Bohvalovs, R. Vanaga, V. Brakovska, R. Freimanis, and A. Blumberga, “Energy Community Measures Evaluation via Differential Evolution Optimization,” *Environmental and Climate Technologies*, vol. 26, no. 1, pp. 606–615, Jan. 2022, doi: <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0046>.
- [24] D. H. Meadows, J. Randers, and D. L. Meadows, “The Limits to Growth (1972),” in *Documents of Global Change*, L. Robin, S. Sörlin, and P. Warde, Eds., New Haven: Yale University Press, 2013, pp. 101–116. doi: doi:10.12987/9780300188479-012.
- [25] H. Pearce, L. Hudders, and D. Van de Sompel, “Young energy savers: Exploring the role of parents, peers, media and schools in saving energy among children in Belgium,” *Energy Res Soc Sci*, vol. 63, May 2020, doi: 10.1016/j.erss.2019.101392.
- [26] A. Knafo and N. Galansky, “The Influence of Children on Their Parents’ Values,” *Soc Personal Psychol Compass*, vol. 2, no. 3, pp. 1143–1161, May 2008, doi: 10.1111/j.1751-9004.2008.00097.x.
- [27] M. J. Fell and L. F. Chiu, “Children, parents and home energy use: Exploring motivations and limits to energy demand reduction,” *Energy Policy*, vol. 65, pp. 351–358, Feb. 2014, doi: 10.1016/j.enpol.2013.10.003.
- [28] H. Wallis and L. S. Loy, “What drives pro-environmental activism of young people? A survey study on the Fridays For Future movement,” *J Environ Psychol*, vol. 74, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jenvp.2021.101581.
- [29] S. Collado and G. W. Evans, “Outcome expectancy: A key factor to understanding childhood exposure to nature and children’s pro-environmental behavior,” *J Environ Psychol*, vol. 61, pp. 30–36, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.jenvp.2018.12.001.
- [30] S. Otto and F. G. Kaiser, “Ecological behavior across the lifespan: Why environmentalism increases as people grow older,” *J Environ Psychol*, vol. 40, pp. 331–338, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.jenvp.2014.08.004.
- [31] N. Toth, L. Little, J. C. Read, D. Fitton, and M. Horton, “Understanding teen attitudes towards energy consumption,” *J Environ Psychol*, vol. 34, pp. 36–44, Jun. 2013, doi: 10.1016/j.jenvp.2012.12.001.

- [32] C. Calculli, A. M. D’Uggento, A. Labarile, and N. Ribecco, “Evaluating people’s awareness about climate changes and environmental issues: A case study,” *J Clean Prod*, vol. 324, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129244.
- [33] A. Grønhoj and J. Thøgersen, “Action speaks louder than words: The effect of personal attitudes and family norms on adolescents’ pro-environmental behaviour,” *J Econ Psychol*, vol. 33, no. 1, pp. 292–302, Feb. 2012, doi: 10.1016/j.joep.2011.10.001.
- [34] H. Pearce, L. Hudders, and D. Van de Sompel, “Young energy savers: Exploring the role of parents, peers, media and schools in saving energy among children in Belgium,” *Energy Res Soc Sci*, vol. 63, May 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101392>.
- [35] Antra Kalnbalķīte, “Sustainable Development of Environmental Engineering Education,” Summary of the Doctoral Thesis, Riga Technical University, 2023. doi: <https://doi.org/10.7250/9789934229817>.
- [36] S. Otto, G. W. Evans, M. J. Moon, and F. G. Kaiser, “The development of children’s environmental attitude and behavior,” *Global Environmental Change*, vol. 58, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2019.101947.
- [37] A. Gustafsson and M. Bang, “Evaluation of a Pervasive Game for Domestic Energy Engagement among Teenagers,” in *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, in ACE ’08. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2008, pp. 232–239. doi: 10.1145/1501750.1501804.
- [38] A. Gustafsson, M. Bang, and M. Svahn, “Power Explorer: A Casual Game Style for Encouraging Long Term Behavior Change among Teenagers,” in *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, in ACE ’09. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009, pp. 182–189. doi: 10.1145/1690388.1690419.
- [39] H. Boudet, N. M. Ardoin, J. Flora, K. C. Armel, M. Desai, and T. N. Robinson, “Effects of a behaviour change intervention for Girl Scouts on child and parent energy-saving behaviours,” *Nat Energy*, vol. 1, no. 8, Jul. 2016, doi: 10.1038/nenergy.2016.91.
- [40] M. L. Mauriello, G. Stelmach, H. Boudet, C. Zanooco, J. Flora, and R. Rajagopal, “An energy lifestyles program for tweens: A pilot study,” in *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, Association for Computing Machinery, May 2019. doi: 10.1145/3290607.3312760.
- [41] G. Puttick, K. Kies, C. Garibay, and D. Bernstein, “Learning and behavior change in a Girl Scout program focused on energy conservation: Saving energy to ‘save the planet,’” *Journal of Sustainability Education*, vol. 8, 2015, [Online]. Available: <http://www.susted.org/>
- [42] F. Galeotti, A. Hopfensitz, and C. Mantilla, “Climate change education through the lens of behavioral economics: A systematic review of studies on observed behavior and social norms,” *Ecological Economics*, vol. 226, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108338>.
- [43] L.-L. Jiang, J. Gao, Z. Chen, W.-J. Li, and J. Kurths, “Reducing the bystander effect via decreasing group size to solve the collective-risk social dilemma,” *Appl Math Comput*, vol. 410, p. 126445, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2021.126445>.
- [44] S. Barrett and A. Dannenberg, “Sensitivity of collective action to uncertainty about climate tipping points,” *Nat Clim Chang*, vol. 4, no. 1, pp. 36–39, 2014, doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate2059>.
- [45] A. , Blumberga, V. , Brakovska, R. , Vanaga, G. , Bohvalovs, and R. Freimanis, “Single player game for decision making in energy communities,” *International*

- Conference on Applied Energy, 2022. doi: <https://doi.org/doi:10.46855/energy-proceedings-11276>.
- [46] J. M. Vervoort *et al.*, “Not just playing: The politics of designing games for impact on anticipatory climate governance,” *Geoforum*, vol. 137, pp. 213–221, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2022.03.009>.
- [47] D. R. Sanchez, A. Rueda, K. Kawasaki, S. Van Lysebetten, and D. Diaz, “Reviewing Simulation Technology: Implications for Workplace Training,” *Multimodal Technologies and Interaction*, vol. 7, no. 5, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/mti7050050>.
- [48] A. M. Rossa, M. E. Fitzgerald, and D. H. Rhodes, “Game-based learning for systems engineering concepts,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2014, pp. 430–440. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.03.053>.
- [49] S. Adipat, K. Laksana, K. Busayanon, A. Ausawasowan, and B. Adipat, “Engaging Students in the Learning Process with Game-Based Learning: The Fundamental Concepts,” *International Journal of Technology in Education*, vol. 4, no. 3, pp. 542–552, Jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.46328/ijte.169>.
- [50] Lateef F., “Simulation-based learning: Just like the real thing.,” *Emerg Trauma Shock*, vol. 3(4), 2010, doi: <https://doi.org/10.4103/0974-2700.70743>.
- [51] A. Deshpande and S. Huang, “Simulation Games in Engineering Education: A State-of-the-Art Review,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 19, pp. 399–410, Sep. 2011, doi: <https://doi.org/10.1002/cae.20323>.
- [52] J. Hoffmann, P. Bauer, I. Sandu, N. Wedi, T. Geenen, and D. Thiemert, “Destination Earth – A digital twin in support of climate services,” *Clim Serv*, vol. 30, p. 100394, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100394>.
- [53] L. Chen, X. Li, and J. Zhu, “Carbon peak control for achieving net-zero renewable-based smart cities: Digital twin modeling and simulation,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 65, p. 103792, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103792>.
- [54] E. Orta, M. Ruiz, N. Hurtado, and D. Gawn, “Decision-making in IT service management: A simulation based approach,” *Decis Support Syst*, vol. 66, pp. 36–51, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.06.002>.
- [55] C. Marín-Lora, M. Chover, M. Y. Martín, and L. García-Rytman, “Comparative study of interaction methods for mobile gaming while running on a treadmill,” *Comput Graph*, vol. 117, pp. 164–171, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/J.CAG.2023.10.020>.
- [56] V. Brakovska, R. Vanaga, G. Bohvalovs, L. Fila, and A. Blumberga, “Multiplayer game for decision-making in energy communities,” *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, vol. 38, pp. 1–13, Jul. 2023, doi: <https://doi.org/10.54337/ijsepm.7549>.
- [57] J. Introne, R. Laubacher, G. Olson, and T. Malone, “The Climate CoLab: Large scale model-based collaborative planning,” in *2011 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 2011, pp. 40–47. doi: <https://doi.org/10.1109/CTS.2011.5928663>.
- [58] Lewin K., “Frontiers in group dynamics: Concept, method and reality in social science– social equilibria and change. Human Relations ”, doi: <https://doi.org/10.1177/001872674700100103>.
- [59] R. Khaled and A. Vasalou, “Bridging serious games and participatory design,” *Int J Child Comput Interact*, vol. 2, no. 2, pp. 93–100, May 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/J.IJCCI.2014.03.001>.

- [60] A. Alejandro, L. Maertens, Z. Cheli, A. Fragnière, and O. Sarrasin, “Designing role-play simulations for climate change decision-making: A step-by-step approach to facilitate cooperation between science and policy,” *Environ Sci Policy*, vol. 152, p. 103650, Feb. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2023.103650>.
- [61] J. Zhu and L. Zhang, “Evolutionary game analysis of the implementation of fiscal policy in resource-based cities,” *Resources Policy*, vol. 76, p. 102618, Jun. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2022.102618>.
- [62] A. Yang, I. Chen, B. Flanagan, and H. Ogata, “How students’ self-assessment behavior affects their online learning performance,” vol. 3, p. 100058, Mar. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100058>.
- [63] V. Ver´, V. Martínez, M. A. Mon, M. Alvarez, E. Fueyo, and A. Dobarro, “Research Article e-Self-Assessment,” 2020, doi: <https://doi.org/10.1155/2020/3454783>.
- [64] M. Görke, V. Bellmann, J. Busch, and P. Nyhuis, “Employee Qualification by Digital Learning Games,” *Procedia Manuf*, vol. 9, pp. 229–237, Jan. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.040>.
- [65] H. I. Stål and M. Babri, “Educational interventions for sustainable innovation in small and medium sized enterprises,” *J Clean Prod*, vol. 243, p. 118554, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118554>.
- [66] A. Marcon, J. F. de Medeiros, and J. L. D. Ribeiro, “Innovation and environmentally sustainable economy: Identifying the best practices developed by multinationals in Brazil,” *J Clean Prod*, vol. 160, pp. 83–97, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.101>.
- [67] V. Ellis and A. Childs, “Innovation in teacher education: Collective creativity in the development of a teacher education internship,” *Teach Teach Educ*, vol. 77, pp. 277–286, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.10.020>.
- [68] T. Meirun, Z. Ahmed, R. H. Alzoubi, M. Khosa, and N. T. Nguyen, “The road to eco-excellence: How does environmentally specific empowering leadership foster hospitality employees’ green creativity through green creative self-efficacy and green learning orientation,” *Int J Hosp Manag*, vol. 120, p. 103790, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2024.103790>.
- [69] R. Sharif, “The relations between acculturation and creativity and innovation in higher education: A systematic literature review,” *Educ Res Rev*, vol. 28, p. 100287, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100287>.
- [70] M. M. Kennedy, “How Does Professional Development Improve Teaching?,” *Rev Educ Res*, vol. 86, no. 4, pp. 945–980, Jul. 2016, doi: <https://doi.org/10.3102/0034654315626800>.
- [71] M. Kim and S.-M. Lee, “Drivers and interrelationships of three types of pro-environmental behaviors in the workplace,” *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, vol. 34, no. 5, pp. 1854–1881, 2022, doi: <https://doi.org/10.1108/IJCHM-09-2021-1094>.
- [72] W. M. Thabet, K. Badar, M. Aboramadan, and A. Abualigah, “Does green inclusive leadership promote hospitality employees’ pro-environmental behaviors? The mediating role of climate for green initiative,” *Service Industries Journal*, vol. 43, no. 1–2, pp. 43–63, 2023, doi: <https://doi.org/10.1080/02642069.2022.2120982>.
- [73] A. Choudhary, U. Rawat, P. Kumar, and P. Mittal, “Pleiotropic effects of statins: the dilemma of wider utilization of statin,” *Egyptian Heart Journal*, vol. 75, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.1186/s43044-023-00327-8>.
- [74] H. E. Arici and M. Uysal, “Leadership, green innovation, and green creativity: a systematic review,” *Service Industries Journal*, vol. 42, no. 5–6, pp. 280–320, 2022, doi: <https://doi.org/10.1080/02642069.2021.1964482>.

- [75] K. Badar, Y. M. Kundi, A. N. Siddiquei, and A. Abualigah, “Linking environmentally-specific empowering leadership to hotel employees’ green creativity: understanding mechanisms and boundary conditions,” *Journal of Service Theory and Practice*, vol. 33, no. 3, pp. 412–435, 2023, doi: <https://doi.org/10.1108/JSTP-07-2022-0158>.
- [76] R. Farooq, Z. Zhang, S. Talwar, and A. Dhir, “Do green human resource management and self-efficacy facilitate green creativity? A study of luxury hotels and resorts,” *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 30, no. 4, pp. 824–845, 2022, doi: <https://doi.org/10.1080/09669582.2021.1891239>.
- [77] T. A. Bhutto, R. Farooq, S. Talwar, U. Awan, and A. Dhir, “Green inclusive leadership and green creativity in the tourism and hospitality sector: serial mediation of green psychological climate and work engagement,” *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 29, no. 10, pp. 1716–1737, 2021, doi: <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.1867864>.
- [78] K. Hölscher, *Transforming urban climate governance: Capacities for transformative climate governance*, vol. 28(1). Ridderprint, 2019.
- [79] S. Sterling, *Sustainable Education*. UIT Cambridge Ltd., 2015. Accessed: Sep. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.perlego.com/book/2646479/sustainable-education-revisioning-learning-and-change-pdf>
- [80] T. Szép, T. Pálvölgyi, and É. Kármán-Tamus, “Indicator-based assessment of sustainable energy performance in the European Union,” *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, vol. 34, pp. 107–124, 2022, doi: <https://doi.org/10.54337/ijsepm.7055>.
- [81] Uihlein A. and Caramizaru A., “Energy Communities: An Overview of Energy and Social Innovation,” *Luxembourg: Publications Office of the European Union*, 2020.
- [82] European Commission, “Energy Efficiency Directive,” 2023, Accessed: Sep. 28, 2024. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en#the-revised-directive
- [83] E. C. D.-G. for Energy, *Clean energy for all Europeans*. Publications Office, 2019. doi: <https://doi.org/10.2833/9937>.
- [84] European Commission, “Making Our Homes and Buildings Fit For a Greener Future,” 2021, doi: <https://doi.org/10.2775/081949>.
- [85] L. Rodrigues *et al.*, “User engagement in community energy schemes: A case study at the Trent Basin in Nottingham, UK,” *Sustain Cities Soc*, vol. 61, p. 102187, May 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102187>.
- [86] Y. Zhang, X. Bai, F. Mills, and J. (Jack’) Pezzey, “Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review,” *Energy Build*, vol. 172, May 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.05.017>.
- [87] T. Hollo, “Key Change: The Role of the Creative Industries in Climate Change Action: The Paris Agreement and Climate Justice,” 2018, pp. 341–372. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-2155-9_13.
- [88] Autoru kolektīvs, “Zinātniski metodisks izdevums TAGAD,” vol. 1, pp. 22–29, 2018, Accessed: Sep. 29, 2024. [Online]. Available: https://maciunmacies.valoda.lv/wp-content/uploads/2019/10/TAGAD_1.2018_web_small.pdf
- [89] M. Hu, J. Świerzawski, J. Kleszcz, and P. Kmiecik, “What are the concerns with New European Bauhaus initiative? Vernacular knowledge as the primary driver toward a sustainable future,” *Next Sustainability*, vol. 1, p. 100004, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.nxsust.2023.100004>.
- [90] M. Basadur and T. Basadur, “Attitudes and Creativity,” in *Encyclopedia of Creativity*, 2011, pp. 85–95. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375038-9.00017-0>.

- [91] H. Şebnem, F. Li, and A. Alraouf, *TOWARDS HOLISTIC CLIMATE-RESPONSIVE PLANNING FOR EQUITABLE PLACES AND COMMUNITIES*. 2024.
- [92] J. Chilvers, R. Bellamy, H. Pallett, and T. Hargreaves, “A systemic approach to mapping participation with low-carbon energy transitions,” *Nat Energy*, vol. 6, no. 3, pp. 250–259, 2021, doi: <https://doi.org/10.1038/s41560-020-00762-w>.
- [93] J. Schot and F. Geels, “Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy,” *Technol Anal Strateg Manag*, vol. 20, pp. 537–554, Sep. 2008, doi: <https://doi.org/10.1080/09537320802292651>.
- [94] F. W. Geels, “The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms,” *Environ Innov Soc Transit*, vol. 1, no. 1, pp. 24–40, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>.
- [95] H. Allcott and S. Mullainathan, “Behavior and Energy Policy,” *Science (1979)*, vol. 327, no. 5970, pp. 1204–1205, Mar. 2010, doi: <https://doi.org/10.1126/science.1180775>.
- [96] W. Abrahamse, L. Steg, C. Vlek, and T. Rothengatter, “A review of intervention studies aimed at household energy conservation,” *J Environ Psychol*, vol. 25, no. 3, pp. 273–291, 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.08.002>.
- [97] M. A. Andor and K. M. Fels, “Behavioral Economics and Energy Conservation – A Systematic Review of Non-price Interventions and Their Causal Effects,” *Ecological Economics*, vol. 148, pp. 178–210, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.01.018>.
- [98] G. Gardner and P. Stern, *Environmental Problems and Human Behavior, Second Edition*. Pearson Custom Publishing, 2002.
- [99] R. S. Nickerson, *Psychology and environmental change*. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2003.
- [100] S. Clayton *et al.*, “Psychological research and global climate change,” *Nat Clim Chang*, vol. 5, no. 7, pp. 640–646, Jul. 2015, doi: <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2622>.
- [101] L. Govindarajan, M. F. Bin Mohideen Batcha, and M. K. Bin Abdullah, “Solar energy policies in southeast Asia towards low carbon emission: A review,” *Heliyon*, vol. 9, no. 3, Mar. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14294>.
- [102] M. Hustveit, J. S. Frogner, and S. E. Fleten, “Tradable green certificates for renewable support: The role of expectations and uncertainty,” *Energy*, vol. 141, pp. 1717–1727, Dec. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2017.11.013>.
- [103] J. C. F. De Winter and D. Dodou, “Five-Point Likert Items: t test versus Mann-Whitney-Wilcoxon,” vol. 15, no. 11, 2010.
- [104] D. L. Clason and T. J. & Dormody, “Analyzing-Data-Measured-By-Individual-Likert-Type-Items,” *J Agric Educ*, vol. 35(4), pp. 31–35. – 35, 1994, doi: <https://doi.org/10.5032/jae.1994.04031>.
- [105] M. Kraska-Miller, *Nonparametric Statistics for Social and Behavioral Sciences*, 1st ed. CRC Press, 2013. Accessed: Sep. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.perlego.com/book/1605948/nonparametric-statistics-for-social-and-behavioral-sciences-pdf>
- [106] A. E. Şenaras, “A Suggestion for Energy Policy Planning System Dynamics,” 2018, pp. 658–681. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3935-3.ch019>.
- [107] M. Pásková, K. Štekerová, M. Zanker, T. T. Lasisi, and J. Zelenka, “Water pollution generated by tourism: Review of system dynamics models,” *Heliyon*, vol. 10, no. 1, p. e23824, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E23824>.
- [108] B. Lyu, S. Hong, S. Oh, and I. Moon, “Raw material supply strategy for petrochemical process under market uncertainty,” *Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 44, pp. 1519–1524, Jan. 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64241-7.50248-2>.

- [109] J. W. Forrester, "Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers," *Harv Bus Rev*, vol. 36, no. 4, pp. 37–66, 1958, doi: <https://doi.org/10.1225/58404>.
- [110] A. Blumberga *et al.*, "Impact of the 2022 energy crisis on energy transition awareness in Latvia," *Energy*, vol. 306, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132370>.
- [111] L. Govindarajan, M. F. Bin Mohideen Batcha, and M. K. Bin Abdullah, "Solar energy policies in southeast Asia towards low carbon emission: A review," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, p. e14294, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14294>.
- [112] M. Hustveit, J. S. Frogner, and S.-E. Fleten, "Tradable green certificates for renewable support: The role of expectations and uncertainty," *Energy*, vol. 141, pp. 1717–1727, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.013>.
- [113] A. Simola, A. Kosonen, T. Ahonen, J. Ahola, M. Korhonen, and T. Hannula, "Optimal dimensioning of a solar PV plant with measured electrical load curves in Finland," *Solar Energy*, vol. 170, pp. 113–123, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.05.058>.
- [114] Autoru kolektīvs, *Metodiskais materiāls sociālam darbam kopienā*. Rīga, 2023. Accessed: Sep. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.lm.gov.lv/lv/media/24606/download?attachment>
- [115] L. Steg and C. Vlek, "Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda," *J Environ Psychol*, vol. 29, no. 3, pp. 309–317, Sep. 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.10.004>.
- [116] Brakovska V., Vanaga R., Bohvalovs G., Blumberga A., and Blumberga D., "Climate Conscious Communities: Navigating Transformation through Simulation Games and Creative Engagement," CONECT. International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies, 2024, p. 50. doi: <https://doi.org/10.7250/CONNECT.2024.032>.
- [117] Blumberga A., "Modelēšanas pieejas vērtējot enerģētikas politikas efektivitāti 2030.gada mērķu izpildei," Rīga, Nov. 2019. Accessed: Oct. 27, 2024. [Online]. Available: https://videszinatne.rtu.lv/en/wp-content/uploads/2019/12/Andra_Blumberga_Latvia_LV_27112019_optimize.pdf
- [118] N. T. Nguyen, A. Collins, and C. M. Collins, "Trends and patterns in the application of co-production, co-creation, and co-design methods in studies of green spaces: A systematic review," *Environ Sci Policy*, vol. 152, p. 103642, Feb. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2023.103642>.
- [119] M. Ahn *et al.*, "Running or gaming," in *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, in ACE '09. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009, pp. 345–348. doi: <https://doi.org/10.1145/1690388.1690455>.
- [120] M. Ç. Uludağlı and C. Acartürk, "User interaction in hands-free gaming: A comparative study of gaze-voice and touchscreen interface control," *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 26, no. 4, pp. 1967–1976, 2018, doi: <https://doi.org/10.3906/elk-1710-128>.
- [121] J. Liedtka, "Putting Technology in Its Place: Design Thinking's Social Technology at Work," *Calif Manage Rev*, vol. 62, no. 2, pp. 53–83, 2020, doi: <https://doi.org/10.1177/0008125619897391>.
- [122] M. Oliveira, E. Zancul, and M. S. Salerno, "Capability building for digital transformation through design thinking," *Technol Forecast Soc Change*, vol. 198, p. 122947, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2023.122947>.
- [123] J. Auernhammer and B. Roth, "What is Design Thinking?," doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17861.22243>.

- [124] T. J. Pinch, "What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History. By Walter G. Vincenti · Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press, 1990, viii + 326 pp. Charts, illustrations, tables, notes, and index. \$45.00. ISBN 0-8018-3974-2.," *Bus Hist Rev*, vol. 66, no. 1, pp. 205–206, 1992, doi: <https://doi.org/10.2307/3117073>.
- [125] K. Krippendorff, "On the Essential Contexts of Artifacts or on the Proposition That 'Design Is Making Sense (Of Things),'", *Design Issues*, vol. 5, no. 2, pp. 9–39, 1989, doi: <https://doi.org/10.2307/1511512>.
- [126] V. Papanek, *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*, no. 2nd ed. Pantheon Books, 1972.
- [127] A. Wingard, R. Kijima, M. Yang-Yoshihara, and K. Sun, "A design thinking approach to developing girls' creative self-efficacy in STEM," *Think Skills Creat*, vol. 46, p. 101140, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/J.TSC.2022.101140>.
- [128] S. Magistretti, E. Bellini, C. Cautela, C. Dell'Era, L. Gastaldi, and S. Lessanibahri, "The perceived relevance of design thinking in achieving innovation goals: The individual microfoundations perspective," *Creativity and Innovation Management*, vol. 31, no. 4, pp. 740–754, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.1111/caim.12519>.
- [129] S. Magistretti, C. Tu, A. Pham, and C. Dell'era, "Enlightening the dynamic capabilities of design thinking in fostering digital transformation," *Industrial Marketing Management*, vol. 97, pp. 59–70, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.06.014>.
- [130] M. Oliveira, E. Zancul, and A. L. Fleury, "Design thinking as an approach for innovation in healthcare: systematic review and research avenues," *BMJ Innov*, vol. 7, no. 2, p. 491, Apr. 2021, doi: [10.1136/bmjinnov-2020-000428](https://doi.org/10.1136/bmjinnov-2020-000428).
- [131] K. D. Elsbach and I. Stigliani, "Design Thinking and Organizational Culture: A Review and Framework for Future Research," *J Manage*, vol. 44, no. 6, pp. 2274–2306, 2018, doi: <https://doi.org/10.1177/0149206317744252>.
- [132] M. Carroll, S. Goldman, L. Britos, J. Koh, A. Royalty, and M. Hornstein, "Destination, imagination and the fires within: Design thinking in a middle school classroom," *International Journal of Art and Design Education*, vol. 29, no. 1, pp. 37–53, Feb. 2010, doi: <https://doi.org/10.1111/J.1476-8070.2010.01632.X>.
- [133] UK Design Council, "The 'Double Diamond' design process model," The Double Diamond. Accessed: Feb. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/the-double-diamond/>
- [134] Natalie Qureshi and Matthew Jackson, "The Future City Game," 2010. [Online]. Available: www.recognition.homesandcommunities.co.uk
- [135] M. Calco and A. Veeck, "The Markathon: Adapting the Hackathon Model for an Introductory Marketing Class Project," *Marketing Education Review*, vol. 25, no. 1, pp. 33–38, Jan. 2015, doi: <https://doi.org/10.1080/10528008.2015.999600>.
- [136] J. Falk *et al.*, *The Future of Hackathon Research and Practice*. 2022. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.08963>.
- [137] A. Nolte, I.-A. Chounta, and J. D. Herbsleb, "What Happens to All These Hackathon Projects? Identifying Factors to Promote Hackathon Project Continuation," *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, vol. 4, no. CSCW2, Oct. 2020, doi: <https://doi.org/10.1145/3415216>.
- [138] A. Stoltzfus *et al.*, "Community and Code: Nine Lessons from Nine NESCent Hackathons [version 1; peer review: 1 approved, 1 approved with reservations] ," *F1000Res*, vol. 6, no. 786, 2017, doi: <https://doi.org/10.12688/f1000research.11429.1>.
- [139] D. Armitage, A. Dale, E. Kocho-Schellenberg, and E. Patton, "Co-management and the co-production of knowledge: Learning to adapt in Canada's Arctic," *Global*

- Environmental Change*, vol. 21, pp. 995–1004, Aug. 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.006>.
- [140] S. Bremer and S. Meisch, “Co-production in climate change research: reviewing different perspectives,” *Wiley Interdiscip Rev Clim Change*, vol. 8, Jul. 2017, doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.482>.
- [141] S. Saleem, E. Dhuey, L. White, and M. Perlman, “Understanding 21st century skills needed in response to Industry 4.0: Exploring scholarly insights using bibliometric analysis,” *Telematics and Informatics Reports*, p. 100124, Feb. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/J.TELER.2024.100124>.
- [142] M. Li, J. Zhang, Q. He, W. Yan, and L. Zhang, “Research progress of fluorescence imaging in intraoperative navigation based on VOSviewer bibliometric analysis,” *Microchemical Journal*, vol. 196, p. 109709, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/J.MICROC.2023.109709>.
- [143] L. Lundberg, “Bibliometric Mining of Research Directions and Trends for Big Data,” Nov. 2022. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2233095/v1>.
- [144] B. Markscheffel and F. Schröter, “Comparison of two science mapping tools based on software technical evaluation and bibliometric case studies,” *COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management*, vol. 15, no. 2, pp. 365–396, Jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.1080/09737766.2021.1960220>.
- [145] C. L. Hwang and K. Yoon, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York, 1981. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>.
- [146] M. Sayed Ali Osman, G. Eldin Abd El, and H. Mohamed, “Parametric Analysis on the MCDM using TOPSIS,” *International Journal of Mathematics Trends and Technology*, vol. 35, no. 2, 2016, [Online]. Available: <http://www.ijmtjournal.org>
- [147] Ministry of Economics, “Support for households in heating season 2022./2023.” Accessed: Sep. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.kem.gov.lv/lv/valsts-atbalsts-20222023-apkures-sezona>
- [148] Darzina L., “Support for households for partial compensation of heating season expenses is enshrined in law.,” *LatvijasVestnesis*. Accessed: Sep. 29, 2024. [Online]. Available: <https://lvportals.lv/skaidrojumi/343556-valdiba-apstiprina-atbalstapasadzinasajuma-dalejai-kompensesanai-majsaimniecibam-2022>
- [149] A. Kalnbalkite, V. Brakovska, V. Terjanika, J. Pubule, and D. Blumberga, “The tango between the academic and business sectors: Use of co-management approach for the development of green innovation,” *Innovation and Green Development*, vol. 2, no. 4, p. 100073, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100073>.
- [150] A. Aslani, P. Helo, and M. Naaranoja, “Role of renewable energy policies in energy dependency in Finland: System dynamics approach,” *Appl Energy*, vol. 113, pp. 758–765, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.015>.
- [151] V. Brakovska and A. Blumberga, “The Influence of Young People on Household Decisions on Energy Efficiency in Latvia,” *Environmental and Climate Technologies*, vol. 28, no. 1, pp. 45–57, 2024, doi: <https://doi.org/10.2478/rtuct-2024-0005>.
- [152] B. Zlaugotne, L. Zihare, L. Balode, A. Kalnbalkite, A. Khabdullin, and D. Blumberga, “Multi-Criteria Decision Analysis Methods Comparison,” *Environmental and Climate Technologies*, vol. 24, no. 1, pp. 454–471, 2020, doi: [doi:10.2478/rtuct-2020-0028](https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0028).
- [153] E. Borgonovo and E. Plischke, “Sensitivity analysis: A review of recent advances,” *Eur J Oper Res*, vol. 248, no. 3, pp. 869–887, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.06.032>.

- [154] S. Razavi *et al.*, “The Future of Sensitivity Analysis: An essential discipline for systems modeling and policy support,” *Environmental Modelling & Software*, vol. 137, p. 104954, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104954>.

PUBLIKĀCIJU KOPA

Energy Community Measures Evaluation via Differential Evolution Optimization

Girts BOHVALOVS^{1*}, Ruta VANAGA², Vita BRAKOVSKA³, Ritvars FREIMANIS⁴,
Andra BLUMBERGA⁵

^{1–5}*Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University, Azenes iela 12/1, Riga, LV-1048, Latvia*

Abstract – Energy communities are paving the way for new cooperation opportunities related to energy consumption and energy production. Individuals unite in energy communities to reduce the costs related to energy consumption. Although previous work has mainly focused on energy exchange inside the community. This work aims to investigate the Pareto-optimal solutions to the transformation of a historical district into an energy community. For energy efficiency and production measure calculation, a system dynamics model is developed. Multi-objective differential evolution optimization method is employed for the evaluation of energy efficiency and production measures with a focus on net present value, self-sufficiency, annual emission reduction, and specific heat consumption. The optimization target functions can be increased at a cost in net present value. Replacement of household appliances and windows enables significant energy demand reductions while maintaining positive net present value. Electricity production from photovoltaic panels offers an additional pathway to increase self-sufficiency share while maintaining positive net present value.

Keywords – Clean energy; energy efficiency; multi-objective; pareto-optimal; thermal storage; renewable energy; sustainability

1. INTRODUCTION

1.1. The Essence of Energy Communities

Energy communities are associations voluntarily established by citizens with a common interest in implementing energy efficiency measures and introducing renewable energy sources to reduce their consumption, and energy costs, and increase self-sufficiency [1]. Establishing these communities can alleviate energy poverty and empower citizens to become prosumers [2].

Energy communities make it easier to attract private investments in renewable energy production, provide flexibility with demand-response and storage technologies, and increase public acceptance of such projects [3]. Mentioned possibilities follow the ‘Clean Energy for all Europeans package’ policy framework to move away from fossil fuels toward cleaner energy [4]. The transition contributes to the reduction of greenhouse gas emissions, as of the current situation buildings are responsible for 40 % of EU energy consumption and 36 % of the energy-related GHG emissions, and 75 % of buildings are not energy efficient [5].

* Corresponding author.
E-mail address: girts.bohvalovs@rtu.lv

1.2. Modelling Application in Energy Communities

Various models have been developed to assess the potential of energy communities. The pool trading model considering home energy management systems within the energy community can decrease end-user costs by 16.63 % [6]. Energy communities allow prosumers to exchange the energy produced locally and reduce the need for external energy sources [7]. Shared renewable energy generation can provide greater self-consumption shares to the aggregated load of a building [8]. These are only a few examples of available studies on the energy community modelling. Mainly studies focus on electricity production and exchange in the energy community. The topics included are – rooftop photovoltaic panels (PV), battery electricity storage, demand side management, time of use tariffs, etc., [9]–[14]. The energy community studies focus on single-objective or multi-objective optimization inside the community through introduction of energy exchanges. However, it is not investigated how various combinations energy community measures go hand in hand through multiple objectives.

This study aims to determine optimal solutions from a heat and electricity demand perspective for energy communities based on self-sufficiency share, net present value, specific heat consumption, and emission reduction percentage after implementing energy efficiency, energy production, and energy storage technologies. A system dynamics model of monthly demand and supply of energy flows has been developed for this analysis. The model allows exploring energy efficiency measures, on-site renewable energy production, and thermal energy storage potential in energy communities. The multi-objective differential evolution optimization method is applied for the evaluation of Pareto-optimal solutions.

2. MATERIALS AND METHODS

Fig. 1 shows the overall research framework of this study. Scientific publications on energy communities and their current modelling trends are reviewed. The energy community system dynamics model is developed that evaluates energy efficiency, energy production, and energy storage measures. Additionally, the model uses input data such as weather, electricity consumption profile, building envelope areas, and thermal resistances. In this model energy consumption is evaluated before and after the implementation of measures. A multi-objective differential evolution optimization method is applied to the energy community model to find the optimal solutions between net present value and energy self-sufficiency, specific heat consumption, and percentage emission reduction. Following the Pareto-optimal solution curve recommendations are provided for the implementation of energy efficiency, energy production, and energy storage measures.

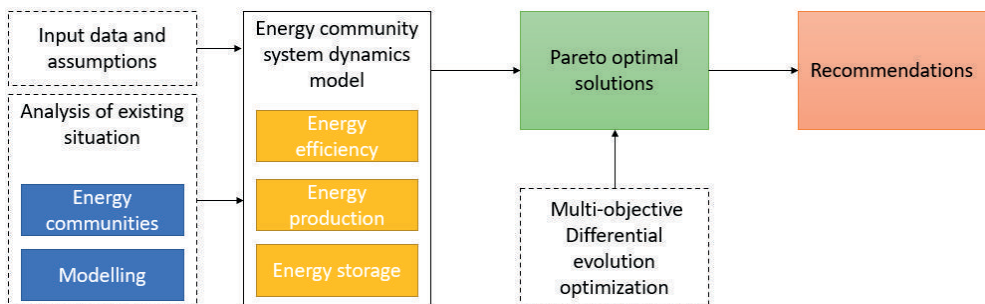


Fig. 1. Research framework.

2.1. System Dynamics

System dynamics is a powerful computational tool to model complex and dynamic processes. The system dynamics approach is based on studying the change in behaviour of a system and the underlying structure underlying the behaviour. The structural analysis of the system and the interlinkages of the system components offer a better understanding of the system [15]. Stocks and flows are building blocks of system dynamics models [16]. A modelling software Stella® Architect [17] was used for model development.

2.2. Energy Community System Dynamics Model

The generic model framework consists of 3 interrelated sectors – energy demand, renewable energy production, and thermal storage. The developed model structure is applied to all buildings in the energy community. These sectors are interrelated by weather data, heating demand, and electricity demand. Measures can be applied to develop well-being and sustainability in the energy community. In what follows we will discuss these sectors in some detail. The community [18] is composed of 17 buildings. The general characteristic of the community is given in Table 1. The building parameters include building envelope areas (A), thermal resistance (R), heat loss coefficient (H_c), and the number of floors in the building (F).

TABLE 1. BUILDING PARAMETERS USED IN THE MODEL

Building envelope	Variable	Minimum	Maximum	Mean
Walls	A , m ²	373	2874	1179
	R , m ² -K/W	1	1	1
	H_c , W/K	373	2874	1179
Windows	A , m ²	33	1300	314
	R , m ² -K/W	0.36	0.59	0.42
	H_c , W/K	16.5	3510	320
Basement	A , m ²	185	1700	563
	R , m ² -K/W	0.70	1.67	1.32
	H_c , W/K	110.63	2431	425
Roof	A , m ²	185	1700	563
	R , m ² -K/W	2.13	4.78	3.30
	H_c , W/K	38.	799	171
Living space	A , m ²	558	7276	2125
Floors	F , unitless	1	5	3.41

2.2.1. Energy Efficiency Module

Initially, the energy efficiency module calculates building thermal losses based on heat loss coefficients and the difference between the set point of desired building inner temperature of 20 °C, and the outside temperature, the calculations also include inner heat gains and solar heat gains. The heat loss coefficient can be reduced by applying insulation measures resulting in reduced heating energy consumption and reduced annual heating expenses.

The energy efficiency of electrical appliances and user behaviour mainly affect the electricity consumption of a building. Cooling appliances can significantly increase electricity requirement during summer months, similarly, electrical individual heating appliances increase electricity consumption during the heating season to reach desired room temperature. Initially, the historical electricity consumption of the buildings is taken and re-calculated after applying energy efficiency measures. The area used in this study contains a

large data centre resulting in an increased annual electricity consumption share of 48 % compared to other residential areas [19].

2.2.2. Renewable Energy Production Module

As solar photovoltaics (PV) become a more popular renewable energy production option in the residential sector, energy communities can provide a substantial share of clean and renewable energy production [6]. Following renewable electricity, production options are considered in this study PV, and a photovoltaic-thermal hybrid system (PVT) [20]. Wind energy was not considered in this work due to technical and regulatory challenges related to the use of wind turbines in an urban/suburban setting.

Building rooftops, especially in cities, offer an opportunity for energy communities for decentralized energy production via solar technologies. The total available rooftop in the community is 9569 m². It is assumed that 450 W monocrystalline solar panels are used [21]. The panel efficiency is 22.2 %. A fully covered rooftop area would allow a total of 2120 kW installed capacity. Additionally, inverters are used [22]. During the low electricity consumption times and high solar production, the voltage on the inverter outlets increases. Eventually, when it reaches the maximum permissible value, the inverter switches off. Interaction between the solar energy produced and the inverter must result in the least possible switch-off periods. As every inverter switch off decreases the electricity production financial benefits [23].

It is assumed that the community uses the NET settlement system. NET settlement system allows prosumers to reduce their electricity bills and deliver electricity to the grid. In moments when electricity production exceeds electricity demand, surplus electricity is delivered to the grid. Electricity delivered to the grid acts as stock and is accumulated. Electricity is taken from the stock when the renewable electricity production is below the electricity demand [24]. Each interaction with the network results in different end-user electricity costs shown in Table 2.

TABLE 2. INTERACTION WITH THE NETWORK AND RESULTING COMPONENT INCLUDED IN THE FINAL ELECTRICITY PRICE

Electricity source	Electricity tariff	Mandatory procurement component		Distribution and transmission operator services	
		Variable cost	Fixed cost	Variable cost	Fixed cost
Demand is covered by renewables			x		x
Demand is covered within savings			x	x	x
Demand is covered from grid	x	x	x	x	x

2.2.3. The Thermal Energy Storage Module

Photovoltaic-thermal hybrid solar systems produce most of the heat in summer periods when heat demand is required for water heating, and the lowest production occurs during winter months when buildings require heat to maintain the indoor temperature of the building. Therefore, seasonal thermal energy storage is added to increase the use of renewable energy and increase self-consumption share in the community. It is assumed that thermal storage is located underground.

The thermal energy system depends on the available incoming heat supply from PVT and heat pump capacity. Incoming heat from PVT is consumed instantaneously and excess

production is stored in buffer tank storage. Based on heat pump capacity and available thermal storage volume the excess incoming heat is transferred to seasonal thermal storage. Heat is delivered from thermal storage to buildings in periods when PVT cannot supply the current heat demand. The produced energy is stored during summer and used for heating during the winter period.

2.3. Multi-Objective Different Evolution Optimization

Optimization means to find the single (and global) minimal or maximal value of an objective function defined over some search space [25]. The differential evolution (DE) optimization method was used, which is a population-based evolutionary method for real-valued global optimization that creates new solutions using rapidly computed differences in existing solutions, i.e., mutation [26]. The mutation operation ‘DE/rand/1’ has been selected for this study [27]. DE operates by combining existing solutions with weighted difference vectors from other solutions, i.e., crossover. Weighted differences in existing solutions allow DE to automatically adapt its step size and its orientation as convergence occurs, shifting from exploration to exploitation method, i.e., selection [26]. It tends to converge faster to the global optimum than other real-valued optimization methods [28].

Most real-world problems involve simultaneous optimization of several objective functions that are measured in different units and are often competing and conflicting [29]. Multi-objective optimization having such conflicting objective functions gives rise to a set of optimal solutions, instead of one optimal solution because no solution can be better than any other concerning all objectives, also called Pareto-optimal solutions [30]. The non-dominated sorting approach is applied. To sort a population each solution must be compared with every other solution in the population to find if it is dominated [31]. In case the selected solution is not dominated by any other solutions, it is moved to the first front [32]. All solutions in the first front form a non-dominated set and are Pareto-optimal solutions.

For optimization following measures have been selected given in Table 3.

TABLE 3. ENERGY EFFICIENCY, ENERGY PRODUCTION, AND THERMAL STORAGE MEASURE VARIABLES USED IN OPTIMIZATION

Measure	Measurement unit	Minimum value	Maximum value	Increment
Wall insulation thickness	m	0	0.25	0.01
Roof insulation thickness	m	0	0.4	0.01
Basement insulation thickness	m	0	0.15	0.01
Replacement of electrical equipment	%	0	100	1
Heat pump capacity	kW	0	200	1
The rooftop area used for production	%	0	100	1
Photovoltaics share of rooftop area*	%	0	100	1
Buffer tank volume	m ³	0	100	1
Thermal storage volume	m ³	0	500	1
Inverter capacity	kW	0	250	1
Window replacement	%	0	100	1

*Photovoltaic share of rooftop also indicates the PVT share of the rooftop area. A 75 % photovoltaics share equals a 25 % PVT share.

Energy efficiency measures include insulation thickness for building envelopes and window replacement. It is assumed that Rockwool insulation is used with a heat transfer coefficient

of 0.035 W/(m·K) [33]. Windows are replaced with polyvinyl chloride (PVC) windows with a U-Value of 0.7 W/(m²·K) [34]. Energy production measures are focused on available rooftop areas including the share of total rooftop area used and the share of PV and PVT panels on the rooftop. Inverter capacity for electricity production is also included. For the buffer tank, a maximum volume of 100 m³ [35] has been selected and it acts as low-temperature heat storage. The capacity of the heat pump [36] determines how much heat can be transferred from the buffer tank to the main thermal energy storage and supplied to the community. The thermal energy storage volume has been restricted to 500 m³.

Optimizations were made for two variables at a time. For this algorithm a population size of 200, and 100 generations have been chosen at scaling factor of 0.6, and crossover probability of 0.2, this combination was found to be optimal for convergence during optimization tests.

Following objective functions have been chosen – net present value with an economic lifetime of 20 years and an interest rate of 7 %, the net present value shown in results is at the end of the economic lifetime, self-sufficiency share, specific heat consumption, and emission reduction share. All the output variables are minimized except the net present value and Pareto-optimal sets are found by optimizing two output variables at a time. The combinations considered are – net present value and self-sufficiency share, net present value and specific heat consumption, and net present value and emission reduction share.

3. RESULTS

In Fig. 2 the interaction between net present value and self-sufficiency share. The following measures are provided by the optimization algorithm. The largest net present value is gained from window replacement and replacement of electrical equipment. Both measures do not provide energy production therefore there is no change in self-sufficiency share.

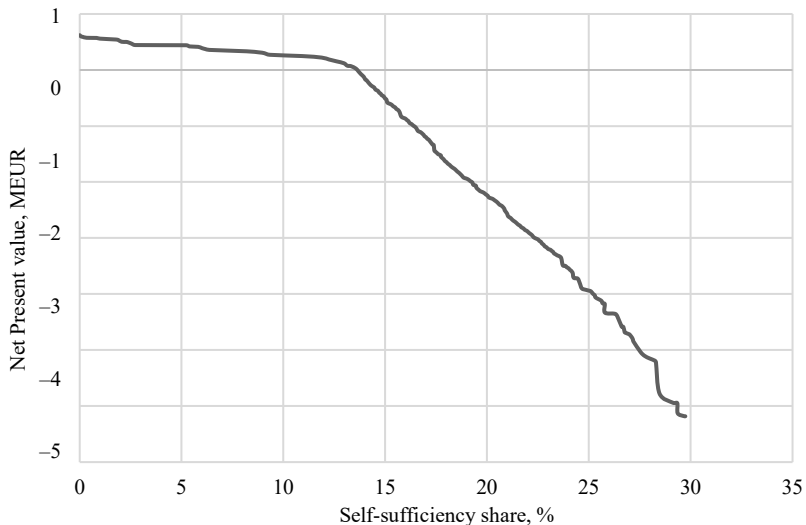


Fig. 2. Pareto optimal solutions in terms of net present value and self-sufficiency share.

By introducing energy production measures self-sufficiency share starts to increase at a cost in net present value. While maintaining positive net present value combinations of the

following measures are considered – PV and PVT use, replacement of electrical equipment, and replacement of windows. As storage volume is increasing more powerful heat pumps are required to supply the heat to the community. The breakpoint occurs at a self-sufficiency share of 13 %. After the breaking point, building insulation measures are included and the available rooftop area is fully covered with PV. As self-sufficiency share increases less PV capacity is installed and the focus shifts on PVT installation to cover electricity and heat demand. To maintain a positive net present value a PV share in the range of 90–100 % of the available rooftop area is required. The largest net present value has been found at 622 thousand Euros and the largest self-sufficiency share is 29.74 %.

Optimizing net present value and specific heat consumption in Fig. 3 gives similar results for net present compared to previous optimization results described above. Although, in this optimization scenario, energy production, and energy storage measures are not provided in the non-dominated solution set.

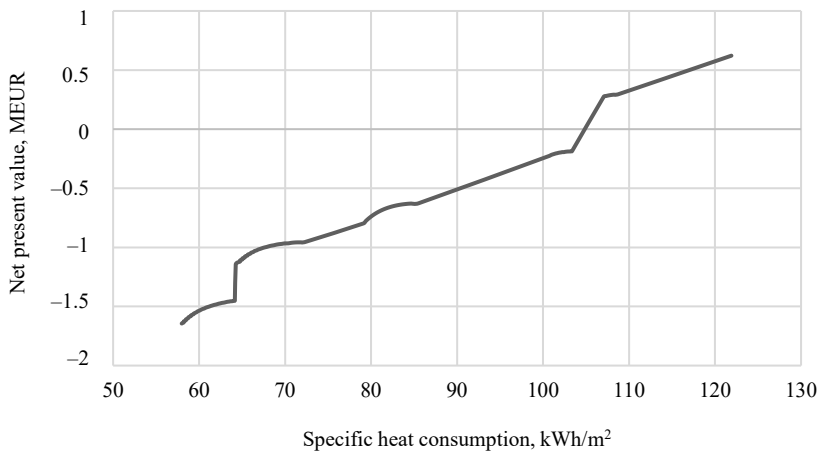


Fig. 3. Pareto-optimal solutions in terms of net present value and specific heat consumption.

The decrease in specific heat consumption at a cost in net present value is provided by energy efficiency policies. Mainly window replacement and base insulation with a thickness of 10–15 cm while maintaining a positive net present value. To decrease specific heat consumption even more roof insulation is required ranging from 22–40 cm in thickness is added. After the specific heat consumption reaches a value of 100 kWh/m² combinations of wall insulation and roof are included while maintaining a basement insulation thickness of 15 cm.

Optimization between maximizing the net present value and minimizing emission decrease percentage in Fig. 4 results in similar measures related to net present value and self-sufficiency share optimization. Replacement of electrical equipment and windows could decrease emissions by up to 18 % in the community. Applying thermal storage, energy production measures, and building envelope insulation measures could reduce emissions by up to 57 %.

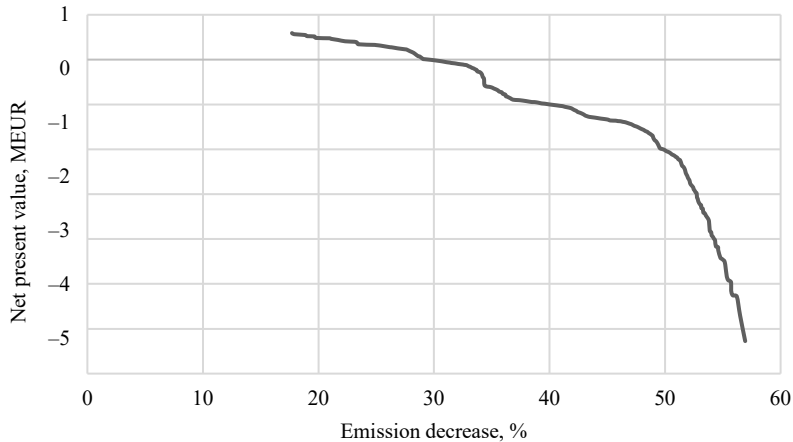


Fig. 4. Pareto-optimal solutions in terms of net present value and emission reduction share.

4. DISCUSSION

The multi-objective differential evolution optimization method allows to quickly explore the possible outcomes for energy communities based on the defined payoffs. Previous works have focused on applying linear optimization methods. In the case of large models with various combinations of possible measures, linear optimization might be unfavorable, due to the complex nature of these systems. The optimization used in this study focused on two variables at a time whereas multiple payoff dimensions can be defined, e.g., search for measures providing the least emissions, maximizing net present value, and self-sufficiency share. Therefore, differential evolution optimization is favorable in this case.

Each energy community has its purpose whether to reduce energy costs, and emissions or to increase the share of renewable energy used. Based on findings in this research, there are many directions that energy communities can go in their goals. Although, the limitation of this study is the exclusion of private vehicle measures such as the shift from fossil fuel vehicles to electric vehicles, car sharing, and electric vehicles' use for demand response in the energy community.

External factors such as subsidies, and decreased loan rates could potentially provide a larger incentive for engagement in energy communities and a wider range of solutions regarding the financial outcome. Various business models could be introduced into the community such as a land lease for renewable energy production outside urban/suburban areas. Energy communities could potentially unite outside the traditionally provided scope and become focused on various business options around the community such as tourism and paid workshops related to the transformation towards an energy community. These business models could potentially reduce investment payback time.

Results show that with this combination of measures the analysed energy community will not become carbon neutral and with a self-sufficiency share of a maximum of 29.74 % will have to rely on centralized energy production. Larger thermal storage volume and inclusion of electricity storage could increase both self-sufficiency share and emission reduction share at a cost in net present value. Available area for storage installation could be a problem and must be investigated. Another investigation must be done into different energy communities.

The residential area chosen for this study has windows with low thermal resistance and a large electricity consumption share. Based on these two factors measures like replacement of electrical equipment and replacement of windows are standing out as primary goals of the energy community.

Energy community available measures depend on the costs associated with implementing these measures, energy consumption profiles of the community residents, specific energy consumption, available funding, etc. Applying this methodology may result in a similar structure of the results, but with different measures being superior to other measures.

5. CONCLUSION

Energy communities are expanding as European climate goals require rapid and systematic changes in every sector. The transformation of a multi-family residential building area into an energy community is explored via the multi-objective differential evolution optimization method. The results show that, based on defined payoffs, the priority for the chosen residential area would be the replacement of electrical equipment and the replacement of windows providing a positive net present value and reduced emissions by 18 %. Emissions in the community can be reduced up to 57 %, the specific heat consumption can be reduced up to 58 kWh/m², and self-sufficiency can be increased up to 29.74 %.

Based on the results energy communities should consider their current situation and assess possible measures based on their goals. Provided measures in this study could favour some energy communities more than others and each community could use this study as a benchmark for goal prioritization.

Future studies should consider optimization sensitivity analysis of various community types and measures, by changing specific investment costs, energy tariffs, etc. As each energy community would have to find the best combination of energy efficiency measures, energy production, and storage technologies for their current situation.

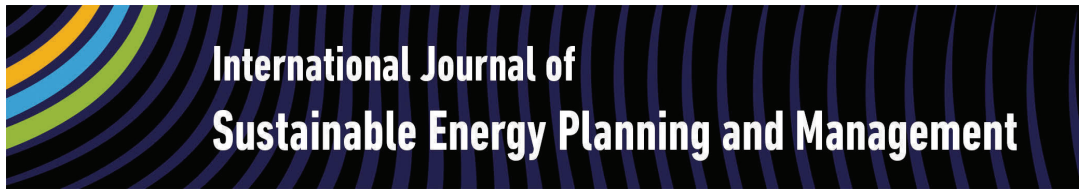
ACKNOWLEDGEMENT

This study has been funded by the Latvian Council of Science within the research project 'Bridging the carbon neutrality gap in energy communities: social sciences and humanities meet energy studies (BRIDGE)' No. lzp-2020/1-0256.

REFERENCES

- [1] Uihlein A., Caramizaru A. Energy communities: an overview of energy and social innovation. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.
- [2] Energy efficiency directive [Online]. [Accessed 4.03.2022]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en
- [3] Energy communities [Online]. [Accessed 4.03.2022]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-communities_en
- [4] Clean energy for all Europeans package [Online]. [Accessed 4.03.2022]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en
- [5] European Commission. Making our homes and buildings fit for a greener future. EC, 2021.
- [6] Javadi M. S., *et al.* Pool trading model within a local energy community considering flexible loads, photovoltaic generation and energy storage systems. *Sustainable Cities and Society* 2022;79:103747. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103747>
- [7] Scarcello L., *et al.* Cascade computing model to optimize energy exchanges in prosumer communities. *Heliyon* 2022;8(2):e08902. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08902>

- [8] Roberts M. B., Bruce A., MacGill I. A comparison of arrangements for increasing self-consumption and maximising the value of distributed photovoltaics on apartment buildings. *Solar Energy* 2019:193:372–386. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.09.067>
- [9] Reis I. F. G., Lopes M. A. R., Antunes C. H. Energy transactions between energy community members: An agent-based modeling approach. *Proceedings of the International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, SEST* 2018. <https://doi.org/10.1109/SEST.2018.8495635>
- [10] Celik B., et al. Coordinated neighborhood energy sharing using game theory and multi-agent systems. *2017 IEEE Manchester PowerTech* 2017. <https://doi.org/10.1109/PTC.2017.7980820>
- [11] Alnaser S. W., et al. Residential community with PV and batteries: Reserve provision under grid constraints. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 2020:119:105856. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.105856>
- [12] Giordano A., et al. An Energy Community Implementation: The Unical Energy Cloud. *Electronics* 2019:8(12):1517. <https://doi.org/10.3390/electronics8121517>
- [13] Kotarela F., Kyritsis A., Papanikolaou N. On the Implementation of the Nearly Zero Energy Building Concept for Jointly Acting Renewables Self-Consumers in Mediterranean Climate Conditions. *Energies* 2020:13(5):1032. <https://doi.org/10.3390/en13051032>
- [14] Fleischhacker A., et al. Portfolio optimization of energy communities to meet reductions in costs and emissions. *Energy* 2019:173:1092–1105. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.104>
- [15] System Dynamics Society. What is System Dynamics [Online]. [Accessed 03.03.2022]. Available: <https://systemdynamics.org/what-is-system-dynamics>
- [16] Meadows D. H. *Thinking in Systems*. Chelsea: Chelsea Green Publishing, 2008.
- [17] Stella Architect [Online]. [Accessed 03.03.2022]. Available: <https://www.iseesystems.com/store/products/stella-architect.aspx>
- [18] Blumberga A., et al. Transition from traditional historic urban block to positive energy block. *Energy* 2020:202:117485. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117485>
- [19] Energy consumption in households – Statistics Explained [Online]. [Accessed 15.06.2022]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households#Energy_products_used_in_the_residential_sector
- [20] Huide F., et al. A comparative study on three types of solar utilization technologies for buildings: Photovoltaic, solar thermal and hybrid photovoltaic/thermal systems. *Energy Conversion and Management* 2017:140:1–13. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.02.059>
- [21] Sunpower. 430–450 W Commercial A-Series Panels. San Jose: Sunpower.
- [22] Park A., Lappas P. Evaluating demand charge reduction for commercial-scale solar PV coupled with battery storage. *Renewable Energy* 2017:108:523–532. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.02.060>
- [23] Microgenerator connection [Online]. [Accessed 13.06.2022]. Available: <https://sadalestikls.lv/lv/mikrogenerators-pieslegsana> (In Latvian)
- [24] Enefit. NETO norekinu Sistema (NET Settlement system.). Riga: Enefit.
- [25] Zelinka I., Snasel V., Abraham A. *Handbook of Optimization: From Classical to Modern Approach*. Springer, 2013.
- [26] Price K., et al. *Differential evolution: a practical approach to global optimization*. Springer, 2005.
- [27] Qin A. K., Huang V. L., Suganthan P. N. Differential evolution algorithm with strategy adaptation for global numerical optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 2009:13(2):398–417. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2008.927706>
- [28] Storn R., Price K. Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for global Optimization over Continuous Spaces. *Journal of Global Optimization* 1997:11(4):341–359. <https://doi.org/10.1023/A:1008202821328>
- [29] de Freitas A. R. R., Fleming P. J., Guimarães F. G. Aggregation Trees for visualization and dimension reduction in many-objective optimization. *Information Sciences* 2015:298:288–314. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.11.044>
- [30] Chichakly K. *Multiobjective Design and Innovation of Robust Stormwater Management Plans*. Burlington: The University of Vermont, 2022.
- [31] Deb K., et al. A fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA-II. *Lecture Notes in Computer Science* 2000:1917:849–885. https://doi.org/10.1007/3-540-45356-3_83
- [32] Non-dominated sorting discussion [Online]. [Accessed 27.06.2022]. Available: https://www.researchgate.net/post/How_do_I_apply_non_dominated_sorting_in_multiobjective_optimizations_Is_there_any_example
- [33] Prof.lv. Rockwool insulation [Online]. [Accessed 27.06.2022]. Available: https://prof.lv/en/buvmateriali/siltumizolacijas-materiali/akmens-vate/prcextra-paroc-ultra-extra-akmens-vate-plaksnes-50x1220x610mm-1042m2?biezums_mm=104644
- [34] Takada K., et al. Thermal insulated PVC windows for residential buildings: Feasibility of insulation performance improvement by various elemental technologies. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 2021:20(3):340–355. <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1798773>
- [35] Nobel International. Buffer water tanks 160-1000 lt. Sofia: Nobel International, 2020. Daikin Europe N.V. The air to water heat pumps. Oostende: Daikin Europe N.V.



Multiplayer game for decision-making in energy communities

Vita Brakovska*, Ruta Vanaga, Girts Bohvalovs, Leonora Fila, Andra Blumberga

Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University, Azenes 12/1, Riga, Latvia

ABSTRACT

Energy communities are widely studied from various perspectives, especially in the context of geopolitical events of recent years, when humanity is faced with the need for urgent solutions to mitigate climate change and alleviate the crisis of energy resources. Although citizens' interest in the use of renewable resources has gradually grown, energy policy support measures for more active participation of society in the implementation of energy efficiency measures are still being implemented with variable success, especially through mutual agreement. Serious games are a rapidly growing tool for awareness and collaboration on a single platform for gamers seeking solutions to energy resource optimization issues. The main focus of the article is on the opportunities offered by a newly developed simulation tool for promoting the development of energy communities and the experience gained by its users. The tool's description and simulation results provide new information and knowledge for those working in the serious gaming field. The proposed solution promotes the development of new methods (tools) for decision-making processes based on serious games. This study uses a multi-player simulation tool to enable the modelling of scenarios for energy efficiency measures for apartment building block residents and energy community target goals for decision-making decisions. User experience and game mechanics were tested on a pre-selected group. The results indicate positive feedback, including a practical application for both energy community and professionals, and provide valuable recommendations for further research and improvement of the tool.

Keywords

Energy community;
Social dilemma;
Serious game;
Decision making.

<http://doi.org/10.54337/ijsepm.7549>

1. Introduction

Energy resource systems around the world are undergoing radical changes because of technological, institutional and political changes, the depletion of fossil fuel resources and climate change as well as because of global energy crises [1]. Increasing distributed energy resources at the local level requires the reorganization of centralized energy systems [2]. Due to the anticipated fundamental changes in energy supply technologies over the next few years, it's crucial to coordinate investments in energy conservation initiatives with investments in the supply side. This will help prevent excessive investment in supply systems and ultimately reduce the overall costs of transitioning to Smart Energy Systems [3].

In Europe, 70% of the population lives in urban areas and consumes about 75% of the primary energy supply. To reduce the impact of energy consumption, energy communities can help address urban sustainability and energy security issues through local energy production and self-consumption. Energy communities are associations voluntarily established by citizens with a common interest in implementing energy efficiency measures and introducing renewable energy sources to reduce their consumption, and energy costs, and increase self-sufficiency [4] Solar, biomass, and wind are the main sources of renewable energy commonly used in cities. [5]. Further exploration from a single building to

*Corresponding author – e-mail: vita.brakovska@zinis.lv

the community level allows for further improvements through sharing of energy technology and community management [6]. Therefore, a single building is considered part of a sustainable and renewable community system [7]. Buildings account for a large part of the world's energy consumption and associated CO₂ emissions. For example, the construction sector accounts for 40% of energy consumption and 36% of CO₂ emissions in Europe [8,9].

In recent years, high-performance active and passive technologies have been developed to improve the energy efficiency and sustainability of the built environment [10]. For example, recent advances in sensor and tracking technologies have created opportunities to develop behaviour change systems because of human-computer interaction [11]. Also, the recent rapid development of smart meter technology opened unprecedented perspectives in the monitoring of people's behaviour in residential buildings and has diverse applications, for example, for modelling user behaviour, specifying design values or predicting possible loads [12]. Due to the physical properties of thermal energy, information about the building's thermal energy demand and its spatial pattern is useful for the development of climate protection measures - this is evidenced by the fact that many cities in Germany prepare "heat demand cadastres" - thematic maps that depict the heat demand of buildings [13].

High energy efficiency can only be achieved if the impact of both technical strategies and household behaviour is considered [14]. People are a key component of a community's energy system and therefore need to be widely involved to encourage their participation in energy efficiency and sustainability initiatives [15]. Only a few publications have discussed how actions should be implemented at the consumer level to facilitate the transition of building mass populations to heat saving and energy efficient technologies in buildings [16]. The "double invisibility" of energy consumption (the fact that it cannot be seen as well as it is related to daily activities) affects the effectiveness of feedback on energy consumption [17]. While energy literacy is often assumed to be a requirement for (effective) energy saving behaviour, there is little evidence in the literature on the impact of energy literacy on energy behaviour [18]. Another of the prerequisites for achieving good results has been widely studied: the promotion of informing households about environmental issues, as this is an essential element in reducing emissions [19], in the adoption of technologies promoting energy efficiency

[20] and in the development of sustainable transport systems [21,22].

Research shows that energy literacy may be the most promising way to promote household energy saving behaviour [18]. From an energy efficiency promotion policy perspective, information programs can be useful in addressing behavioural gaps. Providing more reliable information can reduce uncertainty in the decision-making process, leading consumers to make better decisions [23]. Given the sociological nature of the energy community, it also faces the social dilemma of a conflict between selfish interest and the common good, since anyone who pursues the former ends up with lower results than when cooperating with the community. In strategic interactions with complex choices, the prisoner's dilemma emerges, where individual and community gains must be decided. Also, in the case of common interests, participants may face not only collective interests, but also the instability of joint choice, which is affected by the heterogeneous profile of decision makers. Therefore, bargaining as an element of interaction is characteristic of conflicting parties, and one of the ways to promote resource management in the energy community is through collective awareness-building platforms, through which innovative ways of citizen participation can be offered, while identifying their interests and giving them the opportunity to contribute to the solution of such sustainability issues, where a social dilemma occurs in an environment of many decision makers [24–27].

In many cases in resource management, where several interacting parties are involved, they create conditions when each user with his decision changes the environment of other users and affects his own expected results. A classic example of such potentially negative interdependence is the "tragedy of the commons" [28]. In recent decades, the world has become increasingly interconnected between nature, society, and technology, and the disciplines that manage them are also developing [29].

Serious games are gaining increasing interest as a means of social learning that leverages the appeal of games and the value proposition of technology. Recent technological advances have led to the introduction of realistic digital environments in which players can feel the spirit of adventure while gaining new knowledge, developing skills, and applying new competencies to achieve their goals [30]. Therefore it is a relevant tool today to explore the knowledge, attitudes and behaviors

of individuals that influence energy consumption levels worldwide [31].

However, the main challenge of serious games is the potential transformation of passion and involvement into the acquisition and application of applicable knowledge - decision-making. Serious games must demonstrate transfer of learning while maintaining an engaging and entertaining format. A balance between fun and practical measures should be implemented throughout the game development stage [32–33].

This study focuses on testing an intervention strategy in multifamily housing blocks using a serious gaming approach, complemented by immediate player feedback in a final survey. The idea of using real-time data visualization and expressing the results in absolute numbers is a common approach. However, the integration of the social dilemma principle opened a new way of evaluating consumer behaviour, seeking a balance between selfish and communal interests.

Research has so far identified 34 games, of which four had aspects related to demand response and only five had aspects related to energy communities or shared energy resources. None of the games had both aspects, yet they had connections to real-life events, such as making the player's home energy consumption affect the outcome of the game. This highlights the fact that the concepts are new and there is a demand for a serious game that covers it [34].

The research question of this study is whether the developed simulation tool - a multiplayer game based on a physical system and an integrated model of role-playing elements - provides its users with a gaming experience (convenience and transparency) and helps to identify and analyze players' efforts in achieving a common goal.

It is a new approach that offers a new perspective on knowledge dissemination to users, social learning, and new experience of participation in shared decision making, based on a serious game simulation model and tool.

Serious games are process simulations or simulations of real events designed to solve challenges and can be used to track and evaluate complex energy consumption behaviours of users [35]. Research results already demonstrate that gamification significantly improves users' knowledge, attitudes, behavioural intentions, and actual behaviour, as well as economic bill savings compared to control groups, while reward-based game design elements improve sustainable behavioural outcomes [36].

However, new ways to balance the methodological trade-off between simplicity and comprehensiveness are still being sought. A serious gaming approach can serve as an effective platform where, using interactive digital simulations, complex modelling results can be turned into information understandable to the everyday user, which stakeholders can share, discuss [28] and use as a basis for decision-making.

To live up to the expectations placed on serious games, it is crucial that they reflect practice-based situations and their specific contexts. Collaborative and participatory approaches are potentially useful for developing serious games that can help to express and translate existing contexts, social conflicts, and institutional responses into a game context [37]. Although the benefits are recognized in the literature, researchers emphasize that collaborative and participatory design approaches to serious game development have still attracted only limited academic attention [38–40]. The essence of this study is to bridge the gap between academic and real-world approaches by rethinking game construction and suitability to the requirements of energy communities.

Serious games are widely studied in the literature and the energy sector is one of the areas where various serious games are implemented. While aspects of a power distribution system may seem self-explanatory to engineers, the concepts and system architecture can be difficult for non-specialists to grasp. Therefore, many serious games focus on universal and simple concepts, such as energy conservation and optimal use of electricity in people's homes. Only a few games go far beyond entertainment-based approaches and focus on joint decisions, such as the use of a shared energy resource, so that the actions of each participant do not jeopardize the quality of life and the availability of resources. Another major drawback of the developed games is their public availability after the conclusion of the research project - studies have concluded that serious games are a viable solution to increase awareness of energy consumption habits, but the value of the tool decreases rapidly if it is available to a certain group of participants for a limited time [34].

Empirical results from research to date show that people exhibit loss aversion when making decisions under uncertainty, assigning much greater importance to the loss than to an equivalent uncertain gain. In the context of energy efficiency, loss aversion can partly explain why consumers do not make profitable investments,

as they weigh fixed upfront costs (losses) much more strongly than uncertain future benefits, even if they are of equal value in principle [23].

Energy communities are mainly established with the goal of producing renewable energy resources - this does not directly save energy but decarbonizes the necessary energy. Residents can share an infrastructure that includes both solar panels and technologies for the production of thermal energy or hybrid systems [41,36]

Research demonstrates that social aspects integrated in system dynamic models considered include behaviour and lifestyle changes, social acceptance, willingness to participate in socio-economic measures [42]. The goal of the study is to develop a dynamic model to simulate energy efficiency measures and on-site renewable energy sources in an energy community located in multifamily buildings and develop a multi-player serious game prototype to serve as a basis for multiplayer game.

2. Methodology

Within the framework of the study, an experimental game was developed - a simulation tool based on a system dynamics model created in the Stella Architect program for playing the role of decision-makers involved in social dynamics [43]. It includes an internet-based interactive interface with the necessary functions, as well as functions for tracking and processing data. A system dynamics modelling approach is used to create a model structure of physical energy demand and supply systems that is individual to each energy community. The tool is developed based on the test results of a single-player simulation tool previously developed in this study, adding more output variables and input data needed to build an energy community.

The player must make decisions in three areas of energy efficiency measures: energy saving, energy production, and transport usage patterns.

Energy-saving measures include insulation the roof, walls, and basement of buildings (specifying the thickness of a predefined thermal insulation material), replacing existing electrical appliances with more

energy-efficient ones, building a ventilation system, replacing windows, as well as installing smart devices. Users have the option to indicate that they are willing to change their behaviour by changing the room temperature as a minimum. Energy production measures include the installation of solar panels on building roofs, defining their proportion and intensity of deployment. Studies have found that the self-consumption ratio does not necessarily have to be close to 100% for the investment to remain economically viable [44], so the user has the option to change the area and proportion as he sees fit. As the final sector of decision making is the review and updating of transport usage habits, this level should also indicate the willingness to share your private vehicle with the community.

The primary goal of developing the tool is to bring together participants and experimental systems to test hypotheses and learn about subjects' mental (behavioural) models in decision-making tasks. The players must decide on measures from a list of proposed energy efficiency and renewable energy solutions based on their preferences. From the beginning, each player sees only the results of their choices. Later, he has the opportunity to see the other players' choices that affected the overall result. Thus, an understanding is formed that the selfish interests of each individual can either improve or (most likely) worsen the overall result.

The model integrated in the tool envisages a social dilemma – the balancing of selfish (economic) interests (e.g. savings, payback time, etc) with community interests (e.g. heat, electricity and transport emissions etc), influenced by heterogeneous consumer motivation, social interaction, and individual adoption decisions over time. Players must evaluate their decisions and their impact over several rounds and adjust until a decision satisfies the wishes of the entire community (players involved). The developed model provides tracking and reflection of user behaviour in real time.

As a potential tool, the target audience is residents of certain multi-apartment residential buildings who delegate house elders to represent their community within the game. When starting the game, the user creates his

Table 1: Energy efficiency measures

Energy efficiency	Energy production	Transportation
<ul style="list-style-type: none"> • Insulation of roof, walls, and basement • Window replacement • Ventilation replacement • Appliances replacement 	<ul style="list-style-type: none"> Solar panels by indicating: <ul style="list-style-type: none"> • Roof area used for production • Proportion of solar panels from the area used for roof production 	<ul style="list-style-type: none"> • Frequency of use • Travel distance • Vehicle sharing

Table 2: Decision making indicators, including both individual and community interests

Specific	Financial	Percentages	Absolute
Heat consumption, kWh/m2	Costs, EUR/ year	Change in heat consumption, %	Heat consumption, kWh
Heating, kWh/m2	Heat costs, EUR/ year	Change in electricity consumption, %	Transport energy consumption, kWh
Electricity, kWh/m2	Transportation costs, EUR/ year	Change in electricity costs, %	Heat emissions, t
Energy, kWh/m2	Transportation costs, EUR/ 100km	Self-sufficiency share, %	Electricity emissions, t
Investment, EUR/m2	Investment, EUR	Self-consumption share, %	Transport emissions, t
Investment, EUR/m2	Savings, EUR/ year	Change in car usage, %	Surplus heat produced, kWh
	Payback time, years		Surplus electricity produced, kWh

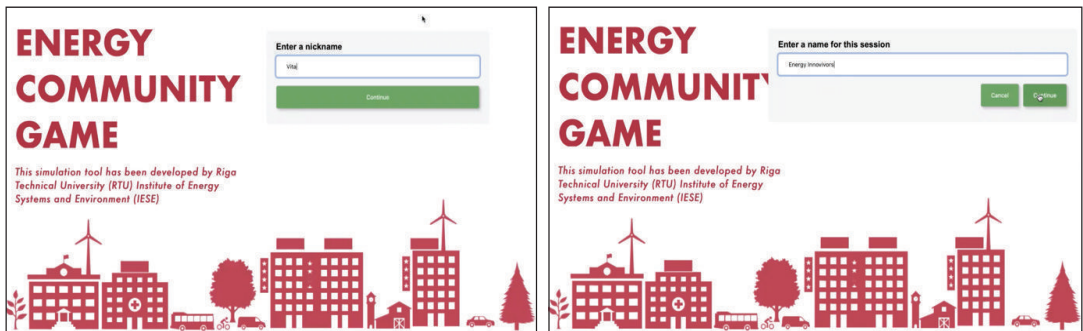


Figure 1: Registration of nickname and the session title.

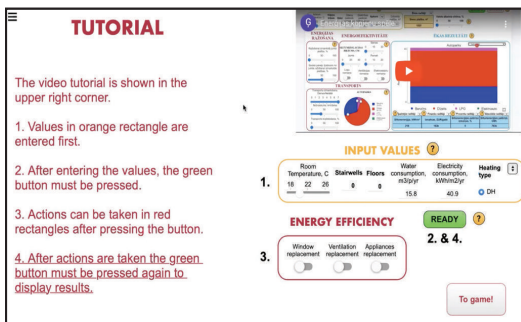


Figure 2: Tutorial of the game.

username and joins a group created by a single lead player who has no additional privileges other than creating a group and giving it a name.

Before starting the game, users are familiar with the game annotation, which says that in this simulation game, players can search for different solutions to build their own energy community. Each player can use different measures to reduce energy consumption, develop energy production, or switch from private to shared vehicles. The potential of energy communities increases in self-consumption of renewable energy, community

sharing of private vehicles, and reduced investment payback time due to energy redistribution. The surplus energy produced is distributed among all the buildings in the community.

To improve traceability and reduce the possibility of interpretation as much as possible, a video instruction on the execution of the tool is placed in the tool. If necessary, the user can watch it again, because the video is in a publicly available format on the YouTube channel [45].

In the next step, the player enters data on the consumption of energy resources of his residential house - the existing room temperature (based on which the tool calculates the required amount of heat energy), as well as the annual consumption of electricity and hot water per 1 person. The user also specifies the type of existing heating and the number of floors and staircases of the building, so that the model calculates the number of inhabitants of the building and the related amount of electricity and hot water consumption for the house. These data are the basis for the calculation of the existing energy consumption and provide the user with the first immediate feedback on the energy demand of the building he represents. In addition, the user also indicates transport usage habits - the number

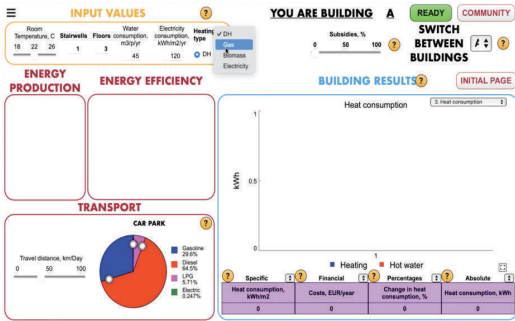


Figure 3: Input values section.

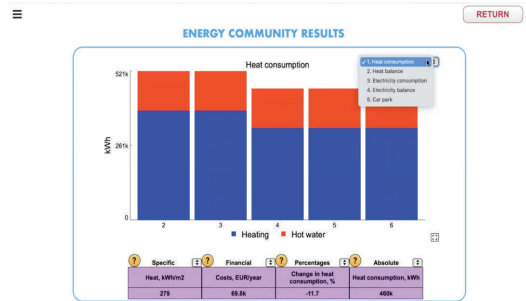


Figure 5: Summary of Community decisions.

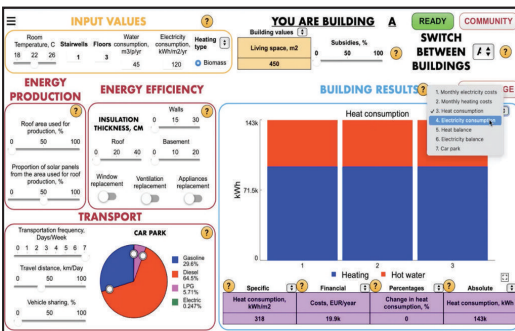


Figure 4: Full functionality of the game interface.

of kilometres travelled per day and the frequency of car use per week.

After entering the initial data, by pressing the “READY” button, the user gets to the next level of the game, where he sees the first results about the energy efficiency of the building he represents, which is demonstrated by a series of calculated indicators - heat and electricity consumption and balance, the proportion of cars represented in the car park, the structure of expenses, investment, payback time, and volume of issues. The first and the last should be mostly attributed to the interests of the community, while the other indicators reflect more the selfish, economy-based interests of the players, which, according to previous studies, are superior to the common interests of the community. Under the data visualization window, various specific, financial, absolute and percentage indicators are visible, which the player can view and select the ones that are most relevant to him.

After familiarizing with the visualization of the results, the player must make choices in 3 areas of

energy efficiency measures: energy saving, energy production and transport usage habits.

Once the above decisions are made, the player presses the “READY” button and thus, without changing the visual layout of the tool, sees updated data reflecting the results of his choices at the level of his building. The player can press the “COMMUNITY” button, where they can see the choices made by all housing representatives in the game and their impact on the common goals of the community towards the achievement of various economic and environmental indicators. The use of this visualization also allows us to contribute to research on how well people can extract information from a graphical representation, such as a line chart or a bar chart, as this has been little studied so far [46].

This makes this game different from a single-player game - the user sees not only his own, but also the decisions and consequences of other players and sees how it affects the overall scores. This forces him to evaluate his decisions and, knowing the goal, possibly sacrifice self-interests. The structure of the tool allows you to track the participant’s decisions in each of the sessions and observe which parameter changes make him give up his interests in the name of the community.

Within the framework of the game, the participants - delegated representatives of residents of various apartment buildings, using the possibilities offered by the tool (setting a common goal and a chat room as a real-time communication channel), cooperate by making choices about various energy efficiency practices. A communication panel can facilitate integrative decision-making, as this way players can not only easily communicate about common issues, but also share their ideas. This promotes player convergence and is a particularly appreciative format in real-world situations where physical

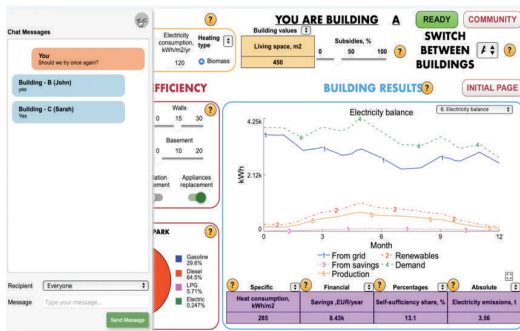


Figure 6: Chat window for communication among players.

contact is limited, such as during the COVID-19 pandemic [47] or people are physically far from each other.

The game is divided into several rounds, which are separated from each other with the help of the “READY” function - after pressing it, the participants immediately see the results of their decisions and, using the “COMMUNITY” functional button, see the collective effect of the decisions made by all players on the achievement of the common goal. If this is not satisfactory, the players can agree to play another round with the help of the chat room. The number of rounds of the game is not limited - it can continue until everyone is satisfied with their and the collective choice. This approach is also based on research that cognitive information processing should be considered more in behavior change systems. Common sense is strongly influenced by preexisting knowledge structures (i.e., mental models and energy literacy) and depends on the analytical skills of users, which can vary greatly between individuals [48].

The system dynamics model integrated in the tool foresees a social dilemma – the balance of selfish (economic) interests with community interests, which is influenced by heterogeneous consumer motivation, social interaction, and individual acceptance decisions over time. Thus, a real-world scenario is included where, when one player makes selfish choices, the overall results move away from the goal set by the energy community. The goal of the players with their choices and communication is to achieve optimal decision-making based on the interests of the community.

3. Results

The results of the simulation show that the online tool prompts players to make decisions and encourages

cooperation despite a complex set of parameters that require focus on the results of previous sessions. The tool allows players to experiment with their choices and see real-time results. The interactivity of the tool promotes social learning in an environment where players acquire new knowledge based on their actions.

Although the purpose of the study was to verify the functionality of the tool and within it representatives of the academic sector who are considered competent in the field of energy efficiency were selected as the testing group of the developed simulation tool, their feedback shows the potential of the tool’s application in real conditions. This can be explained by the fact that the selected target group identifies itself as apartment owners who must make decisions about the energy efficiency of their homes and the maintenance or increase of their value in the housing market. 29 participants took part in the testing, and at the end they also filled out evaluation forms, which allowed one to get players’ opinions about the functionality and usefulness of the tool.

3.1. Results of the test

The participants were divided into 6 teams of 4-5 players per team and joined the tool game by entering their (fictional, non-identifiable) username and their team name. The simulation took place after listening to the instruction, which explained the basic principles of the tool and the sequence of operations. 55% affirmed that the instruction is exhaustive for using the tool, 16% admitted that they were not familiar with the guidelines, while the rest indicated the need for several improvements, for example, it should be emphasized that the parts of the number are separated by a period instead of a comma, to give a separate mini-instruction at the beginning of each step (so that you don’t have to keep everything in mind) and the explanation should be given a little slower.

As part of the test, the teams played 4-9 sessions, the number of which depended on the team’s goal and internal agreement. Evaluating the obtained data, it can be concluded that, based on the initial setting, all teams aimed to reduce the CO₂ level, therefore it can be considered that the teams were able to cooperate with each other through the tool to achieve one of the goals of the energy community.

3.2. Tracking users’ decisions

The players agreed to reduce CO₂ emissions, which, by consistently making decisions, also succeeded - after the 4th session, a reduction of CO₂ emissions from an

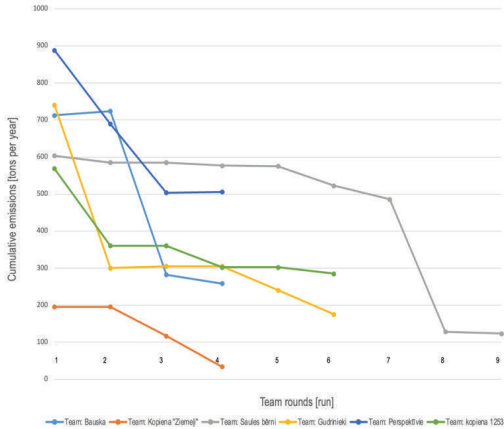


Figure 7: Cumulative emissions of CO₂ generated during the simulation.

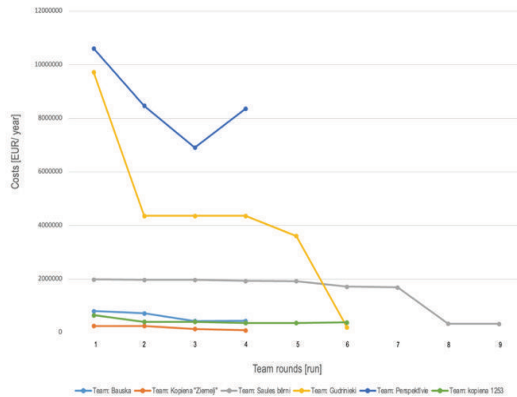


Figure 8: Dynamics of reduction of costs during the simulation.

average of 618t to 331t was achieved. The largest decrease was by 80% (from 604t to 123t) in a total of 9 sessions, while the smallest was by 43% (from 889t to 506t) in a total of 4 sessions.

As another basic parameter, the players put forward cost reduction - it also decreased by 4 million after the fourth session. for 2.6 million EUR. The largest decrease was by 98% (from EUR 9.7 million to EUR 0.2 million) in a total of 6 sessions, while the smallest was by 41% (from EUR 0.65 million to EUR 0.38 million) in a total of 6 sessions. Data processing shows that both of the above indicators decreased with each session, except for one team, which saw an increase in pay-outs in the last session played.

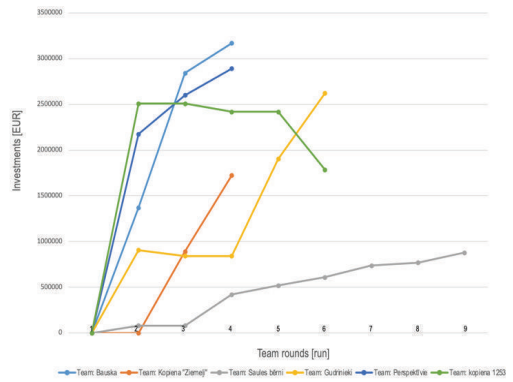


Figure 9: Investments to energy efficiency measures during the simulation.

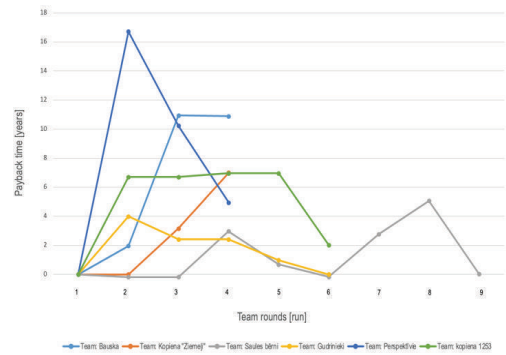


Figure 10: Payback time of investments during the simulation.

On the other hand, the total amount of investments increased with each session, on average starting from 1.2 million. in the 2nd session to 1.9 million in the 4th session. The largest increase was 91%, while the smallest was 25%. A team made choices that reduced the total amount of investment by 40% while still maintaining a positive trend in reducing CO₂ emissions and costs.

The average payback time was 5-6 years, where at the end of the game, the highest was 11 years and the lowest was 2 years. Three teams managed to finish the game with a payback period of 0 years, two in the ninth session, one in the sixth session.

The study observed that the number of opportunities included in the tool to change their habits, for example, to lower the room temperature, is relatively minimal. The specified room temperature varied between 18 and 24 degrees Celsius, indicating a low willingness of

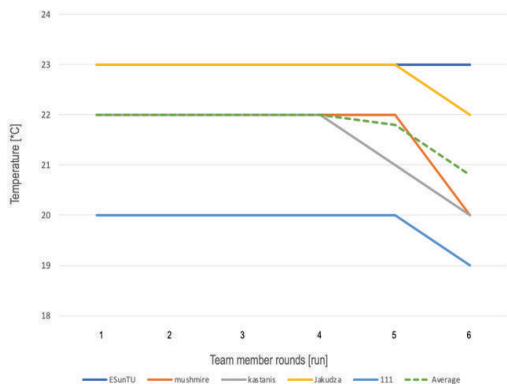


Figure 11: Case of the temperature decrease decision within a team.

players to lower their daily comfort, instead choosing to take other measures to improve energy efficiency, while being aware that lowering the temperature can lead to a reduction in energy consumption.

One team agreed to reduce the temperature by 1-2 degrees in the last session. One participant did this in round 5, reducing by one degree, and in the final round, another 3 players did it, resulting in a decrease in average temperature compared to the initial choices. Players of all teams reduced the temperature by 27.5% with their choices.

The results of the simulation show that the players changed their decisions based on the agreement on the achievement of a common goal (for example, CO₂ reduction) and that in the following sessions they got confirmation that the players are ready to sacrifice their own interests.

3.3. Feedback of the online survey

In general, 81% positively evaluated the tool as a tool for obtaining information, while the rest of the respondents indicated that the positioned format (game, competition) did not allow it to be perceived as applicable in real conditions, and if they gave confidence about the reliability of the processed data, then it could be evaluated more positively.

In response to the question whether the displayed information was transparent, 70% answered in the affirmative, while the rest of the comments were basically related to the ease of use of the chat room and the desire to see several graphs at the same time.

When commenting on the comprehensibility of the calculations received, 48% answered in the affirmative, 18% in the negative, while some indicated that they had not delved into the explanation of the calculations. Similar answers were also given regarding the reliability of the calculations.

67% of participants assessed the information reflected in the tool as easy to understand, while 14% answered negatively, explaining it with the functionality of the chat room, not offering the opportunity to see the results of all community members at the same time, the need to visually see the common goal during the entire game, as well as the desire to see explanations of how individual parameters will change the community the results of decisions. As was additionally stated the desire to see current support mechanisms for energy communities to carry out joint activities.

In response to the question whether this tool would potentially allow the residents of residential buildings in the block to make an optimal decision, 41% answered in the affirmative, 19% rejected, and the rest of the considerations were related to the players' individual (selfish) interests (for example, the fiscal impact on the household budget) and the need to provide traceable data (results of the decisions made) during the entire play.

When evaluating their main motives for engaging in the game, respondents mentioned the desire to reduce consumption, take actions to live in environmentally friendly conditions, create a dialogue with the community, achieve joint action and transform cooperation into real results that affect the quality of life. Also, the spirit of competition could be observed in the answers, for example, by experimenting to conclude, how good results can be achieved or try as many different combinations as possible.

At the end of the survey, respondents indicated that the developed tool is suitable for players with prior knowledge of energy efficiency issues who are motivated to take action to improve the situation, but after the first play (decisions made), the community should initiate a discussion about the results and how to improve them together. Commenting on the impact of the tool on building an energy community, the respondents indicated that the tool helps to better understand the choices made and their impact on energy efficiency indicators, the diversity of player motivation and behaviour within the same community on the way to achieving a common goal, modelling different scenarios and seeing the overall results in real time, as well as

enables communities to plan activities that improve the overall situation and promote energy independence. As an additional value, the respondents pointed out the reflection of the real situation - how the failure of one house can affect the community. Certain players indicated that they were motivated to act by seeing themselves as one of the biggest consumers of energy.

4. Discussion

The developed model allows players to engage in a real decision-making process on various energy efficiency practices and try different options to achieve a common goal. Compared to the first single-player game, which used fixed input data for a specific block in the historic centre of the city, the multi-player tool allowed for manual input of variable data, allowing the results to be closer to real conditions. However, several limitations arise during this study.

4.1. Suitability of the model for a specific block of apartment buildings

The findings of this study show that the “Energy Community Game” is applicable for building energy communities, but the involvement of stakeholders in the system dynamics model in decision-making requires adjusting the calculations to the appropriate type of houses, climate conditions, the climate policy of the specific country, energy costs, as well as the mentality and level of awareness of the players, to result in progress towards jointly defined goals. This question will be addressed in the next development phase, but other serious game developers should also pay attention to the fact that more universal data needs to be separated from specific data, thereby improving the accuracy of the simulation tool’s performance.

4.2. Suitability of the model to a specific profile of the target audience

Another limitation is users’ basic knowledge of energy efficiency and renewable energy technologies. On the other hand, the results of the simulation of the same tool among the population may differ due to the knowledge and mental behaviour model, because the daily priorities are not concerned with property value and making investments as efficiently as possible, even though because of the energy crisis, people’s interest in energy production and saving measures has increased significantly. The developers of the tool suggest involving

apartment owners (not tenants) in energy community related simulation games - the ones act as responsible and careful managers in their daily lives and take into account medium and long-term perspectives when making decisions.

4.3. Preparation of basic information before simulation game

The study shows that before participating in a tool with many players, it is recommended for homeowners to play a simplified, single-player game to understand the basic principles of the tool’s construction, improve knowledge about various energy efficiency practices, which they will also encounter in the game with many players.

It is necessary that, at the time when the delegated representatives of the residents of multi-apartment residential buildings will participate in the simulation of the energy community tool, they will have gained the necessary understanding of energy efficiency measures, if necessary, they will have agreed with their community on the desired energy efficiency measures, as well as determine the possible limits in decision-making - thus, he would be able to fully participate in a collective game with representatives of other residential buildings in his block.

4.4. Factors influencing player behaviour

Within the framework of the research, one of the central issues of the discussion is the change of the players’ behaviour pattern based on the information they get during the game, for example, information about the choices of other players or the data obtained because of the player’s own choices. Also the test of this particular simulation game proves that the player’s behaviour changes, depending on the information he gets during the game, because the principle of social dilemma works - a conflict between selfish (economic) and community interests. The results shows that the players would have a different behaviour pattern if they did not obtain information about the choices of other players and their impact on the achievement of the common goal after each of the sessions.

4.5. Aspects of socio-economic conditions

During the testing of the tool, there was an in-depth interest in various parameters and their impact on such indicators integrated in the tool as the total energy consumption, the amount of energy produced, energy

independence, the number of necessary investments and the payback period. It is assumed that the readiness of the players to go deeper and play the game as close to reality as possible can be explained by the context of the specific circumstances - the crisis of energy resources and the rapid rise in prices related to it. When summarizing the results of serious games, context analysis must be performed as it explains the players' motivation and level of engagement, and therefore the achievable results.

5. Conclusions and perspectives

The research question was focused on analyzing the user experience of the developed simulation tool - how easy and transparent it was for users to use the tool and how successful serious game developers were in understanding player efforts to achieve common goals, as well as analyzing the data obtained.

The obtained results can be evaluated as practical and useful for the further improvement of the simulation tool, so that it can be passed on to a wider range of users who were interested in or familiar with energy efficiency issues daily. The insights gained within the scope of the study are a valuable source of information for serious game developers in the context of energy community development, as they provide insights into user experience and issues related to data acquisition, analysis, and further utilization. The tool developed as part of the research is useful for the residents of the block of apartment buildings to model their energy efficiency options, while for the administrators of the tool, to predict consumer behaviour patterns in making different decisions at different values of design parameters. The "black box" tool allows you to analyse useful information about the decision-making factors of each player.

Secondarily, the tool can be considered as a tool for promoting social learning, because during the game players review their decisions and improve them based on acquired knowledge and experience. In perspective, the tool can be positioned as an online platform for discussion and joint decision-making in situations faced by energy communities. This tool is being developed as a support tool for policymakers to make decisions about the diversity of business models in the context of energy community development, as it has the potential to test the socio-technical performance of systems over time, where system behaviour is subject to complex and dynamic individual human behaviour and social interactions.

Considering the further possible application in other disciplines, the potential of the tool is to use it for decision-making on wider areas, for example, solving social issues in the community, sustainable development of territories, balancing economic interests in local economies, where the interests of the community are regularly opposed to the interests of entrepreneurs (for example, active and leisure tourism development along with the quality of life of residents in their homes).

The results obtained can potentially contribute to the development of effective energy policies and business models, which are useful for decision makers and policy makers, laying the foundation for radical technological changes and faster development of energy communities.

Acknowledgement

This study has been funded by the Latvian Council of Science, project 'Bridging the carbon neutrality gap in energy communities: social sciences and humanities meet energy studies (BRIDGE),' No. lzp-2020/1-0256.

References

- [1] T. Szép, T. Pálvölgyi, and É. Kármán-Tamus, 'Indicator-based assessment of sustainable energy performance in the European Union', *Int J Sustain Energy Plan Manag*, vol. 34, pp. 107–124, 2022, <https://doi.org/10.54337/ijsepm.7055>.
- [2] B. P. Koirala, E. Koliou, J. Friege, R. A. Hakvoort, and P. M. Herder, 'Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 722–744, Apr. 2016, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.080>.
- [3] N. I. Meyer, B. V. Mathiesen, and F. Hvelplund, 'Barriers and potential solutions for energy renovation of buildings in Denmark', *Int J Sustain Energy Plan Manag*, vol. 1, pp. 59–66, 2014, <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2014.1.5>.
- [4] European Commission, Joint Research Centre, Uihlein, A., Caramizaru, A., *Energy communities – An overview of energy and social innovation*, Publications Office, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/180576>
- [5] V. Todeschi, P. Marocco, G. Mutani, A. Lanzini, and M. Santarelli, 'Towards energy self-consumption and self-sufficiency in urban energy communities', *International Journal of Heat and Technology*, vol. 39, no. 1, pp. 1–11, Feb. 2021, <https://doi.org/10.18280/ijht.390101>.

- [6] M. K. Nematchoua, A. Marie-Reine Nishimwe, and S. Reiter, 'Towards nearly zero-energy residential neighbourhoods in the European Union: A case study', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 135, p. 110198, Jan. 2021, <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2020.110198>.
- [7] M. Cardinali, A. L. Pisello, C. Piselli, I. Pigliautile, and F. Cotana, 'Microclimate mitigation for enhancing energy and environmental performance of Near Zero Energy Settlements in Italy', *Sustain Cities Soc*, vol. 53, p. 101964, Feb. 2020, <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101964>.
- [8] European Commission and Directorate-General for Energy, 'Cutting emissions, boosting recovery, reducing energy poverty', <https://doi.org/10.2833/797135>.
- [9] A. S. Ahmad et al., 'A review on applications of ANN and SVM for building electrical energy consumption forecasting', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 33, pp. 102–109, May 2014, <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.01.069>.
- [10] B. V. Mathiesen et al., 'Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions', *Appl Energy*, vol. 145, pp. 139–154, May 2015, <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2015.01.075>.
- [11] E. B. Hekler, P. Klasnja, J. E. Froehlich, and M. P. Buman, 'Mind the theoretical gap: Interpreting, using, and developing behavioral theory in HCI research', *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, pp. 3307–3316, 2013, <https://doi.org/10.1145/2470654.2466452>.
- [12] T. Csoknyai, J. Legardeur, A. A. Akle, and M. Horváth, 'Analysis of energy consumption profiles in residential buildings and impact assessment of a serious game on occupants' behavior', *Energy Build*, vol. 196, pp. 1–20, Aug. 2019, <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2019.05.009>.
- [13] I. Dochev, H. Seller, and I. Peters, 'Spatial aggregation and visualisation of urban heat demand using graph theory. An example from Hamburg, Germany', *Int J Sustain Energy Plan Manag*, vol. 24, pp. 115–124, 2019, <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3346>.
- [14] Y. Zhang, X. Bai, F. P. Mills, and J. C. V. Pezzey, 'Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review', *Energy Build*, vol. 172, pp. 279–294, Aug. 2018, <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2018.05.017>.
- [15] L. Rodrigues et al., 'User engagement in community energy schemes: A case study at the Trent Basin in Nottingham, UK', *Sustain Cities Soc*, vol. 61, p. 102187, Oct. 2020, <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2020.102187>.
- [16] L. Krog, K. Sperling, M. K. Svangren, and F. Hvelplund, 'Consumer involvement in the transition to 4th generation district heating', *Int J Sustain Energy Plan Manag*, vol. 29, pp. 141–152, 2020, <https://doi.org/10.5278/ijsepm.4627>.
- [17] X. Wu, S. Liu, and A. Shukla, 'Serious Games as an Engaging Medium on Building Energy Consumption: A Review of Trends, Categories and Approaches', *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 8508, vol. 12, no. 20, p. 8508, Oct. 2020, <https://doi.org/10.3390/SU12208508>.
- [18] K. L. van den Broek, 'Household energy literacy: A critical review and a conceptual typology', *Energy Res Soc Sci*, vol. 57, p. 101256, Nov. 2019, <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2019.101256>.
- [19] A. R. Neves and V. Leal, 'Energy sustainability indicators for local energy planning: Review of current practices and derivation of a new framework', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 9, pp. 2723–2735, Dec. 2010, <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2010.07.067>.
- [20] Y. Yamagata and H. Seya, 'Simulating a future smart city: An integrated land use-energy model', *Appl Energy*, vol. 112, pp. 1466–1474, Dec. 2013, <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2013.01.061>.
- [21] P. Kumar and D. Geneletti, 'How are climate change concerns addressed by spatial plans? An evaluation framework, and an application to Indian cities', *Land use policy*, vol. 42, pp. 210–226, Jan. 2015, <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2014.07.016>.
- [22] 'Building Technologies Program: Planned Program Activities for 2008–2012', 2008.
- [23] N. Ameli and N. Brandt, 'What impedes household investment in energy efficiency and renewable energy?', *International Review of Environmental and Resource Economics*, vol. 8, no. 1, pp. 101–138, May 2015, <https://doi.org/10.1561/101.000000067>.
- [24] J. Novak, M. Becker, F. Grey, and R. Mondardini, 'Citizen engagement and collective intelligence for participatory digital social innovation', *Citizen Science*, pp. 124–145, Feb. 2019, <https://doi.org/10.2307/J.CTV550CF2.16>.
- [25] T. W. Malone et al., 'Putting the Pieces Back Together Again: Contest Webs for Large-Scale Problem Solving', *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*, <https://doi.org/10.1145/2998181>.
- [26] J. Introne, R. Laubacher, G. Olson, and T. Malone, 'The Climate CoLab: Large scale model-based collaborative planning', *Proceedings of the 2011 International Conference on Collaboration Technologies and Systems, CTS 2011*, pp. 40–47, 2011, <https://doi.org/10.1109/CTS.2011.5928663>.
- [27] MacdonellCam, 'A crisis mapping system', *ACM SIGCAS Computers and Society*, vol. 45, no. 2, pp. 38–38, Jul. 2015, <https://doi.org/10.1145/2809957.2809969>.
- [28] O. Barreteau, C. Le Page, and P. Perez, 'Contribution of simulation and gaming to natural resource management issues:

- An introduction', *Simul Gaming*, vol. 38, no. 2, pp. 185–194, Jun. 2007, <https://doi.org/10.1177/1046878107300660>.
- [29] T. Schwanen, 'Thinking complex interconnections: Transition, nexus and Geography', *Transactions of the Institute of British Geographers*, vol. 43, no. 2, pp. 262–283, Jun. 2018, <https://doi.org/10.1111/TRAN.12223>.
- [30] F. Bellotti, R. Berta, A. De Gloria, and L. Primavera, 'Enhancing the educational value of video games', *Computers in Entertainment*, vol. 7, no. 2, Jun. 2009, <https://doi.org/10.1145/1541895.1541903>.
- [31] O. K. Bishoge, G. G. Kombe, and B. N. Mvile, 'Energy consumption efficiency knowledge, attitudes and behaviour among the community', *Int J Sustain Energy Plan Manag*, vol. 31, pp. 175–188, 2021, <https://doi.org/10.5278/ijsepm.6153>.
- [32] L. Michaud, 'Serious games Advergaming, edugaming, training and more', 2008.
- [33] W. Westera, R. J. Nadolski, H. G. K. Hummel, and I. G. J. H. Wopereis, 'Serious games for higher education: A framework for reducing design complexity', *J Comput Assist Learn*, vol. 24, no. 5, pp. 420–432, Oct. 2008, <https://doi.org/10.1111/J.1365-2729.2008.00279.X>.
- [34] M. Nykyri, T. J. Karkkainen, S. Annala, and P. Silventoinen, 'Review of Demand Response and Energy Communities in Serious Games', *IEEE Access*, vol. 10, pp. 91018–91026, 2022, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3202013>.
- [35] L. L. Scarlatos, M. Tomkiewicz, and R. Courtney, 'Using an Agent-Based Modeling Simulation and Game to Teach Socio-Scientific Topics', *Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A*, vol. 19, pp. 77–90, 2013, <https://doi.org/10.55612/s-5002-019-006>.
- [36] R. F. Mulcahy, R. McAndrew, R. Russell-Bennett, and D. Iacobucci, "'Game on!' Pushing consumer buttons to change sustainable behavior: a gamification field study', *Eur J Mark*, vol. 55, no. 10, pp. 2593–2619, Oct. 2021, <https://doi.org/10.1108/EJM-05-2020-0341/FULL/XML>.
- [37] K. Gugerell and C. Zuidema, 'Gaming for the energy transition. Experimenting and learning in co-designing a serious game prototype', *J Clean Prod*, vol. 169, pp. 105–116, Dec. 2017, <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.04.142>.
- [38] P. Mildner and F. 'Floyd' Mueller, 'Design of Serious Games', *Serious Games*, pp. 57–82, 2016, https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1_3.
- [39] R. Khaled and A. Vasalou, 'Bridging serious games and participatory design', *Int J Child Comput Interact*, vol. 2, no. 2, pp. 93–100, May 2014, <https://doi.org/10.1016/J.IJCCI.2014.03.001>.
- [40] R. Dörner et al., 'Contributing Disciplines', *Serious Games*, pp. 35–55, 2016, https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1_2.
- [41] A. Blumberga et al., 'Transition from traditional historic urban block to positive energy block', *Energy*, vol. 202, p. 117485, Jul. 2020, <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2020.117485>.
- [42] A. Dall-Orsoletta, M. Uriona-Maldonado, G. Dranka, and P. Ferreira, 'A review of social aspects integration in system dynamics energy systems models', *Int J Sustain Energy Plan Manag*, vol. 36, pp. 33–52, 2022, <https://doi.org/10.54337/ijsepm.7478>.
- [43] G. Bohvalovs, R. Vanaga, V. Brakovska, R. Freimanis, and A. Blumberga, 'Energy Community Measures Evaluation via Differential Evolution Optimization', *Environmental and Climate Technologies*, vol. 26, no. 1, pp. 606–615, Jan. 2022, <https://doi.org/10.2478/rtuct-2022-0046>.
- [44] A. Simola, A. Kosonen, T. Ahonen, J. Ahola, M. Korhonen, and T. Hannula, 'Optimal dimensioning of a solar PV plant with measured electrical load curves in Finland', *Solar Energy*, vol. 170, pp. 113–123, Aug. 2018, <https://doi.org/10.1016/J.SOLENER.2018.05.058>.
- [45] Girts Bohvalovs, 'Simulation Game on Energy Communities', *Simulation Game on Energy Communities*, 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=c4Poi-xgDII> (accessed May 23, 2023).
- [46] J. Boy, R. A. Rensink, E. Bertini, and J. D. Fekete, 'A principled way of assessing visualization literacy', *IEEE Trans Vis Comput Graph*, vol. 20, no. 12, pp. 1963–1972, Dec. 2014, <https://doi.org/10.1109/TVCG.2014.2346984>.
- [47] M. Ghodsvali, G. Dane, and B. de Vries, 'An online serious game for decision-making on food-water-energy nexus policy', *Sustain Cities Soc*, p. 104220, Dec. 2022, <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.104220>.
- [48] M. R. Herrmann, D. P. Brumby, and T. Oreszczyn, 'Watts your usage? A field study of householders' literacy for residential electricity data', *Energy Effic*, vol. 11, no. 7, pp. 1703–1719, Oct. 2018, <https://doi.org/10.1007/S12053-017-9555-Y/FIGURES/2>.



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Innovation and Green Development

journal homepage: www.journals.elsevier.com/innovation-and-green-development

Full Length Article

The tango between the academic and business sectors: Use of co-management approach for the development of green innovation

Antra Kalnbalkite^{*}, Vita Brakovska, Viktorija Terjanika, Jelena Pubule, Dagnija Blumberga

Riga Technical University, Institute of Energy Systems and Environment, Azenes 12-K1, Riga, LV-1048, Latvia



ARTICLE INFO

Keywords:

Co-management approach
Green innovation
Competencies
Higher education
Knowledge-based education

ABSTRACT

This study explores a co-management approach to prepare future environmental engineers for green innovation and commercialisation by improving cooperation between academia and industry. Collaboration between academia, government, agencies, and industry is a top priority due to the significant impact of the availability of qualified environmental professionals on the economy. The potential for collaboration among parties with different interests and principles remains largely unexplored. Compared to tango dance, the paper discusses the co-management approach, combining two disciplines with other goals and expectations. The methodology adapts brainstorming for studying environmental engineering to improve students' competencies and diversify study methods. Studying classical idea co-creation approaches in higher education, evaluating their results, and analysing stakeholders' opinions - involving 65 students, six industry and government representatives, and 14 lecturers. This study identified crucial factors that form a model for successful collaboration between academia and industry to train environmental science specialists and develop green innovations. These factors include party participation activity, the definition of primary evaluation criterion, and student motivation. The study concludes that the co-management approach could enhance competence education quality by promoting skill diversification and teamwork and providing greater motivation to work.

1. Introduction and literature review

Green innovation is crucial in raising the quality of future generation life and solving environmental challenges (Bataineh et al., 2023; Prieto-Sandoval et al., 2022). Organisations and communities in recent years have been directed towards green innovation to achieve environmental protection and maintain sustainability and economic growth (Ho et al., 2023; KarimiTakalo et al., 2021; Wang et al., 2022). Green innovations are crucial for the environment, financial profitability, and social sustainability (Fliaster & Kolloch, 2017) of all society; nevertheless, a significant challenge in implementing green innovation is the availability of a skilled workforce and the interaction between academia, government, and industry (Avelar et al., 2019; Fernández-Manzanal et al., 2015; Leal Filho et al., 2018). Academia and industry, with the support and guidance of the government, must balance their interests in educating young professionals and commercialising environmental technologies, as this contributes to the economy's move towards climate neutrality (Leyva-de la Hiz, 2019; Ribeiro & Cherobim, 2017).

In the scientific literature, the role of higher education and research activities in advancing Sustainable Development and the role of

collaboration with the private sector and the need for improvements to make interactions more efficacious has been discussed (Adomþent et al., 2014; Annan-Diab & Molinari, 2017; Gómez et al., 2015; Sidiropoulos, 2014; Sinakou et al., 2018; Österblom et al., 2020). According to the literature, to promote the sustainability of green innovation, all sides need to critically assess their proper role in training students and respect the various factors that influence joint achievement (Bag et al., 2022; Marcon et al., 2017; Stål & Babri, 2020). Stall and Babri (Stål & Babri, 2020) discussed the influence of translating knowledge and educational intervention; Marcon et al. (2017) analysed best innovation practices and the role of sustainability-oriented education. The academic sector needs to take bolder solutions to modern education and become a partner for proactive dialogue with the industry, respecting the existing competition between higher education institutions (Ellis & Childs, 2019; Gutierrez-Martin & Hüttenhain, 2003; Kopnina, 2019) and the opportunities provided by alternative online education platforms. The paradigm shift in society has also affected the academic sector, which has a growing demand from policymakers and industry for appropriate teaching methods - research also shows that academic personnel need to improve their performance (Kennedy, 2016; Sharif, 2019), including cooperation, use of

^{*} Corresponding author.

E-mail address: antra.kalnbalkite@rtu.lv (A. Kalnbalkite).

<https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100073>

Received 15 February 2023; Received in revised form 6 May 2023; Accepted 15 May 2023

Available online xxx

2949-7531/© 2023 The Authors. Published by Elsevier B.V. on behalf of Business School, Zhengzhou University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

co-creation and co-management approach. Accordance to Sharif (Bag et al., 2022), the advancement of higher education is impossible without innovation and creativity. The industry insists on the way academia teaches innovations. The unique challenge educators face at the interface of management, and technology is the need for integration and the difference in worldview between managers and technologists (Linton, 2015). Therefore, becoming a proactive dialogue partner for the academic sector means reviewing the current external communication strategy and working with the academic staff's motivation to become a full-fledged stage bridging the university study process and the industry expectations (Augusto & Coelho, 2009; Huang & Tsai, 2014; Roh et al., 2022; Souto & Rodriguez, 2015). Bridging organisations provide a forum for interacting with these different kinds of knowledge and coordinating other tasks that enable cooperation: accessing resources, bringing together different actors, building trust, resolving conflicts, and networking (Gatti et al., 2019). Already Berkes in 2009 (Berkes, 2009) concluded that social learning is one of these tasks, essential for the cooperation of partners and the outcome of the cooperation. It occurs most efficiently through joint problem-solving and reflection within learning networks (Berkes, 2009).

On the other hand, the industry lately has done a lot to implement green innovations into production lines. The considerable role it plays in government and legislative obligations. For businesses, sustainability is becoming a commanding and essential principle (Genç & di Benedetto, 2015; Srivastava et al., 2019; Tejedor et al., 2018a). The value for the private sector is the competitiveness of business and integration into the green value chain. The sustainable corporation should create profit for its shareholders while protecting the environment and improving the lives of those with whom it interacts; it should operate so that its business interests and the interests of the environment and society intersect (Orecchini et al., 2012).

Each of the parties engages with their confidence based on previous experience of the specialization. If this experience is synchronised, companies' confidence in their leadership skills, including in developing green technologies, can lead to the development of successful solutions (Walsh & Linton, 2011). Meanwhile, technologists often feel that technology matters and need help paying attention to the end customer's preferences and other business (non-technical) concerns (Caetano & Amaral, 2011; Malhotra, 2005; Taylor et al., 2005). Considering the above, it can be concluded that a new form of partnership between different actors participating in the development and intensification of green innovation is needed.

Cooperation and collaboration lead to effective green innovations. Conducting events like simulation games, role games, and hackathons can improve teaching and learning outcomes by integrating practical aspects and strengthening acquired competencies like problem-solving. A co-management approach can be used to build balanced cooperation between two parties, one of the applications of which is co-management in solving problems - seen as collaborative problem solving and is task-oriented, concentrating on the function rather than the formal structure of the arrangement. The role of government in the co-management approach was described by Carlsson & Berkes (2005), who convinced that co-management is a "power-sharing arrangement" and entails shared decision-making. Collaborative hackathons have been used for resolving environmental problems (Kvamsås et al., 2021), as open innovation methods (Temiz, 2021) and for the advancement of innovations (Temiz, 2021), Kamariotou and Kitsios, 2022. The existing scientific literature lacks procedures for improving cooperation between the academic sector, government through higher education institutions, and industry in preparing future environmental engineering specialists by the requirements of green innovation commercialisation.

The authors of this study compare the collaboration between academia and industry in Argentine tango dance, which reflects the challenges and opportunities in the interaction of two dissimilar partners. The two dancers symbolise two different worlds, united by a common goal: to take a series of activities during a limited period to prepare young

environmental engineers for developing and commercialising green innovations.

Impulsive dance movements reflect unexpected developments - different interests and strategies of the academic sector and industry, which must be able to synchronise in a short period while respecting the choice of the partner. This tango dance (partner interaction) creates both tangible and intangible value - measurable indicators (skilled workforce, number of new technologies and applications, as well as import substitutes) and a social effect on the organisational culture of both parties.

Collaboration can be as fiery as dancing when seemingly insurmountable obstacles arise from strategic or technical challenges. However, "it takes two to tango" to achieve a goal. According to research, tango dancing has more than a rehabilitative effect on the health of dance partners (in their organisations and the development of green innovations). Still, its application proves the connection between the dancer's temperament and artistic performance (the enthusiasm of the partners involved affects the collaboration quality) (Lolich et al., 2015; Peter et al., 2020).

The present study is expected to contribute to our understanding of a methodology for a set of integrated activities that ensure a successful interaction between academia and industry to develop future environmental engineers with the skills to find innovative, sustainable, and well-managed solutions in the field of green innovation, thus contributing to the economic development, the competitiveness of the national economy and society's efforts to implement climate change.

The study's authors anticipate that the goal will be achieved by identifying critical factors and developing a model that allows stakeholders (academics, students, industry, mentors, etc.) to become key actors in the green innovation value chain.

2. Methodology

The approach is based on forming a model of cooperation between the academic sector and industry, which is aimed at training qualified environmental scientists to develop green innovations that meet the requirements of the national economy (Morgan & Anokhin, 2020; Pham et al., 2019; Sinha et al., 2020). A hackathon is used to simulate collaboration, as it is determined as a valued tool (Yousaf, 2021). The main sections in the methodology (see Fig. 1) are:

- Characterisation of human resources (see Section 2.1.).
- Partnership – co-creation model development (see Section 2.2.):
 - Final presentation evaluation (see Section 2.2.1.).
 - TRL assessment (see Section 2.2.2.).
- Green innovation commercialisation.

The innovation of this method lies in its ability to be applied to various other disciplines, where the presence of competent specialists directly impacts the growth of the national economy and contributes towards addressing global challenges, making it a valuable approach. The broader application of the methodology will allow universities to strengthen their efforts to develop green innovations, thus demonstrating their contribution to decreasing the adverse effects of climate change and improving the quality of life of the world's population (Lambrechts et al., 2013; Shamzuzoha et al., 2022).

The method has several practical applications. The higher education institutions will promote the training of qualified specialists to promote the development, application, and recognition of green innovations. In turn, companies in the environmental sector will acquire a skilled workforce and, by engaging in the methodological process as a strategic partner, will be able to achieve the goals of corporate social responsibility more effectively. Meanwhile, national policymakers in the field of environmental protection will be able to implement a better course of the green economy and strengthen their participation at the international level in achieving Sustainable Development goals related to the

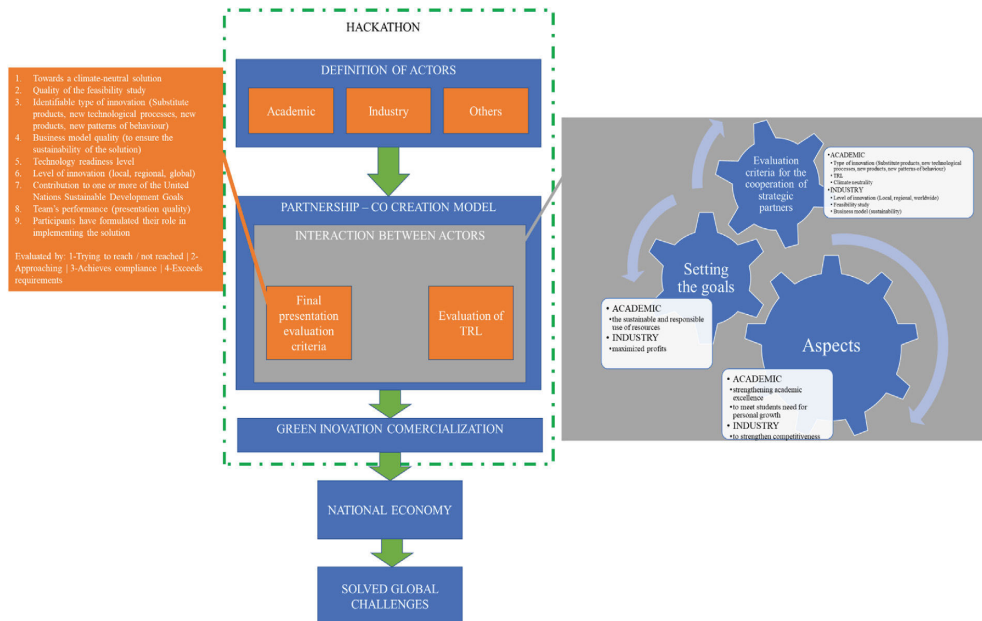


Fig. 1. Methodology for enhancing academia-industry collaboration in training green innovation-focused environmental engineering specialists.

environment and climate (Cheng, 2019; Faludi & Gilbert, 2019; Stough et al., 2018; Tejedor et al., 2018b).

This research methodology envisages the adaptation of brainstorming as a format for studying environmental engineering to promote the improvement of students' competencies and diversify the study process methods.

The methodology is considered by studying classical idea co-creation approaches in higher education, evaluating their results, and analysing stakeholders' opinions - with a total of 65 students, six industry representatives, and 14 lecturers.

2.1. Characteristics of human resources

The first task is to define the actors in the green innovation value chain and their roles. The leading players considered in the study are academia - students, academic staff, the industry - a company, mentors, industry experts, and other stakeholders. The university, as a partner, provides motivated students, which is one of the critical elements of the model. Their involvement in the brainstorming of green innovations promotes knowledge-based entrepreneurship, strengthens the cooperation of the academic sector with industry, as well as ensures the availability of a qualified labour force for economic development in the future.

2.1.1. Requirements for students

1. Communication and cooperation, skills for productive interaction within the team, prior knowledge of environmental technologies, understanding where and how to look for more information beyond the scope of the study course, and the ability to create know-how.

2.1.2. Requirements for academic staff

The university's academic staff has a critical role in ensuring student results, whose awareness and active participation in the study process motivate students to solve challenges. The involvement of the teaching staff aims to provide a continuous learning process and to persuade the industry to trust the competencies of the academic sector and the ability

of students to create and potentially commercialise scientific achievements in the field of green inventions.

The other major player in the model is the industry represented by the company with its problem case. A company can be defined as a "shareholder" who has an economic interest in the results of cooperation and whose active participation significantly contributes to the quality of environmental science education and the availability of labour forces essential for economic development. Industry input formats - preparation of information and sharing of competencies of high profile specialists-one of the most expensive resources in business and helps students to create practical solutions that meet the needs of the "shareholder". If the company saves resources on this - it will be less likely to get the expected result.

2.1.3. Requirements for the company

Ability to precisely define the challenges faced by the company itself, knowledge of the process of commercialisation and development of environmental technologies, ambitions aimed at international competitiveness, readiness to provide competent representatives, incl. The ability to look at collaboration in a broader context, also taking into account noncommercial interests, to provide business advice and to find standard solutions to the challenges that may arise in cooperation with academia.

It is the joint responsibility of both key partners - academia and industry - to attract the following competence partners, whose presence strengthens the partners' capacity and opportunities to ensure a full-fledged knowledge exchange process in developing green innovations. Those external mentors and social partners have a role to play in assessing the solution's positioning in the broader context.

2.2. Designing a successful partnership model

The interaction between the partners is based on the needs of each stakeholder - their scale and depth determine the degree of involvement and the amount of investment. Aspects, where the parties' needs coincide have the most significant impact on the research results; for example, the student has future career opportunities for personal growth. At the same time, the university is essential to strengthening its status as a modern

educational institution, but the company's interest is through this interaction.

To a large extent, the academic staff's attitude and enthusiasm also influence students' motivation to work. Therefore the primary task of the university is the motivation of the teaching staff to get involved - strengthening academic excellence:

1. Updating of study program teaching methods by the spirit of the era.
2. Closer links with industry to promote applied research.
3. Meeting the demands of education policymakers (fulfilment of the requirements of the accreditation process).

At the same time, the university also motivates students to get involved - to meet their need for personal growth:

1. A well-paid profession of the future.
2. Acquisition of competitive knowledge.
3. Modern study process.
4. Opportunity to prove their knowledge and skills to themselves and demonstrate to others both in direct communication with the company's representatives and by presenting the team's achievements.

To strengthen student participation, they must be able to choose a topic closer to themselves. Students indicate their choice in the order of priority - so that process supervisors can ensure that the case assigned to the student is a statement of their importance. This approach motivates students and makes them take responsibility for their choices. This avoids the accusations of students for not respecting their interests.

In turn, the company's task is to formulate its primary motivation to get involved - to strengthen competitiveness:

1. The commercialisation of new green innovations.
2. Optimisation of the business model for gaining competitive advantages.
3. Attracting a skilled workforce to create a value-added product.

To strengthen the company's participation, the university can formulate "healthy ambitions" for the benefits of the partnership, such as the development and implementation of green innovations by Technology readiness levels (TRL) 5-7, so that the company can achieve the goals set by its shareholders. As an added value of participation in the event, the company has the implementation of corporate social responsibility activities - support for academic education to improve the quality of the study process and involvement in the development of the state "green policy", strengthening the qualification of the future workforce (see Fig. 2).

The academic sector needs to devote more effort to motivating stakeholders since students' readiness to act depends on academics' involvement and entrepreneurship and competence partners' involvement. When the academic and private sectors engage in collaboration, the first step is to find a balance between economic, environmental, and social impacts as crucial factors in decision-making:

- (a) In the field of the environment, the primary goal of the academic sector is the sustainable and responsible use of resources because the solutions are aimed at increasing the public quality of life;
- (b) In business, the primary goal is to maximise profits - this is required by both business owners and the need to ensure stable financial flow, competitiveness and growth. Profit reduction is accepted in the public interest if it is required by law, as in the case of waste management, where companies must carry out general information and education activities in parallel with their economic activities, thus contributing to sustainable development goals.

Based on the above, the university has a decisive role in the development of events and technologies as such. In turn, the industrial sector, represented by companies, guided by its strategic interests, makes decisions on the optimal work of student teams.

In cooperation between the university and the company, there may come a time when both parties must agree on the goals and methods for achieving them. In this case, an alternative approach is possible, which allows balancing interests in such a way that they satisfy both parties. This approach involves designating 3-5 critical criteria and assigning weight to them. However, this can be a lengthy process due to the different perspectives of the partners.

The authors of this study propose to create two systems for evaluating the interests of the parties that would meet the needs of both partners (the company and the university). Criteria such as inventiveness, quality, environmental impact and the commercialisation potential of the idea (innovation) are evaluated. Each criterion is scored on a scale from 1 to 10 (where one is the lowest and ten is the highest). Each criterion, depending on the significance (which must be achieved within the framework of the event and/or research) concerning the result, is assigned its weight (Table 1).

2.2.1. Evaluation criteria for a final presentation

The spirit of competition and the game element can significantly affect the event's final result. The creation of teams directly affects competition and cooperation at the same time. The opportunity to test your knowledge and experience in competitive disciplines contributes to a better, deeper and more versatile assimilation of information, and understanding of the limits of your capabilities and, not

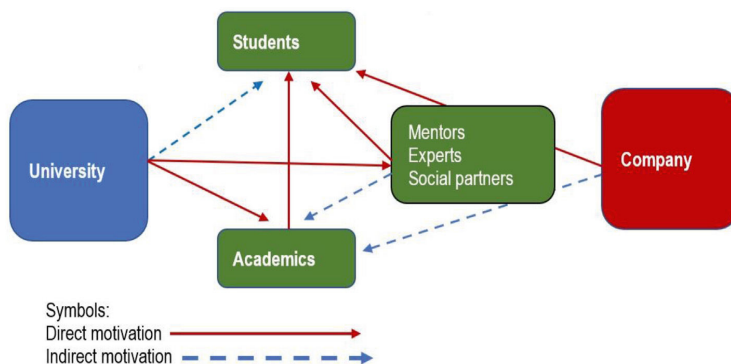


Fig. 2. The contribution of strategic partners to the motivation of all sides.

Table 1
Evaluation criteria for the cooperation of strategic partners.

Nr.	Academic sector		Industry	
	Technological quality of the invention		Commercialisation opportunities	
	Criteria	Weight	Criteria	Weight
1.	Type of innovation (Substitute products, new technological processes, new products, new patterns of behaviour)	0.4	Level of innovation (Local, regional, worldwide)	0.2
2.	TRL	0.2	Feasibility study	0.5
3.	Climate neutrality	0.4	Business model (sustainability)	0.3

Table 2
Evaluation criteria for the final presentation.

Evaluation criteria	Trying to reach/not reached	Approaching	Achieves compliance	Exceeds requirements
	1	2	3	4
	Students' activities are inaccurate, and the approximate performance can only be partially attributed to the acquired competence.	Student performance is generally related to the competence to be acquired.	Students' performance is accurate; it is based on judgments about these criteria	Students' performance is accurate and convincing; it shows the limitations and complexity of competence.

least, promotes close cooperation not only within the team but also with representatives of the academic staff and companies (consultants).

A variety of methods in the learning process allows cooperation between the teaching staff and students to a new level, allowing students to expand their knowledge of the environment and test their knowledge in practice. Since the focus is often on the results of team competitions, the authors offer a structured approach that will allow objective evaluation of the quality of the team decision and the quality of the final presentation (Table 2).

Additionally, the study's authors offer a table of evaluation criteria that can be adapted to various educational programs. Each criterion is scored on a scale from 1 to 4, where 1 - tries to achieve/not achieved and 4 - exceeds the requirements. Each is given a weight depending on the requirements of the study program (Table 3), which experts determined. The idea development model is a set of elements, the application of which leads to a successful result. The model can be compared to a sieve, in which, after sifting through a large number of different types of information and innovation, meaningful knowledge and activities are separated to satisfy the interests of all parties involved. The model

Table 3
Evaluation of criteria.

Nr.	Criteria	Weight
1.	Towards a climate-neutral solution	0.20
2.	Quality of the feasibility study	0.20
3.	Identifiable type of innovation (Substitute products, new technological processes, new products, new patterns of behaviour)	0.15
4.	Business model quality (to ensure the sustainability of the solution)	0.1
5.	Technology readiness level	0.1
6.	Level of innovation (local, regional, global)	0.1
7.	Contribution to one or more of the United Nations Sustainable Development Goals	0.05
8.	Team's performance (presentation quality)	0.05
9.	Participants have formulated their role in implementing the solution	0.05
Total		1.0

consists of the main predetermined parameters - the novelty of the idea, economic feasibility and presentation. Before the start of the event, students should receive all possible information about the different types of innovations in the bioeconomy (substitute products, new technological processes, new products, new behaviours, etc.). This information will allow students to understand the course's objective better and perform the task better (Bröring et al., 2020).

2.2.2. Evaluation of TRL

The next step in the study is to understand the technological readiness of the project. This understanding would allow for setting a goal that the team can achieve in the allotted time.

The amount of information the team provides directly depends on the curriculum requirements and the TRL criteria. For example, in the case of TRL1-4, it will be: a) research; b) concept description; c) results of analytical and experimental work; d) documented test performance, etc. Information includes, for example, cost-benefit analysis, business model, market research, etc. Based on the company's turnover (for example, the number of products produced), the team makes an economic analysis of the project. A financial analysis of an innovative solution project is necessary to prove this project's success. An additional advantage of this analysis is acquiring knowledge regarding the economic aspect, which undoubtedly increases the student's competitiveness in the market. Creating a transparent project logistics chain, starting with the resource producer and ending with the buyer, is the second significant indicator of the proposed solution.

The implementation of a business model is the second indicator of the quality of a student team solution from an industry perspective. It is common for business models to be examined from the value chain perspective in combination with other theories and enterprise practices. A business model articulates a value proposition for customers (Teece, 2010) and considers how an organisation creates, delivers, and captures value (Osterwalder & Pigneur, 2010). Academics and business managers have different understandings of the concept of sustainable business models, and there is still a debate about whether sustainable business models might supersede traditional business models in the future (He & Ortiz, 2021).

3. Results

As part of this study, a pilot hackathon event was held, organised by the Institute of Energy Systems and Environment of Riga Technical University (Latvia). The main actors were established - both the academic staff of the university and students took part, as well as the waste management company.

The purpose of the hackathon was to promote the ideas of recycling complex types of waste and to develop innovative recycling solutions. During the hackathon, one criterion was established: to find and justify the possibility of using a specific type of waste in producing a new high-value-added product. The event is based on the cyclical nature of the production cycle, which positively affects the enterprise's economy.

The task of the working groups (students) was to develop a business plan to process a problematic type of waste. The development consisted of situation analysis, search and evaluation of alternatives and technological solutions, economic justification, and identification of potential intellectual property rights. The criteria chosen in the study helped create value for an idea and understand its evaluation from various perspectives. The criteria use of the TRL was valuable as it allowed both academia and industry partners to come to a common understanding of the criteria for evaluating team performance.

The team's diversity made it possible to simulate situations from real life when people with different life experiences and views need to find the optimal solution to the problem. According to participants' feedback, the need to cooperate in a highly competitive environment between teams allowed them to take the initiative in difficult situations, feel responsible and take on obligations. Such an experience positively affects

a person's character, allowing him to open up and understand their abilities and capabilities.

As part of the hackathon training course, teams worked with the following types of difficult-to-recycle waste:

- (a) Refuse Derived Fuel - municipal solid waste, the treatment of which has created a uniform fuel mass. It can be used as an additional fuel for energy production in thermal power plants or incinerated for energy production in special equipment;
- (b) Used tires - possibilities of economically advantageous recycling technologies;
- (c) Fibreglass - this type of waste is regularly delivered to the landfill of the hackathon participant. Given this, the company can predict the demand for the processing service.

The hackathon allowed students to more effectively and visually master the curriculum of the course, which is also aimed at developing "green" innovations. The course includes elements of developing competencies necessary for the competitiveness of young professionals in the field of environmental sciences.

The event consisted of three stages dedicated to one of the three types of waste. Three teams took part in each step. According to the final results, the expert jury determined the finalist, who was allowed to participate in a large hackathon by the company.

Even though the competition in each stage was insignificant, each team participated passionately. The participants were driven by team competition and the desire not to "fail" with poor-quality performance.

A valuable experience and result was the teams' in-depth study of intellectual property rights. The teams could evaluate their solutions' novelty and compare them with existing technologies. Some teams were also interested in getting involved in business and becoming cooperation partners of the company.

Based on the results of this experience, it was concluded that as a result of multilateral cooperation, students were able to strengthen the following skills:

- work with scientific literature and various sources of information;
- using digital tools to analyse options and scenarios;
- development of innovative technological solutions;
- business thinking for environmental technology commercialisation;
- the creation of a project that meets the goals of sustainable development;
- confident presentation of results;
- teamwork, cooperation and finding a common language in stressful conditions.

The method developed and used in the case study allows for significantly improved cooperation between the academic sector and industry in preparing future environmental engineering specialists by the requirements of green innovation commercialisation. The study focuses on building partnerships between academia and industry as a precondition for developing green innovation.

4. Discussion

The study results and the positive feedback from the participants indicate that this methodology can be successfully used to train qualified specialists in various disciplines. The ability to create elaborate solutions is a necessary condition for the student's competitiveness. The format of generating ideas borrowed from business is one of the methods to improve the quality of education and university rankings.

Several factors related to adapting the method to the educational process could influence the hackathon results. The main factors can be called the difference in the opinions of the parties of the hackathon and their Motivation. The need to conduct the event remotely could also

affect. However, all sides of the event were ready to cooperate and look for compromises to solve these factors.

The study identified the following factors:

- (a) **Party participation activity**– although the division of roles was initially organised, the performance of specific tasks did not always meet the requirements. For example, the company wanted to receive theoretical confirmation of the proposed idea's effectiveness and the experiment results. However, the active participation of the students themselves should be noted. By asking the right questions to experts from the company and employees in a particular field, students could simulate real situations theoretically.
- (b) **Definition of the primary evaluation criterion**– this work showed the need to find a balance between the priorities of the university and the company. In this hackathon, priority was given to the technological novelty of the idea. In the first stages, the university was the leading evaluator, while the company evaluated the final.
- (c) **Motivation of students to participate**– the results of the study and the feedback from the participants themselves showed that the monetary prize fund is not the primary motivating factor. Factors cited include the desire to test oneself, gain new experience, gain professional connections that may be useful in the future, and the potential opportunity to get a job in the company. An important role is played by the clarity of the task, the even distribution of the teaching load, the successful integration of study subjects (in the case of a multidisciplinary study process), and the interest and activity of the other parties involved. Hackathon organisers should consider the emotional factor of the event. The team itself, relationships and distribution of responsibilities and activity within this team play an essential role. Therefore, it is important to form groups based on the qualities of each participant.

However, successful cooperation requires the participants' Motivation and the academic staff's interest. The enthusiasm and welfare of the teacher may be higher than that of the one who formally manages. According to students, the active participation of teachers gave additional inspiration to the work. The teacher's motive may be to improve the quality of education and gain new experience and knowledge for themselves. If the teacher has yet to previously participate in such events (hackathons), it is recommended first to participate in regularly held events as a participant. With such experience, the teacher can better understand and explain to the student his tasks and the course of work.

It is recommended to divide the entire preparatory period (from the Creation of a team to the final performance, not including) into stages to obtain a good result:

- (a) **Creation of team uniqueness.** Discussing the team's name, image, logo and motto, its members communicate and get to know each other better. Such a creative task helps to strengthen the team spirit and gives the initial mood and impetus for further work.
- (b) **Defining Team Roles.** Such a task allows one to determine who can better cope with what tasks. Critical when time is limited.
- (c) **Intermediate Results Hearings.** Teams present what they have achieved and receive expert and consultant assessments. The team can use the received comments and advice to improve their project so that by the final presentation, the project is as close to reality as possible and considers the maximum possible number of specific nuances.

Given that this event requires knowledge not only in the field of ecology and environmental engineering but also in economics and business management, it is recommended to strengthen the subjects of

this area in the university's teaching program (Osterwalder & Pigneur, 2010). This can be achieved, for example, by involving in the educational process a lecturer who is familiar with this topic and can demonstrate and analyse real examples.

Valuable input can come from social partners - professional industry associations and representatives of policymakers (ministries, state agencies), who can help teams define the social impact and the role of solutions in economic development.

Linking the principles of the hackathon event with the Sustainable Development Goals not only strengthens the individual responsibility of the parties involved but also allows connecting the parties interested in the result. Such cooperation is especially relevant for complex processes in which many parties participate with even more interests, goals and ways to achieve them. The already mentioned Sustainable Development Goals and Simon Sinek's Golden Circle approach can help achieve an optimal result (Sprijt et al., 2013).

This study included a survey of the opinions of all parties involved. It was essential to get an idea both about the method itself and its value, as well as about the expectations of the parties and assessing the contribution of the parties and individuals, in particular to the final result of the hackathon. All this made it possible to evaluate the results achieved objectively.

Students mentioned that they could better understand the educational process's goals thanks to the acquired skills. Some respondents described their first emotions caused by participation in the hackathon - stress and nervousness due to lack of experience in such events. However, as more and more information was obtained, these students became more and more confident in their knowledge and abilities. Understanding how to achieve the result allowed them to get to work with passion. Students reacted positively to such an experience and described it as "attractive" and "dynamic", pointing out that "a hackathon brings more than just knowledge and skills." The event allowed learning more about their opportunities to work with unfamiliar people, create technologically sophisticated solutions and endow them with commercial value. Surprisingly, students do not consider this event a chance to show themselves to company representatives or social partners.

In turn, the teaching staff highly appreciated the development of presentation and argumentation skills among the teams. Particular progress was observed in each of the subsequent intermediate stages when the teams, based on the results of the previous steps and comments on them, took into account experience and attention not only to the content of the presentation but also to the same method and manner of presentation. The teaching staff highly appreciated the contribution of each party to the result and indicated that the participation of companies in hackathons plays a significant role. Companies can provide a professional perspective on business modelling and economic sustainability issues.

Conducting this research using a hackathon fostered collaboration between academia and industry and has contributed significantly to strengthening the skills of young environmental engineers. Skill strengthening creates more confidence and motivation in students to transfer their knowledge. Therefore, using the hackathon more often in the study process can be recommended. Promoting hackathons in the academic environment and industry strengthens this cooperation, and it is possible to more precisely determine the intersection of the main goals of the activities of both parties and their harmonisation. Future research findings and their practical applications can boost the number of patent applications, generate industry interest in the university as a competent partner, elevate the average salary of environmental engineering students relative to other fields, and accelerate the development of green innovations.

5. Conclusion

Analysing company representatives' feedback, the study's authors can conclude that the company begins to recognise certain needs only at the

end of the event. Close cooperation with academic staff allows identifying of hidden goals.

The survey results show that, in general, the participants are satisfied with the event itself and its effects. Team members highly appreciate their contribution to the team's overall result and assume that the experience gained will help them achieve results more successfully in the future.

The authors of the study conclude that for the further use of the hackathon method in the educational process, it is necessary to conduct additional research. Further consideration must be given to developing strategic partnerships, documenting results and improving team performance. All this means the following:

1. **Development of guidelines for the protection of Intellectual Property Rights** to define the rights and obligations of the parties involved,
2. **Modelling the profile of "shareholders"** (companies, public administration institutions, public-private partnerships, European Union level institutions, etc.) and matching the interests with the academic sector
3. **Widening the opportunities for students and empowering team performance**, for example, by strengthening team capacity through self-assessment tests, creating a platform for more ambitious demonstration of student knowledge, team interaction in the case of distance learning, digitalisation of results and accessibility to a broader range of stakeholders.

Despite the challenges to be balanced the acquisition of theoretical and practical knowledge during the study, such activities as part of the study process can make a significant contribution to improving the quality of competent education (Rayna & Striukova, 2021), as they create conditions for students to develop new skills and provide greater Motivation to work if a future promise is received that their solutions have opportunities for further development.

Declaration of competing interest

The authors declare the following financial interests/personal relationships which may be considered as potential competing interests. Antra Kalnbalkite reports financial support was provided by European Social Fund.

Acknowledgement

This work has been supported by the European Social Fund within the Project No 8.2.2.0/20/1/008 «Strengthening of PhD students and academic personnel of Riga Technical University and BA School of Business and Finance in the strategic fields of specialisation» of the Specific Objective 8.2.2 «To Strengthen Academic Staff of Higher Education Institutions in Strategic Specialization Areas» of the Operational Programme «Growth and Employment».



References

- Adom̄ent, M., Fischer, D., Godemann, J., Herzig, C., Otte, I., Rieckmann, M., & Timm, J. (2014). Emerging areas in research on higher education for sustainable development - management education, sustainable consumption and perspectives from Central and Eastern Europe. *Journal of Cleaner Production*, 62, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.045>
- Annan-Diab, F., & Molinari, C. (2017). Interdisciplinarity: Practical approach to advancing education for sustainability and for the sustainable development goals. *International Journal of Management in Education*, 15(2), 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.03.006>
- Augusto, M., & Coelho, F. (2009). Market orientation and new-to-the-world products: Exploring the moderating effects of innovativeness, competitive strength, and environmental forces. *Industrial Marketing Management*, 38(1), 94–108. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2007.09.007>
- Avelar, A. B. A., Silva-Oliveira, K. D. da, & Pereira, R. da S. (2019). Education for advancing the implementation of the sustainable development goals: A systematic

- approach. *International Journal of Management in Education*, 17(3). <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.100322>
- Bag, S., Dhamija, P., Bryde, D. J., & Singh, R. K. (2022). Effect of eco-innovation on green supply chain management, circular economy capability, and performance of small and medium enterprises. *Journal of Business Research*, 141, 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.011>
- Bataineh, M. J., Sánchez-Sellero, P., & Ayad, F. (2023). The role of organisational innovation in the development of green innovations in Spanish firms. *European Management Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2023.01.006>
- Berkes, F. (2009). Evolution of co-management: Role of knowledge generation, bridging organisations and social learning. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1692–1702. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.001>
- Bröring, S., Laibach, N., & Wustmans, M. (2020). Innovation types in the bioeconomy. *Journal of Cleaner Production*, 266, Article 121939. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121939>
- Caeetano, M., & Amaral, D. C. (2011). Roadmapping for technology push and partnership: A contribution for open innovation environments. *Technovation*, 31(7), 320–335. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.01.005>
- Carlsson, L., & Berkes, F. (2005). Co-management Concepts and methodological implications. *Journal of Environmental Management*, 75(1), 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.11.008>
- Cheng, V. M. Y. (2019). Developing individual creativity for environmental sustainability: Using an everyday theme in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.05.001>
- Ellis, V., & Childs, A. (2019). Innovation in teacher education: Collective creativity in the development of a teacher education internship. *Teaching and Teacher Education*, 77, 277–286. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.10.020>
- Faludi, J., & Gilbert, C. (2019). Best practices for teaching green invention: Interviews on design, engineering, and business education. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1246–1261. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.246>
- Fernández-Manzanal, R., Serra, L. M., Morales, M. J., Carrasquer, J., Rodríguez-Barreiro, L. M., del Valle, J., & Muriello, M. B. (2015). Environmental behaviours in initial professional development and their relationship with university education. *Journal of Cleaner Production*, 108, 830–840. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.153>
- Fliaster, A., & Kolloch, M. (2017). Implementation of green innovations – the impact of stake holders and their network relations. *R & D Management*, 47(5), 689–700. <https://doi.org/10.1111/rdm.12257>
- Gatti, L., Ulrich, M., & Seale, P. (2019). Education for sustainable development through business simulation games: An exploratory study of sustainability gamification and its effects on students' learning outcomes. *Journal of Cleaner Production*, 207, 667–678. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.130>
- Genç, E., & di Benedetto, C. A. (2015). Cross-functional integration in the sustainable new product development process: The role of the environmental specialist. *Industrial Marketing Management*, 50, 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.05.001>
- Gómez, F. U., Sáez-Navarrete, C., Lioi, S. R., & Marzuca, V. I. (2015). Adaptable model for assessing sustainability in higher education. *Journal of Cleaner Production*, 107, 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.047>
- Gutierrez-Martin, F., & Hüttenhain, S. H. (2003). Environmental education: New paradigms and engineering syllabus. In *Journal of cleaner production* (Vol. 11). www.cleanerproduction.net.
- He, J., & Ortiz, J. (2021). Sustainable business modeling: The need for innovative design thinking. *Journal of Cleaner Production*, 298, Article 126751. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126751>
- Ho, K. C., Shen, X., Yan, C., & Hu, X. (2023). Influence of green innovation on disclosure quality: Mediating role of media attention. *Technological Forecasting and Social Change*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122314>
- Huang, C. T., & Tsai, K. H. (2014). Synergy, environmental context, and new product performance: A review based on manufacturing firms. *Industrial Marketing Management*, 43(8), 1407–1419. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2014.06.010>
- Kamariotou, M., & Kitisos, F. (2022). Hackathons for driving service innovation strategies: The evolution of a digital platform-based ecosystem. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/joitmc8030111>
- Karimi Takalo, S., Sayyadi Tooranloo, H., & Shahabaldini parizi, Z. (2021). Green innovation: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 279, Article 122474. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122474>
- Kennedy, M. M. (2016). How does professional development improve teaching? *Review of Educational Research*, 86(4), 945–980. <https://doi.org/10.3102/0034654315626800>
- Kopnina, H. (2019). Green-washing or best case practices? Using circular economy and cradle to cradle case studies in business education. *Journal of Cleaner Production*, 219, 613–621. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.005>
- Kvamsås, H., Neby, S., Haarstad, H., Stiller-Reeve, M., & Schrage, J. (2021). Using collaborative hackathons to coproduce knowledge on local climate adaptation governance. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100023>
- Lambrechts, W., Mulá, I., Ceulemans, K., Molderez, I., & Gaeremynck, V. (2013). The integration of competences for sustainable development in higher education: An analysis of bachelor programs in management. *Journal of Cleaner Production*, 48, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.034>
- Leal Filho, W., Raath, S., Lazzarini, B., Vargas, V. R., de Souza, L., Anholon, R., Quelhas, O. L. G., Haddad, R., Klavins, M., & Orlovic, V. L. (2018). The role of transformation in learning and education for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 199, 286–295. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.017>
- Leyva-de la Hiz, D. I. (2019). Environmental innovations and policy network styles: The influence of pluralism and corporatism. *Journal of Cleaner Production*, 232, 839–847. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.034>
- Linton, J. D. (2015). Teaching innovation to technologists (non-business people) and non-technologists (business people): Scotch Whisky as an exemplar of process changing product an alternative to traditional lectures. *Technological Forecasting and Social Change*, 100, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.05.001>
- Lolich, M., Vázquez, G. H., Zapata, S., Akiskal, K. K., & Akiskal, H. S. (2015). Affective temperaments in tango dancers. *Journal of Affective Disorders*, 173, 27–30. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2014.10.018>
- Malhotra, Y. (2005). Integrating knowledge management technologies in organisational business processes: Getting real time enterprises to deliver real business performance. *Journal of Knowledge Management*, 9(1), 7–28. <https://doi.org/10.1108/13673270510582938>
- Marcon, A., de Medeiros, J. F., & Ribeiro, J. L. D. (2017). Innovation and environmentally sustainable economy: Identifying the best practices developed by multinationals in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 160, 83–97. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.101>
- Morgan, T., & Anokhin, S. A. (2020). The joint impact of entrepreneurial orientation and market orientation in new product development: Studying firm and environmental contingencies. *Journal of Business Research*, 113, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.06.019>
- Orecchini, F., Valitutti, V., & Vitali, G. (2012). Industry and academia for a transition towards sustainability: Advancing sustainability science through university-business collaborations. *Sustainability Science*, 7(SUPPL. 1), 57–73. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0151-3>
- Österblom, H., Cvitanovic, C., van Putten, I., Addison, P., Blasiak, R., Jouffray, J. B., Bebbington, J., Hall, J., Ison, S., LeBris, A., Mynott, S., Reid, D., & Sugimoto, A. (2020). Science-industry collaboration: Sideways or highways to ocean sustainability? *One Earth*, 3(1), 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.011>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers*. Wiley, John Wiley and Sons.
- Peter, S., Crock, N. D., Billings, B. J., Wu, R., Sterling, S., Koul, S., Taber, W. F., Pique, K., Golan, R., & Maitland, G. (2020). Argentine tango reduces fall risk in Parkinson's patients. *Journal of the American Medical Directors Association*, 21(Issue 2), 291–292. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.10.009>. Elsevier Inc.
- Pham, D. D. T., Paillé, P., & Halilem, N. (2019). Systematic review on environmental innovativeness: A knowledge-based resource view. *Journal of Cleaner Production*, 211, 1088–1099. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.221>. Elsevier Ltd.
- Prieto-Sandoval, V., Torres-Guevara, L. E., & García-Díaz, C. (2022). Green marketing innovation: Opportunities from an environmental education analysis in young consumers. *Journal of Cleaner Production*, 363. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132509>
- Rayna, T., & Striukova, L. (2021). Fostering skills for the 21st century: The role of Fab labs and makerspaces. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, Article 120391. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120391>
- Ribeiro, G., & Cherobim, A. P. M. S. (2017). Environment and innovation: Discrepancy between theory and research practice. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 14(1), 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.rai.2016.10.002>
- Roh, T., Noh, J., Oh, Y., & Park, K. S. (2022). Structural relationships of a firm's green strategies for environmental performance: The roles of green supply chain management and green marketing innovation. *Journal of Cleaner Production*, 356. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131877>
- Shamzuzoha, A., Cisneros Chavira, P., Kekäle, T., Kuusniemi, H., & Jovanovski, B. (2022). Identified necessary skills to establish a center of excellence in vocational education for green innovation. *Cleaner Environmental Systems*, 7, Article 100100. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100100>
- Sharif, R. (2019). The relations between acculturation and creativity and innovation in higher education: A systematic literature review. In *Educational research review* (Vol. 28). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100287>
- Sidiropoulos, E. (2014). Education for sustainability in business education programs: A question of value. *Journal of Cleaner Production*, 85, 472–487. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.040>
- Sinakou, E., Boeve-de Pauw, J., Goossens, M., & van Petegem, P. (2018). Academics in the field of education for sustainable development: Their conceptions of sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 184, 321–332. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.279>
- Sinha, A., Sengupta, T., & Alvarado, R. (2020). Interplay between technological innovation and environmental quality: Formulating the SDG policies for next 11 economies. *Journal of Cleaner Production*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118549>
- Souto, J. E., & Rodriguez, A. (2015). The problems of environmentally involved firms: Innovation obstacles and essential issues in the achievement of environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, 101, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.017>
- Sprijt, J., Spanjaardt, T., & Demougé, K. (2013). *The golden Circle of innovation: What companies can learn from NGOs when it comes to innovation*.

- Srivastava, A. P., Venkatesh, M., & Yadav, M. (2019). Evaluating the implications of STAKEHOLDER'S role towards sustainability of higher education. *Journal of Cleaner Production*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118270>
- Stål, H. I., & Babri, M. (2020). Educational interventions for sustainable innovation in small and medium sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118554>
- Stough, T., Ceulemans, K., Lambrechts, W., & Cappuyns, V. (2018). Assessing sustainability in higher education curricula: A critical reflection on validity issues. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4456–4466. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.017>
- Taylor, M. R., Rubin, E. S., & Hounshell, D. A. (2005). Control of SO₂ emissions from power plants: A case of induced technological innovation in the U.S. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(6 SPEC. ISS.), 697–718. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.11.001>
- Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- Tejedor, G., Segalàs, J., & Rosas-Casals, M. (2018). Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education. *Journal of Cleaner Production*, 175, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.085>
- Tejedor, G., Segalàs, J., & Rosas-Casals, M. (2018a). Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education. *Journal of Cleaner Production*, 175, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.085>
- Temiz, S. (2021). Open innovation via crowdsourcing: A digital only hackathon case study from Sweden. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010039>
- Walsh, S. T., & Linton, J. D. (2011). The strategy-technology firm fit audit: A guide to opportunity assessment and selection. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(2), 199–216. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.023>
- Wang, X., Xu, Z., Qin, Y., & Skare, M. (2022). Innovation, the knowledge economy, and green growth: Is knowledge-intensive growth really environmentally friendly? *Energy Economics*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106331>
- Yousaf, Z. (2021). Go for green: Green innovation through green dynamic capabilities: Accessing the mediating role of green practices and green value co-creation. *Environmental Science & Pollution Research*, 28, 54863–54875. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14343-1>

The Influence of Young People on Household Decisions on Energy Efficiency in Latvia

Vita BRAKOVSKA ^{1*}, Andra BLUMBERGA ²

^{1,2}*Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University, Āzenes street 12/1, Riga, LV-1048, Latvia*

Received 09.05.2023; accepted 12.11.2023

Abstract – Young people are the future members of the energy communities, who play a role in shaping a climate-responsible society. However, in the context of the geopolitical and economic events of 2022, the awareness of young people in Latvia about energy efficiency issues and the readiness to engage in climate change mitigation processes, as well as the influence of their attitude on the decisions of adult household members in the field of energy efficiency have not been sufficiently studied. The issue is crucial within the framework of the European Green Deal, where various serious games for building energy communities are being developed, and young people are the ones who can influence the decision-making process. The purpose of the study is to provide serious game developers with an insight into young people's knowledge of energy efficiency issues, associations with a climate responsible society, attitudes towards daily habits in the field of energy efficiency, as well as whether climate change issues are discussed in families and whether young people believe that they can influence views and habits of their family members. 71 participants from four contrasting geographical regions in Latvia took part in the study. The study was conducted using qualitative research methods, including questionnaires and interviews. The results have shown that young people in the regions of Latvia are aware of energy efficiency measures, and the answers provide an insight into the various experiences they have had in their households. The research also highlighted negative aspects, such as young people's unwillingness to strongly support household comfort level reduction in the name of climate change – only a little more than half would be willing to live in cooler rooms. Young people believe that they can influence the attitude and behaviour of other household members in an energy resource management matter. The results of the study lead to the conclusion that more attention should be paid to messages addressed to young people in public spaces, so that they associate themselves as an existing and future part of energy communities. They should be given examples and explanations regarding the importance of their actions in reducing climate change. Developers of serious games are encouraged to integrate aspects related to youth as participants in decision-making into the content of simulation tools, based on the results of the study.

Keywords – Climate-responsible society; energy community; EU Green Deal; serious games.

1. INTRODUCTION

Although children and young people are the main beneficiaries of all efforts to influence climate change, little is known about young children's skills, knowledge, and attitudes related to reducing energy consumption through behavioural change. Research shows that school age

* Corresponding author.
E-mail address: vita.brakovska@edu.rtu.lv

people awareness of energy efficiency issues and willingness to engage in climate change mitigation processes is influenced by their interactions with family members, friends, school, and social media. It seems that it is parents and teachers who have significant influence on the development of children's energy economy literacy and are therefore considered the main agents of influence [1].

Many parents believe that their values are influenced by their children. However, few studies provide direct evidence of value transfer in the opposite direction [2]. Research conducted so far has revealed that energy is a topic rarely discussed with children at home. Children were more motivated to save energy under the influence of school activities [3].

Based on the experience of 'Fridays For Future' (FFF) campaigns, it has been concluded that school and other cultural or educational space allows young people to work in teams, giving them opportunities to socialize and identify with others involved in solving environmental problems. It could be a good place to encourage beneficial behaviours. Examples include curricula that focus on empowering young people to participate in civic participation and actively shape their future in a sustainable manner. In general, it is necessary to promote systematic participation among young people, especially among those who are not yet of voting age [4].

Research results indicate to the importance of feedback on certain activities that help to achieve local and global environmental goals. A deeper study of the psychological processes underlying pro-environmental behaviour is needed [5]. In addition, the more people are exposed to information related to environmental conservation, the more pronounced their ecological involvement is [6]. The variety of data collection methods used is also important, as it involves teenagers and helps to raise their interest in the activities of various projects. This shows the value of using multiple methods at the same time in this age group [7].

Problems cannot be solved only by the contribution of individuals. Collective action is required, and politicians have the responsibility to protect the environment and the whole economic system that has already shown its weaknesses [8]. The teenagers involved in the research engage in environmentally friendly behaviours to varying degrees daily, and the extent to which they do so depends on their attitudes towards these activities. However, the prevailing family norms, which are mainly reflected in the behaviour of their parents, express at least as much variation in behaviour as the attitudes of the teenagers themselves [9]. Studies have shown that attitudes towards the environment and behaviour are formed around the age of 7, increase until the age of 10, level off until the age of 14 and then decrease again. Environmental behaviour develops from childhood to early adolescence and begins to consolidate from age 10, whereas environmental attitudes do not change at least into early adulthood [10].

Research so far shows that women seem to care more about the environment and take action to protect it. Such a finding may have significant implications for pro-environmental initiatives and would require awareness-raising among men to mitigate negative environmental impacts [11].

Research suggests that widespread games are important for behaviour change, and learning may also be suitable for related areas such as environmental conservation and lifestyle-related health issues [12]. The use of games promotes a change in attitude towards environmental issues, and the more casual play and richer learning interactions provided by creating a game in a real-time sensor system could stimulate more lasting effects [13]. Research shows that child-focused energy education programs can increase energy-saving behaviours among both children and their parents [14].

Know Your Energy Numbers (KYEN), a US-based energy education program designed to help teens and their families understand their energy lifestyle and data. The study shows that

participants was (i) positive about energy education programs, (ii) preferred energy visualizations that allowed them to view their home's energy data at different scales and desired more advanced views (e.g., appliance-level breakdowns), and (iii) were involved in hands-on activities with power tools [15].

Positive changes in knowledge, behaviour and attitudes show that a carefully designed energy education program can address the challenges of educating children about energy conservation and climate change at school age, even if the duration of the program is short [16].

Are young individuals informed enough to be able to influence household choices by playing serious games aimed at stimulating the development of energy communities? The study was conducted on the awareness of young people living in the regions of Latvia about energy efficiency measures and what experience they have gained within their households – whether heat energy bills are discussed with relatives and whether there is a readiness to change daily habits related to energy consumption.

2. METHODOLOGY

In this section, the authors provide a detailed explanation of the methodology selection, emphasizing its scientific rationale for achieving the research goals. The choice of methodology for this research is related to the need to understand the experience, perception and meaning that young people attach to energy efficiency practices. We opted for both – quantitative and a survey-based approach due to its capacity to collect comprehensive data across a diverse sample of participants. These methods allow to efficiently collect responses and analyse them to draw important conclusions on how to further influence household decisions in the area of energy efficiency measures. We employed both methods as comprehensive data collection approach for several reasons. First, surveys are well-suited for gathering data from a large and geographically diverse group of participants. Second, they enable standardized data collection, ensuring consistency in responses. Third, surveys provide anonymity, encouraging respondents to answer candidly. Ensuring the trustworthiness of our research is of paramount importance and to achieve this, we took multiple measures. Firstly, we carefully designed the survey questions to minimize biases and ensure clarity. Secondly, we conducted a pilot survey to identify any potential issues with the questionnaire.

The study took place between April and May 2022, with the participation of 71 young people aged between 14 and 19 years (85 % aged between 16 and 17 years) and representing four planning regions in Latvia (with an average of 25 young people participating from each, (see Table 1). Data collection format: interviews at face-to-face events and completion of a survey form that included both closed and open-ended questions.

TABLE 1. INFORMATION ABOUT RESPONDENTS

Sex	Male 35%			Female 65%			
Age, years	13	14	15	16	17	18	19
Age, %	1	2	10	24	37	16	10
I live in	Flat 52%		Private house 44%		Dormitory 4%		

The target segment was involved in the project ‘Promoting Youth Leadership for Democratic Citizenship in Latvia and EU’, the context of which – 2022 is the European Year of Youth, therefore regional events are held throughout Europe to involve young people and teachers in active discussions about youth priorities throughout in Europe, as well as the

challenges facing the European Union now and in the future, and also contributed to the transfer of the necessary leadership skills to young people to engage in the discussion process.

As part of the research, the questions were asked with the aim of finding out whether young people would be able to fully participate in a serious game, the purpose of which is to encourage residents to cooperate in the interests of the community and to implement common energy efficiency practices, thus stimulating the development of energy communities. The set of energy efficiency practices included in the questions is based on the system dynamics model of the simulation tool developed by Riga Technical University [17]. Before the interviews and filling in the questionnaires, the participants were introduced to the guidelines of the European Green Deal and the concept of energy communities.

The choice of the survey method aligns with the research's applicability and generalizability objectives. Surveys allow to collect data that can be analysed, enabling us to draw conclusions that are not only applicable to the sample in this study but also relevant to other research on youth engagement in climate change mitigation. This enhances the external validity of our findings.

By selecting the survey method and implementing it meticulously, authors aimed to ensure the trustworthiness and scientific rigor of the research. The authors believe that this approach provides a solid foundation for drawing meaningful insights into the energy efficiency perception and behaviour of young people.

3. RESULTS

3.1. Awareness of various energy efficiency practices in housing

The results of the research show that young people in the regions of Latvia are aware of energy efficiency measures and the answers give an insight into the various experiences gained in their households. The respondents demonstrated a surprisingly broad knowledge of various measures that contribute to energy efficiency in housing – a total of 21 different activities were mentioned that, according to young people, contribute to energy efficiency at home (see Table 2).

Among the respondents, the majority mentioned basement, exterior wall, and roof insulation separately (see Table 3) and energy production (mainly – solar panels, in some cases – use of land and wind energy). A wide spectrum of answers include energy saving measures.

This indicates that young people are indirectly informed about the priority directions of the EU in the field of energy, most likely by daily dealing with energy saving measures to be solved at home or at school.

Respondents often (the fifth most frequently listed) pointed to window replacement as one of the energy efficiency measures – admitting in the discussion that they have come across this issue because they spend part of their daily lives in accommodation, where the microclimate and temperature are also important for high-quality learning at home. A relatively large proportion mentions the use of green energy for providing heating – the interviews showed awareness of the harmful effects of fossil fuels on the environment, as well as knowledge of the importance of renewable resources in mitigating future climate change. It is interesting that several respondents pointed to warming or changing the door – this was mentioned in the discussions as an important source of heat loss, and it is a positive fact that young people have noticed and pointed it out. Also, several respondents mentioned wind generators as an element of improving energy efficiency, making a note about their usefulness in the seaside region – wind energy production within the framework of Energy communities is not an unknown practice among young people.

TABLE 2. MEASURES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF A BUILDING (ORIGINAL WORDING KEPT)

Energy efficiency improvement measures	Answers, %
Solar panels	12.4
Building insulation, incl. home renovation	12.4
Save energy, including turning off the light in the field, unplugging devices	10.5
Wall insulation	9.5
Window replacement	8.6
Roof insulation/ improvement/ change	7.6
Green energy is used in the heating of buildings, incl. heat pumps	6.2
Basement/floor insulation	4.8
LED bulbs, their quality	3.8
Door warming/ changing	2.9
Selection/renovation of the heating system, incl. installation of central heating, conversion of furnaces	3.3
Age and energy efficiency of kitchen appliances	2.9
Changing radiators	2.4
Ventilation, keeping doors closed to rooms with a constant temperature	2.4
Wind generators (in coastal areas)	1.9
Reduce / regulate heating / average t, °C	1.9
The latest technologies, incl. motion sensors, radiator sensors	1.9
Insulating the hot water pipes/ plugging all cracks	1.4
Heated floors	1.4
Consumption analysis	1.0
No overheating	1.0

TABLE 3. ANSWERS ABOUT INSULATION OF THE BUILDING

Which parts of the building can be insulated?			
Roof	Walls	Basement	All mentioned
16 %	21 %	5 %	58 %

3.2. Less mentioned energy efficiency practices

Several young people have mentioned the replacement of radiators and the renovation of central heating, admitting in the discussion that such practices are used in their households. It is a less common measure to promote energy efficiency, mainly implemented in house renovation projects.

Similar number of respondents pointed to the use of the latest technologies, such as motion sensors and radiator regulators to reduce energy loss. Respondents have encountered such and similar technologies in educational institutions and other public infrastructure facilities. The respondents confirm that the introduction of modern technologies contributes to their

awareness and gradually this can be transferred to the users' living conditions, when making decisions about optimal energy efficiency solutions.

Only some respondents pointed to the possibility of reducing or regulating the heating and the average temperature in the room – compared to other energy efficiency measures, this activity has a smaller share, and this coincides with the opinion expressed below about the reluctance to reduce room temperature, although it can have a significant impact on energy consumption. An even smaller number of respondents mentioned the analysis of energy consumption – the respondents admitted that they have not been thoroughly familiar with the study of utility bills, therefore they do not have the opportunity to make valid arguments for the promotion of more climate-responsible behaviour in their household.

As another energy-saving measure, some respondents mentioned the warming of hot water or heating pipes – this again indicates experience in their place of residence, therefore – already implemented energy-saving measures in their household.

As practical measures that can be defined as daily habits, young people mentioned ‘not to overheat’ or ‘not to load a full refrigerator’, ‘not to waste too much water’, etc. and they indicated the already existing experiences that young people encountered in their home. Despite the extensive enumeration, the respondents did not mention collective community activities that would require community cooperation, such as the use of shared cars.

3.3. Awareness on types of green energy production

Regarding the types of green energy production, the respondents basically mentioned all the most recognizable types, which represent wind, solar and water energy. In the meantime, the answers show that biomass fuel is less known (see Table 4).

TABLE 4. TYPES OF ‘GREEN ENERGY’ MENTIONED BY RESPONDENTS (ORIGINAL WORDING KEPT)

Types of ‘green energy’	Answers, %
Wind generators/ Windmills	35
Solar panels	24
Hydro power plants/ Water dams/ Waterpower producer	23
Nuclear power plant	7
Earth energy	3
Wave energy	2
Plastics / waste sorting / recycling	2
Biomass fuel	1
Storm energy	1
Air – water pump	1

Some respondents mentioned wave energy, pointing to the knowledge gained in natural science subjects. Relatively many respondents mentioned nuclear energy, which is not available in Latvia, but in the context of global events, it has been brought up to date through the media, thinking about alternative forms of energy for ensuring the energy supply of the Latvian economy. It is worth noting that when listing the type of green energy, almost a third of the respondents mentioned not wind generators, but windmills. During the discussions, it was found out that young people tend to call wind generators windmills or believe that the application of historical technologies can also be applied to obtaining wind energy today. Only one respondent indicated the use of hydrogen as an energy source. During the discussion with the respondents, it was concluded that information about the variety of future

technologies in the field of energy is insufficient and should be disseminated more purposefully, including through natural science subjects.

3.4. Readiness to reconsider temperature as an aspect of quality of life

Question ‘Would you be ready to live in less warm rooms (within minus 2–3 degrees) to reduce CO₂ emissions?’ highlight the problems related to the change of habits also among young generation, which is considered to be concerned about environmental issues and who are more actively ready than adults to engage in the fight to reduce the causes of climate change. More than half (58 %) of the surveyed young people answered that they were not ready to lower the room temperature in their place of residence to achieve climate neutrality goals (see Table 5).

TABLE 5. ANSWERS TO CLOSED QUESTIONS

Question	Yes, %	No, %
Would you be ready to live in the room with lower temperature (within minus 2-3 degrees) to reduce CO ₂ emissions?	58	42
Do you know - what is the amount of utility costs per month in your household?	56	44
Can residents of the same building be both energy consumers and producers?	91	9
Do you discuss energy saving measures in your home with your family members?	58	42
Do you think can you influence energy consumption habits of your family members?	60	40

This proportion encouraged young people to study it in more detail, because one of the prerequisites for promoting the development of a climate-responsible society in the future is a clear understanding of the motives for decisions and actions. They are not always rational, and it is precisely the influence of irrational motives that is the direction where ineffective behaviour of policymakers is most often demonstrated.

In the discussion, the three most typical statements were made as to why there is such a large proportion of young people who are not ready to accept the lowering of the temperature. First, the influence is formed from the circle of relatives and their attitude, second – young people are not yet independent and do not fully pay utility bills, therefore do not understand the increased financial burden importance, third – when answering this question, young people, like adults, are affected by a social dilemma – the conflict of selfish interests (domestic comfort) with public interests (contribution to mitigating climate change).

3.5. Young people's self-assessment of influence on household decisions

More than half (56 %) of the respondents indicate that they know the amount of utility costs in their household, because, although they do not take responsibility for it, they are still aware of the financial situation. Almost as many (58 %) young people confirm that they discuss energy saving measures in their home with their relatives.

The question on adapting to new conditions means changing daily habits (e.g., living in less warm rooms, sharing transport, stopping in the middle of the journey to charge an electric car, etc.) was asked and young people were invited to assess the extent young people and their family members are open to in changing their daily habits with the aim of supporting the global reduction of CO₂ emissions (see Table 6).

The results show that young people rate their openness to changing their daily habits a little higher than the readiness of their family members. 60 % of young people believe that they can influence the energy consumption habits of their family members.

TABLE 6. BEING OPEN TO CHANGE DAILY HABITS

	Being open to change daily habits, %									
	Not ready at all									Completely ready
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Me	2	2	6	17	15	29	19			10
My family members	2	4	16	12	24	29	10	2	2	2

The proportion of affirmative answers indicates the potential importance of young people as opinion makers in future work with households. There is the reason for the phrase ‘it is the children and grandchildren who teach their parents and grandparents how to use car seat belts’, which clearly notices (especially in various media) various socially accepted behavioural norms and observes whether and how adults fulfil them.

3.6. Motivation to engage in climate-responsible actions

One of the concluding topics of the discussion was the motivation of young people to engage in climate-responsible actions (energy saving and production/transport sharing are mentioned as examples). The answers to this question mark the presence of a social dilemma among young people – the highest motivation to engage in climate-responsible actions is related to selfish interests – the desire to improve the quality of life in the future and the concern for reducing communal expenses (see Fig. 1).

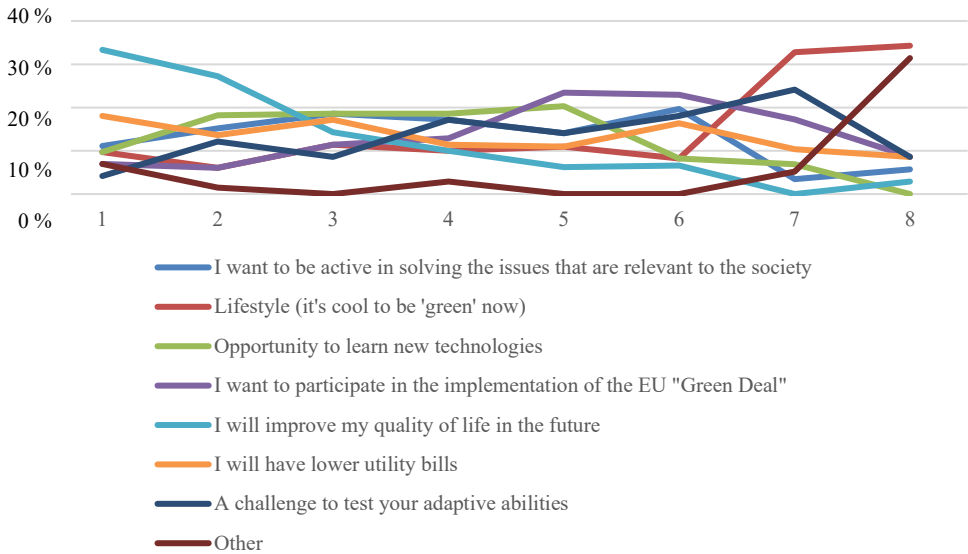


Fig. 1. Motivation to engage in climate responsible actions.

As the least important (lowest motivation) is lifestyle (being ‘green’ is stylish). This indicates that perhaps young people do not see ‘green thinking’ as a way of positioning themselves, but as an everyday necessity. The motivation related to the promotion of public good (being active in solving issues relevant to society and cooperation in the implementation of the EU Green Deal) is rated average (in scale from 1 to 8 varies between 3 and 6), which means that young people are open to activities aimed at the public good, but encouragement is needed.

Linking this to personal interests (e.g., learning about the latest technology) could lead to greater engagement in the future. Relatively very low motivation is involvement in testing one's adaptive abilities (most indicated it as the lowest motivation) This indicates that young people do not perceive involvement in climate-responsible actions as an opportunity to develop professionally and acquire new competences necessary for future growth.

When answering the question about what associations are formed with the words ‘climate-responsible future society’, young people's answers (see Table 7) showed a reference to the third person, which means that they do not currently feel themselves as a leading or decisive force in mitigating climate change.

TABLE 7. ASSOCIATIONS WITH THE WORDS ‘CLIMATE-RESPONSIBLE FUTURE SOCIETY’

Nr.	Association mentioned by respondents
1.	We, the youth, bear the same responsibility for our future ecological, healthy, confident life
2.	Prevention of the consequences of climate change, starting with us
3.	I mean that people will have to take responsibility for our actions to save the climate and nature
4.	Society will be responsible for the climate, will give up something
5.	Young people who are now growing up and can speak, change other people's minds about the green course
6.	A society that believes that driving an electric car will be more ecological, but producing electric cars and electricity is more unecological than driving a gasoline car.
7.	Ensuring a better future for their descendants, preserving nature, adapting
8.	Think about the environment, sustainability, future generations, and the well-being of their lives
9.	Society will think more about ecology and be more responsible for our future
10.	Everything will be better
11.	Over time, educate people who will think more about ecology
12.	Green people who care about nature and the future of people to ensure the possibility of living on this planet
13.	People try more to save resources
14.	By considering current climate changes and slowing them down
15.	I associate these words with people who are already thinking about the climate today, so that we have a better future
16.	People who will be responsible and take care of the climate
17.	People who care about the future
18.	That future people will pay more attention to the climate
19.	Switching from fossil fuels to help nature
20.	Society thinks more and is interested in improving the quality of its life
21.	Responsibility for the environment
22.	Better quality of life and nature-friendly lifestyle
23.	Act in such a way as not to cause greater climate change in the future
24.	Takes care of the environment around him - less waste, (used) electric cars, solar batteries

25.	A society that will consider what is better for nature in all its actions
26.	A society in which climate and environment preservation is important, where various activities that improve the environment are carried out
27.	A society concerned about the current and future climate
28.	People who understand the consequences of their actions on the climate
29.	A resource-saving and educated society
30.	A society that, for example, looks at whether a product is ECO. A society that doesn't care what happens to the world today.
31.	Heat is not consumed when no one is at home. In worse conditions, heating is only available in well-insulated rooms where several people stay for a long time.
32.	Future residents who will not only think about what they consume for nature, but also think about what they can give to it!
33.	Minimal CO ₂ emissions and green cities
34.	People create their lifestyle ecologically
35.	Associated with big changes in everyday life, more responsibilities, saving measures
36.	People will pay more attention to the climate, its problems and do something to improve the climate
37.	Associated with the fact that many people live in such a way as to mitigate climate change
38.	Responsibility, attention, understanding, thoughtful actions, frugality
39.	A society that moves from a consumer society to a green-thinking society
40.	Think about saving energy and resources
41.	A society whose actions reduce future threats to the climate, such as reducing holes in the ozone layer
42.	Electric cars, waste sorting
43.	Society or part of society that wants to be responsible for how it uses natural resources or how it can help nature
44.	Man knows how to get energy from nature
45.	People who consider the benefits of their actions for themselves, society, and the environment as a whole
46.	Everyone is in favour of a green lifestyle and all eco-friendly products
47.	With a society that pays attention to climate change in society, or lives green
48.	People will finally be interested in the planet we live on

4. DISCUSSION

This section includes youth attitudes towards climate-responsible actions, leveraging qualitative and survey-based methodologies for data collection. Findings indicate awareness of energy efficiency measures, active engagement in discussions about utility expenses, and a nuanced understanding of flexibility in achieving goals. However, there's a reluctance to compromise household comfort for climate change mitigation, revealing a need to bolster self-confidence and emphasize the global impact of their choices.

The study highlights serious games as key tools for involving youth in informed decision-making, particularly in energy community development. Recommendations include increased messaging targeting youth in public spaces to foster a sense of belonging to the energy community. Knowledge acquisition in educational institutions empowers youth to express opinions convincingly, influencing relatives and promoting community involvement. The study advocates providing youth opportunities to set examples and utilizing serious games for showcasing climate-responsible actions.

Proposals involve close collaboration with natural science teachers and research institutions to enhance the quality of teaching natural science subjects, providing comprehensive education on climate change issues. The importance of balancing personal and community interests, using serious games to navigate social dilemmas, is emphasized. The study concludes with an intention to provide deeper knowledge for serious game designers to plan effective concrete actions.

5. CONCLUSIONS

This section consists of methodological and knowledge contribution, key findings on youth engagement in promoting energy communities including thesis about balancing personal and community interests, flexibility and influence, collaborative educational initiatives, public awareness and community integration and guidance for serious game designers.

This study explores the awareness and attitudes of young people in various regions in Latvia on energy efficiency. Combining qualitative research with surveys, the authors gathered valuable data to ensure reliable findings in energy efficiency and climate change mitigation. Young people exhibit awareness of energy efficiency measures, and their participation in serious games can inform decisions in energy community development. However, a debatable willingness among young people to actively engage in climate change mitigation underscores the need to strengthen their self-confidence and emphasize the global impact of their choices.

The prioritization of personal interests over public benefits highlights the crucial need to balance individual and community concerns, with serious games serving as tools for navigating social dilemmas. Young individuals express confidence in their flexibility to achieve climate goals and influence household members in energy resource management. Knowledge acquired in educational institutions empowers them to express opinions effectively, influencing policy dialogues and household attitudes.

Emphasizing messages directed at young people in public spaces fosters their identification as current or future energy community members. Collaborative efforts with educators and research institutions, particularly in developing teaching aids, enhance education on climate change. Providing opportunities for young people to set examples and articulate the importance of their actions, coupled with serious game utilization, holds a promise for energy community development. The study aims to provide valuable insights for serious game designers, suggesting concrete actions for effective planning in youth engagement and energy community initiatives.

Future research is suggested to explore the impact of different survey methodologies on young individuals' responses and to investigate the effectiveness of interventions based on survey insights, aiming to enhance understanding of how young people can actively contribute to energy communities and climate-responsible societies.

The capacity of young individuals to influence family attitudes toward energy efficiency measures presents a substantial challenge and a test of their self-esteem. Future research should delve into the mechanisms governing joint decisions within households concerning energy efficiency practices. This exploration aims to elucidate the dynamics of decision-making processes, providing insights to strengthen the role of young people in shaping household choices related to energy efficiency. Integrating these findings into serious games frameworks can empower young individuals and contribute to fostering energy-conscious behaviour within households.

In advancing serious games development, a crucial area for investigation is the impact of implementing temperature reduction strategies to instil a climate-neutral attitude among the youth audience. Obtaining qualitative data, particularly through real-life scenarios, will

enable an evaluation of the climate responsibility of young people in Latvia and the factors influencing their positions.

ACKNOWLEDGEMENT

This study has been funded by the Latvian Council of Science, project “Bridging the carbon neutrality gap in energy communities: social sciences and humanities meet energy studies (BRIDGE),” No. lzp-2020/1-0256.

REFERENCES

- [1] Pearce H., Hudders L., de Sompel D. Van. Young energy savers: Exploring the role of parents, peers, media and schools in saving energy among children in Belgium. *Energy Res Soc Sci* 2020;63:101392. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101392>
- [2] Knafo A., Galansky N. The Influence of Children on their Parents' Values. *Soc Personal Psychol Compass* 2008;2(3):1143–1161. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2008.00097.x>
- [3] Fell M. J., Chiu L. F. Children, parents and home energy use: Exploring motivations and limits to energy demand reduction. *Energy Policy* 2014;65:351–358. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.003>
- [4] Wallis H., Loy L. S. What drives pro-environmental activism of young people? A survey study on the Fridays For Future movement. *J Environ Psychol* 2021;74. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101581>
- [5] Collado S., Evans G. W. Outcome expectancy: A key factor to understanding childhood exposure to nature and children's pro-environmental behavior. *J Environ Psychol* 2019;61:30–36. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.12.001>
- [6] Otto S., Kaiser F. G. Ecological behavior across the lifespan: Why environmentalism increases as people grow older. *J Environ Psychol* 2014;40:331–338. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.08.004>
- [7] Toth N., Little L., Read J. C., Fitton D., Horton M. Understanding teen attitudes towards energy consumption. *J Environ Psychol* 2013;34:36–44. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.12.001>
- [8] Calculli C., D'Uggento A. M., Labarile A., Ribecco N. Evaluating people's awareness about climate changes and environmental issues: A case study. *J Clean Prod* 2021;324. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129244>
- [9] Grønhoj A., Thøgersen J. Action speaks louder than words: The effect of personal attitudes and family norms on adolescents' pro-environmental behaviour. *J Econ Psychol* 2012;33(1):292–302. <https://doi.org/10.1016/j.joep.2011.10.001>
- [10] Otto S., Evans G. W., Moon M. J., Kaiser F. G. The development of children's environmental attitude and behavior. *Global Environmental Change* 2019;58. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101947>
- [11] Desrochers J. E., Albert G., Milfont T. L., Kelly B., Arnocky S. Does personality mediate the relationship between sex and environmentalism? *Pers Individ Dif* 2019;147:204–213. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.04.026>
- [12] Gustafsson A., Bang M. Evaluation of a Pervasive Game for Domestic Energy Engagement among Teenagers. Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, in ACE '08. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2008. <https://doi.org/10.1145/1501750.1501804>
- [13] Gustafsson A., Bang M., Svahn M. Power Explorer: A Casual Game Style for Encouraging Long Term Behavior Change among Teenagers. Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, in ACE '09. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009. <https://doi.org/10.1145/1690388.1690419>
- [14] Boudet H., Ardoin N. M., Flora J., Armel K. C., Desai M., Robinson T. N. Effects of a behaviour change intervention for Girl Scouts on child and parent energy-saving behaviours. *Nat Energy* 2016;1(8):16091. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.91>
- [15] Mauriello M. L., Stelmach G., Boudet H., Zanocco C., Flora J., Rajagopal R. An energy lifestyles program for tweens: A pilot study. Conference on Human Factors in Computing Systems – Proceedings, Association for Computing Machinery, 2019. <https://doi.org/10.1145/3290607.3312760>
- [16] Puttick G., Kies K., Garibay C., Bernstein D. Learning and behavior change in a Girl Scout program focused on energy conservation: Saving energy to 'save the planet. *Journal of Sustainability Education* 2015
- [17] Bohvalovs G., Vanaga R., Brakovska V., Freimanis R., Blumberga A. Energy Community Measures Evaluation via Differential Evolution Optimization. *Environmental and Climate Technologies* 2022;26(1):606–615. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0046>

ANNEX

Questionnaire ‘My participation in Building a Climate-Responsible Future Community’

1. What measures to improve the energy efficiency of a building do you KNOW? (e.g., window replacement)
2. Which parts of the building can be insulated?

	Roof	Walls	Basement	All mentioned
--	------	-------	----------	---------------

3. What types of “green energy” production do you KNOW? (e.g., solar panels)
4. Please answer “yes” or “no”:

Question	Yes	No
Would you be ready to live in the room with lower temperature (within minus 2-3 degrees) to reduce CO ₂ emissions?		
Do you know - what is the amount of utility costs per month in your household?		
Can residents of the same building be both energy consumers and producers?		
Do you discuss energy saving measures in your home with your family members?		
What do you think - can you influence the energy consumption habits of your family members?		

5. Adapting to new conditions means changing daily habits (e.g., living in less warm rooms, sharing transport, stopping in the middle of the journey to charge an electric car, etc.). Evaluate - to what extent are you and your family members open to changing your daily habits with the aim of supporting the reduction of CO₂ emissions in the world?

	Being open to change daily habits (%)									
	Not ready at all 1	2	3	4	5	6	7	8	9	Completely ready 10
Me										
My family members										

6. Put in priority order (1 is the highest and 8 is the lowest) – what is your motivation to engage in climate-responsible actions (energy saving and production/transport sharing)?

Statement	Score
I want to be active in solving the issues that are relevant to the society	
Lifestyle (it’s cool to be green now)	
Opportunity to learn new technologies	
I want to participate in the implementation of EU “Green Deal”	
I will improve my quality of life in the future	
I will have lower utility bills	
A challenge to test my adaptive abilities	
Other	

7. What do you associate with the words “climate-responsible future society”?



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/energy

Impact of the 2022 energy crisis on energy transition awareness in Latvia

Andra Blumberga, Ieva Pakere^{*}, Ģirts Bohvalovs, Vita Brakovska, Ruta Vanaga, Uldis Spurins, Gints Klasons, Viesturs Celmins, Dagnija Blumberga

Riga Technical University, Institute of Energy Systems and Environment, Latvia

ARTICLE INFO

Handling editor: Henrik Lund

Keywords:

Energy efficiency
Energy community
Public opinion survey
Energy crisis
Energy policy
Correlation network analysis

ABSTRACT

Citizens, businesses, and governments faced energy scarcity, skyrocketing costs, and a high degree of unpredictability due to the Russian invasion of Ukraine in 2022. This situation has forced the European Union and national governments to switch to local energy resources and increase energy efficiency more strictly. But has society's attitude changed in the same way? Two separate public opinion surveys and network analyses were carried out to gain an understanding of energy efficiency practices prevalent in Latvia before and after the war erupted. In addition, the energy community simulation tool has been used to quantify the economic indicators under various conditions.

The household survey results show that there, in fact, have been relatively few measures adopted to increase energy efficiency among the population during the energy crisis. The developed policy energy community simulation tool shows, that the energy costs in existing multi-family buildings have increased from around 61 EUR/m² to 83.5 EUR/m². However, it is still not motivating households to seek solutions toward more efficient energy use and RES generation due to the governmental subsidies to cover steep cost increases. Interventions targeting efficient energy communities through building managers would give higher strength and long-term effects.

1. Introduction

Consumers play a crucial role in the energy sector's transition to climate neutrality. They have a high potential for decentralized renewable energy (RE) production and opportunities to improve energy efficiency. Consumers can unite and create energy communities when they have similar interests and goals. These communities, supported by initiatives from the European Union and governments, promise effective measures to promote local energy production and self-consumption [1]. Through appropriate policies, members of energy communities can pursue common economic, social, and environmental goals. They can align their energy production and consumption with available resources, market demands, and policy frameworks [2]. However, achieving these goals requires careful coordination of the technical and organizational aspects, involving complex analyses to achieve the desired results.

Many studies have pointed to the high potential of energy efficiency in the residential sector. It would allow residents to reduce building maintenance costs and could also result in improved overall living conditions [3]. The recent sharp increase in energy prices could be an

important motivator to implement energy-saving measures and prevent a significant increase in housing costs. However, various barriers prevent the full use of energy efficiency potential. Although some of the obstacles (e.g. high investments, low economic benefits, technical feasibility) can be overcome by implementing appropriate support policies (e.g. tax reductions, investment subsidies, technical standards, and information campaigns) [4], one of the essential aspects is human behavior patterns, which are not easy to understand and change [5]. The understanding of factors influencing energy consumption, implementation of renewable energy sources (RES), potential energy efficiency reduction measures, and willingness to conduct these measures are crucial for promoting energy conservation and efficiency in households and further development of energy communities [6].

A wide variety of research has been conducted to explore the influencing factors of energy consumption in households. The study by Blomqvist et al. [7] identifies the main barriers toward energy efficiency including economic (e.g. imperfect information, hidden costs, access to capital, risks), behavioral (e.g. credibility and trust, values, inertia, bounded rationality), and organizational (e.g. energy management and culture of building organizations). The findings show that hidden costs

^{*} Corresponding author.

E-mail address: ieva.pakere@rtu.lv (I. Pakere).

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132370>

Received 21 December 2023; Received in revised form 17 June 2024; Accepted 7 July 2024

Available online 11 July 2024

0360-5442/© 2024 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

and bounded rationality were prominent barriers due to problems in acquiring and analyzing information.

The impact of household income level on the clean energy transition is not straightforward. On the one side, higher income results in increased overall energy consumption in households due to larger buildings, more appliances, and the necessity for higher demands [8]. Therefore, households with a higher level of income mostly have higher energy consumption and carbon emissions [9]. The survey results have also proved the opposite - the lowest-income households are consuming less energy either due to strict energy reduction measures, due to energy poverty and underconsumption situations [10]. Chaudhuri & Huaccha found that a one standard deviation increase in local income increases the energy efficiency gap by 1.2 kWh/m² per year [11]. However, high-income households have the advantage of being able to adopt RE and smart technologies contributing to distributed energy generation [12]. Higher incomes improve the availability of loans to perform energy efficiency measures [13]. There is also contradictive research on the educational level and potential energy efficiency increase in households as higher educational levels do not always lead to higher awareness [10]. Education brings higher income which results in higher energy consumption more often than energy efficiency increase [14]. Therefore, multiple aspects interact in a complex manner both promoting and hindering the clean energy transition [15].

A lot of research is focusing on assessing the impact of different policy measures to reduce the energy efficiency gap in households [16]. Subsidizing the costs of energy efficiency measures and RES installation have been identified as the most common and promising policy measures with positive attitudes from households [17]. Trust in government has been an important factor driving acceptance of more coercive policies and stricter climate and energy goals [18]. The study by Chen investigates how information framing affects willingness to participate in energy efficiency programs [19] and concludes that gain-framed messages are more effective. Additionally, targeted policies for low-income households to mitigate the negative impact of price increases would eliminate energy poverty potential [20].

The European Union's Clean Energy Package highlights the necessity to go further than energy efficiency measures and RES installations in a single housing level therefore, it promotes "active citizens" and the development of energy communities [21]. By common energy infrastructure and shared RE society residents would be more involved in the transition toward carbon neutrality resulting in "energy citizenship" [22]. However, the full potential of energy communities and the more active involvement of households and other stakeholders should be investigated.

Most previous studies focused on the technical and economic feasibility of developing energy communities as well as energy-sharing options [23,24]. Energy trading models can significantly impact the benefits of shared infrastructure [25,26]. Chreim et al. [27] introduce a novel energy management system for residential communities that finds optimal energy trading to minimize the total energy losses based on multi-agent systems. In other research [28,29], the main objective was to minimize annual operation costs and CO₂ emissions in household energy communities with shared energy storage.

Less attention in previous research is dedicated to the willingness of residents to cooperate for shared RE generation or conducting energy efficiency measures. Individual consumer willingness to participate in a community is influenced by external factors, such as cost, availability of RES, and interactions with government policies, as well as internal factors, such as financial and social beliefs/preferences [30]. Rincón-Rubio & Cedano-Villavicencio [31] have established the concept of emotional energy communities crucial to catalyzing energy transformations at the community level. Different interventions could be used to engage residents in understanding the role of shared energy and energy efficiency improvement measures [32]. However, the research [33] suggests that multiple-layer empowerment should be necessary to move toward sustainable energy communities.

Active involvement of citizens in energy transition and awareness raising is a complex process that could be fastened by certain extreme external conditions, e.g. steep increases in energy costs and or limited energy resources. It has been proved that stress about paying energy bills increases willingness to take up energy efficiency measures [19]. Osicka & Černoch [34] have set a hypothesis that the war in Ukraine in 2022 and the uncertainty around natural gas availability will fasten the European clean energy transition.

The overall energy consumption in Europe in 2022 has decreased due to strict energy reduction measures [35]. Also, households are directly affected by increased energy costs facing the energy poverty risk [36]. Therefore, different support strategies have been implemented to support households in the EU to make them more resilient against rising energy prices [37]. Heat pump integration, supported by government funding, has been proven as a cost-effective solution for reducing natural gas consumption in England and Scotland during the high energy price period [38]. On the other side, the research in Norway showed that only part of households responded (mostly those with smart electric car charging) to high electricity prices in winter 2021/22 by shifting or reducing energy consumption [39]. Therefore, it is not clear if the awareness of energy transition in households will increase after facing extremely high energy prices.

Even though there is much research on technical, environmental, and social aspects of energy communities, the barriers to common decision-making still need to be investigated fully. The previous research on energy cooperatives can give an insight into the main issues when agreeing on a common infrastructure [40,41]. Bauwens et al. [42] highlight that people are more aware of the legal structure and benefits of energy cooperatives and energy communities in countries where this movement has an old and well-established tradition (e.g. Denmark, and Germany). In East European countries, including Baltic countries, self-identification with the community is very weak, whether in terms of resource use, sharing of RE, or implementing energy efficiency. In Latvia, 85 % of inhabitants live in multi-family buildings, and each apartment is owned by a single owner, making the common decision-making process for building management very difficult. It gives an additional energy community dimension to the research when not only several buildings are involved, but also several owners of a single building need to mutually agree.

This research study started in 2021 when the nationwide household survey in Latvia assessed attitudes about energy efficiency and RES. It was the first step towards developing the policy simulation tool to assess various policy alternatives for the diffusion of energy communities. A detailed system dynamics model was built in Stella Architect to study the system's dynamic behaviour [43]. The model was then used as single- and multiplayer games to support potential energy communities when faced with a decision-making process dilemma with multiple decision-makers [44]. The study raised additional research questions in 2022 when the energy crisis hit the national energy system. How does the energy crisis impact the main key performance indicators of the energy communities? How do various policies impact key performance indicators of energy communities? What impact has the energy crisis had on the attitude of households towards energy efficiency and renewable energy resources? To what extent has government-provided financial support during the energy crisis been an effective strategy for promoting long-term energy transition? What are the main factors in fostering energy efficiency and renewable energy in the residential sector?

The paper starts by providing background information about the residential sector in Latvia. Then, the methodology applied in this study is described. An analysis of the obtained results follows. Finally, the discussion and conclusion reflect the research questions raised at the beginning of the study.

2. Background information

Research is conducted in Latvia, located in the Baltic region of Northern Europe with cool summer and cold winter climate. Most of the population in Latvia is living in multi-apartment buildings which were built during the Soviet era. More than 90 % of the area of multi-apartment buildings was built before 2003, thus they are characterized by low energy efficiency. However, the renovation of buildings is hindered by the ownership structure in Latvia when each apartment belongs to a separate owner. Therefore, it is necessary to mutually agree on the implementation of energy efficiency improvement measures and RES installations throughout the building. Latvia has steadily increased the share of RES in the heating sector by partly replacing natural gas with biomass utilization. However, the switching to RES in the power and transport sector is rather slow.

In March 2022, energy prices increased significantly due to the energy crisis. Fig. 1 shows the increase in energy prices for different energy sources in Latvia. The highest price increase was for natural gas, wood chips, and firewood. A minor relative increase has been attributed to diesel fuel, wood pellets, and electricity.

In response to the energy price increase, government support was available to cover electricity and district heating costs in 2022 [45]. The electricity tariff exceeding 0.16 EUR/kWh was reduced by 50 % for the households that use electricity for space heating. The natural gas fee was reduced by 0.03 EUR /kWh for consumption above 221 kWh per month. The district heating tariff was reduced by 50 % of the difference between the approved and median heat energy tariffs (68 EUR/MWh). Also, the purchasing costs of biomass pellets and briquettes were compensated when the costs were above 300 EUR/tonne. Each household with a firewood stove or boiler received 60 EUR compensation without a purchase receipt. The dedicated funding for compensation was almost 340 MEUR [46].

3. Methodology

Multiple methods have been merged to answer the raised research questions. First, the system-dynamics modelling is used to quantify the impacts of energy communities with several buildings involved under various external conditions. In addition, two separate nationwide surveys have been used to gather data on the attitude of residents toward energy efficiency measures, RES installations and potential interventions with other residents of multi-apartment buildings before and after the energy crisis in 2022. The correlation network analysis is performed to identify the main driving factors toward efficient energy communities and potential long-term interventions.

3.1. Energy community simulation

An energy community simulation tool was applied to quantify the impact of the energy crisis on the key performance indicators of energy communities with several buildings and assess which policies would have a greater effect on promoting energy transition solutions. A system

dynamics model was developed in Stella Architect software for which the user interface was created as the simulation tools for different purposes. The policy simulation tool was built based on the structure of the single-player and multi-player games [44], performed in the previous steps of the research [43,47], and supplemented with various national-level policies.

The single-player game was developed to conduct an apartment/building owner-level analysis to identify how carbon neutrality goals can be achieved through consumer adoption of different energy efficiency and RE options. The game can be used as a laboratory to increase the overall knowledge and awareness of carbon neutrality pathways at the building level. A multiplayer energy community game was developed by adding more output variables and input data needed to build an energy community with several buildings. During the simulation, the participants must mutually agree on various solutions, for example, what levels of energy efficiency should be achieved in each building, how much RE each building can produce, and whether transport sharing will be carried out. Players must evaluate their impact over several rounds and adjust until a decision satisfies the needs of the energy community. The last level of the developed energy community package which is used in this study is the policy simulation tool which provides the opportunity to evaluate costs and benefits under various legal frameworks and support policies.

The underlying structure of the model has five interlinked sectors (heating energy consumption, electricity consumption, transport energy consumption, energy production and storage on-site from renewable energy sources, energy from district heating and electrical grid). The model calculates energy balance at the building and community level based on the standard climatic data with a simulation timestep one month. Energy can be produced on-site with PV panels and solar collectors, heat pumps, accumulated in the thermal storage tank, electrical accumulator and in electrical vehicles. External solar generation with relevant interaction with the power grid has been added as an additional alternative within the policy simulation tool to test the potential impact of this solution. Other external RES generation technologies have not been added to a current version of the model because large photovoltaic panel fields are preferred in Latvia compared to e.g. wind power stations. A simplified scheme of the energy community used in the simulation tool with the main components is presented in Fig. 2.

Each sector has various input variables with default values (technical parameters of technologies, costs, outdoor climate, emission factors etc.), and variables that can be changed by the user (energy prices, fuel types, indoor climate etc.). In each sector, the key performance indicators illustrate the impact of various interventions on the energy demand side, transportation, on-site energy production and accumulation, including total investments, payback time, energy consumption, and greenhouse gas emissions. Key performance indicators for an energy community include overall energy consumption, energy costs, emission levels, monthly energy balance, payback time and other parameters of various buildings. The model has an internet-based interactive interface that allows the end-user to assess the impact of different carbon neutrality solutions. A detailed structure of the model can be found in

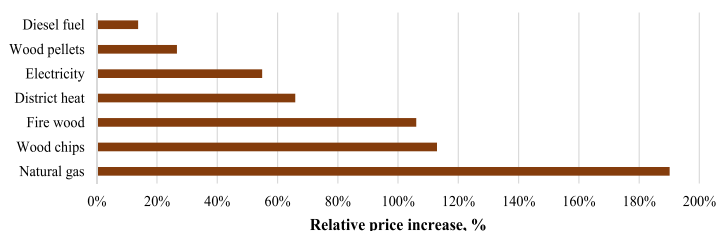


Fig. 1. Average price increase in 2022 for different energy resources in households in Latvia compared to 2019–2021 average price levels.

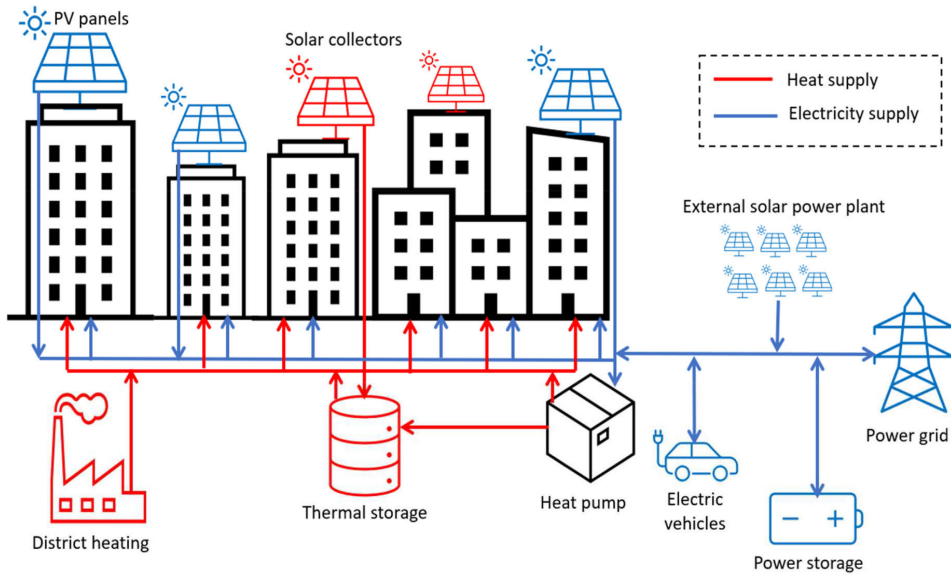


Fig. 2. Simplified scheme of the energy community used in the simulation tool with the main components.

Supplementary documents.

The user of the policy simulation tool can build and test various energy communities. A community can be built from several types of residential multi-apartment buildings. The user can select from six pre-defined building categories that are based on the most widespread standardized apartment buildings in Latvia built from 1950 to 1980. The heated area of buildings is categorized as small, medium, and large and the roof area is categorized as small and large. The building archetypes are given in Table 1.

Fig. 3 shows the user interface where a user can build an energy community from pre-defined buildings with three sizes of heated areas of the building and two sizes of roof area. The user also can select the heating type.

Fig. 4 illustrates the end user interface for measures that can be taken at the community level, national level policies and key performance indicators for each type of building and for the community. Various energy efficiency and energy reduction measures on the demand side (improvement of thermal resistance of building envelopes, reduction of indoor temperature, change of habits, change of appliances, installation of smart technologies and ventilation) and transport (car sharing, daily mileage, weekly use of cars), technologies in the on-site energy production (solar PV and collectors) and accumulation (electricity and heat), off-site renewables (wind turbines and solar PV) at the community

level can be combined to increase the overall energy efficiency and reduce carbon emissions of a defined community. A more detailed description of the measures is provided in Refs. [44,47]. National-level policies include heat and electricity energy prices, investment subsidies for building energy efficiency measures, investment subsidies for electrical vehicles, investment grants for solar rooftop installations (solar PV panels and solar collectors), sales of surplus solar electricity at the market electricity price, introduction of the Net Energy Metering system for surplus solar power [48], introduction of Green Certificates, defining the origin of grid electricity [49], emission taxes and overall energy costs from fossil fuels, changes in loan duration and interest rate.

The model validation is based on the study that is performed every five years in the European Union [50]. This study assesses the current building stock. Based on the median building values it provides baseline energy consumption data and potential savings with cost-optimal scenarios. The median apartment building heat energy consumption that includes heating and domestic hot water supply is 193 kWh/m²/yr. The values that the model provides range from 233 kWh/m²/yr to 138 kWh/m²/yr. They differ due to building geometry assumptions that result in different volume-to-surface area ratios that explain the variation in the specific heat consumption. The mathematics behind the cited study and the developed model are very similar as building energy consumption calculations follow the same underlying physics of calculating envelope and ventilation losses based on the thermal resistance of underlying envelope layers, air exchange rates and building volume, inner temperature, air temperature outside, and heat gains, both inner and solar.

Simulations in different combinations presented in Table 2 were carried out to quantify the impact of the energy crisis on the key performance indicators of energy communities and assess which policies would have a greater effect on promoting energy transition solutions.

The impact of energy transition and implemented policies are tested on the energy community which is formed by the mixed types of six buildings (two small buildings with small and large roof sizes; two medium buildings with small and large roof sizes; two large buildings with small and large roofs). The total living area of buildings is 38 250 m² with 5400 m² of roof area available for solar panel installation. In such an energy community, some buildings with larger areas will have a higher overall energy consumption and, therefore, greater potential to

Table 1
Building envelope characteristics for pre-defined building categories.

Building size	Small		Medium		Large	
	Small	Large	Small	Large	Small	Large
Floors	3	3	6	6	9	9
Stairwells	2	3	4	6	8	12
Roof Area (A_R), m ²	300	450	600	900	1200	1800
Living Space, m ²	900	1350	3600	5400	10800	16200
Height of the building, m	9	9	18	18	27	27
Volume (V), m ³	2700	4050	10800	16200	32400	48600
Surface Area (S_p), m ²	825	1125	1650	2250	3075	4275
S_p/V , m ⁻¹	0.31	0.28	0.15	0.14	0.09	0.09
S_p/A_R	2.75	2.50	2.75	2.50	2.56	2.38

Please, choose energy community building types:

Small Buildings (Area < 1000 m ²)		Average Buildings (Area 1000-3000 m ²)		Large Buildings (Area > 10000 m ²)	
		Buildings		Buildings	
With small roof area:	<input type="text" value="5"/>	With small roof area:	<input type="text" value="2"/>	With small roof area:	<input type="text" value="8"/>
With large roof area:	<input type="text" value="3"/>	With large roof area:	<input type="text" value="1"/>	With large roof area:	<input type="text" value="3"/>

Please, choose energy community heat supply type:

Building heat supply ?

- District Heating
- Natural Gas
- Firewood
- Briquettes
- Electricity
- Other

<<<
>>>

Fig. 3. The input page of the user interface is where a user can build an energy community from pre-defined buildings.

reduce energy costs. Within the base scenario (BASE), no additional measures for energy efficiency and RES implementation are done. The external walls are not insulated, and the windows are partly changed. It is assumed that buildings are connected to district heating systems.

The assessment is done under low (LPR) and high (HPR) energy price levels to respond to the conditions during the energy crisis. Implementation of energy efficiency measures and installation of RES are performed in two different ambition levels for the whole energy community. Afterwards, they are compared with the base energy consumption without additional measures (BASE). In the efficient energy community solution (EE) the energy consumption has been reduced to the average level with the installation of rooftop solar systems to provide the self-consumption of buildings. In the more ambitious scenario, a transition towards a positive energy district (PED) is introduced by implementing maximal energy efficiency levels and additional external solar power plants. Finally, the policy measures (attributed to POFF and PON) are added to evaluate the impact of support measures and higher tax rates on the overall economic indicators of the energy community.

The policies are affecting mainly the economic performance of developed energy communities. The subsidies for building renovation and electric vehicles reduce the necessary investments and, therefore, shorten the calculated payback time. A similar effect is caused by a decrease in credit interest rate. Changes in tax rates increase or decrease the overall expenses for heating from fossil fuels and biomass. The calculated annual emissions are multiplied by emission tax, both from carbon dioxide and particulate matter (PM) emissions. The resulting tax payments are summed together to calculate the annual tax amount that needs to be paid. From this causality, an increase in emissions leads to an increase in expenses. On the other hand, if measures that reduce emissions are applied, then the resulting tax payments are lower.

3.2. Household survey

Two separate public opinion surveys were carried out to gain an understanding of energy efficiency practices prevalent in Latvia as well as opinions of Latvia’s inhabitants regarding energy saving and production, environmentally friendly transportation, adoption of modern RES, and energy community formation potential among housing owners in a single building or with additional neighbouring buildings. The complete survey questions can be found in a supplemented file.

The surveys were conducted from 17–September 21, 2021 and 27–28 March 2023 using the Computer Assisted Web Interview method. The fieldwork of the surveys was provided by the research centre SKDS. The general population comprises more than 1.5 million inhabitants of Latvia aged 18–75 years. The quota sampling method was used for sampling. Both surveys used identical questionnaires and reached 1005 respondents but had different samples. The first survey was carried out in 2021 when there were no indications of potential war in Europe and a steep price increase. Therefore, in 2023 it was impossible to identify the already surveyed panel for repeated surveys. Consequently, observations from the two surveys cannot be linked to a unique respondent but give an insight into how attitudes have changed. The data were weighted using national statistics on gender, nationality, age, and region as weighting parameters.

The first part of the survey focused on energy efficiency measures that could potentially be introduced or at least linked to respondents’ homes. Specifically, people were asked which heating energy-saving practices they have adopted or plan to adopt at their housing unit. Similar questions were posed about electricity-saving practices. Last, several questions dealt with transportation and daily commute of the respondents.

The second part of the survey concentrated on the list of factors that could potentially influence the adoption of energy efficiency measures

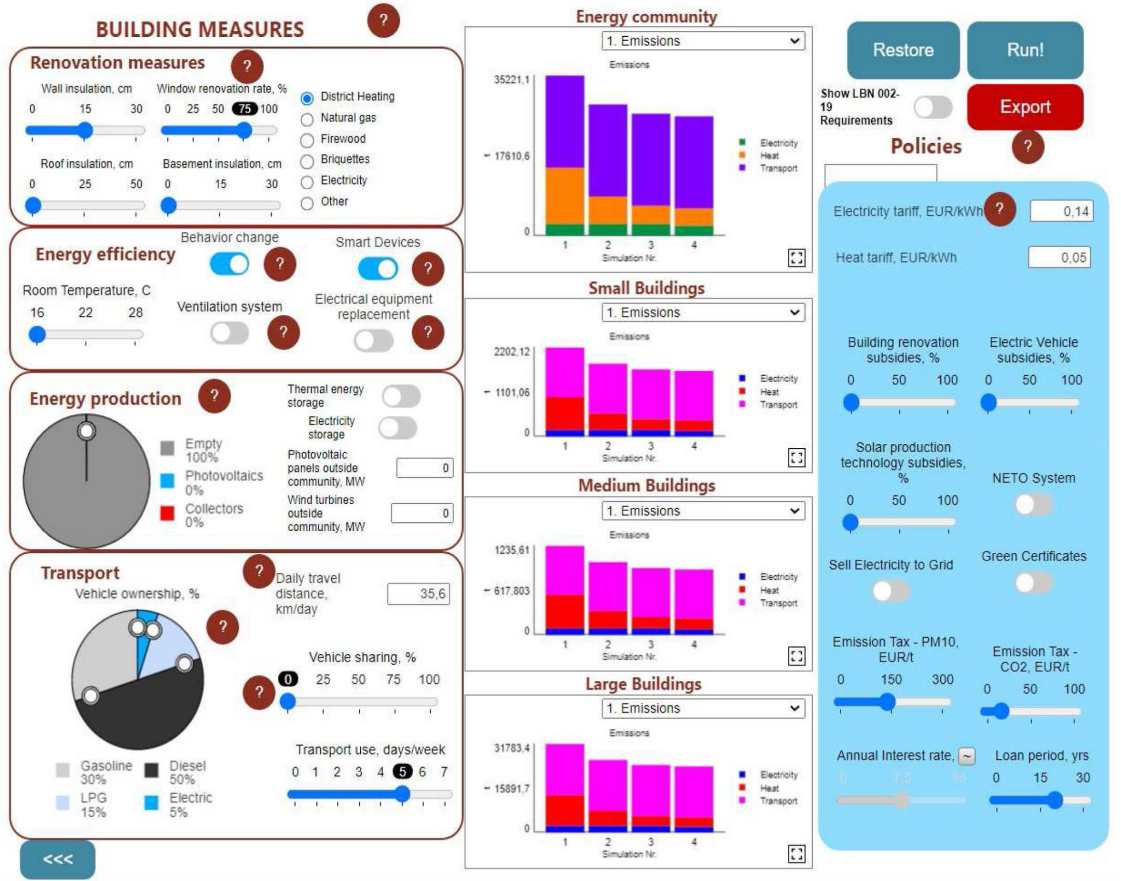


Fig. 4. End-user interface for measures that can be taken at the community level, national level policies and key performance indicators for each type of building and for the community.

and the implementation of RES. They were also asked about their opinion regarding phasing out fossil fuels and whether they would be ready to pay more for RE to help accomplish the necessary switch from fossil fuels to RE.

The last part of the survey dealt with the potential of energy community formation among block housing owners. First, the respondents were asked how actively they participated in housing management. Then they were provided with a list of building management and improvement issues. For each of the issues, they had to assess how hard or easy would it be for them to reach an agreement with their neighbours.

Data processing was carried out using the SPSS statistical software package. Some of the questions in the surveys utilized five-point Likert response alternatives [48,49]. For data from Likert-type questions, several tests were performed to compare the results of the two surveys. First, an independent samples *t*-test for equality of means was implemented. Usually, the *t*-test shows good power [51], but some have argued against its use for Likert-type items because of the discrete nature of responses and ordinal data that they produce [52]. Therefore, as a non-parametric alternative Mann-Whitney *U* test was also performed, testing whether the two samples were from populations with the same distribution function. Mann-Whitney *U* test does not use means and standard deviations. Instead, it relies on ranking all the observations from both samples and comparing the corresponding rank sums [53].

3.3. Network analysis

To gain an understanding of central variables and offer an understanding of crucial interactions underlying attitudes towards energy efficiency and RES in the residential sector, data from the household survey were used for the correlation network analysis. This analysis is used to get an integrated model for studying the interactive effects among the variables and groups of variables from the survey. It is likely to be important for the characterisation of the system that is represented by the network. Enhancing understanding of how various factors affect decisions about energy efficiency and RE in the residential sector is crucial for developing targeted interventions. By identifying property owners who exhibit lower levels of energy efficiency and RE adoption, policymakers can intervene to foster energy transition. Correlation network analysis is based on partial correlations and discloses connected patterns between the nodes (variables) by a data-driven approach [54]. A partial correlation network analysis was performed in JASP software [55]. For bivariate correlation, EBICgLASSO Friedman et al. [56] was used with a tuning parameter set to 0.5. The normalized closeness, betweenness, strength and expected influence as centrality indices were computed [57], which offers quantitative estimates for each node with connected status [58].

Table 2
Overview of simulated scenarios, changed variables and their values.

Factor changed	Variable	Abbreviation	Description
Energy prices	High energy prices	HPR	Electricity price 0.25 EUR/kWh; DH tariff 0.15 EUR/kWh; Biomass costs 0.1 EUR/kWh
	Low energy prices	LPR	Electricity price 0.14 EUR/kWh; DH tariff 0.09 EUR/kWh; Biomass costs 0.05 EUR/kWh
Energy transition solutions	Without additional measures	BASE	Default energy consumption of unrenovated buildings, no installation of RES, only a small share of electric vehicles, no car sharing
	Efficient energy community	EE	Increased building thermal insulation to an efficient level, increased efficiency of electric appliances, installation of rooftop solar systems, additional electric vehicles
	Positive Energy District	PED	Maximal energy efficiency level of buildings, installation of biomass boiler, installation of maximal amount of rooftop systems and additional external solar plant of 2 MW, only electric cars and car sharing introduced.
Policies	Without support policies	POFF	No support for capital investments; CO ₂ emission tax 15 EUR/t; PM emission tax 135 EUR/t; credit interest rate 7 %;
	With support policies	PON	Subsidies for building renovation and solar rooftop systems (50 % of investments); Subsidies for electric vehicles (10 % of investments); Increased PM emission taxes to 160 EUR/t and CO ₂ emission tax to 30 EUR/t; reduced credit interest rate to 3 %

4. Results

4.1. Simulation results

The section presents the obtained results of several simulation rounds of the defined energy community presented in Section 3.1. The changing parameters are energy efficiency levels, installed RES capacities energy prices and attributed policies.

The obtained energy efficiency results are compared with the base level without additional measures (BASE). The total energy consumption of the analyzed energy community in the BASE scenario is close to 18 GWh of which 60 % is allocated to heat consumption for space heating and domestic water preparation (see Fig. 5 (a)). When the energy efficiency measures and RES are introduced (Scenario EE), the total energy consumption is reduced by 59 % due to building insulation, windows exchange, purchasing of electric vehicles, PV installation and other energy efficiency measures implemented. In the ambitious scenario, when the energy community is moving towards a level of positive energy district (Scenario PED) the total energy consumption is reduced even more together with the switching to biomass-based heating and introduction of an external solar power plant. However, the total electricity consumption has increased due to the transition to electric vehicles. Fig. 5 (b) shows the reached RES shares within the energy community. In the PED scenario, a small part of the electricity is still purchased from the grid, therefore, the reached RES share is 84 %.

The reached CO₂ emission levels in each scenario can be seen in Fig. 5 (b). In the PED scenario, the total emissions of the energy community are reduced by 2400 tons per year. The resulting CO₂ emission abatement costs based on the necessary investments reached 425 EUR/t CO₂ which is in line with the obtained results for urban areas in previous studies [59]. The calculated abatement costs do not consider future energy savings.

The performed simulations are used to compare the potential energy cost reduction from the introduced energy efficiency measures RES installations. Fig. 6 shows the specific total energy costs per building area under different energy efficiency levels (Scenarios EE and PED) and energy price levels (low and high). Additionally, the costs are different depending on the building area. In the BASE scenario, the specific energy costs vary from 60 EUR/m² in the largest buildings to 69 EUR/m² in smaller buildings. When the energy prices are high, the total specific

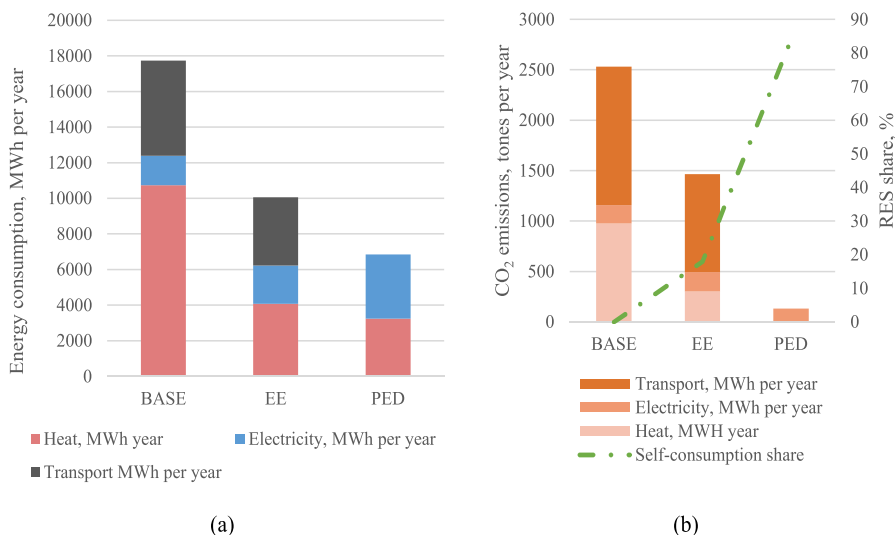


Fig. 5. Results of (a) energy consumption, (b) CO₂ emissions, and reached self-consumption share levels.

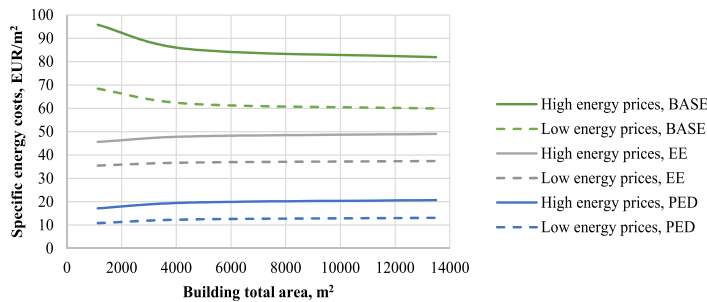


Fig. 6. Specific energy costs in different analyzed energy efficiency scenarios under low energy prices and high energy prices.

energy costs increase by around 22.6 EUR/m² or 37 %.

The results show that energy efficiency measures and RES installation can reduce the total energy costs by 39 % in the EE scenario and up to 79 % in the PED scenario compared to conditions without energy efficiency measures. From Fig. 6 it can be seen, that in these scenarios the energy costs are higher in the larger buildings which is opposite to the BASE scenario. This is mainly due possible installation of more solar panels on small buildings with a higher consumption share. In large and tall high-rise apartment buildings the available roof area can provide a lower share of necessary electricity, therefore, the specific costs are slightly higher compared to smaller buildings.

The total investments necessary for the EE scenario are 17.9 MEUR and 32.4 MEUR in the PED scenario. Fig. 7 shows the specific investment split for different types of buildings within the energy community. The specific investments are higher for small buildings due to higher relative investment costs for building insulation. The average specific investment in the EE scenario is 263.6 EUR/m² and reaches 496.6 EUR/m² in the PED scenario.

Fig. 7 also indicates the potential reduction of specific investments with additional funding support in the form of a capex grant. It reaches a 30 % reduction in the EE scenario and a 22 % reduction in the PED scenario when a higher role is attributed to electric vehicles which have lower funding rates.

4.2. Survey results

This section summarizes the results from the 2021 and 2023 surveys regarding energy efficiency measures. The percentages of respondents representing different socio-demographic segments in the samples before and after weighting are shown in Table 3. Besides socio-demographic parameters used in weighting other data characterizing respondents (e.g., education, employment status, personal and household income, family structure, etc.) were collected. The descriptive statistics of the other parameters included in the survey can be found in Appendix 1.

Table 3

Respondents in the samples before and after weighting (%).

	Number of respondents in the sample (%) before weighting		Number of respondents in the sample (%) after weighting	
	2021	2023	2021	2023
Gender				
Male	48	48.3	48.3	48.3
Female	52.1	51.7	51.7	51.7
Nationality				
Latvians	61.2	58.9	58.9	58.9
Other	38.8	41.1	41.1	41.1
Age				
18–24	6.1	7.5	8.4	8.7
25–34	15.8	16.7	18.7	16.8
35–44	20.9	20.9	19.6	20.5
45–54	20.7	19.8	19.1	19.1
55–63	18.2	19.3	17.4	18.9
64–75	18.3	15.8	16.8	16
Region				
Riga	34	34.1	33.4	33.2
Pieriga	18.9	20.8	19.3	20
Vidzeme	9.4	9.2	9.5	9.4
Kurzeme	12.9	12.2	12.4	12.3
Zemgale	11.1	11.2	11.7	11.7
Latgale	13.6	12.4	13.7	13.4

Table 4 summarizes the sample independence results for the respondent answers to the question regarding factors impacting energy efficiency decisions from both surveys in 2021 and 2023. The question was formulated as follows: “Suppose your home (e.g., your house, your housing unit or the building containing your housing unit) needed energy efficiency improvements (heating, ventilation, lighting, hot water supply, etc.). How important would the following factors be for you, when deciding what to do or not to do?”.

The factors that people considered the most were opportunities to reduce service bills (more than 60 % gave this factor the highest importance marking (5) in 2021 and 2023) and opportunities to reduce

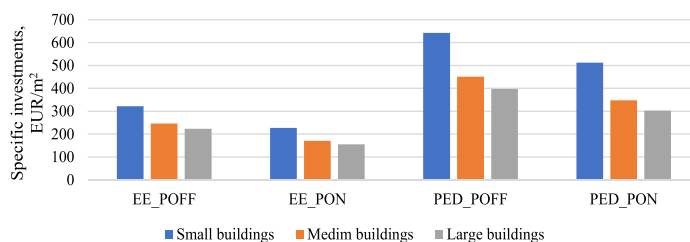


Fig. 7. Specific investments for energy community scenarios without policy support (POFF) and with policy support (PON).

Table 4
Analysis of sample independence regarding factors influencing energy efficiency decisions (1- not at all important; 5- very important).

Factor	Mean and 95% Confidence Interval	t-statistic (p-value)	Mann-Whitney U standardized Z statistic (p-value)
Opportunities to reduce service bills (electricity, heating, water)		1.80* (0.073)	1.92* (0.055)
Opportunities to reduce housing management costs		0.70 (0.485)	0.78 (0.438)
Opportunities to improve quality of living conditions		-0.31 (0.755)	-0.40 (0.690)
Availability of state or municipality financial support measures		1.66* (0.096)	1.48 (0.138)
Immediate investment needed		0.58 (0.565)	0.43 (0.665)
Payback period of investment		0.79 (0.431)	0.94 (0.346)
The time needed to organize the implementation of improvements		1.25 (0.211)	0.71 (0.478)
Opportunities to increase property value		-1.19 (0.235)	-1.50 (0.135)
Recommendations (experts)		0.22 (0.826)	-0.04 (0.968)
Opportunities to reduce long-term negative environmental impact		-1.91* (0.056)	-2.10** (0.036)
Commercial loan availability		1.42 (0.155)	1.64 (0.101)
Recommendations (relatives, friends, acquaintances)		1.51 (0.131)	1.52 (0.128)
Recommendations (building managers)		0.33 (0.740)	0.28 (0.780)
Recommendations (municipality)		-0.14 (0.892)	-0.23 (0.818)

P-values shown in parentheses; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$

maintenance costs (around 55 % marked it as “very important” (5) in 2001 and 2023). On the other hand, the least influential factors were recommendations of the municipality (only 10 % marked it with (5) in 2021 and 2023) and recommendations of building managers (only 11 % of “very important” (5) marks in 2021 and 2023).

The results show that the attitude and awareness of society towards carbon neutrality have not changed much due to war and energy crisis. Most of the percentage changes were within the margin of error at a 95 % confidence level. Marked ordinal evaluations allow the use of additional testing to compare the answers the respondents provided in 2021 and 2023. First, if we use the actual numeric evaluations and compute means and corresponding 95 % confidence intervals for each factor, we can utilize independent samples *t*-test for equality of means. Table 4 shows means and their 95 % confidence intervals as well as test results with relevant *t*-statistics and corresponding *p*-values. The null hypothesis of mean equality when the 2021 and 2023 surveys are compared cannot be rejected at 99 % and 95 % confidence levels for all the factors. At a 90 % confidence level, the factors “opportunities to reduce service bills” ($t = 1.80$; $p = 0.073$) and “availability of state or municipality financial support measures” ($t = 1.66$; $p = 0.096$) have been evaluated as

more important in 2023 than in 2021. For “opportunities to reduce long-term negative environmental impact” ($t = -1.91$; $p = 0.056$) the opposite is true – at a 90 % confidence level, we can assert that people evaluated the factor as more important in 2021 than in 2023. The results indicate that during the energy crisis period, the priority for residents is stabilizing the overall expenditures. The other long-term benefits including environmental aspects become less important.

Note that even the mean differences that are statistically significant at a 90 % confidence level are small. It is hard to interpret the results beyond a simple observation that a mean from one survey is larger than the other as the scale provided is arbitrary and subjectively might be inferred differently by respondents. As an alternative non-parametric Mann-Whitney U tests were also performed (see Table 4). The null hypotheses for those tests differ – they test whether the two samples (the one from 2021 and the other from 2023) are from populations with the same distribution function. The results, however, point in the same direction as *t*-tests. For most factors there were no significant differences between the results of the two surveys – the null hypotheses of the same distribution function could not be rejected at all relevant significance levels, except for the factor of reducing long-term negative

environmental impact ($z = -2.10$; $p = 0.036$) and opportunities to reduce service bills ($z = 1.92$; $p = 0.055$).

Another important survey question that is considered in this research is the factors impacting the willingness to cooperate with neighbours and build energy communities. The relevant question has been defined in the following form: "Suppose you and your neighbours in the building had to decide on some building management or improvement issue. How easy or hard would it be for you to reach an agreement?" The obtained results can be seen in Table 5. The building management and improvement issues that respondents saw as most easy to agree upon with their neighbours were "cleaning of stairwell" (23 % of respondents indicated that it would be "very easy" (5) in 2023, while 21 % did the same in 2021) and "cleaning up of the surroundings of the building" (19 % of "very easy" (5) marks in 2023 and 16 % in 2021). In practice, a commitment to improved shared public space such as cleaning stairwells, upkeep of the surroundings of buildings or renovating stairwells is an index of shared values among inhabitants.

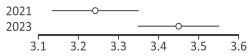
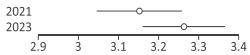
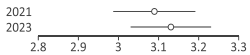
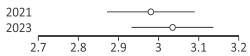
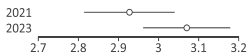
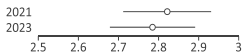
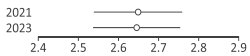
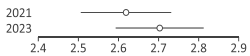
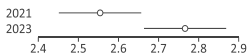
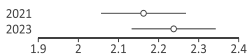
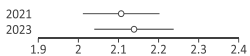
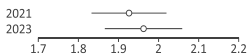
On the other hand, the issues about which to reach an agreement with neighbours would be most difficult were "installation of solar panels" (only 3 % of respondents viewed it as a "very easy" (5) issue to agree upon in 2023 and 2021) and "changing the type of heating

system" (5 % of "very easy" (5) marks in 2023 and 4 % in 2021). According to the answers provided by the respondents participation in housing management among apartment owners had not changed much – 71 % of respondents participated in housing management in 2023, while 66 % did it in 2021, which is in line with margins of error.

Overall, the self-reported capacity of apartment owners to agree upon some building management and improvement issues seems to have increased a little but not exceeding the corresponding margins of error. In any case, the self-reported capacity to agree rates remains very low.

As in the case of factors influencing the adoption of energy efficiency measures and RES installation, the use of ranking orders allowed testing for differences in answers provided in 2021 and 2023. In practice, a commitment to improved shared public space such as cleaning stairwells, upkeep of the surroundings of buildings or renovating stairwells is an index of shared values among inhabitants. These shared values, actions and deliberation processes in place precede and cement major decisions and financial commitments such as energy efficiency investments. At 99 % confidence level the hypotheses of mean equality could be rejected for "cleaning stairwell" ($t = 2.75$; $p = 0.006$) and "choosing of building manager" ($t = 2.87$; $p = 0.004$). Survey results showed that there is a low degree of shared, communal commitment

Table 5
Analyses of the results for the answers on how hard it would be to agree on certain decisions with neighbours (1 – very hard; 5 – very easy).

Issue	Mean and 95% Confidence Interval	t-statistic (p-value)	Mann-Whitney U standardized Z statistic (p-value)
Cleaning of stairwell		2.75*** (0.006)	2.51** (0.012)
Cleaning up of the surroundings of the building		1.47 (0.141)	1.42 (0.155)
Renovation of stairwell		0.56 (0.573)	0.73 (0.466)
Replacement of water and sewer riser mains		0.71 (0.479)	0.87 (0.382)
Replacement of windows		1.79* (0.074)	1.95* (0.051)
Replacement of roof		-0.47 (0.639)	-0.19 (0.851)
Insulation of exterior walls		-0.05 (0.964)	0.12 (0.907)
Construction of a bicycle storage unit at the building		1.05 (0.296)	1.19 (0.235)
Choosing the building manager		2.87*** (0.004)	3.12*** (0.002)
Introduction of bicycle sharing among neighbours		0.99 (0.322)	1.27 (0.203)
Changing the type of heating system		0.46 (0.647)	0.31 (0.758)
Installation of solar panels		0.53 (0.598)	0.48 (0.630)

P-values shown in parentheses; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$

towards improvements in public space. Most inhabitants, owners, or renters alike, do not participate in and support activities such as cleaning stairwells, surroundings of buildings, and renovation of stairwells, which require a relatively low degree of responsibility or financial commitment. In both cases, the means were higher, i.e., the respondents indicated that it was easier to agree with neighbours in 2023 than in 2021. At 90 % confidence level the same was true for “replacement of windows” ($t = 1.79; p = 0.074$). Non-parametric Mann-Whitney U tests were in line with t-tests and indicated that the hypotheses of the same distribution function for 2021 and 2023 surveys at some confidence levels could be rejected only for the same three issues mentioned above.

However, it should again be pointed out that in those few cases where differences were statistically significant the actual increases in self-reported capacity to agree measured by increases in means were relatively small. Also, the difficulty of interpreting those increases due to the arbitrary nature of the scale remained.

4.3. Network analysis

The estimated network of a joint partial correlation structure among a set of variables from the survey (the year 2021) is visualized in the plot (see Fig. 8). It illustrates the estimated partial correlations between two variables (based on the survey questions), conditioned on all other variables in the estimated weights matrix. Before analysis, all variables or nodes are allocated to their respective theme: housing, current energy efficiency measures at the household level, current energy efficiency and RES at the building level, EE practice factors, Energy sources, Mobility, and Community.

RES at the building level, energy efficiency practice factors, mobility, energy sources and community. The representing question number from the survey for each variable is indicated further in the text. The full question and potential answers can be found in the Supplementary file.

Visualization is based on the Fruchterman-Reingold algorithm and puts nodes with the most connections/highest number of connections into the center of the graph, and locates the nodes with strong edges closer together [60]. The total of non-zero edges within the network is 346 out of 990 edges and the sparsity is 0.651.

Variables from three themes (energy efficiency practice factors, community, energy sources) cluster together according to their thematic group. In the mobility theme, two variables (transport sharing (variable 13; based on survey question E2) and environmentally friendly transport (12; E1)) are in the periphery while the third variable (electrical vehicles ownership (14; E3) is located more centrally and has strong edges with two other themes: installed PV panels (11; D1) and knowledge about RES (29; G1). Variables from the current energy efficiency measures at the building (C1; C2; D1; D2) and household level (B1–B3) have strong edges with variables from the housing theme. There are numerous connections across the clusters, e.g. housing theme is connected to the community theme via the building type (41; M1) which has strong edges with recommendations (24; F1.11 and 25; F1.12). The community theme is connected to mobility and the energy source’s theme via variable 15 (reduced environmental impact; F1.01).

A non-arbitrary or reverse coded variables (e.g., 13 “F1.01. Chances to reduce long-term environmental impact through energy efficiency

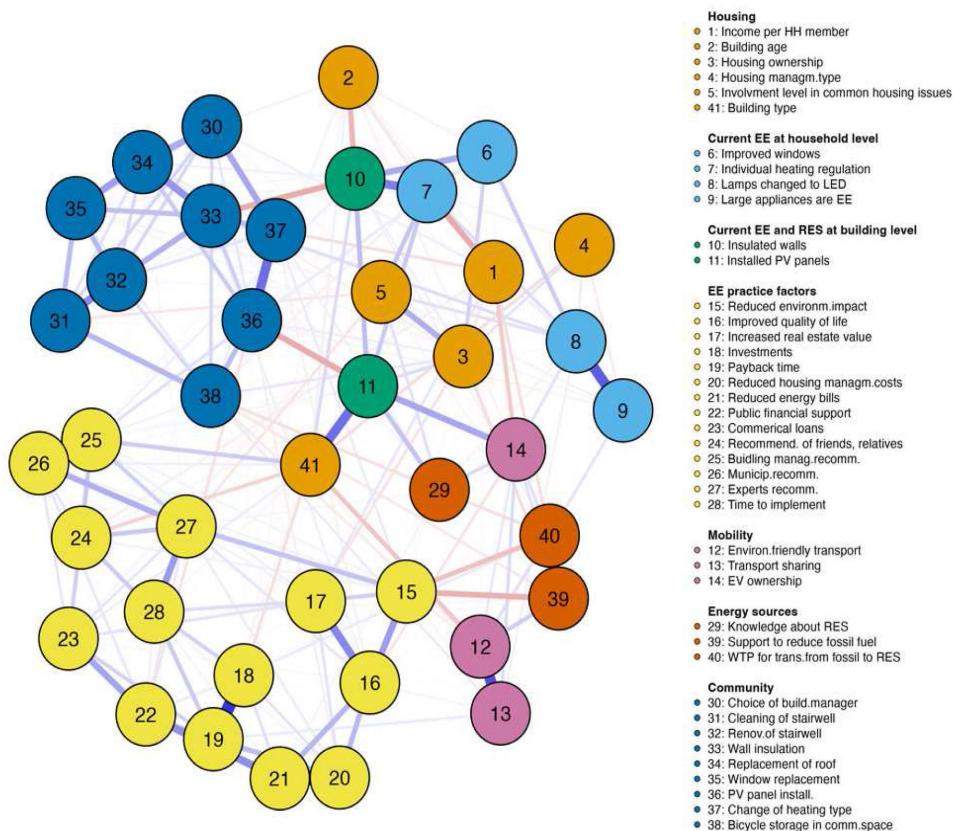


Fig. 8. The estimated network of a joint partial correlation structure among a set of variables from the survey in the year 2021 (blue edges show positive associations and red edges show negative associations, and the width and saturation of the lines show the absolute strength of the relationship). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

improvements are very significant”) relate negatively to normally coded variables (i.e., 29 “G2 I fully support Latvia’s phase-out of fossil fuels”). Reverse-coded variables have positive associations between themselves, and the same applies to normally coded variables. There is a very strong positive connection between support to reduce fossil fuel (39; G6) and willingness to pay for transformation from fossil fuels to RES (40; G3) and several factors for energy-efficiency practises (immediate investments needed (18; F1.04) and payback time of investments (19; F1.05), reduced energy bills (21; F1.07), public financial support (22; F1.08), building manager’s recommendations (25; F1.11) and municipality recommendations (26; F1.12)), as well as transport sharing (13; E2) and environmentally friendly mobility (12; E1), and, building type (41; M1) and installed PV panels (11; D11). Also, there is a positive connection with factors for community feasibility: PV panel installation (36; H1.08) and change of heating type (37; H1.09) and controlling for all other factors. These links suggest that, for example, support to reduce fossil fuel is a good predictor of willingness to pay for transformation from fossil fuels to RES, and vice versa. The same applies to other

variables with strong connections. Knowledge about RES is a predictor of PV installation and electrical vehicle ownership, while in contrast, income level per household is neither related to already installed PV panels, nor potential PV installation, suggesting that knowing income level per household is not very informative about PV installation rate, or vice versa. However, the income level is informative about ownership of an electrical vehicle – the higher the income level, the more the probability of owning an electrical vehicle. External wall insulation, the most prominent energy efficiency measure, has positive connections to other major renovation measures at the building level that require community involvement, namely, the replacement of the roof, renovation of stairwells, window replacement and change of heating type. For single-family buildings, recommendations of friends and acquaintances are important while for multifamily buildings more important are recommendations from building managers. There are absent connections between various variables defining factors of energy efficiency practices, e.g. reduced energy bill and wall insulation, suggesting that these factors are statistically independent when conditioning on all other symptoms

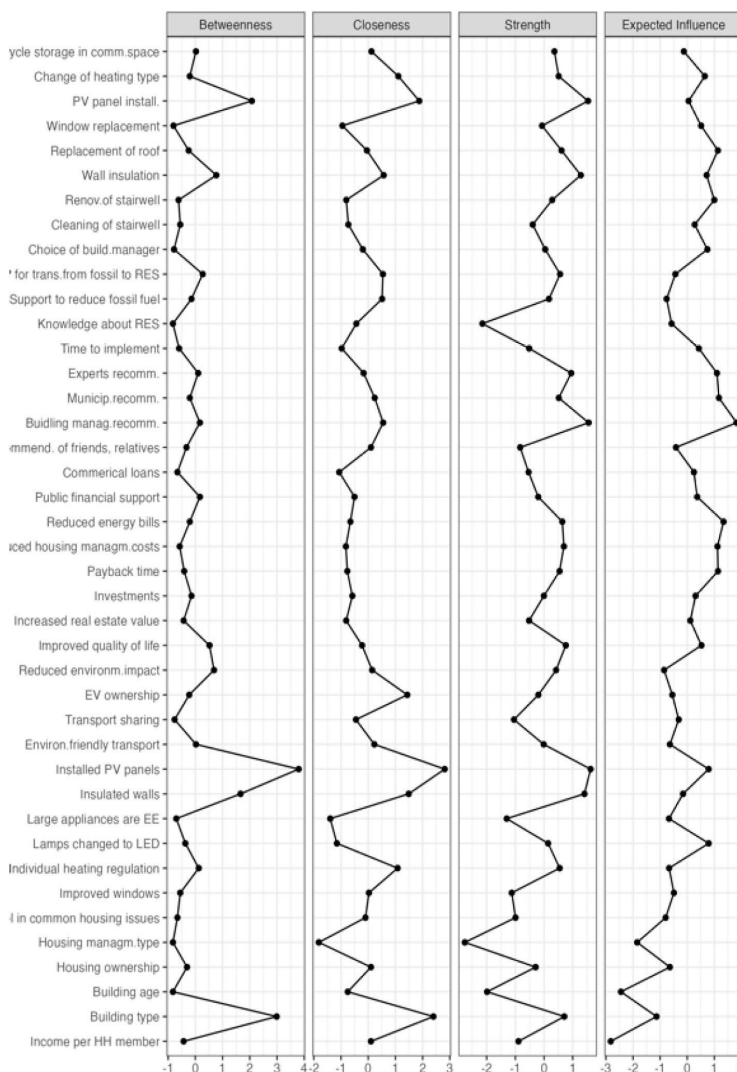


Fig. 9. Centrality measures for each variable from a survey carried out in 2021.

or that there is not sufficient power to detect an edge between these symptoms.

The centrality measures – strength (absolute sum of edge weights connected to a node), betweenness (the number of times that a node lies on the shortest path between two other nodes), closeness (average distance from the node to all other nodes in the network), and the expected influence (node strength without taking the absolute value of edge-weights) show how well the nodes are connected within the network and thus potentially relevant variable in a network (see Fig. 9). The highest expected influence (a node's importance in activating or deactivating other nodes in a network) on fostering energy efficiency and RES have building manager's recommendations (25; F1.11), reduced energy bill (21; F1.07), municipality recommendations (26; F1.12) and payback time of energy efficiency measures (19; F1.05).

Building manager's recommendations (25; F1.11) values of betweenness, closeness and strength suggest that this variable serves as the shortest path between other variables, and has strong connections, but has limited capacity in activating the maximum number of nodes possible. To activate the network, the activating of the building manager's recommendations (25; F1.11) should be first. This implies that to predict whether it is likely to have an impact on other variables related to energy efficiency, variable 25 provides the most information. The centrality of the variable implies that an intervention targeting this variable would have the greatest potential to move the entire network to other states and foster energy efficiency and renewable energy sources, whereas a low centrality variable would be of limited impact [61]. Previously carried out energy efficiency measures (10; C1), installed PV (11; D1), and possible installation of PV (36; H1.07) have the highest betweenness values thus they act as the bridge connecting the clusters of variables.

The network analysis of a set of variables from the survey carried out in 2023 has similar findings to network analysis with data from the survey carried out in 2021.

5. Discussion

The performed study gives a wide range of conclusions, however, there are several uncertainties and limitations to the obtained results.

The validation of the simulation tool has been done against the general building statistics and information in building certificates. The current version of the simulation tool has not been validated by using real building data on actual energy consumption to identify potential errors. The errors in heat consumption simulation may occur due to changes in domestic hot water consumption patterns and uncertain duration of space heating. The power consumption can vary due to possible deviations in power load and operation of certain equipment. However, such error analyses would have a relatively small impact on general performance indicators and could be performed in further studies.

The survey results are estimations and exhibit some margin of error. This is due to the sampling process and variance of responses. The margins can be calculated given a specific level of confidence (e.g., 95 %). The responses are the opinions of the respondents. Even when the respondents claim that, for example, they have adopted a certain energy efficiency measure one cannot be certain that they have done it. It is even more complicated with opinions involving future behaviour as it is impossible to verify that respondents follow through on their projections that, for example, they will adopt a certain energy efficiency measure in 2–3 years. This type of error is not due to sampling but rather because of the specific nature of public opinion data. Unfortunately, there is also no good way to gauge the extent of the phenomena and the errors it produces. Generally, people tend to overreport socially desirable behaviour (e.g., volunteering) and underreport socially undesirable behaviour [62].

The correlation network model represents an idealized model of the real world. It is important to select variables to be included in the model

and decide how they are measured. Network analysis is sensitive to the variables in the model and the research has to address the stability and replicability of the model [63]. In this study, the stability and accuracy are increased by a large sample size and two surveys for two different respondent groups over a distance of two years. EBICglasso with a tuning parameter set by the researcher is applied to the estimation of the partial correlation network. This method is easy to use for non-continuous data [57]. The main goal of this method is to eliminate spurious relationships. However, by doing so, it may omit some actual connections.

6. Conclusions

Our research raises important questions about individual and collective agency and the discourse of energy efficiency and RES installation in general. Namely, when pressed, the surveyed individuals consistently express their commitment to rational premises and even adopt some discourse of energy efficiency adoption measures. However, data show that the majority would not intensify and accelerate their commitments when it comes to mid-term investment. It raises important questions about actual energy literacy among the population and the lasting discrepancy between expressed values and actual cognitive and behavioural patterns when it comes to energy efficiency measures. Do social groups at individual and collective levels understand what these adoption measures may or may not affect? And what their role would have to be to effect that change? Do they have sufficient resources to follow through and what support can they expect from public institutions?

The sense of distrust and reservation is also very much prevalent in the most promising, yet demanding areas - housing maintenance, general upkeep, and energy efficiency measures for housing cooperatives. Ongoing reservations about the likelihood and success of collective action at the housing cooperative and building level were raised during 2021. The scepticism continued to reign during 2023. Most would agree to small-scale engagement: general upkeep and taking care of shared stairways. Perhaps a degree of socializing is viable but would be hard-pressed to initiate activities such as housing insulation, roof insulation, or decoupling from carbon towards solar or wind power operations at the building level.

The impacts of energy crisis on the key performance indicators of energy communities can be assessed through the utilization of a developed simulation tool. In the scenario where the buildings do not cooperate and do not introduce any measures (BASE), the specific energy costs vary from 60 EUR/m² in the largest buildings to 69 EUR/m² in smaller buildings. When the energy prices are high, the total specific energy costs increase by around 22.6 EUR/m² or 37 %. Therefore, the energy crisis would significantly increase the overall household spending if governmental support were not available. The tool also allows evaluation of other key performance indicators, e.g. potential energy savings, emission reduction rates, and investment levels.

Policy instruments can have a significant impact on the key performance indicators of energy communities. Most of them can improve the overall economic benefits of energy efficiency measures and RES implementation. The simulation tool shows the potential reduction of specific investments with additional funding support in the form of a capex grant. It reaches a 30 % reduction of specific investments in the EE scenario and a 22 % reduction in the PED scenario. The reduction is lower in PED scenario compared with the situation without a capex grant because a higher role is attributed to electric vehicles which have lower funding rates. The payback time in the PED scenario can be reduced from 19 years to 15 years due to policy measures. Therefore, investment subsidies could have a pivotal role when forming efficient energy communities, however, sufficient knowledge is necessary for decision-making.

In connection with the change in attitude of households under the influence of the crisis, it is difficult to express unequivocal conclusions.

Despite the drastic changes in energy markets as well as high costs for individuals over the year 2022, the data from household surveys show there, in fact, have been relatively few measures adopted to increase energy efficiency among the population. This is true for individual housing units and holds for measures either considered or adopted at the building level. The majority recognize and are concerned about the rising costs for energy and those related to maintenance, yet, based on the survey results, these concerns were rarely transformed into deliberate action in 2021 or 2023.

When it comes to collective action to pursue insulation for buildings, the rates are rather similar and low. Not an easy task at housing cooperatives, only a quarter of the population (26 %) would consider the collective effort to insulate the walls and roofs of the buildings in the next three years, almost the same rate as in the year 2021.

Our research does not provide data for the reasoning behind the low willingness to adopt energy efficiency measures among individual households or housing cooperatives operating at a collective level. Allegedly, most residents have been hard-pressed to cover unexpectedly high energy bills and accompanying inflation rates during 2021 and 2023. Notwithstanding, cost saving, and maintenance have consistently been lauded as primary reasons for the adoption of energy efficiency measures. All the while, the climate-related factors, green transformation, quality of life, or value of the property are seen as inconsequential. The developed policy energy community simulation tool shows, that the energy cost in existing multi-family buildings has increased from around 61 EUR/m² to 83.5 EUR/m². From the survey results it can be concluded that even such cost increases are still not motivating households to seek solutions toward more efficient energy use and RES generation. Most probably, because of the governmental support that was available to cover the steep cost increase.

However, the total final energy consumption in the residential sector in 2022 in Latvia has been reduced by 5 % compared to average values from 2019 to 2021. The reduction was probably achieved by combining both the reduction of energy needs due to behavior changes, lower comfort levels and implemented energy efficiency measures. Due to intensive governmental support from 2020 to 2021 also large capacities of solar PV panels have been installed in households which contributes to power consumption reduction. Therefore, further studies could focus on analyzing which measures have led to reduced energy demand.

We can also conclude that there was low effectiveness of government-provided financial support during the energy crisis. The survey results show that the energy crisis has not raised the overall willingness to perform energy efficiency measures and implement RES. The government support has reduced the final energy bills for all residents. Consequently, the absence of significant cost increases for longer periods has likely contributed to a lack of urgency in reevaluating energy consumption habits among most households.

Policymakers can intervene with targeted interventions to foster energy transition by enhancing understanding of how various factors affect decisions about energy efficiency and renewable energy in the residential sector. Results from the correlation network analysis indicate no significant differences between both surveys. Based on the centrality analyses, the highest expected influence on fostering energy efficiency and RES have building manager's recommendations, reduced energy bill, municipality recommendations and payback time of energy efficiency measures. On one hand, surveys reveal a low level of trust in building managers recommendations, but on the other hand, network analysis suggests that recommendations by building managers should be first to activate the network. This implies that to predict whether it is

likely to have an impact on other variables related to energy efficiency, this variable provides the most information. The centrality of the building manager's recommendations, reduced energy bill, municipality recommendations and payback time of energy efficiency measures implies that an intervention targeting these variables would have the greatest potential to move the entire network to different states and foster energy efficiency and RES.

The developed simulation tool has been already presented to several building management companies which see it useful during discussions with the residents. The proposed energy community tool could be an important laboratory to generate multi-level knowledge on the effects of energy efficiency measures and RES generation, potential cooperation models, and the impact of support measures on the overall economic parameters. The ability to perform different energy efficiency simulations and see the potential energy and cost savings has been acknowledged by the building managers.

Energy literacy concerning RES and energy efficiency adoption measures remains to be rather low in Latvia. Coupled with precaution for collective action in housing cooperatives and building renovation due to legacy protocols and near-impossible consensus building, there remain to be at least two important facets to be addressed in both, future research, and public policy to reach long-term energy transition.

CRediT authorship contribution statement

Andra Blumberga: Supervision, Resources, Project administration, Methodology, Investigation, Funding acquisition, Conceptualization. **Ieva Pakere:** Writing – review & editing, Writing – original draft, Visualization, Validation. **Ģirts Bohvalovs:** Visualization, Validation, Software, Methodology, Investigation, Formal analysis. **Vita Bra-kovska:** Formal analysis, Data curation. **Ruta Vanaga:** Methodology, Investigation, Conceptualization. **Uldis Spurins:** Writing – original draft, Visualization, Validation, Data curation. **Gints Klasons:** Visualization, Validation, Investigation, Data curation. **Viesturs Celmins:** Writing – original draft, Visualization, Validation, Formal analysis, Data curation. **Dagnija Blumberga:** Supervision, Resources, Project administration, Methodology, Funding acquisition, Conceptualization.

Declaration of competing interest

The authors declare the following financial interests/personal relationships which may be considered as potential competing interests: Ieva Pakere reports financial support was provided by Latvian Council of Science. If there are other authors, they declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Data availability

The data that has been used is confidential.

Acknowledgement

This study has been supported by the Fundamental and Applied Research project: "Bridging the Carbon Neutrality Gap in Energy Communities: Social Sciences and Humanities Meet Energy Studies (BRIDGE)", No. lzp-2020/1-0256 funded by the Latvian Council of Science.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132370>.

Appendix 1. Descriptive statistics of the household surveys

Table A1
Frequencies in working conditions

Working conditions	Frequency	Percent, %	Valid Percent, %	Cumulative Percent, %
Working	1474	73.33	73.33	73.33
Not working	536	26.67	26.67	100.00
Missing	0	0.00		
Total	2010	100.00		

Table A2
Frequencies for building type

Building type	Frequency	Percent, %	Valid Percent, %	Cumulative Percent, %
Single-family building/private house	608	30.25	30.25	30.25
Multi-apartment building of up to 9 flats	181	9.00	9.00	39.25
Multi-apartment building with more than 10 flats	1204	59.90	59.90	99.15
Other building type	17	0.85	0.85	100.00
Total	2010	100.00		

Table A3
Frequencies for household ownership

Ownership of household	Frequency	Percent, %	Valid Percent, %	Cumulative Percent, %
I am owning the household; the only owner	1031	51.29	51.71	51.71
A family member owns a household	641	31.89	32.15	83.85
Household is not owned by family member	322	16.02	16.15	100.00
Missing	16	0.80		
Total	2010	100.00		

Table A4
Frequencies for family status

Family status	Frequency	Percent, %	Valid Percent, %	Cumulative Percent, %
Married or living with a partner	1352	67.26	67.26	67.26
Divorced or not living with a partner	186	9.25	9.25	76.52
Single	374	18.61	18.61	95.12
Widow	98	4.88	4.88	100.00
Total	2010	100.00		

Table A5
Frequencies for having children

Having children	Frequency	Percent, %	Valid Percent, %	Cumulative Percent, %
Yes	742	36.92	37.17	37.17
No	1254	62.39	62.83	100.00
Missing	14	0.70		
Total	2010	100.00		

Table A6
Frequencies for educational level

Education	Frequency	Percent, %	Valid Percent, %	Cumulative Percent, %
Elementary school	49	2.44	2.44	2.44
Highschool	738	36.72	36.72	39.15
University	1223	60.85	60.85	100.00
Total	2010	100.00		

Table A7
Descriptive Statistics for the survey of 2021 of other questions

Parameter from survey	Valid	Missing	Mean	Standard deviation
M2. Building age	957	48	2.073	0.585
M3. Housing ownership	999	6	1.660	0.753
M4. Housing management type	642	363	2.919	1.058
M5. Involvement level in common housing issues	661	344	2.561	1.146
A1. Improved windows	968	37	1.520	0.993
A2. Individual heating regulation	941	64	2.815	1.353
B1. Lamps changed to LED	934	71	1.585	0.980
B2. Large appliances are EE	897	108	1.575	0.987
B3. Small appliances are EE	757	248	1.989	1.119
C1. Insulated walls	928	77	2.573	1.310
C2. Insulated roof	751	254	2.675	1.276
D1. Installed PV panels	973	32	3.826	0.507
D2. Installed wind turbines.	979	26	3.955	0.256
E1. Environmentally friendly transport	910	95	2.802	1.298
E2. Transport sharing	923	82	3.211	1.227
E3. EV ownership	993	12	3.688	0.551
F1.01 Reduced environmental impact	1005	0	3.295	1.297
F1.02 Improved quality of life	1005	0	4.105	1.080
F1.03 Increased real estate value	1005	0	3.654	1.281
F1.04 Investments	1005	0	4.075	1.101
F1.05 Payback time	1005	0	4.008	1.100
F1.06 Reduced housing management costs	1005	0	4.238	1.014
F1.07 Reduced energy bills	1005	0	4.385	0.949
F1.08 Public financial support	1005	0	4.099	1.175
F1.09 Commercial loans	1005	0	3.175	1.356
F1.10 Recommend. of friends, relatives	1005	0	3.200	1.204
F1.11 Building manager recommendations	1005	0	2.814	1.284
F1.12 Municipality recommendations	1005	0	2.843	1.245
F1.13 Experts recommendations	1005	0	3.639	1.243
F1.14 Time to implement	1005	0	3.775	1.142
G1. Knowledge about RES	972	33	2.815	0.789
G2. Support for reducing fossil fuel	872	133	2.491	0.977
G3. Willingness to pay more for the transition to RES	933	72	3.177	0.879
G4. Autonomous heating in build.	929	76	1.611	0.488
G5. Choice of building manager	568	437	2.544	1.249
H1.01 Cleaning of stairwell	608	397	3.247	1.372
H1.02 Renovation of stairwell	601	404	3.095	1.284
H1.03 Wall insulation	585	420	2.641	1.364
H1.04 Replacement of roof	577	428	2.813	1.346
H1.05 Cleaning of building surround.	601	404	3.143	1.334
H1.06 Window replacement	574	431	2.916	1.380
H1.07 PV panel install.	566	439	1.924	1.136
H1.08 Change of heating type	575	430	2.103	1.171
H1.09 Bicycle storage in common space	565	440	2.614	1.373
H1.10 Bicycle sharing	544	461	2.158	1.260
H1.11 Renovate water piping	596	409	2.977	1.363

Table A8
Descriptive Statistics for the survey of 2023 of other questions

Parameter from survey	Valid	Missing	Mean	Standard Deviation
M2. Building age	959	46	2.125	0.575
M3. Housing ownership	995	10	1.629	0.733
M4. Housing management type	646	359	2.950	0.992
M5. Involvement level in common housing issues	699	306	2.624	1.416
A1. Improved windows	967	38	1.486	0.982
A2. Individual heating regulation	968	37	2.750	1.353
B1. Lamps changed to LED	1005	0	1.744	1.700
B2. Large appliances are EE	905	100	1.722	1.063
B3. Small appliances are EE	1005	0	3.427	2.734
C1. Insulated walls	926	79	2.491	1.299
C2. Insulated roof	741	264	2.560	1.295
D1. Installed PV panels	981	24	3.718	0.706
D2. Installed wind turbines.	986	19	3.954	0.268
E1. Environmentally friendly transport	938	67	2.677	1.341
E2. Transport sharing	942	63	3.101	1.281
E3. EV ownership	995	10	3.709	0.570
F1.01 Reduced environmental impact	1005	0	3.177	1.320
F1.02 Improved quality of life	1005	0	4.092	1.096
F1.03 Increased real estate value	1005	0	3.591	1.252
F1.04 Investments	1005	0	4.096	1.105

(continued on next page)

Table A8 (continued)

Parameter from survey	Valid	Missing	Mean	Standard Deviation
F1.05 Payback time	1005	0	4.038	1.131
F1.06 Reduced housing management costs	1005	0	4.272	1.017
F1.07 Reduced energy bills	1005	0	4.460	0.922
F1.08 Public financial support	1005	0	4.179	1.139
F1.09 Commercial loans	1005	0	3.264	1.420
F1.10 Recommend. of friends, relatives	1005	0	3.277	1.181
F1.11 Building manager recommendations	1005	0	2.827	1.265
F1.12 Municipality recommendations	1005	0	2.828	1.229
F1.13 Experts recommendations	1005	0	3.636	1.249
F1.14 Time to implement	1005	0	3.819	1.116
G1. Knowledge about RES	978	27	2.741	0.764
G2. Support for reducing fossil fuel	881	124	2.554	0.972
G3. Willingness to pay more for the transition to RES	1005	0	3.528	1.480
G4. Autonomous heating in build.	924	81	1.628	0.484
G5. Choice of building manager	592	413	2.769	1.271
H1.01 Cleaning of stairwell	625	380	3.451	1.293
H1.02 Renovation of stairwell	626	379	3.141	1.281
H1.03 Wall insulation	588	417	2.653	1.345
H1.04 Replacement of roof	597	408	2.791	1.323
H1.05 Cleaning of building surround.	623	382	3.266	1.308
H1.06 Window replacement	591	414	3.074	1.347
H1.07 PV panel install.	570	435	1.967	1.176
H1.08 Change of heating type	580	425	2.145	1.217
H1.09 Bicycle storage in common space	583	422	2.705	1.353
H1.10 Bicycle sharing	553	452	2.242	1.259
H1.11 Renovate water piping	614	391	3.047	1.287

References

- Gjorgievski VZ, Cundeva S, Georghiou GE. Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities: a review. *Renew Energy* 2021;169:1138–56. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.078>.
- Barabino E, Fioriti D, Guerrazzi E, Mariuzzo I, Poli D, Raugi M, et al. Energy Communities: a review on trends, energy system modelling, business models, and optimisation objectives. *Sustain Energy Grids Netw* 2023;36:101187. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101187>.
- Dolsak J, Hrovatin N, Zoric J. Estimating the efficiency in overall energy consumption: Evidence from Slovenian household-level data. *Energy Econ* 2022;114:106241. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106241>.
- Bonfert B. 'We like sharing energy but currently there's no advantage': Transformative opportunities and challenges of local energy communities in Europe. *Energy Res Soc Sci* 2024;107:103351. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103351>.
- Klöckner CA, Nayum A. Specific barriers and drivers in different Stages of decision-making about energy efficiency Upgrades in Private homes. *Front Psychol* 2016;7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01362>.
- Chen Y-H, Li Y-Z, Jiang H, Huang Z. Research on household energy demand patterns, data acquisition and influencing factors: a review. *Sustain Cities Soc* 2023;99:104916. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104916>.
- Blomqvist S, Ödlund L, Rohdin P. Understanding energy efficiency decisions in the building sector – a survey of barriers and drivers in Sweden. *Clean Eng Technol* 2022;9:100527. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100527>.
- Cao Z, Meng Q, Gao B. The consumption patterns and determining factors of rural household energy: a case study of Henan Province in China. *Renew Sustain Energy Rev* 2021;146:111142. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111142>.
- Ye X, Yue P. Financial literacy and household energy efficiency: an analysis of credit market and supply chain. *Finance Res Lett* 2023;52:103563. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103563>.
- Romero-Jordán D, Del Río P. Analysing the drivers of the efficiency of households in electricity consumption. *Energy Pol* 2022;164:112828. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112828>.
- Chaudhuri K, Huaccha G. Who bears the energy cost? Local income deprivation and the household energy efficiency gap. *Energy Econ* 2023;127:107062. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107062>.
- Damette O, Delacote P, Lo GD. Households energy consumption and transition toward cleaner energy sources. *Energy Pol* 2018;113:751–64. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.060>.
- Gróf G, Janky B, Bethlendi A. Limits of household's energy efficiency improvements and its consequence – a case study for Hungary. *Energy Pol* 2022;168:113078. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113078>.
- Twerfou DK, Abeney JO. Efficiency of household electricity consumption in Ghana. *Energy Pol* 2020;144:111661. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111661>.
- Nässén J, Sprei F, Holmberg J. Stagnating energy efficiency in the Swedish building sector—economic and organisational explanations. *Energy Pol* 2008;36:3814–22. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.07.018>.
- ürge-Vorsatz D, Koepfel S, Mirasgedis S. Appraisal of policy instruments for reducing buildings' CO₂ emissions. *Build Res Inf* 2007;35:458–77. <https://doi.org/10.1080/09613210701327384>.
- Pavlović B, Ivezić D, Živković M. State and perspective of individual household heating in Serbia: a survey-based study. *Energy Build* 2021;247:111128. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111128>.
- Faure C, Guetlein M-C, Schleich J, Tu G, Whitmarsh L, Whittle C. Household acceptability of energy efficiency policies in the European Union: policy characteristics trade-offs and the role of trust in government and environmental identity. *Ecol Econ* 2022;192:107267. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107267>.
- Chen C. Framing energy-efficiency programs: a survey experiment. *Energy Pol* 2023;183:113776. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113776>.
- Del Amo A, Martínez-Gracia A, Pintanel T, Bayod-Rijula AA, Torné S. Analysis and optimization of a heat pump system coupled to an installation of PVT panels and a seasonal storage tank on an educational building. *Energy Build* 2020;226:110373. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110373>.
- Anfinson K, Laes E, Bombaerts G, Standal K, Krug M, Di Nucci M-R, et al. Does polycentrism deliver? A case study of energy community governance in Europe. *Energy Res Soc Sci* 2023;100:103093. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103093>.
- Campos I, Marín-González E. People in transitions: energy citizenship, prosumerism and social movements in Europe. *Energy Res Soc Sci* 2020;69:101718. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101718>.
- Lazzini R, Mutule A, Zalostiba D. PV energy communities—challenges and barriers from a consumer perspective: a Literature review. *Energies* 2021;14:4873. <https://doi.org/10.3390/en14164873>.
- Pinto ES, Serra LM, Lázaro A. Energy communities approach applied to optimize polygeneration systems in residential buildings: case study in Zaragoza, Spain. *Sustain Cities Soc* 2022;82:103885. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103885>.
- Deng R, Luo F, Yang J, Huang D-W, Ranzi G, Dong ZY. Privacy preserving renewable energy trading system for residential communities. *Int J Electr Power Energy Syst* 2022;142:108367. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108367>.
- Roberts MB, Sharma A, MacGill I. Efficient, effective and fair allocation of costs and benefits in residential energy communities deploying shared photovoltaics. *Appl Energy* 2022;305:117935. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117935>.
- Chreim B, Esseghir M, Merghem-Boulahia L. Energy management in residential communities with shared storage based on multi-agent systems: Application to smart grids. *Eng Appl Artif Intell* 2023;126:106886. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106886>.
- Trelouw T, Alskaf T, Bauer C, Sark W Van. Multi-objective optimization of energy arbitrage in community energy storage systems using different battery technologies. *Appl Energy* 2019;239:356–72. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.227>.
- Biech M, Bigdon T, Drelitz C, Fromme G, Remke A. A smart neighbourhood simulation tool for shared energy storage and exchange. In: Wittervongel S, Phung-Duc T, editors. *Anal. Stoch. Model. Tech. Appl.*, vol. 9845. Cham: Springer International Publishing; 2016. p. 76–91. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43904-4_6.

- [30] Shelly C. Residential solar electricity adoption: what motivates, and what matters? A case study of early adopters. *Energy Res Soc Sci* 2014;2:183–91. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.01.001>.
- [31] Rincón-Rubio AG, Cedano-Villavicencio KG. Emotional energy communities: Centering emotions and feelings within energy transitions in southern Mexico. *Energy Res Soc Sci* 2023;98:103014. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103014>.
- [32] Kim H, Billionis I, Karava P, Braun JE. Human decision making during eco-feedback intervention in smart and connected energy-aware communities. *Energy Build* 2023;278:112627. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112627>.
- [33] Coy D, Malekpour S, Saeri AK, Dargaville R. Rethinking community empowerment in the energy transformation: a critical review of the definitions, drivers and outcomes. *Energy Res Soc Sci* 2021;72:101871. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101871>.
- [34] Osička J, Cernoch F. European energy politics after Ukraine: the road ahead. *Energy Res Soc Sci* 2022;91:102757. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102757>.
- [35] Zapata-Webbom E, Hanmer C, Oreszczyn T, Huebner G, McKenna E, Few J, et al. Winter demand falls as fuel bills rise: understanding the energy impacts of the cost-of-living crisis on British households. *Energy Build* 2024;305:113869. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113869>.
- [36] Guan Y, Yan J, Shan Y, Zhou Y, Hang Y, Li R, et al. Burden of the global energy price crisis on households. *Nat Energy* 2023;8:304–16. <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01209-8>.
- [37] Kola-Bezka M. One size fits all? Prospects for developing a common strategy supporting European Union households in times of energy crisis. *Energy Rep* 2023;10:319–32. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.06.039>.
- [38] Zhou Y, Essayeh C, Darby S, Morstyn T. Evaluating the social benefits and network costs of heat pumps as an energy crisis intervention. *iScience* 2024;27:108854. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.108854>.
- [39] Hofmann M, Lindberg KB. Residential demand response and dynamic electricity contracts with hourly prices: a study of Norwegian households during the 2021/22 energy crisis. *Smart Energy* 2023;100126. <https://doi.org/10.1016/j.segy.2023.100126>.
- [40] Nolden C. Governing community energy—Feed-in tariffs and the development of community wind energy schemes in the United Kingdom and Germany. *Energy Pol* 2013;63:543–52. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.050>.
- [41] Yildiz Ö, Rommel J, Debor S, Holstenkamp L, Mey F, Müller JR, et al. Renewable energy cooperatives as gatekeepers or facilitators? Recent developments in Germany and a multidisciplinary research agenda. *Energy Res Soc Sci* 2015;6:59–73. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.12.001>.
- [42] Bauwens T, Gotchev B, Holstenkamp L. What drives the development of community energy in Europe? The case of wind power cooperatives. *Energy Res Soc Sci* 2016;13:136–47. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.016>.
- [43] Blumberga A, Vanaga R, Freimanis R, Blumberga D, Antuzis J, Krastiņš A, et al. Transition from traditional historic urban block to positive energy block. *Energy* 2020;202:117485. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117485>.
- [44] Brakovska V, Vanaga R, Bohvalovs G, Fila L, Blumberga A. Multiplayer game for decision-making in energy communities. *Int J Sustain Energy Plan Manag* 2023. <https://doi.org/10.54337/ijsepm.7549>.
- [45] Ministry of Economics. Support for households in heating season 2022/2023. Website Minist Econ; 2023 (in Latvian).
- [46] Darzina L. Support for households for partial compensation of heating season expenses is enshrined in law. 2022.
- [47] Bohvalovs G, Vanaga R, Brakovska V, Freimanis R, Blumberga A. Energy community measures evaluation via Differential Evolution optimization. *Environ Clim Technol* 2022;26:606–15. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0046>.
- [48] Govindarajan L, Bin Mohideen Batcha MF, Bin Abdullah MK. Solar energy policies in southeast Asia towards low carbon emission: a review. *Heliyon* 2023;9:e14294. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14294>.
- [49] Hustveit M, Frogner JS, Fleten S-E. Tradable green certificates for renewable support: the role of expectations and uncertainty. *Energy* 2017;141:1717–27. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.013>.
- [50] Vanaga R, Bohvalovs G, Blumberga A. Report on the calculation of cost-optimal minimum energy performance requirement levels for existing and new buildings and their elements. RTU; 2023.
- [51] de Winter JFC, Dodou D. Five-point Likert items: t test versus Mann-Whitney-Wilcoxon (Addendum added October 2012). *Pract Assess Res Eval* 2010;15:1–16. <https://doi.org/10.7275/BJ1P-TS64>.
- [52] Clason D, Dormody T. Analyzing data measured by individual Likert-type items. *J Agric Educ* 1994;35:31–5. <https://doi.org/10.5032/jae.1994.04031>.
- [53] Kraska-Miller M. *Nonparametric statistics for social and behavioral sciences*. Boca Raton London New York: CRC Press; 2014.
- [54] Hevey D. Network analysis: a brief overview and tutorial. *Health Psychol Behav Med* 2018;6:301–28. <https://doi.org/10.1080/21642850.2018.1521283>.
- [55] Love J, Selker R, Marsman M, Jamil T, Dropmann D, Verhagen J, et al. JASP: graphical statistical software for common statistical designs. *J Stat Softw* 2019;88. <https://doi.org/10.18637/jss.v088.i02>.
- [56] Friedman J, Hastie T, Tibshirani R. Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso. *Biostatistics* 2008;9:432–41. <https://doi.org/10.1093/biostatistics/kxm045>.
- [57] Epskamp S, Fried EI. A tutorial on regularized partial correlation networks. *Psychol Methods* 2018;23:617–34. <https://doi.org/10.1037/met0000167>.
- [58] Costantini G, Epskamp S, Borsboom D, Perugini M, Möttus R, Waldorp LJ, et al. State of the art personality research: a tutorial on network analysis of personality data in R. *J Res Personal* 2015;54:13–29. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2014.07.003>.
- [59] You Z, de-Borja-Torrejón M, Danzer P, Nouman A, Hemmerle C, Tzschentschler P, et al. Cost-effective CO2 abatement in residential heating: a district-level analysis of heat pump deployment. *Energy Build* 2023;300:113644. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113644>.
- [60] Fruchterman TMJ, Reingold EM. Graph drawing by force-directed placement. *Softw Pract Exp* 1991;21:1129–64. <https://doi.org/10.1002/spe.4380211102>.
- [61] Borsboom D, Cramer AOJ. Network analysis: an integrative approach to the structure of psychopathology. *Annu Rev Clin Psychol* 2013;9:91–121. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-050212-185608>.
- [62] Tourangeau R, Yan T. Sensitive questions in surveys. *Psychol Bull* 2007;133:859–83. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.5.859>.
- [63] Forbes MK, Wright AGC, Markon KE, Krueger RF. Evidence that psychopathology symptom networks have limited replicability. *J Abnorm Psychol* 2017;126:969–88. <https://doi.org/10.1037/abn0000276>.



ŽURNĀLS

TAGAD

ZINĀTNISKI METODISKS
IZDEVUMS

LATVIEŠU VALODA
UN LITERATŪRA
TAGAD

PRIEKAM
IZAUGSMEI
LABJUTĪBAI

Caurviju prasmes
un vērtēšana

Valodu
mācību joma

Latviešu valodas
mācību priekšmets

Literatūras mācību
priekšmets

KRITĪS, KAS UZ
RUNĀMĀ... CĀS,
KRITĪS, KAS NĒ
ĒRKA VĒRŠAS.

- 4 **Sanita Lazdiņa**
Par un ap latviešu valodu. Priekšvārds

I. Caurviju prasmes un vērtēšana

- 13 **Baiba Martinsone**
Skolēnu sociāli emocionālā mācīšanās latviešu valodas stundās
- 22 **Vita Brakovska**
Domāšana un radošums
- 31 **Liene Valdmane**
Prasme sadarboties un līdzdarboties: kā attīstīt rīcībspēju?
- 41 **Solvita Lazdiņa**
Vērtēt, lai mācītos

II. Valodu mācību joma

- 53 **Vita Kalnbērziņa**
Lielās idejas un to atvasinājumi valodu mācību jomas standartos?
- 63 **Arvils Šalme**
Stila brīvība

III. Latviešu valodas mācību priekšmets

- 73 **Diāna Laiveniece**
Latviešu valodas mācību saturs laiku laikos. Ko? Cik? Un vai vispār?
- 91 **Ance Jaks**
Kā plānot valodas mācīšanos, nevis mācīšanu – skolā un ārpus tās
- 100 **Solvita Pošeiko**
Multimodāli teksti latviešu valodas apguvē: zināšanām, prasmēm, emocijām
- 115 **Sandra Zariņa**
Ceļā uz prasmīgu lasītāju un rakstītāju
- 126 **Santa Kazāka, Andris Gribusts**
Floviņš – latviešu valodas tālmācība diasporas bērniem

IV. Literatūras mācību priekšmets

- 132 **Māris Bušmanis**
Starpdisciplināritātes izpratne, iespējas un nepieciešamība literatūras izziņā skolā
- 138 **Inese Lāčauniece**
Projekta darba izaicinājumi jaunajā literatūras mācību priekšmeta saturā
- 145 **Lita Silova**
Kultūratsuāču spēles



FOTO: NO AUTORES PERSONĪGĀ ARHĪVA

DOMĀŠANA UN RADOŠUMS

VITA BRAKOVSKA

Biedrības "Zināšanu un inovācijas sabiedrība" (ZINIS) vadītāja, kuras kompetences pamatā ir vairāk nekā 15 gadu pieredze valsts un NVO sektorā, kā arī 10 gadu pieredze ikdienas darbā ar jaundibinātiem un attīstībā esošiem uzņēmumiem. Kopš 2009. gada Latvijā un ārvalstīs vadījusi vairāk nekā 1000 dinamiskas radošās nedarbības, kas vērstas uz individu un uzņēmumu iekšējo radošo procesu stiprināšanu un izmantošanu stratēģisko mērķu sasniegšanai.

Radošā domāšana ir neatņemama mūsu ikdienas aktivitāšu sastāvdaļa. Lai arī šis jēdziens plašāk izskanējis ārpus kultūras un radošajām industrijām tikai pēdējā desmitgadē, tomēr apzināmies, ka radošums ir mūsu ikdienas darbībai piemērota īpašība, bez kuras ir daudz grūtāk risināt izaicinājumus – gan pieaugušajiem, gan arī bērniem.

Šajā rakstā aplūkota **radošā domāšana kā strukturēta pieeja jaunu risinājumu formulēšanai**, tās praktisks pielietojums izglītības procesā ar mērķi rosināt vispārīzglītojošo skolu pedagogus integrēt strukturētas radošās domāšanas metodes ikdienas metodiskajā darbā, dažādojot mācīšanās formas un vienlaikus sekmējot izglītojamo prasmes atbilstoši mūsdienu laikmeta prasībām. Raksts balstīts uz autores vairāk nekā septiņu gadu (vairāk nekā 1000 vadītu radošās domāšanas veicināšanas pasākumu) pieredzi Latvijā dažādās auditorijās, ieskaitot vispārīzglītojošo skolu pedagogus un audzēkņus.

Atslēgvārdi: radošā domāšana, jaunu risinājumu veidošana, jaunrade un radošums izglītībā.

RADOŠUMA JĒDZIENA ATDZIMŠANA

Jēdziena *radošums* atdzimšana pirms vairāk nekā divdesmit gadiem notika, lielā mērā pateicoties divu valstu – Austrālijas un Lielbritānijas – valdībām. Austrālijas valdības 1994. gadā veiktā pētījuma “Radoša nācija” (*Creative Nation*) laikā tā autori nonāca pie secinājuma, ka vairāk nekā 330 000 valsts iedzīvotāju ir nodarbināti ar kultūru saistītās jomās un kopējais apgrozījums ir virs 13 miljardiem Austrālijas dolāru, citiem vārdiem, nodokļu ieņēmumi no vietējo iedzīvotāju darinājumiem un pie lielajiem tūrisma objektiem pārdotajiem suvenīriem ir vērtīgāks nekā ieguldījums valsts tautsaimniecībā. Tas nozīmē, ka radošumam ir plašāka ietekme par mākslas un kultūras pasauli un tas nav asociējams tikai ar nekomerciālām aktivitātēm. Kultūra ir tā, kas veicina sociālo un ekonomisko labklājību.

Savukārt Lielbritānijas valdība, balstoties uz Austrālijas valdības pētījuma rezultātiem, 1998. gadā formulēja jēdzienu *radošās industrijas* un izvirzīja trīspadsmit jomas, kas ietilpst šajā jaunajā tautsaimniecības nozarē, – reklāma, arhitektūra, antikvariāti, amatniecība, dizains, mode, filmu uzņemšana, datospēles, mūzika, teātris, izdevniecības, programmēšana, televīzija un radio. Pēc britu ieskatiem, šīs jomas balstītas uz individuālo radošumu, prasmēm un talantu un atstāj tiešu ietekmi uz labklājību, radot komercializējamu intelektuālo īpašumu. Britu izveidotā radošo industriju definīcija, uz kuru balstījās arī Latvijas Kultūras ministrija, ir: “**Radošās industrijas** ir tautsaimniecības nozares, kas balstās uz **individuālo vai kolektīvo radošumu**, prasmēm un talantu un spēj celt labklājību un radīt darbavietas, radot un/vai izmantojot intelektuālo īpašumu” (BICEPS, 2007).

Vēlākā periodā, pateicoties Britu padomes pārstāvniecības aktīvai darbībai Latvijā, jēdzienu *radošums* tā plašākā izpratnē sāka lietot arī pie mums, sākotnēji liekot lielāku uzsvaru uz uzņēmējdarbību, kam drīz sekoja virkne iniciatīvu arī izglītības jomā. Panākumu stāsti par radošuma praktisko pielietojumu individuāla vai uzņēmuma konkurētspējas stiprināšanā padarīja sabiedrību atvērtāku šim jēdzienam, neasociējot to vairs tikai ar mākslas un kultūras pasauli, kā tas bija pagājušā gadsimta vidū. Gadsimtu mijā, pateicoties Lielbritānijai, Eiropā un plašākā pasaulē izskanēja jēdziens *radoša*

ekonomika, un šobrīd redzam, ka *radošam jābūt it visam!* – radoša nācija, radoša kopiena, radoša uzņēmējdarbība, radošas pilsētas u. tml. Tas, iespējams, ir nedaudz apnicīgi, tomēr kalpo kā atgādinājums – katrā individuā un kopienā ir unikāli resursi, kuru praktisks pielietojums var kalpot par dzinējspēku attīstībai, gluži kā jēdziena *inovācija* intensīvā lietošana publiskajā telpā pirms desmit gadiem Latvijas ekonomikā.

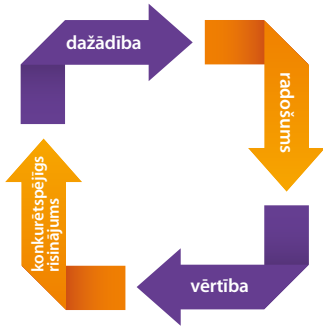
PRIEKŠNOTEIKUMI RADOŠĀS DOMĀŠANAS METOŽU PILNVĒRTĪGAI INTEGRĀCIJAI IZGLĪTĪBAS PROCESĀ

Līdzdalība ideju radīšanā vienmēr ir bijis aizraujošs, dinamisks process. Īpaši to var teikt par bērniem – viņi ir atvērti jaunai pieredzei, un, kamēr vien radošā domāšana tiek izmantota **kā spēles elements**, nevis kā obligātā izglītības programmas sastāvdaļa mācību procesā, pret to gandrīz vienmēr ir bijusi pozitīva attieksme.

Otrs būtisks moments motivētai bērnu iesaistei ir **risinājumu veidošanas brīvība**. Nereti radošās domāšanas metožu algoritms ir strukturēts, tomēr risinājumu meklēšanas posmā ir jānodrošina personiskās izvēles brīvība, jo radīšanas prieka sastāvdaļa ir nepiespiesta atmosfēra, tātad – iespēja veikt savu izvēli un baudīt tās rezultātu. Arī tad, ja tiek piedāvāta vesela gūzma nepraktisku ideju vai arī ja netiks izvēlēts labākais risinājums, indivīds novērtēs viņam doto brīvību. Pretējā gadījumā pat tad, ja atrastos labākā ideja, radīšanas prieku var slāpēt variāciju neesamība – vai *pareizo un pieklājīgo* ideju pārsātinājums. Tieši tādēļ brīva izvēle ir būtisks priekšnosacījums, lai ikviens iesaistītais justos līdzdalīgs labākā risinājuma apzināšanā. Ja nepieciešams, var piedāvāt ierobežotās izvēles iespējas, t. i., audzēkņiem ir izvēle starp vairākiem variantiem, taču joprojām tā ir izvēle.

Trešais princips – **darbs komandās** kā indivīda iesaistes formāts radošās domāšanas procesā. Tātad – nevis individuāla, bet gan kolektīva rīcība risinājumu meklēšanā. Tas ir saistīts ar vienkāršu, praksē pašas autore pārbaudītu pieņēmumu: **radošuma pamatā ir dažādība**. Dažādība var izpausties kā dažāda vecuma, dzimuma, ģeogrāfiskās atrašanās vietas, uzskatu, kultūras vai tradīciju vai arī citu aspektu pārstāvji komandā.

Tāpat – dažādība ir priekšnosacījums radošas vides veidošanā, savukārt **radoša vide ir pamats vērtības veidošanai**. Un vērtība ir galvenais priekšnosacījums konkurētspējīga risinājuma veidošanā. Uzskatāmi tas attēlots 1. attēlā.



1. attēls.

Dažādības loma konkurētspējīgu risinājumu veidošanā

Ceturtais princips – **ideju skaļums**. Radošais process tikai retos gadījumos ir kluss process. Turklāt skaļumam ir nozīme nevis no fizikālā viedokļa, bet gan no pateikto ideju daudzveidības viedokļa. Kā zināms, agrīnā posmā pragmatiskā pieeja netiek izmantota – dalībnieki dalās ar visdažādākajām idejām, līdz dažas *iedzīnkstas* un tiek attīstītas tālāk – līdz ietver vērtību.

Tiesa, vispārīgplūtošo skolu kontekstā allaž pastāvēs atšķirīga atvērtības pakāpe starp jaunāko un vecāko (vidusskolas) klašu audzēkņiem. Viņus, tāpat kā lielu daļu pieaugušo, sabiedrības radošais process mulsinās, jo līdz ar gadiem un pieredzi mēs nereti arvien zemāk vērtējam savas radošuma spējas. Pamatojums – ikdienā tā nav nepieciešama. Lai to rosinātu, papildus iepriekš minētajiem priekšnosacījumiem var pievienot piekto – **sāncensības principu**. Audzēkņi darbojas komandās, un tās sacensas savā starpā, ievērojot pedagoga noteiktos kritērijus. Sacensību gars radošās domāšanas procesā ne vienmēr ir jārosina, tomēr tas var būtiski motivēt gadījumos, kad auditorija nav pārliecināta par savām spējām (neuzskata sevi par radošiem). Šajā gadījumā sacensību gars novērš uzmanību no bažām par savām radošuma spējām, kā rezultātā atdeve ir daudz labāka.

Tāpat **pieci principi, kas motivēs audzēkņus iesaistīties radošās domāšanas metožu apguvē:**

- 1) metodes **pielīdzinājums spēlei** (Tagad uzspēlēsīm kādu spēli!),
- 2) **izvēles brīvība** (Jums būs izvēles brīvība, un tādējādi jūs paši ietekmēsiet rezultātu.),
- 3) **darbs komandās** (Vienam ir grūtāk un garlaicīgāk, tādēļ darbosities kopā – lai būtu dinamiskāk un interesantāk!),
- 4) **ideju skaļums** (Droši sakiet visu, kas nāk prātā, un sakiet to tā, lai dzird visa komanda!),
- 5) **sāncensības** (Jūs esat vienota komanda un stāvat viens par otru. Un tagad paskatieties uz blakus komandām – tie ir jūsu konkurenti! Jūsu komandas uzdevums – pārspēt citas komandas!).

PRAKTISKE ASPEKTI VALODAS KĀ RADOŠUMA RESURSA PIELIETOJUMĀ

Noteikti daudzi atminas klasisko valodas apguves spēli, kurā no burtiem jāizveido iespējami daudz dažādu vārdu (lietvārdi, darbības vārdi, īpašības vārdi) ar jēgpilnu nozīmi. Lai sekmētu audzēkņu spēju izmantot savas valodas un jo īpaši – literatūras zināšanas radošās domāšanas procesā, pedagogam kā labs metodiskais palīgs var būt **Alternatīvu metode**. Tā ir radošās domāšanas metode, kas ļauj audzēkņiem, koncentrējoties uz vienu priekšmetu, piedāvāt tā daudzveidīgu (arī neierastu!) pielietojumu un noslēgumā – izvērtēt, kuri pielietojumi varētu būt atspoguļoti arī, piemēram, latviešu literatūrā un tradīcijās. Protams, pastāv varbūtība, ka rezultātā nebūs liels skaits salīdzinājumu, tomēr tas ir veids, kā rosināt domāšanu un pārliecināties, vai valodā un literatūrā ir rodami arī neierasti pielietojumi. Tas ļauj atgādināt, ka literatūra kā autordarbs ir radošo industriju sastāvdaļa.

Uzdevuma norise

1. Skolotājs klasi sadala komandās (trīs līdz četri cilvēki komandā) un dod (vai nosauc) katrai komandai kādu priekšmetu vai dabas resursu (piemēram, spogulis, pelni, nātres vai tml.).

2. Skolotājs aicina skolēnus divu minūšu laikā uzrakstīt iespējami daudz dažādu ideju spēles objekta (arī neierasta) pielietojumam (respektīvi, jāatbild uz jautājumu: kā vēl šo resursu var izmantot?).
3. Komandas no minētajiem risinājumiem izvēlas un raksturo tos, kas pieteikti, piemēram, latviešu literatūras darbos.
4. Skolotājs uzklasa komandu darba rezultātus un sniedz atgriezenisko saiti, stiprinot skolēnu zināšanas par mūsdienu resursu pielietojumu sendienās un pie reizes rosinot idejas par iespējamu kultūrvēsturiskajā mantojumā balstītu biznesa ideju veidošanos. Tādējādi skolēniem mācību procesā var tikt rosināta interese par savas kultūras un vēstures izziņāšanu un šo zināšanu pielietojumu mazajā uzņēmējdarbībā.

Piemērs: pelnu, niedru vai siena pielietojums uzņēmējdarbībā. Pelni kā ekoloģiski tīrs materiāls keramikas trauku izgatavošanas procesā (tiek tirgoti ar Etsy.com platformas starpniecību), niedres kā izejmateriāls puzuru veidošanai (bijis kā Latvijas eksporta produkts Āzijas valstīs) un marinēts siens (skābbarība) kā piedeva vai ēdiena noformējums ekskluzīvos restorānos attīstītajās valstīs.

Savukārt metode **Vārdu detektīvs** ir piemērota komandas mājasdarbam, motivējot analizēt situāciju un meklēt tehnoloģisku risinājumu, ja informācijas daudzums ir visai apjomīgs.

Uzdevuma norise

1. Skolotājs klasi sadala komandās (trīs līdz četri cilvēki komandā) un katrai komandai iedod kādu sadzīves priekšmetu (var dot visām komandām vienādu, lai var veidot sāncensības principu – kura komanda pirmā aptvers visus vārdus). Sadzīves priekšmetu piemēri – bļoda, šķēres, zīpes, zīmulis vai tml.
2. Skolotājs aicina komandas sarakstīt uz lapas jebkādu vārdus (darbības vārdus, īpašības vārdus vai lietvārdus), kas skolēniem asociējas ar iedoto priekšmetu. Skolēni šos vārdus saraksta kolonnā.
3. Skolotājs aicina skolēnus uzskaitīt literatūras darbus, kur šie vārdi ir izmantoti iespējami

daudz vienkopus (vienā darbā). Būtu ieteicams to organizēt kā komandas mājasdarbu, jo ir nepieciešams laiks darbošanās stratēģijas un iespējami labākā tehnoloģiskā risinājuma izvēlei. Skolēnu komandas ziņā paliek pašorganizēšanās, apzinoties virsmērķi – atrast literatūras darbu, kurā vienlaikus ir atrodamī iespējami daudz uzrakstīto vārdu.

4. Lai rezultāts praktiski būtu sasniedzams, skolotājs var jau iepriekš izvēlēties vairākus literāros darbus, kurus vieno zināms vārdu kopums, un, balstoties uz likumsakarībām, dot tādu priekšmetus, kuru raksturojums ar atslēgas vārdiem ir prognozējams un ļauj skolēnu komandām ātrāk identificēt atbilstošos literatūras darbus.

Piemērs: izvēlēties priekšmetus, kuru atslēgas vārdu raksturojums saistīts ar zvejniecības vai lauksaimniecības tēmu (attiecīgi V. Lāča "Zvejnieka dēls" vai A. Upiša "Zaļā zeme").

Lai sekmētu skolēnu runas un ikdienā pielietoto vārdu dažādību, var tikt izmantota **Aizvietošanas metode**. Katram vārdam ir rodami sinonīmi, kuru pielietojums, protams, ir atkarīgs no konteksta, tomēr, apvienojot ar skaidrojošo darbu, skolotājs var sekmēt skolēnu izpratni par dažādu sinonīmu pielietojumu atbilstošā kontekstā.

Uzdevuma norise

1. Skolotājs klasi sadala komandās (trīs līdz četri cilvēki komandā) un katrai komandai iedod iepriekš sagatavotu tekstu, tajā atzīmējot vārdus, kuriem skolēni savukārt piedāvā iespējami daudz sinonīmu.
2. Skolotājs apkopo skolēnu piedāvātos sinonīmus, un visi kopā noskaidro atbilstošāko vārda lietošanas kontekstu.

Piemērs: sinonīmi vārdam *iet* – doties, apmeklēt, staigāt, klaiņot u. tml.

PARASTU LIETU NEPARASTS PIELIETOJUMS VALODAS UN LITERATŪRAS APGUVĒ

Latvijas radošo uzņēmēju aktivitātes ir viens no spēcīgākajiem iedvesmas avotiem ne tikai mūsu valsts iedzīvotājiem, kas meklē jaunus pašrealizā-

cijas iespējas, bet arī latviešu valodas skolotājiem, motivējot skolēnus aktīvāk pētīt valodas dažādo pielietojumu. Piemēru ir daudz, un tos var smelties gan laikrakstos publicētās intervijās, gan TV raidījumos, gan arī valsts un pašvaldību rīkotajos pasākumos. Šajā nodaļā tiks apskatīti vairāki piemēri, kurus skolotāji var izmantot stundu satūra dažādošanai un skolēnu mācīšanās motivācijas stiprināšanai.

“Noķerts Liepājā”

Kurzemiece Ilze Vainovska ir izveidojusi zīmolu “Noķerts Liepājā” (Lēvalde, 2014), kura pamatā ir rotaslietas no neapstrādātiem dzintariem, saglabājot to dabisko skaistumu. “Citiem galvā ir putni, man – dzintars” – tā par sevi saka Ilze Vainovska, norādot uz savu vēlmi atšķirties no daudziem citiem talantīgiem Latvijas dzintara amatniekiem. Jūras aļģēs atrastos dzintarus Ilze iemezglo pašas izveidotā tehnikā, un šī kombinācija ļāvusi viņai izturēt stingrās komisijas prasības, lai tirgotu darinājumus Brīvdabas muzejā.



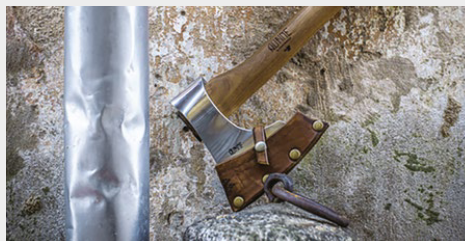
Attēls no: www.capturedinliepaja.com

«Ja dzintariņam bija trīs kājas, tad trešo nerāva nost, lai tikai viņš būtu līdzīgs divkāju dzintariem, – tā ne. Ja bija četras ausis, tad divas nerāva nost, bet atstāja visas četras. Ja dzintars bija ar ūsām, tad atstāja to ar ūsām, dabisku, tādu, kāds viņš ir, un iznāca skaistas rotaslietas.» Ilze citē Imantā Ziedoņa Dzintaraino pasaku, kas ir viņas iedvesmas avots. Šie un citi tīmekļa resursos atrodamie fakti no intervijām ar Ilzi Vainovsku sniedz ieskatu par **dzimtās valodas krājuma nozīmi sevīs pozicionēšanā** un jaunu impulsu atrašanā.

“Autine tools by John Neeman”

Jānis Nīmanis ir kalējs Priekuļu novadā, kurš pasaulē pazīstams ar zīmola nosaukumu *John Neeman* un atpazīstamību guvis, izgatavojot pasaulē līmeņa ekspertu atzītus kvalitatīvus galdnieku

darbarīkus. Jāņa radītos cirvjus, kaltus, slīmestus un citus amatnieku rīkus lieto nozares meistari vairāk nekā desmit valstīs. Pirms uzņēmuma izveides Jānis absolvēja Priekuļu tehnikumu un studēja inženierzinātnes Dānijā – tas ļāva savienot mūsdienīgas zināšanas ar seno kalēju darba metodēm kokapstrādes darbarīku izgatavošanā un vēlāk kopā ar domubiedriem izveidot kalēja darbnīcu.



Attēls no: www.autinetools.com

Kopš 2012. gada uzņēmumam ir piešķirts vārds *Autine*; 12. gadsimtā Priekuļu novada apvidus iekļāvās Latgaļu pils apkaimē *Autine*. Šie un citi fakti par latviešu kalēja Jāņa Nīmaņa darbošanos sniedz priekšstatu **par latviešu valodas seno vārdu lietišķo (aktualizēto) vērtību – īpaši mūsdienās**, lietojot tos jaunu zīmolu un jaunu nosaukumu veidošanā. Senāk lietotie vārdi (arī aizguvumi no citām valodām) vai baltu cilšu apzīmējumi tiek aktualizēti arī, izmantojot tos inovatīvu skolēnu pasākumu nosaukumos, piemēram, “Kuršu ritmi” vai “Ķisenu balle” (senāk lietotais ģermānisms *ķisens* spilvena apzīmēšanai).

“Baltijas raku”

Ievērojot senās podniecības tradīcijas Latgalē, 2011. gadā Daugavpilī tika izveidota biedrība “Baltijas raku” – nevalstiska profesionālo mākslinieku, pedagogu un projektu vadītāju apvienība, kuras misija ir veicināt tradicionālās un profesionālās keramikas attīstību Latgalē un sekmēt vietējo iedzīvotāju, īpaši jaunatnes, izpratni par reģiona kultūru un laikmetīgo mākslu (Šauša, 2013). Meklējot spilgtu un pamanāmu veidu, kā pozicionēt Latgales māla podniecības tradīcijas, viena no šīs apvienības iniciatorēm Ilona Šauša atklāja Latgali, Japānu un ASV vienojošus elementus māla apdedzināšanas tehnikā. Tās pamatā izrādījās japāņu raku – rūdītās keramikas tehnoloģija.



Attēls no: www.balticraku.eu

Japāņu raku (pasaulslavens, leģendām apvīts zīmols) tehnoloģija tika radīta 16. gs. tējas ceremonijām. Lai izveidotu atbilstošus traukus, Japānā karstais, no cepļa izņemtais trauks tika iemērķts stiprā zaļās tējas novārījumā, kur straujajā temperatūras kritumā glazūras virsma saplaisā, un trauka lietošanas gaitā, plaisām piesūcoties ar tējas novārījumu, uz trauka virsmas veidojas brūngans tīklveida raksts. **Amerikāņu raku** tehnoloģija ir radusies, pateicoties liktenīgai nejaušībai, kad 1960. gadā amerikāņu profesors Pauls Soldners demonstrēja japāņu raku pagatavošanas procesu un viens keramikas izstrādājums, ko viņš bija izņēmis no cepļa un nesa uz dzesināšanas trauku, nejauši iekrita sausās lapās un aizdedzināja tās, radot neparastu redukcijas efektu. Tā radās amerikāņu raku – trauks tiek ievietots metāla konteinerā kopā ar kādu viegli uzliesmojošu materiālu. Dūmu iespaidā māls kļūst pelēcīgs vai melns, bet varu saturošās zaļās glazūras iegūst sarkanu vai zeltainu nokrāsu un senlaicīgu patinu. Pateicoties šim neprognozējamam, bet allaž interesantajam iznākumam, jaunatklātā pēcapdedzinājuma tehnoloģija tagad tiek praktizēta visā pasaulē (Šauša, 2013).

Savukārt Baltijā praktizētajā, četrus vai pat sešus gadsimtus senajā rūdītas keramikas tehnikā karstie trauki tiek iegremdēti raudzētā rudzu šķidrūmā, kas nereti papildināts ar dažādām sastāvdaļām, kuras meistari tur noslēpumā, taču māls iegūst neparasti raibu virsmu dabiskās okera, brūnās un melnās krāsas variācijās. Pēc seniem ticējumiem, acīm līdzīgie apļi, kas reizumis veidojas uz trauka virsmas, pasargā ēdienu no skauģa acīm,

tādos podos gatavots ēdiens labāk saglabā vērtīgās īpašības, ir garšīgāks (Šauša, 2013). Šī informācija par senās Latgales podniecības mākslas saikni ar pasaulē atzītu rūdītās keramikas tehnoloģiju ļauj pārliecināties par **latviešu kultūrvēsturiskā mantojuma telpas vienotību ar pasaulē atpazīstamu tradīciju ipatnībām**. Tas ļauj skolēniem stiprināt savu pašapziņu un piederību spēcīgai kultūrai.

“Ezera skaņas”

Jau vairāk nekā piecus gadus Vidzemes pusē, Vestienas pagastā, Kāla ezers pulcē apmeklētājus uz muzikālu un vizuālu pasākumu “Ezera skaņas”, kas sākas pirms saullēkta – plkst. 3.00 – uz peldošas skatuves ezera vidū. Pasākumam ir mirklīgs raksturs, tas atgādina sapni un ir spējjs piesaistīt aizvien lielāku interesentu loku, pēdējos gados ļaujot gūt arī ienākumus. Pasākuma sekmīgas izaugsmes pamatā ir koncepts, kas sevī ietver šķietami sirreālu parādību – skanošu ezeru. Tajā pašā laikā tieši pasākuma neierastais nosaukums ir ļāvis salīdzinoši īsā laika posmā piesaistīt Latvijas iedzīvotāju uzmanību un motivēt tos uzzināt kaut ko vairāk. Sasniegtais rezultāts ļauj secināt, ka vārdu neierasts savienojums var palīdzēt veidot interesantas idejas, rosināt iztēli par jauniem konceptiem. Nereti tieši asociācijas, ko veido **spēlēšanās ar šķietami nesavienojamiem vārdiem**, ir pamats jauniem, nebijušiem risinājumiem – uz platformas spēlējošiem mūziķiem tā ir iespēja muzicēt netradicionālos apstākļos, savukārt klausītājiem – izbaudīt nebijušas vibrācijas, kas nāk no ezera un mūzikas kopēji veidotā pulsa.



Attēls no: www.vidzeme.com

Iepriekš minētie piemēri ir tikai daži no vairākiem desmitiem Latvijas radošo uzņēmēju stāstiem, kas sevī ietver baltu tradīciju un valodas bagātību pielietojumu savu profesionālo mērķu sasniegšanā. Kā citus spilgtus piemērus var minēt bišu vaska pārtikas iepakojuma zīmolu "Bee In", senioru aušanas studiju LUDE (devīze dizains ar labu karmu), keramikas darbnīcu "Podu sēta" (keramika ar stāstu par dzīvi un tīmekļa vietnē attēlots trauku izveides process), zīmolu "Purva bridēji" (ekskursijas Latvijas purvos). Šie un citi piemēri var kalpot valodu mācību priekšmetu skolotājiem par impulsiem, kas ļauj skolēniem novērtēt savas dzimtās valodas pielietojuma iespējas.

RADOŠĀS DOMĀŠANAS METOŽU DAŽĀDĪBA UN PIELIETOJUMS

Pēdējā desmitgadē sabiedrībā notiekošie procesi rada pārliecību, ka ideju radīšana ir pašrealizācijas izpausme, kas palīdz stiprināt savas pozīcijas kādā interešu grupā, kopienā, protams, arī ģimenē. Paša radītajā idejā saskatīt vērtību un ļaut to ieraudzīt arī apkārtējiem ir viens no spēcīgākajiem pašizpaušmes pierādījumiem, kas palīdz līdzsvarot daudzveidīgo emociju pasauli indivīda agrīnā attīstības posmā. Šajā nodaļā tiks apskatītas dažādas strukturētās domāšanas metodes, kuru pamatā ir vingrinājumi ar valodu kā resursu – vārdu un dažādu jēdzienu jēgpilnas kombinācijas pievienotās vērtības veidošanai.

Ērģeļu metode

Kā savstarpēji nesaistīti jēdzieni latviešu valodā var veidot jēgpilnu savienojumu?

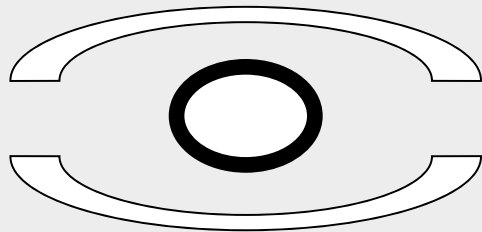
Metodes būtība: ar šīs metodes palīdzību skolēnos var attīstīt prasmi savienot šķietami nesavienojamas lietas un veidot jaunu, nebijušu vērtību, izmantojot asociāciju spēli un savas *netveramās* zināšanas (tās, kas uzkrājas līdzšinējās pieredzes ietvaros, taču nav atsevišķi nodalāmas no kopējā zināšanu apjoma).

Metodes apraksts:

1) skolotājs klasi sadala komandās (3 – 4 cilvēki komandā) un katru komandu aicina izvēlēties kādu objektu, kam radīs īpašu vērtību. Izvēlētais objekts tiek ierakstīts iepriekš uzvilkta vidēji lielā aplī lapas vidū (lapu novieto horizontāli uz galda);

- 2) skolēnu komanda aplī augšpusē novelk uz leju vērstu pusloka līniju (gluži kā uzacs) un virs tās (gluži kā skropstas) formulē vismaz sešus ar objektu **saistītus vārdus** (tie apzīmē produktus, parādības, cilvēku uzvedību, emocijas, gan pozitīvas, gan negatīvas, un tml.);
- 3) skolēnu komanda aplī apakšpusē novelk uz augšu vērstu pusloka līniju un formulē vismaz sešus ar objektu **nesaistītus vārdus** (sk. 2. attēlu);
- 4) secīgi izvēloties vārdus no augšējās vai apakšējās pusloka līnijas un secīgi savienojot tos ar objektu, skolēnu komanda formulē objekta jauno konceptu.

Metodes pielietojums: metode piemērota radošu risinājumu izstrādei kontekstā ar klases vai skolas pasākumu tematiku, kā arī jaunu sociālo, sporta, kultūras, biznesa u. c. ideju izstrādei.



2. attēls.

Ērģeļu metodes forma

Piemērs: ķiploks + karamele = ķiploku ledenes (zīmols "Ķip – ķip ledenes" Ozolnieku novadā)

Piemērs: saldējums + siers = siera saldējums (nobaudāms kafejnīcā "Pampūkas" Preiļos)

Piemērs: auduma tauriņš + koks = koka tauriņi (zīmols BUG Rīgā)

Piecu aspektu metode

Kuriem svešvārdiem varam atrast adekvātus terminus latviešu valodā?

Metodes būtība: veicināt skolēnu spēju izprast būtiskākos globālos izaicinājumus un ar tiem saistītās terminoloģijas pielietojumu latviešu valodā.

Metodes apraksts:

- 1) skolotājs klasi sadala komandās (trīs līdz četri cilvēki komandā) un katru komandu aicina formulēt nākotnes izaicinājumus (ar kādiem Latvijas un pasaules iedzīvotāji saskarsies pēc pieciem gadiem);
- 2) kopā ar skolēniem formulētie izaicinājumi tiek iedalīti piecās kategorijās: ekonomika, sociālā joma, vide, kultūra un tehnoloģijas;
- 3) komandām ir uzdevums apzināt pēc iespējas vairāk svešvārdu, kas tiek lietoti latviešu valodā;
- 4) skolēni kopā ar skolotāju meklē risinājumus svešvārdu latviskošanai. Pirms tam skolotājs iepazīstina skolēnus ar Rīgas Latviešu biedrības Latviešu valodas attīstības kopas un Latvijas Rakstnieku savienības ik gadu rīkoto iniciatīvu gada vārda, nevārda un spārnotās frāzes nominēšanā.

Metodes pielietojums: metode piemērota skolēnu izpratnes veicināšanai par jēdzieniem *valodas precizitāte un radošums*, kā arī lai sekmētu stilistiski pareizas valodas lietojumu gan skolā, gan ārpus tās, norādot par nepieciešamām korekcijām arī tuviniekiem. Tāpat arī skolēnam ir iespēja iepazīt dažādus izaicinājumus un starp tiem, iespējams, pamanīt arī savas nākotnes profesijas potenciālu.

SKOLĒNU RADOŠĀS DOMĀŠANAS NOVĒRTĒJUMA IESPĒJAS

Jāņem vērā, ka mācību stundas laikā padziļinātu izvērtējumu nav iespējams veikt laika ierobežojuma dēļ, tādēļ vispraktiskākais un ātri apkopojamais novērtējums ir šāds:

- atgriezeniskā saite no komandām par radītajām idejām,
- skolotāja izstāstīto piemēru vizuālais apkopojums uz ekrāna, ļaujot skolēniem komentēt katru no attēliem un dalīties ar atmiņā palikušām atziņām valodas kontekstā,
- individuāls vai divu triju skolēnu komandā veidots mājasdarbs par kādu no metodēm, kam seko mājasdarba prezentācija klasē, ietverot vizuālo materiālu un balstoties uz

pašu sameklētiem piemēriem latviešu valodā, literatūrā un/vai Latvijas radošo uzņēmēju lokā.

NOBEIGUMS

Raksta autores praktiskā pieredze Latvijas vispārīgizglītojošās skolās liecina par skolēnu interesi iesaistīties radošuma procesos, ja tie piedāvā spēles vai metodes objekta izvēles brīvību, tiek dots laiks komandas labākās idejas izvēlei (piedāvājot kritērijus vai arī atstājot tos pašu komandu ziņā) un pirms strukturētā procesa tā vadītājs sniedz rosinošus piemērus, kas nav tiešā veidā saistīti ar mācību procesu. Tā rezultātā skolēni paši rada idejas, ar tām aizraujas un noslēgumā ir gatavi uztvert skolotāja vēstījumu – šis dinamiski un saistoši pavadītais laiks ir lielā mērā saistīts ar skolēnu mācību priekšmetos apgūtajām zināšanām.



AUTORI

Vīta Brakovska,

MBA (*Master of Business Administration*), biedrības "Zināšanu un inovācijas sabiedrība" valdes priekšsēdētāja

Māris Bušmanis,

Mg. philol., Valmieras Pārgaujas ģimnāzijas skolotājs

Andris Gribusts,

Izglītības uzņēmuma "Lielvārds" Kompetences centra vadītājs

Ance Jaks,

Bc. habil. sc. soc., VISC projekta "Kompetenču pieeja mācību saturā" eksperte latviešu valodas satūra izstrādē un profesionālajā pilnveidē, "Iespējamās misijas" absolvente

Vīta Kalnbērziņa,

Dr. philol., Latvijas Universitātes asociētā profesore

Santa Kazāka,

Maģistra profesionālais grāds valsts pārvaldē, Latviešu valodas aģentūras Izglītības daļas metodiķe

Diāna Laiveniece,

Dr. paed., Liepājas Universitātes Humanitāro un mākslas zinātņu fakultātes profesore lietišķajā valodniecībā, Kurzemes Humanitārā institūta vadošā pētniece

Sanita Lazdiņa,

Dr. philol., Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijas profesore, VISC projekta "Kompetenču pieeja mācību saturā" vecākā eksperte

Solvita Lazdiņa,

Mg. Sc. Educ., Rīgas pilsētas sākumskolas direktore, VISC projekta "Kompetenču pieeja mācību saturā" vecākā eksperte

Inese Lāčauniece,

Mg. philol., Rīgas Franču liceja skolotāja

Baiba Martinsone,

Dr. psych., Latvijas Universitātes asociētā profesore klīniskajā psiholoģijā, VISC projekta "Kompetenču pieeja mācību saturā" vecākā eksperte

Solvita Pošeiko,

Dr. philol., Latvijas Universitātes Latviešu valodas institūta pētniece, pēcdoktorantūras projekta "Pilsētu lingvistiskā ainava kā daudzpusīgs resurss Baltijas valstīs: valodnieka, uzņēmēja un studenta perspektīva" vadītāja un izpildītāja

Lita Silova,

Dr. philol., Rīgas Franču liceja skolotāja

Arvils Šalme,

Dr. philol., Latvijas Universitātes Humanitāro zinātņu fakultātes asociētais profesors

Liene Valdmāne,

Mg. paed., pedagoģijas doktora grāda pretendente, Latviešu valodas aģentūras metodiķe, mācību un metodisko līdzekļu, galda spēļu autore

Sandra Zariņa,

Dr. paed., Daugavpils Universitātes docente

Latviešu valodas aģentūras (LVA) zinātniski
metodisks izdevums
"Tagad". 1. 2018. (Nr. 11)

Atbildīgā redaktore:
Dr. philol. Sanita Lazdiņa

Redkolēģija:
Dr. paed. Zenta Anspoka
Dr. philol. Sanita Lazdiņa
Dr. habil. philol. Jānis Valdmanis
Mg. philol. Dace Dalbiņa

Redaktore: Ligita Bībere

Iespiests:
SIA "Dardedze Hologrāfija"

Dizains:
Komunikāciju aģentūra "E Forma"

Lāčplēša iela 35-5, Rīga, LV-1011, Latvija
Reģ. Nr. 90009113250
Tālrunis (+371) 67350761
Fakss (+371) 67201683
<http://www.valoda.lv>

© LVA, 2018
ISSN 1407-6284

METODISKAIS MATERIĀLS SOCIĀLAJAM DARBAM

kopienā

METODISKAIS MATERIĀLS SOCIĀLAJAM DARBAM

kopienā

2023. gads



Labklājības ministrija



Metodiskā materiāla “Sociālais darbs kopienā” izstrāde īstenota Eiropas Sociālā fonda (ESF) projekta Nr. 9.2.1.1/15/I/001 “Profesionāla sociālā darba attīstība pašvaldībās” ietvaros.

Metodikas izstrādi īstenoja biedrība “Latvijas Lauku forums” sadarbībā ar ekspertu komandu.

Metodikas izstrādes mērķis ir nodrošināt metodisko atbalstu pašvaldību sociālajos dienestos praktizējošiem sociālajiem darbiniekiem, kuri ikdienā jau strādā vai plāno veikt sociālo darbu kopienās.

Metodika ietver metodisko materiālu drukātā formā, elektroniski, kā arī klātienē un tiešsaistes mācību programmas, tai skaitā video sižetus par sociālo darbu kopienās.

Sagatavots iespiešanai un iespiests SIA "Dardedze",
Rencēnu iela 10, Latgales priekšpilsēta, Rīga, LV-1073
dardedze.lv

Šis ir ar autortiesībām aizsargāts darbs un Labklājības ministrijas īpašums, 2023.

ISSN 2661-538X

Par izstrādāto metodisko materiālu un mācību programmām Labklājības ministrija izsaka pateicību biedrībai "Latvijas Lauku forums", ekspertu un mentoru komandai:

Inai Balgalvei – Mg. soc. d., Tukuma novada sociālā dienesta direktorei

Aigai Romānei-Meierei – Mg. soc. d., Latvijas Universitātes sociālā darba bakalaura programmas studiju direktorei

Anitai Seļickai – Mg. geogr., biedrības "Latvijas Lauku forums" izpilddirektorei

Ārim Ādleram – Mg. vadībzinātnēs, biedrības "Jūras Zeme" valdes loceklim, kopienu ekspertam, lektoram semināros un mācībās par kopienu veidošanu un viedajiem ciemiem

Zanei Kaljo – Mg. kvalitātes vadībā, Bc. soc. d., projekta ārvalstu prakšu un sadarbības koordinatorei

Daigai Eidukai – Mg. sabiedrības vadības zinībās, sociālā darba ekspertu grupas dalībniecei

Ingai Kolečai – projekta vadītājai

Jonas Buechel – konsultantam un lektoram sociālā darba, menedžmenta, sociālās plānošanas un kopienas darba jautājumos

Ievai Jātņiecei – biedrības „Ūdenszīmes” valdes priekšsēdētājai, kopienu sadarbības tīkla „Sēlijas salas” dibinātājai un vadības grupas loceklei

Dainai Alužānei – projekta ekspertu grupas dalībniecei

Inesei Šubevicai – konsultantei kopienu attīstības un jaunatnes jomā, jaunatnes līdzdalības ekspertei, NVO, kopienu un uzņēmējdarbības attīstības virzītājai Latvijā un pasaulē

Vitai Brakovskai – projekta ekspertu grupas dalībniecei

Gertrude Mader – DSA Mag. (FH), sociālā darba kopienā un sociālās telpas orientācijas modeļa ekspertei no Grācas, Austrijā

Intai Balodei – Bc. art., projekta ekspertu grupas dalībniecei

Lindai Mednei – Bc. art., biedrības "Latvijas Lauku forums" projektu vadītājai

Prof. Lolitai Vilkai – Dr. phil., RSU Labklājības un sociālā darba katedras vadītājai, studiju programmas direktorei, studiju programmas "Sociālais darbs" docētājai

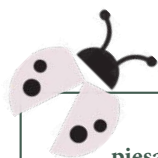
Labklājības ministrija atzinīgi novērtē sadarbības partneru dalību pilotprojektā, tajā skaitā klātienes mācībās, šī metodiskā materiāla aprobēšanai praksē un pateicas **sociālo dienestu sociālajiem darbiniekiem: Santai Rudmiezei un Dacei Silvai** no Cēsu novada, **Maritai Dēricai** no Tukuma novada, **Adrianai Komulei** un **Svetlanai Čistjakovai** no Rīgas valstspilsētas, **Gunitai Dzenei** no Ādažu novada, **Inetai Kairai-Odumiņai** no Bauskas novada, **Kristīnei Paeglei** un **Lilitai Gadzānei** no Daugavpils valstspilsētas, **Inārai Repšai** un **Ievai Elstei** no Rēzeknes novada.

Situācijas, kad pieeja nav piemērota

- Starp kopienas locekļiem nav cilvēku, kuri gribētu un varētu ieņemt izglītotāja vai atbalstītāja lomu.
- Kopienai aktuālas ir tādas problēmas, kur nepieciešamas ekspertu zināšanas, piemēram, ja kopiena veidojas no personām, kuras vieno veselības problēmas, tad “līdzīgs līdzīgam” pieeja būs tikai daļēji izmantojama.

“Līdzīgs līdzīgam” pieeja ir vērsta ne tikai uz to, kā izglītēt, atbalstīt un spēcīnāt kopienas pārstāvjus, bet arī pašus sociālos darbiniekus kā profesionālo kopienu. Sociālajam darbiniekam kopienā jābūt ar dažādām prasmēm, kas jāpielāgo atbilstoši katras kopienas specifikai, un Latvijā šādas profesijas veicēju nav daudz. Tāpēc ir ļoti nozīmīgi veidot un pilnveidot sociālo darbinieku kopienā savstarpējo atbalsta, informācijas un sadarbības tīklu, veidojot un uzturot regulāru sociālo tīklu, telefonisku vai cita veida un formāta saziņu. Vēl nozīmīgāk ir rosināt sociālos darbiniekus apvienojošās organizācijas un valsts pārvaldes iestādes izglītojošos pasākumos, tikšanās reizēs un citās aktivitātēs iekļaut tiklošanās, pieredzes apmaiņas un zināšanu ieguves iespējas tieši sociālajiem darbiniekiem kopienā.

“Līdzīgs līdzīgam” ir pieeja, kas ļauj specifiski nepieciešamās prasmes un/vai zināšanas pārnest no viena eksperta vai komandas uz citu līdzīga profila un funkciju veicēju.



Kopienai ir izdevies piesaistīt finansējumu rīcības plāna izstrādei ar eksperta piesaisti un kopienas mājas iekārtošanai. Pie viņiem dodas kopienas pārstāvji no blakus novada, lai izziņātu praktiskos soļus plāna izstrādē un īstenošanā.

Sociālajiem darbiniekiem kopienā ir būtiski koordinēt kopienas savstarpējās pieredzes gūšanas procesu (vismaz sākumposmā): identificēt kopienu, no kuras varētu pārņemt praksi (no savas darbības teritorijas vai citām pašvaldībām), vajadzības gadījumā sniegt atbalstu praktiskajā sadarbības organizēšanā un finanšu piesaistē, piemēram, transporta izdevumi, sniegt atbalstu darba programmas izveidē, stimulēt sarunu par nepieciešamību un vēlmi turpināt sadarbību, uzturot komunikāciju vai gūstot pieredzi un zināšanas arī citās kopienās.

Praktiskās metodes var ietvert:

- pieredzes vizītes, izziņot kopienas darbību praksē, pārrunājot attīstību un paveikto rīcību soli pa solim, tiekoties ar būtiskākajiem procesu īstenošanai;
- problēmu risināšanas sarunas, kas īpaši piemērotas kopienām ar līdzīgiem izaicinājumiem, kopīgi daloties līdzšinējā pieredzē un strādājot pie citiem iespējamiem risinājumiem;
- metodiskās vai tematiskās grupu diskusijas, treniņa sesijas, kopienas pārstāvjiem daloties ar konkrētām pieredzēm un zināšanām.

“Līdzīgs līdzīgam” metodē ir būtiski jau sākotnēji izvirzīt mērķi, kas ir tās zināšanas, prasmes vai pieredze, ko nepieciešams izziņāt, un pēc procesa izvērtēt iespējas iemācīto izmantot praksē. Vienlaikus šajā metodē ir ļoti nozīmīgi radīt draudzīgu, neformālu, iekļaujošu un motivējošu vidi.

4.3.4.8. Koprādīšana jeb koprade

Koprādīšanas procesā kopienu ir nozīmīgi iesaistīt kā aktīvu līdzradītāju, ne patērētāju, uzmanības centrā fokusējot ieinteresēto pušu aktīvu iesaistīšanu risinājumu pielāgošanā, personalizēšanā un radīšanā. Tādējādi ieinteresētās personas kļūst par partneriem, kuri var sadarboties komandā ar kopīgu mērķi.

Termins “koprādīšana” šobrīd Latvijā nav sociālā darba profesionālās terminoloģijas vārdnīcā, tomēr tas ļoti precīzi atklāj pieejas būtību un akcentē kopienas iesaisti, līdzdalību, kā arī sadarbošanos gan kopienā iekšēji, gan ar ārējiem ekspertiem. Tas nozīmē procesu, kurā, integrējot kopienas resursus, tiek kopīgi risinātas aktuālas problēmas. Sociālie darbinieki kopienā vai piesaistītie eksperti lieto savas zināšanas, prasmes, metodes un spriedumus, savukārt kopiena iegulda savas zināšanas par vajadzībām

un iespējām konkrētajā sociālajā vidē, kā arī nodrošina platformu eksperimentāliem izmēģinājumiem. Kopradišanas piemēri var būt sociālās inovācijas, sociālā uzņēmējdarbība, radošie projekti.

Kopradišanas pieeja daļēji pārklājas ar kopienas attīstīšanu, tomēr šajā pieejā tiek akcentēta kopā radišana un kopā darišana. Tas nozīmē, ka šajā pieejā kopienā, atšķirībā no kopienas attīstīšanas, ir jābūt pietiekami augstai gatavībai kopīgi darboties. Šīs nianse dēļ Metodikā kopradišanas pieeju esam izdalījuši kā atsevišķu papildu pieeju. Vēl viena kopradišanai ļoti tuva pieeja ir projektos balstīta SDK pieeja.

Būtiski atcerēties, ka jaunu risinājumu radišana ir sarežģīta, ja visi procesā iesaistītie dalībnieki nav vienādi domājoši. **Koprades spēks slēpjas dažādībā!**

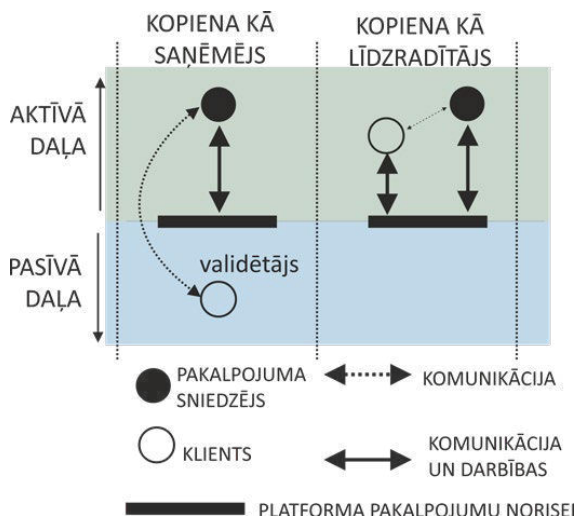
Izdalāmi divi savstarpēji papildinoši koprades veidi.

1. **Savienojošā koprade** (angļu val. – *bridging co-creation*). Mērķis – izveidot sadarbības saites starp kopienu un citiem sadarbības partneriem (tīklošanās). Savienojošajā koprādē rada risinājumu priekšlikumus sadarbībā definētām problēmām.
2. **Eksperimentālā koprade** (angļu val. – *experimental co-creation*). Mērķis – rast risinājumus kopienas problēmām, īstenojot sadarbībā radītus praktiskus eksperimentus un pārbaudot pieņēmumus.

Sociālais darbinieks kopienā uz kopienu skatās nevis tikai kā uz pakalpojuma saņēmēju, bet uz līdzvērtīgu sadarbības partneri – procesu līdzradītāju (skatīt 25. attēlu). Gadījumā, kur kopiena ir tikai kā saņēmējs, aktīvo procesu un pakalpojuma veidošanu veic pašvaldība, kamēr klients (kopiena) tikai pasīvi validē jeb pārbauda radīto rezultātu mijiedarbībā ar pakalpojuma sniedzēju, bet tiešā veidā neietekmē pakalpojuma norisi. Savukārt gadījumā, ja kopiena ir kā sadarbības partneris, tad klienti ir iesaistīti pakalpojuma veidošanas aktīvajā daļā – līdzdarbojoties, kopradot un sniedzot savu redzējumu, pieredzi, prasmes un iesaistoties visos pakalpojuma izveides posmos, tai skaitā plānošanas un izstrādes procesos.


25. attēls

Atšķirības kopienas iesaistē: kopiena kā saņēmējs vai kā līdzradītājs (Korošak et. al., 2018)



Koprade paredz dalībnieku zināšanu bāzes un domāšanas robežu paplašināšanu, kā arī sadarbības prasmju attīstību, tāpēc koprades procesā izmanto dažādas aktīvā līdzdalībā balstītas metodes.

Sociālajā darbā kopienā labi izmantojama ir dialoga metode, kas attīsta produktīvāku kopienas iekšējo un ārējo komunikāciju, bez kuras kopradišanas process ir grūti iedomājams.

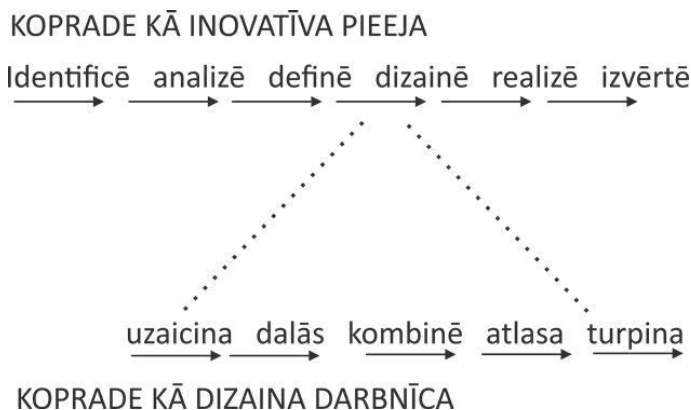
MĒRĶIS	Veicināt lielāku savstarpējo izpratni, uzticēšanos, citu cilvēku viedokļa saprašanu, problēmu izgaismošanu, rēķinoties ar katra cilvēka unikalitāti. Dialoga mērķis nav pierādīt sava viedokļa pareizību vai panākt vienbalsību, taču labs dialogs ir veids, kā cilvēki var kopīgi nonākt pie jauniem risinājumiem un atziņām un saglabāt cilvēcisko saikni savā starpā.
<p>METODES NORISE</p> 	<p>Kvalitatīva dialoga norisei vēlams vienlaikus iesaistīt ne vairāk kā septiņus cilvēkus, lai katram ir iespēja izteikt viedokli un veidojas personīga, ne vispārīga saruna. Uzaicinot dalībniekus, pastāstiet, par ko būs saruna un kas tiks darīts ar dialoga rezultātiem. Vēlams izvirzīt dialoga galveno tēmu, bet, iespējams, ka dalībnieki sarunvedī "aizvedīs" uz nedaudz citu tēmu vai aktualizēs jautājumu, kas viņiem šķitīs svarīgāks.</p> <p>Gatavojoties sarunai, būtiski pievērst uzmanību ne vien atbilstošai telpai un izvēlētajam tematam, bet – jo īpaši – uzticēšanās pilnas atmosfēras izveidei, kurā dalībnieki ir gatavi dalīties pieredzē ar citiem.</p> <p>Iesākot dialogu, iepazīstiniet ar mērķi, ar sevi un padomājiet, kā cilvēki iepazīstinās ar sevi. Pastāstiet par dialoga nosacījumiem – nav pareizu vai nepareizu jautājumu, bet nozīmīgi ir klausīties un dalīties savā pieredzē. Sākumā ielānojiot noskaņošanas tematam un formulējiet ievada jautājumu dalībniekiem. Gatavojoties sarunai, iepazīstieties ar tematu un izveidojiet ar sarunas saturu saistītu jautājumu sarakstu. Izplānojiet, kā padziļināsiet dialogu un kā to noslēgsiet. Padomājiet, vai ir nepieciešams sarunu dokumentēt un kā to darīt, vai nepieciešams kāds, kas pierakstītu piezīmes.</p> <p>Pievērsiet uzmanību veiksmīgai visu dalībnieku iesaistei:</p> <ul style="list-style-type: none"> • stimulējiet izteikties arī klusējošos dalībniekus, piemēram, aicinot izteikties tos, kas vēl nav runājuši, vai aicinot īsi kādu aspektu pastāstīt blakussēdētājam; • maziniet situācijas, ka ir viens vai daži dominējošie runātāji, piemēram, pasakot paldies par izteikto un norādot, ka tagad būtiski uzzināt, ko domā pārējie, aicinot pagaidīt ar tālāku viedokli, līdz visi citi izteikušies par šo tēmu; • situācijā, kad sarunas nonāk strupceļā, piemēram, rosiniet paņemt pauzi un tad turpināt citu aspektu, pajautājiet dalībniekiem, kā viņi vēlas turpināt sarunu vai rosiniet izteikt viedokli, kāpēc viņuprāt saruna ir nonākusi strupceļā; • gadījumā, ja sarunas rezultātā starp dalībniekiem rodas konflikts, neignorējiet to, bet mēģiniet mazināt, piemēram, rosiniet visiem uzklaut abas puses, ieklausīties viedokļos un tos izprast nepārtraucot, rosinot atklāti kopā diskutēt par konfliktu, ja tas dalībniekiem ir pieņemami. <p>Dialoga likumi sarunu vadītājam:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nesarunājies pats ar sevi – dialogs ir saruna, nevis monologs; • nepieņem, ka tavš viedoklis ir vienīgais svarīgais un tāds, kuru vērts izteikt; • pastāsti, kādas domas un emocijas tev izraisa citu teiktās; • nevilcinies izteikt savu viedokli un nebaidies no konfrontācijas; • jautā, ja kaut ko nesaproti, neizdari pieņēmumus; • runā savā, nevis kolektīva vārdā (izvairies no "mēs zinām", "ir zināms"); • ļauj katram mierīgi izteikties, nepārtrauc un nerunā ārpus kārtas; • ieklausies, ko citi saka un vēlas pateikt; • iedrošini, lai izsakās visi; • attīsti tālāk citu izteiktās idejas, nenocērt tās saknē; • izsakot kritiku, esi konstruktīvs; • izvairies no profesionālā žargona un lieto valodu, ko saprot visi dalībnieki.

KAS JĀSASNIEDZ?	Dialoga laikā iesaistītie var labāk izprast aplūkojamo jautājumu, citu cilvēku domas un savu nostāju. Dialogā dalībniekiem tiek stiprināta spēja klausīties un sadzirdēt, tā ir iespēja apskatīt jautājumus no dažādiem skatu punktiem. Tas sniedz daudzveidīgus viedokļus un priekšlikumus tālākai rīcībai.
-----------------	--

Līdztekus koprades procesā izmantojama kopienas kolektīvā inteliģence un inovatīva pieeja visa procesa garumā (skatīt 26. attēlu). Jēdziens “inovāciju koprade” ir sastopams dažādu līmeņu dokumentos – politikas plānošanas dokumentos, projektu uzsaukumos, starptautisku projektu izstrādātos rīcību plānos. Latvijā inovāciju koprade ienāk pakāpeniski, un nav vienota redzējuma par to, vai un kā inovāciju koprade izmantojama sociālajā darbā kopienā.

26. attēls

Koprades soļi (De Koning, Marcel, Weve, 2012)



Viens no radošo projektu pieejas piemēriem ir sociālā dejas un izrāde «Un pēkšņi gulbji!», kurā māksla izmantota kā telpa, lai satiktos un radītu.

Biedrība "LAUKKU" un Burtnieku novada iedzīvotāju kopa, kas ir daudzveidīga tajā pārstāvēto sociālo grupu, tautību, vecuma un nodarbošanās ziņā, un vietējie sociālie darbinieki strādāja vienotā radošajā komandā ar profesionāliem laikmetīgās dejas horeogrāfiem, dramaturgiem, mūziķiem un vizuālajiem māksliniekiem. “Izrāde ir gan demonstrācija, gan koncerts, gan šķietami nebeidzama saruna, kurā Burtnieku novada iedzīvotāji un viņu draugi mākslas valodā pārvērtuši savas atklāsmes par brīvības un piederības nozīmi – individuālā, kolektīvā, vēsturiskā un sociālpolitiskā izpratnē.” (*Māksla kā satikšanās telpa – sociālā dejas un izrāde “Un pēkšņi gulbji!”*, Latvijas Sabiedriskie mediji, lsm.lv)

Lai kopradīšana nepiedzīvotu neveiksmi, sociālajam darbiniekam kopienā bez kopienas grūtībām un ierobežojumiem ir labi jāpārzina arī kopienas potenciāls, intereses un aizraušanās. Ir nepieciešams uz resursiem koncentrēts skatījums. Kopīga ideja, kuras īstenošana piedzīvo neveiksmi, rada papildu apgrūtinājumu turpmākajam darbam. Līdz ar to koprades iecere nedrīkst būt pārspīlēti ambicioza vai, tieši pretēji, – pārlietu pieticīga, kas dalībniekos nerada attīstības izaicinājumu.

Climate Conscious Communities: Navigating Transformation through Simulation Games and Creative Engagement

Vita BRAKOVSKA¹, Ruta VANAGA, Ģirts BOHVALOVS, Andra BLUMBERGA, Dagnija BLUMBERGA

¹ *Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University,
Kļipšalas iela 6A, Rīga, LV-1048, Latvia*

In the context of the European Green Deal and rapid climate change, significant changes in people's habits are necessary, transforming their behavior from resource consumers to climate-responsible individuals. Addressing challenges such as biodiversity loss, engagement in the development of a circular economy, responsible energy consumption, and resource sharing requires changes in individuals' attitudes and behaviors. However, individuals often lack understanding of the climate system, its link to quality of life, and the impact of actions based on individual interests on societal transformation processes as a whole. Governments and international organizations implement various complex measures, but the dynamics of climate change far exceed society's ability to adapt.

To address these challenges, the authors of this paper propose using simulation games as an effective learning method. These games provide individuals with an opportunity to gain a new, community-oriented decision-making experience without creating negative effects on real systems due to inappropriate decisions. Simulation games help to better understand cause-and-effect relationships, factors influencing individual attitudes and behaviors, evaluate the consequences of decisions made, and motivate practical involvement in mitigating climate change. In order to improve the attractiveness of using the simulation game, cultural and creative industry competences are integrated, which contribute to the improvement of content, visualization and interaction.

The paper examines an organizational model for simulation games that assists municipalities and other stakeholders in developing customized simulation games to promote the development of climate-responsible communities. Considering the necessity to engage diverse social groups with varying levels of digital skills, an analog format has been chosen for the simulation game, without excluding the possibility of transforming it into a digital one.

The proposed model includes setting objectives, integrating elements into a holistic simulation game, and piloting the framework using examples from municipal practice. To optimize the applicability of simulation games, they need to be adapted to the geographic area and community due to individual processes and structures.

Keywords: simulation games, climate-responsible individuals, attitudes, behavior transformation, learning method, culture and creative industries

1. INTRODUCTION

State and local governments are making efforts to create support measures in the field of energy efficiency and promote the formation of carbon-neutral communities. These measures offer citizens various options, but do not provide a full understanding of the importance of each individual's decision as a contribution to mitigating climate change [1].

In the last 100 years, developed countries have developed a society that is accustomed to consumption and waste of resources. A greater awareness of the impact of consumption on the environment and the need to rethink consumption habits is essential for the climate-responsible development of individuals. This requires both individual and collective action to reduce waste, promote sustainable food production and consumption, and build sustainable transport systems.

Society lacks knowledge about the interaction of system elements, which can lead to a low level of acceptance of climate change and, ultimately, unsuccessful use of support tools for improving energy efficiency [2]. Insufficient education and awareness of climate change and its effects can be an obstacle to the development of a climate-responsible society. A higher level of education and awareness about climate issues is important to strengthen individual awareness and motivation for action [3].

¹ Corresponding author.
E-mail address: vita.brakovska@zinis.lv

Another obstacle is the investments required for the transition to a climate-responsible society - this can be financially and economically difficult. Sustainable technologies and infrastructure can be expensive and different countries and regions may have limited financial and resource capacity to make these investments. If systematic action is not followed, it sends a signal to the public about other, more important priorities of policy makers [4].

To prevent this, citizens must be informed in the best possible way. Traditional approaches to organizing environmental education events, trainings, conferences are less suitable where public involvement is low.

In contrast, game-based learning uses games as a means of imparting knowledge [5] [6]. In particular, simulation games are a promising approach [7], as the acquired knowledge can be directly applied and applied in the specific context [8]. If these games are adapted to the needs of the individual, the learning result is even higher [9]. This paper describes the development of an individualized simulation game about building a climate-responsible community at the local level in a rural area. The simulation game was tested in a rural area.

The structure of the paper is as follows: Section 2 describes the methodology for developing an individualized simulation game concept at the municipal level as the main contribution of this paper. Section 3 describes the results of current approach to persuading individuals to engage in energy efficiency measures. Section 4 describes the conclusions.

Simulation games offer great potential for local authorities focusing on local community development and the ability to adapt to change[10]. However, climate-related change is not limited to financial calculations, cost-benefit analysis. Instead, habits, patterns of behavior and organizational structures, as well as community interactions such as sharing resources, also change[11]. The need to consider technology, work organization and people equally is a distinct socio-technical systemic approach [12].

Risks in taking measures for the development of a climate-responsible society can occur in all three dimensions, and therefore they must be identified at an early stage and prevented with appropriate measures[13][14]. This article focuses on changing the perception of citizens and raising awareness in preparation for the introduction of new habits that are then applied to climate-neutral action. Individual skills that are likely to be important in shaping climate change are, for example, critical thinking, the ability to interact with the community, participation in the development of new initiatives or coordination of different project activities [15]. In addition to skills, the challenge for municipalities is to stimulate interest in visiting by organizing various public events. Opportunities to participate in the change process encourage its acceptance. In the ideal version, it is achieved that the citizens independently look for opportunities to strengthen their contribution, which is also called environmental activism [16] [17]. The use of new simulation techniques is already being tested in the education sector in many ways[18]. However, there is still a need for research on suitable approaches to build the necessary competences to use the new methods and to illustrate the consequences of their use in the community [19]. In many skill development formats, the teacher is in an active role, while the student is more receptive. This format is particularly promising for the transfer of theoretical knowledge and facts. However, the disadvantages are that there is often little reference to practical application and learner motivation. Here, the importance of simulation games increases, as learning is viewed as an active, constructive, self-directed, emotional, social and situational process. Therefore, simulation games offer a good opportunity to strengthen the capacity of individuals as representatives of a climate-responsible society, to make their attitudes more open and to reduce distancing from issues of collective interest [20]. The advantages of simulation games are, for example, that theory and practice can be combined, participation in a simulation game facilitates the adoption of new innovative ideas and can form a holistic understanding of new concepts [8].

A simulation game provides a sense of real conditions without affecting reality itself. Unlike the consequences of wrong decisions, there are no real consequences in the game environment and thus a great deal of creative freedom is ensured [21].

The main success factor of the methodology is the transfer of the content of the game to the individual's own interests. This is especially true when the topic is closely related to the development of an inclusive environment for individuals. Detailed reproduction of real interaction processes is also used, for example, in the creation of Energy communities to ensure the promotion of community interests.

Therefore, the appropriate design of the content and structure of the simulation game and, in particular, the observance of the priorities of the municipality are important. This article presents the characteristics of the simulation game creation for the development of the current energy community simulation game for the municipality.

2. METHODOLOGY

The following presents an **organizational model** for creating a climate-responsible community simulation game on local municipal level. In Table 1, a summary of the model development process is provided. Individual steps are initially described in general terms and then supplemented with an application description.

TABLE 1: ORGANISATIONAL MODEL FOR THE DESIGN OF A CONCEPT FOR AN INDIVIDUAL SIMULATION GAME FOR DEVELOPMENT OF CLIMATE-RESPONSIBLE COMMUNITY ON MUNICIPALITY LEVEL

Activity	Elements	Results
Profiles of segments	Definition of segments in collaboration with culture and creative industries Analysis of individual priorities Analysis of qualification Identification of knowledge gaps Identification of learning objectives	Identified segments and learning objectives
Rules of the playground	Setting the rules of interaction in the community Identification of potential barriers Defining the local policy priorities Integration of creative challenges provided by culture and creative industries	Description of community dossier and local policy priorities
Sequence of rounds	Clustering the learning modules Sequencing of rounds in the simulation game structure	Completed Simulation Game structure
Technologies and behavioural models	Identification of technologies and behavioural models relevant to the context of the local territory Evaluation and selection of the most appropriate elements Integration of creative challenges provided by culture and creative industries	Selected technologies and behavioural models for integration
Management model	Creation of 2D layout of the simulation game Detailed planning of the resources needed	Simulation game supervision model and resource management
Mockup creation	Consolidation of technical and content requirements Creation of 2D mockup of the simulation game Involvement of culture and creative industries in creating the visualisation elements	2D mockup including documentation

The developed organizational model is designed for creating an individual simulation game within municipalities, with the aim of engaging the local community in the implementation of energy efficiency measures.

To bring the concept and dynamics of the simulation game closer to real circumstances, representatives from the cultural and creative industries are involved in various stages related to individual profiles, behavior models, and the visualization of simulation game elements [22]. Their professional role involves daily communication with diverse members of society, thereby accumulating a substantial amount of information about the diversity of behavior models and individual motivations, including typical patterns of irrational behavior that often hinder the formation of positive examples in society[23].

In the development of the simulation game, four integrated aspects are considered, directly influencing individual behavior:

- 1) **knowledge of climate change and environmental technologies** - to ensure that each participant is informed and can make informed decisions,
- 2) **a set of scenarios** that includes the behavior of community members and characterization of individual goals - to immerse each participant in real community conditions, where their choices can influence the arguments and behavior of other participants,
- 3) **supportive environment** - defined municipal priorities and implemented policies for climate change mitigation, as well as available infrastructure, technologies, and material resources that facilitate participation in energy efficiency measures,
- 4) **game mechanics**, including elements such as obstacles, conflict, cooperation, trade, combination, points, time tracking, priority, competition, status, and elimination of inappropriate players. The chosen research methodology offers a promising approach to systematically link environmental requirements (energy efficiency measures) with the need for interaction (community collaboration) to develop a new model for the simulation game (game design).

The first step in the organization of the model is the identification of the segments of the players in the game and the analysis of their profiles. The goal is to simulate a comprehensive representation and diversity of profiles of community members to achieve the stated goal of the game. This is followed by individual prioritization of each segment involved in the game. The evaluation of priorities is obtained by taking into account the segment's existing and expected future benefits at the level of individual interests [24]. The top priority of each segment is defined and as a result of this classification the segments are divided into one of five categories [25] (see in Figure 1).

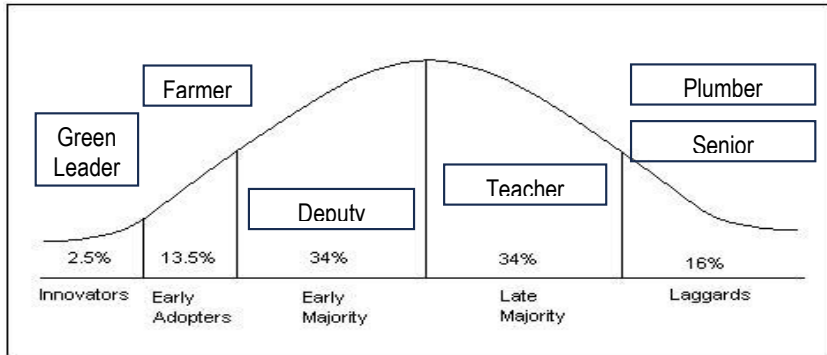
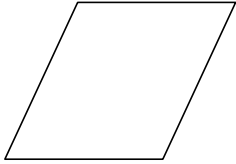


Fig. 1: Diffusion of innovations

In order to bring the simulation game closer to real conditions, each representative of the segment is given its own name and social characteristics (see Figure 2) - this gives the game participant the image of a real individual and creates the necessary environment for an interactive and emotional game in the subsequent game. In addition, specific characteristics of the individual are indicated, which allow each segment representative to be perceived as a real human being.



The single senior Emilija Lapiņa ("land resource holder") - lives in a private house made of silicate bricks, takes care of 5 cats and has not tended her 2.5ha backyard garden, which she left to her granddaughters, for quite some time due to health reasons. She is not interested in climate change, says that it will not affect her remaining quality of life. It is believed that the primary thing is to take care of one's own. All misfortunes are blamed on the government, but not a single news program is missed in the evenings.

Fig. 2: An example of a simulation game participant's social profile

After the main segments of the simulation game have been selected and their profiles defined, the required competencies in the context of climate change are identified. They include understanding and user experience of natural processes and their regularities, as well as factors influencing climate change and the human role in it. By comparing the competences of the segments, their shortcomings can be determined (see Table 2). The result is a list of competencies, the acquisition of which should be set as one of the achievable goals in the simulation game.

TABLE 2: EXAMPLE OF EXISTING COMPETENCES OF SIMULATION GAME PARTICIPANTS

	Single Senior	Green leader	Farmer	Teacher	Plumber	Deputy
Energy saving	x	x		x		x
Energy production		x	x	x	x	x
Resource sharing	x			x		
CO ₂ emissions		x				
Systemic thinking		x		x		x
Multicriteria analysis			x	x	x	
Circular Economy		x				
Waste management		x	x		x	x
Civic participation	x			x		x
Empathy				x		x

After the classification, the role of each segment is visible and appropriately defined - who and what needs general knowledge and who needs in-depth knowledge of climate change issues to change their attitude.

The second step is the creation of the framework of action in the simulation game - community profile or dossier. This is necessary because the game must be based on the real environment in which the segments are expected to behave further. At the beginning, the factors that determine the mutual interaction of segments in the community are listed. Municipal policy is then defined, which will have a direct impact on the future interaction of the community. The framework reflected in the simulation game involves presenting each game participant with guidelines for simulated behavior in order to express their attitude in the context of specific issues or building relationships with other segments. The guidelines are displayed in a 2D view (see Figure 3), where the intensity of cooperation between the different segments is indicated.

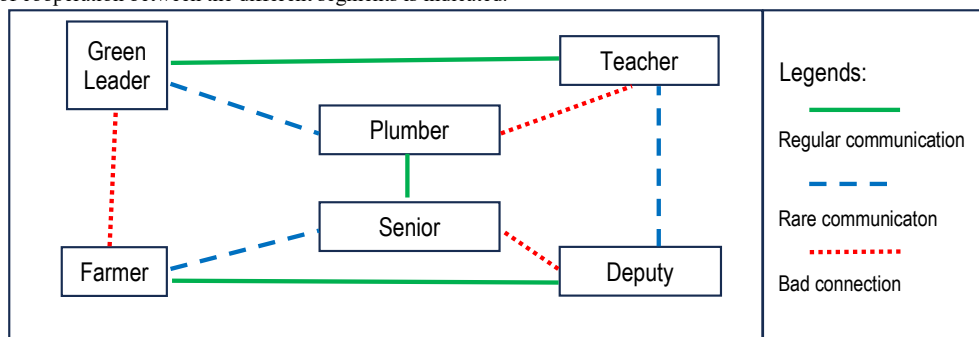


Fig. 3: The intensity of cooperation between the different segments

In the third step, the sequence of the simulation game is defined, and the learning objectives are grouped into modules that can be taught in a single playthrough of the simulation game. The aim is to test whether all learning objectives can be achieved through one playthrough of the simulation game. These modules are then organized in the simulation game canvas (see Table 3). It includes the general settings of the simulation game (0), as well as the preparation (1), execution (2), and post-assessment (3) phases of the simulation game. Furthermore, the execution phase (2) is divided into planned simulation rounds (rounds 1-3), which are themselves divided into separate phases. Simulation rounds start with an introductory phase, explaining the current setup. This is followed by the game phase, where the simulation is played over a specific period, and reflection is provided at the end. The evaluation phase examines the previous game phase. In the theory phase, a new introduction is provided, which participants must apply to the simulation game in the next optimization phase. As simulation games typically operate in "ideal conditions," disturbances (such as sudden attitude changes, setting of irrational individual goals, conflicts at a personal level) need to be created to bring the simulation closer to reality.

Knowledge and experience gained are used to help individuals find alternative actions to cope with these disturbances [26]. The content of this section is provided by representatives from the cultural and creative industries. These modules are repeated multiple times to achieve optimal content. Various versions of the simulation game canvas were created and iteratively optimized until a logical and optimal flow structure was found.

TABLE 3: STRUCTURE OF THE SIMULATION GAME

0. General setting		Max 2 hours	6 participants	1 facilitator
		1.Preparation		3.Follow-up
Input for the simulation game		Learning objective 1: knowledge about climate neutrality	Q&A session	Feedback on the simulation game process
2. Execution		Simulation Game round 1	Simulation Game round 2	Simulation Game round 3
Introduction		Learning objective 2: knowledge about systemic thinking	Learning objective 5: knowledge about multicriteria analysis	Learning objective 8: knowledge about creative solutions
Game session		Learning objective 3: knowledge about energy efficiency measures	Learning objective 6: knowledge about mastering the argumentation	Learning objective 9: knowledge about transformation theory
Reflection phase	Evaluation	Feedback on round 1	Feedback on round 2	Feedback on round 3
	Theory input	Learning objective 4: Data analysis	Learning objective 7: Culture & behaviour	Learning objective 9: knowledge about dashboards
	Optimization	Alternative scenario	Alternative scenario	Alternative scenario

The fourth step is to identify climate change mitigation technologies that need to be integrated into the simulation game. The goal is to select the most appropriate technologies that will be used to deliver the learning

objectives. They can be supplemented with various desired behavior patterns expected from the participating segments (see Table 4). These models result, for example, from challenges in the local cultural environment, such as the need for more active community involvement in public processes or the application of the influence of community leaders.

TABLE 4: DESIRABLE BEHAVIOUR OF SIMULATION GAME PARTICIPANTS

Role	Desirable behaviour
Single Senior	Consent to the installation of solar panels on their property in the interest of the community
Green leader	Is softening its public stance against the battery manufacturing business for electric cars
Farmer	Become an opinion leader in the context of the impact of conventional agriculture on climate change processes
Teacher	Actively encourages school youth to get involved in convincing the community about the need to change attitudes
Plumber	Become an active promoter of his dwelling house insulation project
Deputy	Improves the relationship with the farmer and contributes to the development of ethical agriculture

This set of selected solutions is then evaluated by experts according to the added value for teaching and implementing the learning objectives in the simulation game. The technologies and behavioral models to be evaluated are selected through an iterative process. Low-priority solutions are removed until the numerically smallest set of solutions that can still meet the learning objectives is reached. Technologies and behavior models for which support is not yet available can also be defined here, but their application should be integrated into the simulation game to predict the possible choices of individuals. Existing experience with relevant technologies is also taken into account, which reduces implementation effort.

The fifth step creates a 2D layout of the simulation game and calculates the effort required to set up and run the simulation game. The goal is to finally test the feasibility of the simulation rounds based on the layout plan and then estimate the investment required for implementation and operation. For this purpose, a 2D layout of the simulation game is created with a visual representation of individuals and their profiles. Then estimate the actual investment required to create and implement a physical simulation game in person. Accordingly, the costs of organizational work for the implementation of the simulation game are calculated.

In the sixth step, all requirements of the simulation game concept are gathered and documented. The goal is to create a concept document that will be used to adapt, prepare and implement the content of the simulation game, as well as inform stakeholders. This first basic version without the implemented technologies serves as a starting point where all the technologies and necessary information are integrated. The result is a complete concept documentation that is highly accessible and vivid, based on creative profile characterization and visualization.

3. RESULTS

As part of this study, a pilot simulation game event was held, organised by the regional authority. The main actors were in person – variety of social group representatives – teachers, seniors, environmental activists, municipal officers, entrepreneurs as well as professionals.

The purpose of the simulation game was to evaluate the concept of the simulation game held in analog format and find the main driving forces to promote the idea of climate-responsible approach in the local community as well as to practice in providing the argumentation for those who are laggards or deniers.

During the simulation game, one criterion was established: to find out whether there is a positive outcome can be delivered according to the architecture of the game and whether the knowledge gained helped to reach the goal of the game.

The task of the represented segments was to practice a behavioural and communication strategy that convinces the other segments to act according to the common interests by using any non-standart approach and of an art of argumentation.

As part of the simulation game, all participants appreciated the knowledge they received before and after the session, which increased their understanding of both the impact of building a climate-responsible society on the quality of community life in the future, and how each individual can get involved in climate change mitigation measures. Also, the participants appreciated the scoring system and especially noted the importance of the defined obstacles and systemic thinking, which significantly improved the attractiveness of the simulation game as a process. The participants also positively evaluated the fact that each round had different tasks that did not add to the routine and kept the interest during the play of all sessions.

The diversity of social portraits of the participants made it possible to simulate situations from real life, when people with different life experiences and opinions have to find the optimal solution to a problem. According to the feedback of the participants, the need to cooperate in conditions where very different interests prevail allowed them to reevaluate their selfish interests and sacrifice them in the name of collective interests, feeling responsible for the quality of life of themselves and fellow human beings in the future.

The study identified the following factors that influenced the behavior pattern of the players and the decisions made:

(a) **awareness of the progress of climate change and available technologies** - the participants were able to assess the seriousness of the situation and be aware of the variety of tools to be used,

(b) **the rapid development of technology makes the sharing of resources much more realistic** - breaking down physical boundaries and uniting in common values,

(c) **application of multi-criteria analysis in the decision-making process** - for analog simulation games, where complex calculations are not available in real time, the application of this analysis is useful for operational decisions and provides justification for one or the other choice,

(d) **providing systems thinking as input information at the beginning of the simulation game** enables participants to grasp the importance of their attitudes, decisions and behaviors in the overall process of community transformation.

Participants also appreciated the accessibility of simulation games as a tool for people with insufficient digital skills, thus not excluding certain groups of society from getting involved and gaining new experiences.

Conducting this research using a simulation game has promoted awareness among different groups of society and has significantly contributed to the creation of tools that are practical, easily adaptable and accessible to different levels of local authorities. Strengthening knowledge and understanding about climate change and the necessary action strengthens confidence and motivation in different segments to pass on their newly acquired experience. Therefore, it can be recommended to use simulation games more often in public events related to the achievement of climate neutrality goals.

The popularization of simulation games in the public sector promotes the introduction of new norms containing cooperation as a goal, and it is an opportunity to bring previously incompatible points of view closer together. The results of future research and their practical applications can increase the variety of methods, create interest in the applied method from other disciplines, strengthening the role of culture and creative industries in solving complex issues that require a change in the attitude and behavior of individuals.

4. CONCLUSION

In this paper, we described the procedure for developing a customized simulation game for game-based training in municipalities and tested it for promoting the development of a climate-responsible society. In simulation games, participants are educated about the occurrence of climate change and their role in mitigating it. Although there are different ways to transfer knowledge to individuals, simulation games are particularly suitable because of their playfulness combined with direct application, especially when they are individualized to communities and their territories.

The first two steps define the target audience for the simulation game, the learning objectives and the community dossier. The third and fourth stages are flow design and selection of climate change mitigation technologies and behaviors. In the last two stages, the information is collected and transformed into a 2D model, including documentation for further activities. This procedure has been tested in an event organized by the municipality to develop a simulation game concept. The structured approach (for example, providing concise information) and visualization (for example, presenting individual technologies and the plot of the simulation game) were positively evaluated by the participants. Based on this concept, the next step is to implement the simulation game repeatedly as well as continuously improve it. Since the simulation game is designed to simulate the real community environment, it can be used as a platform for new initiatives before they are implemented in the real environment.

Analyzing the feedback of the participants of the simulation game, the authors of the study can conclude that the participants use part of the benefits of the game process in a later period of time. Regular contact with participants would allow better tracking of the real impact of the simulation game.

The authors of the study conclude that the further use of the simulation game method in the process of changing public behavior requires additional research. Further consideration should be given to building strategic partnerships, more accurate documentation of results and updating operational information on various climate change instruments. All this means the following:

1. Expanding the range of stakeholders for the diversity of simulation game content and rounds.
2. Strengthening cooperation with cultural and creative industries for the diversity of scenarios.
3. Expanding the opportunities of the game participants in expressing their attitude and making decisions, as well as in providing a creative performance within the game, for example by demonstrating their special skills or competences.
4. Improving the level of digitization of process results for more efficient data acquisition and processing.

Despite the challenges of absorbing a lot of intense information in a short time, the participants of the game demonstrated the ability to perceive, process and apply the information to make decisions, thus indicating that the upper limit of capacity has not been reached.

There is a need for further research on the usability of the simulation game in other disciplines or in wider areas, for example at the level of planning regions. Another approach to concept evaluation is to have participants assess the impact of various aspects of the simulation game on their attitudes and future decisions at some point after

implementation (surveys may be used). As the procedure has currently only been piloted in one municipality, it needs to be tested in other municipalities and sectors to establish its excellence.

ACKNOWLEDGEMENT

This study has been funded by the Latvian Council of Science within the research project 'Bridging the carbon neutrality gap in energy communities: social sciences and humanities meet energy studies (BRIDGE)' No. lzp-2020/1-0256.

REFERENCES

- [1] L. Chen *et al.*, "Strategies to achieve a carbon neutral society: a review," *Environ Chem Lett*, vol. 20, no. 4, pp. 2277–2310, 2022, doi: 10.1007/s10311-022-01435-8.
- [2] H. of Lords Environment and C. Change Committee, "In our hands: behaviour change for climate and environmental goals." [Online]. Available: <http://www.parliament.uk/mps-lords-and-offices/standards-and-interests/register-of-lords>
- [3] G. Bohvalovs, R. Vanaga, V. Brakovska, R. Freimanis, and A. Blumberga, "Energy Community Measures Evaluation via Differential Evolution Optimization," *Environmental and Climate Technologies*, vol. 26, no. 1, pp. 606–615, Jan. 2022, doi: <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0046>.
- [4] J. M. Vervoort *et al.*, "Not just playing: The politics of designing games for impact on anticipatory climate governance," *Geoforum*, vol. 137, pp. 213–221, Dec. 2022, doi: 10.1016/J.GEOFORUM.2022.03.009.
- [5] A. M. Rossa, M. E. Fitzgerald, and D. H. Rhodes, "Game-based learning for systems engineering concepts," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2014, pp. 430–440. doi: 10.1016/j.procs.2014.03.053.
- [6] S. Adipat, K. Laksana, K. Busayanon, A. Ausawasowan, and B. Adipat, "Engaging Students in the Learning Process with Game-Based Learning: The Fundamental Concepts," *International Journal of Technology in Education*, vol. 4, no. 3, pp. 542–552, Jul. 2021, doi: 10.46328/ijte.169.
- [7] Lateef F., "Simulation-based learning: Just like the real thing.," *Emerg Trauma Shock*, vol. 3(4), 2010, doi: 10.4103/0974-2700.70743.
- [8] A. Deshpande and S. Huang, "Simulation Games in Engineering Education: A State-of-the-Art Review," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 19, pp. 399–410, Sep. 2011, doi: 10.1002/cae.20323.
- [9] M. Görke, V. Bellmann, J. Busch, and P. Nyhuis, "Employee Qualification by Digital Learning Games," *Procedia Manuf*, vol. 9, pp. 229–237, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.04.040.
- [10] J. Vervoort *et al.*, "Unlocking the potential of gaming for anticipatory governance," *Earth System Governance*, vol. 11, p. 100130, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.ESG.2021.100130.
- [11] E. Tvinnereim, K. Flottum, Ø. Gjerstad, M. P. Johannesson, and Å. D. Nordø, "Citizens' preferences for tackling climate change. Quantitative and qualitative analyses of their freely formulated solutions," *Global Environmental Change*, vol. 46, pp. 34–41, Sep. 2017, doi: 10.1016/J.GLOENVCHA.2017.06.005.
- [12] Ulich E., "Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme-eine Erinnerung 5." Accessed: Jan. 14, 2024. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11612-020-00507-z>
- [13] S. Gabriel, T. Grauthoff, R. Joppen, A. Kühn, and R. Dumitrescu, "Analyzing socio-technical risks in implementation of Industry 4.0-use cases," in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2021, pp. 241–246. doi: 10.1016/j.procir.2021.05.062.
- [14] J. S. Menzefricke, I. Wiederkehr, C. Koldewey, and R. Dumitrescu, "Maturity-based Development of Strategic Thrusts for Socio-technical Risks," *Procedia CIRP*, vol. 104, pp. 241–246, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.PROCIR.2021.11.041.
- [15] Y. K. Dwivedi *et al.*, "Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action," *Int J Inf Manage*, vol. 63, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2021.102456.
- [16] C. M. L. Mackay, F. Cristoffanini, J. D. Wright, S. D. Neufeld, H. F. Ogawa, and M. T. Schmitt, "Connection to nature and environmental activism: Politicized environmental identity mediates a relationship between identification with nature and observed environmental activist behaviour," *Current Research in Ecological and Social Psychology*, vol. 2, p. 100009, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.CRESP.2021.100009.
- [17] OECD Report, "PREPARING OUR YOUTH FOR AN INCLUSIVE AND SUSTAINABLE WORLD," 2018. Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/education/Global-competency-for-an-inclusive-world.pdf>
- [18] A. Kalnbalkite, V. Brakovska, V. Terjanika, J. Pubule, and D. Blumberga, "The tango between the academic and business sectors: Use of co-management approach for the development of green innovation," *Innovation and Green Development*, vol. 2, no. 4, p. 100073, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.igd.2023.100073.
- [19] D. R. Sanchez, A. Rueda, K. Kawasaki, S. Van Lysebetten, and D. Diaz, "Reviewing Simulation Technology: Implications for Workplace Training," *Multimodal Technologies and Interaction*, vol. 7, no. 5, 2023, doi: 10.3390/mti7050050.
- [20] V. Brakovska, R. Vanaga, G. Bohvalovs, L. Fila, and A. Blumberga, "Multiplayer game for decision-making in energy communities," *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, vol. 38, pp. 1–13, Jul. 2023, doi: 10.54337/ijsepm.7549.
- [21] Lewin K., "Frontiers in group dynamics: Concept, method and reality in social science– social equilibria and change. Human Relations", doi: <https://doi.org/10.1177/001872674700100103>.
- [22] *Creative Industries and the Climate Emergency The path to Net Zero About the Creative Industries Policy and Evidence Centre*. 2022. [Online]. Available: www.juliesbicycle.com
- [23] B. the Goethe-Institut, "Culture & Creative Sectors & Industries driving Green Transition and facing the Energy Crisis Brainstorming Report European Commission Structured Dialogue with the Cultural and Creative Sectors in the EU," 2023.
- [24] A. M. C. C. J. O. A. Rapoport, "Prisoner's Dilemma: A Study in Conflict and Cooperation," *University of Michigan Press*, 1965.
- [25] R. Turner, "Diffusion of Innovations, 5th edition, Everett M. Rogers. Free Press, New York, NY (2003), 551 pages," *J Minim Invasive Gynecol*, vol. 14, p. 776, Dec. 2007, doi: 10.1016/j.jmig.2007.07.001.
- [26] A. Lo, "Gaming Simulation and Human Factors in Complex Socio-Technical Systems: A Multi-Level Approach to Mental Models and Situation Awareness in Railway Traffic Control," *Citation*, 2020, doi: 10.4233/uuid:93bba631-f675-4b28-8780-3bd9d686680a.

Single player game for decision making in energy communities[#]

Andra Blumberga, Vita Brakovska, Ruta Vanaga, Girts Bohvalovs, Ritvars Freimanis

Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical university, Azenes 12/1, Riga, Latvia

ABSTRACT

Decentralized energy systems are an integral part of the energy transition toward carbon neutrality. If the energy community manages a decentralized energy system, it becomes a setting where the social dilemma of the tension between individual selfish behavior and collective interest arises. Reaching agreement in this multi decision-makers environment is challenging and complex. A serious multiplayer game can become a deliberation platform for bargaining over solutions. In this study, a dynamic model to simulate energy efficiency measures and on-site renewable energy sources in an energy community located in an urban block of multifamily buildings and a single-player serious game interface to serve as a basis for the multiplayer game is developed. User experience and game mechanics were tested in three user groups. Decisions made by the user were assessed. Results show positive feedback and provide valuable recommendations for further research.

Keywords: urban energy community, simulation game, role-game, system dynamics, serious games

1. INTRODUCTION

Energy systems worldwide are undergoing radical change due to the depletion of fossil fuel resources, climate change, technological, institutional, and political change. The long-term climate action strategy goal in the EU is to reach carbon neutrality by 2050 via the energy transition. It requires a transition of energy systems from centralized to more decentralized [1]. Various technologies are already available to increase energy efficiency and produce energy from renewable energy resources at the building and community level [2,3]. However, state-of-art scientific-technological solutions and policy initiatives are stuck in decision-making chains and conservative behavioral patterns; the diffusion of innovation in society is inert and jeopardizes the climate goals. People are a vital component of the energy community and therefore need to be widely involved in facilitating their participation in sustainable energy

systems [4,5]. Today citizens do not identify themselves as part of energy communities - this is instead a normative practice by legislators, the EU, or researchers.

Social sciences and humanities researchers stress the need to shift from perceiving people as passive figures to whom policies and technologies can be applied to active figures taking part in the energy transition. Furthermore, one of the possibilities for engaging people would be to redirect the focus from individuals to communities.

Urban energy communities are facing several challenges. Decentralized energy generation systems, in contrast to traditional centralized energy systems, require investments of local residents, participation, and collaboration [6]. The broader uptake of such systems is still early, and research on the adoption potential of distributed energy sources in existing neighborhood contexts is scarce [7]. In smart neighborhoods, an essential factor is the ability to optimize energy flow at the low voltage grid level; thus, decentralized energy storage systems are a promising means to more effectively match the supply and demand of fluctuating renewable energies. In most countries, the energy storage systems market share is still small and whether or not the technology will attain a critical market share is subject to homeowners' investment decisions.

On the other side of the coin lies energy efficiency improvement and demand-side management, which is used to change consumption patterns to optimize the use of energy supply. A more active role is expected from energy consumers, like changing energy consumption towards higher efficiency, providing flexibility, or taking their role as prosumers. Energy efficiency is not only a technological issue; it is also influenced by household behavior. For decades, researchers have tried to understand the factors that drive or hinder people to move from environmental knowledge to environmentally-friendly behavior.

As a social setting, the energy community faces a social dilemma of the tension between individual selfish behavior and collective interest. Everyone pursuing the former achieves overall lower welfare than cooperation

[#] This is a paper for the 14th International Conference on Applied Energy (ICAE2022), Aug. 8-11, 2022, Bochum, Germany.

would instead ensure. The prisoner's dilemma tends to arise in strategic interactions and emphasizes the effect of the free-rider problem, which arises when considering public and common goods. Theory of social interaction distinguishes social dilemmas and collective decision-making with common interests and conflicting interests.

If participants have common interests, they are faced with collective action and instability of common choice. Bargaining is applied over conflicting interests. One way to promote governance in the energy community is through collective awareness platforms, which offer innovative ways to engage citizens to identify and contribute to solutions to sustainability challenges and solve social dilemmas in a multiplayer environment [8- 11]. However, it is challenging to motivate large groups of people to participate in local communities to address sustainability issues [12]. Unlike traditional top-down approaches, addressing such issues effectively requires flexible solutions that link different individual and collective perspectives to a common challenge [13-15]. Recent studies have confirmed the failure of many climate communication efforts, which has turned audiences into passive consumers of one-way information [16]. The challenges posed to humanity by climate change call for innovative approaches. Well-designed games are powerful tools that can support tackling climate change. [17] Communication tools that are scientifically rigorous and motivate informed action on climate change enables people to learn for themselves through experience and experimentation rather than being told by experts [18].

Gaming is a relatively new area of research, and it is still unclear why some attempts at gaming are more effective in promoting behavior change than others. Little is known about the balance between fun, exciting games, and primarily informative games. As technology continues to evolve and the ability of science to collect behavioral data improves, researchers, continue to explore the use of games as a tool for data collection and analysis of individual behavior. [19] A review on climate change games [20] found that (a) most games are designed for educational purposes, (b) only a few games are designed to have a direct impact on climate change, (c) although climate change requires the involvement from the individual level to the global level, encouraging involvement in collective initiatives, most of the games are at only one level. Climate change games, which focus on individual cooperation at the community level, are relatively rare and are mainly at the global or urban level. However, they are the right platforms for negotiation processes [21].

In East European countries, incl. Baltic countries self-identification with the community is very weak, whether in terms of resource use, sharing, or energy efficiency. 85% of inhabitants live in multi-family buildings in Latvia. Each apartment is owned by a single owner, making building management's common decision process very complicated. Latvia is an aging society where consumption habits are based on inertia, not a choice, and their engagement tools may differ from others, mainly convenience, security, continuity, and fiscal considerations. Consequently, structural changes are not only in the use of energy but also in the social perspective: energy consumption from commodified personalization needs to be transformed into a collective practice, which, moreover, has a historically stigmatized stratification of electricity in Latvia as an unlimited utility.

Previous research on energy efficiency and on-site energy production practices of the population living in multifamily buildings in Latvia shows insufficient knowledge about energy efficiency and renewable energy sources [22]. However, research also reported pre-existing forms of community organization in block housing districts and charted levels of engagement in housing cooperatives among apartment owners.

Research question of this study is: can a serious simulation game based on an integrated model of physical systems and role-play elements be used as a tool for the decision-making process in an energy community located in an urban block of multifamily buildings?

The goal of this study is to develop a dynamic model to simulate energy efficiency measures and on-site renewable energy sources in an energy community located in an urban block of multifamily buildings and develop a single-player serious game interface to serve as a basis for multiplayer game.

2. METHODOLOGY

First, the system dynamics modeling approach is used to build a model structure of physical energy demand and supply systems. Second, the model is supplemented with an Internet-based user interface for role-play of decision-makers involved in the social dynamics. Finally, the game mechanics and user experience are tested in three test groups and the decisions made by different groups are assessed.

2.1 The model

The structure of the energy community's physical energy demand and supply systems was built in Stella Architect software. Each building has a detailed stock and flow structure for heat and electricity demand, including building envelope parameters and energy consumption

patterns. On the energy supply side, stock and flow structures are built for heat production on-site from renewable energy sources via heat pumps, district

heating, and heat accumulation. Electricity is either produced from on-site renewable energy sources,



Fig. 1 The main page of single player game's interface

accumulated on-site, or received from the grid. Private transportation means are privately owned or shared in the transportation sector, driven by fossil fuels or electricity. The time step of the model is one day. The structure of the model is described in more detail in other publications [23-25].

2.2 Single player game's user interface

The interface is built on the top of the stock and flow model in the Interface module of Stella Architect. It is developed as a single-player game to be used as a neighborhood energy community laboratory. This experimental single-player game is developed and used to learn about game players' decision-making if various measures can be applied and scenarios developed. The energy transition is a dynamic decision-making process. Decision tasks are dynamic whenever decisions made at a time t alter the state of a system and, thus, the information that conditions decisions that have to be made at time $t + 1$. Thus, decision-makers monitor their decisions' outcomes and adapt different decisions to the system's current (or an expected future) state. The decision-maker and the system are entwined in feedback

loops whereby decisions alter the system's state, giving rise to new information and leading to new decisions.

According to the results of the multifamily apartment owners' survey results [22], the single-player game interface includes three groups of measures (see Figure 1):

- energy efficiency (increasing thermal resistance of building envelope, replacement of equipment with more energy-efficient)
- energy production (PVT and PV panels)
- transportation use habits (switching to electric vehicles, sharing, and changing habits, such as average daily mileage and number of car uses per week).

In all three groups the desired volume of subsidies can be changed. Various output performance indicators are used, including the amount of CO₂ emissions per energy supply sector, total required investments, distribution of investments, energy costs per year (EUR/m²), transport costs per household (EUR/100 km), and payback period. The results vary depending on the user's choices of variable values. The user can follow the current results throughout the simulation in Stella Live mode and change the values of variables, resetting the

initial parameter value if necessary. At the end of the simulation, when the user presses the "Complete task" button, the model records the results, and the user interface shows the final decision.

2.3 Tests and users' decisions

To test game mechanics and user experience, three groups of players were selected:

- group 1: players who are renting their apartments or live with their parents (Environmental Engineering Master level students, age 21 – 30, 32 participants)
- group 2: players who are apartment owners (Business Management Master level students, age 25 – 55, 35 participants)
- group 3: industry professionals in the energy sector (architects, engineers, developers, building owners, municipal representatives, and energy company specialists (63 participants)).

Groups 1 and 2 participated in game mechanics and user experience test, and they filled the feedback in written form. Data about decisions made were obtained from the test sessions. Group 3 was asked to provide (1) feedback about the game mechanics and user experience, including usability of the game and the interface and (2) from the perspective of central planners and policymakers.

Separate test rounds were carried out online for each group. First, the group was introduced to the concept of an energy community and case studies. After that, the group was introduced to the design of the single-player game interface. The following task was assigned to each group: "In the scope of our research project, the project team needs your opinion on the developed online tool. Hence, we invite you to play with the "Positive Energy Quarter in Riga" test tool. You will have the opportunity to find your way to transform a traditional quarter in the historical center of Riga into a quarter of low or positive energy balance using various technology solutions. You have to create a climate-neutral energy community by choosing technology measures, reducing CO2 emissions, and considering costs. No prior knowledge is required to participate in testing. You will have 30 minutes to complete this task. Finally, we will ask you to complete feedback forms."

Stella Architect tracking option is used to track the final decisions made by each player. Each data set is automatically assigned a unique number, and the users are not traceable. Test groups were informed about data collection and were asked for permission. Data sets of all variables included in the interface were collected and processed.

3. RESULTS

3.1 Test results

Although group 1 indicated that they perceive the game as part of their study activities, they see the potential of its application as valuable in a real neighborhood. One explanation can be the difficulty for students from this group to identify themselves with apartment owners who have to make decisions about the renovation and development of a neighborhood. They also stated that the interface and game are helpful for the homeowners to understand the impact of their decisions on reducing CO2 levels.

Group 2 rated the tool positively using the words "convenient," "fast," "easy to use," "interesting," "understandable," and "easy to understand". They also noticed that the explanation and guidance received before playing the game was an essential part of the process. Four users gave a lower grade - one of them indicated that more specific explanatory information would be needed before the game. Two users expressed a desire to see a more intuitive interface, a more modern design (possibly visual), and more user-friendly data input buttons, e.g., a number box instead of a slider. One user admitted that the game captivates him only partly, adding that it was most likely intended for home managers who deal with energy efficiency issues daily.

Both groups provided 22 valuable comments and feedback on the user experience. Comments on game mechanics and interface functionality allowed the research team to identify quality and technical performance shortcomings.

Feedback from group 3 shows that professionals generally support the usefulness of such a simulation tool and encourage its further development. Few users noted that the interface initially looked complex, but it became understandable as soon as they started the game. Industry professionals believe that the game could increase the chances of households collaborating and implementing solutions by highlighting the benefits of implementing collective solutions. According to experts, neighborhood associations are a potential channel to initiate the formation of energy communities. Experts advised including an additional slider to set an interval that limits monthly payments per m² for investment payback. From the point of view of central planners and policymakers, the experts advised adding more descriptive information about technologies used in the model, investment costs, energy tariffs and other input values, and specific output indicators for each technology. They also suggested starting the game by providing an optimal solution for a given energy community. This would serve as the starting point for further discussions during the multi-player game.

Experts wondered if the game could be adapted to a particular neighborhood and how labor-intensive this process might be.

3.2 Tracking users' decisions

In the energy efficiency sector, both groups replaced electrical appliances with more energy-efficient ones (the difference between both groups is 1%). The main variance is observed in replacing windows (34% higher in group 2) and using subsidies (21% higher in group 2). Group 2 users have selected more improvement of thermal properties of building envelopes (10% higher than group 1). As a result, group 2 users have achieved, on average, 6% more energy savings through their choices.

Group 2 users have made more significant changes in the energy production sector than group 1 users in almost all parameters. The main difference is observed in the choice of subsidies for RES resources (on average by 53%), followed by a greater emphasis on energy production (on average by 31%). The amount of energy produced on-site is higher for group 2.

In the transport sector, group 1 users are more open to transitioning to electric vehicles (100% compared to group 2) and car sharing (40% compared to group 2). Group 2 users decided to use subsidies for electric cars (55% more than group 1).

Key outcome indicators for users from both groups are similar, including investment volume (group 2 by 2% more), CO₂ emissions from electricity and heat (group 2 by 4% and 1% more respectively), and total accumulated emissions and costs (group 1 by 5% and 9% more).

4. DISCUSSION

The first version of the single-player game interface for energy communities was built, and user experience and game mechanics were tested. In general, positive feedback on game mechanics and user experience was received. However, several limitations were faced during this research. First, the game is based on a particular urban block located in the historical center of Riga. All input data for buildings and technologies from this block were used during simulations. Test groups were introduced to this urban block by visual means and description of each building prior to the game. Decisions made in a hypothetical energy community may differ from the decisions made in a real community where game players live. This deficiency will be removed in the further development steps by developing a tailor-made energy community by adding input variables where data can be inserted manually.

The second limitation is users' background knowledge about energy efficiency and renewable energy technologies. As test results show, the complexity level of the interface is directly linked to the depth of knowledge of users. Some users found the interface too simple at the expert level and suggested including more input and output variables. Some experts expressed that the interface might be too complex for residents with deficient knowledge levels about energy. This issue will be addressed in the further development stage, and the interface will be adapted to different user groups.

The final limitation of the study is the emphasis on social benefits rather than on the private benefits of residents. More output parameters will be added, including private benefits in terms of money and quality of life in further research.

This study was conducted before the onset of the energy crisis at the end of 2021 and the war in Ukraine. The impact of both events will probably be seen during the next steps of this research.

5. CONCLUSIONS

The study shows that a dynamic model to simulate energy efficiency measures and on-site renewable energy sources in an energy community located in an urban block of multifamily buildings and a single-player interface for a serious game to serve as a basis for the multiplayer game is developed.

The user experience and game mechanics were tested in three different groups. Positive feedback and various valuable comments and recommendations were received in general. They will be further integrated into the subsequent versions of the game. Game users approved that if the single-player game is integrated into a multiplayer game, it will serve as a platform for discussions and bargaining in social dilemma situations faced in energy communities.

Analysis of decisions made by test group users shows that users from the environmental engineering student group were more inclined towards the transportation sector. In contrast, business management students focused more on energy efficiency and energy production.

Further research will focus on adding business models, developing three levels of interface based on the user's knowledge, and adding more output variables and input data to the tailor-made game for any energy community to be further used in any location around the world.

ACKNOWLEDGEMENT

This study has been funded by the Latvian Council of Science, project "Bridging the carbon neutrality gap in

energy communities: social sciences and humanities meet energy studies (BRIDGE)”, No. Izp-2020/1-0256.

REFERENCE

- [1] Koirala BP, Koliou E, Friege J, Hakvoort RA, Herder PM. Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Rev.* 2016; 56: 722-744.
- [2] Mathiesen BV, Lund H, Connolly D, Wenzel H, Ostergaard PA, Möller B. Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions *Appl Energy* 2015; 145: 139-154.
- [3] Nematchoua MK, Nishimwe AMR, Reiter S. Towards nearly zero-energy residential neighbourhoods in the European Union: a case study, *Renew Sustain Energy Rev* 2021; 135: 110198.
- [4] Zhang Y, Bai X, Mills XP, Pezzey JCV. Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: a review. *Energy Build* 2018; 172: 279-294.
- [5] Rodrigues L., Gillott M, Waldron J, Cameron L, Tubelo R, Shipman R. User engagement in community energy schemes: a case study at the Trent Basin in Nottingham, UK. *Sustain Cities Soc* 2010; 61: 102187.
- [6] von Wirth T, Gislason L, Seidl R. Distributed energy systems on a neighborhood scale: reviewing drivers of and barriers to social acceptance. *Renew. Sustain. Energy Rev* 2017; 82 (3): 2618-2628.
- [7] Seidl R, von Wirth T, Krutli P. Social acceptance of distributed energy systems in Swiss, German, and Austrian energy transitions, *Energy Research & Social Science* 2019; 54: 117-128.
- [8] Macdonell, Ushahidi C. A crisis mapping system. *ACM SIGCAS Comput. Soc.* 2015; 45, 38.
- [9] Introne J, Laubacher R, Olson G, Malone T. The Climate CoLab: Large scale model-based collaborative planning. *Proceedings of the International Conference on Collaboration Technologies and Systems*, 23–27 May 2011; USA: 40–47.
- [10] Malone TW., Nickerson JV, Laubacher RJ, Fisher LH, de Boer P, Han Y, Towne WB. Putting the Pieces Back Together Again: Contest Webs for Large-Scale Problem Solving. In *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*, NY, USA, 2017: 1661–1674.
- [11] Novak J, Becker M, Grey F, Mondardini R. Citizen engagement and collective intelligence for participatory Digital Social Innovation. In: Haklay M, Hecker, Bowser A, Makuch Z, Vogel J editors. *Citizen Science—Innovation in Open Science, Society and Policy*, London: UCL Press; 2018.
- [12] Koroleva K, Novak J. How to Engage with Sustainability Issues We Rarely Experience? A Gamification Model for Collective Awareness Platforms in Water-Related Sustainability. *Sustainability* 2020; 12: 712.
- [13] Webler T, Kastenholz H, Renn O. Public participation in impact assessment: A social learning perspective. *Environ. Impact Assess. Rev.* 1995; 15: 443–463.
- [14] Krueger R, Tuler S, Webler T. What Is a Good Public Participation Process? Five Perspectives from the Public. *Environ. Manag.* 2001; 27: 435–450.
- [15] Petts J, Brooks C. Expert Conceptualisations of the Role of Lay Knowledge in Environmental Decision making: Challenges for Deliberative Democracy. *Environ. Plan.* 2006; 38: 1045–1059.
- [16] Ouariachi T, Olvera-Lobo MD, Gutiérrez-Pérez J, Maibach E. A framework for climate change engagement through video games. *Environ. Educ. Res.* 2019; 25 (5): 701-716.
- [17] Razali NEM, Ramli RZ, Mohamed H, Zin NAM, Rosdi F, Diah NM. Identifying and validating game design elements in serious game guideline for climate change. *Heliyon* 2022; 8(1): e08773.
- [18] Rooney-Varga JN, Sterman JD, Fracassi E, Franck T, Kapmeier F, Kurker V, Johnston E , Jones AP , Rath K. Combining role-play with interactive simulation to motivate informed climate action: Evidence from the World Climate simulation 2018;
- [19] Douglas BD, Brauer M. Gamification to prevent climate change: a review of games and apps for sustainability. *Current Opinion in Psychology* 2021; 42: 89-94.
- [20] Gerber A, Ulrich M, Wäger FX, Roca-Puigròs M, Gonçalves JSV, Wäger P. Games on Climate Change: Identifying Development Potentials through Advanced Classification and Game Characteristics Mapping. *Sustainability* 2021; 13: 1997.
- [21] Schneidewind U. Transformative Literacy. Understanding and Shaping Societal Transformations. *GAIA* 2013; 22: 82–86.
- [22] Brakovska V, Vanaga R, Blumberga A, Celmins V, Klasons G, Spurins U. Individual buildings to self-sufficient energy community – What it takes? *Conference of Environment and Climate Technologies*, May 2022, Riga, Latvia.
- [23] Blumberga A, Vanaga R, Freimanis R, Blumberga D, Antuzs J, Krastins A, Jankovskis I, Bondars E, Treija A. Transition from traditional historic urban block to positive energy block. *Energy* 2020; 202: 117485.
- [24] Blumberga A, Vanaga R, Freimanis R, Bohvalovs G, Barisa A, Pakere I, Blumberga D. System Dynamics Modeling for the Transition From Traditional Historic Urban Block to a Positive Energy Block. *International*

Conference on Applied Energy 2021 Nov. 29 - Dec. 5, 2021, Thailand/Virtual Paper ID: 888.

[25] Bohvalovs G, Vanaga R, Brakovska V, Freimanis R, Blumberga A. Differential evolution optimization advantages in transition to energy communities. System dynamic model for multi-family buildings. Conference of Environment and Climate Technologies, May 2022, Riga, Latvia.



Vita Brakovska dzimusi 1979. gadā Jūrmalā. Ventspils Augstskolā ieguvisi bakalaura grādu mārketingā (2001) un maģistra grādu uzņēmumu un iestāžu vadībā (2011). Strādājusi Jūrmalas pilsētas domē, Sabiedrības integrācijas fondā un Latvijas Investīciju un attīstības aģentūrā, iegūstot ilggadēju pieredzi publiskajā sektorā sociāli ekonomiskās un inovācijas attīstības jautājumos. Kopš 2011. gada ir Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) lektore, docējot jaunu produktu izstrādes kursu dažādu fakultāšu studentiem. Vairāk nekā 15 gadu ir biedrības "Zināšanu un inovācijas sabiedrība" (ZINIS) valdes priekšsēdētāja un paralēli darbam RTU vada ar kopienas līdzdalību un uzņēmējdarbības attīstību saistītus koprades pasākumus Latvijas reģionos (kopš 2009. gada vairāk nekā 1850 pasākumi). Sadarbībā ar Eiropas Digitālās inovācijas centru vada digitalizācijas treniņus Latvijas uzņēmējiem, palīdzot uzlabot biznesa procesus un veicinot darba produktivitāti. Dizaina domāšanas metodoloģijas sertificēta vadītāja. Latvijas Sociālās uzņēmējdarbības asociācijas un Latvijas Pilsoniskās alianses biedre. Veidojusi partnerību ar vairākām starptautiskām organizācijām – Eiropas Komisiju, UNESCO, VASAB, Britu padomi, *Junior Achievement*, *Junior Chamber International* un *Trans Europe Halls*, kas sniedza iespēju strādāt pie globālu izaicinājumu izpēti un risināšanas ar lietīšķās zinātnes rīkiem. Zinātniskās intereses saistītas ar sociālo un vides inženierzinātņu sinerģiju jaunu rīku attīstībai, kas vērsti uz sistēmiskās domāšanas veicināšanu sabiedrībā aktuālo jautājumu risināšanai, tajā skaitā klimata pārmaiņu mazināšanai.