

TVARAUS TRANSPORTO NAUDOJIMO GALIMYBĖS

Enrika JUŠKAITĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: enrika.juskaite@vdu.lt

Santrauka

Tvaraus vystymosi koncepcija siekia suderinti socialinius, aplinkosauginius ir ekonominius aspektus, kad ištekliai būtų naudojami atsakingai ir nekenktų ateities kartoms. Transporto sektorius, apimantis aviaciją, laivybą ir kelių transportą, yra vienas didžiausių CO₂ emisijų šaltinių ir sunaudoja reikšmingą dalį energijos. Tvaraus transporto tikslai – užtikrinti prieinamumą, saugumą, mažinti poveikį aplinkai bei didinti efektyvumą. ES Žaliojo kursas skatina perėjimą prie išmanaus ir tvaraus mobilumo, akcentuojant transporto tvarumo didinimą, multimodalinių pervežimų plėtrą ir nulinės emisijos transporto priemonių naudojimą. Tvaraus transporto plėtra mažina ŠESD emisijas, skatindama ilgesnių ir sunkesnių krovininių transporto priemonių (LHV) naudojimą, dirbtinio intelekto integraciją, transporto elektrifikaciją ir vandenilio technologijas. Intermodalinis transportas ir alternatyvūs degalai, tokie kaip biodyzelinas, prisideda prie ekologiškesnių sprendimų. Efektyviam įgyvendinimui reikalingi ne tik technologiniai, bet ir politiniai bei vadybos sprendimai, užtikrinantys ilgalaikį tvarumą.

Reikšminiai žodžiai: tvarumas, aplinkosauga, tvarus transportas, klimato neutralumas, tvarus vystymasis.

Įvadas

Šiuolaikiniame pasaulyje aplinkosaugos svarba vis didėja, griežtėja reguliaciniai reikalavimai, todėl sparčiai auga ir tvaresnės logistikos paklausa. Augantys efektyvaus energijos naudojimo bei ekonomiškų krovinių gabenimo poreikiai organizacijas skatina į savo veiklą integruoti tvarumo principus. Ekonomiškas, energiją taupantis ir patikimas krovinių transportavimo modelis yra itin svarbus siekiant patenkinti pramonės poreikius. Krovininis transportas atlieka svarbų vaidmenį plėtojant regiono ekonomiką, formuojant pažangius miestus, kuriant darbo vietas ir gaunant dideles pajamas (Fulzele ir Shankar, 2023). Transporto sektorius yra vienas didžiausių šiltnamio efektą sukeliančių dujų šaltinių, todėl siekiant mažinti anglies dioksido išmetimą ir prisidėti prie klimato kaitos mažinimo, ypatingai svarbu, kad logistikos įmonės diegtų tvaresnius transportavimo sprendimus. Tai yra svarbu ne tik dėl įmonių keliamų reikalavimų, bet ir siekiant išlikti konkurencingais rinkoje. Galiausiai, perėjimas prie tvaresnio transporto logistikos sektoriuje yra reikšmingas indėlis regiono ekonomikos plėtrai, darbo vietų kūrimui ir pažangių miestų formavimui, nes tvary transporto sistema prisideda prie darnios plėtros tikslų ir ilgalaikio gyvenimo kokybės užtikrinimo.

Kadangi transportas yra pagrindinis tiekimo grandinės valdymo veiksnys (Parsa et al., 2020), tvarios transporto rūšys yra labai svarbios, ypač žvelgiant iš vyriausybės perspektyvos. Krovininiai automobiliai yra labiausiai paplitusios krovinių vežimo transporto priemonės dėl savo privalumų, tokių kaip lankstumas, greitis ir supaprastinta techninė priežiūra. Deja, yra ir tam tikrų didelių neigiamų kelių transporto išorinių veiksnių, dėl kurių ši sistema tampa netvari. Didelis energijos suvartojimas, nelaimingi atsitikimai, triukšmas ir aplinkos tarša yra pagrindiniai neigiami kelių sistemos padariniai (Tamanna et al., 2021). Taigi, tvaresniam transporto pasirinkimui turėtų būti teikiamas prioritetas siekiant sumažinti neigiamų padarinių mastą.

Tyrime analizuojami teoriniai tvaraus transporto naudojimo ypatumai.

Tyrimo tikslas – aptarti tvaraus transporto naudojimo galimybes ir iššūkius.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Aptarti tvaraus transporto sampratą.
2. Įvertinti tvaraus transporto pritaikymo galimybes logistikos srityje.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektas: tvaraus transporto priemonių ir technologijų naudojimas logistikos sektoriuje.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė ir sintezė.

Mokslinės literatūros paieška vykdyta naudojantis „Google Scholar“, „Science Direct“ ir „Research Gate“ paieškų sistemomis. Paieškos metu naudotos raktinių žodžių kombinacijos lietuvių ir anglų kalbomis: tvarus transportas, intermodalinis transportas, tvarus vystymasis. Paieškai taikytas publikavimo metų nuo 2018 m. iki 2024 m. kriterijus. Į apžvalgą įtraukti 36 straipsniai. Pažymėtina, kad dalis straipsnių buvo nepasiekiami esant mokamai prieigai, todėl tai apsunkino išsamią literatūros apžvalgą.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

1. Tvaraus transporto samprata

Tvaraus vystymosi koncepcija siekia subalansuoti socialinius, aplinkosauginius ir ekonominius aspektus, kad dabartiniai išteklių poreikiai būtų patenkinti nepakenkiant ateities kartų galimybėms patenkinti savo poreikius. Tokia

apibrėžtis 1987 m. suformuota Jungtinių Tautų Asamblėjos pranešime „Mūsų bendra ateitis“ (angl. Our Common Future). Tai reikalauja valdyti žmogaus veiklą taip, kad būtų apsaugota aplinka ir užtikrintas jos ilgalaikis išsaugojimas (Christmas ir Aminah, 2019). Tvarumo sąvokos atsiradimas atspindi esminius pasaulinio mąstymo pokyčius, kurie organizacijas verčia pereiti prie verslo ir visuomenės kompromisų, nes tvarumas yra neatsiejamas nuo aplinkos apsaugos, socialinės lygybės bei ekonominės gerovės tarpusavio ryšio (Brown et al., 2018).

Transportas apima aviaciją, laivybą ir kelių transportą, įskaitant keleivių ir krovinių vežimą bei susijusias paslaugas (Teske ir Niklas, 2022). Šis sektorius yra antrasis pagal svarbą sektorius, sukuriantis didžiausią anglies dioksido (CO₂) kiekį visame pasaulyje, ir jam tenka daugiau nei trečdalis visos Europos Aplinkos Agentūros šalių narių suvartojamos energijos (Georgatzi et al., 2020). Pasak E. Broniewicz ir K. Ogrodnik (2021), tvaraus transporto sąvoka atsirado beveik lygiagrečiai su tvaraus vystymosi apibrėžtimi Jungtinių Tautų Asamblėjos pranešime „Mūsų bendra ateitis“. Dešimto dešimtmečio pradžioje darnusis transportas buvo apibrėžiamas kaip apibrėžiamas kaip nemažėjančiu kapitalu, kuriame kapitalas apima žmogiškąjį, piniginį ir gamtinį kapitalą (Broniewicz ir Ogrodnik (2021), Daly, 1992; Atkinson ir Pearce, 1993). Kaip teigia J. Reis ir kt. (2024), tvarus transportas labiausiai yra orientuotas į socialinius ir aplinkosauginius klausimus, o išmanus judumas – į mikromobilumą ir įvairiarūšį transportą. M. Gallo ir M. Marinelli (2020) papildė, kad tvarus judumas yra viena pagrindinių transporto politikos temų visais teritoriniais lygmenimis ir visose geografinėse platumose. Kadangi transportas yra ekonomikos sudedamoji dalis, daranti didelę įtaką aplinkai, aplinkosaugos klausimams turi būti skiriamas ypatingas dėmesys (Broniewicz ir Ogrodnik, 2021).

Pagrindiniai tvaraus transporto tikslai:

- Užtikrinti visuotinę prieigą.
- Užtikrinti didesnę saugumą keliuose.
- Sumažinti transporto daromą poveikį aplinkai ir klimatui.
- Didinti transporto sektoriaus efektyvumą (Jungtinės Tautos, 2021).

K. Łuczyszyn (2024), remdamasis J. Majerova (2022), išskiria, kad svarbiausi tvaraus transporto tikslai yra mažinti CO₂ išmetimą, gerinti infrastruktūrą ir rūpintis krovinių bei keleivių saugumu.

Verta paminėti, kad tvarus transportas yra įtrauktas ir į ES Žaliojo kurso strategiją, kuri yra esminė ES plano dalis, siekiant darnaus vystymosi tikslų iki 2030 m. Tvaraus ir išmanaus mobilumo strategija apima tris pagrindines sritis:

1. Visas transporto rūšis paversti tvaresnėmis.
2. Padidinti tvarių alternatyvų prieinamumą multimodalinėje transporto sistemoje.
3. Įdiegti tinkamas paskatas, kad būtų paskatintas perėjimas.

2030 m. strategijoje numatoma, kad Europos gatvėse turėtų važinėti bent 30 mln. nulinės emisijos automobilių, 100 miestų turėtų būti neutralūs klimatui, o greitųjų geležinkelių tinklas padvigubės (Fetting, 2020). Tačiau P. Koralova-Nozharova (2021) pabrėžia, kad tokie tikslai gali būti neįmanomas uždavinys mažoms ir vidutinėms įmonėms dėl jų ekonominio išlikimo transporto rinkoje. Svarstoma, kad tai gali lemti daugelio įmonių ūkinės veiklos nutraukimą ir sudaryti sąlygas atsirasti netobuloms rinkos struktūroms, tokioms kaip oligopolija ar monopolija (Koralova-Nozharova, 2021).

Taigi, transporto sektorius, apimantis aviaciją, laivybą ir kelių transportą, yra vienas didžiausių pasaulinių CO₂ emisijų šaltinių, todėl tvaraus transporto naudojimas yra būtinas siekiant mažinti aplinkos taršą ir klimato kaitą. Tvarus transportas reiškia saugią, prieinamą, efektyvią ir mažai taršių transporto sistemų kūrimą, kurios prisideda prie ekonominės plėtros ir visuomenės gerovės. ES Žaliojo kursas skatina perėjimą prie išmanaus ir tvaraus mobilumo, daugiausia dėmesio skiriant transporto rūšių tvarumo didinimui, multimodalinio transporto plėtrai ir nulinės emisijos transporto priemonių skatinimui.

2. Tvaraus transporto plėtros priemonės ir susiję iššūkiai

Atsižvelgiant į tai, kad transportas turi didelę įtaką šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekiui, labai svarbu ieškoti alternatyvių transporto priemonių, kurios galėtų padėti siekti ŠESD mažinimo tikslų.

Ilgesnės ir sunkesnės krovininės kelių transporto priemonės (angl. longer, heavier vehicles (LHV)). LHV yra reikšminga krovininio transporto naujovė, išsiskirianti unikaliomis savybėmis, skiriančiomis jas nuo įprastinių sunkvežimių. V. Singh ir kt. (2024) pažymi, kad LHV išsiskiria nemažais gabaritais, kuriems dažnai būdingos pailgos priekabos, leidžiančios gabenti didesnius krovinius. LHV varikliuose paprastai naudojamos sudėtingos technologijos, įskaitant aerodinaminius patobulinimus ir degalus taupančias sistemas, dėl kurių padidėja energijos vartojimo efektyvumas ir sumažėja pasekmės aplinkai (Singh et al., 2024). Be to, verta paminėti, kad LHV užtikrina geresnį svorio gabenimo galimybes, palyginti su tradiciniais sunkvežimiais, taigi, palengvina didesnių kiekių gabenimą vienos kelionės metu (Singh et al., 2024, remiantis Burhan, Recanati ir Citroth, 2018). Europos Komisijoje buvo svarstoma, kokią reikšmę visai ES transporto sistemai turėtų leidimas naudoti ilgesnes ir sunkesnes krovininio kelių transporto priemones, kurių ilgis neviršija 25,25 m, o svoris – 60 tonų. S. Burhan ir kt. (2018) atliktas tyrimas rodo, kad LHV gali būti geras pasirinkimas, kai kelių infrastruktūra turės aprūpinti didėjančius eismo srautus ir augančią tarptautinę prekybą, nes LHV turi mažesnę poveikį aplinkai, lyginant su įprastais sunkvežimiais. Įprastų sunkvežimių degalų sąnaudos bei sunkvežimių gamyba yra pagrindiniai veiksniai, lemiantys didesnę poveikį aplinkai lyginant su LHV (Burhan et al., 2018).

Dirbtinio intelekto (DI) integravimas. Augant DI įrankių populiarumui, žmonėms pavyko juos pritaikyti ir transporto pramonėje, kur daugiausia naudos yra pasiekta kelių ir geležinkelių transporto srityje (Łuczyszyn, 2024). P. Ficzer (2023) išskiria kelias svarbiausias sritis, kuriose DI turi įtakos geležinkelių transporto plėtrai:

1. Numatomas traukinių priežiūros poreikis.
2. Autonominiai traukiniai.

3. Saugumo didinimas.
4. Operacijų ir planavimo optimizavimas.
5. Keleivių patirties gerinimas.
6. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas.
7. Infrastruktūros planavimas ir valdymas.

Atsirandančios kompiuterio mokymosi (angl. machine learning) galimybės atveria naujas galimybes sumažinti išmetamų teršalų kiekį ir kelių transporto srityje. DI gali atlikti svarbų vaidmenį baterijose ir biokuruose, pažangiose transporto sistemose ir išmaniojoje infrastruktūroje bei pereinant prie transporto rūšių, kurios išskiria mažiau CO₂ (Sandalow et al., 2023). DI pritaikymo galimybės kelių transporto srityje pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. DI taikymo galimybės kelių transporte (sudaryta autorės, remiantis nurodytais autoriais)

Table 1. AI applications in road transport

DI taikymas <i>Applying AI</i>	Apibūdinimas <i>Description</i>	Šaltinis <i>Source of literature</i>
Automatinio incidentų aptikimo sistema <i>Automated Incident Detection System</i>	Sistema apdoroja informaciją, gaunamą iš kelių tinkluose įrengtų vaizdo stebėjimo kamerų, leidžiančių stebėti eismo srautus ir aptikti incidentus ar eismo kliūtis. <i>The system processes information from CCTV cameras installed on road networks to monitor traffic flows and detect incidents or traffic obstacles.</i>	Olugbade et al., 2022
Eismo prognozavimas ir valdymas <i>Traffic forecasting and management</i>	Analizuodamas didžiulius kiekius realaus laiko duomenų iš įvairių šaltinių, įskaitant jutiklius, GPS sistemas ir socialinę žiniasklaidą, dirbtinis intelektas užtikrina tikslias ir naujausias eismo prognozes. Tai leidžia pagerinti eismo valdymą, įskaitant dinamišką maršrutų parinkimą, spūsčių prevenciją ir optimizuotą šviesoforų valdymą. <i>By analysing large amounts of real-time data from a variety of sources, including sensors, GPS systems and social media, artificial intelligence provides accurate and up-to-date traffic forecasts. This leads to improved traffic management, including dynamic routing, congestion prevention and optimised traffic light control.</i>	Bharadiya, 2023
Pagalbinis parkavimas ir adaptivi kruizo kontrolė <i>Assisted parking and adaptive cruise control</i>	Naujesniuose automobiliuose įrengta tam tikro lygio automatika sumažina degalų sąnaudas, padidina kelių pralaidumą išvengiama avarių ir sumažėja išmetamųjų teršalų kiekis. <i>New cars equipped with a certain level of automation reduce fuel consumption, increase road capacity, avoid accidents and reduce emissions.</i>	Hasan et al., 2020
Tvaraus transporto sistemos <i>Sustainable transport systems</i>	DI prisideda prie tvarių transporto sistemų kūrimo. Kompiuterio mokymasis gali optimizuoti energijos suvartojimą, skatinti ekologišką vairavimą ir palengvinti elektrinių ir autonominių transporto priemonių integraciją į transporto tinklus. DI varomos logistikos ir maršrutų sudarymo sistemos taip pat teikia pirmenybę aplinkai draugiškiems pasirinkimams, mažinant išmetamo anglies dioksido kiekį ir skatinant tvarų judumą. <i>AI contributes to the development of sustainable transport systems. Machine learning can optimise energy consumption, promote eco-driving and facilitate the integration of electric and autonomous vehicles into transport networks. AI-powered logistics and routing systems also favour environmentally friendly choices, reducing carbon emissions and promoting sustainable mobility.</i>	Bharadiya, 2023
Autonominės transporto priemonės <i>Autonomous vehicles</i>	Autonominės transporto priemonės veikimas pagrįstas transporto priemonės valdymu, kai ji visiškai arba iš dalies perima pati transporto priemonė. Autonominės transporto priemonės dar gali būti vadinamos „savaeigėmis transporto priemonėmis“. Šių transporto priemonių diegimas greitkeluose sumažintų spūstis bent 50%, pagerintų energijos suvartojimą 20% bei ženkliai sumažintų eismo įvykių skaičių. <i>Autonomous vehicle operation is based on the vehicle taking control of the vehicle, either fully or partially. Autonomous vehicles can also be referred to as "self-driving vehicles". The deployment of these vehicles on motorways would reduce congestion by at least 50%, improve energy consumption by 20% and significantly reduce accidents</i>	Olayode et al., 2020

DI taip pat prisideda prie informacijos apie ŠESD kokybės gerinimo, analizuodamas didžiulius duomenų kiekius iš Žemės stebėjimo palydovų, lėktuvų, dronų, antžeminių monitorių, daiktų interneto (IoT), socialinės žiniasklaidos ir kitų technologijų.

Transporto parko elektrifikacija. Pasak C. González Palencia ir kt. (2020), elektra varomos transporto priemonės bus viena pagrindinių galimybių pasiekti esminį krovinių kelių transporto priemonių CO₂ išmetimo mažinimą. Taip pat tai yra daug žadanti alternatyva siekiant pagerinti paskutinės mylios operacijų efektyvumą (Jaller et al., 2020). Tačiau siekiant elektrifikuoti krovinių kelių transportą, reikėtų iš esmės pakeisti dabartinę transporto sistemą, įtraukiant elektros energijos ir infrastruktūros tiekėjus, programinės įrangos kūrėjus bei politikos formuotojus, kurie

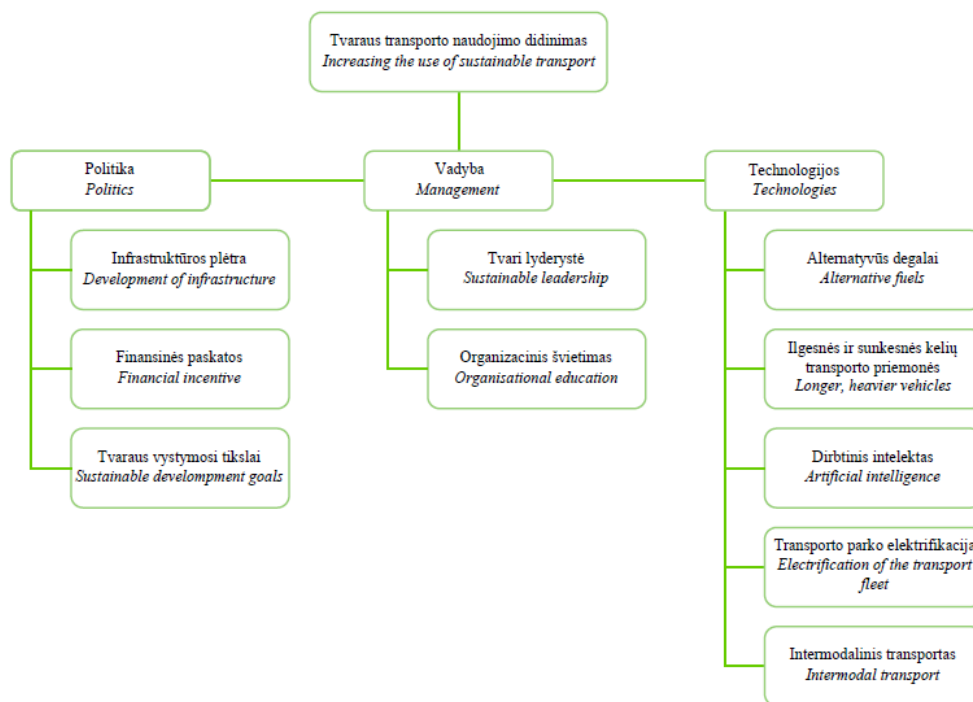
nustato transporto elektrifikavimo taisykles (Raoufi et al., 2024). Taigi, elektrifikacija, nors ir yra viena iš efektyviausių priemonių siekiant sumažinti transporto taršą, tačiau krovinių transporto infrastruktūra tam dar nėra pilnai išvystyta.

Vandeniliu varomos transporto priemonės. Kaip teigia S. E. Hosseini ir B. Butler (2020), vandenilis yra vienas iš svarbiausių kandidatų ateityje patenkinti energijos poreikius ir vaidina svarbų vaidmenį daugelyje vyriausybės strateginių planų. Vandenilio degimo transporto priemonės pasižymi didele tolerancija naudojamam vandenilio kokybei, gali veikti atšiauriomis aplinkos sąlygomis, yra patikimos ir patogios naudotojo požiūriu, be to, didžiąją dalimi tai yra išvystyta ir patikrinta technologija, kartu užtikrina automobilių pramonės nepriklausomybę, nes nereikia naudoti taurių metalų ir retųjų žemių metalų (Wróbel et al., 2022). Vandenilio šiluminė vertė, skaičiuojant pagal masę, yra tris kartus didesnė nei naftos, o vidaus degimo varikliuose ir kuro elementuose jis sukuria gerokai mažiau kenksmingų išmetamųjų teršalų, kurie yra vienas didžiausių iškastinio kuro trūkumų (Hosseini ir Butler, 2020). Tačiau vandenilinių variklių trūkumas yra azoto oksidų išsiskyrimas, todėl, siekiant sumažinti jo emisiją, juos reikia apdoroti išmetamosiomis dujomis (Wróbel et al., 2022). Dar viena problema, trukdanti naudoti vandenilį transporto priemonėse, yra jo laikymas transporto priemonėje ir degalinių nepasiekiamumas. Norint tinkamai išspręsti saugojimo problemą, reikia padaryti didelę pažangą (Hosseini ir Butler, 2020).

Intermodalinio transporto skatinimas. Įvairiarūšio transporto grandinėse dominuoja kelių, jūrų ir geležinkelių transportas (Goodarzi et al., 2024). Intermodalumas yra pagrindinis elementas, padedantis skatinti ekologišką transportavimą ir išmetamųjų teršalų kiekio mažinimą (Alves et al., 2024). Kaip teigia G. Czapiewska (2020), nuolat gerėjanti infrastruktūra ir ES politika, skatinanti darnaus transporto plėtrą, prisideda prie spartesnio intermodalinio transporto augimo. Pasak Lietuvos Respublikos Susisiekimo ministerijos (2021), gabenant krovinius kombinuotu transportu išmetamas ŠESD kiekis sumažėja 19 proc., lyginant su gabenimu tik kelių transportu. Dėl šios priežasties krovinių vežėjai yra skatinami naudoti kombinuotą transportą ir iki 2030 m. prognozuojama perkelti 5 proc. krovinių į intermodalinį transportą (Lietuvos Respublikos Susisiekimo ministerija, 2021).

Alternatyvių degalų naudojimas. Iškastinis kuras šiuo metu yra pagrindinis energijos šaltinis, tačiau jis yra pripažintas netvariu ir baigtiniu. Be to, dyzelino gamyba iš iškastinio kuro yra vienas iš pagrindinių ŠESD išmetimo šaltinių (Gbadeyan et al., 2024). Tokios išvados paskatino ieškoti tinkamesnio kuro, kurio gamybai būtų naudojami gamtiniai ir biologiniai ištekliai, o vienas iš tokių pavyzdžių galėtų būti biodyzelinas (Gbadeyan et al., 2024). Biodyzelinui gaminti gali būti naudojamos įvairios žaliavos, todėl gamintojai gali rinktis pigiausią turimą žaliavą, taip sumažindami šio kuro kainą (Riyadi et al., 2023). Vienas iš svarbiausių biodyzelino naudojimo pranašumų yra tai kad jį galima naudoti esamuose varikliuose be didelių pakeitimų (Riyadi et al., 2023). Biodyzelinas išskiria mažiau anglies monoksido, kietųjų dalelių, dūmų ir angliavandenilių ir turi daugiau laisvo deguonies nei įprasti benzininiai-dyzeliniai varikliai, todėl prisideda prie tvarumo tikslų. (Gbadeyan et al., 2024).

Išanalizavus mokslinę literatūrą apie tvaraus transporto sampratą, darnųjį vystymąsi logistikos kontekste bei išnagrinėjus mokslininkų požiūrį į tvaresnio transporto naudojimo didinimo būdus, galima teigti, kad tvaresnio transporto naudojimo įgyvendinimas yra kompleksinis procesas, kuris apima ne tik tvaresnių transporto priemonių naudojimą, bet reikalauja ir integruoto požiūrio į vadybą, politiką bei technologijas (žr. 1 pav.).



1 pav. Tvaraus transporto naudojimo didinimo modelis

Šaltinis: sudaryta autorės pagal Battistella et al., (2021); Czapiewska, (2020); Iqbal ir Ahmad, (2021)

Fig. 1. Model for increasing the use of sustainable transport

Source: Battistella et al., (2021); Czapiewska, (2020); Iqbal ir Ahmad, (2021)

Tvaraus vystymosi raginimai iš institucijų, pilietinės visuomenės bei nevyriausybinių organizacijų, verčia įmones dėti pastangas tvarėsiam verslui vystyti, įgyvendinti nacionalines tvarumo strategijas, kurti ilgalaikius veiksmų planus ir sprendimų priėmimo politikas, o tai formuoja ir naują valdymo stilių, žinomą kaip „tvary lyderystė“ (angl. sustainable leadership), kur organizacija yra vertinama kaip atviros sistemos dalis (Iqbal ir Ahmad, 2021). Tvarūs lyderiai daugiausia dėmesio skiria įgūdžių ugdymui, tvariams pokyčiams ir ilgalaikiams rezultatams, todėl, siekdami tvaraus vystymosi tikslų, jie nekreipia dėmesio tik į tiesioginę trumpalaikę naudą, bet vertina platesnį kontekstą (Iqbal ir Ahmad, 2021). Vadovaujant taip pat yra svarbu puoselėti psichologiškai saugią darbo aplinką, kuri daro didelę įtaką darbuotojų tarpasmeniniam bendravimui bei mokymuisi (Iqbal ir Ahmad, 2021). Tai skatina organizacinį mokymąsi, kuris prisideda prie įmonės veiklos rezultatų gerinimo, didinant finansinių ir strateginių sprendimų priėmimo kokybę, taip užtikrinami ilgalaikiai veiklos patobulinimai ir šis procesas tampa pagrindiniu tvarios veiklos veiksnium (Iqbal et al., 2020). Organizacinis švietimas tiesiogiai prisideda gyvendinant tvaresnes priemones tvarumo iššūkiams spręsti ir leidžia suprasti, kaip įgyvendinti praktinį tvarumo taikymą (Battistella et al., 2021).

Apibendrinant galima teigti, kad tvaresnio transporto naudojimas padeda pasiekti socialinius, aplinkosauginius ir ekonominius tikslus, kurių įgyvendinimas reikalauja tiek politinių, tiek technologinių sprendimų, taip pat tvarios lyderystės principų, kaip mokymasis, įvairovė bei dėmesio sutelkimas į ilgalaikius rezultatus, o ne tik trumpalaikes ir ekonomines naudas.

Išvados

1. Tvaraus transporto samprata apima ne tik aplinkosauginius, bet ir ekonominius bei socialinius aspektus. Transporto sektorius yra vienas pagrindinių CO₂ emisijų šaltinių, todėl būtina taikyti tvarias transporto sistemas, siekiant mažinti neigiamą poveikį aplinkai.

2. Tvarumo siekis transporto sektoriuje skatina technologinių naujovių diegimą ir sisteminius pokyčius, kurie apima transporto priemonių efektyvumo didinimą, alternatyvių energijos šaltinių plėtrą ir skaitmeninių sprendimų integraciją. Tvaraus transporto naudojimo galimybių didinimą apima transporto elektrifikaciją, dirbtinio intelekto taikymą, alternatyvių degalų naudojimą bei intermodalinio transporto skatinimą. Pastebima, kad tvarių technologijų diegimas yra glaudžiai susijęs su infrastruktūros plėtra ir politiniais pokyčiais, o ateities sprendimai reikalauja ne tik tvarių inovacijų bet ir bendradarbiavimo tarp verslo, politikos formuotojų bei visuomenės.

Literatūra

- Alves, W., Orfão, A., & Silva, Â. (2024). Framework for assessing the environmental impacts of intermodal transportation. *Engineering Management in Production & Services*, 16(2) <https://doi.org/10.2478/emj-2024-0011>.
- Atkinson, G., & Pearce, D. W. (1993). Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of weak sustainability. *Ecological Economics*, 8(2), 103-108. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(93\)90039-9](https://doi.org/10.1016/0921-8009(93)90039-9)
- Battistella, C., Cicero, L., & Preghenella, N. (2021). Sustainable organisational learning in sustainable companies. *The Learning Organization*, 28(1), 15-31 <https://doi.org/10.1108/TLO-05-2019-0074>.
- Bharadiya, J. (2023). Artificial intelligence in transportation systems a critical review. *American Journal of Computing and Engineering*, 6(1), 34-45, <https://doi.org/10.47672/ajce.1487>.
- Broniewicz, E., & Ogrodnik, K. (2021). A Comparative Evaluation of Multi-Criteria Analysis Methods for Sustainable Transport. *Energies*, 14, 5100, <https://doi.org/10.3390/en14165100>.
- Brown, A., Schultz, D., Baccarani, C., Golinelli, G., Gatti, C., & Volpe, L. (2018). Sustainability, stakeholders and business. editorial. *Sinergie Italian Journal of Management*, (96), 9-15. <https://doi.org/10.7433/s96.2015.01>
- Burhan, S., Recanati, F., & Ciroth, A. (2018). *How Sustainable Are Longer and Heavier Vehicles*. GreenDelta GmbH, Berlin, Germany, 268, .
- Christmas, S. ir Aminah, A. (2019). The principles of environmental based development in international law and sustainable development goals. *Jurnal Hukum Novelty*, 10(2), 101. <https://doi.org/10.26555/novelty.v10i2.a13910>
- Czapiewska, G. (2020). The importance of intermodal transport in poland in the context of sustainable development. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 23(3), 69-83 <https://doi.org/10.4467/2543859XPKG.20.021.12789>.
- Daly, H. E. (1992). Allocation, distribution, and scale: towards an economics that is efficient, just, and sustainable. *Ecological economics*, 6(3), 185-193 [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(92\)90024-M](https://doi.org/10.1016/0921-8009(92)90024-M).
- Fetting, C. (2020). The European green deal. ESDN Report, December, 2(9) .
- Ficzere, P. (2023). The role of artificial intelligence in the development of rail transport. *Cognitive Sustainability*, 2(4) <https://doi.org/10.55343/cogsust.81>.
- Fulzele, V., ir Shankar, R. (2023). Performance measurement of sustainable freight transportation: a consensus model and FERA approach. *Annals of Operations Research*, 324(1), 501-542 <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03876-2>.
- Gallo, M., & Marinelli, M. (2020). Sustainable mobility: A review of possible actions and policies. *Sustainability*, 12(18), 7499 <https://doi.org/10.3390/su12187499>.

15. Gbadeyan, O. J., Muthivhi, J., Linganis, L. Z., Deenadayalu, N., & Alabi, O. O. (2024). Biogas production and techno-economic feasibility studies of setting up household biogas technology in Africa: A critical review. *Energy Science & Engineering*, 12(10), 4788-4806 <https://doi.org/10.1002/ese3.1887>.
16. Georgatzi, V. V., Stamboulis, Y., & Vetsikas, A. (2020). Examining the determinants of CO2 emissions caused by the transport sector: Empirical evidence from 12 European countries. *Economic Analysis and Policy*, 65, 11-20, <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.11.003>.
17. González Palencia, J. C., Nguyen, V. T., Araki, M., & Shiga, S. (2020). The role of powertrain electrification in achieving deep decarbonization in road freight transport. *Energies*, 13(10), 2459 <https://doi.org/10.3390/en13102459>.
18. Goodarzi, A. H., Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Paquet, M. (2024). Evaluating the sustainability and resilience of an intermodal transport network leveraging consolidation strategies. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 188, 103616 <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103616>.
19. Hasan, U., Whyte, A., & Al Jassmi, H. (2019). A review of the transformation of road transport systems: are we ready for the next step in artificially intelligent sustainable transport? *Applied System Innovation*, 3(1), <https://doi.org/10.3390/asi3010001>
20. Hosseini, S. E., & Butler, B. (2020). An overview of development and challenges in hydrogen powered vehicles. *International journal of green energy*, 17(1), 13-37, <https://doi.org/10.1080/15435075.2019.1685999>.
21. Iqbal, Q., & Ahmad, N. H. (2021). Sustainable development: The colors of sustainable leadership in learning organization. *Sustainable Development*, 29(1), 108-119, <https://doi.org/10.1002/sd.2135>.
22. Iqbal, Q., Ahmad, N. H., & Halim, H. A. (2020). How does sustainable leadership influence sustainable performance? Empirical evidence from selected ASEAN countries. *Sage Open*, 10(4), 2158244020969394, <https://doi.org/10.1177/2158244020969394>.
23. Jaller, M., Otero-Palencia, C., & Pahwa, A. (2020). Automation, electrification, and shared mobility in urban freight: opportunities and challenges. *Transportation Research Procedia*, 46, 13-20, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.158>.
24. Jungtinės Tautos (2021) Sustainable transport, sustainable development. Interagency report for second Global Sustainable Transport Conference. Prieiga per internetą: https://sdgs.un.org/sites/default/files/202110/Transportation%20Report%202021_FullReport_Digital.pdf
25. Koralova-Nozharova, P. (2021). European Green Deal and transport sector development—opportunities or restrictions. In SHS web of conferences (Vol. 120, p. 04004). *EDP Sciences* <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112004004>.
26. Lietuvos Respublikos Susisiekimo Ministerija. (2021). Transporto sektoriaus išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekio mažinimo priemonių efektyvumo vertinimas ir prognozių modeliavimas. Prieiga per internetą: <https://sumin.lrv.lt/uploads/sumin/documents/files/Transporto%20priemoniu%20SESD%20vertinimas%2020210610.pdf>
27. Łuczyszyn, K. (2024). Sustainable transport—development and goals. *Cognitive Sustainability*, 3(1), <https://doi.org/10.55343/cogsust.92>.
28. Majerova, J. (2022). Cognitive rationality and sustainable decision based on Maslow's theorem: A case study in Slovakia. *Cognitive Sustainability*, 1(1), <https://doi.org/10.55343/cogsust.8>.
29. Olayode, O. I., Tartibu, L. K., & Okwu, M. O. (2020). Application of Artificial Intelligence in Traffic Control System of Non-autonomous Vehicles at Signalized Road Intersection. *Procedia CIRP*, 91, 194-200.
30. Olugbade, S., Ojo, S., Imoize, A. L., Isabona, J., & Alaba, M. O. (2022). A review of artificial intelligence and machine learning for incident detectors in road transport systems. *Mathematical and Computational Applications*, 27(5), 77, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.167>.
31. Raoofi, Z., Huge Brodin, M., & Pernestål, A. (2024). System-level impacts of electrification on the road freight transport system: a dynamic approach. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 54(6), 631-651, <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-11-2023-0436>.
32. Reis, J., Costa, J., Marques, P., Pinto, F. S., & Mateus, R. J. (2024). Sustainable Transport: A Systematic Literature Review. In *International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing* (pp. 898-908). https://doi.org/10.1007/978-3-031-38241-3_98
33. Riyadi, T. W., Spraggon, M., Herawan, S. G., Idris, M., Paristiawan, P. A., Putra, N. R., ... & Veza, I. (2023). Biodiesel for HCCI engine: Prospects and challenges of sustainability biodiesel for energy transition. *Results in Engineering*, 17, 100916, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100916>.
34. Sandalow, D., McCormick, C., Kucukelbir, A., Friedmann, J., Nagrani, T., Fan, Z., Halff, A., d'Aspremont, A., Glatt, R., Méndez Leal, E., Karl, K. & Ruane, A. (2023). *Artificial Intelligence for Climate Change Mitigation Roadmap*. ICEF Innovation Roadmap Project. Prieiga per internetą: <https://www.icef.go.jp/roadmap/>
35. Singh, V., Tejyan, S., Kumar, S., & Singh, T. (2024). Enabling sustainable freight transport with longer, heavier vehicles in India. *Case Studies on Transport Policy*, 15, 101138, <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2023.101138>.
36. Tamannaie, M., Zarei, H., & Rasti-Barzoki, M. (2021). A game theoretic approach to sustainable freight transportation: Competition between road and intermodal road–rail systems with government intervention. *Transportation Research Part B: Methodological*, 153, 272-295, <https://doi.org/10.1016/j.trb.2021.09.002>

37. Teske, S., & Niklas, S. (2022). *Decarbonisation pathways for transport*. In Achieving the Paris Climate Agreement Goals: Part 2: Science-based Target Setting for the Finance industry—Net-Zero Sectoral 1.5° C Pathways for Real Economy Sectors (pp. 187-222). Cham: Springer International Publishing, https://doi.org/10.1007/978-3-030-99177-7_8.
38. Wróbel, K., Wróbel, J., Tokarz, W., Lach, J., Podsadni, K., & Czerwiński, A. (2022). Hydrogen internal combustion engine vehicles: a review. *Energies*, 15(23), 8937, <https://doi.org/10.3390/en15238937>.

USAGE OPPORTUNITIES OF SUSTAINABLE TRANSPORT

Abstract

The concept of sustainable development combines social, environmental and economic considerations to ensure that resources are used responsibly and do not harm future generations. The transport sector, including aviation, shipping and road transport, is one of the largest sources of CO₂ emissions and consumes a significant share of energy. Sustainable transport aims to ensure accessibility, safety, reduce environmental impact and increase efficiency. The EU Green Deal promotes the shift towards smart and sustainable mobility, with an emphasis on increasing the sustainability of transport, the development of multimodal transport and the use of zero emission vehicles. The development of sustainable transport reduces GHG emissions by promoting the use of longer and heavier goods vehicles (LHVs), the integration of artificial intelligence, the electrification of transport and hydrogen technologies. Intermodal transport and alternative fuels such as biodiesel contribute to greener solutions. Effective implementation requires not only technological, but also political and managerial solutions that ensure long-term sustainability.

Keywords: sustainability, environment, sustainable transport, climate neutrality, sustainable development.