

TECHNOLOGIJŲ TAIKYMO TVARIAM IŠTEKLIŲ NAUDOJIMUI ANALIZĖ

Gintarė BYČENKAITĖ*, Aurelija BURINSKIENĖ

*Vilnius Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,
Verslo vadybos katedra, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

**El. paštas gintare.bycenkaite@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2023 m. vasario 20 d.; priimta 2023 m. birželio 15 d.

Santrauka. Inovatyvios technologijos gali labai prisidėti prie klimatui neutralių, ekonominių ir socialinių tvarumo formų. Tvarios praktikos įgyvendinimas gali pagerinti tiek organizacijų, tiek aplinkos gyvenimo kokybę. Yra daugybė sprendimų, kuriuos galima pritaikyti skatinant tvarią valdymo praktiką, mažinančią žaliavų suvartojimą. Pagrindinis šio tyrimo tikslas – išnagrinėti įvairias technologijas, kurios gali būti rekomenduojamos skirtinguose sektoriuose siekiant sušvelninti klimato kaitą ir sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją. Straipsnyje siekiama iširti, kaip šios technologijos gali teigiamai paveikti tvarumą ir būdus, kaip užkirsti kelią aplinkos taršai. Tyrimo rezultatas – technologijų klasifikavimas į skirtingas grupes, padedančias užkirsti kelią taršai.

Reikšminiai žodžiai: tvarumas, tarša, technologijos, rūšiavimas, atsinaujinantys energijos šaltiniai, atliekų tvarkymas.

Įvadas

Antropogeninė veikla, ypač didelio masto iškastinio kuro naudojimas išsivysčiusiose šalyse, lėmė dramatišką šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracijos atmosferoje padidėjimą. Remiantis Tarpvyriausybine klimato kaitos komisijos ataskaita, tikėtina, kad visuotinis atšilimas 2030–2052 m. pasieks 1,5 °C, jei jis ir toliau didės dabartiniu tempu. Per pastaruosius 50 metų buvo pastebėtas reikšmingas visuotinio atšilimo poveikis gamtinėms sistemoms bei socialiniam vystymuisi (Qian et al., 2022).

Tvarios technologijos gali padėti mažinti taršą. Naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius, tokius kaip vėjas, vanduo, saulė, galima neteršiant aplinkos sukurti elektros energiją. Saulės, vėjo ir hidroenergija yra plačiai naudojama ne tik Lietuvoje, bet ir užsienio valstybėse. Taip pat diegiant įvairias kontrolės sistemas yra taupomi gamtiniai ištekliai, kurie yra naudojami buityje.

Vis labiau stengiamasi skatinti dirbtinio intelekto (DI) taikymą tvariam naudojimui. DI gali būti naudojamas išmaniesiems namams, žemės ūkyje. Išmanieji namai gali patys išjungti tekantį vandenį ar šviečiančią šviesą. Judesio jutiklis gali įjungti šviesą atsižvelgęs į paros laiką, po namus vaikstantį žmogų ir vietą, taip pat nuspręsti, kiek laiko ir kuris šviestuvus būtų įjungtas. Žemės ūkyje DI taip pat yra naudojamas. Jis yra diegiamas

į dronus, kurie su kameromis aptinka užsikrėtusius augalus, jų ligas, pamatuoja drėgmės lygį, dirvožemio temperatūrą ir t. t.

Šiandien tvarus išteklių naudojimas yra daugumos įmonių siekiamybė. Naudojant tvarius išteklius yra taupoma finansiškai bei padedama gamtai.

Pastebima, kad mokslo studijose yra skiriamas dėmesys pavienių technologijų analizei, trūksta daugia-kompleksio požiūrio bei technologijų, orientuotų į tvarų išteklių naudojimą, analizės ir vertinimo.

Autorės straipsnyje taiko palyginimo, sisteminės analizės metodus ir dalykinės srities ontologiją, skirtą sąryšiui tarp technologijų parodyti ir joms klasifikuoti. Taikant palyginamąjį metodą, galima įvertinti ir išmatuoti įvairias technologijas pagal specifinius kriterijus, o tai leidžia nustatyti jų tvarumo laipsnį ir poveikį taršai. Šis vertinimas apima pagrindinių rodiklių, pvz., emisijų, energijos suvartojimo ir atliekų tvarkymo praktikos, naudojimą. Atlikus šį vertinimą, technologijas galima suskirstyti į kategorijas ir priskirti konkrečioms grupėms, atsižvelgiant į jų našumą šiose srityse. Sisteminės analizės procese pagrindinis dėmesys skiriamas įvairių technologijų tvarumo aspektų tyrimui, įvertinant jų poveikį aplinkai, visuomenei ir ekonomikai. Atliekant šį tyrimą galima nustatyti sąsajas, pasekmes ir įtakas, kurios yra susijusios su konkrečiomis technologijomis. Tokio tipo

analizė leidžia nustatyti, kiek technologijos prisideda prie tvarumo, todėl jas galima suskirstyti pagal svarbą ir poveikį. Šiame darbe taikoma metodika siekiama iliustruoti įvairių technologijų sąsajas ir jas klasifikuoti pagal jų išskirtines savybes. Ontologija palengvina technologijų rūšiavimą ir grupavimą pagal bendrus požymius, o tai galiausiai leidžia išsamiau suprasti jų tvarumo lygį.

Tolesniuose skyriuose yra aprašomas CO₂ išsiskyrimas į orą dėl pramonės sektoriuje vykdomos ūkinės bei ekonominės veiklos, atliekų tvarkymo reikšmė ir skyriuose autorės nagrinėja vandens, elektros taupymo, atsinaujinančių energijos šaltinių, biokuro, Saulės energijos, hidroenergijos, vėjo energijos, transporto taršos mažinimo ir tvarumą žemės ūkyje užtikrinančias technologijas.

1. CO₂ išsiskyrimas į orą dėl pramonės sektoriuje vykdomos ūkinės / ekonominės veiklos

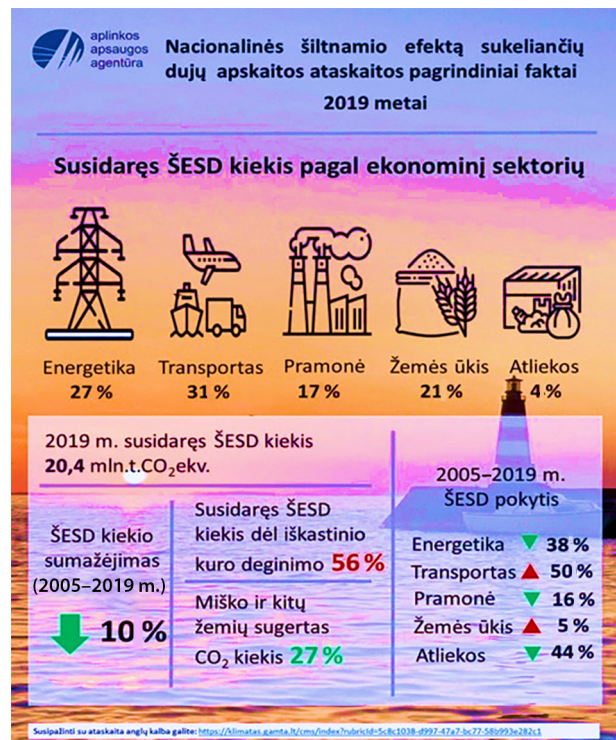
Dėl vykdomų ūkinės ir ekonominės veiklų į orą išmetami dideli teršalų ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekiai. Remiantis 2019 m. nacionalinio inventoriaus ataskaitomis (United Nations, 2021), daugiausia šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetė transporto (30,9 %) ir energetikos (27,5 %) sektoriai, iš viso į atmosferą buvo išmesta 20,4 mln. tonų, kaip ir pateikta 1 paveiksle. Didžiausią dalį ŠESD sudaro anglies dioksidas (CO₂) – bespalvės ir bekvapės dujos, kurios yra natūralus oro komponentas ir yra anglies ciklo dalis (Goel & Agarwal, 2014).

ŠESD mažinimas yra svarbus įgyvendinant tarptautinius klimato kaitos susitarimus: Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvenciją, Paryžiaus susitarimą ir Europos Sąjungos teisės aktuose įtvirtintus klimato kaitos švelninimo tikslus.

Per paskutinį dešimtmetį dažnai būdavo teigiama, kad reikia keisti tradicinius ekonomikos modelius siekiant spręsti iškilusias klimato kaitos problemas. 2015 m. pasaulyje patvirtinta tvaraus vystymosi darbotvarkė, kuri turi būti įvykdyta iki 2030 m., o 2019 m. pateiktas žaliajo kurso komunikatas ir jo įgyvendinimo planas (Europos Komisija, 2019).

Dauguma ES šalių vyriausybių jau priėmė tvarios pramonės vystymo formą, kuri apima atsinaujinančios energijos vartojimą ir gamybos metodus, kuriuos taikant išskiriama mažai CO₂, ir gamtos išteklių tausojimą. Tačiau perėjimas prie žaliosios ekonomikos ir žaliųjų technologijų turėtų būti vystomas visame pasaulyje dėl žmonijos gerovės, taip siekiant mažinti poveikį aplinkai.

Visuotinai pripažįstama, kad žaliąją ekonomiką reiškia aplinkos būklės rizikos dėl klimato kaitos mažinimą naudojant atsinaujinančius išteklius. Dauguma žaliosios



1 paveikslas. Susidaręs ŠESD kiekis pagal ekonominį sektorių (šaltinis: Aplinkos apsaugos agentūra, 2022)

ekonomikos šalininkų mano, kad ekonomika yra aplinkos dalis, ir palaiko idėją, kad ji turi apimti tvarią žmonių ir aplinkos sąveiką, kad būtų patenkinti abiejų kategorijų poreikiai. Žaliosios ekonomikos samprata yra palyginti nauja ir pirmą kartą buvo sukurta devintojo dešimtmečio pabaigoje. Atsinaujinančių išteklių naudojimas yra vienas iš pagrindinių žaliosios ekonomikos tikslų kartu su išmetamųjų teršalų mažinimu, kurie laikomi toksiškais aplinkai (D'Amato, 2021).

Remiantis žaliosios ekonomikos sampratos literatūros analize, galima išskirti pagrindines su ja susijusias dominančias temas:

- CO₂ išmetimo kiekio mažinimas. Didėjantis CO₂ išmetimo kiekis ir ryšys su ekonomikos pažanga bei energetika yra laikomi labai svarbiais diskusijose apie klimato kaitą, nes tiek ekonomikos augimas, tiek energijos suvartojimas yra laikomi pagrindiniais aplinkos blogėjimo veiksniais (Mohsin et al., 2021). Atsižvelgiant į tai, kad įprastinė energija (iškastinis kuras) yra laikoma pagrindiniu anglies dvideginio išmetimo šaltiniu, nulinės emisijos ekonomikos plėtra, augant energijos paklausai, reikalauja didelių finansinių įsipareigojimų (Mohsin et al., 2021). Investicijos į švarią energiją skatina ekonomikos augimą, kartu sumažindamos energetikos pramonės išmetamą CO₂ kiekį ir stabilizuodamos išmetamą ŠESD kiekį energetikos sektoriuje. Kad pasiektų savo tikslus klimato srityje,

Europos Sąjunga parengė plataus užmojo įstatymą, įskaitant apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemą pramonei, CO₂ mokesčių už importuotas prekes, miškingų plotų didinimą, automobilių išmetamųjų teršalų mažinimą.

- *Atliekų tvarkymas*. Atliekos yra viena iš pagrindinių problemų, su kuriomis susiduria šalys, stengdamosi kovoti su tarša. Tinkamas atliekų tvarkymas reikalauja teisinės sistemos, kuri nustato efektyvaus atliekų tvarkymo taisykles. Atliekų tvarkymas – tai visa atliekų surinkimo, vežimo, apdorojimo, perdirbimo ir saugojimo grandinė, kurio tikslas – sumažinti atliekų poveikį žmonių sveikatai, aplinkai, taip pat tausoti gamtos išteklius pakartotinai panaudojant naudingus elementus. Prioritetas teikiamas tvariam atliekų tvarkymui visose šalyse, tiek išsivysčiusiose, tiek besivystančiose. Žiedinė ekonomika ir jos principai leidžia išsaugoti pirminius išteklius (Howson, 2019).
- *Žalioji technologija*. Žaliojoje ekonomikoje neabejotinas vaidmuo skiriamas skaitmenizacijai, gebančiai optimizuoti gamybos procesus nuo jų pradžios, taip pat ir pasibaigus gamybai, siekiant užtikrinti žiedinius žaliosios ekonomikos principus. Viena iš naujausių technologijų, kurias galima naudoti, yra blokų grandinės (angl. *blockchain*) technologija (European Parliament, 2021).
- *Socialinė įtrauktis*. Socialinės įtraukties procesas yra priemonių ir veiksmų visuma paslaugų, užimtumo, būsto, švietimo, sveikatos, informacijos, komunikacijos, mobilumo, saugumo, teisingumo ir kultūros srityse, skirta kovai su socialine atskirtimi siekiant užtikrinti visuomenės dalyvavimą visuose ekonominiuose, socialiniuose, kultūriniuose ir politiniuose aspektuose (Howson, 2019). Žalioji ekonomika siekia būti socialiai įtrauki. Vienas iš pagrindinių veiksmų, darančių įtaką socialinei įtraukčiai – žaliąją ekonomiką, yra skaitmeninimas.
- *Racionalus vartojimas*. Tokie ištekliai kaip vanduo, dirvožemis ir švarus oras yra gyvybiškai svarbūs sveikatai ir gyvenimo kokybei, tačiau jų ištekliai riboti (European Union, 2021). Ištekliai turi būti valdomi efektyviau per visą vartojimo ciklą – nuo gamybos, transportavimo, perdirbimo ir vartojimo iki atliekų tvarkymo. Pastaraisiais metais išaugo aplinkosaugos problemų, susijusių su vartotojų įpročiais, supratimas, o Europos piliečių elgesys išteklių naudojimo požiūriu tampa sąmoningas.

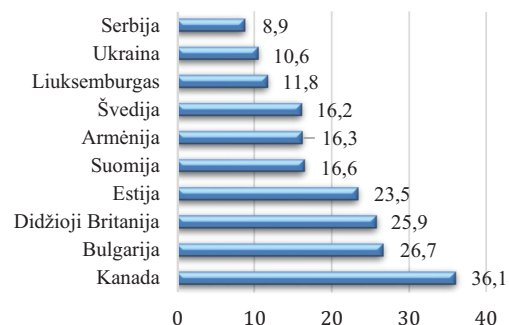
Per pastaruosius dešimt metų vis daugiau dėmesio buvo skiriama įprastinių ekonominių modelių modifikavimui, siekiant išspręsti klimato kaitos problemą. Pasaulinė bendruomenė, įskaitant Europos Sąjungą, įsipareigojo teikti pirmenybę tvariam vystymuisi ir mažinti

išmetamųjų teršalų kieki. Žalioji ekonomika yra nauja strategija, kuria siekiama sušvelninti klimato kaitos pavojų naudojant atsinaujinančius išteklius. Pagrindiniai jos tikslai – anglies dvideginio išmetimo mažinimas, efektyvus atliekų tvarkymas, žaliųjų technologijų skatinimas, socialinė įtrauktis ir apdairus vartojimas. Norint sukurti ekologišką ekonomiką, reikia dėti daug pastangų ir investicijų remiant pasaulinį perėjimą prie tvarios ir ekologiškos ekonomikos.

2. Atliekų tvarkymas, perdirbimas ir rūšiavimas

Jungtinių Tautų duomenimis, visame pasaulyje surenkama apie 11,2 milijardo tonų kietųjų atliekų, kurių beveik visos susidaro dėl ūkinės veiklos. Todėl reikia ne tik tvarkyti atliekas, bet ir parengti strategijas, kurios leistų atliekas tvarkyti tvariai. Pateiktame 2 paveiksle matoma, kad pasaulyje didžiausia atliekų gamintoja vienam gyventojui yra Kanada, apytiksliai 36,1 metrinės tonos per metus, tai yra 10 metrinių tonų daugiau vienam gyventojui nei JAV. Apskaičiuota, kad Kanada per metus pagamina 1,33 milijardo metrinių tonų atliekų, iš kurių 1,12 milijardo metrinių tonų sudaro pramoninės atliekos (Statista, 2021).

Apskaičiuotas metinis atliekų kiekis vienam gyventojui 2019 m.



2 paveikslas. Apskaičiuotas metinis atliekų kiekis vienam gyventojui 2019 m. (šaltinis: Conserve energy future, 2021)

Norint apsaugoti aplinką nuo atliekų sukeltos taršos siekiama kuo daugiau jų perdirbti taikant žiedinės ekonomikos principą bei įgyvendinant Europos žaliojo kurso tikslus pereiti prie modernios, efektyviai išteklius naudojančios ekonomikos.

Šiuo metu Europoje išmetama vidutiniškai 5 tonos atliekų ir tik 38 % jų yra perdirbama. Likusios neperdirbtos atliekos yra išvežamos į sąvartynus, tokių atliekų kiekis siekia iki 60 % (European Union, 2021).

Tvarus atliekų tvarkymas tiesiogiai siejamas su atliekų tvarkymo hierarchija – sistema, kurioje dėmesys sutelkiamas į atliekų mažinimą, pakartotinį naudojimą, perdirbimą, energijos atgavimą ir galiausiai apdorojimą ar šalinimą. Tvariai tvarkant atliekas siekiama

teikti pirmenybę efektyviausiam išteklių naudojimui, prioritetu laikant atsinaujinančius ir mažiau taršius būdus. Tačiau mūsų esama linijinė ekonomika apima atliekų susidarymą dar prieš produktų gamybą, todėl gilesnis požiūris į tvarų atliekų tvarkymą turi sutelkti dėmesį į visus produkto gyvavimo ciklo etapus siekiant sumažinti neigiamą poveikį aplinkai (European Union, 2021).

3 paveiksle pateikiamas Europos Sąjungos atliekų tvarkymo pagrindas, kuris yra penkių pakopų hierarchija nusakant, kada ir kaip yra tvarkomos bei šalinamos atliekos (Statista, 2021).



3 paveikslas. Atliekų tvarkymo hierarchija (šaltinis: sudarytas autorių)

„Waste Framework Directive“ šiukšlių perdirbimo problemos sprendimui nustatė pagrindinius atliekų tvarkymo principus, kai susidarančios atliekos:

- nekelti pavojaus žmonių sveikatai bei aplinkai;
- nekelti pavojaus vandens telkiniams, orui, gyvūnams;
- nekelti triukšmo ir neišskiria kvapo.

Siekdamos įgyvendinti Europos Sąjungos direktyvos tikslus, ES šalys imasi būtinų priemonių šiems tikslams pasiekti:

- iki 2020 m. namų ūkio atliekų (popieriaus, metalo, plastiko ir stiklo) paruošimas pakartotiniam naudojimui ir perdirbamas kiekis turi būti padidintas mažiausiai iki 50 % masės;
- iki 2020 m. atliekų paruošimas perdirbimui, įskaitant pakartotinį naudojimą arba pakeičiant jas kitomis medžiagomis, turi sudaryti ne mažiau kaip iki 70 % masės;

- komunalinių atliekų paruošimas pakartotiniam naudojimui ir jų perdirbimas iki 2025 m., 2030 m. ir 2035 m. turi būti padidintas iki 55 %, 60 % ir 65 % masės atitinkamai (European Commission [EC], 2021).

Tvarus atliekų tvarkymas yra neabejotinas prioritetas tiek išsivysčiusiose, tiek besivystančiose šalyse. Tinkamai įgyvendinti žiedinės ekonomikos principai leidžia antrinius išteklius išlaikyti produktų gamybos grandinėje ir taip išsaugoti pirminius išteklius. Paskutiniu metu dėmesys skiriamas moksliniams tyrimams ir studijoms, kurie nagrinėja atliekų tvarkymo problemas ne tik techniniu ir inžineriniu požiūriu, ieškant inovatyvių sprendimų, bet ir ekonomiškai, daugiausia dėmesio skiriant pagrindiniams perdirbimo ciklo iššūkiams ir galimybėms. Žiedinės ekonomikos principų įsiskverbimas į atliekų tvarkymo scenarijus reikalauja naujų politinių ir teisinių sprendimų bei palankaus socialinio konteksto. Be to, efektyvus atliekų tvarkymo problemos svarba reikalauja tarpdalykinio požiūrio į sprendimus ir holistinės scenarijų pasirinkimo vizijos, o tai reikalauja specialaus dalyvaujančių specialistų įgūdžių formavimo (Conserve Energy Future, 2021). Toliau tekste dėmesį skirsime pagrindinių technologijų, skirtų tvariam išteklių naudojimui, analizei.

Siekiant apsaugoti aplinką, būtina diegti efektyvius atliekų tvarkymo būdus ir skatinti tausų išteklių naudojimą. Perėjimas prie žiedinės ekonomikos, apimantis konkrečių tikslų nustatymą, pirmenybę teikiant atliekų mažinimui, pakartotiniam naudojimui ir perdirbimui, yra esminis žingsnis tvaresnės ateities link.

Technologijų taikymo tvariam išteklių naudojimui analizė

Šiame skyriuje autorės nagrinės vandens, elektros taupymo, atsinaujinančių energijos šaltinių, biokuro, Saulės energijos, hidroenergijos, vėjo energijos, transporto taršos mažinimo ir tvarumą žemės ūkyje užtikrinančias technologijas.

Norint suklasifikuoti technologijas reikia pasitelkti siūlomų funkcionalumų lyginamąją analizę ir statistinę duomenų analizę, nes tai leidžia įvertinti poreikius,

1 lentelė. Daugiaetapė metodologija, skirta technologijoms pagal jų taikymo sritis suklasifikuoti

Metodikos lygmuo	Vertinimui taikomas metodas	Rezultatai	Atitiktis tvariam naudojimui
Pirmas lygmuo	Palyginamoji analizė, metodų, taikomų literatūroje, peržiūra	Literatūros analizė ir pagrindinių grupių identifikavimas pagal jų atitiktį tvarumui pasiekti	Klasifikuojamos technologijos į grupes, kurios padeda sumažinti taršą, vandens ir energijos vartojimą, padidinti atliekų perdirbimą bei atliepti kitus su tvariu išteklių naudojimui susijusius iššūkius
Antras lygmuo	Palyginamoji analizė	Technologijų analizė ir vertinimas	

padedančius palaikyti tvarių išteklių naudojimo funkcionalumą (1 lentelė).

Kaip pagrindinį rezultatą autorės kuria technologijų klasifikavimo struktūrą. Ši prielaida pasitelkiama klasifikuojant technologijas, kurios padeda atskleisti svarbiausius tvarų naudojimą skatinančius veiksnius. Gauti rezultatai leidžia daryti prielaidą, kad mūsų pateiktas metodas gali padėti tvariau naudoti išteklius.

3. Vandens taupymas

Vandenį taupančios technologijos jau seniai yra laikomos vienu veiksmingiausių metodų, leidžiančių sumažinti vandens sąnaudas bei vandens trūkumą regionuose. Lauko mastu vandenį taupančios technologijos nesugeba sutaupyti vandens dėl sukaupto padidėjusio grįžtamojo srauto (Zhou et al., 2021).

Šiais laikais kiekviena pramonės veikla gali būti atliekama naudojant technologijas. Viena iš sričių, kur efektyviai galima taikyti tokias sistemas, yra žemės ūkis. Kadangi laistymas yra svarbiausia žemės ūkio dalis, yra technologijos, kurios palengvina darbą naudojant automatinę drėkinimo sistemą. Apie 50 % vandens švaistymo atsiranda dėl drėkinimo sistemos neefektyvumo, kada yra naudojama ir drėkinama per daug (Imam & Francis, 2021). Jei drėgmės lygis žemas, įdiegtoji automatika įjungia siurblių, kad tiektų vandenį drėkinimui, o kai ši technologija atpažįsta, jog dirvožemis sudrėkinimas pakankamai – siurblys išsijungia automatiškai. Šios technologijos yra užprogramuotos ir nereikia žmogui pačiam įsitraukti (Mishra & Khare, 2021).

Tokiu būdu vanduo yra taupomas, nėra švaistomas ir taip užtikrinamas tvarus vandens vartojimas. Jau kurį laiką vandenį tausojančios technologijos buvo pripažintos perspektyviais sprendimais, padedančiais sumažinti vandens vartojimą ir spręsti vandens trūkumo problemą. Nepaisant to, šios technologijos susiduria su didesnio masto kliūtimis sutaupyti daug vandens dėl padidinto atgalinio srauto. Daugelyje sričių, pavyzdžiui, žemės ūkyje, technologijos yra esminis efektyvumo didinimo komponentas. To pavyzdys yra automatizuotos drėkinimo sistemos, kurios pagerina vandens panaudojimą automatiškai priderindamos vandens tiekimą pagal dirvožemio drėgmės lygį. Pritaikius tokias technologijas, sumažėja vandens švaistymas ir pagerėja vandens išteklių valdymas žemės ūkyje.

4. Elektros taupymas

Elektros energijos poreikis yra būtinas visose srityse, pavyzdžiui, namų ūkyje, pramonėje, žemės ūkyje. Pats didžiausias elektros energijos suvartojamas kiekis yra gyvenamuosiuose bei komerciniuose pastatuose. Pastatų

automatizavimo sistemoje yra naudojama energijos valdymo technologija, leidžianti efektyviai suvartoti energiją bei sumažinti išlaidas elektrai. Energetiškai efektyviuose pastatuose apšvietimo valdymas laikomas vienu iš pagrindinių reikalavimų. Yra žinoma, jog būtent komercinės įmonės apšvietimui suvartoja 26 % energijos. Apšvietimui LED lemputės yra tvaresnės už kaitrines (Al Ka'bi, 2021).

Spartaus mokslo pažangos reikalavimuose atsirandančios elektros sistemos plėtra įkvėpė nagrinėti relės pritaikymą žemos įtampos elektros inžinerinės automatikos aparatuose. Automatizuotų žemos įtampos elektros prietaisų taikymas gali efektyviai pagerinti elektros kokybę bei teikti aukštos kokybės elektros paslaugas žmonių gyvenimui ir gamybos įmonėms (Xie, 2021).

Vis dažniau taikoma „išmanojo namo“ koncepcija, kai namo kontrolė yra automatizuota, o buitinių prietaisų valdymas yra derinamas tarpusavyje. DI yra vienas geriausių sprendimų beveik visoms automatinėms sistemoms. Jutikliai gali būti temperatūros, drėgmės, šviesos, garso. Judesio jutiklis gali įjungti šviesą atsizvelgęs į paros laiką, jautrus judesiui ir vietai, taip pat gali nuspręsti, kiek laiko ir kurią šviesą įjungti (Sarkar & Pramanik, 2020).

Taigi, DI būtų vienas geriausių būdų tvariam elektros naudojimui. Augant tvarios praktikos paklausai, vis labiau populiarėja energiją taupančios technologijos, įskaitant vandenį taupančias technologijas ir automatizuotas elektros sistemas. Šios pažangos įgyvendinimas pasirodė esąs naudingas mažinant išteklių suvartojimą ir didinant efektyvumą. Šios technologijos gali padėti sumažinti vandens trūkumą ir optimizuoti energijos vartojimą įvairiuose sektoriuose, tokiuose kaip žemės ūkis ir pastatų valdymas.

5. Atsinaujinantys energijos šaltiniai

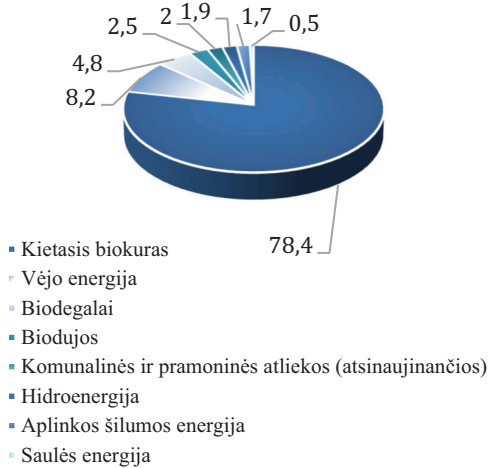
Energija yra esminis žmogaus vystymosi bei ekonomikos augimo elementas. Greitas gyventojų skaičiaus augimas, augantis gyvenimo lygis ir technologijų plėtra yra pagrindiniais veiksniais, lėmę išaugusį energijos poreikį per pastaruosius dešimtmečius. Nerimą keliančios didėjančio energijos vartojimo tendencijos parodė didelį poveikį aplinkai (Tovar-Facio et al., 2022).

Pasaulinei energetikos krizei stiprėjant, atsinaujinantys energijos šaltiniai suteikia naujas galimybes. Pateiktame 4 paveiksle matomi pagrindiniai atsinaujinantys energijos šaltiniai yra kietasis biokuras, vėjo energija, Saulės energija ir hidroenergija.

5.1. Kietasis biokuras

Kietasis biokuras – tai iš medienos ar kitokių biokuro rūšių pagaminti degūs kietieji produktai, naudojami energijai gaminti (ABC energetikos, 2021a).

Atsinaujinančių energijos išteklių sąnaudų struktūra 2019 m.



4 paveikslas. Atsinaujinanti energija 2019 m. (šaltinis: sudaryta autorių)

Biokuro klasifikacija priklauso nuo kuro kilmės:

- medienos biomasė – miško, neapdorota ir apdorota mediena;
- žolinių augalų biomasė – žemės ūkio bei sodininkystės žolinių augalų biomasė;
- vaisių biomasė – vaismedžių vaisiai, vaisių perdirbimo pramonės atliekos;
- biomasės mišiniai (ABC energetikos, 2021a).

Pagrindinis kietojo biokuro šaltinis yra miškas. Jau ilgą laiką žmonės šildymui naudoja medienos gaminius, tačiau moderniosios biokuro gamybos ir deginimo technologijos leidžia efektyviai naudoti kone visas medienos atliekas. Šiuo metu pati populiariausia kietojo kuro rūšis yra pjuvenų granulės ir briketai. Juos deginant išskiriama daugiau šilumos nei deginant medienos gaminius (ABC energetikos, 2021a).

Taigi, renkantis šildymui kurą reikia atsižvelgti į kuro karingumą, kadangi pjuvenų granulės ir briketai yra karingesni, jų sunaudojamas kiekis bus mažesnis nei naudojant medį.

5.2. Saulės energija

Saulės energija yra išgaunama surinkus saulės spindulius. Ši energija gali būti vartojama šilumos bei elektros gamybai. Saulės spindulinė energija paverčiama į šilumos energiją saulės kolektoriuose, o elektros energija gaunama tiesiogiai iš saulės šviesos (ABC energetikos, 2021b).

Didėjant socialinėms, ekonominėms ir aplinkosaugos problemoms visose valstijose, būtina nuolatos tobulėti ir reguliariai ieškoti naujovių ir naujausių technologijų bei jas taikyti (Sun et al., 2022).

Saulės energija yra pigesnė bei tvaresnė, todėl ji tapo alternatyva iškastiniam kurui. Dėl naujausių technologijų pažangos, dėl kurios didelio kiekio elektros kaupimas tapo ekonomiškai perspektyvus, Saulės energijos gamybos ir saugojimo derinys ateityje žada pigesnę, ekologiškesnę ir patikimesnę elektros energiją (Neupane et al., 2022).

5.3. Hidroenergija

Hidroenergija – tekančio vandens energija, kuri yra vartojama elektros energijai gaminti. Šiais laikais didėjantis energijos poreikis, aplinkosaugos problemos ir iškastinio kuro išteklių trūkumas privertė energijos vadybos mokslininkus ieškoti alternatyvų – tvarių, atsinaujinančių energijos šaltinių. Siekiant pagerinti tvarių sprendimų dėl energijos išteklių planavimo efektyvumą ir tikslumą, į sprendimų priėmimo procesus rekomenduojama įtraukti visapusišką techninių, ekonominių, aplinkosaugos bei socialinių savybių rinkinį (Neupane et al., 2022).

Hidroelektrinės tiekė didžiąją dalį žaliosios elektros įvairiose pasaulio vietose. Nepaisant to, ekonominis hidroenergijos pelnas daugeliu atvejų viršija socialines išlaidas ir, nepaisant trumpalaikės didelių užtvankų ekonominės naudos, abejojama dėl jų tvarumo privalumo bei trūkumų. Didelė pažanga padaryta supaprastinant hidroelektrinių galimybių studijas, kuriant išsamią programinę įrangą ir modelius pagal Jungtinių Tautų darnaus vystymosi tikslus (Assadi et al., 2022).

5.4. Vėjo energija

Atsinaujinanti energija yra vienas sparčiausiai augančių energijos vartojimo segmentų, o pati vėjo energija yra vienas plačiausiai vartojamų atsinaujinančios energijos šaltinių (Kaps et al., 2022). Atsinaujinančios energijos šaltiniai, tokie kaip vėjo energija, atlieka svarbų vaidmenį siekiant greito anglies dioksido mažinimo, siekiant apriboti globalinį atšilimą (Neupane et al., 2022).

Vėjo jėgainės yra skirstomos į dvi grupes: pagal paskirtį ir galingumą bei pagal konstrukciją.

Vėjo jėgainės pagal paskirtį ir galingumą:

- pramoninės (daugiau kaip 250 kW);
- vidutinės (nuo 50 kW iki 250 kW);
- asmeninės (nuo 0,1 kW iki 50 kW).

Vėjo jėgainės pagal konstrukciją:

- horizontalios ašies;
- vertikalios ašies.

Vėjo jėgainės įrengiamos ne tik lygumose, aukštumoje ar jūros pakrantėse. Pastaruoju metu įrengiama net atvirose jūrose, kur ir pučia stipriausias vėjas. Lietuvoje jau sparčiai gaminama elektra vartojant vėjo energiją (ABC energetikos, 2021).

Tokios jėgainės nenaudoja iškastinio kuro, kuris išskiria į aplinką daug taršos bei CO₂. Vėjas yra atsinaujinantis energijos šaltinis, todėl jis yra tvarus aplinkai ir žmonėms.

6. Transporto taršos mažinimas

Koordinuotas ekologijos, ekonomikos ir transporto santykis yra būtinas regiono tvariam vystymuisi (Tajziehchi et al., 2022). Kelių transporte ir toliau dominuoja iškastinis kuras. Transportas išmeta maždaug ketvirtadalį visų su energija susijusių šiltnamio efektą sukeliančių dujų, kurios teršia aplinką (Wang et al., 2022).

Judėjimas ir kuras mieste ir už jo ribų yra pagrindinė miesto ekonomikos dalis ir labai svarbus apibrėžiant gyvenimo kokybę. Tvaraus transporto tikslai užtikrina optimalų dabartinės ir būsimos ekonominės ir aplinkos kokybės stabilumą, kuri nevienodai veikia visuomenės gyvenimo kokybę (Plotz, 2022). Šiuo metu yra diegiamos inovatyvios degimo technologijos, naudojamos vidaus degimo varikliuose. Naudojant tokias technologijas itin sumažėja suodžių emisija (Allirani & Verma, 2022). Taip pat kuriamos technologijos, leidžiančios naudoti alternatyvius bei švaresnius degalus, atitinkančius griežtesnes išmetamųjų teršalų normas visame pasaulyje ir mažinančius priklausomybę nuo įprastų degalų (Agarwal et al., 2022).

Kadangi naudojamos inovatyvios technologijos vidaus degimo varikliuose bei vartojamas biokuras, galime teigti, jog tokios technologijos bei atsinaujinantis šaltinis, toks kaip biokuras, lemia tvarumo vystymąsi.

7. Tvarumas žemės ūkyje

Per didelis cheminių medžiagų naudojimas ūkiuose, siekiant padidinti dirvožemio derlingumą ir sumažinti piktžoles bei kenkėjus, neigiamai paveikė aplinką ir žmonių sveikatą. Gamtinių išteklių, tokių kaip fosforas ir žemės ūkyje reikalinga energija, prieinamumas

yra ribotas. Vandens trūkumas ir augalų ligų plitimas yra kitos pagrindinės vyraujančios problemos (Singh & Kaur, 2022).

DI tapo perspektyvia technologija skaitmeniniame žemės ūkyje. Skaitmeninis žemės ūkis yra susijęs su skaitmeninių technologijų naudojimu elektroniniams žemės ūkio duomenims rinkti, saugoti ir toliau analizuoti, kad būtų galima geriau pagrįsti ir priimti sprendimus taikant DI metodus. Tikslioji žemdirbystė yra vienas iš tokių metodų, kurie skaičiuoja ir matuoja žemės drėgmę, sudėtį ir temperatūrą bei nustato optimalius trąšų ir vandens poreikius konkrečiam augalui ir skirtingoms ūkio vietoms. Taip pat yra DI metodai, kurie aptinka, ar augalas užkrėstas ir kokiomis ligomis, tuo pačiu metu DI aptinka, kurioje vietoje yra piktžolės (Singh & Kaur, 2022).

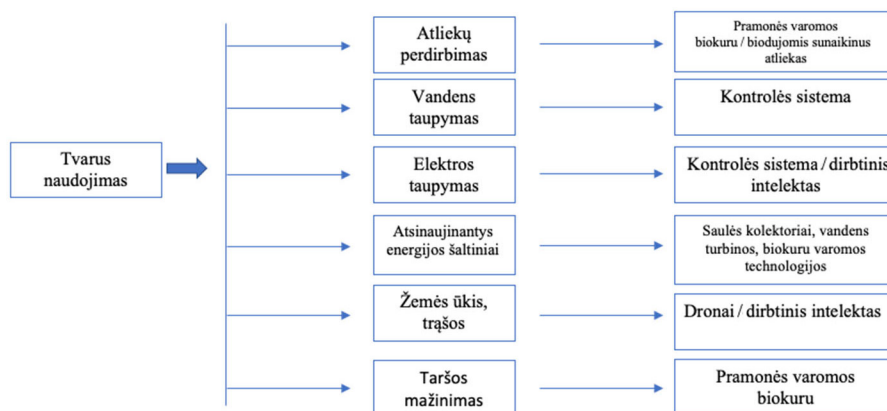
Kompiuterinis matymas ir gilus mokymosi algoritmai apdoroja duomenis, kurie yra aptikti dronų su kameromis. Iš dronų kameros su DI gali užfiksuoti viso ūkio vaizdus ir analizuoti vaizdus beveik realiuoju laiku, kad nustatytų problemines sritis ir galimus koregavimus (Vatsa & Singh, 2021).

Kadangi tokios technologijos kaip DI ir dronai nustato, kuriose vietose yra sausa, drėgna, mažesnis derlius dėl žemėje trūkstamų trąšų ir t. t., galime teigti, jog tokiu būdu yra taupomas vanduo, trąšos bei elektra.

8. Technologijų taikymo tvariam išteklių naudojimui klasifikacija

Analitinio tyrimo metu autorės taikė dalykinės srities ontologiją, skirtą sąryšiui tarp tvaraus išteklių naudojimo ir technologijų parodyti, bei remdamosi anksčiau straipsnyje pateikta informacija užsibrėžė tikslą technologijas atitinkamai suklasifikuoti.

Kaip pateikta 5 paveiksle, tvaraus išteklių naudojimo būdus galima išskirstyti pagal technologijas. Galima matyti, jog tvarus naudojimas yra išskirstytas į 6 grupes: atliekų perdirbimas, vandens bei elektros taupymas, atsinaujinantys energijos šaltiniai, žemės ūkis, trąšos, taršos mažinimas, pramonės varomos biokuru / biodujomis sunaikinus atliekas, kontrolės sistema, kontrolės sistema / dirbtinis intelektas, saulės kolektoriai, vandens turbinos, biokuru varomos technologijos, dronai / dirbtinis intelektas, pramonės varomos biokuru.



5 paveikslas. Technologijų, tausojančių aplinką, klasifikavimas (šaltinis: sudaryta autorių)

atsinaujinantys energijos šaltiniai, žemės ūkis ir tarša. Kiekvienoje grupėje išskirtos technologijos, kuriomis galima saugoti aplinką bei tausoti šaltinius.

- Atliekų perdirbimas – pramonė, kuri yra varoma biokuru arba biodujomis, išgaunamomis iš atliekų naikinimo.
- Vandens taupymas – yra naudojamos kontrolės sistemos, kurios yra jutiminės.
- Elektros taupymas – yra naudojamos kontrolės sistemos, pvz., jutiminiai šviesos jungikliai.
- Atsinaujinantys energijos šaltiniai – tokiais šaltiniais yra kuriama elektros energija, pvz.: saulės kolektoriai, vėjo jėgainės, vandens turbinos ar biokuru varomos technologijos.
- Žemės pramonė – plačiai naudojamas dirbtinis intelektas dronuose, prisideda vykdant žemės ūkiui svarbias užduotis.
- Taršos mažinimas – naudojamos technologijos, kurios yra nekenksmingos aplinkai.

Pateiktas technologijų klasifikavimas turi ir keletą apribojimų. Tyrimo metu nebuvo išsamiai išnagrinėta:

- įvairių taikymo sričių – gamybos, darnaus miesto, pažangių tinklų ir kitos technologijos;
- technologijų taikymo įtaka išteklių naudojimui;
- verslo procesams optimizuoti skirtos technologijos, mažinančios aplinkos taršą.

Išvados

Strategijos „Europa 2020“ pavyzdinėje iniciatyvoje dėl tvaraus išteklių naudojimo siūloma numatyti vidutinės trukmės ir ilgalaikes išteklių naudojimo priemones. Ši tema nagrinėjama strategijos „Europa 2020“ dalyje „Efektyvus išteklių naudojimas“, kur palaikomas mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančių technologijų diegimas, apibrėžiami struktūriniai ir technoliniai pokyčiai, kuriuos reikia įgyvendinti.

Tarp technologijų įvardinamos mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančios – energijos vartojimo, atsinaujinančios energijos, darnaus žemės ūkio technologijos. Tokių technologijų taikymas gali paskatinti efektyvų išteklių panaudojimą, mažesnę aplinkos užterštumą CO₂ dalelėmis ir kt. Daugelis technologijų, išskiriančių mažai anglies dioksido į aplinką, sparčiai keičia pajėgumus, todėl įtaka išteklių naudojimui būna skirtinga.

Straipsnyje daugiausia dėmesio skiriama darnaus vystymosi reikalavimų ir žaliojo kurso tikslų įgyvendinimui bei technologijų vertinimui. Autorės pasiūlė dviejų etapų metodologiją, jos pagrindu atliko analitinį tyrimą ir suklasifikavo technologijas, skirtas aplinkos tvarumui didinti. Šiame straipsnyje išskiriamos šešios grupės (atliekų perdirbimas, vandens taupymas,

elektros taupymas, atsinaujinantys energijos šaltiniai, žemės ūkis bei taršos mažinimas), kurioms priskirtos tvarios technologijos (pramonės, varomos biokuru, kontrolės sistemos, saulės kolektoriai, vandens turbinos, dirbtinis intelektas, dronai) ir kuriose aprašoma technologijų įtaka tvariam išteklių naudojimui. Pagrindinis atlikto tyrimo rezultatas – suklasifikuotos technologijos į grupes, kurios padeda atliepti su tvarium išteklių naudojimu susijusius iššūkius.

Tolesnės tyrimų kryptys galėtų būti:

- įvardintų technologijų kiekybinis įtakos tvarumui vertinimas;
- technologijų, taikančių atsinaujinančius energijos šaltinius, identifikavimas ir jų taikymo sričių įvardinimas;
- daugiakriteris technologijų naudingumo vertinimas.

Padėkos

Dėkoju universitetui už suteiktą galimybę vykdyti mokslinį projektą.

Rėmimas, finansavimas

Vilnius Tech [dotacijos nr].

Indėlis į straipsnį

Autorės deklaruoja savo dalyvavimą rašant straipsnį: technologijų analizė ir vertinimas – Gintarė Byčenkaitė, straipsnio peržiūra ir apibendrinimas – Aurelija Burinskienė.

Interesų deklaracija

Autorės deklaruoja, kad neturi finansinių, profesinių ar asmeninių interesų, kurie galėtų daryti įtaką straipsnio rengimui.

Literatūra

- ABC energetikos. (2022a). *Kietasis kuras*. <http://energetikosabc.lt.virtualu.hostingas.lt/lt/atsinaujinantys-istekliai/kokios-yra-biokuro-rusys/kietasis-biokuras/46>
- ABC energetikos. (2022b). *Kietasis kuras*. <http://energetikosabc.lt.virtualu.hostingas.lt/lt/atsinaujinantys-istekliai/kas-yra-saules-energija/161>
- Agarwal, A. K., Martínez, A. G., Kalwar, A., & Valera, H. (2022). Introduction to advanced combustion for sustainable transport. In *Advanced combustion for sustainable transport* (pp. 3–6). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8418-0_1
- Al Ka'bi, A. (2021, June). Management of electrical lighting system using programmable logic controllers. In *2021 2nd International Conference on Smart Computing and Electro-*

- nic Enterprise (ICSCEE) (pp. 121–126). Cameron Highlands, Malaysia. IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICSCEE50312.2021.9498023>
- Allirani, H., & Verma, A. (2022). Quality of LIFE (QoL) effects of sustainable transport policy framework in developing economies. *Transportation in Developing Economies*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s40890-021-00141-4>
- Aplinkos apsaugos agentūra. (2022). *Klimato kaita*.
<https://klimatas.old.gamta.lt/cms/index?rubricId=5c8c1038-d997-47a7-bc77-58b993e282c1>
- Assadi, M. R., Ataebi, M., sadat Ataebi, E., & Hasani, A. (2022). Prioritization of renewable energy resources based on sustainable management approach using simultaneous evaluation of criteria and alternatives: A case study on Iran's electricity industry. *Renewable Energy*, 181, 820–832.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.09.065>
- Conserve Energy Future. (2021). *Sustainable practices in waste management*. Retrieved December 8, 2021, from <https://www.conserve-energy-future.com/sustainable-practices-waste-management.php>
- D'Amato, D. (2021). Sustainability narratives as transformative solution pathways: Zooming in on the circular economy. *Circular Economy and Sustainability*, 1, 231–242.
<https://doi.org/10.1007/s43615-021-00008-1>
- European Commission. (2021). *Waste framework directive*. Retrieved December 8, 2021, from https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling_en?fbclid=IwAR-0Vu9eRnd7GU3mlCVTEJ0XSeFZXrq_XiyUYi7t3bSUFcH-TJ_7g60QSC5-k
- European Parliament. (2021). *Reducing carbon emissions: EU targets and measures. news*. Retrieved November 30, 2021, from <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180305STO99003/reducing-carbon-emissions-eu-targets-and-measures>
- European Union. (2021). *Resource efficiency – A business imperative*. Retrieved December 01, 2021, from https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/fact-sheet_en.pdf
- Europos Komisija. (2019). *Europos žaliasis kursas*. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_lt
- Goel, S., & D. Agarwal, D. (2014). Carbon dioxide. In *Encyclopedia of toxicology* (3rd ed.) (pp. 675–677). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00269-4>
- Howson, P. (2019). Tackling climate change with blockchain. *Nature Climate Change*, 9, 644–645.
<https://doi.org/10.1038/s41558-019-0567-9>
- Imam, M. A., & Francis, M. S. (2021). PLC based automated irrigation system. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 9(8), 1519–1525.
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.37553>
- Kaps, C., Marinesi, S., & Netessine, S. (2022). When should the off-grid sun shine at night? Optimum renewable generation and energy storage investments. *Management Science*, 1–18.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.2021.04129>
- Mishra, P., & Khare, G. P. (2021). Water controlling by soil moisture. *Materials Today: Proceedings*.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.432>
- Mohsin, M., Nurunnabi, M., Zhang, J., Sun, H., Iqbal, N., Iram, R., & Abbas, Q. (2021). The evaluation of efficiency and value addition of IFRS endorsement towards earnings timeliness disclosure. *International Journal of Finance & Economics*, 26(2), 1793–1807.
<https://doi.org/10.1002/ijfe.1878>
- Neupane, D., Kafle, S., Karki, K. R., Kim, D. H., & Pradhan, P. (2022). Solar and wind energy potential assessment at provincial level in Nepal: Geospatial and economic analysis. *Renewable Energy*, 181, 278–291.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.09.027>
- Plötz, P. (2022). Hydrogen technology is unlikely to play a major role in sustainable road transport. *Nature Electronics*, 5(1), 8–10. <https://doi.org/10.1038/s41928-021-00706-6>
- Qian, D., Dargusch, P., & Hill, G. (2022). Carbon management behind the ambitious pledge of net zero carbon emission – A case study of PepsiCo. *Sustainability*, 14(4), 2171.
<https://doi.org/10.3390/su14042171>
- Sarkar, M., & Pramanik, S. (2020). Smart home using artificial intelligence. *BKGC Scholars*, 1(2), 69–74.
- Singh, P., & Kaur, A. (2022). A systematic review of artificial intelligence in agriculture. In *Deep learning for sustainable agriculture* (pp. 57–80). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85214-2.00011-2>
- Statista. (2021). *Estimated annual waste per capita of the leading waste producing countries worldwide as of 2019*. Retrieved December 8, 2021, from <https://www.statista.com/statistics/1168066/largest-waste-producing-countries-worldwide-per-capita/>
- Sun, Y., Bao, Q., Siao-Yun, W., ul Islam, M., & Razzaq, A. (2022). Renewable energy transition and environmental sustainability through economic complexity in BRICS countries: Fresh insights from novel Method of Moments Quantile regression. *Renewable Energy*, 184, 1165–1176.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.12.003>
- Tajziehchi, S., Karbassi, A., Nabi, G., Yoo, C., & Ifaei, P. (2022). A cost-benefit analysis of bakhtiari hydropower dam considering the nexus between energy and water. *Energies*, 15(3), 871. <https://doi.org/10.3390/en15030871>
- Tovar-Facio, J., Cansino-Loeza, B., & Ponce-Ortega, J. M. (2022). Management of renewable energy sources. In *Sustainable design for renewable processes* (pp. 3–31). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824324-4.00004-4>
- United Nations. (2021). *National inventory submissions 2021*.
- Vatsa, D. K., & Singh, S. P. (2021). Advancements in mechanization input for sustainable development of North Hill farming ecosystem. *Journal of Science for Society*, 3(3), 156–165.
- Wang, W., Gong, J., Yang, W., & Zeng, J. (2022). The ecology-economy-transport nexus: Evidence from Fujian Province, China. *Agriculture*, 12(2), 135.
<https://doi.org/10.3390/agriculture12020135>
- Zhou, X., Zhang, Y., Sheng, Z., Manevski, K., Andersen, M. N., Han, S., Li, H., & Yang, Y. (2021). Did water-saving irrigation protect water resources over the past 40 years? A global analysis based on water accounting framework. *Agricultural Water Management*, 249, 106793.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106793>
- Xie, W. (2021, July). Application of relay in low voltage apparatus of electrical engineering automation. In *2021 6th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)* (pp. 343–347). Coimbatore, India. IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICCES51350.2021.9488964>

ANALYSE OF TECHNOLOGIES IMPACT ON SUSTAINABILITY

Gintarė BYČENKAITĖ,
Aurelija BURINSKIENĖ

Abstract. Innovative technologies can significantly contribute to climate-neutral, economic, and social forms of sustainability. Sustainability improves the quality of people's lives, and it is beneficial for companies and nature. Scientists have recognized that there are many solutions for making sustainable management practices that lead to a significant reduction in the use of raw materials. The method of this paper is to overview the majority of technologies advised to use in different sectors which are directed to mitigate climate change and reach zero emissions. The main aim of this paper is explored how most introduced technologies can impact sustainability and how to avoid pollutions releases to ecosystems. The result of this paper is classification of technologies into separate groups, that helps avoid pollution.

Keywords: sustainability, pollution, technologies, recycling, renewable energy sources, waste management.