



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

Jolita Kavaliauskaitė

**EKOLOGINIO PĖDSAKO METODIKOS ADAPTAVIMAS
UNIVERSITETO DARNUMUI VERTINTI IR VALDYTI**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovė

Dr. Inga Gurauskienė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

**EKOLOGINIO PĖDSAKO METODIKOS ADAPTAVIMAS
UNIVERSITETO DARNUMUI VERTINTI IR VALDYTI**

Baigiamasis magistro projektas

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba

(kodas 621H17002)

Vadovė

Dr. Inga Gurauskienė

Recenzentė

Prof. dr. Žaneta Stasiškienė

Projektą atliko

Jolita Kavaliauskaitė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Jolita Kavaliauskaitė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Ekologinio pėdsako metodikos adaptavimas universiteto darnumui vertinti ir valdyti“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Jolitos Kavaliauskaitės**, baigiamasis projektas tema „Ekologinio pėdsako metodikos adaptavimas universiteto darnumui vertinti ir valdyti“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

Paveikslų sąrašas	5
Lentelių sąrašas	6
Santrumpos	7
Santrauka.....	8
Summary.....	9
Įvadas.....	10
1. Teoriniai ir praktiniai ekologinio pėdsako sampratos aspektai	12
1.1. Ekologinio pėdsako koncepcija	12
1.2. Ekologinio pėdsako rodiklių apžvalga pasauliniu ir vietiniu mastu	17
1.3. Ekologinio pėdsako ir darnumo koncepcija.....	21
1.4. Ekologinio pėdsako analizė – priemonė švietimo įstaigų darnumui.....	22
vertinti ir valdyti.....	22
1.5. Ugdymo įstaigų poveikio aplinkai apžvalga.....	24
1.6. Ekologinio pėdsako skaičiavimo metodikos apžvalga.....	25
1.6.1. Ekologinio pėdsako apskaičiavimas.....	26
1.6.2. Biologinės talpos apskaičiavimas.....	28
1.6.3. Darnų gyvenimą užtikrinančio ploto apskaičiavimas	29
1.6.4. Tvaraus proceso indekso apskaičiavimas.....	29
2. Ekologinio pėdsako skaičiavimo adaptavimo universitetui metodika	31
3. Ekologinio pėdsako tyrimas Kauno technologijos universitete	39
3.1. Universiteto ekologinio pėdsako tyrimo rezultatai	39
3.2. Ekologinio pėdsako rezultatų reikšmė valdant universiteto darnumą	43
3.3. Rekomendacijos dėl ekologinio pėdsako metodikos reikalingų modifikacijų, siekiant tiksliau vertinti ir valdyti universiteto darnumą.....	43
IŠVADOS.....	49
LITERATŪRA	51
PRIEDAI	55

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 paveikslas. Globaliųjų ir paprastųjų hektarų žemėnaudos pasiskirstymas 2007 m.	16
2 paveikslas. Ekologinio pėdsako kitimo tendencijos ir ateities prognozės (<i>Living planet report, 2012</i>).	16
3 paveikslas. 2011 metų ekologinio pėdsako ir biologinės talpos palyginimas ES šalyse (pagal „ <i>Global footprint network</i> “ duomenis)	19
4 paveikslas. Lietuvos ekologinio pėdsako biologinės talpos kitimas 1991 – 2012 m. (<i>Ecological wealth of nations, 2012</i>).....	20
5 paveikslas. Lietuvos mokyklų ekologinis pėdsakas ir jo sudedamosios dalys (<i>Mokyklų ekologinio pėdsako vertinimas, 2014</i>).....	25
6 paveikslas. Elektros energijos gamybos poveikis aplinkai (ekologinis pėdsakas) skirtingose šalyse (<i>Biekša, 2014</i>).....	27
7 paveikslas. KTU bendrabučių ekologinis pėdsakas bendrabučiuose.....	40
8 paveikslas. Ekologinio pėdsako dydis ir sudėtis skirtinguose universiteto pastatuose (2015)	41
9 paveikslas. KTU ekologinio pėdsako sudedamosios dalys.....	42

LENTELIŲ SĄRAŠAS

<i>1 lentelė. Dažniausiai naudojamų pėdsakų palyginimas</i>	<i>14</i>
<i>2 lentelė. Kauno technologijos universiteto padaliniai (KTU 2014–2016 m. strateginis veiklos planas)</i>	<i>32</i>
<i>3 lentelė. KTU universiteto padalinių pasiskirstymas pagrindiniuose rūmuose.....</i>	<i>33</i>
<i>4 lentelė. KTU besimokančių studentų skaičius kiekvienoje savivaldybėje</i>	<i>36</i>
<i>5 lentelė. Šildymo ir elektros energijai reikalingų duomenų suvestinė.....</i>	<i>44</i>
<i>6 lentelė. Mobilumo apskaičiavimui reikalingų duomenų suvestinė.....</i>	<i>48</i>

SANTRUMPOS

EPSM – ekologinio pėdsako skaičiavimo metodika

TPI – tvaraus proceso indeksas

ES – Europos Sąjunga

KTU – Kauno technologijos universitetas

ESO – energijos skirstymo operatorius

EPS – ekologinio pėdsako skaičiuoklė

EP – ekologinis pėdsakas

CO₂ – anglies dioksidas

Kavaliauskaitė Jolita. *Ekologinio pėdsako metodikos adaptavimas universiteto darnumui vertinti ir valdyti*. Magistro baigiamasis projektas /Aplinkos apsaugos vadybos ir švaresnės gamybos vadovė dr. Inga Gurauskienė. Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslo kryptis ir sritis: Bendroji inžinerija, technologijos mokslai

Reikšminiai žodžiai: *darnus universitetas, ekologinis pėdsakas, išteklių tausojimas*

Kaunas, 2016. 54 p.

SANTRAUKA

Darnumas pastaruoju metu tapo pagrindine siekiamybe tiek valdžios atstovų, mokslininkų, tiek šalies gyventojų tarpe. Viena iš priemonių šiai idėjai plėtoti tarp švietimo institucijų yra ekologinio pėdsako analizės taikymas, kuri apibūdina dabartinę išteklių vartojimo situaciją institucijoje ir padeda nustatyti kur turėtų būti sutelktos didesnės pastangos norint pasiekti nustatytus darnaus vystymosi tikslus. Ekologinio pėdsako indikatorius naudojimas pateikia naują požiūrį universitetų veiklos daromo poveikio gamtai tyrimuose. Šio tyrimo tikslas yra pritaikyti Lietuvos mokyklose naudotą ekologinio pėdsako tyrimo metodiką universitetams ir įvertinti šios analizės taikymo švietimo institucijoms naudą.

Kavaliauskaitė Jolita. *Adaptation of Ecological Footprint Methodology for the Assessment and Management of University Sustainability*. Master's Thesis in Environmental protection management and cleaner production. Supervisor dr.. Inga Gurauskienė. Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.

Research area and field: General Engineering, Technology sciences

Key words: *sustainable university, ecological footprint, resource efficiency*

Kaunas, 2016. 54 p.

SUMMARY

Sustainability has emerged as a key purpose amongst governments, researchers and the public. One way in which education institutions can implement the idea of sustainability is through the use of ecological footprint that will characterize the current situation in resource using and help determine where to focus efforts in order to achieve the goal of sustainability. The use of the ecological footprint indicator represents an innovative attitude to calculate the load that an institution imposes on the natural environment. The goal of this study is to adapt ecological footprint assessment methodology, used in Lithuanian schools, for universities and illustrate the benefits of using this analysis at the institution scale.

IVADAS

Per pastaruosius kelis dešimtmečius, visose pasaulio šalyse vyko dideli pokyčiai: ekonomika sparčiai vystėsi, didėjo žmonių gerovė, bendras išsivystymo lygis augo. Visi šie, tebevykstantys pokyčiai pasiekiami planetos ekosistemų dėka, tačiau dažniausiai žmonija apie tai pamiršta ir dėmesį koncentruoja tik į ekonominę plėtrą. Viso to rezultatas – pasaulio išteklių vartojimas ir atliekų emisijos išaugo iki tokio lygio, jog žmonija naudoja išteklius greičiau nei Žemė gali juos regeneruoti. *Jungtinių Tautų švietimo, mokslo ir kultūros organizacijos (UNESCO)* parengtoje ataskaitoje apie žmonijos vystymosi tendencijas prognozuojama, jog jei gyventojų kiekis ir jų vartojimo poreikiai ir toliau augs, tai maždaug 2030-aisiais metais žmonėms reikės jau dviejų planetų, kad galėtų išgyventi.

Kiekvieno Žemės gyventojų ir jo veiklos poveikis aplinkai kasmet analizuojamas, siekiant išsiaiškinti žmonijos indėlį į klimato kaitą, rūšių įvairovės variacijas bei išteklių nykimą. Tam buvo sukurta daugybė indeksų ir koncepcijų, tačiau daugiausiai dėmesio iš akademinių, politinių ir švietimo bendruomenių susilaukė ekologinio pėdsako vertinimas. Ekologinis pėdsakas – tai darnaus vystymosi rodiklis, nusakantis santykį tarp žmonių poreikių ir planetos gebėjimo aprūpinti žmoniją reikalingais resursais. Šis rodiklis apibrėžia individo, organizacijos, miesto ar šalies poreikiams tenkinti ir generuojamai taršai bei atliekomis įsisavinti reikalingą plotą. Kaip atskiras rodiklis ekologinis pėdsakas negali nusakyti esamos padėties, todėl gautas plotas palyginamas su konkrečioje vietovėje prieinamų gamtinių resursų apibrėžiančia biologine talpa, taip nustatant ar objektas gyvena darniai, ar pereikvoja turimus resursus. Šio indikatorius skaičiavimas yra susijęs su gyvavimo ciklo analize, kai yra vertinamas visas produkto ar paslaugos „kelias“ nuo pirminio išgavimo iki jo suvartojimo ir utilizavimo. Tai leidžia įvertinti žemės plotą, reikalingą patenkinti visiems žmonių poreikiams – nuo drabužių ir maisto iki to kaip keliaujama iš namų į darbą ar universitetą. Pasak Harvardo (Harvard) universiteto profesoriaus Edvardo Vilsono (Edward Wilson), ekologinis pėdsakas yra vienas iš svarbiausių aplinkos apsaugos sampratų su beveik neribotomis pritaikymo galimybėmis.

Kalbant apie darnumą ir darnų vystymąsi, visų dėmesys dažniausiai krypsta ne tik į pramonę, bet taip pat ir į visuomenę, jos įpročius. Žinoma, subalansuota pramonė ir žmonių įpročiai turi didelę reikšmę siekiant visuotinės darnos, tačiau švietimo įstaigos, kaip inovacijų ir mokymosi centrai, turėtų būti pirmaujančios organizacijos rodant pavyzdį šalies bendruomenei. Šiame darbe analizei buvo pasirinkti būtent universitetai – institucijos labiausiai prisidedančios prie globalių aplinkos apsaugos problemų sprendimo per studentų švietimą, mokslinius tyrimus ir visuomenės įtraukimą. Darnaus vystymosi iššūkį patys universitetai priima labai įvairiai – pradedant nuo siekio veikti kaip aplinkai nekenksmingai organizacijai iki institucijos veiklos principų formavimo ir

deklaracijų pasirašymo. Lietuvos universitetai taip pat ne išimtis. Jie darnumo siekia diegdami įvairias strategines naujoves, optimizuodami veiklas ar tiesiog keisdami senus prietaisus į efektyvesnius ir reikalaujančius mažiau išteklių. Visa tai teikia gerų rezultatų, tačiau iki šiol diegiamos naujovės vertinamos tik iš atskirų pozicijų, o bendra universiteto būklė po atnaujinimų lieka nežinoma. Galbūt naujieji įrenginiai ar veiklos valdymo pakitimai, atrodo, sumažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, tačiau niekas nežino ar tai nepareikalaus didesnių gamtinių resursų kitoje srityje. Nors ekologinio pėdsako koncepcija žinoma jau daugelį metų, tačiau bendram universiteto darnumui įvertinti ji buvo adaptuota dar visai neseniai. Universiteto ekologinio pėdsako analizė padeda išmatuoti ir stebėti išteklių vartojimo intensyvumą universitete ir informuoja apie tai, kuri sritis yra problematiškiausia ar reikalaujanti neatidėliotinų pakeičimų. Kol kas Lietuvoje ekologinis pėdsakas buvo matuojamas tik vaikų darželiams ir mokykloms. Šios dvi institucijos tarpusavyje yra gana panašios, todėl gali naudoti tą pačią metodiką, tačiau universitetai – visiškai skirtingas objektas. Tai daugialypė institucija su atskirais padaliniais (fakultetais), kuriuose atliekama daugybė veiklų, vyrauja skirtingos išteklių vartojimo tendencijos ir formuojasi nuo to priklausančios skirtingos problemos. Atsižvelgiant į poreikį išmatuoti Lietuvos universitetų ekologinį pėdsaką, šiame darbe bandoma pritaikyti mokykloms jau adaptuotą metodiką, nustatant trūkštamus rodiklius, su tikslu sukurti patobulintą naują metodiką universitetams. Tai leistų įvertinti aukštųjų mokyklų indėlį į miesto ar šalies ekologinį pėdsaką, padėtų universitetams identifikuoti problemiškausias sritis ir palengvintų kelią darnaus institucijų veikimo link.

Darbo tikslas: išnagrinėti Lietuvos mokykloms pritaikytą ekologinio pėdsako matavimo programą ir adaptuoti ją universitetui.

Darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti ekologinio pėdsako koncepcijos taikymo privalumus ir trūkumus;
2. Išanalizuoti ekologinio pėdsako vertinimą Lietuvoje ir visame pasaulyje;
3. Įvertinti ekologinį pėdsaką darnaus vystymosi kontekste;
4. Nustatyti ekologinio pėdsako analizės švietimo įstaigose poreikį;
5. Išmatuoti universiteto ekologinį pėdsaką;
6. Pateikti rekomendacijas dėl ekologinio pėdsako metodikos korekcijų, siekiant efektyviau įvertinti universiteto darnumą ir jį valdyti.

1. TEORINIAI IR PRAKTINIAI EKOLOGINIO PĖDSAKO SAMPRATOS ASPEKTAI

Dėl aiškiai jaučiamų klimato kaitos reiškinių, vis dažnėjančių gamtinių stichijų, ir katastrofiškai nykstančių būtinausių resursų, visuomenėje nuolat stiprėja nerimas dėl ateities. Žmonės pradeda suvokti kokias dideles problemas jie kuria ir vis dažniau susimąsto apie daromą žalą gamtai. Maždaug prieš pusšimtį metų pradėta darnaus vystymosi strategija pamažu įsibėgėja – įvairių priemonių taikymas bei visuomenės švietimas jau duoda rezultatų. Žmonija, baimindamasi pražūties, tampa sąmoningesnė ir dėmesingesnė aplinkos problemoms. Tai paskatina mokslininkus ir valdžios atstovus ir toliau ieškoti bei diegti naujas strategijas, siekiant gerinti aplinkos būklę. Šiame skyriuje pateikiama ekologinio pėdsako, kaip daugiafunkcinės priemonės, galinčios išmatuoti darnumą, analizė nuo koncepcijos sukūrimo iki pritaikymo galimybių gausos. Taip pat apžvelgiama šio indikatorius pranašumai ir rezultatų, gautų naudojant ekologinio pėdsako analizę svarba, norint subalansuoti išteklių naudojimą ne tik šalies, bet ir instituciniu lygiu.

1.1. Ekologinio pėdsako koncepcija

Nuolat augant planetos gyventojų skaičiui, katastrofiškai senkant ištekliams ir didėjant taršai, žmonijos darnumas su gamta tapo didžiausia šių laikų siekiamybė visame pasaulyje. Darnumo tyrimas įvairiose šalyse, miestuose, regionuose ar net institucijose yra gana sudėtinga užduotis. Tai lemia skirtingas šalių išsivystymo lygis, turimų gamtinių resursų įvairovė, žmonių populiacijos dydis, reikalingų rodiklių kiekis ir kt. Siekiant didinti darnumą bei sekti pokyčius pasaulyje, atsirado šiai sričiai taikytinų indikatorių poreikis. Tradiciškai darnaus vystymosi koncepcija apima ekonominę, ekologinę ir socialinę dimensijas, todėl nelengva atrasti tinkamą vertinimo metodiką, apimančią šiuos tris esminius elementus (*Gottlieb et al., 2012*). Pastaraisiais dešimtmečiais buvo pasiūlyta nemažai indikatorių ir koncepcijų darnumui vertinti. Pagrindiniai su ekonomika ir gamtine aplinka susiję rodikliai yra: ekologinio pėdsako indeksas, anglies dvideginio (CO₂) pėdsakas, tvaraus proceso indeksas, aplinkos gerovės indeksas, išteklių intensyvumo paslaugų vienetui matas, žaliasis nacionalinis produktas, aplinkosauginis darnumo indeksas, ekologinės kuprinės rodiklis (*Biekša, 2014*). Iš pateiktų skaičiavimo priemonių ypatingai daug dėmesio akademinėse, politinėse ir švietimo bendruomenėse susilaukė ekologinis pėdsakas. Jis iš kitų indikatorių išsiskyrė savo plačiomis pritaikymo galimybėmis ir gebėjimu sujungti visus išteklių matavimo modelius į vieną skaitinę reikšmę. Be to, naudojantis ekologiniu pėdsaku galima nustatyti pramoninio proceso, vietovės, įstaigos ar tiesiog namų ūkio darnumą, identifikuoti sritį, kurioje kyla didžiausias poveikis aplinkai ir kur labiausiai reikalingi pokyčiai (*Mostafa, 2010; Torregrosa-Lopez et al., 2011*).

Ekologinis pėdsakas – indikatorius, apibūdinantis dirbamos žemės ir vandens ploto kiekį, reikalingą produkto, individo, populiacijos, miesto ar šalies poreikiams tenkinti ir generuojamai taršai bei atliekoms įsisavinti (Hoekstra and Hung., 2008). Kitaip tariant tai išteklių skaičiavimo priemonė, kuri apibrėžia kiek gamtinių išteklių mes turime, kiek jų sunaudojame ir kurioje srityje jie naudojami nedarniai (*A big foot on a small planet*, 2010). Šia sąvoką pirmą kartą mokslinėje literatūroje 1992 m. pavartojo Viljamas Rysas (William Rees) (Rees, 1992). Vėliau, 1996m., jis ir kolega Mathis Wackernagelis (Mathis Wackernagel) išleido knygą pavadinimu „*Our Ecological Footprint - Reducing Human Impact on the Earth*“, kurioje pirmą kartą aprašė ekologinio pėdsako skaičiavimo metodiką visoms pasaulio šalims (Wackernager and Rees, 1998). Pagrindinis jų tikslas buvo sukurti įrankį, galintį augančią kritiką dėl nedarnaus žmonių gyvenimo, paversti į realius veiksmus siekiant tausoti gamtą. Sulaukę didelio susidomėjimo, 2003m. jie įkūrė nepriklausomą organizaciją „*Global Footprint Network*“, kuri siūlo šalims įvairias programas bei priemones, kurios leidžia joms klestėti turint ribotus išteklius. Į pagrindinius koncepcijos autorių tikslus įeina ir siekis standartizuoti ekologinio pėdsako matavimus visame pasaulyje, kas padarytų ekologinio pėdsako skaičiavimą lengvai prieinamu ir pritaikomu visoms sritims. 2002 metais mokslininkai Hoekstra ir Hungas (Hoekstra and Hung) apibrėžė vandens ekologinio pėdsako sąvoką. Apskaičiuoto vandens pėdsako reikšmės daugeliu atvejų susiję su bendru vandens kiekiu Žemėje (Hoekstra and Hung, 2002). Įvairiose pasaulio vietose vandens pasiekiamumas yra nevienodas, todėl šie skaičiavimai nėra tikslūs. Skirtingai nei vandens pėdsako, ekologinio pėdsako skaičiavimams naudojama informacija apie konkrečioje vietovėje turimas ir sunaudojamas vandens sąnaudas (Lenzen et al., 2003). Tai labai padidina rezultatų patikimumą ir suteikia informacijos apie realią vandens išteklių būklę. Savaimė suprantama, jog klimatui šiltėjant, itin aktualus tapo anglies dvideginio pėdsakas, kuris mokslininko Hogevooldo (Høgevold) buvo aprašytas 2003m. (Høgevold, 2003). Daugybė organizacijų naudojo anglies pėdsaką norėdami išmatuoti CO₂ kiekius, susijusius su jų veikla, gaminamais produktais ar naudojama technologija, todėl šis pėdsakas gana plačiai paplito tiek pramonėje tiek visuomeninėse institucijose. Anglies pėdsakas dažniausiai matuojamas tonomis CO₂ ekvivalento ir neapima daugybės kitų veiksnių darančių įtaką gamtiniams resursams – tai yra tik dalis ekologinio pėdsako rezultatų, todėl siekiant visapusiškai įvertinti daromą poveikį gamtai, šioje pozicijoje vienareikšmiškai pirmauja ekologinis pėdsakas (Kitsez and Wackernager, 2009). Kaip teigia vertinimo tyrimą atlikę ekspertai Viedmanas ir Baretas (Wiedmann and Barrett) (2010), pagrindinis koncepcijos privalumas yra tai, jog ekologinis pėdsakas geba atskleisti bendrą žmonijos poveikį planetai įvertinant skirtingo tipo poveikį biologiškai produktyviems žemės plotams. Nepaisant to ekologinis pėdsakas geba perduoti šią svarbią informaciją specialaus išsilavinimo neturintiems miesto gyventojams labai paprastai ir suprantamai, dėl to tai tapo puiki priemonė keisti nusistovėjusį visuomenės mąstymą ir didinti jų sąmoningumą. (Rees, 2000). Kiti šio indikatoriaus privalumai ir

palyginimas su plačiau žinomais indikatoriais yra 1-oje lentelėje. Egzistuoja ir kitų tipų pėdsakai – azoto, energetinis, bioįvairovės, socialinis, ekonominis ir kt., tačiau visi jie atsirado visai neseniai ir kol kas neturi standartinio apibrėžimo, nėra gerai ištirti (Čuček et al., 2012).

1 lentelė. Dažniausiai naudojamų pėdsakų palyginimas (Galli et al., 2012)

	EKOLOGINIS PĖDSAKAS	ANGLIES PĖDSAKAS	VANDENS PĖDSAKAS
Rodiklio aprėptis	<ul style="list-style-type: none"> • Matuoja tiesioginius ir netiesioginius žmogaus poreikius ir gamtinius išteklius • Aiškus ir daugiamatis rodiklis, kurį galima taikyti atskiriems produktams, miestams regionams, šalims ir visai biosferai 	<ul style="list-style-type: none"> • Matuoja tik žmonių poreikius skaičiuojant skleidžiamas ŠESD • Daugiamatis indikatorius, taikomas produktams, procesams, kompanijoms, pramonės sektoriams, asmenims, populiacijoms ir t.t. 	<ul style="list-style-type: none"> • Matuoja tik žmonių poreikius skaičiuojant vandens suvartojimą ir dėl žmonių veiklos užterštus vandens kiekius • Geografiškai aiškus, daugiamatis indikatorius. Gali būti taikomas produktams, ekonominiams sektoriams, organizacijoms, asmenims, miestams ir šalims;
Matavimo vienetas	<ul style="list-style-type: none"> • Biologiškai produktyvios žemės globalieji hektarai (gha); 	<ul style="list-style-type: none"> • Kilogramai CO₂ kai skaičiuojama tik CO₂ dujų kiekiai; • CO₂ ekvivalentas kai skaičiavimuose įtrauktos ir ŠESD; 	<ul style="list-style-type: none"> • Vandens tūris per laiko vienetą (dažniausiai m³/m.);
Stiprybės	<ul style="list-style-type: none"> • Lengvai suprantamas, pagrindinė mintis lengvai perteikiama; • Pateikia kelių antropogeninių poveikių suvestinę; 	<ul style="list-style-type: none"> • Leidžia visapusiškai įvertinti žmonių indėlį į ŠESD emisijas; • Tinka standartiniuose ekonominiuose ir aplinkosauginiuose skaičiavimuose 	<ul style="list-style-type: none"> • Parodo vandens poreikio pasiskirstymą tarp šalių • Papildo tradicinius vandens išteklių matavimus;

	<ul style="list-style-type: none"> • Leidžia palyginti žmogaus poreikius atsinaujinantiems ištekliams ir gamtos biologinę talpą; 	<ul style="list-style-type: none"> • Atitinka su išmetamų teršalų duomenimis daugumoje šalių; 	<ul style="list-style-type: none"> • Parodo ryšį tarp gėlo vandens vartojimo ir pasisavinimo;
Silpnybės	<ul style="list-style-type: none"> • Negali apimti visų darnumo aspektų nei visų aplinkosauginių problemų; • Parodo poveikio lygį, kuris gali sukelti gamtos išteklių degradaciją, tačiau negali numatyti šios degradacijos iš anksto; • Nėra geografiškai aiškus; • Kai kurios prielaidos nors ir patvirtintos, tačiau prieštaringos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Negali sekti visos žmogaus poveikių įvairovės; • Reikalingi papildomi poveikio vertinimo modeliai norint išanalizuoti poveikį klimato kaitai nacionaliniu ir vietiniu lygiu; 	<ul style="list-style-type: none"> • Fiksuoja tik žmogaus vandens poreikius; • Skaičiavimai remiasi vietiniais duomenimis, kurie dažnai yra nepasiekiami; • Pasitaiko duomenų nukrypimų/neaiškumų;

Tam, kad rezultatus būtų galima lyginti tarpusavyje visame pasaulyje, ekologinis pėdsakas matuojamas bendru standartizuotu matu – globaliaisiais hektarais (gha), kurie pažymi visus pasaulio gamtinius išteklius, konvertuotus į žemės plotą. Globalusis hektaras literatūroje apibūdinamas kaip vidutinės biologinės talpos produktyvus žemės plotas. Biologė talpa nusako žemės galimybes patenkinti žmonių poreikius – teikti švaraus vandens, medienos ir kitus išteklius bei absorbuoti sugeneruotas atliekas. Skirtingų žemės tipų biologinė talpa yra skirtinga ir kiekvienoje šalyje kasmet kinta, priklausomai nuo ekosistemų valdymo, vykdomos žemės ūkio praktikos (pvz. trąšų naudojimo, drėkinimo sistemų diegimo ir kt.), ekosistemų degradacijos konkrečioje vietovėje, oro sąlygų ir populiacijos dydžio. Dėl to, skaičiuojant ekologinį pėdsaką, mūsų įprastai naudojami hektarai konvertuojami į globaliuosius hektarus, atsižvelgiant į tų metų žemės biologinę talpą (*Ewing et al., 2010; European Environment Agency, 2010*).

Ekologinio pėdsako vertinimas susideda iš skirtingo tipo žemės plotų ekologinių pėdsakų. Analizės metu biologiškai produktyvi žemė skirstoma į penkias kategorijas ir vieną hipotetinį sektorių:

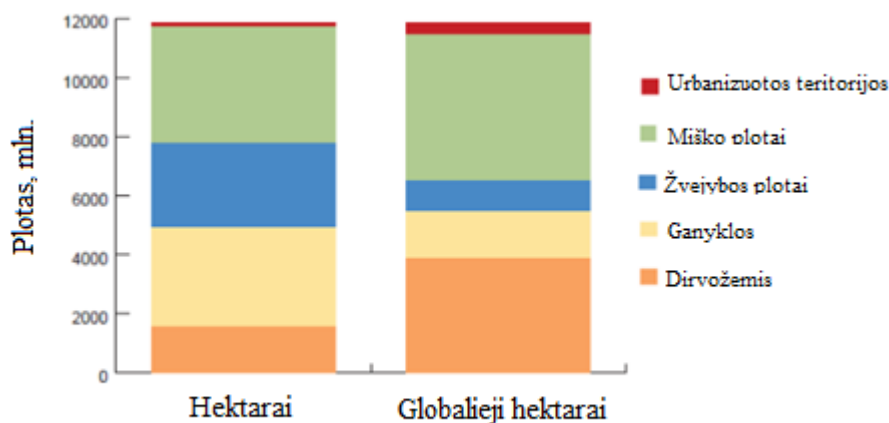
- Dirvožemis – pasižymi didžiausiu produktyvumu iš visų toliau paminėtų žemės tipų. Jis susideda iš teritorijų naudojamų maisto ir pluošto gamybai, taip pat aliejiniams augalams, gyvulių bei žuvų pašarui auginti.

- Ganyklos – tai plotai reikalingi gyvuliams auginti išgaunant mėsą, pieną, kailius, vilną ir kitus gyvūninius produktus.
- Miško teritorijos – tai miško žemės plotai reikalingi patenkinti žmonių poreikius celiuliozei, malkinei medienai ir kitiems medienos produktams.
- Infrastruktūrinės/urbanizuotos miesto teritorijos – tai visi žemės sklypai ant kurių statomi įvairaus tipo pastatai (gyvenamieji namai, mokslo įstaigos, parduotuvės, fabrikai ir kt.) bei transporto infrastruktūrai reikalingos teritorijos.
- Žuvininkystės plotai – tai teritorijos susiję su vandens plotais, kurie teikia žuvų išteklius. Žvejybos plotų pėdsakas apskaičiuojamas naudojant didžiausio darnaus sužvejojamų žuvų rūšių įverčiais.
- CO₂ utilizavimo plotai – tai hipotetinis miško plotas, sugeriantis dėl žmogaus veiklos (pramonės, energijos gamybos, transporto ir kt.) susidarancias CO₂ emisijas. Jų paliekamas pėdsakas sudaro didžiausią dalį viso išmatuoto ekologinio pėdsako.

Tiriant ekologinio pėdsako dydį įvairiose pasaulio šalyse, kurį laiką nebuvo atsižvelgiama į žemės produktyvumo pokyčius. Visų aukščiau išvardintų tipų žemė dėl savo savybių ir nevienodos ekosistemų būsenos pasižymi skirtingu produktyvumu. Kitaip tariant kiekvienais metais dirvožemio ar miškų produktyvumas kinta. Pavyzdžiui, 1970 m. globalusis hektaras sudarė tik 89 proc. 2003m. užfiksuoto globaliojo hektaro. Konvertuojant minėtus ploto vienetus faktinių hektarų skaičius išlieka tas pats, tačiau kaip iliustruoja 1 grafikas, santykinis kiekvieno žemės tipo plotas pagal produktyvumą gali varijuoti. Nors toks ploto vienetų normalizavimas plačiai paplitęs ir paskutiniu metu dažnai naudojamas, tačiau nėra visiškai tikslus, todėl vis labiau auga poreikis ateityje sukurti tikslesnę vertinimo metodiką (*Ewing et al., 2010*).

1 pav. Globaliųjų ir paprastųjų hektarų žemėnaudos pasiskirstymas 2007m.

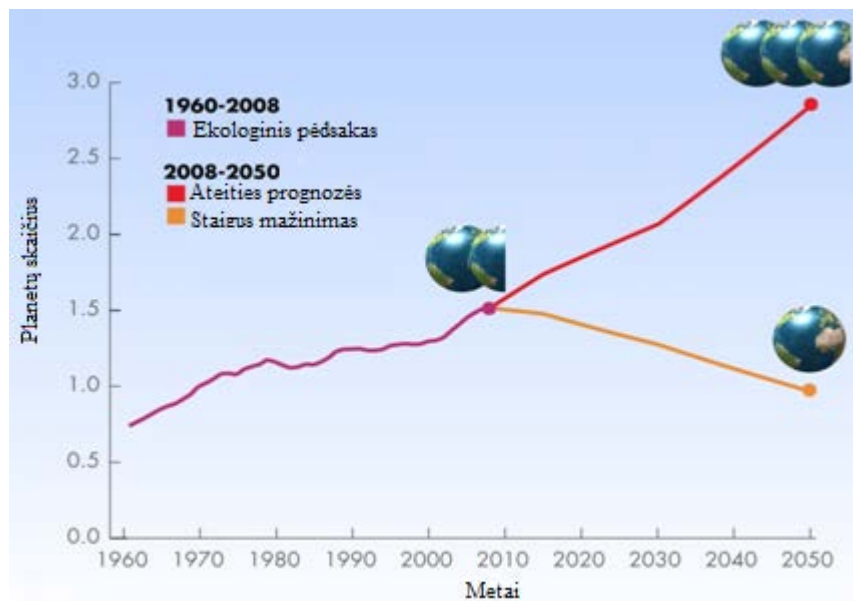
(*Ecological footprint atlas, 2010*)



1.2. Ekologinio pėdsako rodiklių apžvalga pasauliniu ir vietiniu mastu

Nuo praeito amžiaus 6-tojo dešimtmečio iki šių dienų pasaulio ekologinis pėdsakas padidėjo net du kartus. Tai lėmė daugybė veiksnių: trigubai išaugęs gyventojų skaičius, neapgalvotas išteklių naudojimas, sparti technologijų plėtra, nuolat augantis vartojimas ir visose formose pasireiškianti globalizacija. Prie viso to ženkliai prisidėjo tarptautinės prekybos plėtra. Nuo 1961 m. tarptautinės prekybos ekologinis pėdsakas sudarė vos 8 proc. viso pasaulio ekologinio pėdsako, tuo tarpu 2005 m. jos dalis sudarė daugiau kaip 40 proc. viso ekologinio pėdsako (*Rudzevičius, 2011*). Nuolat augančiam savo poreikių tenkinimui žmonija išnaudojo tūkstantmečiais besiformavusias didžiausias ir geriausias teritorijas. Didėjanti prekių pasiūla, daiktų trumpaamžiškumas ir nuolatinis vartotojiškumo augimas žmonių poreikius padarė nebecontroliuojamus (*Torregrosa-Lopez et al., 2011*). Viso to rezultatas – per pastaruosius 15 metų buvo sunaikinta 130 000 km² miškų, išseikvota 15proc. vandenynų žuvų išteklių. Per paskutinius 25 metus pasaulinių gamtinių išteklių gavyba (pvz. biomasės, iškastinio kuro, metalų rūdos ir kitų mineralų) išaugo beveik 45 proc., daugelis šalių sausringose ir pusiau sausringose pasaulio regionuose (pvz. Centrinėje ir Vakarų Azijoje, Šiaurės Afrikoje) yra arti vandens trūkumo slenksčio ar netgi jį peržengė, vandenynuose – milijardai tonų plastmasės gaminių, kurių sluoksnis siekia net iki kilometro gylio, 1,5 mlrd. žmonių kovoja su viršsvoriu, beveik milijardas – badauja, nors maisto visame pasaulyje yra pagaminama tiek, kad užtektų išmaitinti 7 mlrd. gyventojų. Ir tai tik maža dalis problemų įrodančių, kad žmonija negali ir toliau taip gyventi (*Žemės išlikimo strategija – darnus vystymasis, 2015*).

2011 m. žemėje užfiksuotas biologiškai produktyvus plotas siekia maždaug 12 mlrd. globaliųjų hektarų. Kai šis plotas padalinamas iš planetos gyventojų skaičiaus, teoriškai apskaičiuojamas biologinis Žemės pajėgumas ar kitaip sakant planetos biologinė talpa, kuri siekia 1,7 gha vienam žemės gyventojui. Pagal tų pačių metų Žemės resursų suvartojimo skaičiavimus, pasaulio bendras ekologinis pėdsakas siekia 2,7 gha gyventojui. Jei bendras suvartojimas yra lygus pasiūlai, tuomet žmonija gyvena darnoje su gamta (*Mcllellan et al., 2014*). Tačiau pagal pateiktus naujausius duomenis tarp šių dviejų rodiklių vyrauja disbalansas – žmonijos poreikiai viršija išteklių pasiūlą 1,6 karto. Tai reiškia, jog šiuo metu Žemė regeneruoja mūsų per metus sunaudotus išteklius ir neutralizuoja sukurtą taršą per maždaug 19 mėnesių (1,6 metų). Jungtinių Tautų organizacija prognozuoja – jei dabartinės gyventojų skaičiaus ir vartojimo tendencijos išliks nepakitę, 2030 metais teoriškai mums reikės jau dviejų o 2050 m. netgi trijų Žemės ekvivalentų visiems pasaulio gyventojams išlaikyti (*Living planet report, 2012*).

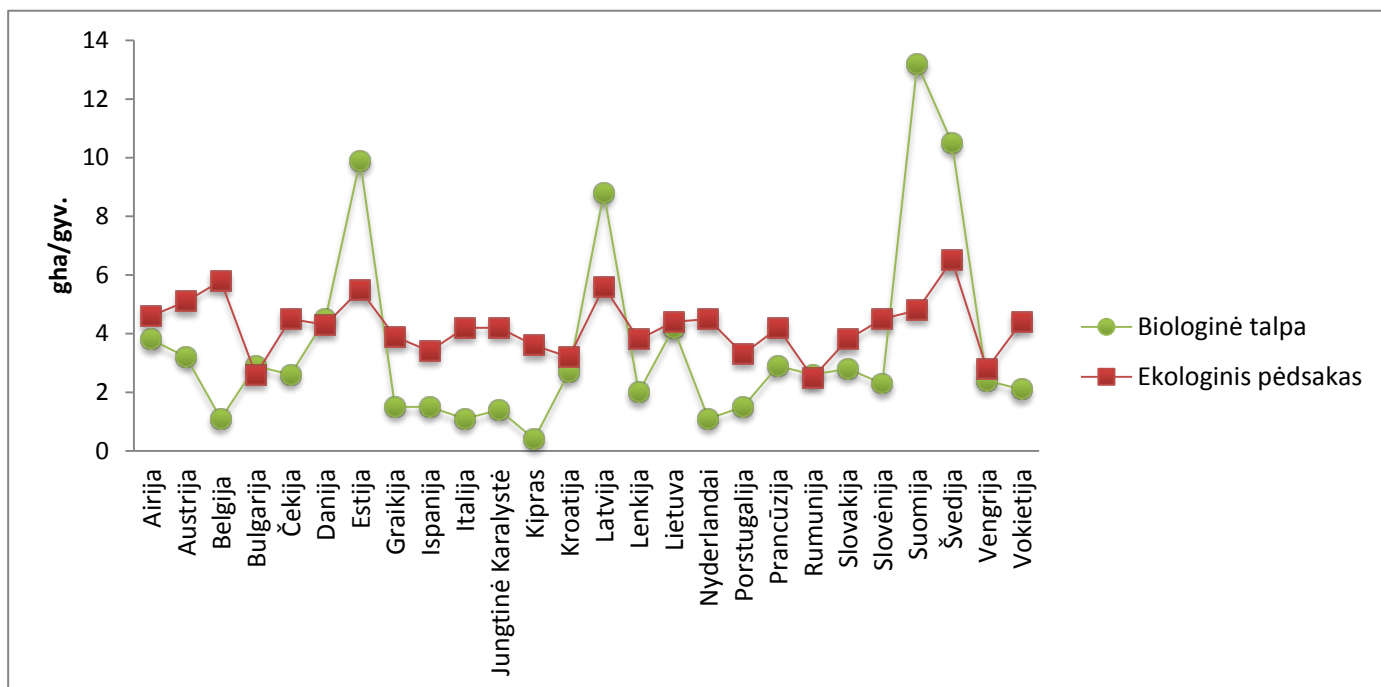
2 pav. Ekologinio pėdsako kitimo tendencijos ir ateities prognozės (*Living planet report, 2012*)

Dėl dabartinės situacijos, kai ištekliai keičiami į atliekas greičiau nei atliekos gali būti transformuojamos atgal į išteklius, žmonija patenka į globalaus ekologinio pereikvojimo situaciją – neapgalvotai eikvojami tie patys ištekliai, nuo kurių priklauso žmogaus gyvybė. Siekiant į tai atkreipti žmonijos dėmesį ir skatinti atsakingą vartojimą, kiekvienais metais „*Global Footprint Network*“ organizacija didina visuomenės informuotumą apie ekologinį Žemės pereikvojimą minėdami Žemės pereikvojimo dieną. Kiekvienais metais pereikvojimo diena minima skirtingu laiku. Data nustatoma remiantis skaičiavimais, kai pagal dabartines vartojimo tendencijas žmonijos išteklių poreikiai viršys gebančių atsinaujinti per vienerius metus išteklių kiekį. 2016–aisiais metais pereikvojimo diena bus minima rugpjūčio 8–ąją (*Earth overshoot day, 2016*).

Žemės gyventojų kuriama našta gamtai yra netolygi tiek savo pobūdžiu, tiek geografinė padėtimi. Akivaizdu, jog žmonės gyvenantys aukšto išsivystymo lygio šalyse suvartoja daugiau išteklių nei žmonės iš skurdesnių šalių (*Galli et al., 2012*). Organizacijos „*Global Footprint Network*“ duomenimis, šiuo metu daugiau nei 80 proc. pasaulio žmonių gyvena šalyse, kurios sunaudoja daugiau išteklių nei turi pati šalis. Tokios šalys vadinamos ekologinėmis skolininkėmis ir labai priklauso nuo išteklių turtingų šalių kreditorių. Naujausiais duomenimis didžiausių šalių skolininkių penketuką sudaro Singapūras, Reuniono sala, Izraelis, Kipras ir Libanas. Šios šalys viršija savo turimus resursus nuo 1 100 iki 16 000 procentų. Valstybės kreditorės savo teritorijoje turi daugiau resursų nei suvartoja, todėl per įvairius sandorius parduoda turimas sąnaudas išteklių neturtingoms šalims. Pasaulyje susiklosčiusi gana įdomi situacija – dažniausiai šalys ekologinės kreditorės yra besivystančios šalys, kurioms reikia finansinės paramos šalies augimui. Aukšto ekonominio išsivystymo šalys nors dažniausiai yra ekologinės skolininkės, tačiau beveik visais atvejais yra finansinėmis kreditorėmis. Dėl šios priežasties besivystančios šalys plėtrai reikalingus

finansinius išteklius gauna iš ne tokių išteklių turtingų, bet aukšto išsivystymo lygio šalių, suteikiant joms trūkstamų resursų. Taip pasaulyje vyksta dviejų išteklių mainai. Apmaudu, tačiau Lietuva yra ir finansinė skolininkė, ir, kaip iliustruoja X grafikas, ekologinė skolininkė. Kaimyninės Baltijos šalys (Latvija ir Estija) stipriai lenkia Lietuvą ir kartu su Švedija bei Suomija patenka į išteklių turtingiausių ES šalių ketvertuką. Tuo tarpu didžiausias ekologinis deficitas ES fiksuojamas Kipre, Belgijoje, Jungtinėje Karalystėje ir Nyderlanduose (*Ecological wealth of nations, 2012*).

3 pav. 2011 metų ekologinio pėdsako ir biologinės talpos palyginimas ES šalyse (Grafikas parengtas pagal organizacijos „Global footprint network“ viešai prieinamus duomenis)

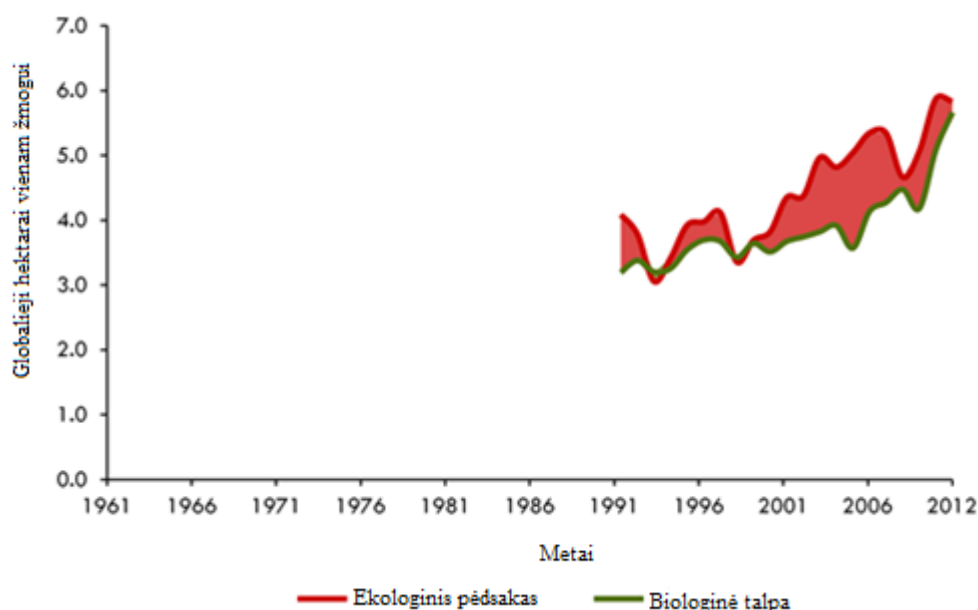


Apžvelgiant visos Europos Sąjungos ekologinio pėdsako kitimą, 1961 – 2005 metų laikotarpiu jis išaugo 70 proc. Tai lėmė sparti pramonės plėtra, didėjantis gyventojų skaičius, augantis šalių išsivystymo lygis. 2008 – 2011 m. laikotarpiu, kai išpopuliarėjo pramonės įrenginių optimizacija ir švaresnės gamybos technologijos, ekologinio pėdsako rodiklis nežymiai kito nuo 4,2 iki 4,1 gha vienam gyventojui, informuodamas apie įvykdytą darnaus vystymosi pažangą (*Lazarus et al., 2014*). Skirtingai nei ES, šiuo laikotarpiu ekologinis pėdsakas Lietuvoje labai keitėsi. 2008-aisiais metais užfiksuotas ekologinis pėdsakas buvo 3,2 gha, 2011-aisiais jis siekė jau 4,4 gha, o 2012-aisiais išaugo iki 5,8 gha vienam šalies gyventojui. Per tokį trumpą laiką Lietuvos ekologinis pėdsakas padidėjo net 1,8 karto. Skaičiuojama, jog jei visi pasaulio žmonės gyventų taip kaip lietuviai, prireiktų netgi 2,4 planetų. Nors Lietuva ir nedidelė valstybė, tačiau jos ekologinis pėdsakas viršija pasaulio vidurkį (2,65 gha vienam gyventojui) netgi 1,66 karto. Tačiau lyginant ekologinio pėdsako ir biologinės šalies talpos rodiklius matyti, jog Lietuvos esamų išteklių ir jų suvartojimo kiekiai yra

labai arti balansą užtikrinančio taško. Nors tai įrodo, jog Lietuvoje darnumo tikslai efektyviai vykdomi, tačiau pagal bendrą viso pasaulio išteklių vertinimą, šalis dar turėtų pasistengti vykdant bendruosius pasaulinius ekologinio pėdsako mažinimo tikslus.

4 pav. Lietuvos ekologinio pėdsako ir biologinės talpos kitimas 1991 – 2012 m.

(*Ecological wealth of nations, 2012*)



Nagrinėjant ekologinį pėdsaką vietiniu lygiu, duomenų apie šalyje atliktus ekologinio pėdsako matavimus rasti sunku. Kol kas šis indikatorius nėra populiarus matavimo priemonė. Kaip rodo 125-iose Lietuvos organizacijose atliktas tyrimas, ekologinis pėdsakas, kaip darnios plėtros pažangą vertinantis kiekybinis rodiklis, šalies valdymo institucijose dirbančių specialistų ir įmonių vadovų yra suvokiamas nepakankamai (*Rudzevičius, 2011*). Galbūt todėl iš visų Lietuvos miestų ekologinis pėdsakas buvo bandomas apskaičiuoti tik Kauno miestui. Pagal pateiktus duomenis, 2004 – 2006 metų laikotarpiu jis nežymiai kito nuo 4,8 iki 4,7 gha vienam šalies gyventojui (*Adomaitytė, 2008*). Lietuvoje kiekvienas miestas sudarinėja valdymo planus, kurie padeda Lietuvai pasiekti ES išskeltus aplinkosauginius tikslus. Jų siekiant, kiekviename mieste diegiamos naujovės, todėl ateityje būtina sekti bendrą miesto darnumo kaitą, atsižvelgiant į visus išteklių suvartojimus. Tam puikiai tiktų ekologinio pėdsako matavimas, kuris galėtų įvertinti kiekvienais metais miestų daromą pažangą ir indėlį siekiant bendrų šaliai išskeltų tikslų.

1.3. Ekologinio pėdsako ir darnumo koncepcija

Kuo daugiau žmonija suvartoja, tuo daugiau visko gaminama, kuo daugiau žmonės keliauja, tuo daugiau teršiama aplinka, kuo daugiau suvalgoma, tuo daugiau paliekama atliekų ir taip be pabaigos. Dažnai vyksta diskusijos apie tai kokį pasaulį šio amžiaus gyventojai paliks savo vaikams ir vaikaičiams, ar jiems užteks išteklių subalansuotam gyvenimui, ar galės džiaugtis tokiu gamtos grožiu, kokį mato dabartiniai gyventojai? Tam, kad ateities kartoms nebūtų palikti vien šiukšlių kalnai ir gamtos katastrofos, subalansuoti žmonijos vartojimą, gamybą, mobilumą ir taršą tapo pagrindinis darniosios plėtos uždavinys (*Biekša, 2014*). Darnus vystymasis – tai ilgalaikė, nuolatinė visuomenės plėtra, siekiant tenkinti žmonijos poreikius tiek dabartiniu metu, tiek ir ateityje, racionaliai naudojant bei papildant gamtos išteklius, išsaugant Žemę ateities kartoms (*Staniškis, 2015*). Darnaus vystymosi sąvoka buvo apibrėžta jau 1987 m., tačiau šis terminas tapo plačiai žinomas ir naudojamas tik po 1992 m. įvykusios Rio de Žaneiro konferencijos, kurioje darni plėtra buvo įteisinta kaip pagrindinė ilgalaikė visuomenės raidos ideologija (*Lambrechts et al., 2013; Jociute, 2013*).

Nors visi supranta, kad medžiagų ir energijos išteklių yra riboti ir kiekvieno gyventojų veikla sukelia negrįžtamus pokyčius gamtoje, deja žmonijos gerovė ir toliau priklauso nuo besivystančios pramonės ir didėjančio vartojimo. Ekonomikos sektoriuje dažniausiai visuomenės gerovės augimas siejamas su šalies ekonominiu vystymusi. Augantis bendrasis vidaus produktas (BVP) parodo, jog produkcijos yra pagaminama daugiau, todėl išauga vartojimas, o tai ekonominiu požiūriu teigiamai veikia visuomenę ir ekonomikos vystymąsi. Skaičiuojama, jog kuo daugiau suvartojama, iškasama, pervežama, sudeginama, tuo didesnis BVP yra sukuriamas. Negana to, susirgimai dėl padidėjusios aplinkos taršos ir užterštų produktų, iškastinių energetinių išteklių vartojimas taip pat yra vertinama teigiamai, kadangi gydymui, užterštų teritorijų valymui, aplinkos taršos mažinimui yra suvartojami finansiniai, techniniai bei žmogiškieji išteklių. Nors ekonominiu požiūriu toks BVP interpretavimas, atrodo, teigiamai veikia tiek ekonomikos vystymąsi, tiek visuomenės gerovę, tačiau realybė yra visai kitokia. Tikrosios situacijos analizei reikalingi rodikliai bei indikatoriai, kurie galėtų tiksliau įvertinti visuomenės ir ekonomikos plėtrą. Tam ir buvo sukurtas ekologinio pėdsako indikatorius, parodantis proceso ar produkto tikrąjį poveikį ekosistemoms bei įvertinantis ekonomikos vystymosi bei vartojimo augimo daromą žalą. Nuo kitų indikatorių jis išsiskiria tuo, kad apima visą produkto ar paslaugos „kelį“ nuo pirminio išgavimo iki suvartojimo ir utilizavimo, todėl yra puiki priemonė darnumui vertinti (*Biekša, 2014*).

Klimato kaita šiuo metu vertinama kaip ryškiausiai jaučiama, visa apimanti aplinkosauginė problema, todėl daugelis susikoncentruoja būtent į šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir jų mažinimą. Ieškant darnių sprendimų, juos priimančias asmenys taip pat žvelgia tik per

klimato kaitos prizmę, o ne į bendrą žmonijos išteklių apykaitą. Viso to rezultatas – dėmesys tarsi nukreipiamas nuo kitų problemų, susikoncentruojant ir bandant išspręsti tik vieną iš jų. Tačiau žmonijos problema yra ne vien ŠESD emisijos. Žvelgiant plačiau matoma, jog vis didesnė dalis pasaulio gyventojų susiduria su vandens, pagrindinio gyvybės šaltinio, trūkumu. Kiekvienais metais dėl dirvos erozijos, nuganymo ir netinkamos žemės ūkio praktikos prarandami didžiuliai plotai derlingos žemės, teikiančios maistą žmonijai. Per intensyvus miškų kirtimas, žuvų išgaudymas, bioįvairovės nykimas ir gyventojų vartotojiškumo augimas - tai tik maža dalis problemų kurios yra ne mažiau svarbios nei klimato kaita. Laiku nestabdant, minėtos problemos metams bėgant taps tik opesnės ir sunkiau išvengiamos (*Ewing et al., 2010; Galli et al., 2012*). Dėl to, siekiant visuotinės darnos pasaulyje, būtina atsižvelgti į visas problemines sritis bendrai. Kaip jau minėta anksčiau, ekologinio pėdsako skaičiavimas paremtas keturiais pagrindiniais darnumo aspektais – ekonominiu, aplinkosauginiu, socialiniu ir kultūriniu. Tai reiškia, jog bet kurios srities plėtra ar priimamas sprendimas turi būti ekonomiškai naudingas, ekologiškai atsakingas, socialiai priimtinas ir atitinkantis kultūrinės nuostatas (*Čuček et al., 2012*). Ekologinio pėdsako analizė šioje srityje yra bene geriausias indikatorius, leidžiantis ne tik visapusiškai įvertinti esamą situaciją, bet ir apžvelgti darnios plėtros sprendimų galimą poveikį gamtai bei numatyti su planuojamais pokyčiais susijusias problemas.

1.4. Ekologinio pėdsako analizė – priemonė švietimo įstaigų darnumui vertinti ir valdyti

Tarptautiniu mastu, švietimas laikomas ne tik pagrindine žmogaus teise, bet ir vertybių bei požiūrių šaltiniu, kuris gali skatinti darnią praktiką tarp mokinių ir studentų – būsimų ilgalaikių miesto gyventojų (*Gottlieb et al., 2012*). Nuolat augantis universitetų ir aukštojo mokslo įstaigų skaičius priverčia imtis atsakingesnio jų valdymo ir stiprinti vaidmenį ugdant darnią visuomenę. Kaip pagrindiniai visuomenės švietimo dalyviai, jie turėtų parengti studentus ir moksleivius darnaus vystymosi iššūkiams, su kuriais visuomenė susiduria jau dabar. Universitetų darnumo idėjos plėtojimas prasidėjo nuo Stokholmo konferencijos 1972 m., kai švietimas buvo oficialiai pripažintas vaidinantis svarbų vaidmenį skatinant visuotinę aplinkos apsaugą. Visame pasaulyje universitetai, siekdami veikti kaip aplinkai nekenksmingos organizacijos, vienijosi į darnios plėtros programas ar pasirašė tarptautines chartijas, deklaracijas. Didžioji dalis jų (9 iš 14) buvo sukurtos Europoje (*Waas et al., 2010*). Viena iš istoriškai ryškiausių - 1990 metais parengta Talloires deklaracija, kurios dėka buvo apibrėžta darnaus universiteto sąvoka. Toliau vystantis aukštojo mokslo darnumui sekė Kyoto deklaracija (1993 m.) ir Koperniko chartija (1993). Iki 2003m. pabaigos šie trys dokumentai į savo veiklą įtraukė daugiau nei 1000 universitetų visame pasaulyje, kurie įsipareigojo prisiimti atsakomybę už išteklių vartojimą ir išlaikyti universiteto darnumą ateityje. Be šių trijų pagrindinių

sajungų, buvo pasirašyta dar daug kitų, tačiau šiuo metu paskutinis pasirašytas dokumentas yra Turino deklaracija (2009) (*Lozano et al., 2013; Nejati and Nejati, 2013*). Nors paskutinė pasirašyta iniciatyva buvo jau gana seniai, tačiau tai nereiškia, kad iki šiol nevyko jokie veiksmai universitetų darniai veiklai plėtoti. Per paskutiniuosius keletą metų labai išpopuliarėjo įvairių organizacijų veiklos, tokios kaip aukštojo mokslo darnumo iniciatyva (HESI), darnios pažangos aukštajame moksle asociacija (AASHE), darnių ateities universitetų lyderių asociacija (ULSF) ir daugelis kitų. Šių organizacijų pagrindiniai siekiai – skatinti bei padėti plėtoti darnaus vystymosi iniciatyvas ir sujungti aukštojo mokslo institucijas į bendrą tinklą, kuriame visi dalintųsi informacija apie pasiektus rezultatus. Prisijungę institucijos įsipareigoja šviesti visų studijų krypties studentus apie darnų vystymąsi, skatinti ir populiarinti su darnia plėtra susijusius mokslinius tyrimus, kurti žaliuosius universiteto miestelius ir remti vietines darnumo iniciatyvas, dalintis informacija ne tik vietiniu bet ir tarptautiniu mastu. Universitetai noriai jungiasi prie šių organizacijų įrodydami, jog universitetų veikla ir jos valdymas tampa vienas iš svarbiausių šių dienų tikslų. Kauno technologijos universitetas nuo 2015 m. yra aplinkos apsaugos programos „Pasaulinio universitetų bendradarbiavimo aplinkosaugai ir darniai plėtrai“ (GUPES) tinklo narė.

Pasak Dauvergne (2005), ekologinio pėdsako analizė yra novatoriškas būdas nustatyti ne tik kiekvieno žmogaus daromą poveikį aplinkai bet gali būti naudojamas ir organizacijos, konkretaus produkto, įvairių pramonės procesų ar net atskirų ekonominių sektorių, kaip pavyzdžiui turizmo, poveikiui apibrėžti. Trumpai tariant kiekvienai veiklai pasaulyje galima apskaičiuoti ekologinį pėdsaką. Švietimo įstaigos – taip pat ne išimtis. Aukštojo mokslo įstaigų infrastruktūra yra labai plati. Šiose institucijose persipina daugybė veiklų, atliekama daug funkcijų: studentai aprūpinami būstu, kasdien vyksta paskaitos daugybėje auditorijų, veikia įvairaus tipo laboratorijos galinčios generuoti kenksmingas atliekas, vyksta moksliniai tyrimai, įrengtos pramogų erdvės, sporto salės, išplėtotas transportas susisiekimui (*Torregrosa-Lopez et al., 2011*). Dėl to didieji universitetai veikia kaip maži miesteliai, kurių poveikis aplinkai reikšmingai prisideda prie bendros miesto būklės. Tokiose institucijose kaip universitetai gana populiariu suvartojimus išmatuoti pasitelkiant ŠESD emisijų analizę, tačiau tai yra gana siauras tyrimas, susitelkti vien į kenksmingų dujų emisijų mažinimą nors pasaulyje sparčiai senka ir kiti svarbūs gamtiniai išteklių (*Klein-Banai and Theis, 2011*). Ekologinis pėdsakas, kaip darnumo indikatorius, turi keletą pagrindinių pranašumų lyginant jį su kitomis alternatyvomis darnumui universitete matuoti. Visų pirma, apskaičiuotas institucinis ekologinis pėdsakas pateikia rekomendacijas apie tai, kurioje srityje daromas didžiausias poveikis ir reikalingas didžiausias dėmesys bei pastangos siekiant darnumo tikslo. Antra – remiantis indėliu į ekologinį pėdsaką, galima eiliškumo tvarka išreitinguoti vartojimo rodiklius nuo didžiausių iki mažiausių sunaudojimų (*Gottlieb et al., 2012*). Užsienio šalyse, regioniniu lygiu pėdsako matavimas

tapo netgi pagrindiniu indikatoriumi leidžiančiu įvertinti regiono darnumo politikos pasisekimą ar nepritapimą (*Lewan and Simmons, 2001; Giljum et al., 2007*)

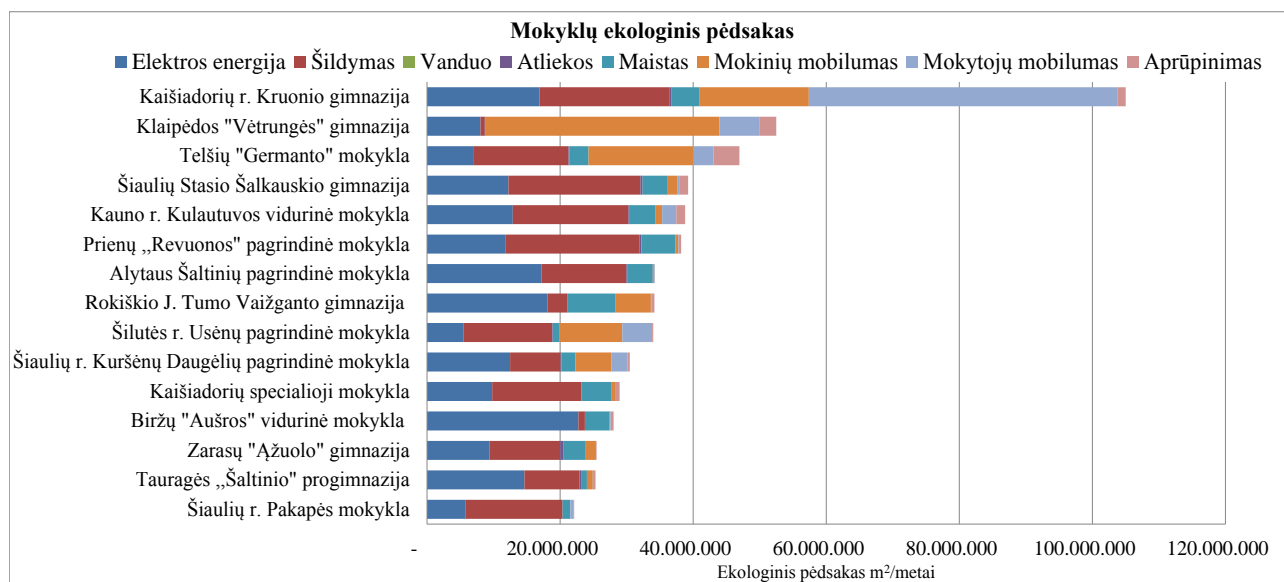
1.5. Ugdymo įstaigų poveikio aplinkai apžvalga

Kol nėra sukurtos universitetams pritaikytos ekologinio pėdsako metodikos įvertinančios visus rodiklius, universitetai stengiasi išmatuoti pėdsako dydį naudodamiesi įvairiomis metodikomis. Visų jų skaičiavimo principai gana panašūs, tačiau išteklių reikalaujančios veiklos gali būti vertinamos skirtingu lygiu. Vieni universitetai skaičiuodami ekologinį pėdsaką apsiriboja tik pagrindinių suvartojamų išteklių ir generuojamų atliekų įtraukimu (el. energija, vandens sunaudojimas, šildymas), kiti stengiasi į skaičiavimus įtraukti kiekvieną resursų reikalaujančią veiklą universitete (kelionės į universitetą ir iš jo, maitinimas, universiteto transportui reikalingas kuras). Redlando universitete Kalifornijoje atliktas gana išsamus ekologinio pėdsako tyrimas parodė, jog šiame objekte vykdomos veiklos dydis siekia 2306,7 gha. Didžiąją dalį ekologinio pėdsako sudaro studentų ir dėstytojų mobilumas (32,4 proc.) bei elektros energijos suvartojimas universitete (31,4 proc.) (*Venetoulis, 2001*). Toronto universitete ištirto ekologinio pėdsako rezultatai siekė 7827,3 gha. Skirtingai nei Rodlando universitete, daugiau nei 64 proc. ekologinio pėdsako sudarė energijos suvartojimas ir tik 28,5 proc. mobilumas (*Svajda and Shakeel, 2009*). Minėtų universitetų tyrimo rezultatai rodo, jog ekologinio pėdsako sudėtis kiekviename iš jų gali būti labai skirtinga, o gauti rezultatai padeda nuspręsti, kurioje srityje universitetui reikalingi didžiausi pokyčiai siekiant sumažinti išteklių suvartojimus.

Ekologinis pėdsakas Lietuvoje buvo vertinamas tik pradinio ugdymo įstaigose vykdančią programą “Darni mokykla”. Į projektą įsitraukusios mokyklos ir darželiai pradžioje įvertino, kokį poveikį jos daro supančiai aplinkai (kokį ekologinį pėdsaką palieka) ir per metus stengėsi šiuos rodiklius kaip įmanoma pagerinti. Projekto metu ekologinis pėdsakas buvo skaičiuojamas internetine programa, kuri buvo adaptuota Lietuvos mokykloms remiantis austrų programos pavyzdžiu. Ekologinio pėdsako tyrimas mokyklose padėjo išsiaiškinti reikšmingiausius medžiagų ir energijos srautus įstaigoje, kartu nustatant didžiausią neigiamą poveikį aplinkai darančias sritis. Kaip parodė projekte dalyvaujančių ugdymo įstaigų rezultatai (4 grafikas), didžiausią įtaką ekologinio pėdsako rodikliui turėjo elektros energijos (30 proc.) ir šiluminės energijos (27 proc.) suvartojimas bei mokinių mobilumas (18 proc.). Mažesnę reikšmę ekologiniam pėdsakui turi įstaigoje susidarančių atliekų kiekis (13 proc.), maisto suvartojimas ir maitinimas (7 proc.), mokytojų mobilumas (4 proc.), aprūpinimas mokymosi priemonėmis, darbo ir higienos medžiagomis (1 proc.) bei vandens suvartojimas (0,002 proc.). Austrijoje ekologinio pėdsako tyrime dalyvavo apie keli šimtai mokyklų. Ten užfiksuota, kad skirtingai nei Lietuvoje, didžiausią ekologinį pėdsaką mokyklos palieka mokinių ir moksleivių mobilumo srityje. Taip pat Austrijoje pastebėtas mažesnis ekologinis pėdsakas šildymo

srityje, kuris siejasi su platesniu biokuro naudojimu. Skirtumai tarp šalių elektros srityje susiję su platesniu elektros tiekėjų pasirinkimu ir didesniu „žalesnės energijos“ gamybos paplitimu. Pagrindinį projekto prizą laimėjusi Alytaus Šaltinių pagrindinė mokykla per metus ekologinį pėdsaką sumažino labiausiai – nuo 47 iki 39,6 balo (kuo balas žemesnis – tuo mokykla mažiau kenkia aplinkai). Mokyklos bendruomenė mažino elektros, šilumos energijos ir vandens suvartojimą, skatino mokinių judėjimą pėsčiomis. Paskaičiuota, kad įgyvendinant šiuos siekius per metus mokyklai pavyko sutaupyti apie 6 950 eurų. Kaip matyti iš pasiektų gerų rezultatų ir vis didėjančio mokyklų įsitraukimo į šią programą, ekologinio pėdsako matavimas tampa puikia priemone švietimo institucijų išteklių mažinimui, todėl tikėtina, kad tokio tipo programa gali pasiteisinti ir auštojo mokslo institucijose.

5 pav. Lietuvos mokyklų ekologinis pėdsakas ir jo sudedamosios dalys (Mokyklų ekologinio pėdsako vertinimas, 2014)



1.6. Ekologinio pėdsako skaičiavimo metodikos apžvalga

Iki šiol nėra nustatyta vieno konkretaus ekologinio pėdsako matavimo metodo, įvertinančio visus išteklių vartojimui darančius įtaką aspektus. To priežastis – skirtingiems objektams būdingi nevienodi rodikliai atskleidžiantys vienokias ar kitokias išteklių vartojimo tendencijas. Ekologinio pėdsako tyrimas, atliktas Lietuvos mokyklose ir vaikų darželiuose, buvo parengtas pagal Austrijos mokslininkų sukurtą specialiai ugdymo įstaigoms pritaikytą metodiką, adaptuotą Lietuvai. ESO (buvusi LESTO) šį projektą pavadino „Darni mokykla“ ir bendradarbiaudama kartu su Lietuvos vaikų ir jaunimo centru 2015 m. laimėjo „Swedish Business Awards“ nominacijoje kaip geriausia metų socialinės atsakomybės iniciatyva. Ši ekologinio pėdsako skaičiavimo metodika (EPSM) buvo

sukurta būtent ankstyvojo ugdymo švietimo institucijoms, tokioms kaip mokyklos, vaikų darželiai, papildomo ugdymo įstaigos. Nagrinėjama ekologinio pėdsako skaičiuoklė (EPS) yra kompiuterinė programa, kurioje prekių vartojimo, energijos tiekimo ar mobilumo duomenys yra perskaičiuojami į hipotetines ploto sąnaudas. Atliekant skaičiavimus įtraukiami visi su įstaigos veikla susiję rodikliai – nuo darbo priemonių ir mokymo reikmenų aprūpinimo, elektros ir šiluminės energijos tiekimo, vandens vartojimo, mokinių ir mokytojų mobilumo iki maisto produktų suvartojimo ir atliekų susidarymo. Didžiulis programos pranašumas yra ne tik galimybė apskaičiuoti institucijos ekologinis pėdsaką detaliai įvertinant visas sritis nuo vandens suvartojimo iki mokyklinių išvykų, bet ir gebėjimas gautus rezultatus palyginti su kitų ekologinio pėdsako skaičiavimo metodų rezultatais, ko kitose programose nėra įdiegta.

1.6.1. Ekologinio pėdsako apskaičiavimas

Internetinėje EPS programoje ekologinis pėdsakas apskaičiuojamas pakopomis naudojant 1 ir 2 formules. Kadangi ekologinis pėdsakas yra daugialypis rodiklis, visų pirma apskaičiuojami tyrime naudojamų elementų (elektros ir šiluminės energijos, vandens ir kt.) ekologiniai pėdsakai, kurie vėliau susumuojami į vieną bendrą skaitmenį, apibūdinantį institucijos ekologinio pėdsako reikšmę. Ekologinis pėdsakas skaičiuojamas kvadratiniais metrais globaliu mastu (Biekša, 2014)

$$a_i = \frac{c_i}{y_i} \times F \times E_f \quad (1)$$

$$F_p = \sum_{i=1}^n a_i \quad (2)$$

Čia:

a_i – nagrinėjamo elemento ekologinis pėdsakas;

c_i – nagrinėjamo elemento metinis suvartojimas;

y_i – žemės produktyvumas arba kiekvieno nagrinėjamo elemento derlingumas (kg/ha);

F – derlingumo faktorius;

E_f – ekvivalentinis faktorius;

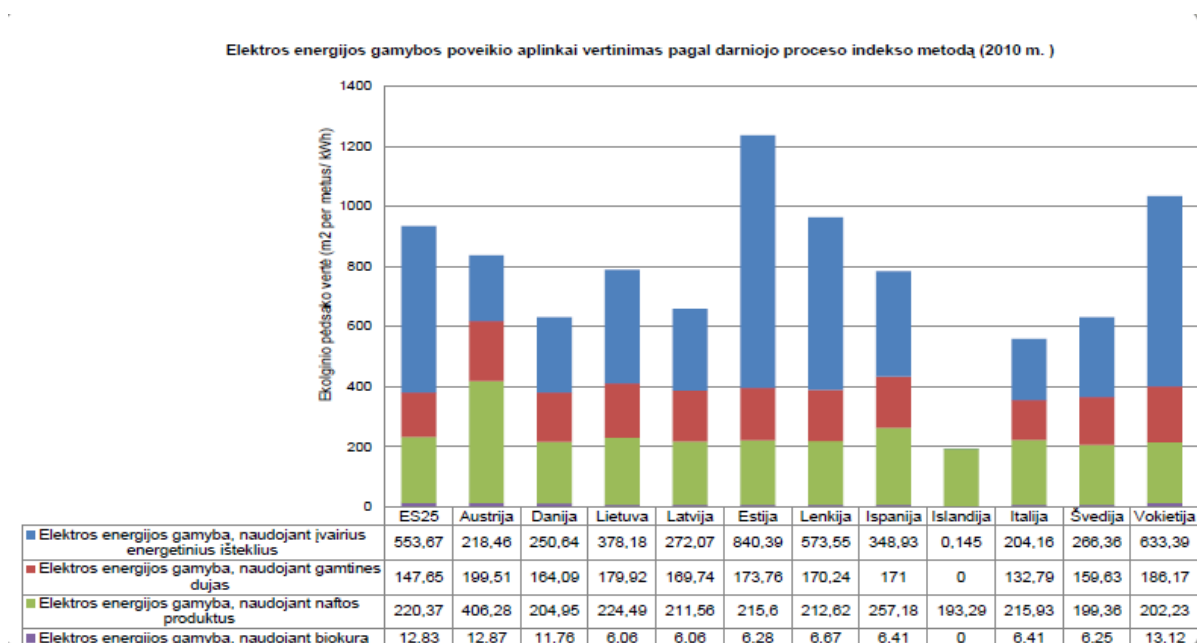
F_p – bendras ekologinis pėdsakas populiacijai.

Pirmoji formulė naudojama apskaičiuoti kiekvieno komponento pėdsaką. Skirtingų elementų ekologinis pėdsakas apskaičiuojamas padalinant metinius jų suvartojimus iš tam tikrų metų žemės produktyvumo rodiklio. Šis skaičius dar padauginamas iš derlingumo faktoriaus ir ekvivalentinio faktoriaus, kurie naudojami tam, kad pirminiai ploto vienetai (hektarai) galėtų būti

transformuojami į bendrinį skaitiklį – globaliuosius hektarus. Toliau dėka antrosios formulės susumuojami visų komponentų pėdsakai ir taip apskaičiuojamas bendras institucijos ekologinis pėdsakas.

Tiek elektros, tiek šiluminės energijos gamybos ekologinis pėdsakas programoje įvertinamas, pasitelkiant tvaraus proceso indekso metodą. Skaičiavimuose naudojami duomenys paimti iš „Eurostat“, „ProBas“³ (Vokietija) ir „Econivent“⁴ (Šveicarija) duomenų bazių (Biekša, 2014). Tiek elektros, tiek šilumos energijos ekologinis pėdsakas priklauso nuo energijos gamybos technologijos ir naudojamos kuro rūšies. Programoje elektros ekologinio pėdsako skaičiavimui galima įvertinti visuomeninio (ESO) arba nepriklausomo elektros energijos tiekėjo variantą. Tai leidžia tiksliau nustatyti gamtinių išteklių suvartojimus išgaunant elektros energijos išgavimui. Nors ESO tiekiamos elektros energijos vidutinis ekologinis pėdsakas yra ženkliai mažesnis už vidutinį ES ekologinį pėdsaką, tačiau rezultatai yra geresni jei nagrinėjama institucija perka energiją iš nepriklausomo energijos gamintojo, kuris naudoja daug atsinaujinančių išteklių. Visi elektros energijos išgavimo kaštų skaičiavimai ir emisijų skaičiavimai programoje atliekami remiantis Lietuvoje taikomų išgavimo technologijų duomenimis. Dėl to, gauti duomenys yra specifikuoti būtent Lietuvos institucijoms. Žemiau esančiame grafike (6 pav.) yra pateikti ekologinio pėdsako vertinimai elektros energijos gamybai naudojant įvairias kuro rūšis. Grafike yra pateikti visuomeninio elektros energijos tiekėjo vidutinis elektros energijos gamybos proceso metu susidaręs ekologinis pėdsakas.

6 pav. Elektros energijos gamybos poveikis aplinkai (ekologinis pėdsakas) skirtingose šalyse (Biekša, 2014)



Lietuvoje ekologinio pėdsako vertė dėl elektros energijos faktoriaus, lyginant su kitomis Europos šalimis, atitinka vidutinę reikšmę. Tokius rezultatus lemia tai, kad didžioji dalis (apie 70 proc.) elektros energijos yra importuojama iš kaimyninių šalių (Latvija, Estija, Baltarusija, Rusija). Dėl to, vertinant EP lokaliu mastu tai nedaro įtakos gamtinei aplinkai šalies viduje, tačiau vertinant globaliai yra žinoma, kad teršalai gali sklirti aplinkoje dideliu mastu, todėl renkantis energijos tiekėjus, turėtų būti atsižvelgiama į importuojamos energijos gamybos būdus, t.y. įvertinti, koks kuras ir kokios technologijos yra naudojamos elektros energijos gamybai (*Biekša, 2014*)

Bendruomenės mobilumas įvertinamas matuojant anglies dvideginio (CO₂) pėdsaką. Jo dydis išreiškiamas kilogramais CO₂ emisijų kiekvienos išvykos metu, įvertinat transporto tipą (automobilis, autobusas, lėktuvas ir pan.). Matuojant mokyklinių išvykų CO₂ pėdsaką yra skaičiuojamas teršalų kiekis, tenkantis vienam žmogui arba vienai transporto priemonei. Susidariusių CO₂ emisijų kiekis apskaičiuojamas pagal supaprastintą formulę:

$$\text{CO}_2 = \frac{(\text{kelionės atstumas, km}) \times (\text{sunaudoto kuro kiekis, l/km}) \times (\text{kuro tarša (kg CO}_2\text{/km)})}{\text{keleivių skaičius}}$$

1.6.2. Biologinės talpos apskaičiavimas

Kaip jau minėta anksčiau, ekologinio pėdsako vertinimas yra neatsiejamas nuo biologinės talpos rodiklio. Šis rodiklis kaip ir ekologinis pėdsakas matuojamas globaliaisiais hektarais ir apibrėžia minimalų plotą, reikalingą norint išlaikyti pusiausvyrą ekosistemoje. Biologinės talpos indeksas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\text{BT} = \text{S} \times \text{F} \times \text{E}_f \quad (3)$$

Čia:

BT – biologinė talpa (šalies arba nagrinėjamos teritorijos), (gha);

S – šalies arba nagrinėjamos teritorijos plotas (ha);

F – derlingumo faktorius;

E_f – ekvivalentinis faktorius.

Trečioje formulėje, biologinė talpa apskaičiuojama sudauginus nagrinėjamą žemės plotą, derlingumo faktorių ir ekvivalentinį faktorių. Ši išraiška parodo išteklių kiekį, kurį šis plotas geba regeneruoti per metus. Labai svarbu suvokti, kad ekologinio pėdsako ir biologinės talpos rodikliai negali įvertinti šalies ar tam tikros bendruomenės ekologinę padėtį kol yra vertinami

atskirai. Siekiant išsiaiškinti tikrąjį išteklių naudojimo būklę pasirinktoje teritorijoje, minėti rodikliai turi būti lyginami tarpusavyje. Jei ekologinio pėdsako reikšmė viršija biologinės talpos reikšmę – bendruomenė vystosi nedarniai, reikalingi pokyčiai mažinant gamtinių išteklių suvartojimą.

1.6.3. Darnų gyvenimą užtikrinančio ploto apskaičiavimas

Programoje apskaičiuotas ekologinio pėdsako rezultatas analizuojamas pasitelkiant ir kitus rodiklius. Vienas iš jų – darnų šalies gyvenimą užtikrinantis plotas. Darnaus gyvenimo lygis vienam šalies gyventojui apskaičiuojamas pagal supaprastintą 4 formulę. Joje įvertinamas šalies ploto ir jos gyventojų skaičiaus santykis bei Žemės vandenų ploto ir pasaulio gyventojų skaičiaus santykis. Atlikus skaičiavimus nustatomas maksimalus darnaus gyvenimo lygį užtikrinantis plotas, kurio reikėtų neviršyti, siekiant darnaus šalies vystymosi. Tai lyg atskaitos taškas, kurio turi siekti šalies gyventojai norėdami, kad gamtiniai išteklių nebūtų pereikvojami (*Ruževičius, 2011*).

$$F_p = \frac{S_i}{P_i} + \frac{S_v}{P_w} \quad (4)$$

Čia:

S_i – nagrinėjamos šalies plotas (ha);

P_i – nagrinėjamos šalies gyventojų skaičius;

S_v – Žemės vandenynų plotas (ha);

P_w – Žemės gyventojų skaičius.

1.6.4. Tvaraus proceso indekso apskaičiavimas

Egzistuoja daug metodų ekologinio pėdsako apskaičiavimui. Kiekvienas iš jų atskleidžia skirtingas sąsajas tarp turimo ploto ir žmonių veiklos. Vienas iš būdų yra ir tvaraus proceso indeksas (TPI). Tai Austrijos Graco technologijos universiteto, cheminių procesų laboratorijos specialistų komandos, vadovaujamos prof. M. Narodoslavskio (M. Narodslawsky), sukurta ekologinio pėdsako skaičiavimo metodika pasitelkiant TPI. Tvaraus gamybos/vartojimo proceso indeksas parodo poveikio aplinkai dydį, išreikštą m^2 /vienam gyventojui. TPI įvertina žemės plotą reikalingą procesui atlikti, produktui ar gaminiui pagaminti, paslaugai suteikti, įvertinant konkretaus regiono ekonomines, aplinkosaugines, socialines sąlygas. TPI indekso skaičiavimo metodika įvertina gamybos proceso ar paslaugos teikimo metu suvartotą žemės plotą, reikalingą materialiniams ištekliams patiekti, energijai išgauti, patiekti ir suvartoti, personalui išlaikyti, procesų

sudėtinių dalių pateikimui bei produkto atliekų išsklaidymui aplinkoje įvertinti. TPI apskaičiuojamas pagal 6-ąją formulę (Biekša, 2014)

$$TPI = \frac{a_{tot}}{a_{in}} \text{ (produkto vnt. tenkantis gyventojui)} \quad (6)$$

Čia:

a_{in} – teritorija, susijusi su produkto gyvavimo ciklu, tenkanti 1 gyventojui (m^2/gyv),

a_{tot} – teritorija skirta paslaugoms, susijusioms su produkto gyvavimo ciklu, kuri yra paskaičiuojama pagal tokią formulę:

$$a_{tot} = \frac{A_{tot}}{S_{tot}} \text{ (m}^2\text{/vnt produkto)} \quad (7)$$

Čia:

S_{tot} – produkto paslaugų kiekis arba produkto sudedamųjų dalių kiekis.

$$A_{tot} = A_R + A_E + A_\xi + A_S + A_p \text{ (m}^2\text{)} \quad (8)$$

Čia:

A_R – teritorija reikalinga produkto žaliavoms išgauti (t.y. bendra teritorija, susijusi su atsinaujinančių (ARR) ir neatsinaujinančių išteklių (ARN) išgavimu)

A_E – teritorija reikalinga darbuotojams, kurie dalyvauja produkto gamybos cikle;

A_ξ – teritorija reikalinga produkto gamybos metu suvartotai energijai pagaminti bei pateikti;

A_S – teritorija reikalinga gaminiui surinkti ir sumontuoti, įskaitant žemės plotą reikalingą gaminio sudėtinių dalių pateikimui ir sumontavimui (t.y. žemės ploto, skirto tiesioginiams (AII) ir netiesioginiams (AID) poreikiams, gaminio produkto gamybos ir surinkimo metu, suma);

A_p – žemės plotas, reikalinga produkto ir šalutinių produktų tvariam išsisklaidymui aplinkoje, (dažniausiai yra priimama, kad teršalų išsisklaidymui aplinkoje reikia apie vienerių metų);

Tvaraus proceso indeksas skaičiuojamas atsižvelgiant ne tik į CO₂ ir kitų teršalų emisijas, bet ir vertinant viso gamybos proceso ciklą, naudojant produkto gyvavimo ciklo metodologiją. Kai TPI indekso reikšmė lygi vienetui (TPI=1) – tai rodo, kad procesas yra subalansuotas ir darnus. Jei TPI < 1 – procesas nekenkia aplinkai, t.y. proceso metu ar produkto gamybos metu daroma žala aplinkai yra nekenksminga. Jei TPI > 1 – proceso ar produkto gamybos veikla neigiamai veikia aplinką ir yra žalinga. Kuo TPI vertė didesnė, tuo proceso, produkto gamybos ar ūkinės veiklos poveikis aplinkai yra didesnis.

2. EKOLOGINIO PĖDSAKO SKAIČIAVIMO ADAPTAVIMO UNIVERSITETUI METODIKA

Dėl projekte „Darni mokykla“ pasiektų gerų rezultatų, programos patogumo ir metodikos pritaikomumo, universiteto ekologinio tyrimui pasirinkta būtent ši programa. Ją galima rasti internete, adresu <http://ekopedsakas.lvjc.lt/>. Lietuvos mokyklų naudotos metodikos adaptavimas buvo vykdomas pagal 1-ąją schemą. Visų pirma buvo išanalizuota internetinėje ekologinio pėdsako programoje naudojami rodikliai. Programoje analizuojamas sritis sudarė septyni veiklos sektoriai: elektros energijos ir šiluminės energijos vartojimas, maisto vartojimas ir maitinimas, vandens suvartojimas, atliekų susidarymas, aprūpinimas mokymosi priemonėmis, darbo, higienos medžiagomis ir mokinių bei mokytojų mobilumas. Kiekvienas šių sektorių užpildomas informacija apie metinius suvartojimus. Tyrimui pasirinktas laikotarpis - 2015 metai. Pagrindinius renkamus duomenis sudarė elektros ir šilumos energijos, vandens, cheminių medžiagų sunaudojami kiekiai, maitinimo tipai ir jų pasiskirstymas universiteto padaliniuose bei informacija apie darbuotojus ir studentus, jų keliavimo į universitetą įpročius.

Schema Nr. 1



Kauno technologijos universitetas yra viena iš didžiausių aukštojo mokslo institucijų Kauno mieste. Tam, kad būtų lengviau perprasti reikalingų duomenų ribas, visų pirma buvo išsiaiškinta universiteto struktūra ir jame vykdomos veiklos (2 lentelė). Šiuo metu universitete veikia 9 fakultetai, 9 mokslo institutai, 5 aptarnavimo padaliniai ir 9 administracijos padaliniai. KTU Kauno

mieste priklauso net 12 bendrabučių, galinčių apgyvendinti beveik 3 tūkst. Lietuvos ir užsienio studentų. Bendrabučiai, kaip ir pagrindiniai universiteto rūmai išsidėstę studentų miestelyje, kurio planas pavaizduotas 4-ame priede. Panevėžyje veikia tik vienas bendrabutis, kuris nėra toks populiarus kaip Kauno bendrabučiai ir dažnai būna visiškai neužpildytas. Skirtinguose universiteto pastatuose atliekamos įvairaus tipo funkcijos, juose vyrauja nevienodi žmonių srautai ir išteklių poreikiai, todėl tiriant universiteto ekologinį pėdsaką reikalingi išsamūs duomenys apie kiekvieną pastatą. Tam buvo naudojami tiek universiteto administracijos teikiami duomenys, tiek viešai prieinamos ataskaitos bei įvairūs nustatyti planai.

2 lentelė. Kauno technologijos universiteto padaliniai (*KTU 2014–2016 m. strateginis veiklos planas*)

FAKULTETAI	MOKSLO INSTITUTAI	APTARNAVIMO PADALINIAI	ADMINISTRACIJOS PADALINIAI
Cheminės technologijos	Aplinkos inžinerijos	Biblioteka	Finansų departamentas
Ekonomikos ir verslo	Architektūros ir statybos	Informacinių technologijų departamentas	Mokslo departamentas
Elektros ir elektronikos	Biomedicininės inžinerijos	Inovacijų ir verslo centras	Rinkodaros ir komunikacijos departamentas
Informatikos	Gamybos technologijų	Leidykla „Technologija“	Strateginio planavimo ir kokybės departamentas
Matematikos ir gamtos mokslų	Maisto	Ūkio departamentas	Studijų departamentas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino	Mechatronikos		Studentų departamentas
Panevėžio technologijų ir verslo	Medžiagų mokslo		Tarptautinių ryšių departamentas
Socialinių humanitarinių mokslų ir menų	Metrologijos		Vidaus audito skyrius
Statybos ir architektūros	Prof. K.Baršausko ultragarso mokslo		Žmogiškųjų išteklių departamentas

Duomenų rinkimo etape išsiaiškinta, jog 2015 metais Kauno technologijos universitete studijavo 10 495 studentai. Jiems buvo dėstomos 148 studijų programos 8-iuose fakultetuose Kaune ir 1-ame Panevėžio mieste. Universitete dirba 2 740 darbuotojai, kurie užima 2 614 pareigybes. Naudojami duomenys apie kiekviename fakultetuose besimokančių studentų skaičių bei veikiančius mokslo institutus buvo gauti iš viešai prieinamos 2015 m. universiteto veiklos ataskaitos. Kadangi šioje ataskaitoje trūko duomenų apie darbuotojų skaičių kiekviename fakultete, papildomai buvo naudojamos ir 2013 m. parengtomis visų fakultetų ataskaitomis, darant prielaidą, jog darbuotojų skaičius apytiksliai išliko toks pats. Detalesnė informacija apie kiekviename pastate vykdomą veiklą pateikiama 3-oje lentelėje.

3 lentelė. KTU universiteto padalinių pasiskirstymas pagrindiniuose rūmuose.

Objektas	Adresas	Įsikūrę padaliniai	Studentų skaičius	Studijų programų skaičius	Dėstytojų skaičius	Mokslo ir kiti darbuotojai
Centriniai rūmai	K. Donelaičio g. 73	KTU administracija	-	-	-	
I rūmai	A. Mickevičiaus g. 37	Socialinių, humanitarinių mokslų ir menų fakultetas	917	27	112	15
II rūmai	K. Donelaičio g. 20	Ekonomikos ir verslo fakultetas	2172	19	108	1
III rūmai*	Laisvės al. 13	Kultūros centras	-	-	-	-
IV rūmai 4 kopūsai	Radvilėnų pl. 19	Cheminės technologijos fakultetas(C);	1098	14	73	24
		Tyrimų laboratorija (A);				
		Maisto mokslo ir technologijų kompetencijos centras (B)				
V rūmai*	Gedimino g. 43	-	-	-	-	-
VIII rūmai*	Kęstučio g. 27	-	-	-	-	-
IX rūmai	Studentų g. 48	Statybos ir architektūros fakultetas	811	13	70	
X rūmai	Studentų g. 48A	Elektros ir elektronikos fakultetas	1329	20	99	8
XI rūmai 2 korpusai	Studentų g. 50	Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas	476	10	69	2
		Informatikos fakultetas	1645	14	100	
		Metrologijos institutas*	-	-	-	-
XII rūmai	Studentų g. 56	Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas	1383	34	122	7
		Mechatronikos institutas				
XIII rūmai	Studentų g. 65	KTU gimnazija	310	12	36	5
XIV rūmai*	Kęstučio g. 8	-	-	-	-	
XV rūmai*	Studentų g. 54	KTU leidykla „Technologija“	-	-	-	11
KTU maisto institutas*	Taikos pr. 92	-	-	-	-	-
Architektūros ir Statybos Institutas*	Tunelio g. 60	-	-	-	-	-
Mokslo,	Baršausko g. 59	6 institutai ir centrai	-	-	-	-

studijų ir verslo centras*						
Panevėžio institutas I*	Nemuno g. 33, Panevėžys	-	-	-	-	-
Panevėžio institutas II*	S.Daukanto g. 12, Panevėžys	-	-	-	-	

* – detali informacija nepateikiama

Pagrindinė informacija apie 2015 metais sunaudotus elektros ir šilumos energijos bei vandens kiekius buvo gauta iš universiteto administracijos pateiktų metinių ataskaitų. Remiantis Lietuvos nepriklausomų šilumos gamintojų 2015 m. apžvalgos duomenimis, Kauno mieste veikė 7 nepriklausomi šilumos gamintojai, kurie pagamino beveik 47 proc. šilumos energijos. Didžioji jų dalis šilumos generavimui naudojo atsinaujinančius išteklius, taigi renkant informaciją apie šiluminės energijos kilmę buvo atsižvelgta į pateiktą informaciją ir įvertinta kokią dalį universitetui tiekiamos šilumos energijos sudarė iš atsinaujinančių išteklių gauta šiluma.

Nagrinėjant universitete susidarancias atliekas, iš administracijos gautoje ataskaitoje trūko detalios informacijos apie 2015 m. iš bendrabučių gyventojų surenkamus jų kiekius ir įvairovę. Tam, kad būtų galima preliminariai nustatyti bendrabučiuose išvežamų atliekų kiekį, buvo remiamasi Kauno miesto 2014–2015 m. atliekų tvarkymo plano ir universiteto pastatus aptarnaujančios įmonės „Kauno švara“ pateiktais duomenimis bei Šiaulių miesto savivaldybės 2014–2020 m. atliekų tvarkymo plano informacija. Pagal gautus duomenis nuspręsta, jog bendrabučiuose, kaip ir minėtų miestų daugiabučiuose, dažniausiai naudojami 1,1 m³ talpos konteineriai, kurie išvežami vieną kartą per savaitę. Konteinerių skaičius priklauso nuo bendrabučio naudingo/bendro ploto kvadratūros, susietos su komunalinių atliekų susikaupimo norma. Nors visame universitete įdiegta rūšiavimo sistema, tačiau apie tikslus surenkamus jų kiekius prieinama informacija nepateikiama. Pavojingomis ir pakartotinai perdirbamomis atliekomis universitete pasirūpina įmonė „Žalvaris“. Išvežamų atliekų turinį sudaro liuminescencinės lempos, informacinių technologijų ir telekomunikacinė įranga, užterštos plastikinės ir metalinės pakuotės, užteršta mediena, atliekos turinčios gyvsidabrio, laboratorinės cheminės medžiagos bei įvairūs plastikai, popieriaus ir kartono pakuotės. Gautose dokumentuose įvardijamas tik bendras šių atliekų kiekis, todėl kiekvienos rūšies atliekas vertinti atskirai galimybės nėra.

Pagal programoje nagrinėjamus rodiklius, maitinimo poveikiui įvertinti reikalinga informacija apie valgyklose naudojamus maisto produktus, jų kilmę ir reikalingą kiekį per metus. 2015 m. KTU veikė trys valgyklos, užkandinė ir kavinė. Visas jas galima rasti statybos ir architektūros, elektros ir elektronikos, mechanikos inžinerijos ir dizaino bei cheminės technologijos fakultetuose. Nei viena iš jų nepriklauso universitetui ir tik naudojasi universiteto patalpomis. Dėl to

detalūs duomenys apie produktų suvartojimus kiekvienoje iš valgyklų šiuo metu yra nepasiekiamos ir skaičiavimuose nenaudojamos.

Kauno mieste plačiai išsidėstę universiteto padaliniai yra neatsiejama miesto transporto ir susisiekimo dalis. Nuolat augantys studentų kiekiai daro įtaką viso miesto susisiekimo infrastruktūrai. Nagrinėjant KTU bendruomenės mobilumą, 2014 m. buvo vykdomas sociologinis tyrimas, kurio metu buvo apklausti 1289 KTU bendruomenės nariai. 74 proc. apklaustųjų sudarė studentai, likusioji dalis (26 proc.) – darbuotojai. Apklausos duomenys atskleidė, jog 30,7 proc. respondentų į universitetą atvyksta autobusu ar mikroautobusu. 28,2 proc. atsakiusiųjų atvyksta automobiliu, 21,8 proc. atvyksta pėsčiomis, 15,1 proc. atvažiuoja troleibusu ir tik 3,5 proc. važiuoja dviračiais. Pagal parengto KTU mobilumo plano duomenis, skaičiavimuose pasirinktas naudoti kiekvieno asmens vidutinis įveikiamas atstumas per dieną yra 10 km. Skirtingai nei mokykloms ar darželiams, tiriant mobilumą universitete, turi būti įvertinami tokie papildomi rodikliai kaip studentų kelionės namo į gimtuosius miestus bei užsienio studentų atvykimas studijuoti. Remiantis atlikta analize, buvo nustatyta, jog KTU studentai iš įvairių Lietuvos miestų dažniausiai keliauja namo autobusu ar automobiliu. 4 lentelėje matoma, jog didžiąją dalį (44 proc.) studentų sudaro Kauno miesto ir Kauno rajono gyventojai, todėl jų kelionės namo gali būti vertinamos kaip kasdienis visų studentų ir darbuotojų mobilumas. Kitą didesnę dalį (12 proc.) sudaro aplinkinių miestų, tokių kaip Marijampolė, Kėdainiai, Jonava, Panevėžys studentai. Jų mobilumo skaičiavimai pasipildo ir kelionių į gimtuosius miestus vertinimu. Pastebėta, jog arčiau Kauno miesto gyvenantys studentai grįžta į namus daug dažniau, nei iš tolimesnių Lietuvos miestų kilę studentai. Tam dažniausiai įtaką daro kelionės kaina ir laikas. Likusius 44 proc. studentų sudaro studentai tiek iš mažų, tiek iš didelių miestų visose Lietuvos geografinėse zonose. Vertinant mobilumo duomenis Lietuvos mastu (2 priedas), didžiausios CO₂ emisijos kyla dėl studentų keliaujančių iš Mažeikių, Neringos, Palangos ir Skuodo. Nors į šiuos miestus važiuojantys namo studentai ir daro didesnis poveikį aplinkai, tačiau kaip jau minėta anksčiau, dideliu atstumu nuo Kauno nutolusiuose miestuose studentai lankosi rečiau, todėl negali būti vertinami kaip labiausiai prie oro taršos prisidedantys asmenys. 2015 m. apskaičiuotas bendras emisijų kiekis dėl KTU studentų vienpusių kelionių namo sudaro 674 t CO₂ keliaujant automobiliu ir 481 t CO₂ jei studentai pasirenka keliauti autobusu.

4 lentelė. KTU besimokančių studentų skaičius kiekvienoje savivaldybėje (2015)

KTU studentų skaičius	Savivaldybė
0	Vilniaus rajonas
1 – 20	Šalčininkai, Trakai, Širvintos, Molėtai, Švenčionys, Ignalina, Visaginas.
21 – 50	Varėna, Druskininkai, Kalvarija, Birštonas, Elektrėnai, Pagėgiai, Rietavas, Palanga, Skuodas, Akmenė, Joniškis, Kupiškis, Zarasai.
51 – 100	Lazdijai, Alytus, Prienai, Kazlų Rūda, Ukmergė, Anykščiai, Utena, Rokiškis, Biržai, Pasvalys, Pakruojis, Šiauliai, Kelmė, Šilalė, Šilutė, Klaipėda, Kretinga.
101 – 200	Vilniaus miestas, Kaišiadorys, Vilkaviškis, Šakiai, Jurbarkas, Tauragė, Raseiniai, Radviliškis, Panevėžio rajonas, Telšiai, Plungė, Mažeikiai.
201 – 300	Marijampolė, Kėdainiai, Jonava, Panevėžio miestas
601 – 700	Kauno rajonas
2901 – 3000	Kauno miestas

Kauno technologijos universitetas yra gana populiarus objektas tarp užsienio studentų. Studentai iš įvairių pasaulio šalių noriai atvyksta pasisemti patirties ir gyti naujų įgūdžių. 2015 m. iš 36 valstybių jų atvyko net 877. Absoliuti lyderė atvykstančiųjų studentų sąrašė yra Indija. Iš šios šalies atvyksta daugiau nei pusė (444) visų užsienio studentų. Kitos studentų gausa pasižyminčios šalys yra Libanas ir Azerbaidžanas (29 studentai), Turkija (22 studentai), Gruzija (16 studentų). Visų kitų šalių studentų skaičius varijuoja nuo 1 iki 10 iš kiekvienos šalies. Kuo toliau nuo Lietuvos nutolusi šalis, tuo didesnis poveikis aplinkai daromas keliaujant, todėl didžiausios CO₂ emisijos kyla dėl studentų atvykstančių iš Brazilijos, Japonijos, Dominykos Respublikos, Tailando, Šri Lankos. Tačiau priede Nr.1 pateiktame grafike matyti, jog dėl didelio atvykstančiųjų kiekio, Indijos studentai yra pagrindiniai CO₂ emisijas sukeliantys asmenys. Jų kelionių emisijos sudaro 83 proc. (941,28 t) visų užsienio studentų kelionių iš namų į universitetą emisijų.

Universiteto tobulėjimas ir naujų žinių įsisavinimas neatsiejamas nuo mokslinių kelionių (komandiruočių). 2015 m. duomenimis, komandiruočių tikslais į užsienio šalis keliavo 2 988 asmenys. Kadangi gauti duomenys nuasmeninti, nėra aišku kiek skirtingų kelionių turėjo vienas asmuo, tačiau pagal tą pačią skaičiavimo metodiką, naudotą užsienio studentų mobilumui vertinti, galima nustatyti išvykų paliekamą CO₂ pėdsaką. Iš KTU administracijos gauti duomenys apie 2015 komandiruočių išvykas buvo apdorojami naudojantis internetine skaičiuokle adresu

https://co2.myclimate.org/en/flight_calculators/new. Joje buvo apskaičiuojama, kiek CO₂ emisijų susidaro keliaujant į konkrečią šalį (pirmyn ir atgal) ekonominės klasės lėktuvu. Gauti rezultatai pavaizduoti priede Nr. 4. Iš grafiko matyti, kad didžiąją dalį komandiruočių sudarė išvykos į ES šalis. Didžiausias keliaujančių asmenų skaičius buvo į Latviją, Daniją, Italiją, Ispaniją. Didžiausia CO₂ tarša stebima dėl kelionių į nuo Lietuvos nutolusias šalis – Jungtines Amerikos Valstijas, Portugaliją, Ispaniją, Japoniją. Bendras CO₂ emisijų kiekis dėl 2015 m. komandiruočių į užsienio šalis siekia 2 204,38 t. Tačiau tai nėra galutinis rezultatas, kadangi tais pačiais metais 8659 asmenys keliavo ir Lietuvos teritorijoje. Naudojantis informacija apie kasdienes CO₂ šaltinius buvo priimta, jog keliaujant vidutinės klasės automobiliu (6l/100km) į aplinką išmetama 0,28kg CO₂/km, todėl papildomai šios kelionės gali sudaryti iki 20proc. apskaičiuotų komandiruočių keliamų CO₂ emisijų kylančių dėl kelionių į užsienio šalis.

Duomenų apdorojimo etape, visa gauta informacija suvedama į atitinkamas skiltis interaktyvioje programoje. Joje duomenys apdorojami naudojantis anksčiau aprašytais formulėmis ir įvertinami pagal Lietuvai pritaikytus rodiklius. Skaičiuojant elektros ir šiluminės energijos EP skaičiuoklėje turi būti įvedama informacija apie bendrą 2015 m. sunaudotos elektros energijos kiekį (kWh per metus) pastate. Vis labiau populiarėjant energijos išgavimui naudojant saulę, programoje taip pat gali būti įvertinami ir duomenys apie institucijoje įrengtas saulės fotoelektrines, kas taip pat prideda tikslumo įvertinti realų resursų sunaudojimą.

Vertinant vandens išteklių naudojimą, reikalinga informacija apie visame pastate sunaudojamą vandens kiekį kubiniais metrais per metus. Vandens sunaudojimas apima tiek tualetuose ir prausyklose sunaudojamus vandens kiekius, tiek laistymui ar kitoms reikmėms reikalingus resursus. Atliekų daromas poveikis apskaičiuojamas nagrinėjant susidarančių atliekų kiekius kilogramais per metus ar naudojamų konteinerių tūrį, kiekį ir jų išvežimo skaičių per metus. Objekte nesant konteinerinės šiukšlių surinkimo sistemos ar kito šiukšlių kiekį galinčio išmatuoti būdo, programoje yra galimybė įvertinti susidariusias atliekas procentine išraiška, tačiau tai nėra taip patikima kaip tikslų kiekį suvedimas sistemoje.

Apdorojant maitinimo srities rezultatus gana detalai gali įvertinti įstaigoje tiekiamo maisto daromą poveikį aplinkai. Šioje srityje yra apskaičiuojama, kokią įtaka ekosistemai yra daroma maisto produktų (augalinės ir gyvūninės kilmės) auginimo, paruošimo ir transportavimo metu. Maisto vartojimo ekologinis pėdsakas įvertinamas detalizuojant naudojamų produktų kiekius nuo mėsos rūšies iki gėrimų ar aliejaus tipo naudojimo. Skaičiavimuose taip pat atsižvelgiama ir į produkto kilmę, kadangi mėsa, kiaušiniai ir kiti produktai iš ekologinių ūkių, daro kur kas mažesnę poveikį aplinkai nei tradiciniais būdais gauta produkcija.

Mobilumo srityje apdorojami duomenys apie kasdienes keliones iš namų į universitetą ir atgal atstumą ir keliavimo tipą. Tam programoje įvedamus duomenis sudaro vidutinis bendras

studentų ar dėstytojų įveikiamas atstumas per dieną ir šį atstumą įveikiamų transporto priemonių procentinė dalis. Tvaraus proceso indekso metodu įvertintų transporto priemonių rezultatai jau yra integruoti skaičiavimuose. Laikoma, kad automobilio nuvažiuotas 1 kilometras palieka 75 m^2 ekologinį pėdsaką vienam žmogaus įveiktam kilometrui t.y. vienam žmogaus įveiktam kilometrui reikia apie 75 m^2 globalaus ploto. Važiavimas autobusu palieka apie 25 m^2 ekologinį pėdsaką, traukiniu – apie 5 m^2 ekologinį pėdsaką.

Aprūpinimo skiltyje įvedamus duomenys sudaro informacija apie pastato aprūpinimą tokiomis priemonėmis kaip popieriniai rankšluosčiai ar tualetinis popierius, įvairūs valikliai, dažai ir lakai, spausdinimo popierius, cheminės medžiagos laboratorijoms. Visi šių elementų kiekiai turi būti įvardijami litrais ar kilogramais per metus. Programoje įvertinama, koks poveikis daromas gamtai dėl minėtų produktų suvartojimų per metus, tačiau dėl duomenų trūkumo į universiteto ekologinio pėdsako skaičiavimus ši sritis nebuvo vertinama.

3. EKOLOGINIO PĖDSAKO TYRIMAS KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETE

Kauno technologijos universitetas yra vienas iš sėkmingiausiai darnumo idėjas vystanti švietimo institucija. 2013 m. jis tapo absoliučiu lyderiu Europos Sąjungos organizuojamame akreditacijos projekte QUESTE-SI (angl. Quality System of Science and Technology Universities for Sustainable Industry) ir aplenkė tokias žinomas aukštąsias mokyklas kaip Vienos technologijos universitetas, Čekijos techninis universitetas, Portugalijos Aukštasis technikos institutas, KTH karališkasis technologijos institutas, Vroclavo technologijos universitetas ir kt. Nors pasiekti laimėjimai skatina tolimesnį universiteto darnaus vystymosi plėtojimą, tačiau nėra aišku kaip tai veikia bendrą universiteto išteklių vartojimą. Kiekvienais metais apskaičiuojant universiteto ekologinį pėdsaką, galima nustatyti kaip įdiegti pokyčiai kasmet keitė išteklių vartojimo tendencijas. Gauta informacija būtų naudinga ir kitiems tiek Lietuvos, tiek užsienio universitetams, siekiantiems savo veiklą padaryti draugiškesnę aplinkai. Jiems tai būtų lyg gerosios praktikos pavyzdys, informuojantis kokios naudojamos priemonės gali sumažinti išteklių vartojimą ir sutaupyti universiteto kaštus ir kaip kasmet matuojamas ekologinis pėdsakas gali būti naudingas siekiant visapusio darnumo.

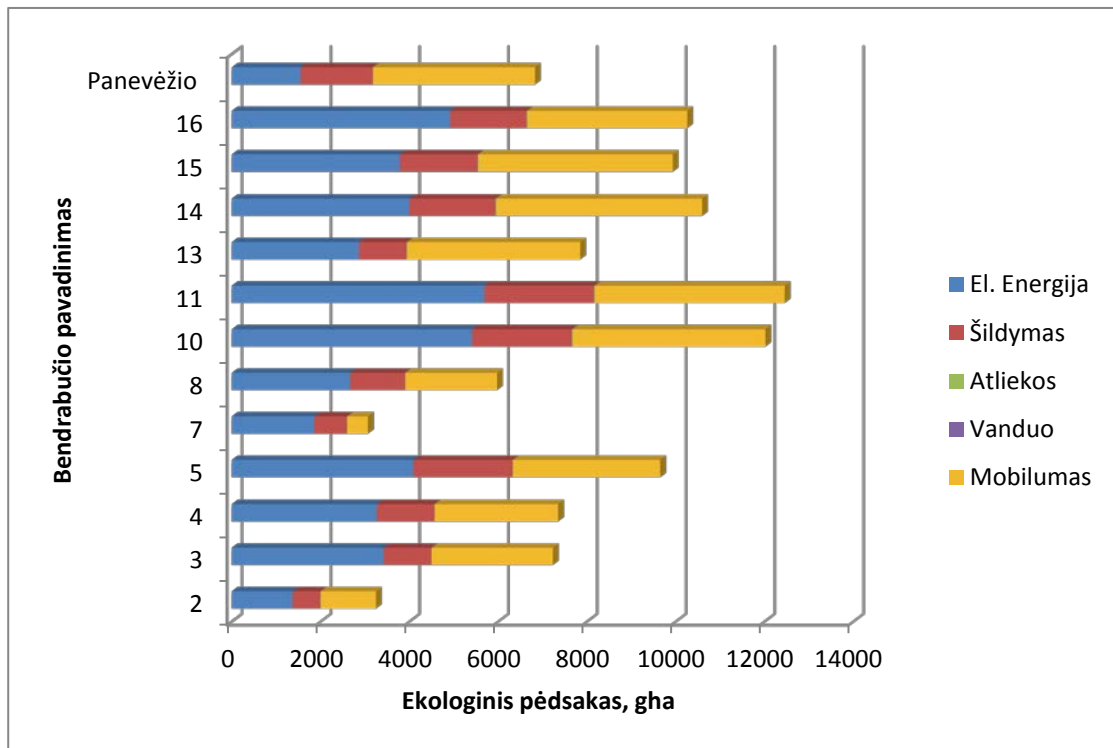
3.1. Universiteto ekologinio pėdsako tyrimo rezultatai

Ekologinio pėdsako tyrimas buvo atliekamas vertinant vienerių metų suvartojimus įvairiose srityse. Pagal surinktą 2015 m. informaciją ekologinio pėdsako tyrimas buvo atliktas dvylikai KTU bendrabučių, keturiolikai universiteto rūmų, keturiems institutams, mokslo centrui ir penkiolikai įvairaus pobūdžio objektų. Didžioji dalis universiteto padalinių yra Kauno mieste, keletas Panevėžyje, Lazdijų, Molėtų, Kaišiadorių rajone bei pajūrio apylinkėse. Pagal atliekamas funkcijas universiteto pastatai buvo klasifikuojami į kelias kategorijas – bendrabučiai, mokslo padaliniai bei kito pobūdžio objektai. Kiekvieno universiteto pastato ekologinis pėdsakas buvo skaičiuojamas atsižvelgiant į šias kategorijas tam, kad būtų adekvačiau palyginamas kiekvienas pastatas savo tipo grupėje. Vertinant pastatų, kuriuose atliekamos skirtingos funkcijos darbo laiką, buvo priimta, jog bendrabučiai veikia 365 d., visi kiti pastatai – 252 d. per metus. Naudojama programa rezultatus pateikia globaliaisiais kvadratiniais metrais, tačiau ateityje siekiant palyginti rezultatus su kitų užsienio universitetų ekologinio pėdsako matavimų rodmenimis, gautieji ploto vienetai buvo perskaičiuojami į bendrą rodiklį – globaliuosius hektarus.

KTU bendrabučiuose ištirtas ekologinis pėdsakas siekia 16 799 gha. Šis rezultatas stipriai viršija darnaus gyvenimo lygį užtikrinančio ploto kiekį. Tai rodo, kad bendrabučių eksploatacijai ir jų gyventojų poreikių tenkinimui išteklių sunaudojama daug daugiau nei Žemė jų

gali regeneruoti per vienerius metus. Nuo 36,5 iki 60 proc. ekologinio pėdsako rezultatų sudarė dėl elektros energijos vartojimo kylantis poveikis aplinkai. Šilumos energijos poveikis sudarė 13,7 – 24 proc. Tai yra pagrindinės bendrabučių ekologinį pėdsaką sudarančios dalys, informuojančios apie problemines sritis išteklių vartojime. Rezultatams įtakos turi nevienodas apgyvendinamų studentų skaičius pastate, skirtingi bendrabučių dydžiai ir pastato techninė būklė nuo kurios priklauso šilumos izoliacija. Gauti skirtingi rezultatai informuoja, kurioje srityje (šildymas, elektros suvartojimas, atliekos ir pan.) daromas poveikis yra didžiausias ir kur labiausiai reikalingi pokyčiai taupant gamtinius išteklius bei mažinant universiteto išlaidas.

7 pav. KTU bendrabučių ekologinis pėdsakas (gha) bendrabučiuose (2015)

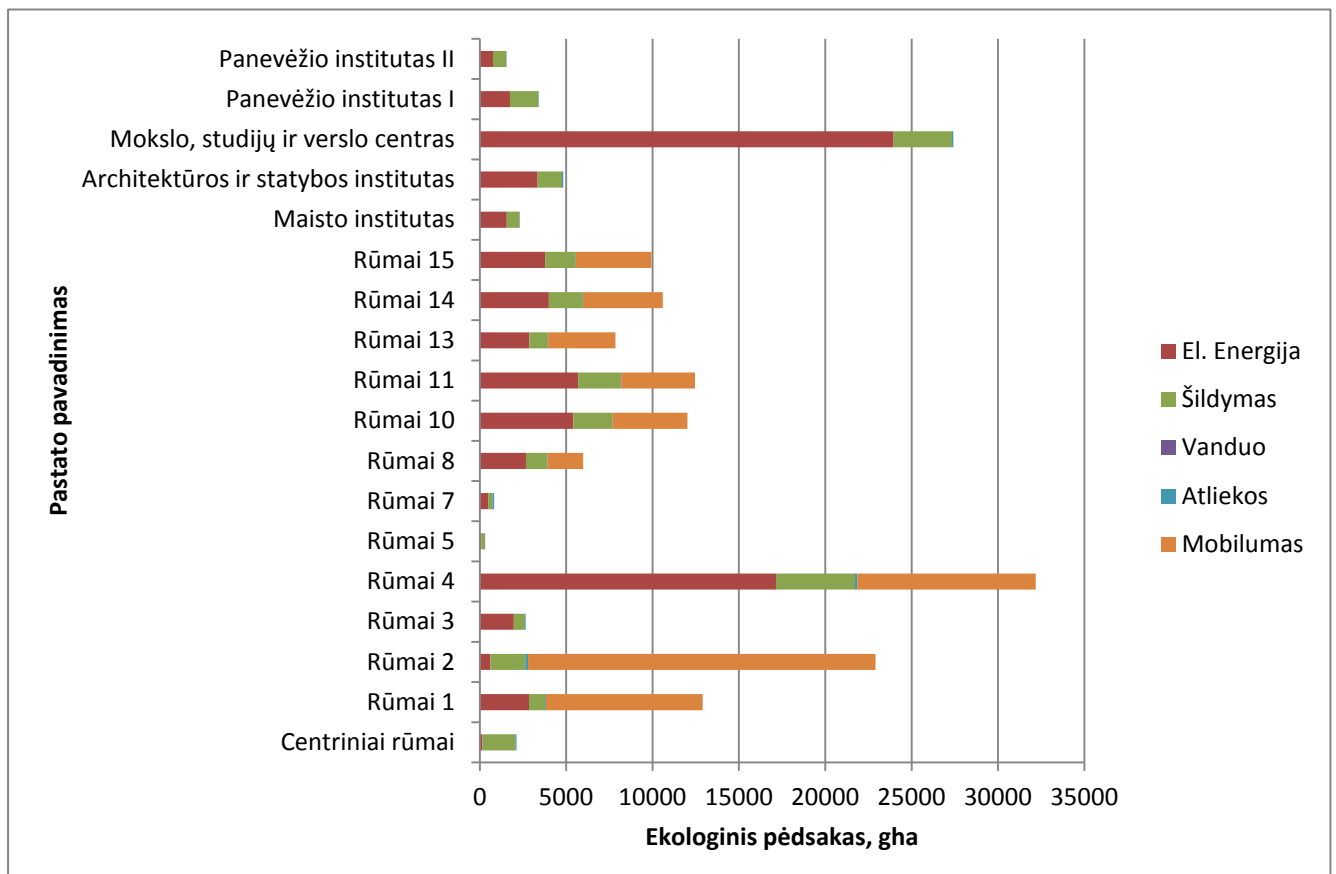


Vertinant ekologinio pėdsako dydį kiekvienam skirtingų bendrabučių gyventojui, buvo nustatyta, jog didžiausias vieno gyventojų ekologinis pėdsakas yra 7-ame bendrabutyje įsikūrusių studentų. Nors ankstesniame grafike matyti, jog lyginant pagal bendrus išteklių suvartojimus šio bendrabučio ekologinis pėdsakas yra vienas mažiausių, tačiau pagal gyventojų skaičių ir jų išteklių suvartojimus 7-ojo bendrabučio kiekvieno gyventojų ekologinis pėdsakas siekia net 82,9 ha ir smarkiai išsiskiria iš kitų bendrabučių. Tokius rezultatus galėjo lemti duomenų pateikimas, kadangi šiame bendrabutyje studentai gyvena tik viename iš penkių namo aukštų, o gautų duomenų rodmenys galėjo būti apskaičiuoti visam namui. Dėl to šiame bendrabutyje gyvenančių studentų ekologinis pėdsakas turi būti ištirtas detaliau. Nepaisant minėto bendrabučio rezultatų, kituose pastatuose įsikūrusių studentų ekologinis pėdsakas yra gana panašus. Jo reikšmė kinta nuo 25,4 gha gyventojui 13-ame bendrabutyje iki 36,7 gha gyventojui 11-ame bendrabutyje. Šie rezultatai informuoja apie

bendrabučiuose gyvenančių studentų sąmoningumo lygį taupant pagrindinius išteklius (išjungiant elektrą kai nereikia, užsukant vandenį valantis dantis ir pan.). Kaip matyti tiek 6 ir 7 paveikslėlių grafikuose, daugiau dėmesio turėtų būti atkreipiama į 11-ame bendrabutyje gyvenančių studentų įpročius ir jų pastato techninę būklę, kadangi šis bendrabutis išsiskiria didžiausiais išteklių suvartojimais tiek skaičiuojant juos vienam asmeniui tiek vertinant bendrus pastato sunaudojimus.

Analizuojant pagrindinių universiteto pastatų, kuriuose įsikūrę fakultetai ir kiti svarbūs padaliniai, metinius išteklių suvartojimus, gauti rezultatai parodė, jog didžiausias ekologinis pėdsakas (32 186 gha) fiksuojamas universiteto rūmuose Nr. 4. Šis padalinys yra sudarytas iš trijų korpusų, kurių visi išteklių vartojimai fiksuojami bendru skaitikliu, todėl pėdsako vertinimas apima visą pastatų kompleksą. Minėtame padalinyje įsikūrę cheminės technologijos fakultetas ir maisto mokslo technologijų centras talpina 1 098 studentus, todėl mobilumas bendrame ekologinio pėdsako vertinime užima daugiau nei 47 proc. 8 paveikslėlio grafikas iliustruoja, jog problematiškiausia šio padalinio sritis yra elektros energijos suvartojimas. Nors KTU mokslo ir studijų centre „Slėnis“ suvartojamos elektros energijos kiekiai yra didžiausi (87,4 proc. viso ekologinio pėdsako) iš visų KTU pastatų, tačiau 4-uosiuose KTU rūmuose jie taip pat sudaro daugiau nei 53 proc. viso ekologinio pėdsako. Būtina paminėti, jog šio į padalinio ekologinio pėdsako vertinimą dėl tinkamų duomenų trūkumo nebuvo įtrauktos laboratorijų cheminių medžiagų atliekos, dėl kurių realus ekologinio pėdsako dydis turėtų būti didesnis.

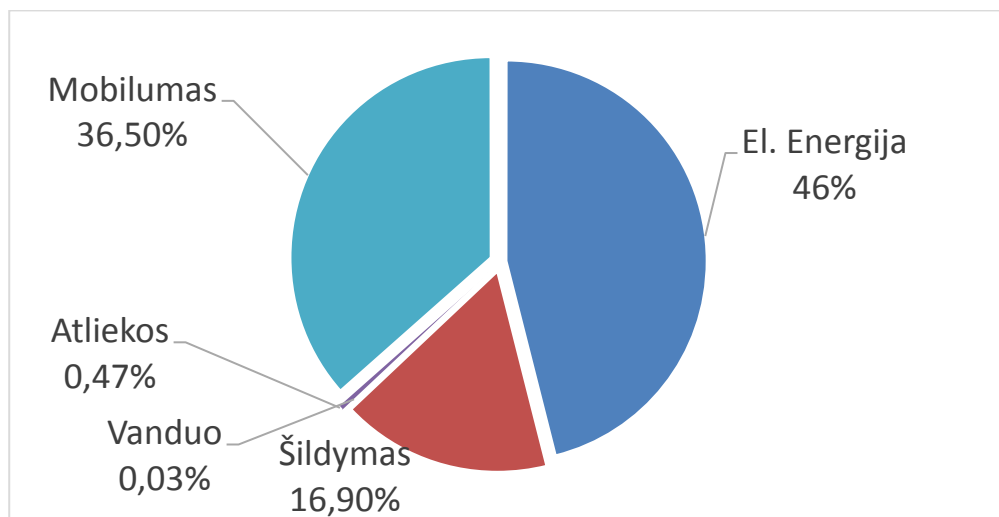
8 pav. Ekologinio pėdsako dydis (gha) ir sudėtis skirtinguose universiteto pastatuose (2015)



KTU rūmuose Nr. 2 įsikūręs ekonomikos ir verslo fakultetas, kuris tarp kitų fakultetų pirmąja besimokančių studentų skaičiumi (2172 studentai). Dėl tokio didelio studentų kiekio, pagrindinis pastato ekologinio pėdsako dydį lemiantis rodiklis yra studentų ir dėstytojų mobilumas. Jis šiuo atveju sudaro net 87,9 proc. visos KTU 2-ųjų rūmų ekologinio pėdsako reikšmės. Šiek tiek mažesnę dalį (70 proc.) ekologinio pėdsako sudaro mobilumas 1-uose KTU rūmuose, kur įsikūręs socialinių, humanitarinių mokslų ir menų fakultetas, talpinantis 917 studentų. Šildymo srities poveikis yra gana panašus visuose padaliniuose, tačiau labiausiai išsiskiria tik KTU rūmai Nr. 5 ir Nr. 7. Juose šiuo metu jokia veikla nevykdoma, todėl šildymas reikalingas tik pastato būklei palaikyti. Papildomam įvertinimui skaičiuoklėje buvo apskaičiuotas ir ekologinio pėdsako dydis vienam asmeniui, tačiau dėl duomenų trūkumo apie pastate dirbančius ar besimokančius žmones rezultatai yra netikslūs ir negali būti naudojami vertinimui. Dviejų Panevėžio institutų ekologinio pėdsako vertinimas taip pat nėra išsamus dėl pagrindinių duomenų trūkumo. Grafike matoma reikšmė apima tik elektros energijos, šilumos bei vandens suvartojimą ir atliekų susidarymą. Kitų universiteto objektų, tokių kaip sporto kompleksas, dirbtuvės, garažai, sandėliai ar poilsio namai, ekologinio pėdsako vertinimas taip pat negalimas dėl esminių duomenų trūkumo. Šiuose objektuose dėl ne tokio didelio besilankančių žmonių skaičiaus išteklių suvartojimai yra maži, todėl maksimalus papildomas indėlis į bendrą ekologinio pėdsako rezultatą gali būti iki 3proc.

Susumavus programa apskaičiuotus įvairių pastatų ekologinius pėdsakus, gautas bendras universiteto rodiklis siekia 182 499 ha. 46 proc. šio rezultato sudaro elektros energijos vartojimas. Dėl didelių studentų ir dėstytojų srautų universitete, net 36,5 proc. ekologinio pėdsako sudaro mobilumo dalis. Lyginant su kitose institucijose išmatuoto ekologinio pėdsako rezultatais, šilumos energijos suvartojimas universitete sudaro gana mažą dalį – tik 16,9 proc. Tokiems rezultatams įtakos turi Kauno mieste veikiančios nepriklausomi šilumos gamintojai, kaip gamybinę žaliavą naudojančios atsinaujinančius išteklius (pvz. biokurą).

9 pav. KTU ekologinio pėdsako sudedamosios dalys (2015)



3.2. Ekologinio pėdsako rezultatų reikšmė valdant universiteto darnumą

Ekologinio pėdsako analizė yra informatyvus rodiklis, galintis metai iš metų sekti universiteto progresą siekiant darnumo tikslo. Išmatuotas ekologinis pėdsakas KTU atskleidė, kiek žemės ploto reikėjo universiteto veiklos vykdymui 2015 m. Gauti rezultatai parodė, jog elektros energijos suvartojimas sudarė beveik 50 proc. viso ekologinio pėdsako rezultato, todėl šioje srityje universiteto valdyba turėtų imtis veiksmų diegiant elektros suvartojimo mažinimo priemones ar atrasti būdų kaip naudoti elektros energiją pagamintą iš atsinaujinančių išteklių. Kita svarbi sritis yra mobilumas. Studentų ir dėstytojų keliavimo poveikio mažinimui nuolat kuriami mobilumo planai, todėl kasmet matuojant kelionių daromą poveikį bus galima sekti diegiamų planų daromą progresą.

3.3. Rekomendacijos dėl ekologinio pėdsako metodikos reikalingų modifikacijų, siekiant tikslingiau vertinti ir valdyti universiteto darnumą

Siekiant išsamiai ištirti ekologinį pėdsaką universitete, reikalinga daug išsamių duomenų. Kai kurie iš jų netgi nėra fiksuojami, todėl visapusiškai ir tiksliai įvertinti universiteto ekologinį pėdsaką kol kas nėra įmanoma. Prie to prisideda ir universiteto daugiafunkciškumas, kadangi susipynus daugybei veiklų tarpusavyje, tampa sudėtinga įvertinti kai kuriuos rodiklius. Tam, kad švietimo įstaigose naudojamos skaičiavimo programą būtų galima pritaikyti universitetui, visų pirma būtina modifikuoti kai kuriuos bendrinius rodiklius. Pakeitus tam tikrus pavadinimus, ateityje bus įmanoma paskaičiuoti tokių skirtingų universiteto pastatų kaip fakultetai ir bendrabučiai ekologinius pėdsakus viena programa. Siūloma alternatyva pavaizduota schemeje Nr.1.

Schema Nr. 2

BENDROJI INFORMACIJA

MOKYKLA	UNIVERSITETAS
Mokyklos kodas	Universiteto pastato pavadinimas
Klasių skaičius	Studijų programų skaičius
Mokytojų skaičius	Dėstytojų skaičius
Mokinių skaičius	Studentų skaičius
Kitas personalo skaičius	Dirbančio personalo skaičius
Pastatymo metai	Pastatymo metai
Šildomų aukštų kiekis	Šildomų aukštų kiekis
Plotas [m ²]	Plotas [m ²]
Mokyklos darbo dienų skaičius	Pastato darbo dienų skaičius
Mokyklos renovacijos tipas ir metai	Pastato renovacijos tipas ir metai

Elektros energijos ir vandens suvartojimas yra gana bendra skiltis, todėl papildomi duomenys, specifikuojant skaičiavimus universitetui, yra nereikalingi. Programoje galima ne tik vertinti sunaudojamos elektros energijos kiekį, tačiau ir pagal procentinę išraišką išanalizuoti sunaudojamos energijos sudėtį (vėjo, vandens, saulės energija ar energija gauta deginant kūrą). To visiškai pakanka tiek mokyklų tiek universiteto elektros ekologinio pėdsako vertinimui. Skirtingų energijos rūšių daromam ekologiniam pėdsakui vertinti 5 lentelėje esanti informacija galėtų būti naudojama kaip šablonas renkant duomenis. Pastatų šildymo daromas poveikis matuojamas vertinant šildymo tipo ir sunaudojamo kuro kiekius per metus. Pasirinkimuose įvardijami populiariausi šildymui naudojami kuro tipai, tokie kaip gamtinės dujos, biokuras, rudoji anglis, naftos produktai, akmens anglis. Programoje nagrinėjant šildymo tipų pasirinkimus, nėra jokios informacijos apie pasirinkto kuro deginimo technologijas. Nors dažniausiai tokio tipo institucijos naudoja centrinį šildymą ir savarankiško patalpų šildymo atvejis nėra esminis, tačiau ateityje tobulinant skaičiavimo metodiką turėtų būti atsižvelgiama apie įvairesnių tipų šildymo pasirinkimų diegimą programoje. Labai svarbu, jog programa gali apskaičiuoti poveikį pagal naudojamos šildymo sistemos tipą ir jos galingumą, tačiau sistemos galingumo vertinimas procentais yra nepakankamai išsamus. Šioje srityje patartina naudoti tokius rodiklius kaip sistemos naudingumo koeficientas ar įvertinti tikslią įrenginio galią. Taip pat programoje rekomenduojama įdiegti daugiau kuro pasirinkimo variantų, tokių kaip vis populiarėjančios biodujos, biodegalai ir t.t.

5 lentelė. Šildymo ir elektros energijai reikalingų duomenų suvestinė

	kW/m.	Kiekis išgautas iš atsinaujinančių šaltinių		Įrenginio galia	Kiekis kWh išgautas naudojant tradicinius išgavimo būdus		Įrenginio galia
		kWh	Šaltinio tipas		kWh	Deginamo kuro tipas	
Elektros energija							
Šiluminė energija							

Skirtingai nei minėtų išteklių matavimuose, atliekų skiltyje reikalingos esminės modifikacijos, kadangi naudojama skaičiuoklė negali įvertinti visų susidarančių atliekų tipų. Įvedant duomenis apie susidariusias komunalinės atliekas, jos turi būti fiksuojamos skiltyje „kitos atliekos“, tačiau nėra aišku kaip jos įvertinamos, kadangi tai gali būti cheminės atliekos, nusidėvėję baldai ir kito tipo atliekos. Nagrinėjant perdirbamąsias atliekas, tradiciškai turėtų būti matuojami popieriaus,

plastiko, metalo ir stiklo atliekų kiekiai. Iš minėtų atliekų skaičiuoklėje neįvardijamos plastiko atliekos. Todėl, remiantis Lietuvos 2014 – 2020 m. atliekų tvarkymo plano tikslu užtikrinti, kad iki 2020 m. mažiausiai 50 proc. komunalinių atliekų sraute esančių popieriaus ir kartono, metalų, plastikų ir stiklo atliekų būtų paruošiama naudoti pakartotinai ir perdirbti, programoje būtina įdiegti plastiko atliekų vertinimo alternatyvą. Be šių pagrindinių atliekų rūšių su chemijos mokslais susijusiuose pastatuose laboratorinių darbų metu susidaro nemaži kiekiai cheminių atliekų, kurios yra surenkamos atskirai. Tai aplinkai pavojingos atliekos, kurios privalo būti vertinamos skaičiuojant ekologinį pėdsaką. Universitete taip pat gali susidaryti ir stambiagabaričių, elektronikos įrangos ir el. lempučių atliekų. Kai kurios minėtų atliekų dalys gali būti pakartotinai panaudojamos ar perdirbamos, tačiau yra ir tokių sudėtinių medžiagų, kurios sunkiai suyra aplinkoje, todėl tai itin svarbus rodiklis vertinant universiteto ekologinį pėdsaką. Adaptuojant programą universitetui, rekomenduojamos modifikacijos pateikiamos schemoje Nr. 2. Joje pateikta informacija yra naudinga pasiruošiant ekologinio pėdsako skaičiavimams. Be to, rekomenduojama prie kiekvienos atliekų rūšies įdiegti atliekų šalinimo būdus detalizuojančias alternatyvas, kurios informuotų apie universiteto darnumą atliekų tvarkyme. Juk pakartotinai panaudojamos pavyzdžiui kompiuterinės įrangos atliekos gali žymiai sumažinti universiteto daromą poveikį aplinkai.

Schema Nr. 3

ATLIEKŲ KATEGORIJA

MOKYKLA	UNIVERSITETAS
Kitos atliekos (kg/m)	Komunalinės atliekos (kg/m)
Popierius/kartonas (kg/m)	Popierius/kartonas (kg/m)
Baltas/skaidrus stiklas (kg/m)	Stiklas (kg/m)
Spalvotas stiklas (kg/m)	Plastmasė (kg/m)
Metalai (kg/m)	Metalai (kg/m)
Įpakavimai/pakuotės (kg/m)	Elektros ir elektronikos atliekos (kg/m)
Bioskaidžios atliekos (kg/m)	Stambiagabaritės atliekos (kg/m)
	Bioskaidžios atliekos (kg/m)
	Tirpikliai
	Rūgštys
	Druskos
	Organiniai junginiai
	Neorganiniai junginiai
	Dujos

Universiteto patalpose veikia trys maitinimo įstaigos. Visos jos yra valdomos privačių įmonių ir paslaugų tiekimui reikalingas patalpas nuomojasi pagal sutartį. Universitetas šiuo metu nėra įpareigotas rinkti duomenis apie suvartojamo maisto kiekius, produktų kilmę, todėl skaičiuojant institucijos ekologinį pėdsaką nėra galimybės įvertinti maisto suvartojimo daromą poveikį. Universiteto valgyklose dėstytojų ir studentų srautai yra dideli, suvartojami maisto kiekiai taip pat nemaži, todėl šis rodiklis yra reikšmingas vertinant ekologinį pėdsaką ir ateityje tokie duomenys turėtų būtų fiksuojami. Nors faktiškai dėl esamos situacijos šiuo metu maitinimo duomenys neįtraukiami į ekologinio pėdsako skaičiavimą, tačiau poveikis vis tiek yra daromas. Universitetai, siekdami visapusiško darnumo, maitinimo įstaigoms turėtų taikyti kriterijus ar diegti principus, kurie kontroliuotų maitinimo įstaigų veiklą universiteto patalpose. Tiksliems duomenims surinkti galima pasinaudoti 5 lentelės šablonu, padedančiu lengviau suprasti reikalingų duomenų ribas. Universitetas dirba su įvairiomis produktų gamybos įmonėmis, o tai suteikia puikių bendradarbiavimo galimybių su veikiančiomis maisto tiekimo įmonėmis. Kauno technologijos universitete įsteigtas maisto

institutas, kuriame generuojamos maisto panaudojimo ar apdorojimo naujovės galėtų būti taikomos universiteto valgyklose.

5 lentelė. Maitinimo ekologiniam pėdsakui įvertinti reikalingų duomenų suvestinė

	Kiekis (kg/m., skysčiams l/m.)	Produkto kilmė	
		Tradicinė (+/-)	Ekologinė (+/-)
Mėsa ir jos gaminiai*			
Žuvis			
Kiaušiniai			
Pieno produktai*			
Grūdinės kilmės produktai*			
Vaisiai			
Daržovės			
Gėrimai*			
Aliejus*			
Vidutinis valgančių asmenų skaičius per metus			

* – renkant duomenis detaliau išskiriama rūšis, pvz. kiauliena ar jautiena, pienas ar jogurtas ir pan.

Mobilumas yra gana plati skirtis, apimanti dėstytojų ir studentų keliones į universitetą ir atgal, pažintines išvykas, komandiruotes, studentų keliones į gimtuosius miestus. Mobilumas analizuojamoje programoje įvertinamas nepakankamai – apskaičiuojamos tik mokyklinių išvykų atstumas ir įvertinamas pagal keleivių skaičių ir transporto priemonės tipą. Patogiam programos naudojimui ir išsamiems rezultatams universitete gauti siūloma mobilumo skaičiavimus suskirstyti į tris kategorijas – vietinės, tarpmiestinės ir tarptautinės kelionės, kurių kiekvienoje būtų įvertinami transporto rūšis ir nukeliauti kilometrai. Mokyklos yra daug paprastesnės įstaigos nei universitetai, todėl dažniausiai pakanka įvertinti mokytojų bei mokinių įveikiamus atstumus per dieną įvairiomis transporto priemonėmis bei išanalizuoti mokyklinių išvykų daromą poveikį. Mokytojų komandiruotės yra daug retesnis reiškinys palyginus su universiteto darbuotojų išvykomis žinioms įgauti, todėl visų pirma mobilumo skaičiavimus svarbu papildyti komandiruočių mobilumo vertinimu. Kitas svarbus rodiklis – studentų kelionių į gimtuosius miestus bei atvykstančių užsienio studentų kelionių vertinimas, kuris reikšmingai prisideda prie universiteto darnumo. Tiek komandiruotės, tiek tarpmiestinės kelionės namo ar netgi užsienio studentų kelionės į kitas šalis

turėtų būti įtraukiamos į skaičiavimus, kadangi beveik 60 proc. ekologinio pėdsako sudaro CO₂ dalis. Kelionių daromam poveikiui įvertinti turėtų būti pasitelkiami duomenys apie skirtingų transporto rūšių vidutines CO₂ emisijas nukeliavus 100 kilometrų. Be to, labai svarbu atrasti tinkamą mobilumo įvertinimą būdą, kad duomenys nesidubliuotų dėl studentų migracijos po įvairius universiteto pastatus. Šiuo metu pasirinktoje programoje norint gauti galutinius ekologinio pėdsako skaičiavimo rezultatus, kiekvienam tiriamam pastatui būtina įvertinti jame besilankančių studentų mobilumą. Tačiau jis turi būti vertinamas ir tiems patiems studentams gyvenantiems bendrabutyje. Dėl šios priežasties rezultatai šiek tiek iškreipiami ir yra netikslūs, todėl adaptuojant skaičiuoklę universitetui siūloma bendrabutyje gyvenančių studentų mobilumą nevertinti, kadangi jis jau bus įtraukiamas fakultetų ekologinio pėdsako skaičiavimuose.

6 lentelė. Mobilumo apskaičiavimui reikalingų duomenų suvestinė

Kasdienės, vietinio tipo kelionės						
Kasdien įveikiamas atstumas, km		Įveikiamo atstumo keliavimo tipo sudėtis (%)				
Studentų	Dėstytojų ir kt. darbuotojų	Autobusas/ mikroautobu sas	Automobilis	Troleibusas	Dviratis	Pėsčiomis
Tarpmiestinės kelionės						
Keliaujančių asmenų skaičius	Keliaujama iš/į	Nukeliautas atstumas, km	Atstumas nukeliautas pasirinktu transportu			
			Autobusas (km)		Automobilis (km)	
Tarptautinės kelionės						
Keliaujančių asmenų skaičius	Keliaujama iš/į	Nukeliautas atstumas, km	Transporto rūšis			
			Autobusas	Lėktuvas	Traukinys	Kita

IŠVADOS

1. Ekologinis pėdsakas kaip darnaus vystymosi indikatorius buvo pradėtas taikyti gana neseniai, tačiau dėl savo savybių sulaukė daug dėmesio politinių, mokslinių ir švietimo bendruomenių tarpe. Lyginant su kitais darnumą apibrėžiančiais indikatoriais, ekologinio pėdsako rodiklis tarp jų pirmąją savo pritaikymo galimybių gausa ir lengvai suprantamu rezultatų pateikimu. Labai svarbi šio rodiklio savybė yra tai, jog jis, skirtingai nei kitos matavimo priemonės, apjungia visus tris darnumo principus ir geba identifikuoti problematiškiausią sritį, kurioje reikalingi pokyčiai siekiant darnaus vystymosi. Nors ši koncepcija yra puiki priemonė darnumo matavimui tiek didelėms, tiek mažoms populiacijoms ar net pramoniniams procesams, tačiau turi ir pagrindinį trūkumą – negali numatyti iš anksto su kokiomis problemomis bus susiduriama įdiegus pakeitimus. Apžvelgus visus ekologinio pėdsako pranašumus ir trūkumus ir palyginus jį su kitomis darnumo matavimo priemonėmis, šio rodiklio nauda nusveria visus trūkumus ir šiuo momentu išlieka geriausiu darnumo indeksu.

2. Ekologinis pėdsakas kasmet matuojamas daugybėje valstybių visame pasaulyje jau nuo 1991 m. Tai leidžia sekti išteklių vartojimo tendencijas Žemėje ir identifikuoti gamtiniu požiūriu neatsakingas valstybes labiausiai prisidedančias prie išteklių pereikvojimo. Tokios šalys, viršijančios išteklių suvartojimo ribas, matuodamos ekologinę pėdsaką įvairiose bendruomenėse ar organizacijose nesunkiai gali identifikuoti problemas kiekviename objekte ir jas sprendžiant siekti nustatytų darnaus vystymosi tikslų. Lietuvoje ekologinio pėdsako matavimas buvo atliekamas tik pradinio ugdymo įstaigose, vykdant projektą „Darni mokykla“. Dėl pasiektų gerų rezultatų ir lengvo indikatorius pritaikomumo, ši programa nesunkiai gali būti pritaikyta ir universitetams, taip apimant vis daugiau institucijų ir didinant bendrus šalies darnumo rodiklius.

3. Darnaus vystymosi diegimui buvo taikoma daugybė priemonių, tačiau nebuvo atliekama ilgalaikio diegiamų veiksmų poveikio matavimai. Tradiciškai darnaus vystymosi koncepcija apima ekonominę, ekologinę ir socialinę dimensijas, todėl nelengva atrasti indikatorius apimančius šiuos tris esminius elementus. Ekologinis pėdsakas dėl savo lengvo pritaikymo įvairaus tipo objektams ir plačios aprėpties iš akademinų, politinių ir švietimo bendruomenių susilaukė daugiausiai dėmesio. Tai bene informatyviausias indikatorius, kurio pagrindinis privalumas yra tai, jog jis geba atskleisti žmonijos veiklos padarinius planetai įvertinant skirtingo tipo poveikį biologiškai produktyviems žemės plotams.

4. Universitetai ir mokyklos yra pagrindinės jauno žmogaus mąstymą formuojančios institucijos, kurios labiausiai prisideda prie globalių aplinkos apsaugos problemų sprendimo per švietimą, mokslinius tyrimus ir visuomenės įtraukimą. Darnaus vystymosi iššūkį patys universitetai priima labai įvairiai, tačiau iki šiol diegiamos naujovės vertinamos tik iš atskirų pozicijų, o bendra

universiteto būklė po atnaujinimų lieka nežinoma. Dėl to visapusiškas ekologinio pėdsako vertinimas universitete, gali padėti ne tik mažinti išteklių vartojimą įstaigoje ir subalansuoti organizacijos veiklą, bet gali tapti kaip gerosios praktikos pavyzdys tiek kito tipo institucijoms, tiek patiems gyventojams.

5. Atliekant ekologinio pėdsako tyrimą Kauno technologijos universitete, buvo naudojama Lietuvos mokykloms pritaikyta programa. Susumavus visus skirtingo tipo pastatuose išmatuotus ekologinius pėdsakus, gautas bendras universiteto ekologinis pėdsakas, kuris siekia 182 499 ha. 46 proc. šio rezultato sudarė dėl elektros energijos vartojimas. 36,5 proc. bendro ekologinio pėdsako sudarė mobilumo dalis, tai sąlygoja didelis akademinės bendruomenės skaičius. Pagal indėlį į bendrą ekologinio pėdsako rezultatą, studentų ir dėstytojų mobilumas užima svarbią poziciją. Pasirinktoje programoje jis įvertinamas nepakankamai, kadangi neįtraukiami tokie rodikliai kaip pedagoginių ir mokslo darbuotojų komandiruočių, kurios yra gana dažnos tokio tipo institucijose ir studentų kelionės į gimtuosius namus. Naudojamoje skaičiuoklėje taip pat nepakankamai įvertinami skirtingų atliekų tipai, todėl rekomenduojama programą papildyti cheminių medžiagų, stabiagabaričių ar elektronikos atliekų rodiklių analize.

6. Tyrime analizuota ekologinio skaičiavimo programa buvo pritaikyta tik Lietuvos pradinio ugdymo įstaigoms, tačiau įvertinus programoje nagrinėjamus rodiklius ir taikomus skaičiavimus nustatyta, jog ši programa gali būti lengvai pritaikoma ir universitetams. Universitetai yra daug sudėtingesnės struktūros institucijos, kurios atlieka daugybę funkcijų, jame vyrauja dideli žmonių srautai, todėl siekiant pritaikyti mokykloms adaptuotą programą, reikalingi papildomų rodiklių įtraukimas ir nedidelės modifikacijos. Prieš pradėdamas universiteto ekologinio pėdsako tyrimą, atsakingas darbuotojas turėtų žinoti kokius duomenis bus reikalingi skaičiavimams. Darbe sudaryta universiteto darnumo indikatorių ir ekologinio pėdsako skaičiavimui reikalingų duomenų rinkimo sistema gali būti pagrindas kuriant universiteto rodiklių duomenų bazę darnumo vertinimui ir valdymui.

LITERATŪRA

ADOMAITYTĖ, Diana. Kauno miesto ekologinio pėdsako įvertinimas. Magistro baigiamasis darbas [interaktyvus]. 2008 [žiūrėta 2016 04 06]. Prieiga per: http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2008~D_20080628_103451-09737/DS.005.0.02.ETD

BIEKŠA, K. Ekologinio pėdsako skaičiavimo metodika [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2016 04 20]. Prieiga per: http://ekopedsakas.lvjc.lt/Ekologinis%20pedsakas_aprasymas2.pdf

COLLINS, A. and FLYNN, A., 2015. *The Ecological Footprint: New Developments in Policy and Practice*. Edward Elgar Publishing.

ČUČEK, L., KLEMEŠ, J.J. and KRAVANJA, Z., 2012. A Review of Footprint Analysis Tools for Monitoring Impacts on Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 10, vol. 34, pp. 9-20 ISSN 0959-6526.

DAUVERGNE, Peter. Research in global environmental politics: history and trends. *Handbook of global environmental politics*, 2005, 8-32.

DISTERHEFT, A., CAEIRO, S.S., LEAL FILHO, W. and AZEITEIRO, U.M., 2016. The INDICARE-Model – Measuring and Caring about Participation in Higher Education's Sustainability Assessment. *Ecological Indicators*, 4, vol. 63, pp. 172-186 ISSN 1470-160X.

Ecological wealth of nations [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2016 04 16]. Prieiga per: http://www.footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/

Ecological footprint of European countries. European Environment Agency [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2016 04 26]. Prieiga per <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ecological-footprint-of-european-countries>

EWING, Brad, et al. Calculation methodology for the national footprint accounts [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2016 04 06]. Prieiga per: [http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/National Footprint Accounts Method Paper 2010.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/National_Footprint_Accounts_Method_Paper_2010.pdf)

EWING, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., Wackernagel, M., I. The ecological footprint Atlas 2010. Global Footprint Network, Oakland. 2010. [http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological Footprint Atlas 2010.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological_Footprint_Atlas_2010.pdf)

FERNG, J., 2014. Nested Open Systems: An Important Concept for Applying Ecological Footprint Analysis to Sustainable Development Assessment. *Ecological Economics*, 10, vol. 106, pp. 105-111 ISSN 0921-8009.

GOTTLIEB, D., et al. The ecological footprint as an educational tool for sustainability: a case study analysis in an Israeli public high school. *International Journal of Educational Development*, 2012, 32.1: 193-200.

HABIBI, K. Rahimi, A. Shahmoradi, B Abdi, H., 2015. Analysis of Ecological Footprint at Educational Institute Scale, vol. 4(2), pp. 114-121.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. A Quantification of Virtual Water Flows Between Nations in Relation to International Crop Trade.–Value of Water Research Report Series 11. 2002.

HOGEVOLD, N.M., 2003. A corporate effort towards a sustainable business model: a case study from the Norwegian furniture industry. *International Journal of Operations and Production Management* 23 (4), 392-400.

Informacija apie kasdienes CO2 šaltinius [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per: <http://www.co2list.org/>

JOCIUTE Aldona. Visuomenės darnus vystymasis. MRU. 2013

Kauno miesto savivaldybės atliekų tvarkymo 2014–2020 m. planas [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per: https://www.e-tar.lt/rs/lasupplement/58ac71d0ffb411e488da8908dfa91cac/a4745760ffbc11e488da8908dfa91cac/format/ISO_PDF/

KELEŠ, Ö. and AYDOĞDU, M., 2010. Application and Evaluation of Ecological Footprint as an Environmental Education Tool1. *Int.l Online J.Edu.Sci*, vol. 2, pp. 65-80.

KITZES, J. and WACKERNAGEL, M., 2009. Answers to Common Questions in Ecological Footprint Accounting. *Ecological Indicators*, 7, vol. 9, no. 4, pp. 812-817 ISSN 1470-160X.

KLEIN-BANAI, Cynthia; THEIS, Thomas L. An urban university's ecological footprint and the effect of climate change. *Ecological Indicators*, 2011, 11.3: 857-860.

KTU metinė veiklos ataskaita [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016 05 15]. Prieiga per: https://issuu.com/ktu.lt/docs/ktu_metine_veiklos_ataskaita_2015

KTU 2014-2016 m. strateginis veiklos planas [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2016 06 03] Prieiga per: http://ktu.edu/lt/system/files/2014-2016_m._strateginis_veiklos_planas.pdf

KTU Cheminės technologijos fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per: http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/ctf_2013_ataskaita.pdf

KTU Dizaino ir technologijų fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per: http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/df_2013_ataskaita.pdf

KTU Ekonomikos ir vadybos fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per: http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/evf_2013_ataskaita.pdf

KTU Elektros ir valdymo inžinerijos fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per: http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/evif_2013_ataskaita.pdf

KTU Fundamentaliųjų mokslų fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per: http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/fmf_2013_ataskaita.pdf

KTU Humanitarinių mokslų fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per:

http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/hmf_2013_ataskaita.pdf

KTU Informatikos fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per:

http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/if_2013_ataskaita.pdf

KTU Mechanikos ir mechatronikos fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per:

http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/mmf_2013_ataskaita.pdf

KTU Socialinių mokslų fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per:

http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/smf_2013_ataskaita.pdf

KTU Statybos ir architektūros fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per:

http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/saf_2013_ataskaita.pdf

KTU Telekomunikacijų ir elektronikos fakultetas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per:

http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/tef_2013_ataskaita.pdf

KTU Panevėžio institutas. Metinė veiklos ataskaita 2013 [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per:

http://archive.ktu.lt/sites/default/files/viesuju_rysiu_skyrius/komunikacija/pi_2013_ataskaita.pdf

LAZARUS, E., et al. Working Guidebook to the National Footprint Accounts: 2014 Edition. *Oakland: Global Footprint Network*, 2014.

LAMBRECHTS, W. and VAN LIEDEKERKE, L., 2014. Using Ecological Footprint Analysis in Higher Education: Campus Operations, Policy Development and Educational Purposes. *Ecological Indicators*, 10, vol. 45, pp. 402-406 ISSN 1470-160X.

LEWAN, Lillemor; SIMMONS, Craig. The use of ecological footprint and biocapacity analyses as sustainability indicators for sub-national geographical areas: a recommended way forward. *European Common Indicators Project*, 2001.

LOZANO, Rodrigo, et al. Declarations for sustainability in higher education: becoming better leaders, through addressing the university system. *Journal of Cleaner Production*, 2013, 48: 10-19.

MCLELLAN, Richard, et al. (ed.). *Living Planet Report 2014: species and spaces, people and places*. World Wide Fund for Nature [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2016 03 20]. Prieiga per: http://ekopedsakas.lvjc.lt/Ekologinis%20pedsakas_aprasymas2.pdf

MOSTAFA, M.M., 2010. A Bayesian Approach to Analyzing the Ecological Footprint of 140 Nations. *Ecological Indicators*, 7, vol. 10, no. 4, pp. 808-817 ISSN 1470-160X. DOI

MANCINI, M.S., et al, 2016. Ecological Footprint: Refining the Carbon Footprint Calculation. *Ecological Indicators*, 2, vol. 61, Part 2, pp. 390-403 ISSN 1470-160X. DOI

Nepriklausomų šilumos gamintojų gaminamos šilumos rinkos apžvalga 2015 II ketv. [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016 05 29]. Prieiga per: http://www.regula.lt/SiteAssets/naujienu-medziaga/2015-lapkritis/NSG_apzvalga_2015_II_ketvirtis.pdf

NUNES, L.M., CATARINO, A., RIBAU TEIXEIRA, M. and CUESTA, E.M., 2013. Framework for the Inter-Comparison of Ecological Footprint of Universities. *Ecological Indicators*, 9, vol. 32, pp. 276-284 ISSN 1470-160X

NAKAJIMA, E.S. and ORTEGA, E., 2016. Carrying Capacity using Emergy and a New Calculation of the Ecological Footprint. *Ecological Indicators*, 1, vol. 60, pp. 1200-1207 ISSN 1470-160X.

NEJATI, Mostafa; NEJATI, Mehran. Assessment of sustainable university factors from the perspective of university students. *Journal of Cleaner Production*, 2013, 48: 101-107.

REES, William. 2000. Eco-footprint analysis: merits and brickbats. *Ecological Economics* 32, 371-374.

RUŽEVIČIUS, Juozas. Ekologinio pėdsako vertinimo metodologijos aspektai. Ekonomikos ir turto vertės pokyčiai: tendencijos ir valdymo priemonės. Pranešimas konferencijoje 2011-04-25. p.124-135.

Studentų miestelis 2036. Kauno technologijos universiteto studentų miestelio ilgalaikės transformacijos ambicija [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per: <https://ktuedu.sharepoint.com/Informacija%20Studentams/kazkas/KTU%20Student%C5%B3%20miestelis%202036.pdf>

SVAJDA, Suzana; SHAKEEL, Tooba. Ecological Footprint of the University of Toronto, Mississauga: Calculations and Analysis. Mississauga Environment Institute, Mississauga, 2009.

TORREGROSA-LÓPEZ, Juan Ignacio; NAVARRO, CG Bellver; IACONO-FERREIRA, VG Lo. Experiences in the use of Ecological Footprint as a sustainability indicator. *Cuadernos de biodiversidad: publicación cuatrimestral del Centro Iberoamericano de la Biodiversidad*, 2011, 37: 9-18.

WACKERNAGEL, M. and REES, W., 1998. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers.

WAAS, T., Verbruggen, A., & Wright, T. (2010). University research for sustainable development: Definition and characteristics explored. *Journal of Cleaner Production*, 18(7), 629–636.

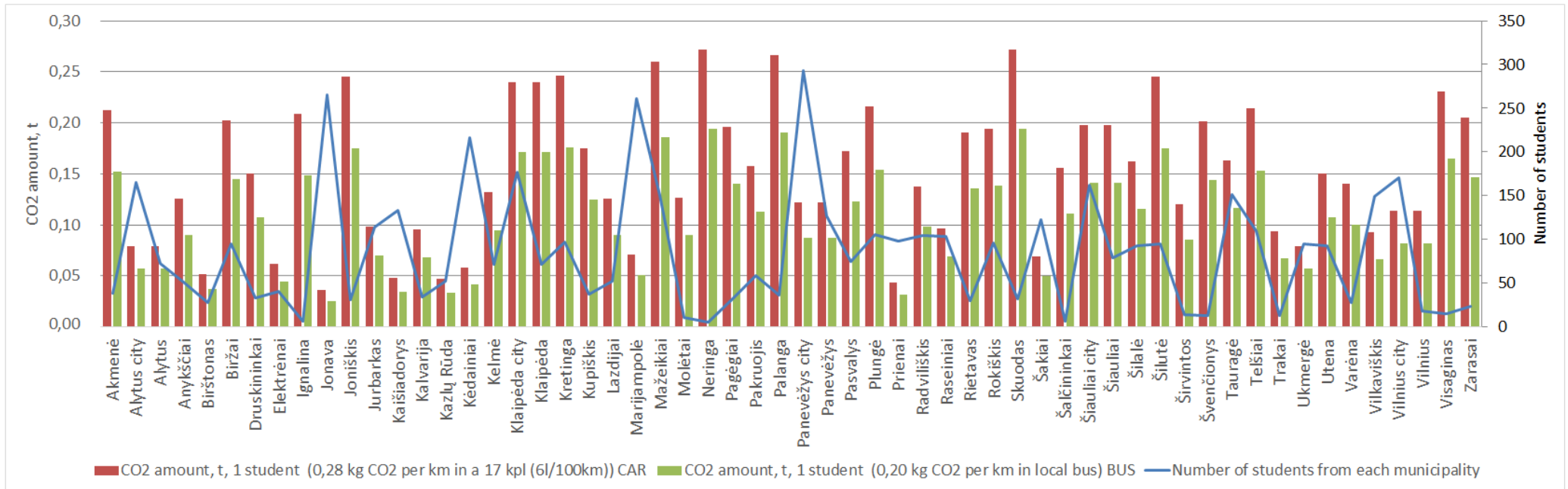
VENETOULIS, Jason. Assessing the ecological impact of a university: the ecological footprint for the University of Redlands. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2001, 2.2: 180-197.

Žemės išlikimo strategija – darnus vystymasis [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016 05 03]. Prieiga per: <http://ktu.edu/lt/naujiena/aplinkos-apsaugos-ekspertai-zemes-islikimo-strategija-darnus-vystymasis>

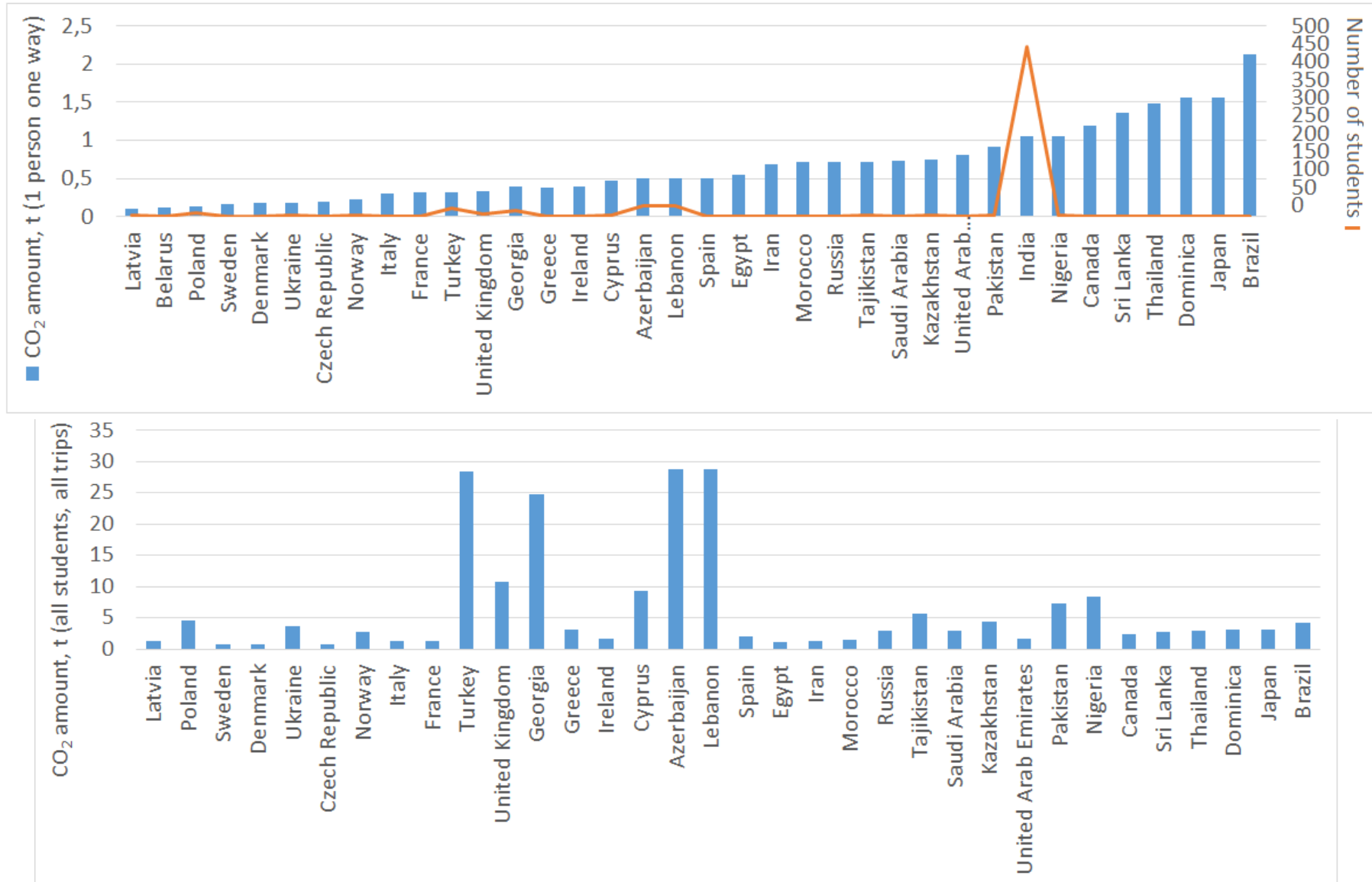
PRIEDAI

Priedas Nr. 1

Susidarančios CO₂ emisijos vertinant vienos krypties studentų keliones namo skirtingomis transporto priemonėmis.

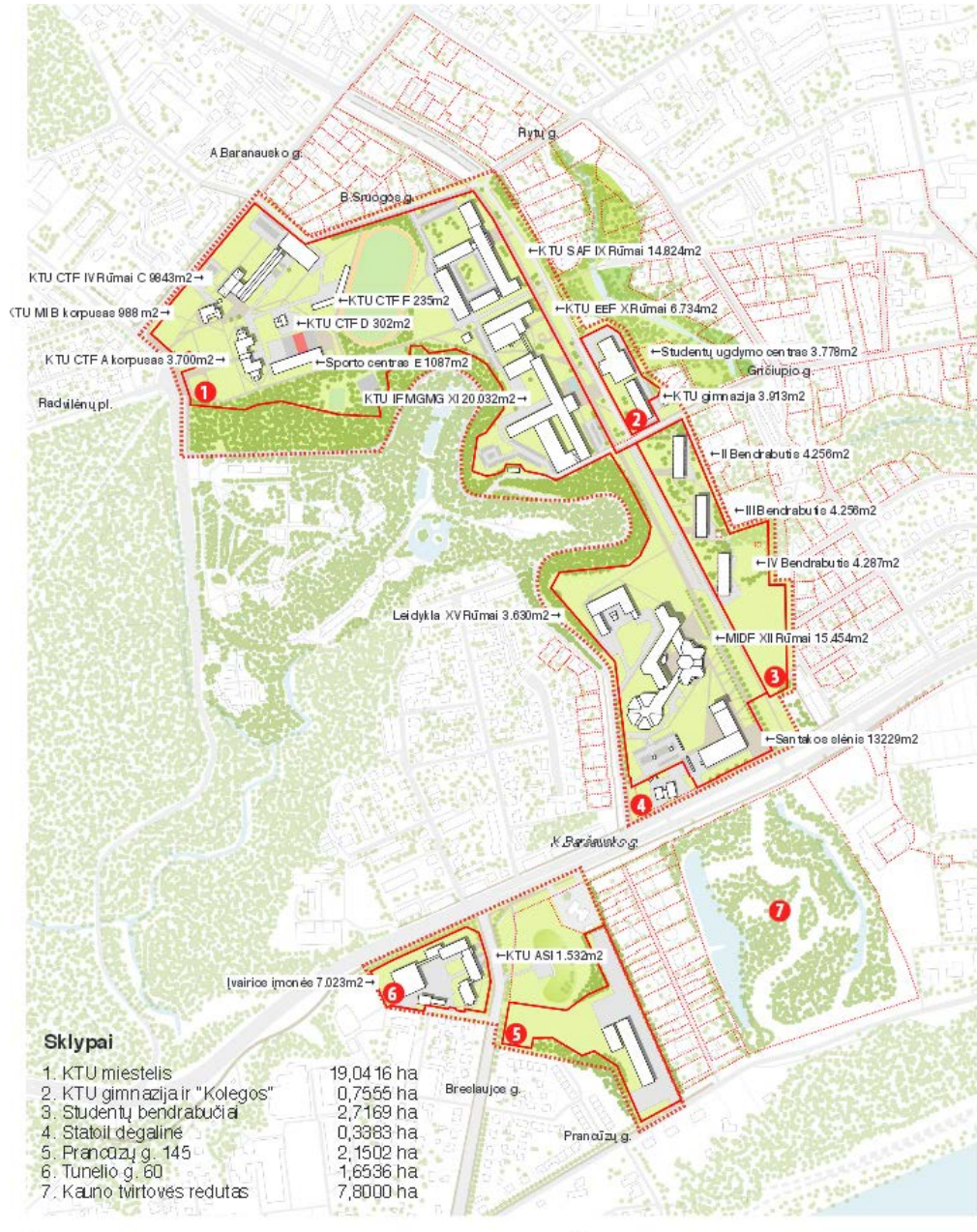


Priedas Nr. 2

Užsienio studentų kelionių į KTU sukeltamų CO₂ emisijų apžvalga

Priedas Nr. 3

Kauno technologijos universiteto studentų miestelio planas (2016)



Priedas Nr. 4

KTU darbuotojų komandiruočių sukeltos CO2 emisijos (2015m.)

