MIESTO EKOSISTEMŲ PASLAUGŲ VERTINIMAS IR KARTOGRAFAVIMAS: POTENCIALAS VILNIAUS MIESTE

Ieva Misiūnė, Darijus Veteikis

Vilniaus universiteto Chemijos ir geomokslų fakulteto Geomokslų instituto Geografijos ir kraštotvarkos katedra,

M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101 Vilnius

El. paštas: ieva.misiune@chgf.vu.lt, darijus.veteikis@gf.vu.lt

DOI: <https://doi.org/10.5200/GM.2019.2>

Misiūnė I., Veteikis D. MAPPING AND ASSESSMENT OF URBAN ECOSYSTEM SERVICES: CAPACITY IN VILNIUS CITY. *Geografijos metraštis*, 52, 2019.

Abstract. Ecosystem services (ES) are the benefits people gain from ecosystems, which are essential to human well-being. ES concept allows us to demonstrate more clearly the importance of nature, understand its benefits and justify its preservation. Knowledge on ecosystem's capacity to provide services and the demand for these services allows us more effectively organize spatial planning, avoid conflicts and protect the ecosystems from degradation. This article reviews one of the ES assessment and mapping method called ES matrix model and presents its application to Vilnius case study. Using the method and expert knowledge twelve ES were assessed and mapped.

The review of the method has shown that it can be applied at different scales and to evaluate several ES simultaneously. In previous studies, the method was applied to assess ES capacities both locally and at European level, often using expert knowledge for ES evaluation. Method application for the case study confirms that the results of the evaluation mainly depends on primary data, i.e. the scale and accuracy of the land used map and the sufficient sample of experts. The case study showed that the lowest concentration of evaluated services is in the center of Vilnius town and surrounding neighborhoods, and as the distance from the city center increases, the number of ES increases as well. An ES richness map, which shows how many different services exist in a given area, showed a low number of ES in the central and western part of the city (a maximum 6 out of 12 services rated). Additional research, however, is needed to assess the quality of the existing services. Such an assessment of the ES potential and the quality of the services can serve as an additional tool for territorial planning and efficient use of green urban spaces.

References 42. Figs 3. Tables 2. In Lithuanian, summary in English.

Keywords: ecosystem services, mapping, potential, assessment matrix, land cover.

Įvadas

Ekosistemų atliekamos funkcijos suteikia įvairias naudas, kurios yra svarbios žmogaus gyvenimui – pirmiausia išgyvenimui ir pragyvenimui, fizinei ir psichinei gerovei (Costanza ir kt., 1997; MA, 2005), socioekonominės sistemos kontekste jos vadinamos ekosistemų paslaugomis (EP). Šis terminas imtas vartoti dar 1970 metais (SCEP, 1970), o pastarąjį dešimtmetį paplito ir miestų ekosistemų tyrimuose (Haase ir kt., 2014; Luederitz ir kt., 2015). Vienas iš ES 2020 Biologinės įvairovės strategijos tikslų yra išlaikyti ir atkurti ekosistemas bei jų paslaugas. Strategijos 5 veiksmas nurodo, kad turime „pagerinti Europos Sąjungoje žinias apie ekosistemas ir jų paslaugas“ (EC, 2011, p. 2). Nacionalinėje darnaus vystymosi strategijoje taip pat pabrėžiama būtinybė išsaugoti biologinę įvairovę, kuri yra ekosistemų pagrindas, ir užtikrinti jos racionalų naudojimą (Nacionalinė..., 2011). Įvairios klasifikacijos (CICES, IPBES) išskiria pagrindines EP grupes, kurios yra: 1) aprūpinimo (arba tiekimo) paslaugos

(naudą galima tiesiogiai apčiuopti ir suvartoti, pvz., maistas, kuras, mediena); 2) reguliavimo paslaugos (nauda juntama, kai ekosistemos atlieka įvairias natūralias reguliavimo funkcijas, pvz., mikroklimato reguliavimas, CO₂ sugėrimas, augalų kultūrų apdulkinimas); 3) palaikymo paslaugos (ekosistemos procesai ir funkcijos, kuriomis grindžiamos kitos trys paslaugų rūšys, pvz., dirvos formavimas, biologinės ir genetinės įvairovės palaikymas); 4) kultūrinės paslaugos (nematerialūs ekosistemų teikiniai, tenkinantys įvairius kultūrinius, socialinius ir emocinius žmonių poreikius, pvz., rekreacija, estetinis, dvasinis pasitenkinimas, galimybė mokytis). Reguliavimo ir palaikymo EP dažnai sujungiamos į vieną.

Kalbant apie EP yra svarbu suprasti jų patekimo iš ekosistemos į socioekonominę sistemą kelius ir daromą tiesioginį bei grįžtamąjį poveikį. Žinodami ekosistemų pajėgumus teikti paslaugas ir žmonių poreikį atitinkamoms paslaugoms, galime efektyviau suplanuoti teritorijas, išvengti konfliktų bei apsaugoti pačias ekosistemas. Tai ypač aktualu urbanizuotose teritorijose, kur daugiausia žmonių naudoja šias paslaugas ir sukelia didžiausią poveikį ekosistemoms (Elmqvist ir kt., 2015).

Populiarejant EP termino vartojimui, atsiranda didesnis poreikis tikslams ir patikimiems EP identifikavimo, kiekybinio įvertinimo ir erdvinio nustatymo metodams (Alkemade ir kt., 2014; Crossman ir kt., 2013). Temos kompleksiskumas ir poreikis universaliems vertinimo metodams yra vieni pagrindinių iššūkių visuose EP vertinimuose. Manoma, kad skirtingos EP klasifikavimo sistemos, susijusių terminų įvairovė (pajėgumas, tiekimas, poreikis ir kt.) bei nevienodos vertinimo metodikos riboja šio termino taikymo aplinkosaugos praktikoje galimybes (Burkhard ir kt., 2014). Ekosistemų paslaugos kol kas nėra plačiai vertintos Lietuvoje. Yra tik keletas pavienių studijų, kuriose atliktas ekonominis vertinimas. Naruševičiaus ir Matiuko (2011) studija pristato ekonominį EP vertinimą nedidelėje miško teritorijoje pietų Lietuvoje, kur, parengus preliminarų EP sąrašą ir taikant kelis skirtingus ekonominio vertinimo metodus, buvo nustatyta, kad iškirtus mišką tirtoje teritorijoje buvo prarastos paslaugos, kurių kasmetinė monetarinė išraiška mažiausiai 1,5 karto viršijo vienkartinę finansinę naudą, gautą pardavus iškirtą medieną. Vėlesnė Naruševičiaus (2016) studija pateikia 18 pasirinktų EP ekonominį vertinimą viename didžiausių Lietuvos pelkinių kompleksų – Tyrulių pelkėje. Čia nustatyta EP teikiama santykinė nauda įvertinta apie 941 Eur/ha per metus arba nuo 3,26 mln. Eur per metus visai projekto teritorijai. Tokie net ir reti, ir tik mažą šalies teritorijos dalį apimantys pavyzdžiai parodo EP konvencinio bei ekonominio (monetarinio) vertinimo tyrimų aktualumą.

Šio straipsnio tikslas – pristatyti EP vertinimui taikomą vadinamąjį matricų metodą, nustatant Vilniaus miesto EP potencialą. Straipsniu siekiama prisidėti prie mokslinės diskusijos apie EP vertinimą, EP sampratos plėtojimo bei vertinimo metodų taikymo Lietuvos kontekste. Siekiant įvardyti tikslo buvo iškelti ir įgyvendinti šie uždaviniai: 1) apžvelgti EP vertinimui taikomas matricų metodus ir metodą taikiusios ankstesnės studijos; 2) pritaikius matricų metodą ir ekspertinį vertinimą, įvertintas Vilniaus miesto atrinktų EP potencialas ir jo erdvinis išsidėstymas; 3) aptarti Vilniaus miesto EP potencialo ypatumai.

Miesto EP potencialas, tiekimas ir poreikis

Sveikos ekosistemos miestuose gali teikti įvairias EP, kurios ypač svarbios urbanizuotų teritorijų gyventojams. Mieste esantys žalieji plotai reguliuoja mikroklimatą, valo orą ir vandenį, mažina karščio bangas vasarą ir dėl jų didėjančią mirtingumą, suteikia galimybę aktyviai leisti laiką lauke, taigi prisideda prie fizinės ir psichinės gerovės (Fischer ir kt., 2018; Mexia ir kt., 2018; Saaroni ir kt., 2018; Vieira ir kt., 2018; Gabriel ir Endlicher, 2011 ir kt.).

1 pav. Ekosistemų ir socialinių-ekonominių sistemų sąveika per ekosistemų paslaugų prioritetus (remiantis Wolff ir kt., 2017; Maes ir kt., 2016; Buchel and Frantzeskaki, 2015; Wolff ir kt., 2015)

Fig. 1. Conceptual framework for interactions between ecosystems and socio-economic systems through the priorities of ecosystem services (based on Wolff et al., 2017; Maes et al., 2016; Buchel and Frantzeskaki, 2015; Wolff et al., 2015)

Ekosistemų ir socialinių-ekonominių sistemų sąveika per ekosistemų paslaugų poreikį pateikta 1 paveiksle, kuris paremtas ekosistemų vertinimo konceptuali modeliu (Maes ir kt., 2016) ir vėlesnėmis jo modifikacijomis (Wolff ir kt., 2017; Maes ir kt., 2016; Buchel ir Frantzeskaki, 2015; Wolff ir kt., 2015). Ši schema sujungia ekosistemų struktūrą ir parodo, kaip jų atliekamos funkcijos teikia naudos žmonėms, taigi virsta EP. Šios paslaugos yra žmonių gerovės pagrindas, nes teikia materialinę naudą ir kitokias vertes (ekonominę, socialinę). Vis dėlto žmonių poreikis įvairių EP yra skirtingas ir tai yra arba priklausomybės (išgyvenimo) klausimas, arba prioritetų (Wolff ir kt., 2015). Kai poreikis nėra patenkintas, imamas atsako priemonių (institucinių, verslo įsikišimas, įvairių politikų formavimas ir priemonių taikymas ir kt.). Egzistuojančių paslaugų naudojimas bei įvairus atsakas (kai poreikis nėra patenkintas) sukuria vadinamąsias veikiančiąsias jėgas, kurios turi įtakos ekosistemos būklei ir jos pajėgumams teikti paslaugas. Taigi EP pajėgumas priklauso nuo vietos ir laiko, bet jis nėra statinis. Potencialas reaguoja į natūralius arba antropogeninius pokyčius laike ir erdvėje. Žemės naudojimas ir žmonių skaičiaus pokyčiai turi vieną didžiausių poveikių EP pajėgumui, taip pat paklausai, kitoms veikiančiosioms jėgoms ir tiekimui (Villamagna ir kt., 2013).

Ekosistemų teikiamos naudos gali būti suvokiamos ir nesuvokiamos. Kaip teigia Buchel ir Frantzeskaki (2015), ekosistemos vertės suvokimas yra patiriama (pajaučiama) ir atpažįstama ekosistemos teikiama nauda žmonėms vietiniame kontekste. Pavyzdžiui, miesto parko teikiama mikroklimato reguliavimo paslauga žmogus aiškiai pajunta būdamas toje vietoje. Tačiau anglies dioksido surinkimo ir saugojimo paslauga teikiama to paties parko medžių bus niekaip tiesiogiai nejaučiama parko lankytojų. Remdamiesi šia logika mokslininkai teigia, kad kultūrinės paslaugos kyla tik iš žmonių suvokimo (angl. *perception*) ir be žmogaus suvokimo apie vieną ar kitą naudą kultūrinės paslaugos apskritai neegzistuoja. Jos yra neapčiuopiamos,

todėl joms įtakos turi žmonių supratimas ir prioritetai (Buchel and Frantzeskaki, 2015). Šis aspektas neturėtų būti pamirštas analizuojant tiek EP potencialą, tiek poreikį per prioritetus pagal pateiktą ekosistemų ir socialinių-ekonominių sistemų sąveikos modelį.

EP potencialo vertinimas ir kartografavimas. Matricų metodas

Norėdami įvertinti skirtingų EP vertinimo ir kartografavimo metodų privalumus ir trūkumus, būtina suprasti, kokią informaciją gausime iš sudaryto žemėlapių ir kur jis bus pritaikomas. Siūloma EP kartografavimą skirstyti į tris pakopas (angl. *tiered approach*) (Grêt-Regamey ir kt., 2017). Kuriant žemėlapių pakopiniu metodu, kiekviena pakopa reiškia didesnę detalumą, kad galima būtų įvertinti naudojamų duomenų sudėtingumą, reikia daugiau ekspertinių žinių. Įvairioms pakopoms taikomi skirtingi EP vertinimo ir kartografavimo būdai. Pirmoji pakopa – tai paprasčiausia iš visų trijų, kai įvertinti EP pasiūlą ar paklausą naudojami lengvai prieinami duomenys (pvz., žemės paviršiaus ir panaudojimo žemėlapiai), o išvados daromos tik apie santykinį šių paslaugų kiekį teritorijoje. Pavyzdžiui, norėdami palyginti įvairių miestų žaliųjų zonų teikiamą mikroklimato reguliavimo paslaugos paplitimą (kokį procentą teritorijos užima žaliosios zonos), taikome pirmąją pakopą. Antrojoje pakopoje duomenys yra papildomi detalesne informacija apie priežastinius ryšius, tad vertinimas papildomas erdvine informacija, o išvados gali būti kiekybiškai įvertintos EP įvairiose vietose ir skirtingais masteliais. Šioje pakopoje, minėtu mikroklimato reguliavimo atveju, būtų lyginamas ne tik miestų žaliųjų zonų plotas, bet ir žemės paviršiaus duomenys būtų vertinami kartu su aukštos rezoliucijos nuotolinių tyrimų (angl. *remote sensing*) duomenimis ir įvertinamas tuose plotuose egzistuojantis žalias tūris (m^3/ha) (angl. *green volume*). Trečioji pakopa taikoma, kai norime sužinoti, pavyzdžiui, kaip EP tvarkymo praktikos gali turėti įtakos jų teikimui. Mikroklimato pavyzdžio atveju, norint sumažinti karščio bangas miestuose, reikėtų padidinti minėtos paslaugos teikimą. Tokiu atveju reikia sužinoti, kokią įtaką turi įvairios priemonės, pavyzdžiui, žaliųjų zonų dydžio ar struktūros pasikeitimas, paslaugoms teikti. Taigi vertinant paslaugą, įtraukiamas vėsinimo pajėgumo įvertinimas, remiantis modeliu, kuris apima ekologinę informaciją, pavyzdžiui, įvairių augalų rūšių vėsinimo potencialas (Grêt-Regamey ir kt., 2017).

Vienas iš EP potencialo įvertinimo metodų yra vadinamasis matricų metodas, suteikiantis pagrindą ir EP potencialui kartografuoti. Jis priskiriamas pirmosios pakopos vertinimų lygmeniui. Tai Burkhard ir kt. (2009) išvystyta ir 2012 bei 2014 metais tobulinta vertinimo metodika (Burkhard ir kt. 2012, 2014), kai yra įvertinami žemės dangos tipai, atspindintys konkrečią ekosistemą. Ši metodika leidžia įvertinti tai, kiek konkreti ekosistema turi potencialo teikti atitinkamas EP. Vertinimas susideda iš vertinimo lentelės (EP matricos) parengimo ir jos užpildymo pasitelkiant ekspertus, vėliau – atvaizdavimo GIS įrankiais. Pavyzdžiui, teritorijos EP potencialo vertinimo matrica yra sudaryta iš tos teritorijos dangos tipų, surašytų eilutėse, ir vertinamų EP, surašytų stulpeliuose, o užpildyta vertinimo balais, ekspertų įvertinimu nurodančiais, kiek kokia ekosistema (aproksimuotai imama kaip žemės danga) pajėgi teikti atitinkamas EP.

Kaip Burkhard ir kt. (2014) mini, ankstesnės EP matricos versijos (2009, 2012) neatskyrė EP potencialo (angl. *potential*) ir faktinio EP teikimo (angl. *flows*) (faktiškai sunaudojamų paslaugų). Toks potencialo ir faktinių srautų atskyrimas reikalingas norint analizuoti kompromisus ir susijusius teritorijų planavimo sprendimus. Pavyzdžiui, saugomos teritorijos

gali teikti keletą skirtingų EP, tačiau dėl taikomo apsaugos režimo dalį EP gali būti uždrausta naudoti, todėl ir teikiama gali būti neaktyviai (Jacobs ir kt., 2015). Tokiu atveju potencialas ir faktinis teikimas (naudojimas) labai skirsis. Tad potencialo ir teikimo atskyrimas leidžia pateikti daugiau ir detalesnės informacijos apie vykstančią ekosistemos ir socioekonominės sistemos sąveiką. EP vertinimo spektras ir pajėgumas taikant matricų metodą priklauso ir nuo informacijos, pateikiamos ekspertams, pobūdžio. Ne visos EP gali būti įvertintos remiantis vien tik informacija apie žemės paviršių (tokia kaip žemės danga), jos nepakaktų, pavyzdžiui, gėlo vandens tiekimo paslaugų lokalizacijai (Burkhard ir kt., 2014).

Viena svarbiausių ir sudėtingiausių EP vertinimo dalių yra tinkamai parinkti indikatoriai bei surinkti duomenis, kurie reikalingi norint kiekybiškai įvertinti visą spektrą EP. Tačiau matricų metodui yra siūloma naudoti ekspertinį vertinimą. Toks vertinimas leidžia apibendrinti teritorijoje egzistuojančias EP ir pateikti tendencijas (Burkhard ir kt., 2009; Scolozzi ir kt., 2012; Busch ir kt., 2012). Matricos metodas, kai vertinant naudojamos ekspertinės žinios, yra taikytas daugelyje atvejo studijų visame pasaulyje (1 lentelė).

1 lentelė. EP analizuojančios studijos, kuriose taikytas matricos metodas ir ekspertinis vertinimas

Table 1. Previous ES studies that applied matrix method and expert evaluations

Autoriai	Metai	Analizuota teritorija	Plotas, km ²	Duomenys matricai užpildyti	Matricos taikymo tikslas
Europos ir nacionalinis lygmuo					
Stoll ir kt.	2015	Europos žemynas	10 180 000	Burkhard ir kt. (2009, 2012) matrica koreguota vietinių ekspertų iš 28 Europos vietų	Europos žemynui adaptuota matrica
Depellegrin ir kt.	2016	Lietuvos Respublika	65 300	Vertinta autorių remiantis literatūra	Nustatyti EP konfliktus, sinergijas ir grupes
Regioninis lygmuo					
Vihervaara ir kt.	2010	Laplandija, Suomija	9880	20 interviu su įvairių sričių ekspertais	Skirtingų žemės naudojimo režimų įtakos vertinimas EP teikimo potencialui
Burkhard ir kt.	2012	Leipcigo–Halės regionas, Vokietija	4360	EP teikimo potencialas ir poreikis įvertinti autorių, vėliau atvejo studijai pritaikyti statistiniai duomenys	Energijos tiekimo pajėgumų ir poreikio vertinimas
Nedkov ir Burkhard	2012	Etropolės rajonas, Bulgarija	371,7	Potvynių kontrolės potencialas įvertintas autorių	Potvynių kontrolės paslaugų teikimo ir poreikio vertinimo modelis
Kaiser ir kt.	2013	Fang Ngaos, Tailandas	n. d. (50 km ilgio pakrantė)	33 interviu su vietos ekspertais (viešojo ir nevyriausybinių sektoriaus) ir vietos gyventojais	EP teikimo pokyčio analizė trijų skirtingų laiko momentų
Roces-Diaz ir kt.	2014	Galicijos regionas, Ispanija	2128	Remiantis anksčiau atliktų studijų rezultatais ir autoriais	Erdviniai šešių EP teikimo modeliai (angl. <i>patterns</i>)
Clerici ir kt.	2014	ES upių pakrančių zonos	n. d. (500 m buferinė zona nuo visų didžiųjų upių)	Vertinta remiantis Burkhard ir kt. (2009) išvestais balais ir autorių žiniomis apie upių pakrančių ekologiją	Žemės paskirties pasikeitimas tarp 2000 ir 2006 m. ir to įtaka aprūpinimo bei reguliavimo paslaugoms teikti
Vrebois ir kt.	2015	Džordžo ežero baseinas, Uganda	n. d.	Vertinimas atliktas dviejų dirbtuvių metu su vietos ekspertais	Skirtingų EP teikimo ir poreikio, pavojų EP teikimui dėl ekosistemų pokyčių identifikavimas

1 lentelės tęsinys. EP analizuojančios studijos, kuriose taikytas matricos metodas ir ekspertinis vertinimas

Table 1 continued. Previous ES studies that applied matrix method and expert evaluations

Autoriai	Metai	Analizuota teritorija	Plotas, km ²	Duomenys matricai užpildyti	Matricos taikymo tikslas
Vietos lygmuo					
Kandziora ir kt.	2013	Šlėzvigas-Holšteinas, Vokietija	60	Tiekimo paslaugų potencialas vertintas autorių, faktinis tiekimas vertintas naudojant statistinius duomenis	Tiekimo paslaugų vertinimas, lyginant keturių skirtingų duomenų bazių žemės dangų žemėlapius įvairiais laiko periodais
Sohel ir kt.	2015	Lavačaros nacionalinis parkas, Bangladešas	12,5	Fokus grupės metu su 10 vietos ekspertų, papildyta autorių	EP pasiskirstymas erdvėje

Iš pateiktų pavyzdžių matoma, kad dažniausiai matricų metodas taikomas regioniniu lygmeniu, o EP vertinimo balai gaunami taikant ekspertinį vertinimą (pvz., Vihervaara ir kt., 2010; Kaiser ir kt. 2013; Vrebos ir kt., 2015). Kaip matyti iš 1 lentelės pavyzdžių, metodo taikymas ir matricos užpildymas, siekiant nustatyti, tarkim, EP pajėgumus, dažniausiai nėra galutinis analizės tikslas (išskyrus Stoll ir kt., 2015 bei Soheli ir kt., 2015). Sudaromos matricos paprastai yra didesnio tyrimo dalis ir naudojamos kaip pagrindas, vystant tolesnę analizę, pavyzdžiui, vertinant žemės paskirties pasikeitimų įtaką paslaugoms teikti (Clerici ir kt., 2014) ar taikomus žemės naudojimo režimų įtaką EP teikti (Vihervaara ir kt., 2010).

Empirinio tyrimo metodika

Aptartas matricos metodas buvo pritaikytas, vertinant EP teikimo pajėgumus Vilniaus mieste. Pirmiausia, interviu metu su įvairių sričių ekspertais vertinimui buvo atrinktos EP. Interviu vyko 2018 m. vasario–gegužės mėn. su 6 ekspertais iš: Vilniaus miesto savivaldybės tarybos, SĮ Vilniaus planas, NVO Baltijos aplinkos forumo ir Gamtos apsaugos fondo, VU Chemijos ir geomokslų fakulteto, Vilniaus regioninių parkų direkcijos. Visi kalbinti ekspertai turi ne mažesnę kaip 20 metų darbo stažą Vilniaus mieste. Per interviu vertinimui buvo atrinkta 12 EP (pagal CICES klasifikaciją):

- tiekimo: maistas (daržuose prie namų, grybai miške ir pan.), vaistažolės;
- reguliavimo ir palaikymo: oro valymas (CO₂ sugėrimas, kietųjų dalelių sulaukymas ir pan.), mikroklimato reguliavimas, vandens ciklo reguliavimas, triukšmo mažinimas; buveinės;
- kultūrinės: rekreacija / sportas (galimybė tuo užsiimti), ramus poilsis ir streso mažinimas, mokymasis / edukacija (pvz., pamokos lauke), estetiški potyriai (galimybė grožėtis vaizdu ir pan.), vietos jausmas (ypatingos vietos, sukeliančios jausmus ar svarbios bendruomenei).

Vertinimo lentelei-matricai sudaryti buvo pasirinkti Miestų atlaso (angl. *Urban Atlas*) pateikiami elektroniniai žemėlapiai su žemės dangos klasifikacija⁴. Tai patys detaliesi

⁴ Miestų atlasas teikia visos Europos funkcinį urbanizuotų teritorijų (angl. *Functional Urban Areas*-, FUA) žemės naudojimo ir žemės dangos duomenis. Šis atlasas yra bendra Europos Komisijos Regioninės ir miestų politikos generalinio direktorato ir Įmonių ir pramonės generalinio direktorato iniciatyva pagal ES Copernicus programą kartu su Europos kosmoso agentūra ir Europos aplinkos agentūra. Duomenys yra nuolat atnaujinami ir dėl vieningos žemės dangos klasifikacijos lengvai palyginami tarp įvairių Europos miestų. Vilniaus miesto GIS žemėlapis su visa informacija buvo parsisiųstas iš duomenų bazės: <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>.

ir naujausi viešai prieinami duomenys (2016 m.), atvaizduojantys Vilniaus miesto teritorijos žemės dangos tipus. Šio žemėlapiu žemės dangos tipų (eilutės) ir atrinktų EP (stulpeliai) pagrindu sudaryta matrica. Kiekvienos žemės dangos potencialui teikti atrinkta EP buvo paprašyta įvertinti 15 ekspertų, dirbančių Vilniaus mieste ir gerai žinančių kontekstą, skiriant nuo 0 balų (paslauga neteikiama) iki 5 (labai didelis potencialas). Tiesiogiai buvo kreiptasi į VU Geomokslų instituto mokslininkus, Valstybės saugomų teritorijų tarnybos ekologus, SĮ Vilniaus planas specialistus. Dauguma jų sutiko dalyvauti vertinime ir užpildė vertinimo lentelę-matricą, kuri pateikiama kartu su visais apibendrintais įverčiais (2 lentelė). Kaip ir rekomenduojama gairėse (Jacobs ir kt., 2015), vertinimo tikslumui užtikrinti ekspertams buvo detalai paaiškinta metodologija (kartais papildomai konsultuota telefonu), pateiktos nuorodos į papildomus literatūros šaltinius apie tai, kas yra EP, kaip šiame tyrime apibrėžiamas EP potencialas ar Miesto atlaso klasifikacija, paprašyta atsakyti į įsivertinimo klausimą (kuri ekosistema jums geriausiai žinoma ir pan.). Dvi anketos iš penkiolikos turėjo itin išsiskiriančius įvertinimus, kurie kartais buvo nelogiški ir priešingi Burkhard ir kt. (2014) sukurtos pavyzdinės matricos ar Stoll ir kt. (2015) patikslintiems vertinimams Europos lygmeniu bei turėjo didelės įtakos galutiniam vertinimui, todėl buvo nuspręsta jų nenaudoti tyrime.

Kad galutinai būtų įvertinti EP pajėgumai, buvo įtraukta 13-ka ekspertinių vertinimų. Dauguma ekspertų nurodė dirbantys savo srityje jau daugiau nei 11 metų ir tik du – 6–10 metų. Ekspertinės sritys taip pat įvairios: 3 aplinkosaugininkai, 5 biologai, 2 teritorijų planavimo specialistai ir 3 kitų sričių specialistai (geografai ir kt.). Tokia įvairovė didina vertinimo patikimumą (Jacobs ir kt., 2015). Vadovaujantis rekomendacija taip pat buvo įtrauktas ekspertų įsivertinimas, apie kurias ekosistemas ekspertai labiausiai išmano. Rezultatai parodė, kad apklausoje dalyvavo daugiausia miesto ekosistemų ekspertų, tačiau buvo ir mažiausia po vieną kitų klausimynų pateiktų ekosistemų ekspertų, išskyrus krūmynų ir viržynų bei gėlo vandens ekosistemų specialistus (naudota MAES⁵ ekosistemų klasifikacija).

Visų 13 atrinktų ekspertinių vertinimų reikšmės individualioms EP skirtinguose žemės dangos tipuose buvo suvidurkintos, o bendras žemės dangą atitinkančios ekosistemos teikiamų paslaugų potencialas gautas vidutinės EP vertinimo reikšmės susumavus (2 lentelė). Suminiai EP potencialo duomenys (EP, gavusių daugiau nei 0 balų skaičius, bendras EP potencialas balais) perkelti į Miestų atlaso žemės dangos vektorinį sluoksnį ir panaudojant ArcMap 10.3.1 (©2015 ESRI) vizualizuoti.

Siekiant patikrinti, ar nėra konfliktuojančių arba aiškiai išsiskiriančių bei susigrupuojančių į skirtingus tipus pagal savo potencialą skirtinguose žemės dangos tipuose EP, matricos kintamiesiems buvo atlikta pagrindinių komponentų analizė (PCA) panaudojus SPSS programą (©IBM).

Rezultatai ir diskusija

Vilniaus miesto EP potencialas

2 lentelėje pateikiamas visų ekspertų vertinimų vidurkis. Daugiausia vertinimo balų surinko miškai, vandens telkiniai ir žaliosios miesto zonos, kurie turi didžiausią vertintų EP potencialą. Dirbtinės dangos, tokios kaip statybvietės, oro uosto teritorija ar ištisinė miesto danga (kai užstatyta teritorija viršija 80 proc.), apskritai neturi potencialo teikti vertintų EP.

⁵ MAES pateikiama ekosistemų tipologija: <https://biodiversity.europa.eu/maes/typology-of-ecosystems>.

2 lentelė. Vilniaus miesto ekosistemų paslaugų potencialo vertinimo lentelė*Table 2. Assessment matrix illustrating the capacities of different land cover classes to provide ES in Vilnius city*

Ekosistemų paslaugos Žemės danga (Urban Atlas klasifikacija)	Oro valymas (CO ₂ sugėrimas, kietųjų dalelių sulaikymas ir pan.)	Mikroklimato reguliavimas	Vandens ciklo reguliavimas	Triukšmo mažinimas	Maistas (daržuose prie namų, grybai miške ir pan.)	Medžiagos iš laukinių augalų (vaistažolės)	Buveinės (kur gali egzistuoti įvairios rūšys)	Rekreacija / sportas (galimybė tuo užsiimti)	Ramus poilsis ir streso mažinimas	Mokymasis / edukacija (pvz., pamokos vaikams)	Estetiniai potyriai (galimybė grožėtis vaizdu ir pan.)	Vietos įėjimas	Bendras ES potencialas
Oro uostas	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Dirbama žemė	2	2	2	1	5	3	3	2	2	2	2	2	28
Statybvietės	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ištisinė miesto danga (užstatytos teritorijos > 80 proc.)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3
Neištisinė tanki danga (pastatai, keliai ir kt.) (uždengta 50–80 proc.) ⁶	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6
Neištisinė vid. tankumo danga (30–50 proc.) ⁷	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	2	2	11
Neištisinė mažo tankumo danga (10–30 proc.) ⁷	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	16
Neištisinė labai mažo tankumo danga (< 10 proc.) ⁸	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	3	2	25
Greitieji keliai ir jų šalikelės	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Miškas	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	59
Žaliosios miesto zonos (sodai, zoologijos parkai, parkai, kt.)	4	4	3	4	2	3	4	5	4	4	5	4	46
Žolinė augmenija (natūralios ganyklos, viržynai...)	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	3	41
Pramoniniai, komerciniai, viešieji, kariniai ir privatus pastatai	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	3
Izoliuotos dirbtinės struktūros, susijusios su gyvenamaisiais komponentais	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	4
Šiuo metu nenaudojamos teritorijos greta dirbtinės dangos / pastatų, kurie bus naudojami ateityje	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	10
Mineralų išgavimo vietos ir sąvartynai (įskaitant nelegalius šiukšlynus)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3
Kiti keliai, gatvės ir jų šalikelės	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	4
Ganyklos	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	30
Geležinkeliai ir susijusios teritorijos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
Sporto ir laisvalaikio teritorijos	1	1	1	1	0	0	0	5	3	2	2	2	18
Visi vandens telkiniai	3	4	5	2	4	2	4	5	4	5	5	4	47
Šlapžemės	4	4	5	3	3	4	5	3	3	4	3	3	44

⁶ Gyvenamieji pastatai, keliai ir kiti dirbtiniai užpildyti plotai.⁷ Gyvenamieji pastatai, keliai ir kiti dirbtiniai apstatyti plotai. Vyrauja teritorijos su augmenija, tačiau žemė nėra skirta miškininkystei ar žemės ūkiui.⁸ Gyvenamieji pastatai, keliai ir kiti dirbtinio paviršiaus plotai. Vyrauja teritorijos su augmenija, tačiau žemė nėra skirta miškininkystei ar žemės ūkiui. Pavyzdys: išskirtiniai gyvenamieji rajonai su dideliais sodais.

2 pav. Bendras vertinimui atrinktų dvylikos EP potencialo Vilniaus mieste žemėlapis (skaičiai legendoje atspindi vertinimo metu gautų įverčių nuo 1 iki 5 sumą)

Fig. 2. ES potential map of twelve ES in Vilnius city (numbers in the legend is the amount of scores ranging from 1 to 5 received during the evaluation)

Pagal vertinimo lentelės duomenis buvo sudarytas bendras Vilniaus miesto 12 ekosistemų paslaugų potencialo išsidėstymo žemėlapis (2 pav.). Subendrintas žemėlapis aiškiai rodo, kad mažiausia tokių paslaugų koncentracija yra miesto centre (Senamiesčio, Žvėryno, Šnipiškių, Žirmūnų, Naujamiesčio seniūnijose), o tolstant nuo miesto centro ekosistemų

paslaugų kiekis didėja. Akivaizdu, kad mieste esantys miškai teikia daugiausia ekosistemų paslaugų. Žemėlapyje matomos žalios spalvos teritorijos turi aukštesnį vertintų EP teikimo potencialą. Vis dėlto nebūtinai šiose teritorijose EP yra prieinama žmonėms, pavyzdžiui, gali būti, kad ten nėra tinkamos infrastruktūros paslaugai gauti. Žinant šias vertes ir konkrečią paslaugą potencialiai teikiančias teritorijas, planuojant ypač svarbu atsižvelgti į didelio potencialo vietas ir jas išsaugoti, o mažiausio potencialo teritorijas galima suplanuoti ir tvarkyti pagal esamą paslaugos poreikį.

3 pav. EP gausumo žemėlapis (skaičiai legendoje nurodo, kiek EP egzistuoja vienoje vietoje, nepaisant jų įvertinimų)

Fig. 3. ES richness map (numbers in the legend indicate the number of ES that exists in a place, regardless of their rating)

Papildomai EP kartografavimui buvo sudarytas EP gausumo žemėlapis (Schroter ir Remme, 2016). Tai vienas iš „karštųjų taškų“ identifikavimo būdų. Šis žemėlapis rodo, koks skaičius įvairių EP yra teikiama toje pačioje žemės paskirties žemėje, nepaisant to, kiek įverčio balų gavo konkreti EP. Matėme, kad suminis EP potencialas yra mažiausias miesto centre, bet gausumo žemėlapis (3 pav.) rodo, kad čia ir vertintų EP skaičius yra mažas – teikiamos tik dvi ar trys paslaugos vienoje teritorijoje. Paprastai toks karštųjų taškų identifikavimas yra taikomas norint nustatyti prioritetines teritorijas, kuriose turėtų būti išlaikomos egzistuojančios EP arba identifikuojamos tos teritorijos, kuriose reikia papildomai tvarkyti ir gausinti EP. Vilniaus miesto atveju toks EP įvairinimas galėtų būti taikomas centrinėse miesto teritorijose.

Pagrindinių komponentų analizė visas 12 EP sujungė į vieną faktorių (tikrinė vertė 10,6, paaiškinama 88,3 proc. duomenų sklaidos). Visos EP vidutiniškai arba stipriai ir patikimai ($p < 0,05$) koreliuoja tarpusavyje. Mažiausias tiesinės koreliacijos koeficientas tarp Maisto ir Rekreacijos / sporto EP – $r_{\min} = 0,64$, vidutinis $r_{\text{ave}} = 0,87$. Tai rodo, kad konfliktinių situacijų tarp EP Vilniaus mieste praktiškai nėra: EP naudojimas galimas lygiagrečiai, be konkurencijos.

Matricų metodo taikymo ypatumai

Matricų metodo taikymas Vilniaus miesto EP potencialo analizei atlikti parodė keletą svarbių aspektų. Visų pirma, matricų metodas ir ekspertinių žinių taikymas leidžia gana nesudėtingai atvaizduoti EP sklaidą erdvėje ir įvertinti šios sklaidos ypatumus. Teigiama, kad pagrindinis metodo privalumas yra jo pritaikomumas didelėms teritorijoms ir galimybė vienu metu identifikuoti keletą EP, susijusių su konkrečia žemės danga, bet ne įvertinti paslaugas kiekybiškai (Maes ir kt., 2012; Clerici ir kt., 2014). Tai rodo ir šio metodo taikymas Vilniaus miestui – akivaizdu, kad erdvinis paslaugų pasiskirstymas gali būti atvaizduotas pritaikius aptariamą metodą ne lokaliu, tačiau miesto lygmeniu, bet kiekybinis įvertinimas negali būti pagrindinis tokio metodo taikymo tikslas.

Matricų metodas susilaukia kritikos dėl taikomų ekspertinių žinių, kai vietoj kiekybinių, išmatuotų duomenų naudojami tik pusiau kiekybiniai įvertinimai, t. y. ekspertų žinios, tačiau Stoll ir kt. (2015) teigia, kad ši potencialų trūkumą kompensuoja metodo praktiškumas. Vis dėlto šio tyrimo metu išaiškėjo, kad taikymo rezultatai tiesiogiai priklauso nuo vertinimui parenkamų konkrečiai teritorijai aktualių paslaugų rinkinio ir apklausoje dalyvaujančių ekspertų parinkimo. Kaip buvo aprašyta empirinio tyrimo metodikos dalyje, ekspertinės žinios gali būti netikslios ir netinkamos vertinimui atlikti. Ir nors teigiama, kad ekspertinių žinių panaudojimas kol kas yra vienintelė galimybė gana greitai atlikti apibendrinantį ir tendencijas parodantį vertinimą (Stoll ir kt., 2015), dėl skirtingų ekspertinių žinių gali skirtis vertinimo mastelis, pavyzdžiui, vertinama vietos lygmeniu, o ekspertai taiko savo turimas regionines žinias. Kad būtų sumažinta ši rizika, svarbu pateikti kuo daugiau informacijos apie vertinamą vietovę ir kodėl vertinamos būtent tokios žemės paskirtys.

Taip pat svarbu paminėti, jog vertinimo tikslumas labai priklauso ir nuo žemės dangos klasifikacijos bei vertinimui naudojamo žemėlapio detalumo. Siekiant tikslesnio vertinimo buvo palyginti skirtingi Vilniaus miesto žemės dangos žemėlapiai – CORINE ir Urban Atlas – ir pasirinktas antrasis dėl jo detalumo. Vertinimas labai skirtųsi priklausomai nuo to, koki

žemėlapi pasirinktume jam atlikti. O netikslus žemės dangos žemėlapis taip pat vienas iš trūkumų, kuriuos įvardija Jacobs ir kt. (2015). Ekstrapoliuojami rezultatai konkrečioje žemės naudojimo srityje (vienam areale) nebūtinai atitinka faktą, nes ir toje pačioje žemės paskirties zonoje gali būti vietų, kur paslaugos yra teikiamos arba ne. Taigi šis trūkumas gali būti mažinamas naudojant kuo detalesnį žemėlapi ir pateikiant vertinti kuo detalesnį žemės naudojimo paskirčių (arba žemės dangos tipų) sąrašą. Nepaisant trūkumų, Stoll ir kt. (2015) bei Dick ir kt. (2014) pateikiamos išvados, kad žemės danga yra tinkamas bazinis sluoksnis (angl. *base layer*) kartografuoti EP ir iš esmės vertinimui naudojamas matricos metodas tinkamas ne tik lokaliai, bet ir miesto, šalies ar Europos lygmeniui.

Išvados

1. Straipsnyje apžvelgtas EP vertinimo ir kartografavimo matricų metodas parodo paslaugos egzistavimą tam tikroje teritorijoje, jos gausą. Pagrindinis metodo privalumas yra jo pritaikomumas įvairaus dydžio teritorijoms ir galimybė vienu metu identifikuoti keletą, net keliolika EP, susijusių su konkrečia žemės danga. Šis metodas lengvai pritaikomas EP teikimo potencialui įvertinti ir yra plačiai naudojamas mokslininkų įvairiose analizėse, susijusiose su EP vertinimu bei kartografavimu.
2. Metodo pritaikymas Vilniaus miestui parodė, kad matricų metodas ir ekspertinės žinios leidžia gana nesudėtingai atvaizduoti EP sklaidą erdvėje ir įvertinti šios sklaidos ypatumus. Tačiau metodo taikymo sėkmė yra priklausoma nuo aktualių konkrečiai teritorijai EP parinkimo, ekspertų specializacijos bei žemės dangos klasifikacijos detalumo. Vilniaus miesto EP potencialo analizė atskleidė, kad vertinimui pasirinktos EP yra pasiskirsčiusios netolygiai po visą miestą, miesto centre yra teikiama mažiausiai įvairių paslaugų. Kartu miesto centre yra ir mažiausias čia esančių paslaugų potencialas. Tarp vertinimui pasirinktų EP buvo nustatytas sinerginis ryšys, EP potencialiai neturi neigiamos įtakos viena kitai, o gali būti naudojamos lygiagrečiai.
3. Tolesni tyrimai galėtų apimti kitas EP grupes ir taikyti aukštesnės pakopos vertinimą, įtraukiant ne tik ekspertinį vertinimą, bet ir papildomą geoerdvinę ar statistinę informaciją. Taip pat tyrimai galėtų orientuotis ir į poreikio vertinimą mieste, atsižvelgiant į skirtingų suinteresuotų asmenų prioritetus. Būtų tikslinga poreikį sulygininti su potencialu ir į tai atsižvelgti pateikiant rekomendacijas tolesniam teritorijų planavimui.

Padėka

Projektas bendrai finansuotas iš Europos socialinio fondo lėšų (projekto Nr. 09.3.3-LMT-K-712-02-0108) pagal dotacijos sutartį su Lietuvos mokslo taryba (LMT LT).

Literatūra

- Alkemade R., Burkhar B., Crossman N., Nedkov S., Petz K. 2014. Quantifying ecosystem services and indicators for science, policy and practice. Special Issue. *Ecological Indicators*. 37: 161-266.
- Buchel S., Frantzeskaki N. 2015. Citizens' voice: A case study about perceived ecosystem services by urban park users in Rotterdam, the Netherlands. *Ecosystem Services*. 12: 169-177.

- Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F. 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*. 21:17–29.
- Burkhard B., Kandziora M., Hou Y., Müller F. 2014. Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online*. 34.
- Burkhard B., Kroll F., Nedkov S., & Müller F. 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*. 21: 17-29.
- Busch, M., La Notte, A., Laporte, V., Erhard, M. 2012. Potentials of quantitative and qualitative approaches to assessing ecosystem services. *Ecological Indicators*. 21: 89–103.
- Clerici N., Paracchini M.L., Maes J. 2014. Land-cover change dynamics and insights into ecosystem services in European stream riparian zones. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 14: 107–120.
- Costanza R., D’Arge R., de Groot R.S., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O’Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M. 1997. The value of world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387: 253- 260.
- Crossman N.D., Burkhard B., Nedkov S., Willemen L., Petz K., Palomo I., Drakou E.G., Martín-Lopez, B., McPhearson T., Boyanova K., Alkemade R., Egoh B., Dunbar M., Maes J. 2013. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services*. 4: 4-14.
- Depellegrin D., Pereira P., Misiune I., Egarter-Vigl L. 2016. Mapping ecosystem services potential in Lithuania. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 23: 441-455.
- Dick J.; Maes J.; Smith R.I.; Paracchini M.L., Zulian G. 2014. Cross-scale analysis of ecosystem services identified and assessed at local and European level. *Ecological Indicators*. 38: 20–30.
- EC, Komisijos komunikatas “Biologinė įvairovė – mūsų gyvybės draudimas ir gamtinis turtas. ES biologinės įvairovės strategija iki 2020 m.” KOM/2011/0244 galutinis.
- Elmqvist T., Setälä H., Handel S.N., van der Ploeg S., Aronson J., Blignaut J.N., Gómez-Baggethun E., Nowak D.J., Kronenberg J., de Groot R. 2015. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 14: 101-108.
- Fischer L.K., Honold J., Botzat A., Brinkmeyer D., Cvejic R., Delshammar T., Elands B., Haase D., Kabisch N., Karle S.J., Laforzezza R., Nastran M., Nielsen A.B., van der Jagt A.P., Vierikko K., Kowarik I. 2018. Recreational ecosystem services in European cities: Sociocultural and geographical contexts matter for park use. *Ecosystem Services*. 31: 455-467.
- Gabriel K.M.A., Endlicher W.R. 2011. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution*. 159: 2044-2050.
- Grêt-Regamey A., Weibel B., Rabe S.E., Burkhard B. 2017. A tiered approach for ecosystem services mapping. Skyrius . 5.6.1. knygoje Burkhard B., Maes J. (Eds.) *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers, Sofia.
- Haase D., Larondelle N., Andersson E., Artmann M., Borgström S., Breuste J., Elmqvist T. 2014. A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments: Concepts, Models, and Implementation. *AMBIO*. 43(4): 413-433.
- Jacobs S., Burkhard B., Van Daele T., Staes J., Schneiders A. 2015. ‘The Matrix Reloaded’: A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. *Ecological Modelling*. 295, 21-30.
- Kaiser G., Burkhard B., Römer H., Sangkaew S., Graterol R., Haitook T., Sterr H., Sakuna-Schwartz D. 2013. Mapping tsunami impacts on land cover and related ecosystem service supply in Phang Nga, Thailand. *Natural hazards and earth system sciences*. 13: 3095–3111.
- Kandziora M., Burkhard B., Müller F. 2013. Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution. *Ecosystem Services*. 4: 47–59.
- Langemeyer J., Camps-Calvet M., Calvet-Mir L., Barthel S., Gomez-Baggethun E. 2018. Stewardship of urban ecosystem services: understanding the value(s) of urban gardens in Barcelona. *Landscape and Urban Planning*. 170: 79-89.

- Luederitz C., Brink E., Gralla F., Hermelingmeier V., Meyer M., Niven L., von Wehrden H. 2015. A review of urban ecosystem services: six key challenges for future research. *Ecosystem Services* 14: 98-112.
- MA, Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis. Island Press. Washington, DC: 137.
- Maes J., Egoh B., Willemen L., Liqueste C., Vihervaara P., Schägner J.P., Grizzetti B., Drakou E.G., La Notte A., Zulian G., et al. 2012. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*. 1: 31–39.
- Maes J., Liqueste C., Teller A., Erhard M., Paracchini M.L., Barredo J.I., Grizzetti B., Cardoso A., Somma F., Petersen J. 2016. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem Services*. 17: 14–23.
- Mexia T., Vieira J., Príncipe A., Anjos A., Silva P., Lopes N., Freitas C., Santos-Reis M., Correia O., Branquinho C., Pinho P. 2018. Ecosystem services: Urban parks under a magnifying glass. *Environmental Research*. 160: 469-478.
- Nacionalinė darnaus vystymosi strategija. 2011. *Valstybės žinios*. 2003-09-19, Nr. 89-4029, Vilnius.
- Naruševičius V. 2016. Tyrulių pelkės ekosistemų paslaugų įvertinimo pirmoji ataskaita. Vilnius.
- Naruševičius V., Maticukas G. 2011. Introducing the concept of ecosystem services: Inventory and economic valuation on local scale in Lithuania. *Darnaus vystymosi strategija ir praktika*. 120-136.
- Nedkov S., Burkhard B. 2012. Flood regulating ecosystem services – mapping supply and demand in the Etropole municipality. Bulgaria. *Ecological Indicators*. 21:67–79.
- Roces-Díaz J.V., Díaz-Varela E.R., Álvarez-Álvarez P. 2014. Analysis of spatial scales for ecosystem services: application of the lacunarity concept at landscape level in Galicia (NW Spain). *Ecological Indicators*. 36:495–507.
- Saaroni H., Amorim J.H., Hiemstra J.A., Pearlmutter D. 2018. Urban Green Infrastructure as a tool for urban heat mitigation: Survey of research methodologies and findings across different climatic regions. *Urban Climate*. 24: 94-110.
- SCEP, Study of Critical Environmental Problems. 1970. Man's Impact on the Global Environment: Assessment and Recommendation for Action. MIT Press, Cambridge.
- Scolozzi R., Morri E., Santolini R. 2012. Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes. *Ecological Indicators*. 21: 134–144.
- Sohel M.S.I., Mukul S.A., Burkhard B. 2015. Landscapes capacities to supply ecosystem services in Bangladesh: a mapping assessment for Lawachara National Park. *Ecosystem Services*. 12: 128–135.
- Stoll S., Frenzel M., Burkhard B., Adamescu M., Augustaitis A., Baeßler C., Bonet F.J., Carranza M.L., Cazacu C., Cosor G.L., Díaz-Delgado R., Grandin U., Haase P., Hämäläinen H., Loke R., Müller J., Stanisci A., Staszewski T., Müller F. 2015. Assessment of ecosystem integrity and service gradients across Europe using the LTER Europe network. *Ecological Modelling*. 295: 75-87.
- Vieira J., Matos P., Mexia T., Silva P., Lopes N., Freitas C., Correia O., Santos-Reis M., Branquinho C., Pinho P. 2018. Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: The case of urban parks. *Environmental Research*. 160: 306-313.
- Vihervaara P., Kumpula T., Tanskanen A., Burkhard B. 2010. Ecosystem services—a tool for sustainable management of human–environment systems. Case study Finnish Forest Lapland. *Ecol Complex*. 7: 410–420.
- Villamagna A.M., Angermeier P.L., Bennett E.M. 2013. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*. 15: 114-121.
- Vrebos D., Staes J., Vandenbroucke T., D., Haeyer T., Johnston R., Muhumuza M., Kasabeke C., Meire P. 2015. Mapping ecosystem service flows with land cover scoring maps for data-scarce regions. *Ecosystem Services*. *Ecosystem Services*. 13: 28–40.

- Wolff S., Schulp C.J.E., Kastner T., Verburg P.H. 2017. Quantifying Spatial Variation in Ecosystem Services Demand: A Global Mapping Approach. *Ecological Economics*. 136: 14-29.
- Wolff S., Schulp C.J.E., Verburg P.H. 2015. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. *Ecological Indicators*. 55: 159-171.

MAPPING AND ASSESSMENT OF URBAN ECOSYSTEM SERVICES: CAPACITY IN VILNIUS CITY

Ieva Misiūnė, Darius Veteikis

Vilnius University, Faculty of Chemistry and Geosciences, Institute of Geosciences, Department of Geography and Land Management, M. K. Čiurlionio str. 21/27, LT-03101 Vilnius
E-mail: ieva.misiune@chgf.vu.lt, darijus.veteikis@gf.vu.lt

DOI: <https://doi.org/10.5200/GM.2019.2>

Summary

Ecosystem services (ES) are crucial for socio-economic system and essential to human well-being. The concept of ES demonstrates the importance of nature to human life as identifies the free benefits that nature provides. It is considered that the highest demand for urban ES is in the densely populated urban areas like cities, where the largest number of local beneficiaries can consume or use those services. It is crucial, though, to know the capacity of ecosystems to provide the services and the demand of the stakeholders. This allows us to plan territories more effectively, avoid conflicts and protect the ecosystems as such.

This article discuss the matrix method for ES assessment and mapping. It reviews the previous studies that applied the method and presents its application for Vilnius case study. Finally, benefits and drawbacks are discussed. Matrix method and expert knowledge were applied for twelve pre-selected ES to assess and map for Vilnius city. Fifteen experts were included for evaluation of the selected ES and the final matrix with the average scores were developed. The results were mapped using ArcMap 10.3.1 (©2015 ESRI) and the map of Vilnius city from Urban Atlas was used.

The review of the previous studies shows that the most common application of matrix method is for regional level assessments and using the expert knowledge to evaluate the ES (e.g., Vihervaara et al. 2010; Kaiser et al. 2013; Vrebos et al. 2015). The method, however, can be applied at both local and higher levels (e.g., European scale) to several ES at the same time. As can be seen from the examples in Table 1, the use of the method and matrix development usually is not the final aim of the analysis (except Stoll et al. 2015 and Sohel et al. 2015). Developed matrices are usually part of a larger study and are used as a basis for further analysis, for example, assessing the impact of the land use changes on service capacity (Clerici et al. 2014) or the impact of land use regimes on ES supply (Vihervaara et al. 2010).

Application of the method for Vilnius case study confirms that for the results of the assessment depends much on the primary data, i.e. the details and accuracy of the land use map which is used for the assessment. Also the relevance of the selected ES in the territory and the sufficient number of the experienced experts are important for the quality of the results. Mapped ES for Vilnius city showed that the lowest concentration of the assessed services is in the center of the city and surrounding neighborhoods, and the amount of ES is increasing as the distance from the city center increases as well. The ES diversity map, showing how many different services exist in a particular area, shows that there is little diversity in the central and north-western part of the city (there exist at most 6 out of 12 services assessed). Principal component analysis showed only one factor (the eigenvalue was 10.6, 88.3% of the data was explained). All ES averagely strongly ($p < 0.05$) correlate with each other. The lowest value of the linear correlation coefficient detected between Food and Recreation / Sports ES

– $r_{\min} = 0.64$, $\text{mean } r_{\text{ave}} = 0.87$. This shows that there is practically no conflict between the selected ES in the city of Vilnius, which means the use of the ES is possible in parallel, without competition.

Further research, however, is needed to evaluate the quality and accessibility of different ES. Such an assessment of ES potential and demand could be an additional tool for general city plan development and efficient urban planning.