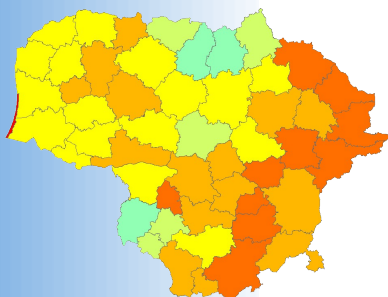
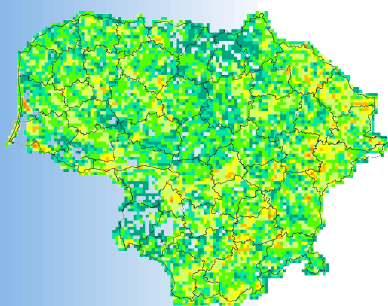
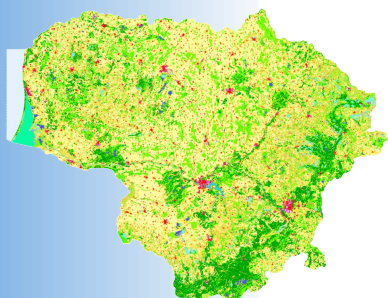




Lietuvos CORINE žemės dangos  
GIS duomenų bazės taikomojo  
panaudojimo aplinkosaugos  
srityje studija

ATASKAITA

Dr. Gediminas Vaitkus



LIETUVOS CORINE ŽEMĖS DANGOS  
GIS DUOMENŲ BAZĖS TAIKOMOJO  
PANAUDOJIMO APLINKOSAUGOS SRITYJE  
STUDIJS

ATASKAITA

Autorinis darbas atliktas pagal 2004.08.27 sutartį Nr.4F-124

Darbo užsakovas: Aplinkos apsaugos agentūra  
Darbo autorius: dr. Gediminas Vaitkus  
Autoriaus adresas: Vilniaus Universiteto Ekologijos institutas  
Akademijos 2, LT-08412, Vilnius-21  
Tel.: +370 5 2729251  
Elektroninis paštas: [gedas@ekoi.lt](mailto:gedas@ekoi.lt)

Ataskaitos citavimas: *Vaitkus G. 2005. Lietuvos CORINE žemės dangos duomenų bazių panaudojimo galimybių studija. Aplinkos apsaugos agentūra, Vilnius, 61 p.*

## TURINYS

Įvadas.....	2
Santrauka.....	3
1. Lietuvos žemės dangos duomenų bazės.....	4
2. CLC duomenų bazių tiesioginis panaudojimas.....	6
2.1. Skaitmeninis kartografavimas.....	6
2.2. Kraštovaizdžio kiekybinė ir kokybinė analizė.....	6
2.3. Kraštovaizdžio pokyčių monitoringas.....	8
2.4. Aplinkos būklės indikatorių sistemos kūrimas.....	8
2.5. Taršos emisijų modeliavimas.....	9
2.6. Teritorijų planavimas.....	9
2.7. Ekologinės rizikos vertinimas.....	10
2.8. Demografinės situacijos analizė.....	10
3. Statistinių gardelių taikymas kraštovaizdžio kiekybinei ir kokybinei analizei.....	11
3.1. Statistinių gardelių kūrimo metodika.....	11
3.1.1. Tarptautinė patirtis.....	11
3.1.2. Lietuvos CLC duomenų bazių transformavimas į statistines gardeles.....	12
3.1.3. Standartiniai kraštovaizdžio struktūros vertinimo principai.....	14
3.1.4. Standartiniai kraštovaizdžio parametrų skaičiavimo metodai.....	15
3.1.5. Kraštovaizdžio metrikų apskaičiavimas statistinėse gardelėse.....	15
3.1.6. Žemės dangos įvairovės indeksų duomenų bazės.....	17
3.1.7. Lietuvos kraštovaizdžio metrikų duomenų bazės.....	17
3.2. Statistinių gardelių panaudojimas Lietuvos kraštovaizdžio struktūros analizei.....	21
3.2.1. Kraštovaizdžio metrikų imčių statistinio pasiskirstymo analizė.....	21
3.2.2. Kraštovaizdžio metrikų ir įvairovės indeksų priklausomybė nuo statistinių gardelių dydžio.....	25
3.2.3. Statistinių gardelių duomenų kartografinė analizė.....	28
3.3. Skyriaus rezultatų aptarimas.....	29
4. CLC duomenų bazių panaudojimas upių baseinų analizei.....	30
4.1. Upių baseinų CLC duomenų bazės sudarymas.....	30
4.1.1. Lietuvos hidrografinio tinklo duomenų bazės korekcija.....	30
4.1.2. Lietuvos upių baseinų duomenų bazės korekcija.....	31
4.1.3. Upių ir baseinų CLC duomenų bazių struktūra.....	33
4.2. Upių baseinų ir pabaseinių žemės dangos statistinė analizė.....	35
4.3. Upių apsauginių zonų žemės dangos analizė.....	40
4.3.1. Upių klasifikavimas pagal apsauginių juostų žemės dangos struktūrą.....	41
4.3.2. Optimalaus pločio upių apsauginių juostų modeliavimas.....	48
4.4. Skyriaus rezultatų aptarimas.....	54
5. Pasiūlymai tolesniems tyrimams.....	55
Ataskaitoje panaudotos iliustracijos.....	57
Ataskaitoje panaudotos lentelės.....	59

## IVADAS

Šis darbas buvo atliktas 2005 m. pagal Dr. Gedimino Vaitkaus individualią autorinę sutartį su Aplinkos apsaugos agentūra prie LR Aplinkos ministerijos. Mokslinių tyrimų kūrinio pavadinimas „Lietuvos CORINE žemės danga GIS duomenų bazės taikomojo panaudojimo aplinkosaugos srityje studija“. Sutarties Nr.4F-124 (2004.08.27).

Pagrindinis darbo pagrindinis tikslas buvo išsiaiškinti CORINE žemės dangos (CLC) duomenų bazių taikomojo ir praktinio panaudojimo galimybes, todėl visų pirma bandėme išsiaiškinti kokią kraštovaizdžio struktūros kiekybinę ir kokybinę informaciją galima gauti būtent iš pačių CLC duomenų bazių, kompleksinei analizei nenaudojant jokios papildomos statistinės informacijos. Ruošiant šią ataskaitą, buvo atlikta išsami internete esančios papildomos informacijos apžvalga, taip pat praktiškai išbandyti ir įvertinti daugelis standartinių žemės dangos analizės metodų.

Autorinio darbo ataskaitos apimtis – 59 puslapiai. Ją sudaro įvadas, santrauka, koncentruota užsienio šalių patirties apžvalga, nurodant pagrindinius naudotos literatūros šaltinius, mūsų atliktų originalių tyrimų ir naujų CLC duomenų bazių analizės metodų pristatymas, rekomendacijos papildomiems tyrimams ir iliustracijų bei lentelių suvestinės. Viso – 5 skyriai, 15 poskyrių ir 15 paragrafų. Originalių tyrimų skyriuose pateikiami gautų rezultatų apibendrinimai. Ataskaitos teksto įžanginiuose paragrafuose išdėstyti teiginiai paremti papildomos informacijos šaltiniais, kurie nurodyti atitinkamuose ataskaitos puslapiuose.

Ataskaitoje pristatomi mūsų atliktų tyrimų metodai ir gauti rezultatai gausiai iliustruoti (28 paveikslai ir 5 lentelės), bet pagrindinė gautos medžiagos dalis (sukurtų naujų duomenų bazių struktūros ir atributinių duomenų lentelių specifikacijos, programinių elementų pavyzdžiai, žemės dangos statistinės suvestinės ir analizės rezultatai) pateikiami atskirame ataskaitos priede, kurio apimtis – 89 puslapiai. Kartu su šia ataskaita pateikiamas ir atskiras žemėlapių priedas, kurio 16-oje skyrių pateikiami spalvoti A4 formato tematiniai žemėlapiai, iliustruojantys dalį šio darbo metu gautų rezultatų. Žemėlapių priedo apimtis – 103 puslapiai.

Kartu su šio darbo ataskaita pateikiamas DVD diskas, kuriame įrašytos darbo metu naudotų pradinių GIS duomenų bazių ir gautų rezultatų atributinių ir GIS duomenų bazių kopijos. Duomeys pateikiami ArcGIS 9.0 versijos *Personal Geodatabase* formate, kuris šiuo metu yra tapęs *de facto* standartu. Viso pridedamose duomenų bazėse yra 85 tematiniai GIS duomenų sluoksniai ir 11 atributinių duomenų lentelių. Bendra pateikiamų duomenų apimtis siekia beveik 3.6 Gb. Pateikiamus GIS duomenis galima tiesiogiai naudoti ArcGIS 9.0 programa be jokio išankstinio pasiruošimo (dekompresijos, formatų konversijos ar projekcijos parametų keitimo).

Ataskaitos pabaigoje (5 skyrius) pateikiamos rekomendacijos tolimesniems tyrimams, kurių metu būtų galima tiesiogiai panaudoti šiame darbe sukurtas duomenų bazes ir pristatytus erdvinių duomenų analizės metodus.

## SANTRAUKA

Atlikus išsamią esamos mokslinės literatūros ir taikomųjų tyrimų pavyzdžių kitose šalyse analizę paaiškėjo, kad daugeliu atveju CLC duomenų bazės buvo naudojamos kaip vienas iš informacijos šaltinių įvairaus pobūdžio kompleksinėms analizėms ar kompiuteriniam ekosisteminių bei socio-ekonominių procesų modeliavimui (kraštovaizdžio struktūros kiekybinė ir kokybinė analizė bei jo pokyčių monitoringas, aplinkos kokybės indikacija, taršos emisijų skaičiavimas, teritorijų planavimas, ekologinės rizikos vertinimas, demografinių procesų modeliavimas ir kt.). Pagrindinės CLC duomenų bazių savybės, sudarančios prielaidas jų efektyviam panaudojimui moksliniuose ir taikomuosiuose tyrimuose yra:

- Erdvinis ir tematinis vientisumas (tematiniu ir erdvinio požiūriu vienoda informacija dengia didžiąją dalį Europos Sąjungos teritorijos);
- Geometrinis detalumas ir tikslumas (CLC duomenų bazės visoje Europoje sudaromos 1:100,000 masteliu);
- Aiški, mokliškai pagrįsta ir visuotinai pripažinta bei išsamiai dokumentuota CLC duomenų bazių kūrimo metodika;
- Nusistovėjusi, vieninga, kompleksiška, hierarchinė ir detali žemės dangos objektų klasifikacija;
- CLC duomenų bazių sudarymui naudojami objektyviai patikimi palydovinės telemetrijos duomenys;
- Duomenų bazių periodiškasis atnaujinimas, leidžiantis nustatyti žemės dangos pokyčių trendus ir prognozuoti ateities tendencijas.

Tenka pripažinti, kad vien tik CLC duomenų bazių informacijos daugeliui tyrimų nepakanka. Būtina turėti papildomus žemėnaudos, kadastro, dirvožemio struktūros bei sandaros, reljefo, administracinių ribų (4 lygio - seniūnijų), demografinės statistikos, infrastruktūros ir komunikacinių sistemų, biologinės įvairovės ir daugelį kitų duomenų bazių, kurios jau daugelį metų egzistuoja ir yra prieinamos mokslininkams bei analitikams kitose Europos šalyse. Deja, Lietuvoje šiuo metu dar labai trūksta patikimos, susistemintos bei visuotinai prieinamos skaitmeninės informacijos, kuri yra būtina tokio pobūdžio tyrimams. Todėl šios studijos apimtis būtų gerokai platesnė, jeigu Lietuvoje egzistuotų ar būtų prieinamos bent dalis aukščiau paminėtų nacionalinių duomenų bazių.

Šiame darbe pasiūlėme originalią kraštovaizdžio struktūros analizės, naudojant statistines gardeles, metodą, kurio pagalba nustatėme, kad Lietuvoje dominuojančių ekologinių-funkcinių kraštovaizdžio elementų įvairovės pusiausvyra per pastarąjį šimtmetį vykusią žemės ūkio kolektyvizaciją ir melioraciją buvo gerokai pažeista, todėl mūsų kraštui būdinga ganėtinai skurdi agrarinio kraštovaizdžio įvairovė neatitinka tradiciškai turtingos ir ištaisus dešimtmečius efektyviai saugotos natūralios gamtinės kraštovaizdžio įvairovės.

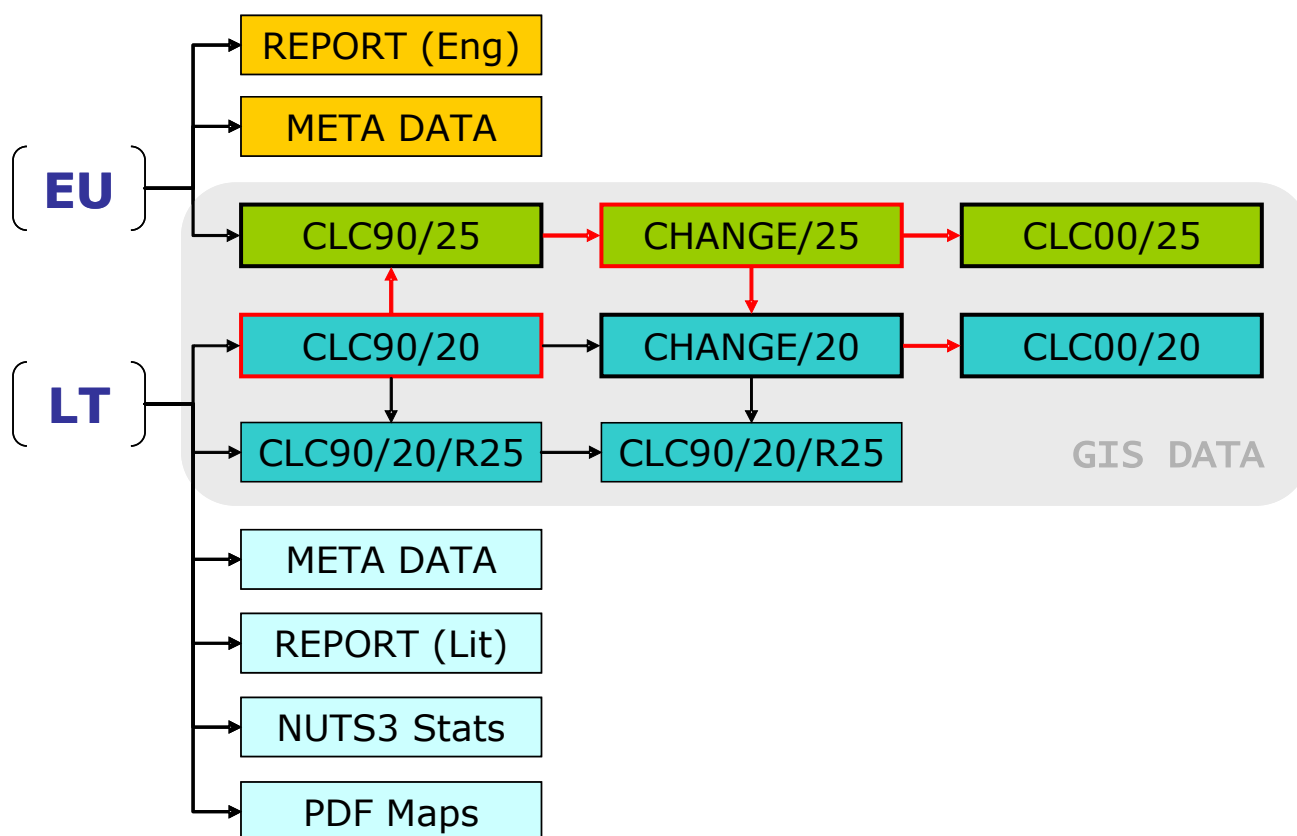
Pasiūlėme originalią Lietuvos upių klasifikavimo schemą, pagrįstą kraštovaizdžio tipų santykių analize skirtingo pločio apsauginėse juostose, kuri išskiria 5 upių tipus pagal ekologines-funkcines jas supančio kraštovaizdžio ypatybes. Šis metodas atskleidė, kad net ~60% Lietuvos upių buvo daugiau ar mažiau pažeistos sovietmečiu vykdytos žemės ūkio melioracijos, ir šiuo metu dėl nepakankamos jas tiesiogiai supančių gamtinio kraštovaizdžio elementų apsauginės funkcijos, šios upės priklauso didelės ekologinės rizikos grupei.

Taip pat bandėme pritaikyti žemės dangos informaciją optimalaus pločio upių apsauginių juostų modeliavimui. Preliminarūs vertinimai leidžia teigti, kad šio originalaus metodo pagalba yra įmanoma apskaičiuoti dalies Lietuvos upių kraštovaizdžio struktūros požiūriu optimalius apsauginių juostų pločius. Mūsų pasirinktinai išanalizuotoms vidutinio dydžio upėms optimalios apsauginės juostos siekė 500-600 metrų, o mažesniosioms – 200-300 metrų.

Atliktas darbas atveria naujų mokslinių ir taikomųjų tyrimų perspektyvas bei sudaro rimtą metodinę-informacinę bazę subalansuotos regionų plėtros, kraštovaizdžio struktūros optimizavimo ir upių baseinų valdymo praktinėms priemonėms.

# 1. LIETUVOS ŽEMĖS DANGOS DUOMENŲ BAZĖS

CLC2000 projekto metu pirmiausia buvo revizuota originali Lietuvos standarto CLC95/20 žemės dangos duomenų bazė ir, generalizuojant jos plotinius objektus iki 25 ha, sudaryta Europinio standarto CLC95/25 duomenų bazė. Vizualiai lyginant 1995 ir 2000 metų LANDSAT palydovines nuotraukas CLC95/25 duomenų bazės pagrindu sudaryta Europinio standarto (25 ha) 1995-2000 m. žemės dangos pokyčių duomenų bazė CHANGE/25, kuri vėliau papildyta smulkesniais (iki 20 ha/ 3 ha ploto) pokyčių objektais, tokiu būdu sudarant Lietuvos standarto CHANGE/20 žemės dangos pokyčių duomenų bazę. Galiausiai, atliekant CLC 1995 ir pokyčių duomenų bazių geoproceningą ir generalizaciją, buvo sukurtos CLC2000/20 (Lietuviško standarto) ir CLC2000/25 (Europinio standarto) GIS duomenų bazės. Lietuvos CORINE 2000 projekto darbų eiga, sukurtos duomenų bazės ir techninė dokumentacija schematiškai pavaizduota 1 paveiksle.



**Paveikslas 1.** Lietuvos CLC2000 projekto eiga, sukurtos GIS duomenų bazės ir techninė dokumentacija.

Minėtas technologinis procesas atitiko standartines Europos CORINE žemės dangos duomenų bazių kūrimo procedūras, detalai aprašytas projekto techninėje dokumentacijoje<sup>1</sup>. Išsamus duomenų bazių techninių specifikacijų, nomenklatūros ir darbo metodikos aprašymas pateikiamas Lietuvos CORINE žemės danga 2000 projekto baigiamosiose ataskaitose<sup>2,3</sup>, kurios kartu su projekto metu sukurtomis duomenų bazėmis buvo pateiktos Aplinkos apsaugos agentūrai (LR Aplinkos ministerija).

Lietuvos CORINE žemės dangos duomenų bazių sudarymui buvo panaudota standartinė Europos CLC klasifikacija (1 lentelė), kurios 1 lygyje Lietuvoje buvo užregistruotos 5 žemės dangos klasės, 2 lygyje – 14 klasių ir 3 lygyje – 31 klasė. Visos CORINE žemės dangos GIS duomenų bazės buvo sukurtos naudojant standartinę Lietuvos koordinatų sistemą LKS94.

1 Heymann Y., Steenmans Ch., Croissille G., Bossard M. 1994. CORINE Land Cover. Technical Guide. Luxembourg (Office for Official Publications of the European Communities).

2 G.Vaitkus. CORINE Land Cover 2000 in Lithuania – Project I&CLC2000-LT. Final Report. Institute of Ecology of Vilnius University, Vilnius, 2004.

3 G.Vaitkus. Lietuvos CORINE žemės danga 2000 – projektas I&CLC2000-LT. Baigiamoji ataskaita. Vilniaus Universiteto Ekologijos institutas. Vilnius, 2004.

**Lentelė 1. CORINE žemės dangos klasifikacija (Lietuvai būdingos ŽD klasės)**

1 lygis	2 lygis	3 lygis
1. Dirbtinės dangos	1.1. Užstatymo teritorijos	1.1.1. Ištinis užstatymas
		1.1.2. Neištinis užstatymas
	1.2. Pramoniniai, komerciniai ir transporto objektai	1.2.1. Pramoniniai ir komerciniai objektai
		1.2.2. Kelių ir geležinkelių tinklas ir su juo susijusi žemė
		1.2.3. Uostų teritorijos
		1.2.4. Oro uostai
	1.3. Karjerai, sąvartynai ir statybos	1.3.1. Naudingųjų iškasenų gavybos vietos
		1.3.2. Sąvartynai
		1.3.3. Statybų plotai
	1.4. Apželdinto dirbtinės ne ž. ūkio paskirties teritorijos	1.4.1. Žalieji miestų plotai
		1.4.2. Sporto ir poilsio vietos
	2. Žemdirbystės teritorija	2.1. Dirbama žemė
2.2. Daugiametės kultūros		2.2.2. Vaismedžių ir uogų plantacijos
2.3. Ganyklos		2.3.1. Ganyklos
2.4. Kompleksinės žemdirbystės teritorijos		2.4.2. Kompleksiniai žemdirbystės plotai
	2.4.3. Dirbamos žemės plotai su natūralios augalijos intarpais	
3. Miškai ir kitos gamtinės teritorijos	3.1. Miškai	3.1.1. Lapuočių miškai
		3.1.2. Spygliuočių miškai
		3.1.3. Mišrus miškas
	3.2. Krūmų ir /arba žolinės augalijos bendrijos	3.2.1. Natūralios pievos
		3.2.2. Dykvietės ir viržynai
		3.2.4. Pereinamosios miškų stadijos ir krūmynai
	3.3. Žemė su reta augaline danga, arba be jos	3.3.1. Pliažai, kopos, smėlynai
		3.3.3. Teritorijos su menka augaline danga
		3.3.4. Gaisravietės
	4. Pelkės	4.1. Kontinentinės pelkės
4.1.2. Durpynai		
5. Vandens telkiniai	5.1. Vidaus vandenys	5.1.1. Vandens tėkmės
		5.1.2. Vandens telkiniai
	5.2. Jūrų vandenys	5.2.1. Pakrančių lagūnos
		5.2.3. Jūra ir vandenynas

## 2. CLC DUOMENŲ BAZIŲ TIESIOGINIS PANAUDOJIMAS

### 2.1. Skaitmeninis kartografavimas

Kaip ir kiekviena skaitmeninė GIS duomenų bazė, CLC ir CHANGE GIS duomenų bazės kartu su to paties laikotarpio LANDSAT kosminėmis nuotraukomis idealiai tinka skaitmeninei kartografijai ir tematinėms žemėlapių sudarymui. Ypač svarbu tai, kad CLC duomenų bazės pasižymi plačia tematine objektų įvairove (Lietuvoje išskirta 31 CLC klasė), nors CLC duomenų bazių geometrinis tikslumas (leistina paklaida – iki 100 m) ir detalumas (mastelis 1:100,000) nusileidžia Lietuvoje skaitmeninei kartografijai dažniausiai naudojamoms LTDBK duomenų bazėms. Kita vertus, CLC duomenų bazės ir jų gamybai panaudotos LANDSAT palydovinės nuotraukos šiuo metu yra platinamos nemokamai, kas sudaro puikias prielaidas masiniam šių duomenų bazių naudojimui Lietuvos aukštųjų mokyklų skaitmeninės kartografijos mokymo procesuose, tematiniam kartografavimui bei taikomiejiems tyrimams daugelyje sričių.

Europos aplinkos agentūros tinklapiuose<sup>4</sup> pateikiama keletas pavyzdžių, kur skaitmeninių žemėlapių sudarymui buvo panaudotos išimtinai tik CLC projekto LANDSAT kosminės nuotraukos ir CLC bei CHANGE GIS duomenų bazės. 2 paveiksle pavaizduoti Vilniaus CLC95/CLC2000/CHANGE/I2000 žemėlapiai. Lietuvos CORINE žemės dangos kartografiniai žemėlapiai, sudaryti naudojant standartinę CLC spalvinę gamą, buvo pateikti skaitmeniniame formate kartu su „Lietuvos CORINE žemės danga 2000“ projekto baigiamąja ataskaita. Juos galima tiražuoti naudojant A0 formato spalvotus spausdintuvus.

### 2.2. Kraštovaizdžio kiekybinė ir kokybinė analizė

Žemės dangos statistinių duomenų suvestinių pasirinktose teritorijose kūrimas tradiciškai yra viena iš pagrindinių CLC duomenų bazių praktinio panaudojimo sričių, nes, dėl CORINE L3 nomenklatūroje nustatytos tematinės informacijos įvairovės ir erdvinio vientisumo, CLC duomenų bazės bene geriausiai tinka šiam tikslui, lyginant su kitomis GIS duomenų bazėmis.

Kraštovaizdžio struktūros ir pokyčių statistinės suvestinės gali turėti labai platų praktinį pritaikymą. Tokių duomenų bazių kūrimui iš esmės reikalingos tik dvi GIS duomenų bazės: CLC duomenys ir administracinių teritorijų (arba saugomų teritorijų, kitų teritorinių vienetų) administracinių ribų GIS sluoksnis. Kartu su „Lietuvos CORINE žemės danga 2000“ projekto baigiamąja ataskaita atskiros knygos pavidalu buvo pateiktos Lietuvos NUTS3 administracinių vienetų (savivaldybių) žemės dangos ir jos pokyčių 1995-2000 metais statistinės lentelės, kurių kopijos jau plačiai pasklido Lietuvoje.

Galima drąsiai teigti, kad praktiniam naudojimui tokio pobūdžio susisteminta informacija netgi naudingesnė, negu pačios CLC duomenų bazės, kadangi daugelis vartotojų neturi techninių galimybių arba pakankamos patirties savarankiškai atlikti GIS duomenų bazių geoprocesingą ir GIS duomenų susistemimą iki žemės dangos statistinių parametrų skaitinių reikšmių. Yra tik vienas esminis šio darbo techninis aspektas: analizuojamų teritorijų GIS duomenų bazės turi būti topologiškai nepriekaištingos, o jų mastelis turi būti ne mažesnis, negu CLC duomenų bazių mastelis (t.y. 1:100,000). Detalios žemės dangos struktūros analizei mažose teritorijose (pvz. atskirose seniūnijose) netgi būtų tikslinga sukurti detalesnes CLC duomenų bazes (pvz. 1:50,000), skaldant jau esamus nacionalinės CLC duomenų bazės objektus ir tikslinant jų ribas.

Naudinga būtų parengti Lietuvos saugomų teritorijų ir naujai kuriamo NATURA 2000 saugomų teritorijų tinklo teritorijų žemės dangos statistines suvestines. Deja, šiuo metu dar nėra baigtas saugomų teritorijų ribų kartografavimas ir teritorijų vidinis zonavimas, taigi ir žemės dangos statistines suvestines šiuo metu rengti nėra tikslinga.

4 <http://dataservice.eea.eu.int/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=818>



# Vilnius

Corine Land Cover 1990



Corine Land Cover 2000



Changes between 1990-2000

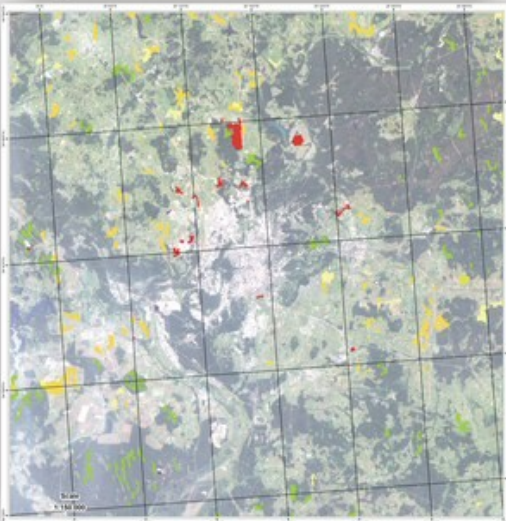


Image 2000



**Paveikslas 2.** Skaitmeninių žemėlapių, sudarytų naudojant tik CLC duomenų bazes ir IMAGE2000 palydovines nuotraukas, pavyzdžiai (šaltinis: Europos aplinkos agentūros tinklapis).

### 2.3. Kraštovaizdžio pokyčių monitoringas

CLC duomenų bazėse periodiškai registruojami žemės dangos pokyčiai suteikia metodiškai pagrįstą galimybę kompleksiskai įvertinti ne tik vykstančius kraštovaizdžio pokyčius, bet ir numatyti bendras ekosistemų raidos bei socialinių-ekonominių procesų raidos tendencijas skirtinguose šalies regionuose. Iš esmės šiuo metu CLC duomenų bazės yra vienintelė patikima informacinė bazė tokio tipo vertinimams, todėl nenuostabu, kad reguliarius CLC duomenų bazių atnaujinimas siūlomas įtraukti, ar jau yra įtrauktas ne tik į Lietuvos, bet ir į kitų šalių nacionalines aplinkos monitoringo programas<sup>5 6 7 8 9 10</sup>. Moksliniuose darbuose kraštovaizdžio pokyčių analizė atliekama ne tik klasikiniu metodu – t.y. remiantis tiesiogine žemės dangos pokyčių duomenų bazių analize, bet ir gerokai sudėtingesne landšafto metrikų bei palydovinės telemetrijos duomenų analize<sup>11</sup>

Iki šiol Europos Sąjungos šalyse tęsėsi diskusija dėl to, koks turėtų būti optimalus CLC duomenų bazių atnaujinimo periodiškumas. Galiausiai buvo sutarta, kad visos ES šalys atnaujins savo palaikomas CLC duomenų bazes 5 metų intervalais. Taip nuspręsta remiantis prielaida, kad 5 metų intervalais registruojant žemės dangos pokyčius, yra įmanoma ne tik konstatuoti jau įvykusius (dažniausiai negrįžtamus) kraštovaizdžio pokyčius, bet laiku pastebėjus neigiamas tendencijas, dar įmanoma imtis reikiamų priemonių ir užkirsti kelią neigiamiems plataus masto ekologiniams padariniams.

Moksliniu požiūriu itin svarbus ilgalaikių ekosisteminių pokyčių registravimas, kuris ne tik atskleidžia praeityje vykusius makro-ekologinius procesus, bet taip pat leidžia nustatyti ilgalaikius ekosistemų kaitos trendus, t.y. numatyti ateityje vykstančius procesus ir netgi įvertinti jų mastus bei lokalizacijas. Šiems tyrimams, kurie turi itin svarbią taikomąją bei praktinę reikšmę, CLC duomenų bazių kūrimo metodika idealiai tinka, kadangi mokslininkams prieinamos kosminės nuotraukos siekia aštuntąjį praeito amžiaus dešimtmetį, be to naudojant tą pačią standartinę CLC nomenklatūrą, galima atlikti žemės dangos dešifravimą pagal archyvinės aero-foto nuotraukas ir netgi dar senesnius topografinius žemėlapius. Pavyzdžiui, Lietuvoje jau esame atlikę<sup>12</sup> žemės dangos struktūros ir pokyčių analizę pajūrio zonoje per 1975-2000 metų laikotarpį. Dažniausiai CLC duomenų bazės naudojamos žemės dangos pokyčių vertinimui 10-15 metų intervalais<sup>13</sup> Kai kuriose Europos šalyse, remiantis archyviniais šaltiniais (žemėnaudos schemomis, žemių ir miškų valdų žemėlapius, kt.), atliekamas žemės dangos dešifravimas, siekiantis net pirmąjį XX amžiaus dešimtmetį.

### 2.4. Aplinkos būklės indikatorių sistemos kūrimas

Europos sąjungos aplinkosaugos politika grindžiama detalių veiksmų planavimu, konkrečių priemonių įgyvendinimu ir visapusiška aplinkos būklės kontrole. Nenuostabu, kad ir kraštovaizdžio būklės indikatorių sistemos kūrimas šiuo metu yra vienas iš pirmaeilių uždavinių<sup>14 15 16</sup>. CORINE Land Cover, LUCAS ir kiti stambūs Europiniai projektai sudaro informacinę bazę šiam darbui. Ypatingas dėmesys skiriamas tvarios plėtros koncepcijos įgyvendinimui, kur vertinami globaliniai ekologiniai procesai (klimato kaita), regioniniai socialiniai-ekonominiai veiksniai,

5 Valstybinė aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programa. 2005.02.07 LR Vyriausybės nutarimas Nr.130

6 EUROPEAN COMMISSION (2001): The Sixth Environmental Action Programme of the European Community COM (2001) 31, 15 pp.

7 EUROPEAN COMMISSION (2003): GMES Action Plan for the initial period 2002-2003 COM (2001) 609, 31 pp.

8 EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2003): EEA Strategy 2004-2008, 30 pp.

9 Steenmans Ch., Gheorghe A. European perspective on the joint I&CLC2000 project.

10 Siedentop S., Meinel G. 2000. CORINE Land Cover 2000 in nation-wide and regional monitoring of urban land use and land consumption. In: UBA-Texte, 04/04/ ISSN 0722-186X, Workshop CORINE Land Cover, Berlin 2004, p.162-169.

11 Rainis R. 2003. Application of GIS and landscape metrics in monitoring urban land use change. In: Urban Ecosystem Studies in Malaysia – A Study of Change, Universal Publishers, p.267-278.

12 Vaitkus G., Vaitkuvienė D. Land cover changes in the Lithuanian coastal zone during 1975-2000. In press (Acta Zoologica Lituanica).

13 Hazeu G.W., de Wit A.J.W. 2004. CORINE Land Cover database of the Netherlands: monitoring land cover changes between 1986 and 2000. EARSeL eProceedings 3, 3/2004, p.382-387.

14 Towards agri-environmental indicators: Integrated statistical and administrative data with land cover information. Joint publication DG Agriculture, DG Environment, Joint Research Center, European Environment Agency. European Environment Agency Topic report No.6, 133 pp.

15 Building Agro Environmental Indicators: Focusing on the European area frame survey LUCAS. (Ed.) Javier Galleo, EUR Report 20521 EN, European Commission 2002, 176 pp.

16 Galleo F.J., Escibano P., Christensen S. Comparability of landscape diversity indicators in the European Union. From Land Cover to landscape diversity in the European Union: <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape>

pramonės ir žemės ūkio plėtra ir aplinkosaugos politikos efektyvumas. Daugelio šių veiksmų ir jų tendencijų vertinimas sėkmingai atliekamas remiantis CLC duomenų bazėmis<sup>17</sup>.

## 2.5. Taršos emisijų modeliavimas

CLC duomenų bazėse esanti žemės dangos informacija, derinama su empiriniais taršos kiekių matavimais, dirvožemių tipų duomenimis ir skaitmeniniais aukščių modeliais, leidžia apskaičiuoti apytikslius biogeninių medžiagų (nitrato, fosfato, kt.) kiekius, patenkančius į vandens telkinius iš agrarinių teritorijų. Įgyvendinant ES vandens direktyvą, ši tiesioginio CLC duomenų bazių panaudojimo sritis laikoma viena iš svarbiausių, jau parengta serija metodinių rekomendacijų<sup>18 19</sup>, ir tokie skaičiavimai atliekami visose ES šalyse – tiek administracinių teritorijų, tiek ir upių baseinų lygiu.

Skaičiavimų esmė gana nesudėtinga: atskirai vertinami metiniai gyvulininkystės ir augalininkystės taršos kiekiai, patenkantys į aplinką iš įvairių žemės dangos tipų (atsižvelgiant į regionų specifiką ir gamtines sąlygas), taip pat atsižvelgiama į klimatinės sąlygas, valymo įrenginių efektyvumą, ūkininkavimo sąlygas ir kitus veiksnius. Egzistuoja keletas matematinių modelių, realizuotų įvairiose kompiuterinėse programose (padedant paprasčiausiais nemokamais programiniais produktais, tokiais kaip Attila<sup>20</sup>, ir baigiant brangiomis sudėtingomis kompiuterinėmis programomis, kaip pvz. MIKE Basin<sup>21</sup>), kuriuose naudojami biogeninių medžiagų emisijų skaičiavimams naudojami specifiniai statistiniai duomenys ir empiriniai matavimai, tačiau praktiškai visais atvejais žemės dangos duomenys (standartiniu atveju – CLC duomenų bazės) yra vienas iš pagrindinių informacijos šaltinių, be kurio žemės ūkio taršos vertinimas yra neįmanomas. Lietuvoje turimi duomenys taip pat jau yra pakankami tokio žemės ūkio taršos emisijų modeliavimui.

Atskira taršos emisijų modeliavimo sritis, kurioje be kitų duomenų sėkmingai naudojamos ir CLC duomenų bazės, yra kenksmingų (šiltnamio efektą sukeliančių) dujų emisijos į atmosferą ir jų absorbcijos lygiai. Įgyvendinant Kioto konvencijos reikalavimus, Europos Sąjungos šalyse pastaruoju metu tapo ypač aktualūs pagrindinių globalinį atšilimą sukeliančių dujų – anglies dvideginio (CO<sub>2</sub>) – balanso skaičiavimai, kurie praktiškai neįmanomi be žemės dangos duomenų bazių. Europos Aplinkos agentūra, remdamasi jau daugelį metų vykdomos tarptautinės CORINAIR programos rezultatais, paruošė metodines rekomendacijas atmosferos taršos matavimui ir vertinimui<sup>22</sup>, taip pat Europinėje EMEP programos svetainėje<sup>23</sup> pateikiama daug informacinės medžiagos ir duomenų apie Europos regiono atmosferos taršą. Dešimtys tematinų ataskaitų šiuo klausimu pateikiama Europos Aplinkos agentūros tinklapyje<sup>24</sup>. Šios problemos tyrimų rezultatai taip pat yra publikuoti ir daugelyje mokslinių darbų<sup>25</sup>.

## 2.6. Teritorijų planavimas

Kai kuriose Vakarų Europos šalyse jau seniai propaguojamas sisteminis požiūris į teritorijų planavimą<sup>26</sup>. Ši koncepcija ypatingai propaguojama Didžiojoje Britanijoje ir Airijoje, kur, projektuojant naujas urbanizuotas teritorijas, praktiškai visada atliekami specifiniai kraštovaizdžio vertinimo tyrimai ir net kuriami sudėtingi kompiuteriniai erdviniai kraštovaizdžio modeliai, kurie leidžia optimaliai suprojektuoti gyvenamuosius kvartalus, komunikacijas ir želdinių plotus taip, kad būtų užtikrinta maksimali žmonių gyvenimo kokybė (estetinis kraštovaizdžio vaizdas, patogus susisiekimas) bei žmogaus ir jį supančios aplinkos harmonija.

Lietuvai, kurios miestai ir gyvenvietės dažnai nepasižymi išskirtiniu juos supančios gamtos vaizdingumu, ši prob-

17 Weber J-L., Hall M. Towards spatial and territorial indicators using land cover data. European Environment Agency Technical Report 59. Copenhagen, 2001, 49 pp.

18 Calculation of nutrient surpluses from agricultural sources. Statistics specialisation by means of CORINE land cover. Application to the case of nitrogen. European Environment Agency Technical Report No.51, 2000, 62pp.

19 Terres J.M., Campling P., Vandewall S., VanOrshhoven J. 2000. Calculation of Agricultural Nitrogen Quantity for EU River Basins. European Commission, Joint Research Center, Final Report: EUR 20256 EN, 87 pp.

20 ATtILA – Analytical Tools Interface for Landscape Assessments - <http://www.epa.gov/nerlesd1/land-sci/attila/index.htm>

21 <http://www.dhisoftware.com/mikebasin/>

22 EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 3rd edition September 2004 Update. European Environment Agency Technical Report No.30. <http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en/page001.html>

23 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. EMEP.

24 [http://themes.eea.eu.int/Specific\\_media/air/reports](http://themes.eea.eu.int/Specific_media/air/reports)

25 <http://www.edinburgh.ceh.ac.uk/ukcarbon/publications.htm>

26 Landscape and landscape assessment: consultation draft guidelines for planning authorities. Dept. Of the Environment and Local Government. 2000. <http://www.emep.int/index.html>

lema taip pat yra gana aktuali, ypač pastaraisiais metais, kai intensyvios ir neretai chaotiškos statybos neretai ignoruoja kraštovaizdžio estetiškas charakteristikas, ar netgi akivaizdžiai jas sudarko. Todėl, remiantis kitų šalių patirtimi, būtų labai naudinga paruošti intensyviausiai besiplečiančių Lietuvos miestų erdvinius kompiuterinius modelius, kurie leistų daug racionaliau išnaudoti esamas kraštovaizdžio vertybes, projektuojant miestų plėtrą ir rengiant detaliuosius statybų planus bei konkrečius projektus.

## 2.7. Ekologinės rizikos vertinimas

Šiuolaikiniame pasaulyje ne tik regioninės politikos formavimas, bet ir gamybos, investicijų planavimas ar pramoninių objektų projektavimas neįsivaizduojamas be antropogeninio poveikio aplinkai vertinimo, arba tiesiog ekologinės rizikos vertinimo. Visos ES šalys, taip pat ir Lietuva, yra aiškiai įstatymais nustatę poveikio aplinkai vertinimo reikalavimus tam tikroms ūkinės veiklos sritims. Konkrečių pramonės objektų poveikio aplinkai vertinimui dažniausiai naudojami detalūs matavimai, technologinės charakteristikos bei tikslūs erdviniai duomenys, tuo tarpu regioninio masto ekologinės rizikos vertinime neapsieinama be žemės dangos duomenų bazių.

Tipiškas tokio regioninio ekologinės rizikos vertinimo pavyzdys galėtų būti Europos žemės ūkio poveikio aplinkai vertinimas<sup>27</sup>, kuris apima tokias Europos regiono ekologines problemas kaip dirvožemio erozija ir jo kokybės sumažėjimas, eutrofikacija (gyvulininkystės perprodukcija, perteklinės biogeninių medžiagų emisijos), cheminę taršą (trašų, pesticidų ir herbicidų perteklinis naudojimas), biologinės įvairovės sumažėjimą ir retų rūšių nykimą, gamtinių kraštovaizdžio elementų fragmentacijos didėjimą, kraštovaizdžio įvairovės nuskurdimą ir kt. Pastaraisiais metais ypatingas dėmesys Europoje teikiamas dirvožemio erozijos<sup>28</sup> ir landšafto fragmentacijos<sup>29</sup> tyrimams.

## 2.8. Demografinės situacijos analizė

Žinant apytikslius gyventojų tankius skirtinguose kraštovaizdžio tipuose, teoriškai galima sumodeliuoti gyventojų erdvinį pasiskirstymą. Kadangi ES šalys pateikia gana išsamius gyventojų statistikos duomenis atskirų administracinių teritorijų lygmeniu, demografinės situacijos modeliavimą įmanoma atlikti netgi Europos mastu<sup>30</sup>.

Gyventojų erdvinio pasiskirstymo modeliavimui būtina surinkti kuo detalesnę statistiką (Lietuvos atveju – tai būtų atskirų seniūnijų lygio duomenys), be to, reikalingas tikslūs atitinkamų administracinių vienetų (pvz. seniūnijų) ribų sluoksnis. Sukirtus pastarąjį su CLC duomenų baze, apskaičiuojama seniūnijų žemės dangos statistika. Toliau atliekama daugiafaktorinė statistinė analizė, kurios metu gaunami gyventojų pasiskirstymo skirtinguose žemės dangos tipuose tankiai. Galiausiai atliekamas faktinis gyventojų erdvinio pasiskirstymo modeliavimas pagal gyventojų statistikos duomenis, CLC duomenis ir apskaičiuotus vidutinius jų tankius skirtingos žemės dangos klasėse.

Lietuvoje tokio tipo analizę atlikti šiuo metu būtų vargiai įmanoma, nes turimų demografinės statistikos duomenų detalumas nėra pakankamas (reikalingi seniūnijų lygio duomenys), be to, erdviniam modeliui būtini empiriniai gyventojų tankio koeficientai pareikalautų didelių darbo sąnaudų, ir dėl intensyvios gyventojų migracijos, būtų gana trumpalaikiai.

27 Delbaere B. (Ed.) 2003. Environmental risk assessment for European agriculture: interim report. - Tilburg, European Centre for Nature Conservation. 60 pp.

28 CORINE Soil erosion risk and important land resources – in the southern regions of the European Community. EEA Report, 124 pp.

29 Steenberg Ch., Pinborg U. Anthropogenic fragmentation of potential semi-natural and natural areas. From Land Cover to landscape diversity in the European Union: <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape>

30 Galleo J., Peedell S. Using CORINE Land Cover to map population density. Towards agri-environmental indicators: Integrated statistical and administrative data with land cover information. Joint publication DG Agriculture, DG Environment, Joint Research Center, European Environment Agency. European Environment Agency Topic report No.6

### 3. STATISTINIŲ GARDELIŲ TAIKYMAS KRAŠTOVAIZDŽIO KIEKYBINEI IR KOKYBINEI ANALIZEI

#### 3.1. Statistinių gardelių kūrimo metodika

##### 3.1.1. Tarptautinė patirtis

Vienas iš kertinių Europos erdviųjų duomenų infrastruktūros komponentų yra vieningos Europinės statistinių informacinių gardelių sistemos sukūrimas naudojant vieningą projekcinę koordinacijų sistemą<sup>31</sup>. Šį darbą sėkmingai koordinuoja Europos aplinkos agentūra. Neoficialiai teigiama, kad jau artimiausiais metais nacionalinės aplinkos apsaugos agentūros visoje Europos Sąjungoje bus įpareigosios teikti įvairius statistinius duomenis būtent statistinių erdviųjų gardelių pavidalu – t.y. bus pereinama nuo atskaitomybės apibendrintomis statistinėmis suvestinėmis prie erdviškai registruotų statistinių duomenų pateikimo. Be jokios abejonės, tokiu atveju būtų žymiai pagerinta centralizuotai kaupiamų duomenų kokybė, bet tuo pačiu ir nacionalinėms aplinkos apsaugos agentūroms tektų radikalčiai pertvarkyti savo informacijos kaupimo ir valdymo sistemas.

Tenka konstatuoti, kad tarptautinei mokslinei ir aplinkosaugininkų bendruomenei iki šiol pavyko pasiūlyti gana ribotą CLC duomenų bazių tiesioginio panaudojimo galimybių spektrą. Bandoma pritaikyti įvairias žemės dangos ar atskirų jos kategorijų statistinės analizės metodikas<sup>32</sup> (IACS, LUCAS), bet daugeliu atveju tokių tyrimų tikslas – išskirti kraštovaizdžio kokybės indikatorius bei pateikti statistinius vertinimus Europos mastu.

Viena svarbiausių galimo CLC duomenų bazių panaudojimo sritis – taip vadinamų statistinių gardelių (*statistical grids*) taikymas CLC duomenų bazių informacijos analizei. Iki šiol plačiausiai ši informacijos analizės metodika buvo taikoma agrarinio kraštovaizdžio įvairovės tyrimuose<sup>33</sup> taikant IACS (*Integrated Administration and Control System*), ir didžiausią įdirbį šioje srityje turi Belgija. Tyrimų esmė yra ta, kad IACS statistiniai duomenys grupuojami į žemės dangos klases, pagal savo tematinę struktūrą labai artimas CLC žemės dangos klasėms, ir jų pagrindu analizuojama agrarinių klasių įvairovė (skirtingų klasių skaičius), naudojant standartinę 3x3 km statistinę gardelę. Vėliau duomenys grupuojami pagal NUTS3 administracinius vienetus (Lietuvos atveju – savivaldybės) ir lyginami agrarinio kraštovaizdžio įvairovės pokyčiai per tam tikrą tyrimų laikotarpį.

Šiuo metu Europos aplinkos agentūra inicijavo didelį projektą, kurio tikslas – pritaikyti minėtą metodiką visos Europos agrarinio kraštovaizdžio kokybės analizei, panaudojant CLC duomenų bazines. Kadangi labai tikėtina, kad Europos mastu ši kraštovaizdžio įvairovės statistinė analizė bus atliekama naudojant projekto pasirinktą vieningą statistinę gardelę (greičiausiai tai bus 3x3 km gardelė, iki šiol sėkmingai taikyta Belgijoje), Vilniaus Universiteto Ekologijos instituto Geoinformacinių sistemų grupėje buvo patikrinta, kokio dydžio statistinės gardelės tinkamiausios specifiniam Lietuvos kraštovaizdžiui analizuoti. Taip pat bandyta išsiaiškinti kokius kraštovaizdžio kokybinius ir kiekybinius parametrus įmanoma apskaičiuoti naudojant CLC duomenų bazines. Pagrindinis šio specifinio tyrimo tikslas buvo atskleisti visą CLC duomenų bazėse esančios informacijos potencialą įvertinant kraštovaizdžio kiekybines ir kokybines charakteristikas.

31 Short proceedings of the 1<sup>st</sup> Workshop on European Reference Grids. Ispra, 27-29 October 2003. [http://eusoils.jrc.it/ESDB\\_Archive/etrs\\_laea\\_raster\\_archive/ref\\_grid\\_sh\\_proc\\_draft.pdf](http://eusoils.jrc.it/ESDB_Archive/etrs_laea_raster_archive/ref_grid_sh_proc_draft.pdf)

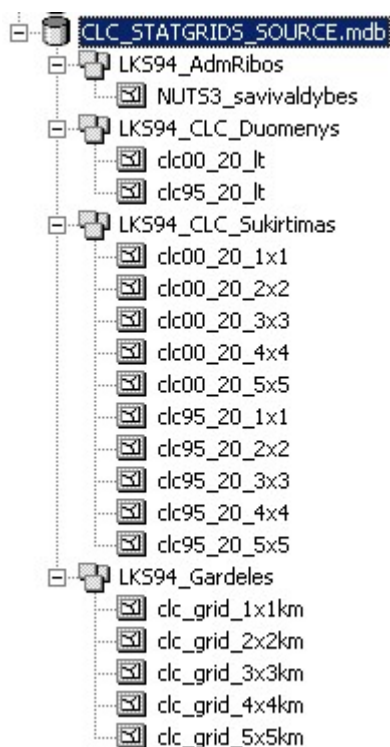
32 Galleo J. (Ed.) Building Agro Environmental Indicators Focussing on the European area frame survey LUCAS. EUR Report 20521 EN, Joint Research Centre, 2002, Italy. pp. 176

33 Willems E. de le Court A., Buffaria B. 2002. Development of agricultural landscape diversity between 1997 and 2001 based on IACS data for Belgium. Ed. Javier Galleo. Building Agro Environmental Indicators Focussing on the European area frame survey LUCAS. EUR Report 20521 EN, Joint Research Centre, 2002, Italy. pp. 176

### 3.1.2. Lietuvos CLC duomenų bazių transformavimas į statistines gardeles

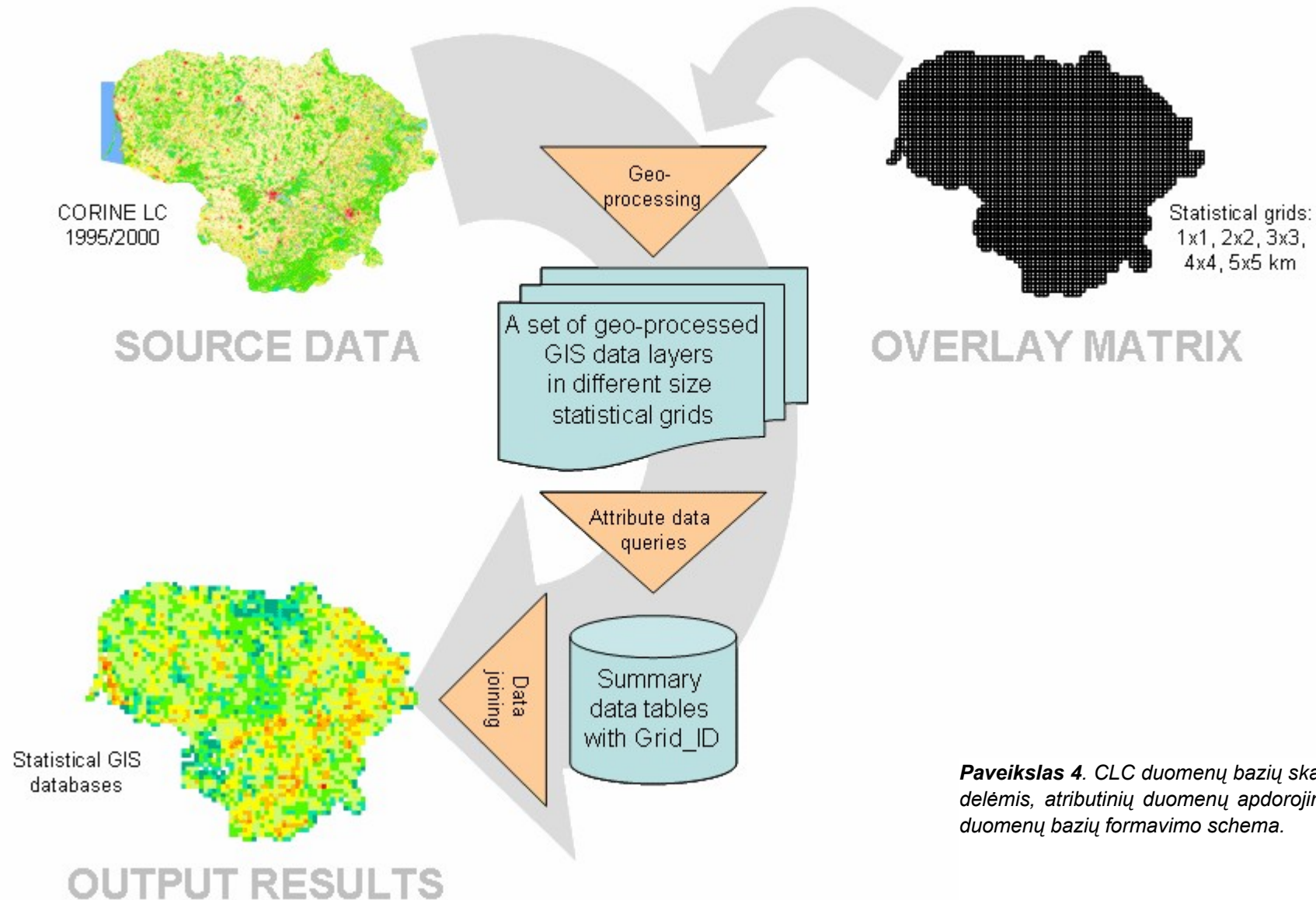
ArcGIS programinėmis priemonėmis buvo sukurta serija geometriškai tikslių statistinių gardelių, kurių dydis pasirinktas atitinkamai 1x1km, 2x2 km, 3x3 km 4x4 km ir 5x5 km. Visos statistinės gardelės buvo sugeneruotos standartinėje LKS94 koordinatinių sistemoje. Automatiškai sugeneruoti visų statistinių gardelių GRID\_ID indeksai („column-row“). ArcGIS *Intersect* operacija buvo sukirstos CLC95/20 ir CLC2000/20 duomenų bazės su visomis statistinėmis gardelėmis. Tokiu būdu gauta 10 skirtingų GIS duomenų bazių, kuriose žemės dangos elementai buvo suskaidyti atitinkamo dydžio statistinių gardelių kvadratais ir perėmė CLC atributinius duomenis bei statistinių gardelių ID (COL\_ROW) kodus, taip pat buvo automatiškai apskaičiuoti visų geometrinių elementų plotai ir perimetrai. Taip pat, naudojant *spatial query* metodą, buvo įvesti kiekvieno statistinių gardelių elemento priklausomybės Lietuvos savivaldybėms kodai (naudota 1:50,000 mastelio Lietuvos savivaldybių ribų duomenų bazė). Taigi, tolimesnei analizei buvo naudojami tik šie penki parametrai, tiesiogiai gauti iš CLC duomenų bazių, sukirstų su statistinėmis gardelėmis, bei Lietuvos savivaldybių ribų GIS duomenų bazės.

Žemės dangos statistinių gardelių duomenų skaičiavimams panaudoti pradiniai duomenys ir sukirstos CLC GIS duomenų bazės pateikiamos atskiroje *Personal Geodatabase* formato duomenų bazėje CLC\_STATGRIDS\_SOURCE, kurios struktūra pavaizduota 3 paveiksle, o detali struktūra ir atributinių duomenų specifikacija pateikiama šios ataskaitos 1 priedo 1.1 skyriuje. CLC duomenų bazių skaldymo statistinėmis gardelėmis ir tolesnio atributinių duomenų apdorojimo schema pavaizduota 4 paveiksle.



**Paveikslas 3.** Statistinių gardelių skaičiavimo pradiniai duomenys: CLC\_STATGRIDS\_SOURCE duomenų bazės struktūra (ArcCatalog programa)

Visų 10 suskaldytų duomenų bazių atributiniai duomenys buvo išeksportuoti į atskiras duomenų bazės (Microsoft Access programa) lenteles tolesniam grupavimui ir analizei. Apdoroti iki statistinių gardelių atskirų elementų lygmenys (žiūr. 3.1.5. paragrafą), naujai gauti atributiniai duomenys vėl buvo prijungti prie (tuščių) pradiniam etape naudotų statistinių gardelių, taip sudarant statistinių duomenų bazes, kurios iš esmės yra serija visiškai naujų duomenų bazių produktų (žiūr. 3.1.6. paragrafą), analogiškų šiuo metu kuriamiems Europos aplinkos agentūroje, tik nepalyginamai detalesnių savo tematinio turiniu.



**Paveikslas 4.** CLC duomenų bazių skaidymo statistinėmis gardelėmis, atributinių duomenų apdorojimo ir statistinių gardelių duomenų bazių formavimo schema.

### 3.1.3. Standartiniai kraštovaizdžio struktūros vertinimo principai

Kraštovaizdžio struktūros kiekybiniam ir kokybiniam vertinimui plačiai naudojami tam tikri koeficientai<sup>34</sup>, tarptautinėje mokslinėje literatūroje<sup>35 36 37 38</sup> vadinami erdvinės statistikos parametrais (*spatial statistics*), arba tiesiog landšafto metrikomis (*landscape metrics*). Kraštovaizdžio kiekybinio ir kokybinio vertinimo koncepcijos ir pagrindiniai metodiniai aspektai detalai aprašyti Europos komisijos elektroninėje publikacijoje „*From Land Cover to landscape diversity in the European Union*“<sup>39</sup>. Pastarojo dešimtmečio moksliniuose darbuose apžvelgiama daugybė įvairių kraštovaizdžio ekologijos aspektų (kraštovaizdžio struktūros kiekybinis ir kokybinis vertinimas, kraštovaizdžio fragmentacija, atskirų kraštovaizdžio elementų tinkamumas tam tikroms saugotiniams rūšims/buveinėms, miškingumo analizė, kraštovaizdžio urbanizacija, t.t.), taip pat buvo pasiūlyta dešimtys įvairiausių kraštovaizdžio struktūros vertinimo parametru<sup>40 41 42</sup>, pradedant paprasčiausiais kiekybiniais rodikliais, baigiant sudėtingais kompleksiniais kraštovaizdžio kokybės vertinimo koeficientais, pagrįstais hipotetinėmis prielaidomis, taip pat tyrinėti įvairiausių jų taikymo aspektai<sup>43 44</sup>. Moksliniai tyrimai šioje srityje vykdomi ne tik Europoje, bet ir daugelyje kitų pasaulio regionų<sup>45 46</sup>. Susiformavo netgi atskira ekologijos mokslo sritis – kraštovaizdžio ekologija (*Landscape ecology*). Tačiau, nepaisant didelio mokslinio ir praktinio įdirbio šioje srityje, visuotinai pripažinta yra tai, kad baziniam kraštovaizdžio kiekybiniam ir kokybiniam vertinimui iš esmės pakanka vos keleto nesunkiai apskaičiuojamų koeficientų, kurie leidžia teikti pakankamai patikimas išvadas.

Landšafto metrikos grupuojamos į 3 pagrindines kategorijas:

1. Kraštovaizdžio elemento metrikos (*Patch metrics*), apibūdinančios atskirus kraštovaizdžio elementus (pavienius žemės dangos duomenų bazės objektus). Šios grupės parametrai skirti atskirų kraštovaizdžio objektų ir juos supančių objektų (kaimynų) analizei. Jie yra dažniausiai naudojami lokaliuose specializuotuose tyrimuose.
2. Landšafto tipų metrikos (*Class metrics*), apibūdinančios skirtingus kraštovaizdžio tipus (atskiras žemės dangos klases). Šios grupės parametrai skirti atskirų kraštovaizdžio tipų kiekybiniam ir kokybiniam vertinimui (bendras užimamas plotas, fragmentacija, statistiniai kraštovaizdžio tipo atskirų elementų imties rodikliai, t.t.), t.y. jų pagalba galima lyginti atskirų šalių, ar geografinių regionų kraštovaizdžius. Tokie parametrai būtų neabejotinai svarbūs apibendrintai vertinant Lietuvos kraštovaizdžio struktūrą, bet neatspindi jos erdvinio pasiskirstymo.
3. Landšafto metrikos (*Landscape metrics*), apibūdinančios kraštovaizdžio visumą. Klasikiniu požiūriu šios grupės parametrai taip pat skirti „globaliniam“ kraštovaizdžio vertinimui (kaip ir 2 grupės parametrai), bet jie daugiausiai atspindi kraštovaizdžio kokybines charakteristikas (elementų skaičių, kai kuriuos imties statistikos rodiklius, elementų tankį, dydį, fragmentaciją, geometrinės formos savybes, kt.). Būtent ši landšafto metrikų grupė mums pasirodė pati perspektyviausia, kadangi ekologiniam modeliavimui svarbiausia turėti informaciją ne apie atskirus kraštovaizdžio elementus ar atskiras jų grupes, bet apie visą kraštovaizdžio elementų kompleksą ir jų tarpusavio sąveiką.

34 FRAGSTATS Metrics. [http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/Metrics/Metrics\\_TOC.htm](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/Metrics/Metrics_TOC.htm)

35 McGarigal K., Cushman S., Ene E. In prep. Landscape Metrics: a comprehensive guide to their use and interpretation.

36 Turner M., Gardner R.H. 1991. Quantitative Methods in Landscape Ecology: the Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity. Springer-Verlag, NY, 536 p.

37 Eds.: Haines-Young, R., Green D.R., Cousins S. 1993. Landscape Ecology and Geographic Information Systems. Bristol, PA: Taylor & Francis, 288 p.

38 Turner M.G., Gardner R.H., O'Neill R.V. 2001. Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. Springer, NY, 401 p.

39 From Land Cover to landscape diversity in the European Union: <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape>

40 Galleo F.J., Escibano P., Christensen S. Comparability of landscape diversity indicators in the European Union. From Land Cover to landscape diversity in the European Union: <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape>

41 Herold M., Menz G. Landscape Metric Signatures (LMS) to improve urban land use information derived from remotely sensed data.

42 Palahi M., Pukkala T., Pascual L., Trasobares A. 2004. Examining alternative landscape metrics in ecological forest planning: a case for capercaillie in Catalonia. Invest. Agrar: Sist Recur For 13(3), p.527-538.

43 Hargis Ch.D., Bissonette J.A., David J.L. 1989. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. Landscape Ecology 13: p.167-186.

44 Neel M.C., McGarigal K., Cushman S.A. 2004. Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. Landscape Ecology 19: p.435-445.

45 Eyre T.J., Norman P. 2003. The development and implementation of Landscape Metrics for reporting forest fragmentation at field and landscape levels. Australian Government Project No.PN99.807

46 De Mendonca R.A.M. 2004. The use of Landscape Metrics on Multi-temporal forest – non-forest maps of northeast Mato Grosso, Central Brasil. Doctoral dissertation – University of Kingston.



### 3.1.4. Standartiniai kraštovaizdžio parametrų skaičiavimo metodai

Bene populiariausia kompiuterinė programa, skirta pagrindinių landšafto metrikų skaičiavimui, yra FRAGSTATS<sup>47</sup>. Ši nemokama programa pateikiama vartotojams kartu su labai išsamia technine dokumentacija<sup>48</sup>, kurioje apžvelgiamos ne tik pačios programos naudojimo instrukcijos, bet ir pateikiamas išsamus teorinis bei metodinis kraštovaizdžio parametrų vertinimo pagrindimas. Kita nemokama ir labai patogi naudoti specifinė landšafto metrikų skaičiavimo programa yra Patch Analyst 3.1<sup>49</sup>, kuri yra ArcView GIS 3.x programos priedas. Šios programos darbui reikalinga ArcView GIS Spatial Analyst programa. Kaip ir FEAGSTATS, Patch Analyst programa pateikiama su labai išsamia technine dokumentacija<sup>50</sup>, kurioje greta naudojimosi pačia programa instrukcijų pateikiamos ir pagrindinių landšafto metrikų specifikacijos.

Deja, norint apskaičiuoti landšafto metrikas skirtingo dydžio statistinėms gardelėms, FRAGSTATS ir Patch Analyst programų tiesiogiai panaudoti nebuvo įmanoma dėl dviejų pagrindinių abiejų šių programų techninių apribojimų:

1. Kraštovaizdžio duomenys programoms turi būti pateikiami rastriniame formate, tuo tarpu mūsų kuriama statistinių gardelių duomenų bazė privalėjo būti vektoriniame formate su daugeliu atributinės duomenų bazės kintamųjų.
2. Kraštovaizdžio duomenų bazės elementai negali būti suskaldyti į segmentus, t.y. duomenys turi būti tematiškai vientisi. Tuo tarpu mūsų kuriama statistinių gardelių duomenų bazė privalėjo būti suskaldyta pasirinkto dydžio kvadratais.

Be to, atliekant bandomuosius skaičiavimus paaiškėjo, kad mūsų turima kompiuterinė technika nebuvo pakankamai galinga, kad ja būtų įmanoma atlikti standartinius landšafto metrikų skaičiavimus FRAGSTATS programos pagalba. Nepertraukiami skaičiavimo ciklai maksimaliu dviejų procesorių apkrovimu užtrukdavo po keletą parų ir nutrūkdavo dėl nepakankamo operatyvinės atminties kiekio. Patch Analyst programa buvo gerokai patogesnė praktiniam naudojimui, tačiau visos Lietuvos CLC duomenų bazių analizė techniškai nebuvo įmanoma.

Įsitikinę, kad standartiniais metodais šio uždavinio atlikti nepavyks, nusprendėme panaudoti alternatyvų techninį sprendimą. Rėmėmės prielaida, kad kiekviename statistinės gardelės segmente esančių kraštovaizdžio elementų visumą galima traktuoti kaip atskirą „vientisą kraštovaizdį“. Tokiu būdu, remiantis FRAGSTATS ir Patch Analyst techninėje dokumentacijoje pateiktais landšafto metrikų apibrėžimais ir jų apskaičiavimo formulėmis, būtų galima apskaičiuoti standartinės kraštovaizdžio metrikas atskirai kiekvienam statistinių gardelių segmentui. Tokiu būdu, remdamiesi klasikinėmis kraštovaizdžio ekologijos sąvokomis ir skaičiavimo metodikomis, sukūrėme ir sėkmingai pritaikėme alternatyvią ir visiškai originalią landšafto metrikų skaičiavimo statistinėse gardelėse metodiką (žiūr. 3.1.5 paragrafą).

### 3.1.5. Kraštovaizdžio metrikų apskaičiavimas statistinėse gardelėse

Sukirstų GIS duomenų bazių atributinių lentelių apdorojimui panaudojome standartinės Microsoft Access duomenų bazių valdymo programos standartinės užklausų (*query*) formavimo priemonės. Nepaisant to, kad atskirose lentelėse buvo nuo ~100,000 iki ~350,000 įrašų, užklausų vykdymas trukdavo ne ilgiau kaip 30 sekundžių.

Kiekviename statistinių gardelių segmente esančių žemės dangos elementų perimetrus (matuojamus metrais) ir plotus (perskaičiuotus iš kvadratinų metrų į hektarus) susumavome pagal CLC kodus. Tose pačiose užklausose buvo įvedamos atskirų landšafto metrikų standartinės apskaičiavimo formulės, todėl kartu su pirminiu duomenų grupavimu buvo atliekami ir rezultatų apskaičiavimai. Buvo atliekami du paraleliniai skaičiavimo ciklai: atskirų landšafto klasių metrikų skaičiavimai ir landšaftų metrikų skaičiavimai atskiriems statistinių gardelių elementams, tokiu būdu sukuriant dvi atskiras klasių metrikų ir landšaftų metrikų statistinių duomenų bazių grupes. Apskaičiuotų metrikų suvestinės ir jų apskaičiavimo metodai pateikiami 2 lentelėje.

47 <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

48 McGarigal K., Marks B.J. 1995. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Gen. Tech. Rep PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 122 p. [http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/gtr\\_351.pdf](http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/gtr_351.pdf)

49 Rempel, R.S. and A. P. Carr. 2003. Patch Analyst extension for ArcView: version 3. <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempe/patch/index.html>

50 Elkie P., Rempel R., Carr A. - Patch Analyst Users Guide. 37 pp. <http://www.geo.sbg.ac.at/staff/lang/lv/GisLoek2000/patchman.PDF>

Naudojant Microsoft Access *update query* tipo užklausa tiesiogiai ArcGIS *Personal geodatabase* formato duomenų bazėse, apskaičiuoti klasių ir landšaftų metrikų duomenys buvo perkelti į atitinkamas tuščias statistines gardeles. Ten pat buvo apskaičiuoti keletas likusių metrikų. Ten pat buvo apskaičiuoti klasių metrikų NumP, NumC, MPS, PSSD trendai 1995-2000 m. laikotarpiui bei landšaftų metrikų NumP, NumC, MPS, PSSD, TE, ED, MPE trendai 1995-2000 m. laikotarpiui, tokiu būdu sukuriant seriją klasių ir landšaftų metrikų trendų statistinių duomenų bazių. Gautų duomenų analizė pateikiama 3.2.1. paragrafe.

**Lentelė 2.** Statistinėse gardelėse apskaičiuotų standartinių landšaftų ir klasių metrikų suvestinė.

Indeksas	Pavadinimas	Apskaičiavimo formulė/metodas
<b>Klasių metrikos (indeksai)</b>		
CA	<b>Class area</b> – bendras landšafto klasės plotas (ha)	Sumuojami visų atitinkamos landšafto klasės fragmentų, esančių statistinės gardelės elemento ribose, plotai
NumP	<b>Number of patches</b> – landšafto klasės fragmentų skaičius (vnt.)	Atitinkamos landšafto klasės fragmentų skaičius statistinės gardelės elemento ribose
MPS	<b>Mean patch size</b> – landšafto klasės fragmento vidutinis plotas (ha)	Atitinkamos landšafto klasės fragmentų plotų aritmetinis vidurkis statistinės gardelės elemento ribose
PSSD	<b>Patch size standard deviation</b> - landšafto klasės fragmentų imties vidutinis kvadratinis nuokrypis	Atitinkamos landšafto klasės fragmentų plotų aritmetinis vidurkis statistinės gardelės elemento ribose
PSCoV	<b>Patch size coefficient of variation</b> - landšafto klasės fragmentų imties variacijos koeficientas	$PSCoV = PSSD / MPS$
<b>Landšaftų metrikos (indeksai)</b>		
TLA	<b>Total landscape area</b> – bendras landšafto elementų plotas (ha)	Bendras analizuojamas landšafto plotas statistinės gardelės elemente, dažniausiai sutampantis su statistinės gardelės elemento plotu (išskyrus tuos atvejus, kai jis nepilnai dengia duomenų bazės krašto fragmentą)
NumP	<b>Number of patches</b> – bendras landšafto fragmentų skaičius (vnt.)	Landšafto fragmentų skaičius statistinės gardelės elemento ribose
MPS	<b>Mean patch size</b> – visų landšafto fragmentų vidutinis plotas (ha)	Landšafto fragmentų plotų aritmetinis vidurkis statistinės gardelės elemento ribose
PSSD	<b>Patch size standard deviation</b> - landšafto fragmentų imties vidutinis kvadratinis nuokrypis	Landšafto fragmentų plotų aritmetinis vidurkis statistinės gardelės elemento ribose
PSCoV	<b>Patch size coefficient of variation</b> - landšafto fragmentų imties variacijos koeficientas	$PSCoV = PSSD / MPS$ (skaičiuojama naudojant <u>landšaftų metrikas</u> )
TE	<b>Total edge</b> – bendras landšafto fragmentų perimetras	Visų statistinės gardelės elemento ribose esančių landšafto elementų suma minus statistinės gardelės elemento perimetras
ED	<b>Edge density</b> – landšafto elementų ribų suminio ilgio santykis su bendru landšafto plotu	$ED = TE / TLA$
MPE	<b>Mean patch edge</b> – vidutinis ribos ilgis, tenkantis vienam landšafto fragmentui	$MPE = TE / NumP$

### 3.1.6. Žemės dangos įvairovės indeksų duomenų bazės

Anksčiau minėjome (žiūr. 3.1.1. paragrafą), kad Europoje kuriamos žemės dangos įvairovės indeksų (*Land Cover Diversity Index*) bei jų tendų vertinimo metodikos<sup>51</sup>. Jos dažniausiai naudojamos agrarinio kraštovaizdžio vertinimui industrinėse Vakarų Europos šalyse. Iš esmės šis metodas yra gana paprastas: atskirų kraštovaizdžio klasių skaičių statistinės gardelės elementų ribose reikšmės grupuojamos pagal jų priklausomybę stambioms kraštovaizdžio ekologinėms-funkcinėms grupėms, pvz. agrarinio kraštovaizdžio klasės arba natūralaus gamtinio kraštovaizdžio klasės. Tokiu būdu gaunami žemės dangos įvairovės indeksai, kurie vėliau gali būti statistiškai apdorojami pagal priklausomybę atskiriems teritoriniams-administraciniams vienetams.

Naudojant anksčiau minėtus Lietuvos kraštovaizdžio statistinius duomenis, atlikome tematinį landšafto metrikų statistinių duomenų bazių CA, NumP ir NumC indeksų (2 lentelė) grupavimą į agrarinio kraštovaizdžio grupę (CLC klasių kodai 211, 222, 231, 242 ir 243) bei natūralaus (gamtinio) kraštovaizdžio grupę (CLC klasių kodai 311, 312, 313, 321, 322, 324, 331, 333, 334, 411, 412, 511 ir 512). Apskaičiuotų žemės dangos struktūros ir įvairovės indeksų suvestinės ir jų apskaičiavimo metodai pateikiami 3 lentelėje. Taip pat apskaičiavome gautų žemės dangos struktūros ir įvairovės indeksų Agro\_CA, Agro\_CA\_pc, Agro\_NumP ir Agro\_NumC bei Nat\_CA, Nat\_CA\_pc, Nat\_NumP ir Nat\_NumC trendus 1995-2000 m. laikotarpiu. Gautų duomenų analizė pateikiama 3.2.2. paragrafe.

### 3.1.7. Lietuvos kraštovaizdžio metrikų duomenų bazės

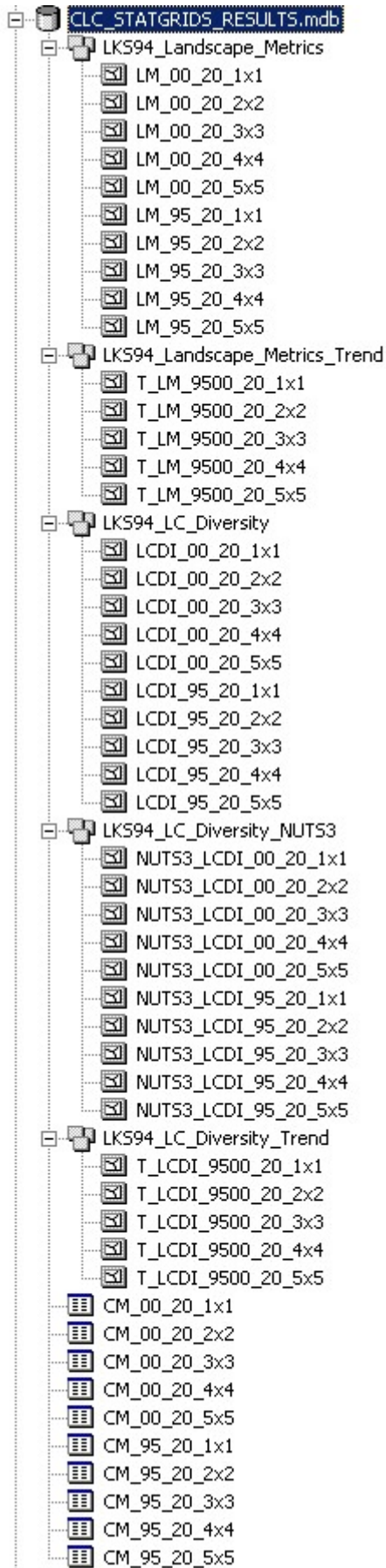
Atlikus 3.1.5. paragrafe aprašytus skaičiavimus ir perkėlus rezultatus į tuščias 1x1, 2x2, 3x3, 4x4 ir 5x5 km statistines gardeles, buvo gauta 15 naujų statistinių duomenų bazių, kuriose sukaupti Lietuvos žemės dangos klasių ir landšaftų standartinių metrikų ir jų tendų 1995-2000 m. laikotarpiu duomenys. Atlikus 3.1.6. paragrafe aprašytus skaičiavimus ir perkėlus rezultatus į tuščias 1x1, 2x2, 3x3, 4x4 ir 5x5 km statistines gardeles, taip pat buvo gauta 15 naujų statistinių duomenų bazių. Taigi, naudojant vien tik CLC1995/20 ir CLC2000/20 duomenų bazėse esančius duomenis bei automatiškai sugeneruotas 5 skirtingos rezoliucijos statistines gardeles, buvo sukurta 30 naujų GIS duomenų bazių, kuriose sukaupti Lietuvos landšafto metrikų duomenys bei jų trendai ir kraštovaizdžio struktūros ir įvairovės indeksų duomenys bei jų trendai, taip pat pirminiame sukirstų duomenų bazių analizės etape buvo sukurta 10 naujų atributinių duomenų bazių su atskirų žemės dangos klasių metrikomis. Sugrupavus kraštovaizdžio struktūros ir įvairovės indeksų duomenis į NUTS3 (savivaldybių) teritorinius-administracinius vienetus, gauta dar 10 naujų GIS duomenų bazių. Visus šiuos duomenis būtų galima panaudoti daugelio specifinių uždavinių sprendimui.

Galutinai apdoroti žemės dangos statistinių gardelių duomenys pateikiami atskiroje *Personal Geodatabase* formato duomenų bazėje CLC\_STATGRIDS\_RESULTS, kurios struktūra pavaizduota 5 paveiksle, o detali struktūra ir atributinių duomenų specifikacija pateikiama šios ataskaitos 1 priedo 1.2 skyriuje. Visų šio tyrimo metu sukurtų Lietuvos kraštovaizdžio statistinių duomenų bazių katalogas schematiškai pavaizduotas 6 paveiksle.

51 Willems E., Vandevort C., Willekens A., Buffaria B. Landscape and Land Cover diversity index. From Land Cover to landscape diversity in the European Union: <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape>

**Lentelė 3.** Statistinėse gardelėse apskaičiuotų agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžių kokybės ir įvairovės indeksų suvestinė.

Indeksas	Pavadinimas	Apskaičiavimo formulė/metodas
<b>Žmės ūkio kraštovaizdžio kokybės ir įvairovės indeksai</b>		
<b>Agro_CA</b>	<b>Agricultural class area</b> – bendras agrarinio kraštovaizdžio klasių plotas (ha)	Sumuojami visų agrarinio kraštovaizdžio klasių fragmentų, esančių statistinės gardelės elemento ribose, plotai
<b>Agro_CA_pc</b>	<b>Proportion of Agricultural class area</b> – agrarinio kraštovaizdžio klasių ploto dalis (%)	$Agro\_CA\_pc = Agro\_CA / TLA * 100$
<b>Agro_NumP</b>	<b>Number of Agricultural class patches</b> – agrarinio kraštovaizdžio klasių fragmentų skaičius (vnt.)	Agrarinio kraštovaizdžio klasių fragmentų skaičius statistinės gardelės elemento ribose
<b>Agro_NumC</b>	<b>Number of Agricultural classes (Agricultural LCDI)</b> – agrarinio kraštovaizdžio klasių skaičius	Agrarinio kraštovaizdžio klasių skaičius statistinės gardelės elemento ribose
<b>Gamtinio kraštovaizdžio kokybės ir įvairovės indeksai</b>		
<b>Nat_CA</b>	<b>Natural class area</b> – bendras gamtinio kraštovaizdžio klasių plotas (ha)	Sumuojami visų gamtinio kraštovaizdžio klasių fragmentų, esančių statistinės gardelės elemento ribose, plotai
<b>Nat_CA_pc</b>	<b>Proportion of Natural class area</b> – gamtinio kraštovaizdžio klasių ploto dalis (%)	$Nat\_CA\_pc = Nat\_CA / TLA * 100$
<b>Nat_NumP</b>	<b>Number of Natural class patches</b> – gamtinio kraštovaizdžio klasių fragmentų skaičius (vnt.)	Gamtinio kraštovaizdžio klasių fragmentų skaičius statistinės gardelės elemento ribose
<b>Nat_NumC</b>	<b>Number of Natural classes (Natural LCDI)</b> – gamtinio kraštovaizdžio klasių skaičius	Gamtinio kraštovaizdžio klasių skaičius statistinės gardelės elemento ribose



**Paveikslas 5.** Statistinių gardelių skaičiavimo rezultatai: CLC\_STATGRIDS\_RESULTS duomenų bazės struktūra (ArcCatalog programa)



**Paveikslas 6.** Lietuvos kraštovaizdžio statistinių duomenų bazių katalogas ir jų kūrimo technologinė schema. Duomenų bazių specifikacijos paetikiamos ataskaitos 1 priede

## 3.2. Statistinių gardelių panaudojimas Lietuvos kraštovaizdžio struktūros analizei

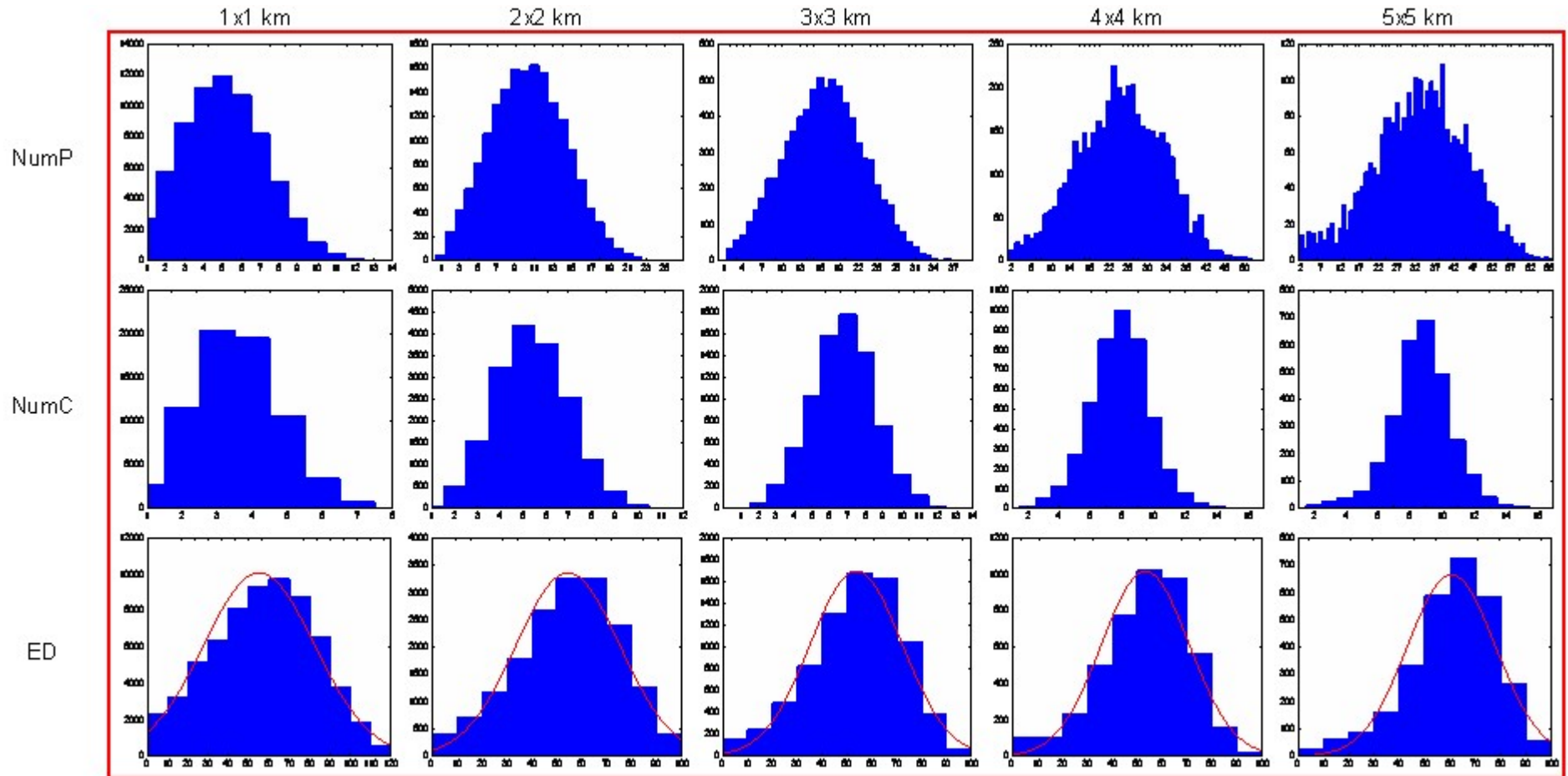
Anksčiau aprašytas kraštovaizdžio kiekybinių ir kokybinių rodiklių GIS duomenų bazių kūrimo procesas naudoja skirtingų dydžių statistines gardeles iš esmės buvo reikalingas tam, kad būtų galima nustatyti kokio dydžio statistinės gardelės optimaliausiai tinka skirtingiems analitiniams uždaviniams spręsti, atsižvelgiant į Lietuvos kraštovaizdžio specifines savybes (mozaikiškumą, klasių įvairovę, dominuojančius kraštovaizdžio kompleksus ir kt.). Šiame skyriuje trumpai apžvelgsime pagrindinius gautų duomenų pasiskirstymo statistinėse imtyse aspektus ir pateiksime pirminės Lietuvos kraštovaizdžio kiekybinių ir kokybinių rodiklių bei jų tendencijų analizės rezultatus.

### 3.2.1. Kraštovaizdžio metrikų imčių statistinio pasiskirstymo analizė

Prieš pradėdant naudoti bet kokius empirinius duomenis, būtina išsiaiškinti jų imčių statistinio pasiskirstymo pobūdį. Tai leidžia spręsti, ar turima imtis yra pakankamo dydžio ir kokio tipo statistinės analizės metodus (parametrinės, ar nparametrinės statistikos) galima taikyti jos analizei. Idealiu („švaraus eksperimento“) atveju, empirinės imties pasiskirstymas turėtų atitikti normalinį (Gauso) dėsnį, ir tokios imties analizei būtų galima taikyti klasikinius parametrinės statistikos metodus. Kadangi statistinių gardelių metodo taikymas žemės dangos duomenų analizei atitinka klasikinius atsitiktinių dydžių imties pamatavimo dvimatėje plokštumoje reikalavimus (kai fiksuoto dydžio rėmas – šiuo atveju statistinės gardelės elementas – padedamas atsitiktinėje vietoje ir tiriamas objektas apskaitomas visame bandomojo rėmo plote), o visos Lietuvos teritorijos žemės dangos elementų imtį galima traktuoti kaip generalinę aibę, tai landšafto metrikų skaitinių reikšmių imties pasiskirstymo pobūdį (imties „normalumą“) turėtų apspręsti tik landšafto metrikų pamatavimo būdas, t.y. statistinės gardelės dydis.

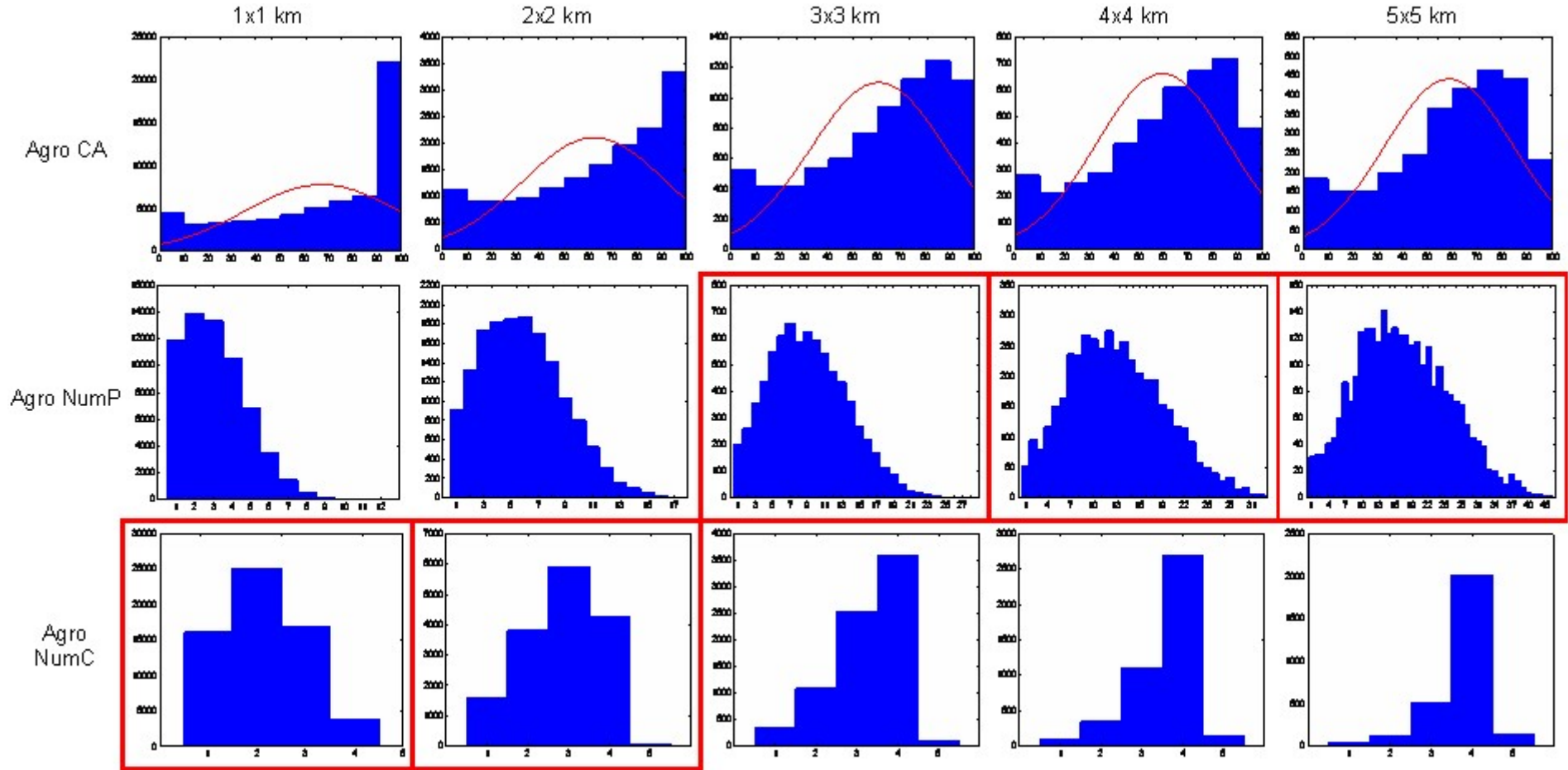
Taigi, ar Lietuvos kraštovaizdį apibūdinančių statistinių indeksų generalinė aibė atitinka normalinio pasiskirstymo dėsnį, t.y. ar Lietuvos kraštovaizdžio kiekybinei ir kokybinei analizei korektiška naudoti skirtingo dydžio statistines gardeles? Vienareikšmiškai teigiamą atsakymą į šį klausimą vaizdžiai iliustruoja (tik nuo gardelės dydžio nepriklausančių) landšafto metrikų, gautų naudojant skirtingo dydžio statistines gardeles, statistinio pasiskirstymo histogramos (Pav. 7). Jose matyti, kad Lietuvos kraštovaizdžio pagrindinių parametru (fragmentacijos ir įvairovės) statistiniam vertinimui galima naudoti nuo 2x2 iki 5x5 km dydžio statistines gardeles – NumP ir NumC indeksų imtys tik 1x1 km statistinėje gardelėje yra šiek tiek asimetriškos. Ir atvirkščiai – ekotonų (ED – *Edge Density* – skirtingų fragmentų ribų tankis) analizei tikslingiausia naudoti smulkesnes 1x1 ir 2x2 km statistines gardeles. Apibendrinant galima teigti, kad visų analizuotų dydžių statistinių gardelių duomenys Lietuvos žemės dangos generalinėje aibėje yra pakankamai artimi ar visiškai atitinka normalinį pasiskirstymo dėsnį, ir jų pasirinkimas galėtų priklausyti nuo konkretaus uždavinio (atliekamo tyrimo mastelio).

Patikrinome agrarinio kraštovaizdžio ir natūralaus gamtinio kraštovaizdžio įvairovės indeksų (žiūr. 3.1.5. paragrafą) skirtingo dydžio statistinių gardelių imtis. Paaiškėjo, kad dėl Lietuvos kraštovaizdžiui būdingų specifinių sąlygų nei vienos iš minėtų ekologinių-funkcinių grupių santykinių plotų (Agro\_CA ir Nat\_CA) imtys nėra pasiskirsčiusios normaliai. Agrarinio kraštovaizdžio klasių užimami plotai yra asimetriški maksimumo kryptimi (kraštovaizdyje dominuoja dideli fragmentai; Pav. 8 - Agro\_CA), o natūralių gamtinių klasių – minimumo kryptimi (kraštovaizdyje dominuoja maži ir vidutinio dydžio fragmentai; Pav. 9 – Nat\_CA). Agrarinio kraštovaizdžio fragmentacijos tyrimams tinkamiausios 3x3, 4x4 ir 5x5 km dydžio statistinės gardelės (Pav. 8 – Agro\_NumP), o natūralaus gamtinio kraštovaizdžio fragmentų skaičiaus imtys, kaip ir užimamų plotų proporcijų imtys, visais atvejais buvo tendencingai asimetriškos minimumo kryptimi (Pav. 9 – Nat\_NumP), t.y. dominavo mažesnės fragmentacijos kraštovaizdis, kurio analizei būtų galima naudoti 4x4 ir 5x5 km dydžio statistines gardeles. Agrarinio kraštovaizdžio įvairovės analizei (dėl Lietuvai būdingos didelių agrarinio plotų dominavimo tendencijos) tinkamiausios būtų 1x1 ir 2x2 km dydžio gardelės (Pav. 8 – Agro\_NumC), o natūralaus gamtinio kraštovaizdžio įvairovės analizei (dėl Lietuvai būdingos natūralaus gamtinio kraštovaizdžio klasių įvairovės) tinkamiausios 3x3, 4x4 ir 5x5 km dydžio statistinės gardelės (Pav. 9 – Nat\_NumC).

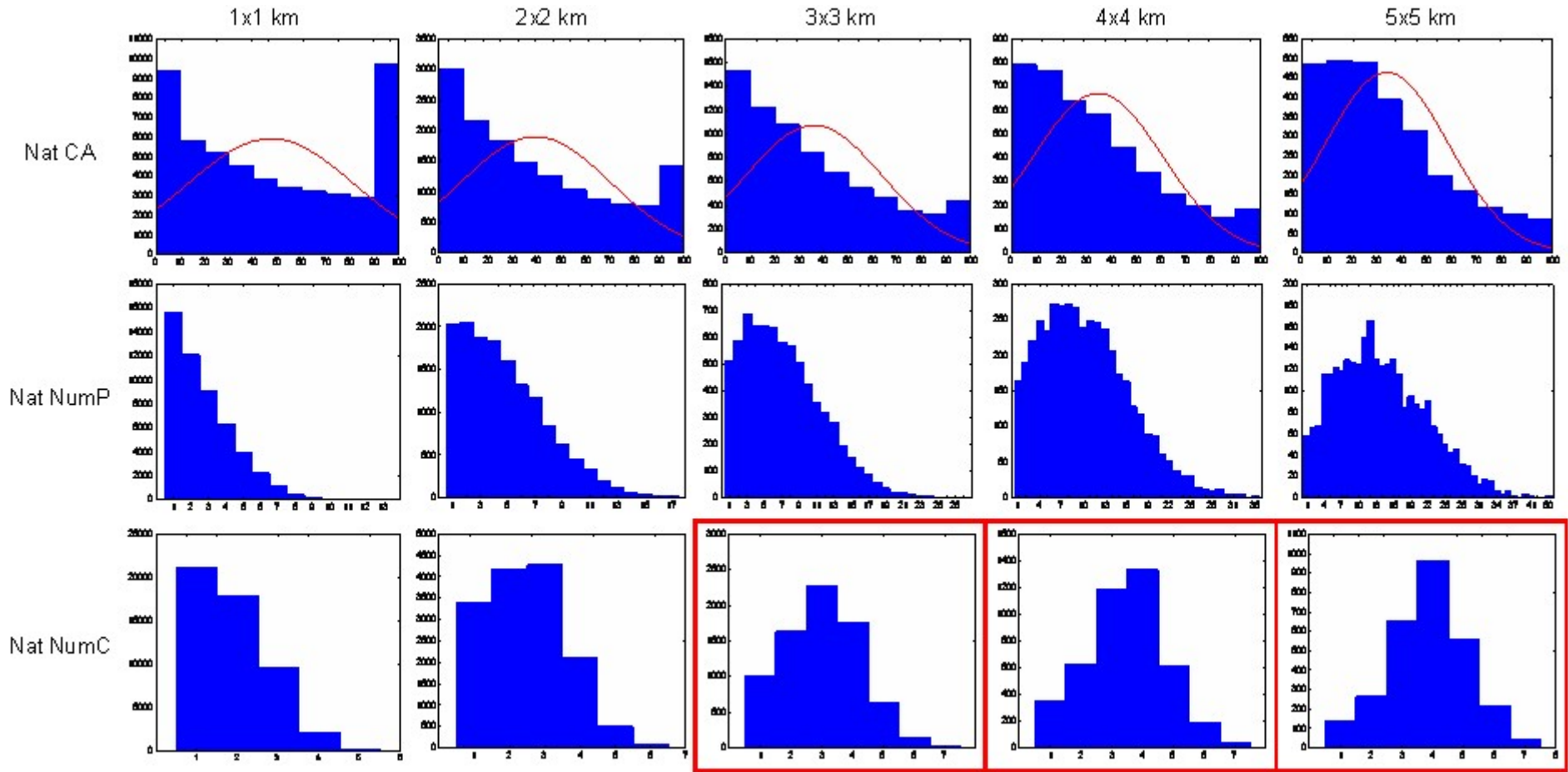


**Paveikslas 7.** Pagrindinių landšafto metrikų imčių, gautų Lietuvos žemės dangos duomenų bazę skaldant skirtingo dydžio statistinėmis gardelėmis, statistinio pasiskirstymo histogramos. Analizei naudoti NumP (Number of patches), NumC (Number of classes) ir ED (Edge density) indeksai (žiūr. 2 lentelę). Normalinį pasirinkimo dėsnį atitinkančios imtys pažymėtos rėmeliais.





**Paveikslas 8.** Agrarinio kraštovaizdžio metrikų imčių, gautų Lietuvos žemės dangos duomenų bazę skaldant skirtingo dydžio statistinėmis gardelėmis, statistinio pasiskirstymo histogramos. Analizei naudoti NumP (Number of patches), NumC (Number of classes) ir ED (Edge density) indeksai (žiūr. 2 lentelę). Normalinį pasirinkimo dėsnį atitinkančios imtys pažymėtos rėmeliais. Agrarinio kraštovaizdžio CLC klasių kodai: 211, 222, 231, 242 ir 243.



**Paveikslas 9.** Natūralaus gamtinio kraštovaizdžio metrikų imčių, gautų Lietuvos žemės dangos duomenų bazę skaldant skirtingo dydžio statistinėmis gardelėmis, statistinio pasiskirstymo histogramos. Analizei naudoti NumP (Number of patches), NumC (Number of classes) ir ED (Edge density) indeksai (žiūr. 2 lentelę). Normalinį pasirinkimo dėsnį atitinkančios imtys pažymėtos rėmeliais. Natūralaus gamtinio kraštovaizdžio CLC klasių kodai: 311, 312, 313, 321, 322, 324, 331, 333, 334, 411, 412, 511 ir 512.

### 3.2.2. Kraštovaizdžio metrikų ir įvairovės indeksų priklausomybė nuo statistinių gardelių dydžio

Ankstesniame paragrafe išdėstytas prielaidas patikrinome statistinės analizės metodais. Naudodami atskirų landšafto metrikų imčių skirtingo dydžio statistinėse gardelėse aritmetinius vidurkius, apskaičiavome atitinkamus determinacijos koeficientus ir polinominės regresijos lygtis, kurios įvertina minėtų parametru priklausomybes nuo naudotos statistinės gardelės dydžių.

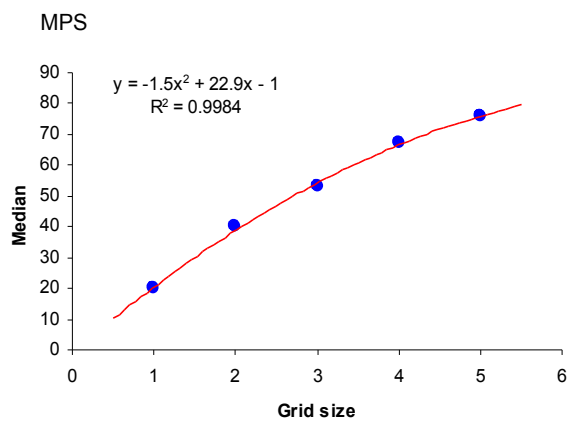
Nustatyta, kad landšafto fragmento vidutiniai plotai (*Mean patch size* – MPS; žiūr. 2 lentelę) tiesiogiai ir patikimai priklauso nuo naudojamo statistinės gardelės dydžio ( $R^2=0.9984$ ; Pav. 10-A). Tai visiškai normalu, žinant, kad didesnė statistinė gardelėje suskaldo žemės paviršių į didesnio ploto žemės dangos fragmentus. Bendras landšafto klasių skaičius (*Number of classes* – NumC) taip pat tiesiogiai ir patikimai priklauso nuo statistinės gardelės dydžio ( $R^2=0.9975$ ; Pav. 10-B). Iš ankstesnio paragrafo žinant, kad Lietuvos agrarinio kraštovaizdžio klasių skaičius naudojant didesnes statistines gardeles nusistovi ties 4, o natūralaus gamtinio kraštovaizdžio klasių skaičius naudojant didesnes statistines gardeles tolydžio didėja, ši tendencija nėra netikėta. Be to, naudojant didesnes statistines gardeles, bendrą landšafto klasių skaičių vis dažniau papildo ir antropogeninio kraštovaizdžio elementai. Tuo tarpu landšafto fragmentų ribų santykinis tankis (*Edge density* – ED) išlieka stabilus ir tik nežymiai didėja didinant statistines gardeles ( $R^2=0.7947$ ; Pav. 10-C), kas rodo vienodai mozaikišką Lietuvos landšafto struktūrą.

Dominuojančių kraštovaizdžio tipų proporcijų (Agro\_CA\_pc ir Nat\_CA\_pc; žiūr. 3 lentelę) regresinė analizė parodė, kad naudojant didesnes statistines gardeles, jų reikšmės tolydžio mažėja. Agrarinio kraštovaizdžio dalis nusistovi ties 60-65% riba naudojant 3x3, 4x4 ir 5x5 km dydžio statistines gardeles ( $R^2=0.9923$ ; Pav. 11-A), o gamtinio kraštovaizdžio – nusistovi ties 30% lygiu naudojant visas, išskyrus 1x1 km dydžio, statistines gardeles ( $R^2=0.9308$ ; Pav. 11-B).

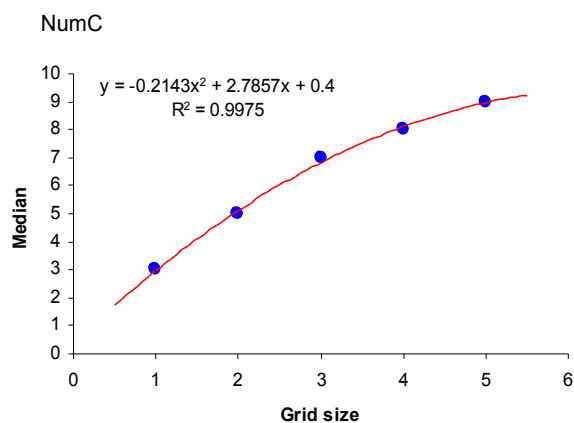
Šie rezultatai rodo, kad Lietuvos kraštovaizdžio struktūra dėl santykinai didelio mozaikiškumo išlaiko stabilias dominuojančių tipų proporcijas nepriklausomai nuo atliekamų tyrimų skalės. Tai ypač būdinga gamtinio kraštovaizdžio analizei. Šie rezultatai dar kartą įrodo, kad statistinių gardelių analizės metodas, dėl žemės dangos duomenų pasiskirstymo tolygumo, puikiai tinka Lietuvos kraštovaizdžio kiekybinei ir kokybinei analizei. Nepaisant to, naudoti pernelyg smulkias (mažesnes negu 2x2 km) statistines gardeles nerekomenduotina.

Dominuojančių kraštovaizdžio tipų įvairovės (Agro\_NumC ir Nat\_NumC; žiūr. 3 lentelę) imčių vidurkių reikšmių regresinė analizė atskleidė atvirkštinę šio parametro priklausomybę nuo naudojamų statistinių gardelių dydžio. Agrarinio kraštovaizdžio įvairovės reikšmės nusistovi ties 3 lygiais: 2 kraštovaizdžio klasės – naudojant 1x1 km dydžio gardelę, 3 klasės – naudojant 2x2 ir 3x3 km gardeles ir 4 klasės – naudojant 4x4 ir 5x5 km gardeles ( $R^2=0.9184$ ; Pav. 12-A). Analogiška tendencija būdinga ir gamtinio kraštovaizdžio įvairovės imtims, kurių vidurkiai nusistovi ties 2 klasių lygmeniu naudojant 1x1 ir 2x2 km dydžio gardeles, 3 klasių – naudojant 3x3 km gardelę ir 4 klasių – naudojant 4x4 ir 5x5 km gardeles. Taigi matome, kad norint gauti vienodo reprezentatyvumo agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio įvairovės imtis, reikėtų naudoti šiuos statistinių gardelių dydžių derinius:

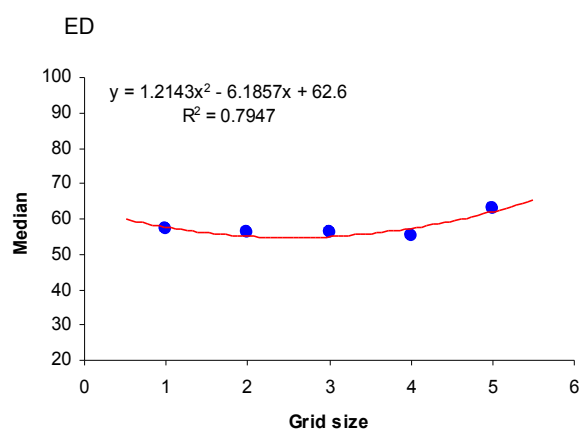
- Mažiausios kraštovaizdžio įvairovės lygmuo (vidutiniškai po 2 skirtingų kraštovaizdžio tipų žemės dangos klases) – 1x1 km dydžio statistinė gardelė;
- Vidutinės kraštovaizdžio įvairovės lygmuo (vidutiniškai po 3 žemės dangos klases) – 3x3 km dydžio gardelė;
- Maksimalios kraštovaizdžio įvairovės lygmuo (vidutiniškai po 4 žemės dangos klases) – 4x4 ir 5x5 km dydžio gardelės.



**A**



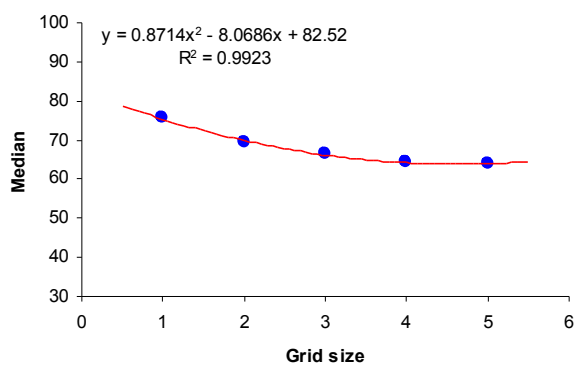
**B**



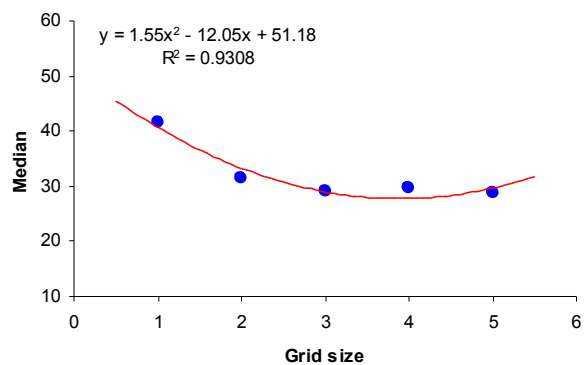
**C**

**Paveikslas 10.** Landšafto metrikų priklausomybės nuo statistinių gardelių dydžio regresinės analizės rezultatai. A – vidutinis landšafto fragmento plotas (MPS), B – landšafto klasių skaičius (NumC), C – santykinis landšafto ribų (ekotonų) tankis (ED).

Agro CA\_pc

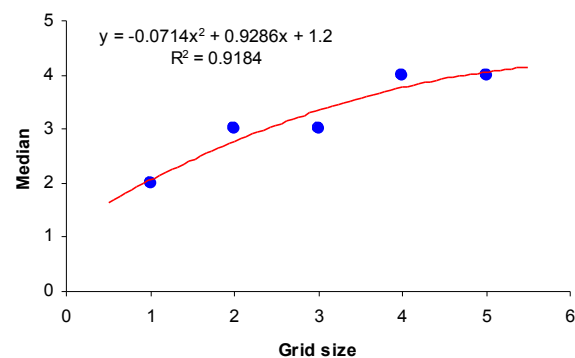
**A**

Nat CA\_pc

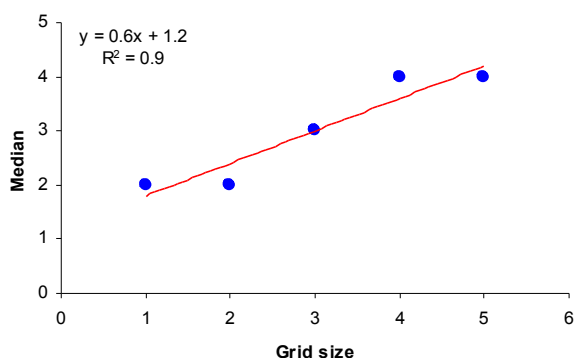
**B**

**Paveikslas 11.** Dominuojančių kraštovaizdžio tipų struktūros indeksų priklausomybės nuo statistinių gardelių dydžio regresinės analizės rezultatai. A – agrarinio kraštovaizdžio santykiniai plotai (Agro\_CA\_pc), B – gamtinio kraštovaizdžio santykiniai plotai (Nat\_CA\_pc).

Agro NumC

**A**

Nat NumC

**B**

**Paveikslas 12.** Dominuojančių kraštovaizdžio tipų įvairovės indeksų priklausomybės nuo statistinių gardelių dydžio regresinės analizės rezultatai. A – agrarinio kraštovaizdžio įvairovės indeksai (Agro\_NumC), B – gamtinio kraštovaizdžio įvairovės indeksai (Nat\_NumC).

### 3.2.3. Statistinių gardelių duomenų kartografinė analizė

Tyrimų metu buvo sukurta daug statistinių gardelių duomenis iliustruojančios kartografinės medžiagos (tematinių žemėlapių), kurių dalis pateikiama šios ataskaitos atskiro žemėlapių priedo 1-14 skyriuose. Visi tematiniai žemėlapiai sukurti naudojant ArcGIS programą. Kuriant atskiras žemėlapių grupes buvo naudojamos standartizuotos vaizduojamų parametrų vertės ir suvienodintos atributinių duomenų skalės, kad būtų patogiau atlikti vizualinį atskirų tendencijų vertinimą.

Kartografinė statistinių gardelių duomenų analizė leidžia teigti, kad atskirų landšafto metrikų ir kraštovaizdžio struktūros bei įvairovės indeksų erdvinis pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje labai priklauso nuo konkrečios statistinės gardelės dydžio. Daugeliu atvejų akivaizdžiai matyti, kad minėtų parametrų reikšmės didėja, naudojant didesnes statistines gardeles, bet dėl to gerokai nukenčia bendra tematinio žemėlapių raiška: naudojant smulkesnes gardeles, labiau išryškėja teritorijos, kur dominuoja tam tikri monotoniniai kraštovaizdžio tipai (žemės dangos klasės), tuo tarpu naudojant didesnes gardeles, didėja analizuojamų parametrų reikšmių spektras, bet kartu ir išsibarstymas. Ši tendencija nėra būdinga vieninteliam santykinio ekotonų tankio (ED – *Edge Density*) parametru (žiūr. žemėlapių priedo 3 skyrių) ir mažiau būdinga agrarinio bei gamtinio kraštovaizdžio tipų santykiams plotams (Agro\_CA\_pc ir Nat\_CA\_pc; žiūr. žemėlapių priedo 5 ir 7 skyrius) kurių reikšmės, kaip jau minėta ankstesniame skyriuje, beveik nepriklauso nuo naudojamos statistinės gardelės dydžio. Tuo tarpu bendro žemės dangos klasių įvairovės indekso (NumC), taip pat agrarinio bei gamtinio kraštovaizdžio įvairovės indeksų (Agro\_NumC ir Nat\_NumC; žiūr. žemėlapių priedo 2, 6 ir 8 skyrius) vertės ir erdvinis pasiskirstymas labai priklauso nuo naudojamos statistinės gardelės dydžio, todėl dar kartą pabrėžiame kaip svarbu teisingai pasirinkti optimalų statistinės gardelės dydį kraštovaizdžio įvairovės analizei konkrečiu atveju naudojamoje skalėje.

Atskirai derėtų aptarti 1995-2000 metų laikotarpio kraštovaizdžio indeksų tendencijų kartografinės analizės rezultatus. Bendruose žemės dangos klasių įvairovės tendencijų žemėlapiuose (žiūr. žemėlapių priedo 4 skyrių) matome, kad užregistruotų žemės dangos klasių skaičiaus reikšmių padidėjimo ir sumažėjimo atvejai Lietuvos teritorijoje pasiskirstę gana tolygiai, tačiau, dėl tam tikro agregacijos efekto, šių pokyčių sklaida yra labai nevienoda naudojant skirtingo dydžio statistines gardeles, nors pokyčių laipsnis visais atvejais išlieka  $\pm 1$  klasės lygyje. Be to, naudojant smulkesnes statistines gardeles, atsiranda daugiau atvejų, kuomet pokyčių laipsnis pasiekia  $\pm 2$  klasių lygį, taip pat išryškėja savotiškos erdvinės agregacijos tendencijos – t.y. regionai, kur dėl intensyvios ūkinės veiklos labiau pasireiškė kraštovaizdžio įvairovės didėjimo, arba mažėjimo tendencijos.

Agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžių įvairovės tendencijų kartografinė analizė (žiūr. žemėlapių priedo 10 ir 12 skyrius) parodė, kad agrarinio kraštovaizdžio įvairovė per 1995-2000 m laikotarpį daugelyje Lietuvos vietų tendencingai sumažėjo (-1 žemės dangos klasė), tuo tarpu gamtinio kraštovaizdžio įvairovė – padidėjo (+1 klasė). Kiekibiškai šie kraštovaizdžio įvairovės pokyčių mastai nėra itin reikšmingi: tiek abiejų kraštovaizdžio kompleksų santykinų plotų padidėjimas, tiek ir sumažėjimas atskirais atvejais neviršija  $\pm 10\%$  lygio (žiūr. žemėlapių priedo 9 ir 11 skyrius). Abiem atvejais išryškėjo minėtų pokyčių erdvinio pasiskirstymo netolygumai.

Kalbant apie minėtų kraštovaizdžio kompleksų įvairovės pokyčių priežastis, verta prisiminti, kad vienas iš dažniausiai registruotų žemės dangos pokyčių buvo ganyklų (ir dirvnuojančių plotų) virtimas dirbamos žemės plotais, tokiu būdu prarandant vieną žemės dangos klasę, tuo tarpu gamtiniame kraštovaizdyje dažniausiai pasitaikydavo miškų kirtimo atvejai (skirtingo tipo miško klasės – 311, 312 ir 313 virsdavo tarpinėmis miško stadijomis ir krūmynais – 324), kas papildydavo gamtinį kraštovaizdį viena žemės dangos klase. Paradoksalu, tačiau šiuo bendruoju atveju agrarinio kraštovaizdžio įvairovės sumažėjimas ne visada reiškia kraštovaizdžio ekologinės vertės sumažėjimą, o gamtinio kraštovaizdžio įvairovės padidėjimas dažniausiai reiškia neabejotiną jo ekologinės vertės sumažėjimą.

Kaip ten bebūtų, žinant pagrindines kraštovaizdžio įvairovės kaitos priežastis, galima drąsiai teigti, kad šiuos procesus dažniausiai nulemia žmogaus ūkinė veikla, kuri dėl skirtingų šalies regionų plėtros netolygumo pasireiškė skirtingai (žiūr. žemėlapių priedo 13 ir 14 skyrius).

### 3.3. Skyriaus rezultatų aptarimas

Remiantis atlikto tyrimo rezultatais galime konstatuoti, kad antropogeninis poveikis Lietuvos kraštovaizdžio įvairovės kaitai anaipol nėra tolygus. Naudojant statistinių gardelių metodą galima nustatyti minėto efekto erdvinį pasiskirstymą. Svarbu ir tai, kad kartografinė analizė aiškiai parodė, kad net ir smulkesnės (1x1, 2x2 km dydžio) statistinės gardelės gali būti labai naudingos, atliekant specifinius kraštovaizdžio struktūros ir kokybės tyrimus, nepaisant to, kad dėl CLC duomenų bazės mastelio ir Lietuvos kraštovaizdžio struktūros savybių, jos dažniausiai neatspindi pilno analizuojamų parametrų spektro.

Agrarinio kraštovaizdžio įvairovės tyrimams ES siūloma naudoti vieninga 3x3 km dydžio statistinė gardelė Lietuvos atveju nėra optimaliai tinkama, nes naudojant 3x3 km (ir didesnes) gardeles ima staigiai ryškėti keturių žemės dangos klasių dominavimo tendencija. Mūsų nuomone, 3x3 km dydžio gardelė galėtų būti optimali Vakarų Europos šalims ir Lenkijai, kur jau ilgą laiką dominuoja privatūs ūkiai su smulkios fragmentacijos intensyvios žemdirbystės gamybine praktika (intensyvi sėjomaina, kompleksinė žemdirbystė) ir jau yra nusistovėjusi gerokai didesnė agrarinio kraštovaizdžio įvairovė. Lietuvos atveju, būtent tokią tendenciją matome analizuodami natūralaus gamtinio kraštovaizdžio (kuris mūsų krašte pasižymi pakankamai didele įvairove) statistines imtis.

Taigi, mūsų atlikta analizė akivaizdžiai pademonstravo, kad Lietuvoje dominuojančių ekologinių-funkcinių kraštovaizdžio elementų įvairovės pusiausvyra per pastarąjį šimtmetį vykusią žemės ūkio kolektyvizaciją ir melioraciją buvo gerokai pažeista, todėl mūsų kraštui būdinga ganėtinai skurdi agrarinio kraštovaizdžio įvairovė neatitinka tradiciškai turtingos ir išstius dešimtmečius efektyviai saugotos natūralios gamtinės kraštovaizdžio įvairovės. Dėl šios priežasties pastebimai nukentėjo ir atviro landšafto faunos bei floros rūšys, sunyko daugelis vertingų gamtinių buveinių, daug kur buvo suardytas natūralių ekologinių koridorių tinklas ir netgi galima teigti, kad buvo pažeistas viso krašto gamtinis karkasas.

Atsižvelgiant į šio tyrimo rezultatus, atkreipiame LR Aplinkos ministerijos dėmesį į sudėtingą mūsų šalies kraštovaizdžio būklę ir pažymime būtinybę imtis neatidėliotinių priemonių Lietuvos agrarinio kraštovaizdžio įvairovės balanso atstatymui. Kraštovaizdžio įvairovės balanso atkūrimas turėtų nemažai teigiamų ekologinių bei socialinių-ekonominių pasekmių:

- Padidėtų gamtinių populiacijų patvarumas, pagerėtų faunos ir floros natūralaus paplitimo sąlygos ir ilgainiui stabilizuotųsi jų bendrijos;
- Sumažėtų nykstančių faunos rūšių ir augalų bendrijų genetinė izoliacija;
- Padidėtų ekosistemos stabilumas ir savaiminio valymosi potencialas;
- Sumažėtų žemės ūkio taršos ir emisijų į vidaus vandenį lygis;
- Sumažėtų paviršinio dirvos sluoksnio erozija;
- Stabilizuotųsi dirvožemio hidrologinis režimas ir pagerėtų gruntinio vandens kokybė;
- Pagerėtų agrarinio kraštovaizdžio rekreacinės sąlygos ir padidėtų kaimo gyventojų užimtumas.

Dirvnuojančių žemių užsodinimas mišku neabejotinai taptų viena pagrindinių agrarinio kraštovaizdžio įvairovės pagerinimo priemonių. Siekiant maksimalaus ekologinio efekto, šį procesą būtina tinkamai pagrįsti, todėl mūsų sudarytos landšafto metrikų statistinės duomenų bazės galėtų puikiai pasitarnauti kaip vienas iš kompiuterinio modeliavimo informacijos šaltinių optimaliam ilgalaikių želdinių masių (gamtinio karkaso elementų) formavimui.

## 4. CLC DUOMENŲ BAZIŲ PANAUDOJIMAS UPIŲ BASEINŲ ANALIZEI

Viena iš pagrindinių CLC duomenų bazių panaudojimo sričių Europoje šiuo metu yra ES Baseinų direktyvos (*Water Framework Directive*<sup>52</sup>) įgyvendinimui skirti taikomieji tyrimai. Pagal vieningą metodiką sudaryta ir visą ES teritoriją dengianti CLC duomenų bazė tapo pagrindiniu informacijos šaltiniu tokio tipo tyrimams visų pirma todėl, kad ji yra sudaroma pakankamai smulkiu masteliu ir pasižymi visapusiška ir detalia hierarchine nomenklatūra, kas leidžia ne tik atlikti atskirų upių baseinų kraštovaizdžio struktūros kiekybinę ir kokybinę analizę, bet panaudojant papildomus statistinius ar empirinių matavimų duomenis, taip pat ir modeliuoti pramonės ir žemės ūkio teršalų emisijas ir jų sklaidą upių baseinuose<sup>53 54</sup>.

Kadangi paprastai šiam tikslui naudojama brangi specializuota programinė įranga ir reikalingi detalūs statistiniai ir empiriniai duomenys, šiame darbe mes nesiėmėme spręsti tokio tipo uždavinių, apsiribodami žemės dangos kokybinių parametrų duomenų bazių sudarymą išskirtinai remiantis Lietuvos hidrografinio tinklo, upių baseinų ir CORINE žemės dangos duomenų bazėmis. Mūsų pagrindinis uždavinys buvo sutvarkyti esamas Lietuvos upių ir jų baseinų GIS duomenų bazines ir paruošti žemės dangos statistinius duomenis iš atnaujintus CLC2000 duomenų bazės, kurie vėliau galėtų būti panaudoti specifiniams baseinų valdymo modeliams kurti.

### 4.1. Upių baseinų CLC duomenų bazės sudarymas

#### 4.1.1. Lietuvos hidrografinio tinklo duomenų bazės korekcija

Prieš pradėdant upių baseinų analizę, buvo ištaisyta Lietuvos upių pabaseinių ribų ir hidrografinio tinklo duomenų bazių (abi bazės sukurtos LR Aplinkos agentūroje) topologija. Originalios hidrografinio tinklo (upių) duomenų bazės elementai buvo suskaldyti į atkarpas tarp linijinių objektų išsišakojimų (12439 atkarpas). Toks paprastai yra standartinis ArcInfo duomenų formatas, tačiau mūsų atveju buvo būtina, kad kiekvieną upę atitiktų vienas atkarpomis nesuskaldytas linijinis objektas – upės vaga nuo ištakų iki žiočių. Be to, originalioje upių duomenų bazėje buvo likę nemažai pasikartojančio upių atributikos kodavimo atveju, todėl tokio tipo klaidos buvo ištaisytos pirmiausia.

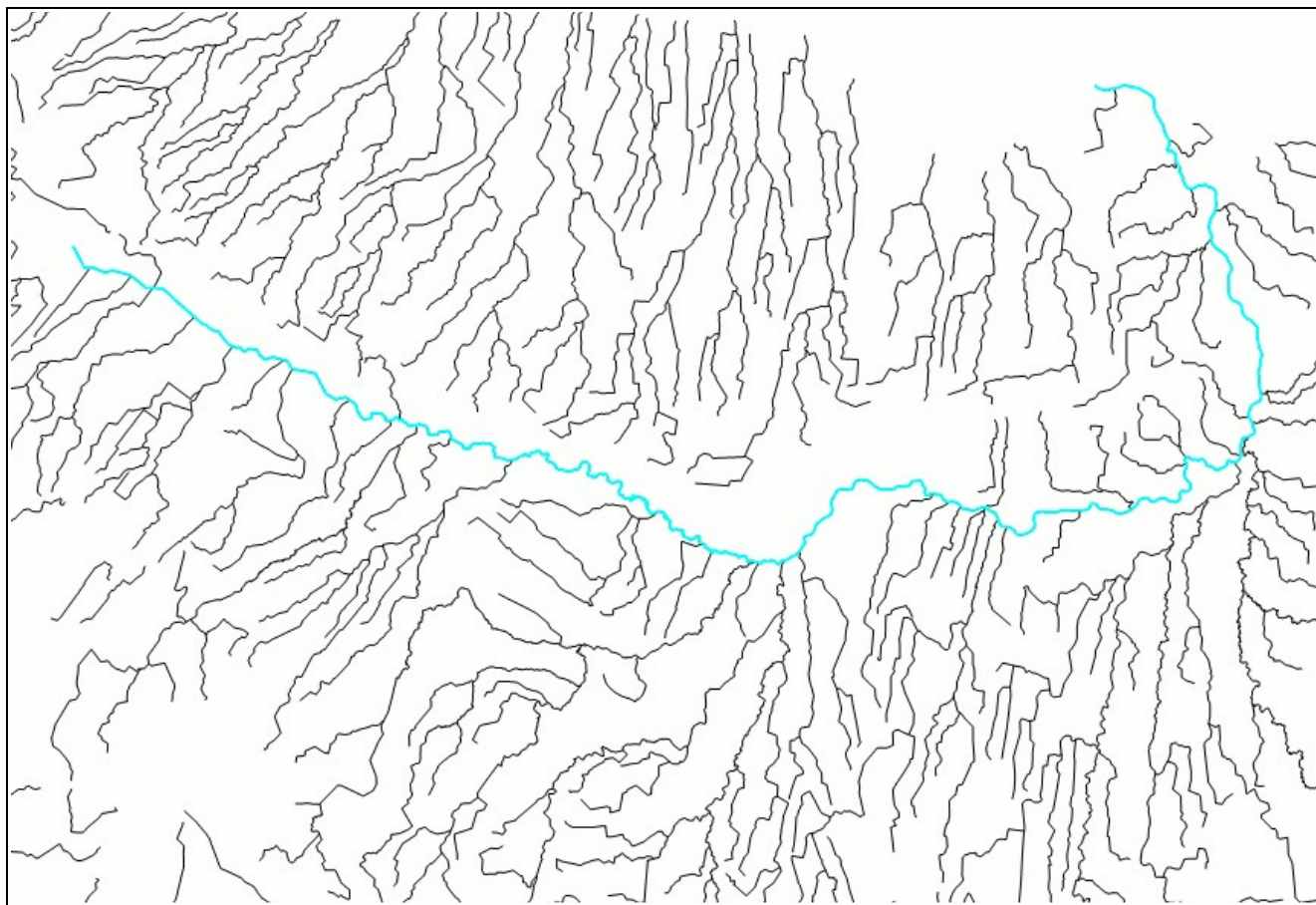
Ištaisius upių topologijos ir atributikos kodavimo klaidas, buvo panaudota ArcGIS *dissolve* funkcija, tokiu būdu sujungiant atskiras upių atkarpas į vientisas linijas. Kai kuriais atvejais po šios operacijos buvo gauti daugianariai geometriniai objektai (*multipart objects*), kurie atsirado dėl vienodų upių pavadinimų skirtingose Lietuvos vietose. Ši problema buvo išspręsta suskaidant daugianarius objektus ArcGIS *split multipart objects* funkcijos pagalba. Taip buvo gautas topologiškai tvarkingas GIS sluoksnis su ištaisyta atributine informacija (Pav. 13). Iš jo buvo išskirtos upės, kurių ilgis viršija 5 km, ir tik šie duomenys buvo naudojami tolesnėse analizėse. Iš viso tokių upių gauta 2301.

52 <http://www.wfdireland.ie>

53 Terres J.M., Campling P., Vandewall S., VanOrshoven J. Calculation of Agricultural Nitrogen Quantity for EU River Basins. European Commission, Joint Research Center, Final Report: EUR 20256 EN, 87 pp.

54 Crouzet Ph. 2000. Calculation of nutrient surpluses from agricultural sources: Statistics specialisation by means of CORINE land cover, Application to the case of nitrogen. European Environment Agency, Joint Research Center, Technical Report No.51, 62 pp.

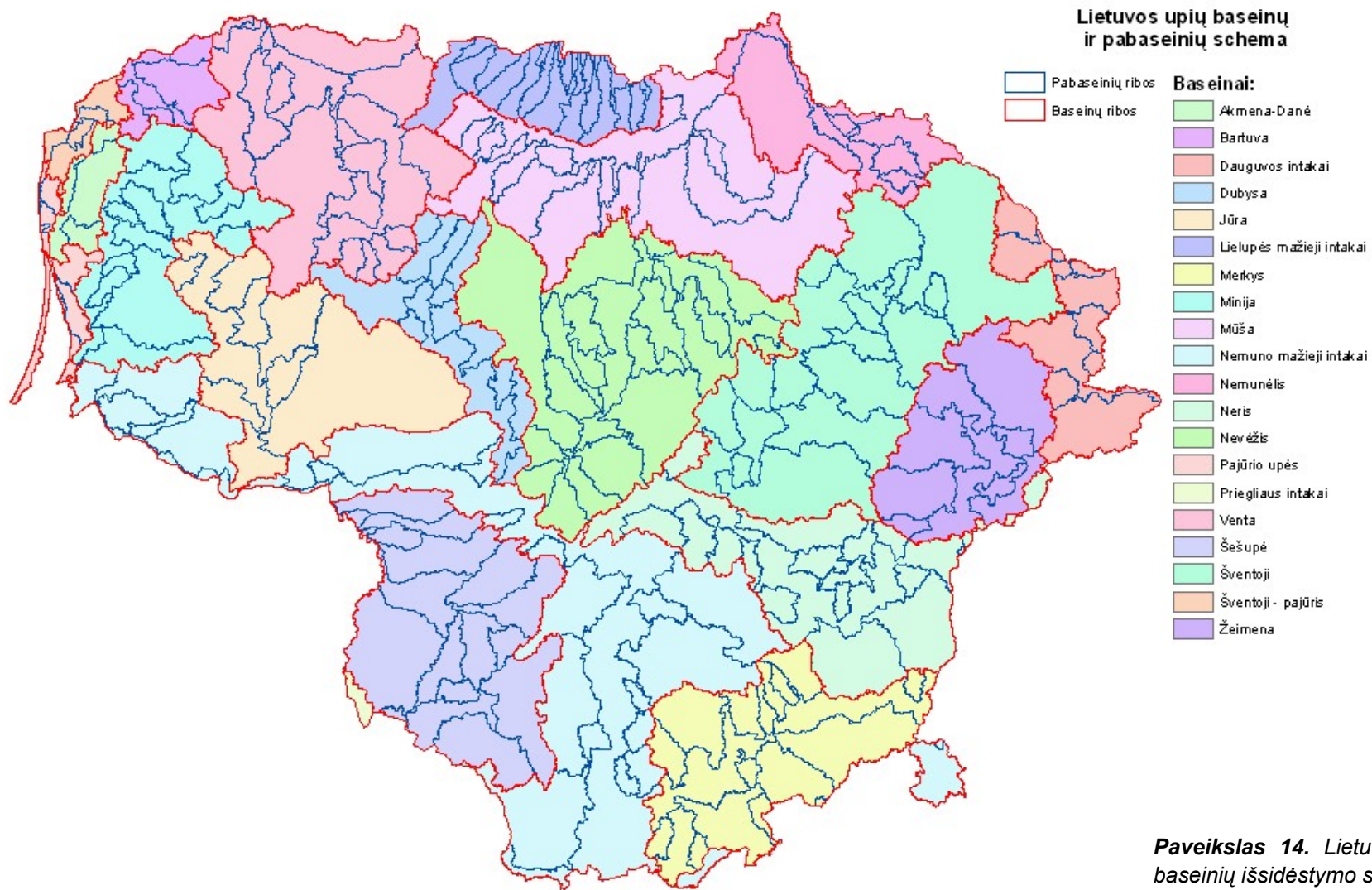




**Paveikslas 13.** Upių GIS duomenų bazės atributinės informacijos ir topologijos korekcija. Upių atkarpos apjungtos į išsitiesines linijas, peržiūrėti atributinės lentelės kodai.

#### 4.1.2. Lietuvos upių baseinų duomenų bazės korekcija

Originalioje Lietuvos upių pabaseinių GIS duomenų bazėje rasta 5190 plyšių ir persidengimų topologijos klaidų, kurios buvo ištaisytos naudojant ArcEdit programos topologijos klaidų paieškos ir korekcijos priemones (taisyklės: *Must not overlap* ir *Must not have gaps*). Ištaisyto pabaseinių sluoksnio objektus apjungus pagal baseino kodus (ArcGIS *dissolve* operacija), buvo gautas naujas Lietuvos upių baseinų sluoksnis. Tokiu būdu Lietuvos upių pabaseinių sluoksnyje gauta 259 objektai (pabaseiniai), o baseinų sluoksnyje – 20 objektų (baseinų). Šių dviejų sluoksnių persidengimas pavaizduotas 14 paveiksle.

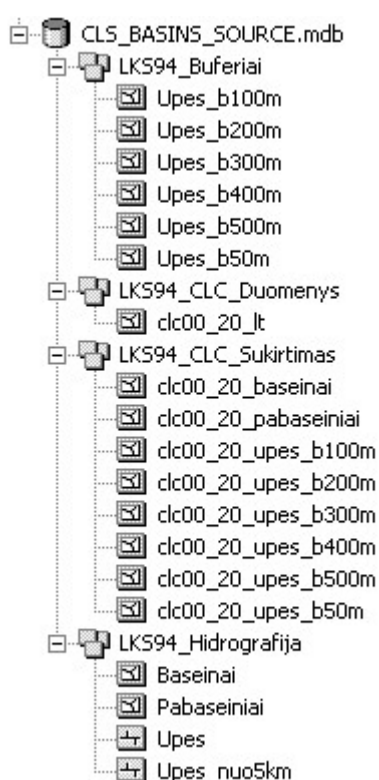


**Paveikslas 14.** Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių išsidėstymo schema.

### 4.1.3. Upių ir baseinų CLC duomenų bazių struktūra

ArcGIS *Intersect* operacija sukurtome CLC2000/20 duomenų bazes su Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių duomenų bazėmis. Tokiu būdu gavome dvi naujas GIS duomenų bazes, kuriose žemės dangos elementai buvo suskaidyti baseinų ir pabaseinių plotiniais objektais ir perėmė CLC atributinius duomenis, taip pat buvo automatiškai apskaičiuoti visų naujai gautų geometrinių elementų plotai ir perimetrai. Upių apsauginių zonų žemės dangos analizei visiems hidrografinio tinklo objektams sugeneravome 50, 100, 200, 300, 400 ir 500 m pločio buferius (atitinkamai dengiančius 100, 200, 400, 600, 800 ir 1000 m pločio juostas išilgai upių vagų; Pav. 21), kurias sukurtome su CLC2000/20 duomenų baze ir gavome 6 naujas GIS duomenų bazes, perėmusias CLC2000 kodus.

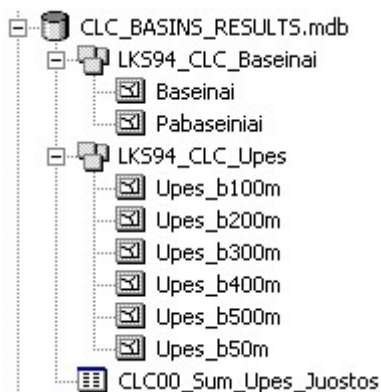
Žemės dangos statistinių gardelių duomenų skaičiavimams panaudoti pradiniai duomenys ir sukurtos CLC GIS duomenų bazės pateikiamos atskiroje *Personal Geodatabase* formato duomenų bazėje CLC\_BASINS\_SOURCE, kurios struktūra pavaizduota 15 paveiksle, o detali struktūra ir atributinių duomenų specifikacija pateikiama šios ataskaitos 1.3 priede.



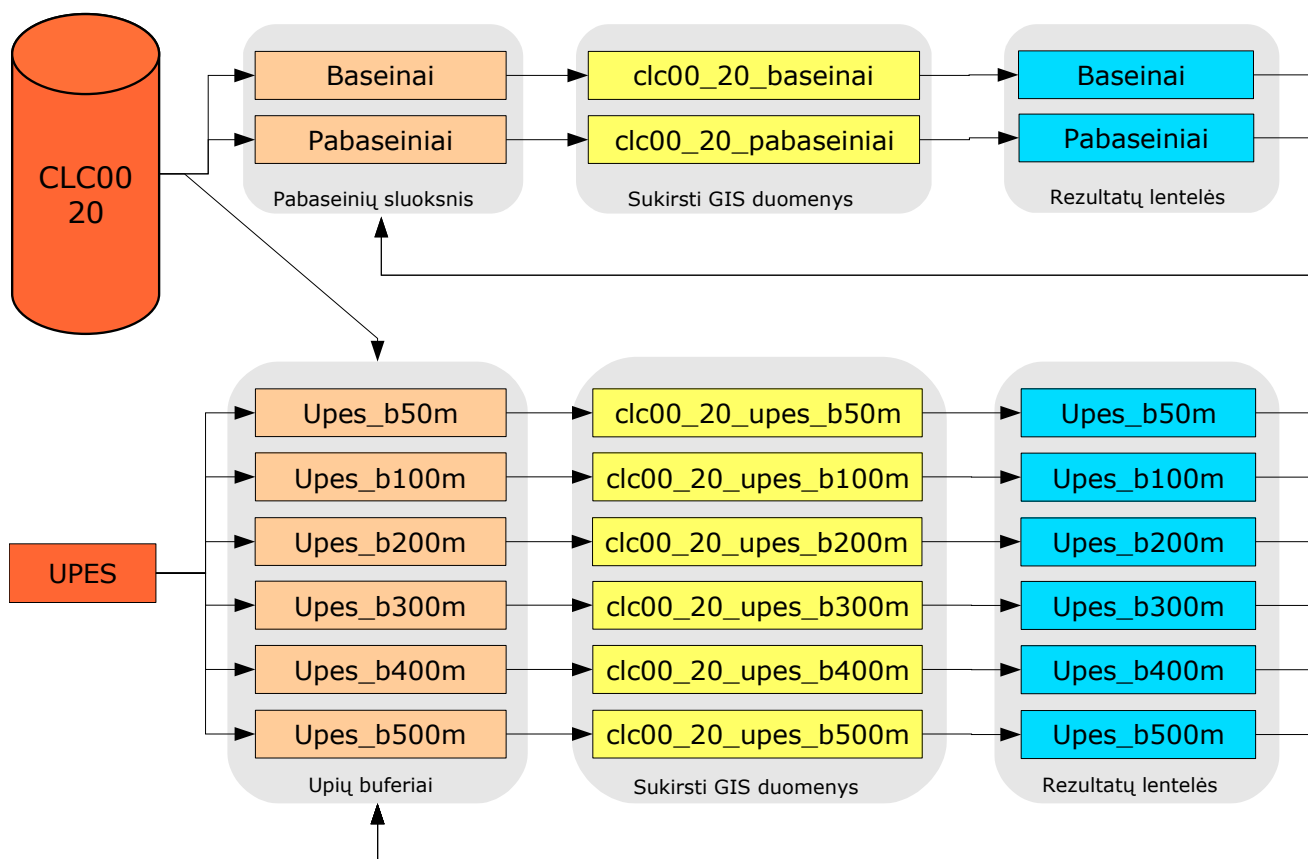
**Paveikslas 15.** Upių baseinų žemės dangos analizės pradiniai duomenys: CLC\_BASINS\_SOURCE duomenų bazės struktūra (ArcCatalog programa)

Naujai gautų GIS duomenų bazių atributiniai duomenys buvo išeksportuoti į atskiras duomenų bazes (Microsoft Access programa) lenteles tolesniam grupavimui ir analizei. Naudojant specialias užklaudas (žiūr. Ataskaitos 2.3 ir 2.4 priedus), atskirai kiekvienam baseinui, pabaseiniui ir kiekvienos upės skirtingo pločio buferiams buvo apskaičiuoti kiekvienos CLC L3 žemės dangos klasės užimami plotai (ha) ir jų dalis (%), taip pat urbanizuoto, agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio klasių užimami absoliutiniai (ha) ir santykiniai (%) plotai.

Apskaičiuoti rezultatai pateikiami atskiroje CLC\_BASINS\_RESULTS duomenų bazėje (Pav. 16), kurios specifikacija pateikiama ataskaitos 1.4 priede. Baseinų, pabaseinių ir upių apsauginių juostų žemės dangos duomenų bazių kūrimo technologinis procesas pavaizduotas 17 paveiksle.



**Paveikslas 16.** Upių baseinų žemės dangos analizės rezultatai: CLC\_BASINS\_RESULTS duomenų bazės struktūra (ArcCatalog programa)

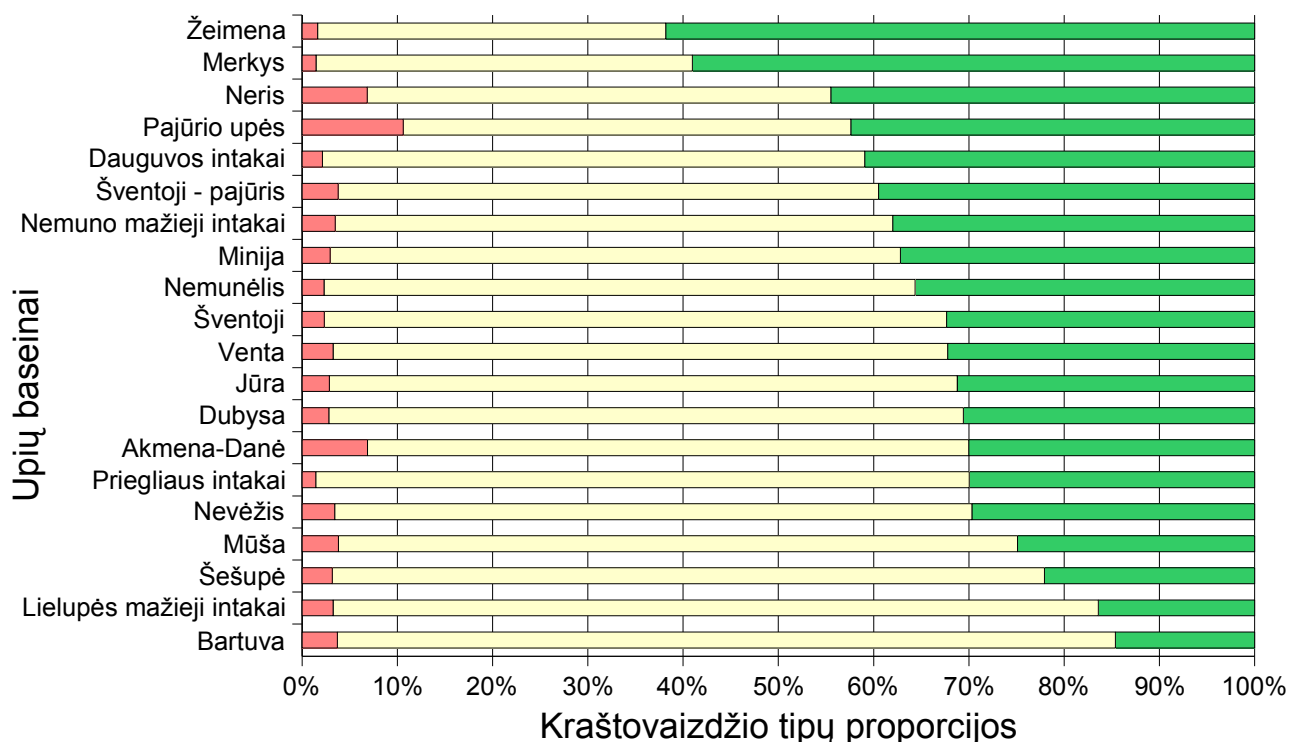


**Paveikslas 17.** Upių baseinų ir pabaseinių GIS duomenų geoprocėsingui ir naujų bazių kūrimo technologinė schema. Duomenų bazių specifikacijos paetikiamos ataskaitos 1 priede

## 4.2. Upių baseinų ir pabaseinių žemės dangos statistinė analizė

Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių žemės dangos analizei apskaičiuojame kiekvienos žemės dangos užimamus absoliutinius plotus (ha) ir santykinius plotus (%), taip pat apjungėme 111, 112, 121, 122, 123, 124, 131, 132, 133, 141 ir 142 klases į urbanizuoto kraštovaizdžio kategoriją, 211, 222, 231, 242 ir 243 klases – į agrarinio kraštovaizdžio kategoriją, o 311, 312, 313, 321, 322, 324, 331, 333, 334, 411, 412, 511 ir 512 klases – į gamtinio kraštovaizdžio kategoriją ir apskaičiuojame atskirų kategorijų absoliutinius ir santykinius plotus. Viso duomenų bazėje yra 20 upių baseinų.

Atlikus Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių žemės dangos klasių ir dominuojančių kraštovaizdžio tipų grupavimą ir statistinę analizę paaiškėjo, kad gamtinio ir agrarinio kraštovaizdžio dalis žymiai skiriasi (Pav. 18). Žeimenos ir Merkio baseinai pasižymi ryškiu gamtinio kraštovaizdžio klasių dominavimu, kur gamtinės žemės dangos klasės užima daugiau kaip pusę bendro baseino ploto (59-61%; Lentelė 4); Neris, Pajūrio upių, Dauguvos, Nemuno, Minijos ir Nemunėlio baseinuose gamtinio kraštovaizdžio klasės sudaro nuo trečdaliu iki pusės (35.7-44.5%), Šventosios, Ventos, Jūros, Dubysos, Akmenos-Danės, Priegliaus ir Nevėžio baseinuose – beveik trečdalį (29.7-32.3%) ir Mūšos, Šešupės, Lielupės ir Bartuvos baseinuose – mažiau kaip ketvirtadalį (14.6-24.9%) bendro ploto. Detali atskirų Lietuvos upių baseinų žemės dangos statistika pateikiama ataskaitos 4 priede.



**Paveikslas 18.** Lietuvos upių baseinų urbanizuoto (raudona), agrarinio (geltona) ir gamtinio (žalia) kraštovaizdžio plotų santykiai.

Analogiški skaičiavimai atlikti ir 259 Lietuvos upių pabaseiniams, kurių žemės dangos atskirų klasių ir trijų pagrindinių kraštovaizdžio tipų absoliutiniai ir santykiniai plotai pateikiami atskiroje CLC\_BASINS\_RESULTS duomenų bazės lentelėje. Pagrindinių kraštovaizdžio tipų absoliutinių ir santykinų plotų Lietuvos upių pabaseiniuose suvestinė pateikiama ataskaitos 5 priede.

Atlikus regresinę analizę (Pav. 19-A,C,E) paaiškėjo, kad upių baseinų gamtinio kraštovaizdžio dalis praktiškai nepriklauso nuo baseinų plotų, todėl galima teigti, kad didieji baseinai yra pakankamai diskretiški erdviniai kraštovaizdžio kompleksai, ir kiekvienam jų būdingos savitos kraštovaizdžio elementų proporcijos.

**Lentelė 4.** Dominuojančių kraštovaizdžio tipų užimami plotai ir jų santykiai Lietuvos upių baseinuose (apskaičiuota pagal CLC2000/20 duomenis).

Baseinai	Urbanizuoto landšafto plotas (ha)	Urbanizuoto landšafto dalis (%)	Agrarinio landšafto plotas (ha)	Agrarinio landšafto dalis (%)	Gamtinio landšafto plotas (ha)	Gamtinio landšafto dalis (%)	Bendras plotas (ha)
Akmena-Danė	3,969.0	6.9	36,536.9	63.1	17,385.1	30.0	57,891.0
Bartuva	2,781.5	3.7	61,185.4	81.7	10,956.6	14.6	74,923.5
Dauguvos intakai	3,994.1	2.1	106,526.5	56.9	76,564.7	40.9	187,085.3
Dubysa	5,542.7	2.8	130,936.1	66.6	60,112.2	30.6	196,591.0
Jūra	11,494.6	2.9	263,919.1	65.9	125,091.9	31.2	400,505.6
Lielupės mažieji intakai	5,682.6	3.2	140,634.5	80.3	28,758.1	16.4	175,075.2
Merkys	5,601.5	1.5	150,064.9	39.5	224,225.9	59.0	379,892.3
Minija	8,666.9	2.9	175,952.6	59.8	109,377.1	37.2	293,996.5
Mūša	20,231.0	3.8	377,597.8	71.3	131,814.5	24.9	529,643.3
Nemunėlis	4,382.9	2.3	118,003.0	62.0	67,818.4	35.7	190,204.3
Nemuno mažieji intakai	32,009.8	3.5	537,220.3	58.5	349,017.8	38.0	918,248.0
Neris	29,139.9	6.8	207,696.9	48.7	189,853.0	44.5	426,689.8
Nevėžis	20,995.9	3.4	410,788.7	66.9	182,256.6	29.7	614,041.2
Pajūrio upės	5,496.6	10.6	24,346.7	47.0	21,954.4	42.4	51,797.8
Priegliaus intakai	108.4	1.4	5,168.0	68.6	2,256.6	30.0	7,532.9
Šešupė	15,155.1	3.2	356,538.1	74.8	105,264.7	22.1	476,957.9
Šventoji	15,736.4	2.3	443,643.1	65.3	219,545.3	32.3	678,924.7
Šventoji - pajūris	1,473.1	3.8	22,146.5	56.7	15,408.6	39.5	39,028.3
Venta	16,709.4	3.3	331,564.0	64.5	165,536.8	32.2	513,810.2
Žeimena	4,509.1	1.6	101,435.8	36.5	171,641.0	61.8	277,586.0
<b>Viso:</b>	<b>213,680.5</b>		<b>4,001,904.8</b>		<b>2,274,839.6</b>		<b>6,490,424.8</b>

Tuo tarpu gerokai mažesnio ploto upių pabaseiniuose dominuojantiems gamtinio ir agrarinio kraštovaizdžio tipams (Pav. 19-B,D) išryškėja tam tikros priklausomybės nuo konkrečių pabaseinių plotų (gamtiniam kraštovaizdžiui – tiesioginė, agrariniam – atvirkštinė).

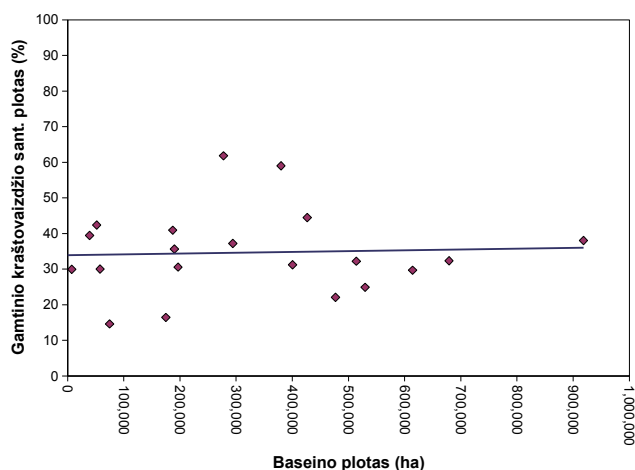
Šios tendencijos nederėtų aiškinti vien tik statistine atsitiktinių dydžių teorija (kuo didesnis analizuojamas plotas, tuo didesnė tikimybė, kad išryškės tam tikro elemento dominavimas) bent jau todėl, kad, kaip jau žinome iš 3 skyriuje išanalizuoto Lietuvos kraštovaizdžio struktūros, Lietuvoje iš esmės dominuoja agrarinis kraštovaizdis, todėl analizuojant didesnio ploto teritorijas, agrarinio kraštovaizdžio santykinis plotas jose turėtų tendencingai didėti. Tuo tarpu regresinė analizė atskleidė visiškai atvirkštinę tendenciją. Mūsų manymu, taip yra todėl, kad mažosios agrarinio kraštovaizdžio upės sovietmečiu buvo žymiai intensyviau melioruojamos (tiesinamos jų vagos, su kultūrinami baseinai), negu didžiosios. Kaip tik dėl šios priežasties galėtų pasireikšti 19 paveiksle matoma tendencija, kai didėjant upių pabaseinių plotams, didėja juose esančio gamtinio kraštovaizdžio santykiniai plotai ir mažėja agrarinio kraštovaizdžio santykiniai plotai.

Lyginant Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių žemės dangos klasių ir pagrindinių kraštovaizdžio tipų proporcijas, aiškiai matyti, kad atskiriems pabaseiniams būdinga aiški pagrindinių kraštovaizdžio tipų santykinų plotų imčių asimetrija (teigiama agrarinio kraštovaizdžio tipui ir neigiama – gamtiniam kraštovaizdžiui; Pav. 20), iš esmės atitinkanti 3.2. skyriuje aprašytas disproporcijas, nulemtas specifinės Lietuvos kraštovaizdžio struktūros. Tiek upių baseiniuose, tiek ir pabaseiniuose, urbanizuotas kraštovaizdis dažniausiai užima iki 5% bendro ploto (Pav. 20 A, D). Agrarinis kraštovaizdis upių baseiniuose dažniausiai sudaro 50-70%, o pabaseiniuose šio kraštovaizdžio komplekso dominavimo ribos kiek išsiplečia (40-90%; Pav. 20 B, E). Gamtinio kraštovaizdžio kompleksui būdinga analogiška tendencija: upių baseiniuose jis dažniausiai sudaro 30-45% bendro ploto, o pabaseiniuose – 10-50% (Pav. 20 C, F).

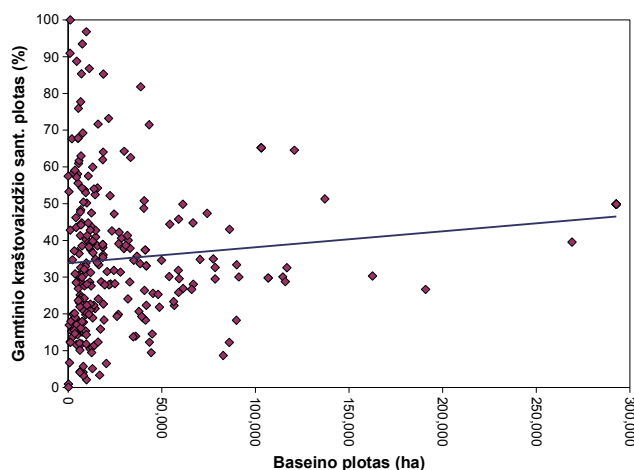
Gamtinis kraštovaizdžio kompleksas ryškiai dominuoja (užima >75% bendro ploto) vos 11 Lietuvos upių pabaseinių (pvz. Neries baseine – Soročia (100%), Bezdonė; Nemuno baseine – Šventoji, Viešvilė; Merkio baseine – Skroblus (>90%), Grūda, Ūla-Pelesa, Cirvija; Ventos baseine – Šona), tuo tarpu agrarinis kraštovaizdis dominuoja (>75%) net 67 Lietuvos upių pabaseiniuose, kurių daugelis, išskyrus Šešupę, Bartuvą ir Mūšą, yra mažosios upės (Lielupės baseine – 6 upės, Nemuno ir Šventosios – po 4, Neries ir Minijos – po 3, Dauguvos, Ventos, Mūšos ir Jūros – po 2, Nevėžio, Dubysos, Bartuvos ir pajūrio upių – po 1).

Lietuvos upių pabaseinių pagrindinių žemės dangos klasių santykinų plotų pasiskirstymo žemėlapiai pateikiami šios ataskaitos žemėlapių priedo 15 skyriuje, o kraštovaizdžio tipų santykinų plotų pasiskirstymo žemėlapiai – 16 skyriuje. Pagal santykinus plotus upių pabaseiniuose dominuojančios žemės dangos klasės yra nedrėkinama dirbama žemė (211), kuri vidurio Lietuvoje dengia 40-90% paviršiaus, kompleksinės žemdirbystės teritorijos (242) – 20-50% vidurio-rytų ir vakarinėje šalies dalyje, agrolandšaftas su gamtiniais elementais (243) – 20-30% vidurio-rytų Lietuvoje ir dalyje Žemaitijos aukštumos, spygliuočių miškai (312) – 50-90% pietrytinėje ir dalyje rytų Lietuvos, mišrūs miškai (313) – 20-40% kai kur vakarinėje, centrinėje ir rytinėje Lietuvoje ir lapuočių miškai (311) – 15-30% centrinėje ir šiaurinėje šalies dalyje.

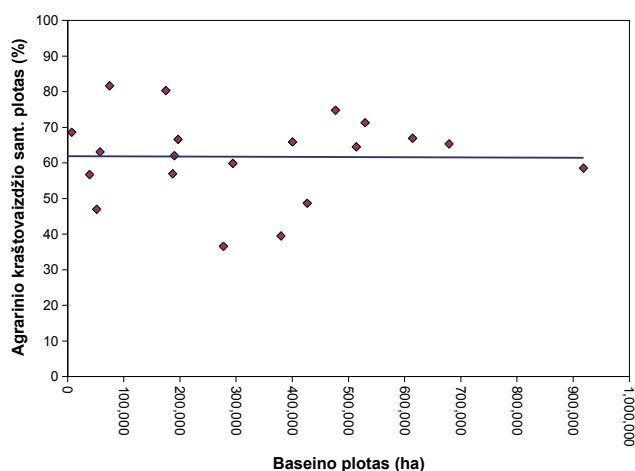
Agrarinio kraštovaizdžio tipas ryškiai dominuoja (>70% bendro atskirų pabaseinių ploto) šiaurės, vidurio ir pietvakarių-vakarų Lietuvoje, tuo tarpu gamtinis – dominuoja (>50%) rytų-pietryčių Lietuvoje, Panemunėje ir Žemaitijoje.



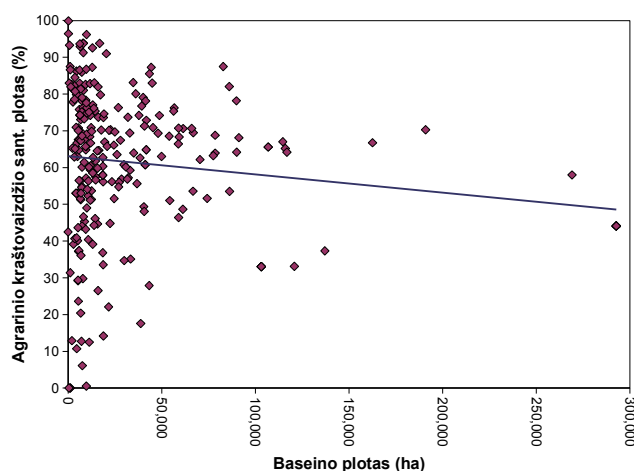
**A**



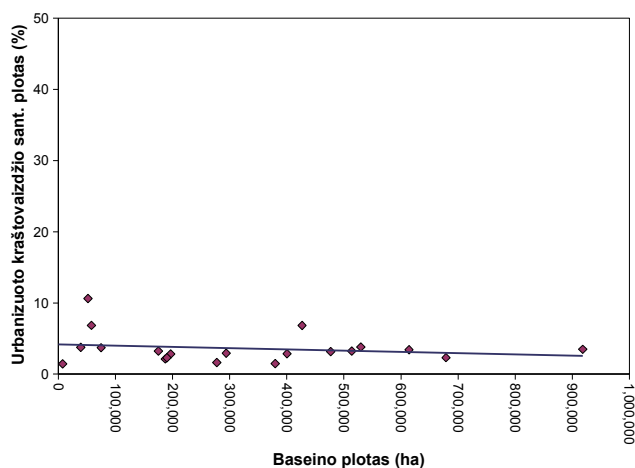
**B**



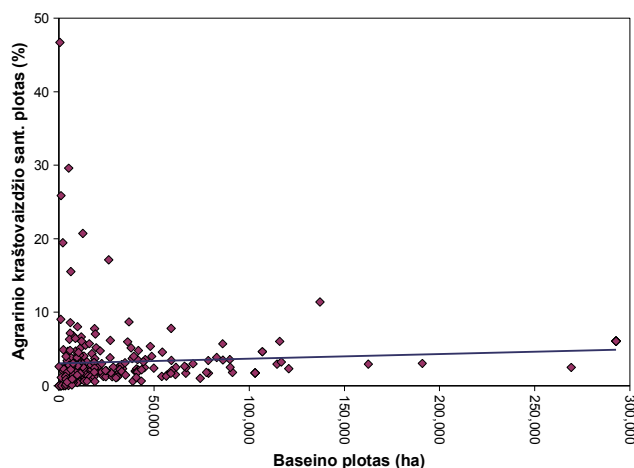
**C**



**D**



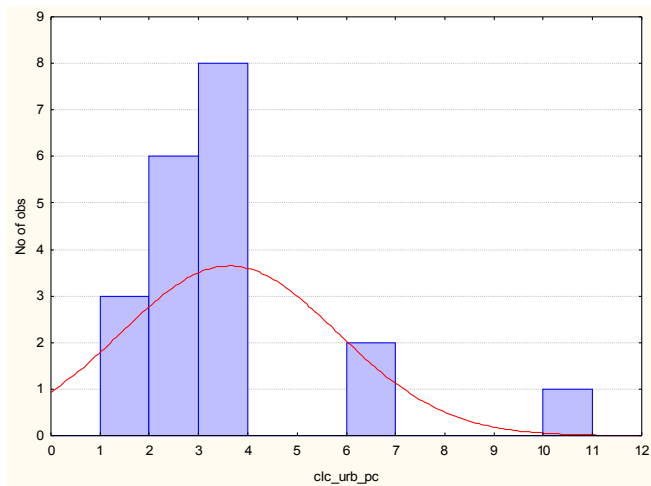
**E**



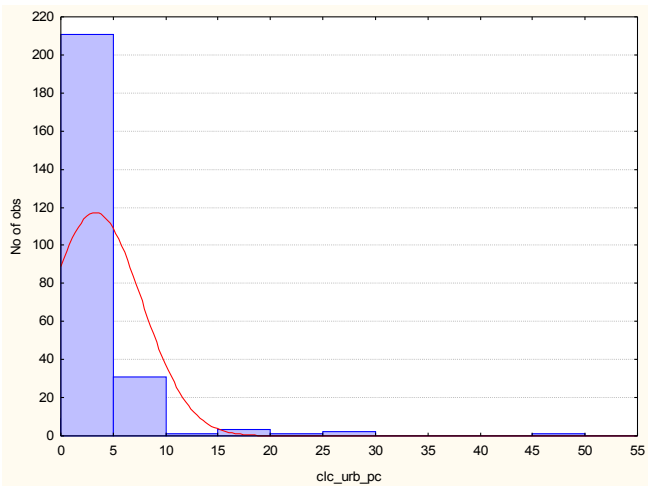
**F**

**Paveikslas 19.** Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių gamtinio (atitinkamai A ir B), agrarinio (C ir D) ir urbanizuoto (E ir F) kraštovaizdžio tipų santykinių plotų priklausomybės nuo baseinų (pabaseinių) plotų regresinės analizės rezultatai.

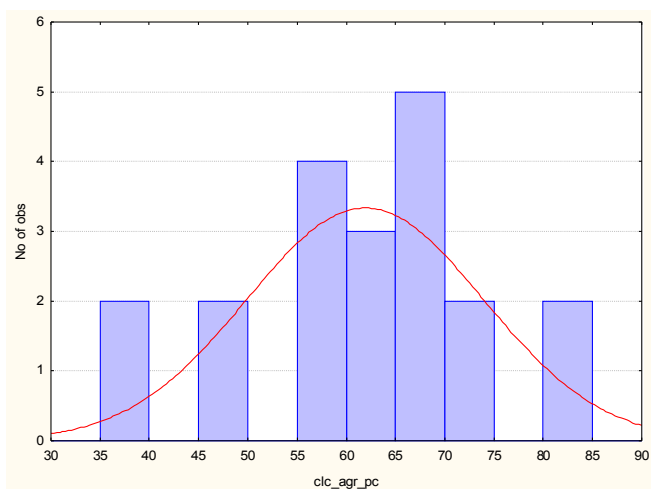




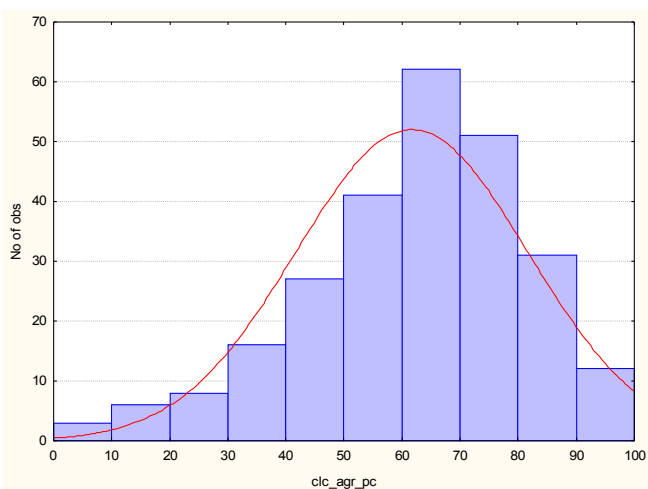
**A**



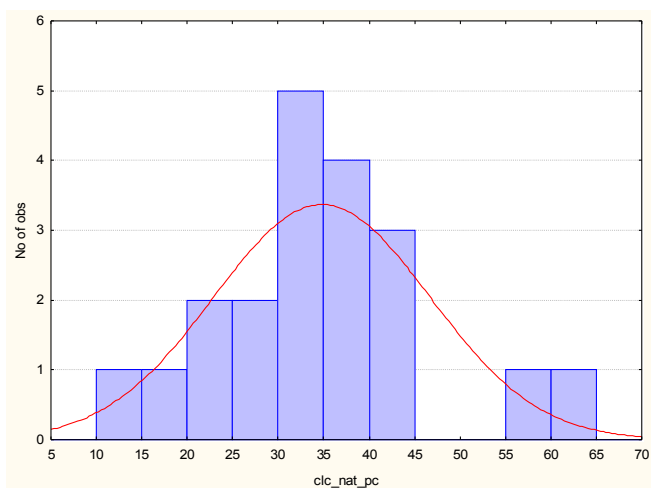
**D**



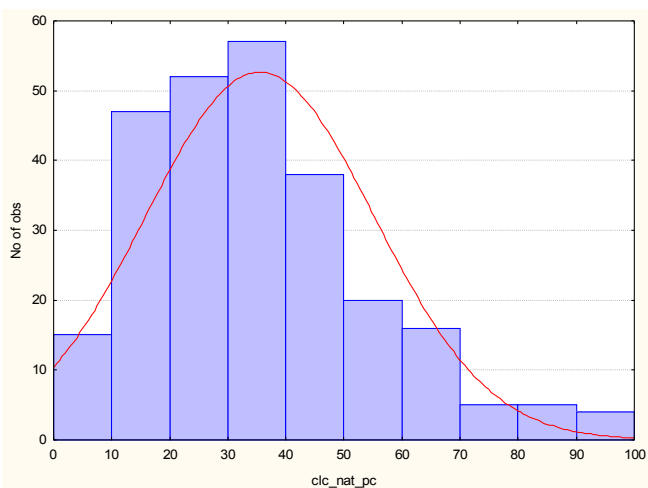
**B**



**E**



**C**



**F**

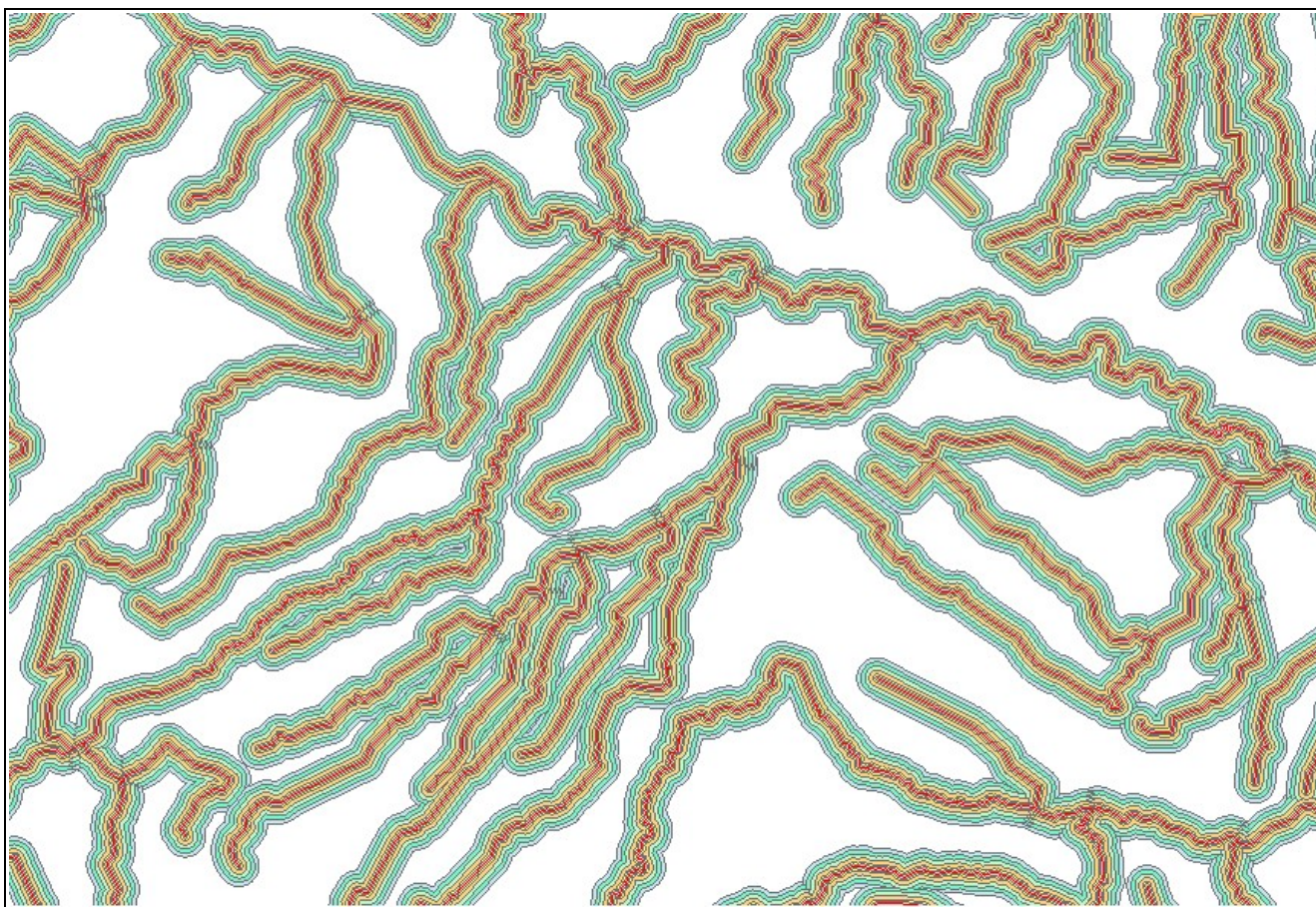
**Paveikslas 20.** Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių urbanizuoto (atitinkamai A ir D), agrarinio (B ir E) ir gamtinio (C ir F) kraštovaizdžio tipų santykinų plotų reikšmių pasiskirstymo histogramos.

### 4.3. Upių apsauginių zonų žemės dangos analizė

Upių pakrantėse ir gretutinėse teritorijose – apsauginėse juostose – dominuojantys žemės dangos elementai be jokios abejonės tiesiogiai lemia vandens telkinių ekologinę būklę ir išsklaidytos taršos poveikį. Kadangi mūsų turima Lietuvos hidrografinio tinklo duomenų bazė ir nacionalinė CLC2000 duomenų bazė suteikia pakankamai detalią informaciją šiuo klausimu, nusprendėme atlikti Lietuvos upių apsauginių juostų žemės dangos erdvinę analizę.

Lietuvos Respublikos Vandens įstatyme<sup>55</sup> ir naujoje jo redakcijoje<sup>56</sup> minima, kad paviršiniams vandens telkiniams nustatomos pakrantės apsaugos juostos, o jeigu jie didesni – ir apsaugos zonos, taip pat nurodoma, kad Lietuvos paviršinių vandens telkinių apsaugos zonos ir pakrančių apsaugos juostos, nustatomos vadovaujantis Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų įstatymu<sup>57</sup>. Deja, mums taip ir nepavyko išsiaiškinti, kokio pločio apsauginės juostos (zonos) yra nustatytos Lietuvos upėms.

Kaip jau minėta 4.1.3. paragrafe, atrinkome visas >5 km ilgio Lietuvos upes ir kiekvienai jų ArcGIS programa sugeneravome diskretiškus 50, 100, 200, 300, 400 ir 500 m pločio buferių serijas (Pav. 21). Taip buvo gautos 100, 200, 400, 600, 800 ir 1000 m pločio juostos, orientuotos išilgai atitinkamų upių vagų. Po to šių juostų plotiniai objektai buvo sukirsti su CLC2000/20 GIS duomenų baze, ir taip gautos CLC žemės dangos duomenų bazės skirtingo pločio juostose.



**Paveikslas 21.** Upių apsauginės juostos: 100 m, 200 m, 400 m, 600 m, 800 m, 1000 m.

Pagrindinis šio specifinio tyrimo tikslas – sukurti upių apsauginių juostų informacinę bazę, kurią vėliau būtų gali-

55 Lietuvos Respublikos Vandens įstatymas. 1997 spalio 21, Nr.VIII-474 – Valst. Žin., 1997, Nr. 104-2615

56 Lietuvos Respublikos Vandens įstatymo pakeitimo įstatymas - PROJEKTAS – Valst. Žin., 1997, Nr. 104-2615; 2000, Nr. 61-1816

57 Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų įstatymo pakeitimų įstatymas – PROJEKTAS – Valst. Žin., 1993, Nr. 63-1188; 2001, Nr. 108-3902

ma panaudoti daugelio konkrečių uždavinių sprendimui, kiekybiškai įvertinti upių apsauginių juostų kraštovaizdžio struktūrą bei nustatyti pagrindinius jos priklausomybės nuo pasirinkto apsauginės juostos pločio dėsningumus, kas leistų kiekvienai upei parinkti optimalų apsauginės juostos (zonos) plotį.

#### 4.3.1. Upių klasifikavimas pagal apsauginių juostų žemės dangos struktūrą

Skirtingo pločio upių apsauginėse juostose atlikus žemės dangos klasių grupavimą ir kiekybinį vertinimą ir apibendrinus duomenis iki dominuojančių kraštovaizdžio tipų (urbanizuoto, agrarinio ir gamtinio) lygmens, taip pat apskaičiavus dominuojančių kraštovaizdžio tipų pokyčių tendencijas skirtingo pločio apsauginėse juostose paaiškėjo, kad pagal kraštovaizdžio struktūrą apsauginėse juostose Lietuvos upės galima suskirstyti į penkias kategorijas:

**1 kategorija:** Agrarinis kraštovaizdis sudaro >50% bendro ploto ir jo pokytis skirtingo pločio apsauginėse juostose svyruoja  $\pm 10\%$  ribose. Tai upės, kurių apsauginėse juostose (nepriklausomai nuo jų pločio) ryškiai dominuoja agrarinis kraštovaizdis ir jo proporcija praktiškai nekinta (Pav. 22). Atskirais atvejais gali pakankamai pasireikšti ir urbanizuoto kraštovaizdžio dalis. Tokios paprastai yra atviro agrarinio landšafto upės, neretai melioracijos ištiesinta vaga ir praktiškai neapsaugotos nuo neigiamo antropogeninio poveikio. Nemaža jų dalis yra mažosios upės, kurios sudaro pagrindinę žemės ūkio taršos pernašos dalį į didžiąsias Lietuvos upes.

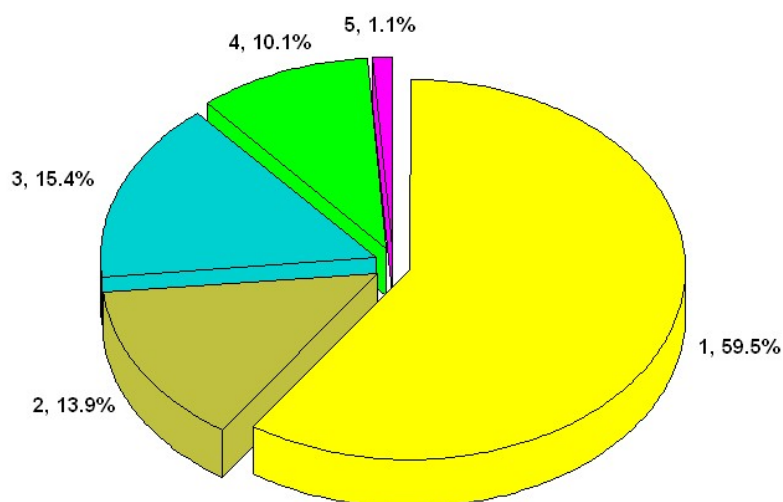
**2 kategorija:** Agrarinio kraštovaizdžio pokytis skirtingo pločio apsauginėse juostose yra didesnis negu +10%. Tai upės, kurių apsauginėse juostose esančio agrarinio kraštovaizdžio santykinis plotas tolydžio didėja, didėjant atstumui nuo upės vagos (naudojant platesnes apsaugines juostas). Tai būdinga natūralioms, melioracijos nesudarytomis upėms (Pav. 23), kurių apsauginėse juostose, priklausomai nuo upių dydžio, dominuoja gamtinio (didesnės upės), arba agrarinio (mažesnės upės) kraštovaizdžio tipas. Šioms atviro (iš esmės – agrarinio su gausiais gamtiniais elementais) landšafto upėms būdinga tai, kad jų pakrantės ir šlaitai dažniausiai būna apaugę mišku, kuris sudaro natūralų ekologinį buferį tarp upių vagų ir agrarinių arba urbanizuotų teritorijų.

**3 kategorija:** Agrarinio kraštovaizdžio pokytis skirtingo pločio apsauginėse juostose yra mažesnis negu -10%. Tai upės, kurių apsauginėse juostose agrarinio kraštovaizdžio dalis tolydžio mažėja, didėjant atstumui nuo upės vagos (Pav. 24). Kai kuriais atvejais ryškiai dominuoja gamtinio kraštovaizdžio tipas. Tai nedidelės natūralios, neretai miškingų rajonų upės, greta kurių pasitaiko kaimų, ganyklų ar net dirbamų laukų, bet gretutinės teritorijos dažniausiai apaugę miškais.

**4 kategorija:** Gamtinis kraštovaizdis sudaro >50% bendro ploto, o agrarinio kraštovaizdžio pokytis skirtingo pločio apsauginėse juostose svyruoja  $\pm 10\%$  ribose. Tai upės, kurių apsauginėse juostose ryškiai dominuoja gamtinis kraštovaizdis (Pav. 25) ir jo proporcijos didėjant apsauginės juostos pločiui praktiškai nekinta, kitoms kraštovaizdžio grupėms bendrai neviršijant 20% lygio. Kaip ir priskirtos 3 grupei, šios upės paprastai teka miškinguose regionuose ir išlikę natūralios. Dažniausiai tai yra mažosios upės – didesnių upių intakai.

**5 kategorija:** Agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio dalis sudaro <50% bendro ploto ir jų pokyčiai skirtingo pločio apsauginėse juostose nesiekia  $\pm 10\%$ . Tai upės, kurių apsauginėse juostose agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio dominavimas nepasireiškia ir jų proporcijos praktiškai nekinta, nepriklausomai nuo apsauginės juostos pločio (Pav. 26), t.y. joms negalima pritaikyti nė vienos iš anksčiau minėtų keturių kategorijų žemės dangos struktūros kiekybinių charakteristikų. Neretai 5 kategorijos upių apsauginėse juostose ryškiai dominuoja urbanizuotas kraštovaizdis (Girstupis, Veršvas, Ratnyčia ir kitos), arba joms būdingas beveik idealiai tikslus 1:1 agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio tipų santykis (Jūrė, Vingris, Suleva). Tokios upės Lietuvoje sudaro labai nedidelę dalį.

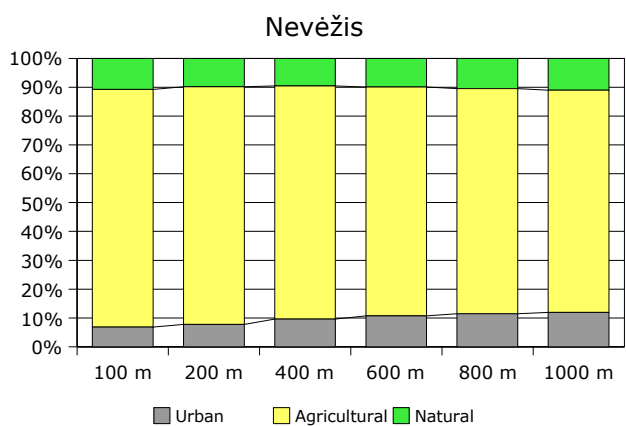
Atlikus upių grupavimą į 5 minėtas kategorijas (Pav. 27) paaiškėjo, kad Lietuvoje ryškiai dominuoja agrarinio kraštovaizdžio (1 kategorijos) upės, kurios sudaro beveik 60% bendro upių skaičiaus. Agrarinio kraštovaizdžio upių, kurių slėniai ar šlaitai gausiai apaugę mišku (2 kategorija) ir gamtinio kraštovaizdžio upių, kurių pakrantėse dažniau pasitaiko urbanizuoto/agrarinio kraštovaizdžio elementai (3 kategorija) Lietuvoje yra maždaug po lygiai ir jos kartu sudaro maždaug trečdalį (29%) visų Lietuvos upių. Melioracijos nepalietusių gamtinio kraštovaizdžio (dažniausiai – miškų) upių (4 kategorija) Lietuvoje yra maždaug 10%, o ryškiai urbanizuotų arba beveik tiksloje agrarinio/gamtinio kraštovaizdžio pusiausvyroje esančių upių (5 kategorija) Lietuvoje yra vos 1%.



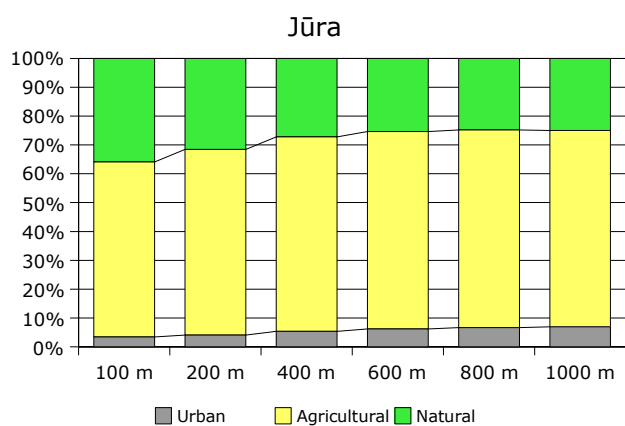
**Paveikslas 27.** Lietuvos upių pasiskirstymas pagal apsauginių juostų žemės dangos struktūros kategorijas.

Praktiniam naudojimui mūsų siūloma upių kategorizavimo schema tam tikra prasme gali pasirodyti sudėtinga, nes mes remiamės ne tik pagrindinių kraštovaizdžio tipų santykių, bet ir jo kaitos tendų vertinimu skirtingo pločio apsauginėse juostose. Norint atlikti tokius skaičiavimus, būtina pasitelkti detalias žemės dangos GIS duomenų bazines ir erdvinės bei statistinės analizės metodus.

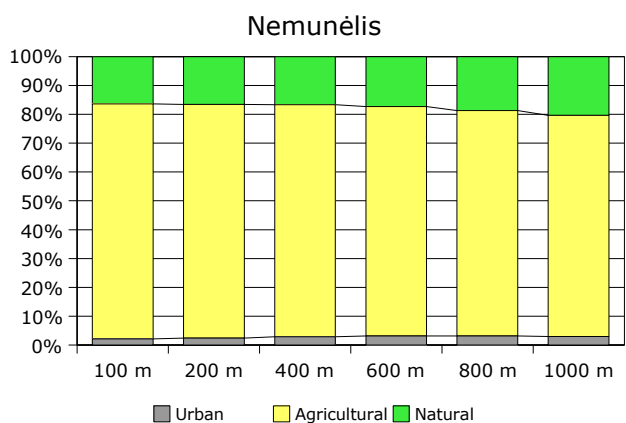
Tikėdamiesi palengvinti mūsų siūlomos upių kategorijų klasifikacijos schemos praktinį pritaikymą (ir, esant reikalingai, jos tobulinimą), mes pateikiame pilną visų (>5 km ilgio) upių apsauginėse juostose esančių žemės dangos elementų ir jų tipų absoliutinių ir santykinų verčių duomenų bazę, kurioje taip pat jau yra apskaičiuotos ir visų upių kategorijų vertės (CLC00\_Sum\_Upes\_Juostos lentelė CLC\_BASINS\_RESULTS duomenų bazėje; lentelės atributinių laukų specifikacija pateikiama ataskaitos 1 priedo 1.4 paragrafe). Peržiūrint mūsų siūlomus upių kategorizacijos kriterijus, galima nesunkiai apskaičiuoti naujas upių kategorijų vertes ar netgi peržiūrėti kategorijų skaičių. Bet kuriuo atveju, manau, skaičiavimai parodys tas pačias penkias esmines tendencijas: yra keturios upių grupės (dominuoja agro- arba gamtinis kraštovaizdis arba jų santykis ryškiai kinta skirtingo pločio apsauginėse juostose), taip pat lieka nedidelė grupė upių, kurioms negalima pritaikyti standartinių taisyklių.



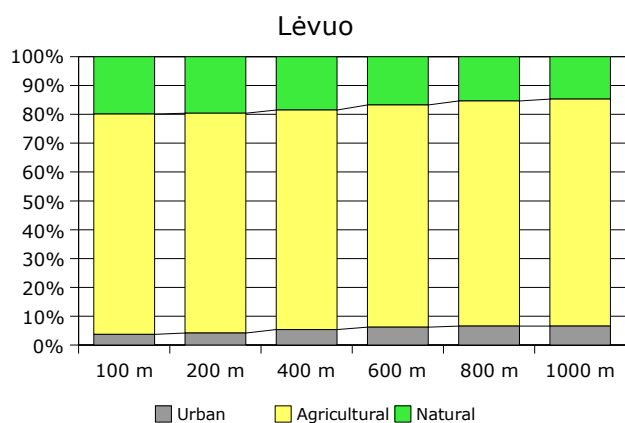
**A**



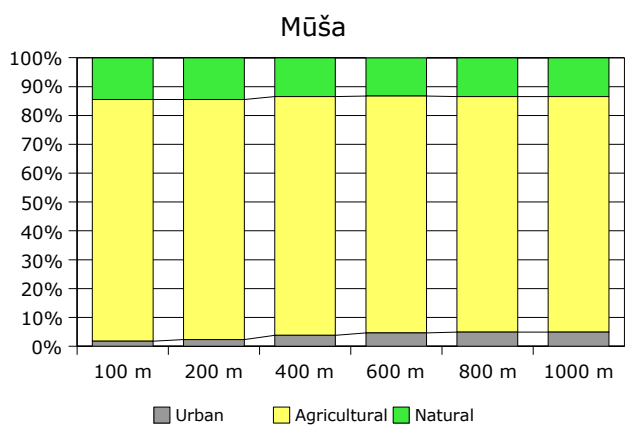
**B**



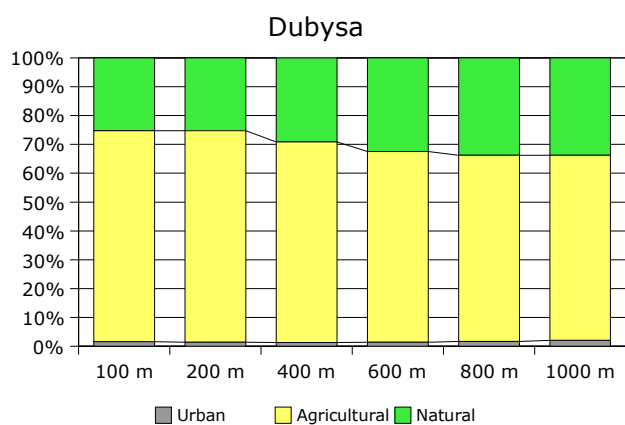
**C**



**D**

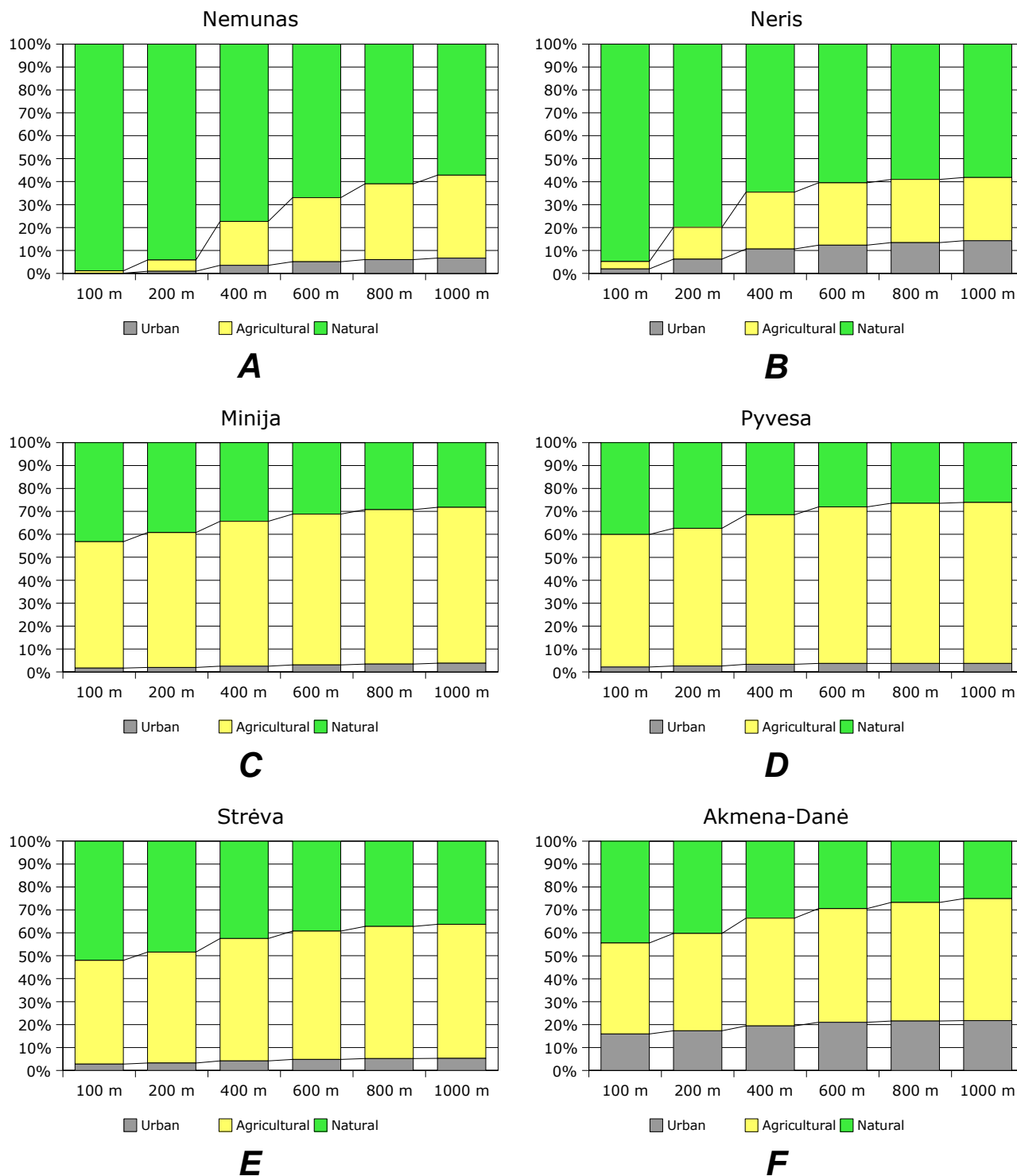


**E**

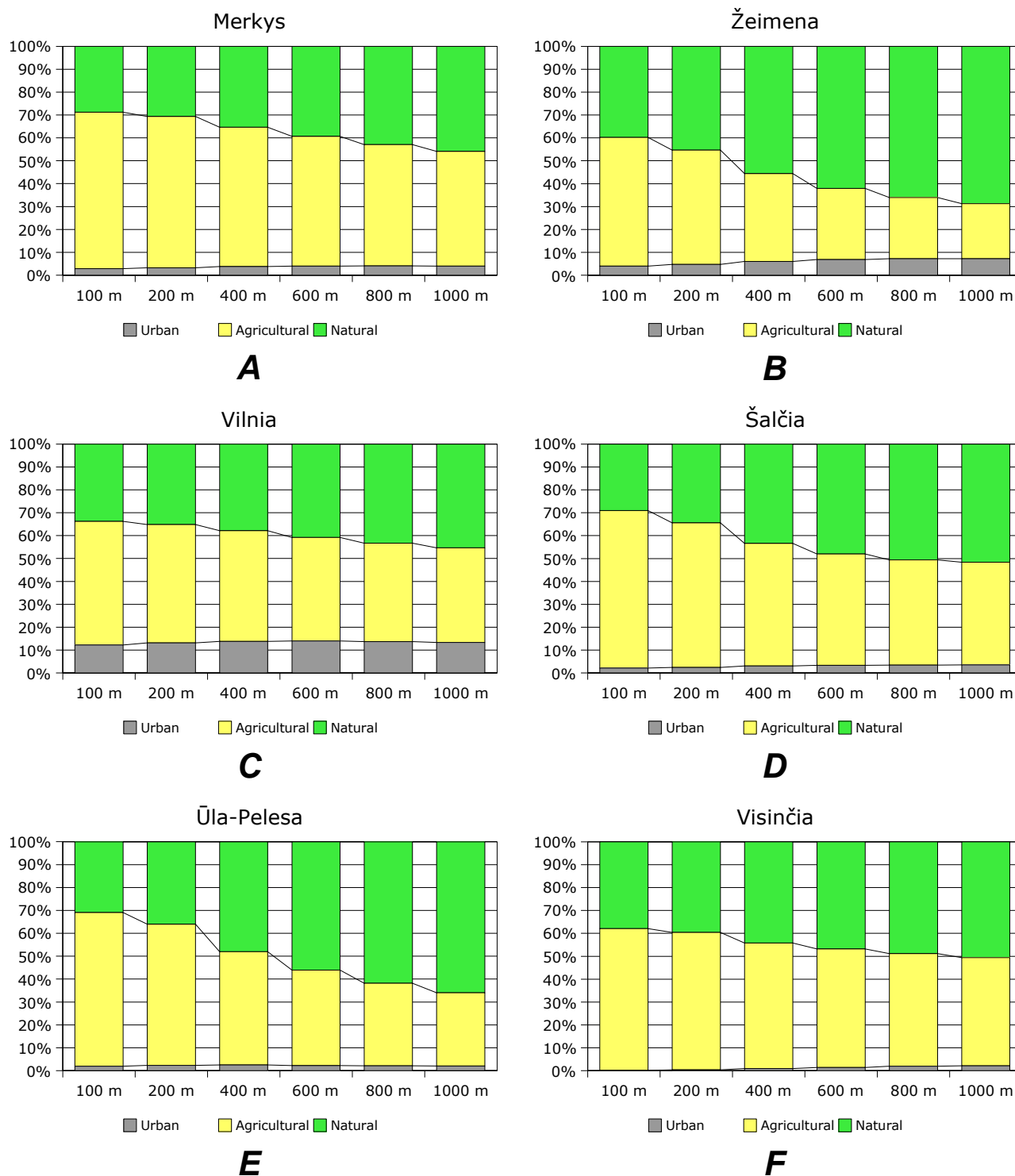


**F**

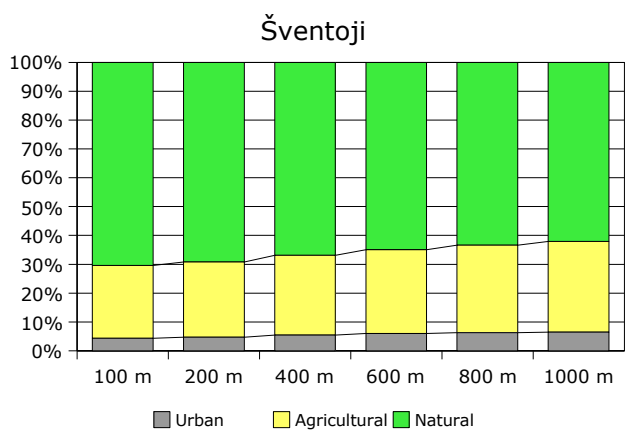
**Paveikslas 22.** Pagrindinės 1-os kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose ryškiai dominuoja agrarinis kraštovaizdis, ir jo proporcija praktiškai nekinta.



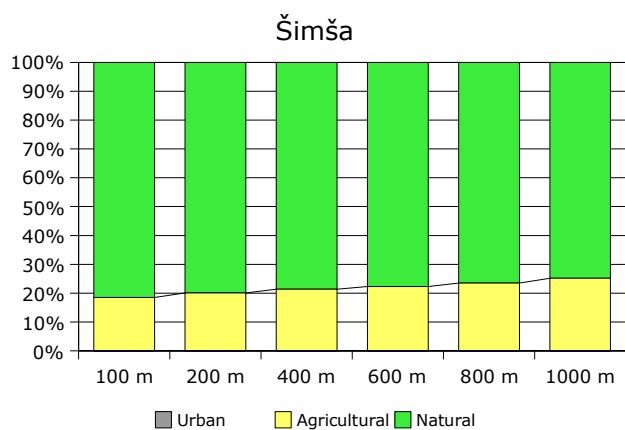
**Paveikslas 23.** Pagrindinės 2-os kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose esančio agrarinio kraštovaizdžio santykinis plotas tolydžio didėja, didėjant atstumui nuo upės vagos.



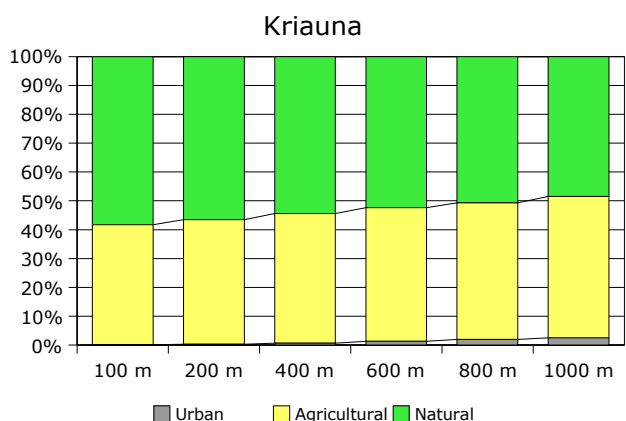
**Paveikslas 24.** Pagrindinės 3-ios kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose agrarinio kraštovaizdžio dalis tolydžio mažėja, didėjant atstumui nuo upės vagos.



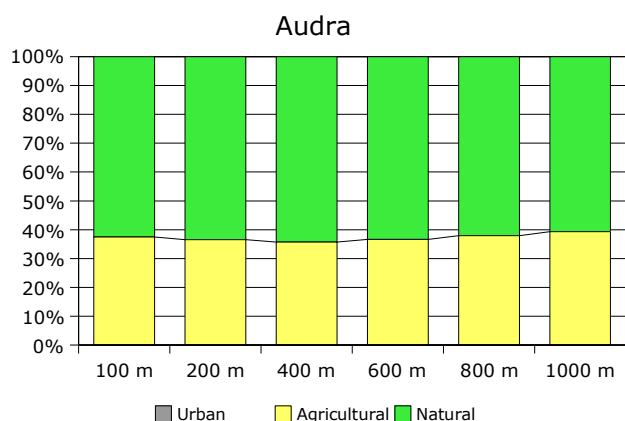
**A**



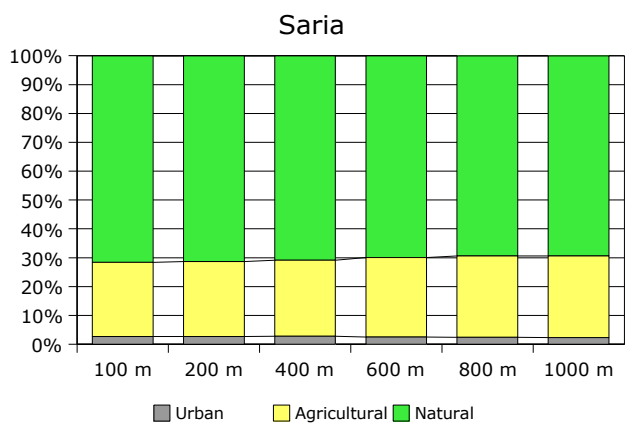
**B**



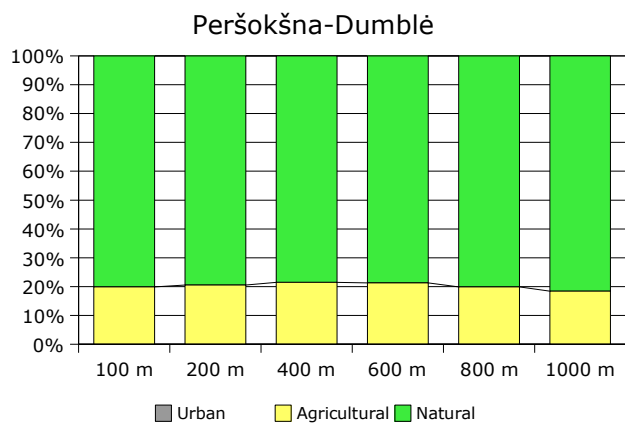
**C**



**D**



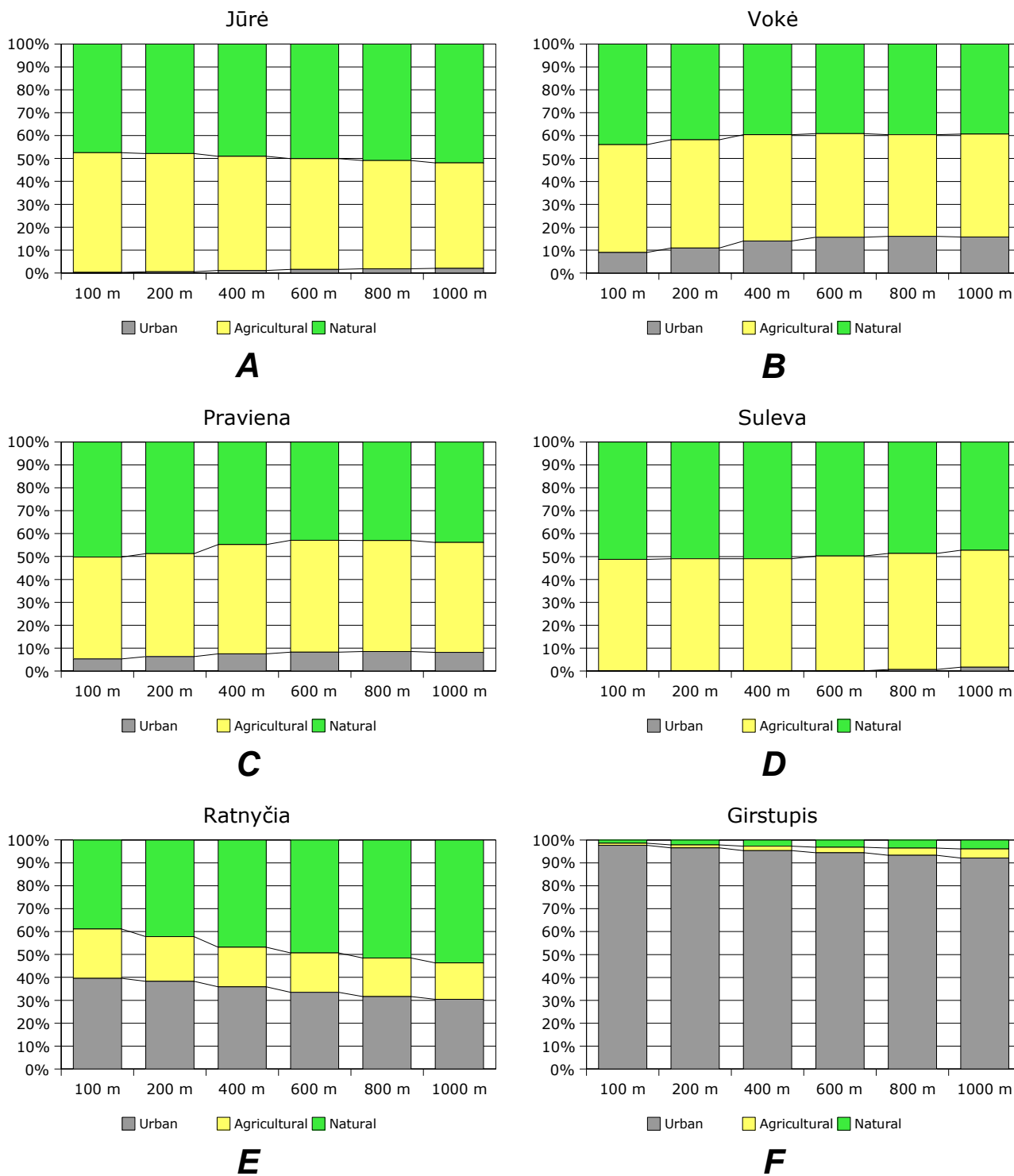
**E**



**F**

**Paveikslas 25.** Pagrindinės 4-os kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose dominuoja gamtinis kraštovaizdis, ir jo proporcija mažai kinta.





**Paveikslas 26.** Pagrindinės 5-os kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio proporcijos beveik lygios ir mažai kinta.

### 4.3.2. Optimalaus pločio upių apsauginių juostų modeliavimas

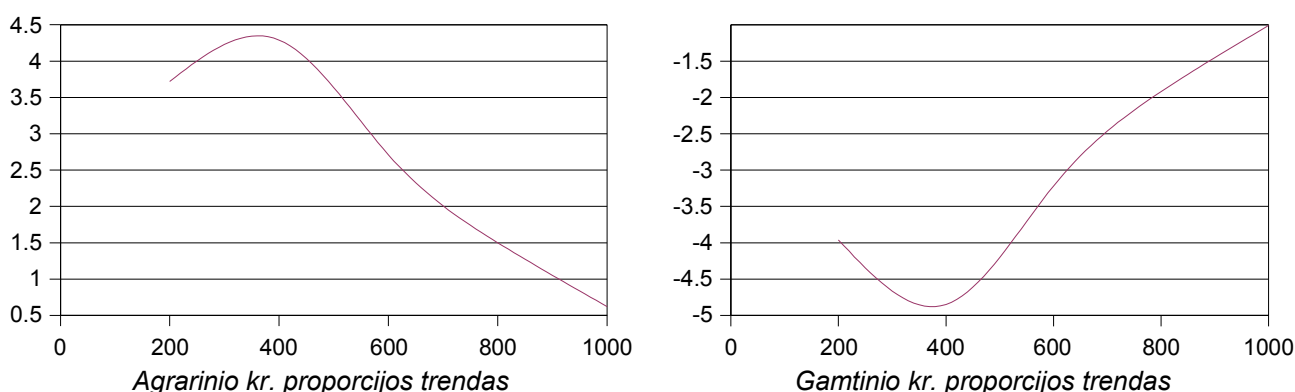
Optimalaus pločio upių apsauginių juostų parinkimas be jokios abejonės yra pirmajai svarbos uždavinys, nes būtina ne tik užtikrinti reikiama upių apsaugos statusą, bet ir išvengti neigiamų socialinių-ekonominių padarinių, kurios neišvengiamai kyla taikant nepagrįstai griežtas aplinkosaugos priemones, o tai neretai sumažina tų pačių aplinkosaugos priemonių efektyvumą. Todėl bene vienintelis tinkamas metodas šiuo atveju yra erdviųjų GIS optimizavimo sprendinių taikymas kiekvienu konkrečiu atveju.

Deja, atlikti tokios milžiniškos apimties darbą visoms Lietuvos upėms būtų techniškai labai sudėtinga, ir tai pareikalautų didelių darbo sąnaudų. Be to, tokią detalią kartografinę medžiagą naudoti praktiškai būtų gana sudėtinga, kadangi upių apsauginės juostos būtų nepastovaus pločio. Todėl, siekiant rasti paprastą ir praktiniam naudojimui patogų sprendimą, galima bandyti parinkti tinkamo pločio upių apsaugines juostas, remiantis vien tik žemės dangos elementų kiekybine analize skirtingo pločio apsauginėse juostose.

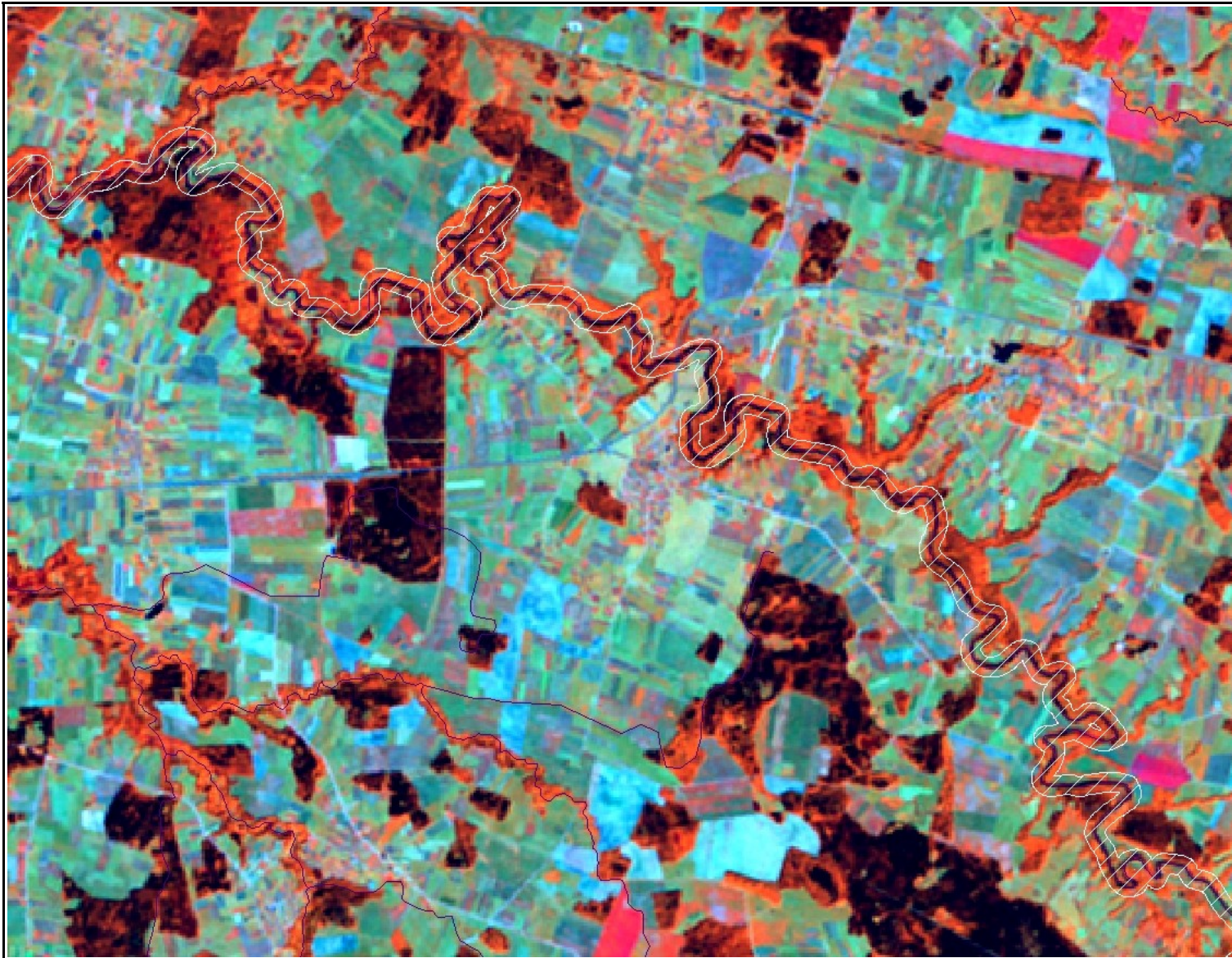
Ankstesniuose šio skyriaus paragrafuose matėme, kad Lietuvos upių apsauginių juostų žemės dangos struktūra kinta, priklausomai nuo naudojamų juostų pločio. Realūs šio reiškinio pavyzdžiai pateikiami 28 A, B ir C paveiksluose, kur aiškiai matomas Minijos upės slėnio žemės dangos elementų kosminis vaizdas ir tai, kokia upės slėnio dalis realiai patenka į skirtingo pločio apsaugines juostas. Akivaizdu, kad būtent šiai Minijos atkarpai 200 m pločio apsauginė juosta yra per siaura, o 1000 m juosta – per plati. Tuo tarpu 600 m pločio apsauginė juosta apima praktiškai visus ekologiniu požiūriu svarbiausius upės slėnio ir šlaitų kraštovaizdžio elementus, taigi galima teigti, kad 500-600 m pločio juosta šiai upės atkarpai yra optimali.

Minijos upės slėnio ir gretutinių teritorijų pagrindinių kraštovaizdžio tipų santykinų plotų proporcijos skirtingo pločio apsauginėse juostose pateikiamos Pav. 23 C. Pagal 4.3.1. paragrafe siūlomą upių klasifikacijos schemą, Minija patenka į 2 upių kategoriją, t.y. ji iš esmės yra melioracijos nepažeista agrarinio kraštovaizdžio upė, kurios krantai (šlaitai) yra turtingi gamtinio kraštovaizdžio elementų ir jų proporcija dėsningai mažėja tolstant nuo upės vagos. Šis dėsningumas puikiai matyti ir 28 paveiksle pateikiamoje LANDSAT kosminėje nuotraukoje.

Apskaičiavus agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio tipų proporcijų pokyčių reikšmes skirtingo pločio apsauginėse juostose (Pav. 29) gauname, kad šie parametrai apčiuopiamai kinta tik pirmosiose trijose juostose (t.y. iki 500-600 m pločio juostos išorinių ribų), o didesniu atstumu jų santykinų plotų santykis nusistovi. Tai reiškia, kad Minijos upės slėniui būdingas kraštovaizdžio kompleksas apima iki 600 m pločio juostą išilgai upės vagos, o didesniu atstumu esantys kraštovaizdžio elementai reikšmingos įtakos nebeteri. Taigi galima teigti, kad optimali Minijos upės apsauginė juosta turėtų būti ne platesnė kaip 500-600 metrų.

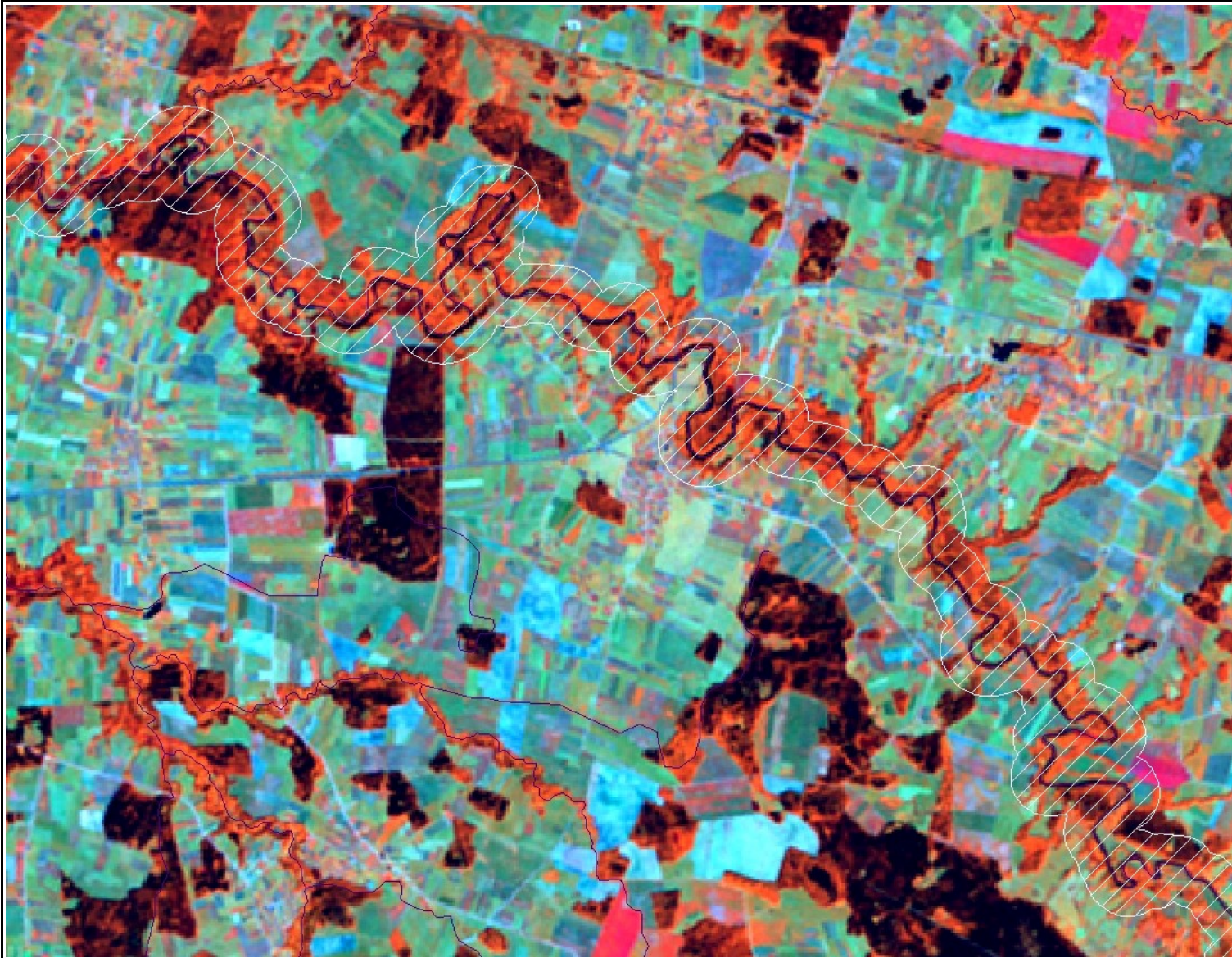


**Paveikslas 29.** Minijos upės agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio tipų santykinų plotų pokyčiai skirtingo pločio apsauginėse juostose.



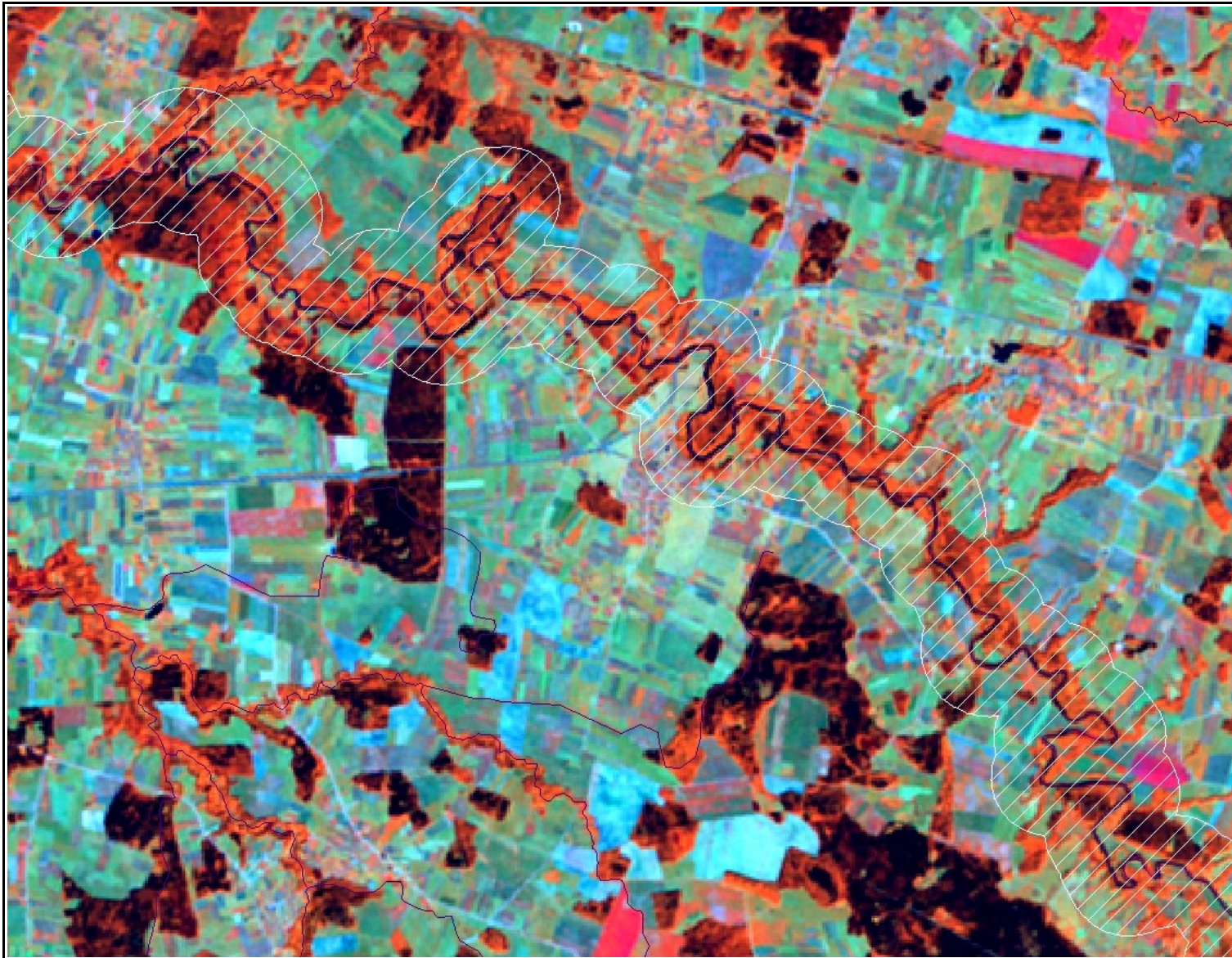
**Paveikslas 28 A.** Minijos upės atkarpa su pažymėta 200 m pločio apsaugine juosta (100 m buferis išilgai upės vagos). Pagrindas – LANDSAT ETM palydovinė nuotrauka (1999.07.31; spektrinės juostos: 4, 5, 3).

Nuotraukoje matyti, kad 200 m pločio juosta nepilnai dengia upės slėnį ir šlaitus, todėl yra nepakankamo pločio.



**Paveikslas 28 B.** Minijos upės atkarpa su pažymėta 600 m pločio apsaugine juosta (300 m buferis išilgai upės vagos). Pagrindas – LANDSAT ETM palydovinė nuotrauka (1999.07.31; spektrinės juostos: 4, 5, 3).

Nuotraukoje matyti, kad 600 m pločio juosta pilnai dengia upės slėnį ir šlaitus, bet tuo pačiu apima ir dalį dirbamų laukų bei gyvenviečių, todėl galima teigti, kad ji yra pakankamo pločio, bet ne visiškai optimizuota upės slėnio reljefo atžvilgiu.



**Paveikslas 28 C.** Minijos upės atkarpa su pažymėta 1000 m pločio apsaugine juosta (500 m buferis išilgai upės vaigos). Pagrindas – LANDSAT ETM palydovinė nuotrauka (1999.07.31; spektrinės juostos: 4, 5, 3).

Nuotraukoje matyti, kad 1000 m pločio juosta pilnai dengia upės slėnį ir šlaitus, bet apima ir didelius dirbamų laukų plotus bei ištisas gyvenvietes, todėl galima teigti, kad ji yra pernelyg plati.

Ar įmanoma, remiantis Minijos upės pavyzdžiu, sumodeliuoti optimalaus pločio apsaugines juostas ir kitoms Lietuvos upėms?

Minijos atveju, lyginant 100 ir 200 m pločio apsaugines juostas, kuriose agrarinis kraštovaizdis sudarė atitinkamai 55.12 ir 58.84%, šio kraštovaizdžio tipo santykinis plotas padidėjo 3.72 procentiniais punktais, kas sudaro 6.75% prieaugį. Atitinkamai, lyginant 200 ir 400 m apsaugines juostas, agrarinio kraštovaizdžio prieaugis sudaro 7.29%, o 400 ir 600 m juostas – tik 4.29%, ir toliau jis staigiai mažėja. Objektvyiam vertinimui, būtina prieaugio reikšmės perskaičiuoti 100 m apsauginės juostos pločio (išskyrus 100-200 m juostų skirtumą, šiuo atveju visus likusius reikia dalinti iš 2). Analogiškus skaičiavimus galima atlikti ir gamtinio kraštovaizdžio pokyčiams skirtingo pločio apsauginėse juostose.

Taigi matome, kad Minijos upės agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio santykinų plotų pokyčių greitis/100 m skirtingo pločio apsauginėse juostose yra nevienodas: gamtinio kraštovaizdžio santykinis plotas mažėja kone dvigubai greičiau, negu agrarinio didėja. Tarp 400 ir 600 m pločio juostų gamtinio kraštovaizdžio mažėjimo greitis siekia maždaug 5%/100 m (nuo ankstesnės vertės), taigi galima būtų apsisototi ties šia reikšme, kaip tam tikra riba, kuri nustato optimalų upės apsauginės juostos plotį.

Palyginimui atlikome analogiškus skaičiavimus ir pasirinktoms likusių kategorijų upėms (5 lentelė). Dubysai, kuri yra tipiška agrarinio kraštovaizdžio (1 kategorijos) upė. Šiuo atveju gauname, kad greičiausiai kinta taip pat gamtinio kraštovaizdžio dalis, ir 5% / 100 m pokyčio greitis nusistovi ties 600 m pločio juosta. Žeimenai (3 kategorija) taip pat būdinga ~5% gamtinio kraštovaizdžio pokyčio reikšmė, kuri išryškėjo 600 m pločio apsauginėse juostoje. Šventosios upėje (4 kategorija) agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio pokyčiai skirtingo pločio apsauginėse juostose nė vienu atveju nepasiekė 5% ribos, ir ši tendencija turėtų būti būdinga daugeliui Lietuvos upių, kurių dominuojančių kraštovaizdžio tipų santykiniai išlieka beveik nepakitę nepriklausomai nuo apsauginių juostų pločio. Vokės upės (5 kategorija), kuri, lyginant su kitomis analizuotomis upėmis, yra gerokai mažesnė, 5% gamtinio kraštovaizdžio pokyčio riba atsiranda ~300 m pločio apsauginėje juostoje, kas turėtų būti būdinga daugeliui mažesniųjų Lietuvos upių.

Taigi matome, kad net atskirų skirtingų kategorijų upių analizė rodo dėsningas atskirų dominuojančių kraštovaizdžio tipų pokyčių greičio priklausomybes nuo apsauginių juostų pločio: didesnių upių pakrančių kraštovaizdžio struktūra nusistovi 500 m pločio apsauginėse juostose, mažesnių – 200-300 m pločio juostoje, o atskirais atvejais pokyčiai yra labai nežymūs, todėl negalima objektyviai parinkti optimalaus apsauginės juostos pločio, remiantis vien tik upių pakrančių kraštovaizdžio struktūros skaitmeniniais parametrais.

Apibendrinant keletą mūsų išanalizuotų upių pavyzdžių, galima būtų siūlyti, kad optimalus upės apsauginės juostos plotis yra tas, kuriame gamtinio kraštovaizdžio tipo pokyčio greitis sumažėja iki 5% / 100 m (skaičiuojant nuo ankstesnės reikšmės). Derėtų pabrėžti, kad tai yra tik preliminarus vertinimas, kurį būtina tikslinti, atliekant išsamią kitų Lietuvos upių dominuojančių kraštovaizdžio tipų pokyčių analizę, taip pat atsižvelgiant į konkrečios upės dydį ir kategoriją, kuriai ta upė priklauso. Be to, reikėtų patikslinti ir šiems skaičiavimams naudojamą duomenų bazę, suskaidant maksimalaus (1000 m) pločio upių apsaugines juostas 100 m pločio segmentais ir apskaičiuojant žemės dangos klasių ir dominuojančių kraštovaizdžio tipų plotų santykinės vertės 100 m (o ne šioje analizėje naudotais 200 m) pločio sektorais.

**Lentelė 5.** Skirtingų kategorijų upių agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio tipų santykinų plotų pokyčiai, lyginant skirtingo pločio apsaugines juostas.

<b>Juostos</b>	<b>Agr. krašt. dalis (%)</b>	<b>Agr. krašt. Pokyčio greitis (100 m)</b>	<b>Gamt. krašt. dalis (%)</b>	<b>Gamt. krašt. Pokyčio greitis (100 m)</b>
<b>Dubysa (1 kategorija)</b>				
100 m	73.13	-	25.3	-
200 m	73.31	+0.25%	25.3	0%
400 m	69.51	-2.59%	29.16	+7.63%
600 m	66.07	-2.47%	32.5	<b>+5.73%</b>
800 m	64.49	-1.2%	33.78	+1.97%
1000 m	64.2	-0.22%	33.73	-0.07%
<b>Minija (2 kategorija)</b>				
100 m	55.12	-	43.18	-
200 m	58.84	+6.75%	39.22	-9.17%
400 m	63.13	+3.65%	34.37	<b>-6.18%</b>
600 m	65.84	+2.15%	31.15	<b>-4.68%</b>
800 m	67.34	+1.14%	29.23	-3.08%
1000 m	67.96	0.46%	28.22	-1.73%
<b>Žeimena (3 kategorija)</b>				
100 m	56.24	-	39.78	-
200 m	49.89	-11.29%	45.33	+13.95%
400 m	38.4	-11.52%	55.6	+11.33%
600 m	31.12	-9.48%	62.03	<b>+5.78%</b>
800 m	26.79	-6.96%	66.01	+3.21%
1000 m	24.0	-5.21%	68.76	+2.08%
<b>Šventoji (4 kategorija)</b>				
100 m	25.21	-	70.46	-
200 m	26.1	+3.53%	69.16	-1.85%
400 m	27.64	+2.95%	66.88	-1.65%
600 m	29.06	+2.57%	64.96	-1.44%
800 m	30.29	+2.12%	63.41	-1.19%
1000 m	31.46	+1.93%	62.09	-1.04%
<b>Vokė (5 kategorija)</b>				
100 m	47.08	-	44.92	-
200 m	47.29	+0.45%	41.8	<b>-6.95%</b>
400 m	46.38	-0.96%	39.6	<b>-2.63%</b>
600 m	45.17	-1.3%	39.13	-0.59%
800 m	44.31	-0.95%	39.63	+0.64%
1000 m	44.85	+0.61%	39.37	-0.33%

#### 4.4. Skyriaus rezultatų aptarimas

Pagal žemės dangos struktūrą ir dominuojančius kraštovaizdžio tipus Lietuvos upių baseinai ir pabaseiniai ryškiai skiriasi. Suprantama, kad nusistovėjusią atskirų Lietuvos regionų kraštovaizdžio struktūrą pakeisti vargu ar įmanoma (šis ilgalaikis procesas pavaldus savaiminei reguliacijai, kurią nulemia daugelis socialinių-ekonominių ir netgi klimatinų veiksnių), taigi ir atskirų upių baseinų kraštovaizdžio struktūra, netgi užtikrinus palankias sąlygas natūralios sukcesijos procesams, dar daugelį dešimtmečių išliks nepakitusi.

Nepaisant to, planuojant ilgalaikes Lietuvos kraštovaizdžio optimizavimo priemones, mūsų nuomone būtų tikslinga atsižvelgti į šiame darbe pateikiamą upių baseinų ir pabaseinių kraštovaizdžio struktūros analizę ir numatyti specialias upių renatūralizacijos ir kraštovaizdžio gamtinės įvairovės padidavimo priemones, ypač perteklinio agrarinio kraštovaizdžio upių baseinuose ir pabaseiniuose. Daugelis mokslinių darbų neginčytinai įrodė, kad bendra hidrologinio tinklo būklė, dirvožemio erozija, vandens telkinių eutrofikacija dėl išsklaidytos žemės ūkio ir pramoninės taršos tiesiogiai priklauso nuo agrarinio kraštovaizdžio monotoniškumo, todėl šiuos neigiamus ekologinius efektus būtų galima sumažinti, palaipsniui didinant agrarinio kraštovaizdžio įvairovę ir mozaikiškumą (didinant gamtinio kraštovaizdžio elementų skaičių) upių pakrantėse ir gretutinėse teritorijose.

Kaip jau minėta ankstesnio skyriaus rezultatų aptarime, labai efektyvi kraštovaizdžio renatūralizacijos priemonė galėtų būti miškų sodinimas nederlingose žemėse palei upių pakrantes ir ypač upių šlaituose. Kita žinomai efektyvi aplinkosaugos priemonė yra melioracijos pažeistų mažųjų upių vagų renatūralizacija, kuri labai pagerina natūralios sukcesijos sąlygas ir mažųjų upių hidrologinį režimą. Tokios priemonės galėtų būti dirbtinis upių vingių ir sietuvų formavimas, karklų, juodalksnių ir kt. vandens apsauginėse juostose tinkamiausių medžių sodinimas mažųjų upių pakrantėse, hidrologinio režimo stabilizavimas upių ištakose (išekspluatuotų durpynų, maitinančių mažąsias upes, hidrologinio režimo atkūrimas), melioracijos sistemos drenažo prietakų blokavimas ir kt..

Idealiu atveju, modeliuojant optimalias upių apsaugines juostas, reikėtų atsižvelgti ne į socialinius-ekonominius faktorius, o į upių pakrančių reljefo ir kraštovaizdžio ypatumus, t.y. modeliuoti upių apsaugines juostas, naudojant konkrečių upių šlaitų reljefo duomenis (aukščių modelius) bei žemės dangos duomenų bazes (šiam tikslui galima būtų panaudoti CLC duomenų bazę), palydovinės telemetrijos duomenis (didelės raiškos kosmines nuotraukas) ar netgi aero-foto nuotraukas, nesiekiant dirbtinai „susiaurinti“ upių apsauginių juostų, vengiant išimti iš apyvartos žemės ūkio naudmenų plotus, ar kitaip apriboti upių pakrančių naudojimą. Tokio modeliavimo rezultatas būtų optimizuoti atskirų upių apsauginių juostų žemėlapiai ir aplinkosaugos priemonių planai, kurie ilgainiui užtikrintų ryškų upių ekologinės būklės pagerėjimą ir bendrą Lietuvos hidrografinio tinklo rekreacinės vertės padidėjimą.

Aplinkosauginiu požiūriu problematiškiausios be jokios abejonės yra 1 kategorijos (agrarinio kraštovaizdžio) upės. Daugelis jų yra mažosios upės, neretai ištiesintomis vagomis ar net sujungtos su melioracijos sistemos kanalais. Vienintelis būdas atkurti pilnavertę jų ekologinę funkciją yra specifinių renatūralizacijos priemonių taikymas, todėl siūlome atlikti papildomą 1 kategorijos upių ekologinės būklės reviziją ir parengti specialias šių upių renatūralizacijos programas, numatančias konkrečių priemonių įgyvendinimą. Šiame darbe pateikti atskirų upių pabaseinių ir apsauginių juostų žemės dangos klasių ir kraštovaizdžio tipų statistiniai duomenys leistų atlikti papildomą upių būklės analizę ir atrinkti upes, kurių pažeidimo laipsnis yra pats didžiausias, o savaiminio atsistatymo potencialas mažiausias, ir joms reikalingas neatidėliotinas renatūralizacijos priemonių taikymas.



## 5. PASIŪLYMAI TOLESNIEMS TYRIMAMS

Šiame darbe trumpai apžvelgėme pagrindines CORINE žemės dangos duomenų bazių panaudojimo sritis – kitų šalių taikomųjų tyrimų praktika, pagrindines žemės dangos duomenų bazių erdvinės analizės metodikas, taip pat pristatėme keletą visiškai originalių tyrimų, kurie atskleidė papildomas tokio tipo duomenų panaudojimo galimybes. Daugelio mūsų apžvelgtų specifinių tyrimų metodikų pritaikyti Lietuvai šiuo metu dar negalima dėl papildomos informacijos (empirinių matavimų, statistinių duomenų, didelės raiškos specializuotų GIS duomenų bazių) trūkumo, tačiau kai kurias iš jų būtų galima realizuoti remiantis ta informacija, kuri jau šiuo metu yra prieinama.

1. Galima apskaičiuoti esamų Lietuvos saugomų teritorijų ir naujai kuriamo NATURA 2000 tinklo teritorijų žemės dangos statistikos suvestines ir išanalizuoti saugomose teritorijose vykstančių žemės dangos pokyčių tendencijas. Techniniu požiūriu šis darbas nėra sudėtingas, tačiau, norint jį atlikti, reikalingos tikslios saugomų teritorijų ir NATURA 2000 teritorijų ribos. Šis darbas dar nėra baigtas, todėl ir minėtas CLC2000 duomenų bazės pritaikymas nėra tikslingas.
2. Galima plačiau paanalizuoti mūsų pasiūlyto statistinių gardelių metodo panaudojimo galimybes specifiniams aplinkosaugos uždaviniams spręsti. Kadangi statistinių gardelių metodas atveria praktiškai neribotą praktinio panaudojimo galimybių spektrą, būtina konkrečiai apibrėžti specifinius modeliavimo uždavinius ir nustatyti kokie duomenys reikalingi kiekvienu konkrečiu atveju. Tai galėtų būti įvairūs poveikio aplinkai vertinimo uždaviniai, socio-ekonominės analizės (regionų plėtros) uždaviniai ir kt.
3. Galima atlikti specialią Lietuvos agrarinio kraštovaizdžio įvairovės studiją, įvertinant bendrą landšafto mozaikiškumą ir išskiriant regionus, kuriuose reikėtų taikyti specialias ūkininkavimo priemones, skirtas landšafto įvairovės balansui atkurti ir gamtinio karkaso makro- ir mikro-struktūrai stabilizuoti. Šiam uždaviniui spręsti galėtų būti sėkmingai naudojamas mūsų pasiūlytas statistinių gardelių metodas.
4. Remiantis CLC duomenų bazėse esančia informacija, dirvožemio struktūros duomenimis ir pramonės bei žemės ūkio atmosferos taršos statistiniais duomenimis, galima bandyti apskaičiuoti atmosferos teršalų emisijos ir absorbcijos balansą, ypač CO<sub>2</sub> ir kitų atmosferos šiltnamio efektą sukeliančių dujų balansą. Ši informacija svarbi Lietuvai įgyvendinant Kioto konvencijos reikalavimus.
5. Remiantis CLC2000 duomenimis ir mūsų sukurtų statistinių gardelių duomenų bazėmis, hidrografinio tinklo duomenimis, skaitmeniniu aukščių modeliu ir dirvožemių duomenų bazėmis, galima sumodeliuoti teritorijas, kurios yra tinkamiausios apželdinimui miškais. Atliekant šį modeliavimą, reikėtų atsižvelgti į miškingumą, agrarinio kraštovaizdžio įvairovę, dirvožemio derlingumą, reljefo profilius ir 1 kategorijos upių išsidėstymą.
6. Reikėtų patikslinti Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių ribas bei apskaičiuoti upių tiesioginės prietakos zonas. Kai kuriose Europos Aplinkos agentūros ataskaitose ir moksliniuose straipsniuose teko rasti pavyzdžių, kur tokio tipo GIS modeliavimo uždaviniai atliekami naudojant hidrografinio tinklo GIS duomenis, skaitmeninius aukščių modelius, taip pat dirvožemio tipų ir žemės dangos duomenų bazes. Praktiniams baseinų valdymo uždaviniams spręsti ypač naudinga turėtų būti upių prietakos zonų GIS duomenų bazė. Techniniu požiūriu šį uždavinį būtų galima realizuoti su jau dabar esamais duomenimis, bet dėl šio uždavinio specifiškumo ir didelės apimties, jį derėtų išskirti į atskirą projektą.
7. Žinant upių tiesioginės prietakos zonas, jų žemės dangos statistiką ir dirvožemio charakteristikas, galima apskaičiuoti į upes patenkančių biogeninių medžiagų išplovimo ir dirvožemio koeficientus, būdingus atitinkamiems regionams ir dirvožemio tipams.
8. Galima būtų atlikti Lietuvos upių apsauginių zonų projektavimą, remiantis žemės dangos, reljefo profilių, dirvožemio struktūros duomenimis, taip pat atlikti detalesnę GIS analizę ir įvertinti skirtingo pločio apsauginių juostų žemės dangos ir kraštovaizdžio struktūrą atskiroms Lietuvos upėms. Tai leistų nustatyti atitinkamus kriterijus ir parinkti optimalaus pločio upių apsaugines juostas, taip pat išskirti didžiausios ekologinės rizikos zonas atskirose Lietuvos upėse.

9. Atlikus papildomą statistinę ir erdvinę analizę, ir remiantis prieš tai minėto papildomo tyrimo duomenimis, galima būtų atrinkti labiausiai pažeistas Lietuvos agrarinio kraštovaizdžio upes, įvertinti bendrą atskirų pa-baseinių hidrografinio tinklo ekologinę būklę bei pasiūlyti sąrašą Lietuvos upių, kurioms reikėtų neatidėliotinai taikyti specialias renatūralizacijos priemones, kas leistų ženkliai pagerinti Lietuvos upių tinklo ekologinį funkcionavimą, tuo pačiu nepažeidžiant nusistovėjusios skirtingų šalies regionų kraštovaizdžio struktūros.
10. Galiausiai, remiantis šio darbo metu sukurtomis duomenų bazėmis, mūsų nuomone, būtų naudinga parengti atskirų Lietuvos savivaldybių žemės dangos ir kraštovaizdžio struktūros statistinių duomenų sąvadás ir kartografinės medžiagos komplektus, kurie pateiktų vieningą kraštovaizdžio ekologinį vertinimą ir išskirtų šiuo požiūriu vertingiausias bei jautriausias regionus. Tokia informacija galėtų pasitarnauti savivaldybių aplinkosaugos priemonių strateginiam planavimui ir įgyvendinimui, taip pat regioninės plėtros politikos formavimui savivaldybių lygmenyje.

Vilniaus Universiteto Ekologijos instituto Geoinformacinių sistemų grupėje šiuo metu kuriamos originalios palydovinės telemetrijos duomenų automatizuoto dešifravimo technologijos, kurios leistų kurti labai detalias CORINE žemės dangos duomenų bases. Reikėtų pabrėžti, kad analogiškus tyrimus atlieka daugelis Vakarų Europos šalių, ES 6 ir 7 bendrosiose programose tokie tyrimai plačiai propaguojami ir netgi išskirti į atskirą GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) mokslinę programą. Eksperimentinių tyrimų metu bandoma pasiekti minimalų 1 ha ploto CLC duomenų bazių objektų dydį. Deja, šiuo metu dar nėra galutinai nusistovėjusi CORINE LC 4-to lygio duomenų bazių nomenklatūra, todėl mūsų atliekamas eksperimentinis darbas nėra išbaigtas ir dar oficialiai nepristatytas galimiems didelės rezoliucijos CLC duomenų bazių vartotojams. Nepaisant to, LR Aplinkos ministerijai ir Aplinkos apsaugos agentūrai siūlome atkreipti į mūsų atliekamus tyrimus šioje srityje, ir esant realiems poreikiams, išbandyti naujausių didelės rezoliucijos CLC duomenų bazių kūrimo technologijų panaudojimo galimybes.

## ATASKAITOJE PANAUDOTOS ILIUSTRACIJOS

Paveikslas 1. Lietuvos CLC2000 projekto eiga, sukurtos GIS duomenų bazės ir techninė dokumentacija.....	4
Paveikslas 3. Statistinių gardelių skaičiavimo pradiniai duomenys: CLC_STATGRIDS_SOURCE duomenų bazės struktūra.....	12
Paveikslas 4. CLC duomenų bazių skaidymo statistinėmis gardelėmis, atributinių duomenų apdorojimo ir statistinių gardelių duomenų bazių formavimo schema.....	13
Paveikslas 5. Statistinių gardelių skaičiavimo rezultatai: CLC_STATGRIDS_RESULTS duomenų bazės struktūra.....	19
Paveikslas 6. Lietuvos kraštovaizdžio statistinių duomenų bazių katalogas ir jų kūrimo technologinė schema....	20
Paveikslas 7. Pagrindinių landšafto metrikų imčių, gautų Lietuvos žemės dangos duomenų bazę skaldant skirtingo dydžio statistinėmis gardelėmis, statistinio pasiskirstymo histogramos.....	22
Paveikslas 8. Agrarinio kraštovaizdžio metrikų imčių, gautų Lietuvos žemės dangos duomenų bazę skaldant skirtingo dydžio statistinėmis gardelėmis, statistinio pasiskirstymo histogramos.....	23
Paveikslas 9. Natūralaus gamtinio kraštovaizdžio metrikų imčių, gautų Lietuvos žemės dangos duomenų bazę skaldant skirtingo dydžio statistinėmis gardelėmis, statistinio pasiskirstymo histogramos.....	24
Paveikslas 11. Dominuojančių kraštovaizdžio tipų struktūros indeksų priklausomybės nuo statistinių gardelių dydžio regresinės analizės rezultatai.....	27
Paveikslas 12. Dominuojančių kraštovaizdžio tipų įvairovės indeksų priklausomybės nuo statistinių gardelių dydžio regresinės analizės rezultatai.....	27
Paveikslas 13. Upių GIS duomenų bazės atributinės informacijos ir topologijos korekcija.....	31
Paveikslas 14. Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių išsidėstymo schema.....	32
Paveikslas 15. Upių baseinų žemės dangos analizės pradiniai duomenys: CLC_BASINS_SOURCE duomenų bazės struktūra.....	33
Paveikslas 16. Upių baseinų žemės dangos analizės rezultatai: CLC_BASINS_RESULTS duomenų bazės struktūra.....	34
Paveikslas 17. Upių baseinų ir pabaseinių GIS duomenų geoprocėsingo ir naujų bazių kūrimo technologinė schema.....	34
Paveikslas 18. Lietuvos upių baseinų urbanizuoto, agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio plotų santykiai.....	35
Paveikslas 19. Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių gamtinio, agrarinio ir urbanizuoto kraštovaizdžio tipų santykinų plotų priklausomybės nuo baseinų (pabaseinių) plotų regresinės analizės rezultatai.....	38
Paveikslas 20. Lietuvos upių baseinų ir pabaseinių urbanizuoto, agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio tipų santykinų plotų reikšmių pasiskirstymo histogramos.....	39
Paveikslas 21. Upių apsauginės juostos: 100 m, 200 m, 400 m, 600 m, 800 m, 1000 m.....	40
Paveikslas 27. Lietuvos upių pasiskirstymas pagal apsauginių juostų žemės dangos struktūros kategorijas.....	42
Paveikslas 22. Pagrindinės 1-os kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose ryškiai dominuoja agrarinis kraštovaizdis, ir jo proporcija praktiškai nekinta.....	43
Paveikslas 23. Pagrindinės 2-os kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose esančio agrarinio kraštovaizdžio santykinis plotas tolydžio didėja, didėjant atstumui nuo upės vagos.....	44
Paveikslas 24. Pagrindinės 3-ios kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose agrarinio kraštovaizdžio dalis tolydžio mažėja, didėjant atstumui nuo upės vagos.....	45
Paveikslas 25. Pagrindinės 4-os kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose dominuoja gamtinis kraštovaizdis, ir jo proporcija mažai kinta.....	46

Paveikslas 26. Pagrindinės 5-os kategorijos upės, kurių apsauginėse juostose agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio proporcijos beveik lygios ir mažai kinta.....	47
Paveikslas 29. Minijos upės agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio tipų santykinų plotų pokyčiai skirtingo pločio apsauginėse juostose.....	48
Paveikslas 28 A. Minijos upės atkarpa su pažymėta 200 m pločio apsaugine juosta .....	49
Paveikslas 28 B. Minijos upės atkarpa su pažymėta 600 m pločio apsaugine juosta.....	50
Paveikslas 28 C. Minijos upės atkarpa su pažymėta 1000 m pločio apsaugine juosta .....	51

## ATASKAITOJE PANAUDOTOS LENTELĖS

Lentelė 1. CORINE žemės dangos klasifikacija.....	5
Lentelė 2. Statistinėse gardelėse apskaičiuotų standartinių landšaftų ir klasių metrikų suvestinė.....	16
Lentelė 3. Statistinėse gardelėse apskaičiuotų agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžių kokybės ir įvairovės indeksų suvestinė.....	18
Lentelė 4. Dominuojančių kraštovaizdžio tipų užimami plotai ir jų santykiai Lietuvos upių baseinuose.....	36
Lentelė 5. Skirtingų kategorijų upių agrarinio ir gamtinio kraštovaizdžio tipų santykinų plotų pokyčiai, lyginant skirtingo pločio apsauginės juostas.....	53

## **PASTABOS**

## **PASTABOS**

## **PASTABOS**