VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS
BIOMOKSLŲ INSTITUTAS

AUŠRINĖ JURGELĖ

(Biologinė įvairovė)

Baigiamasis magistro darbas

SIŪLINIAI ŽALIADUMBLIAI IR JŲ EKOLOGIJOS YPATUMAI LIETUVOS UPĖSE

Leidžiama ginti _____
(parašas)

Studijų programos pirmininkas
_____
(vardas, pavardė)

Studentas_____
(parašas)

Darbo vadovas _____
(mokslinis darbo vadovo laipsnis,
pedagoginis mokslo vardas, vardas, pavardė)
_____
(parašas)

Darbo įteikimo data _____

Registracijos Nr. _____

Darbas įvertintas _____
(data, įvertinimo balas, komisijos pirmininko
parašas)

Vilnius, 2020

TURINYS

ĮVADAS 3

1.LITERATŪROS APŽVALGA 5
1.1. Siūliniai žaliadumbliai gėlavandenėse ekosistemose 5
1.2. Gėlavandenių *Cladophora* genties dumblių morfologija ir biologijos ypatumai 8
1.3. Siūlinių žaliadumblių vystymąsi ir paplitimą upėse nulemiantys pagrindiniai aplinkos veiksniai 12

2.TIRTŲ UPIŲ FIZINĖ-GEOGRAFINĖ CHARAKTERISTIKA 17

3.TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI 19
3.1. Tyrimų medžiaga 19
3.2. Tyrimų metodai 19
3.2.1. Hidromorfologinių sąlygų, hidrofizikinių-cheminių rodiklių nustatymas 20
3.2.2. Siūlinių žaliadumblių tyrimas *in situ* 20
3.2.3. Siūlinių žaliadumblių mikroskopinė analizė 21
3.3. Statistinė analizė 22

4.TYRIMŲ REZULTATAI 23
4.1. Tirtų upių hidrofizikinių-cheminių rodiklių charakteristika 23
4.2. Siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovė ir gausumas tirtose upėse 25
4.3. *Cladophora glomerata* gausumas *in situ* 28
4.4. *Cladophora glomerata* morfologiniai pokyčiai tirtose upėse 30
4.5. Aplinkos veiksnių įtaka siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovei, gausumui ir paplitimui tirtose upėse 35

5.TYRIMŲ REZULTATŲ APTARIMAS 39

IŠVADOS 45

LITERATŪRA 46

SANTRAUKA 54

SUMMARY 55

PRIEDAI 56

ĮVADAS

Gėlavandeniai siūliniai žaliadumbliai – tai makroskopiniai, gniužuliniai, augalų (Plantae) karalystei priskiriami dumbliai, kurie yra plačiai paplitę pasaulio vandens ekosistemose ir yra vieni pagrindinių organinės medžiagos producentų vandens ekosistemose (Biggs, 1999). Jie įsisavina įvairias organines ir neorganines medžiagas, dalyvauja vandens apsivalymo procesuose, iš vandens eliminuoja sunkiuosius metalus ir kitus toksinius junginius (Biggs, 1999; Al-Homaidan *et al.* 2011; Ammari *et al.* 2017). Siūliniai žaliadumbliai yra svarbūs biologinei įvairovei, kadangi jų gniužulai yra substratas epifitiniams organizmams (dumbliams, bakterijoms, kt.), buveinė ir maistas vandens bestuburiams (Ward, Ricciardi, 2010; Zulkifly *et al.* 2013; Pikosz *et al.* 2017; Messyasz *et al*. 2018).

Gėlvanadenėse ekosistemose siūliniai žaliadumbliai aptinkami bentose, prisitvirtinę prie įvairių po vandeniu panirusių substratų arba laisvai plūduriuoja vandens paviršiuje, sudarydami metafitono bendrijas (Škaloud *et al*. 2018). Tvirtindamiesi prie substrato, makroskopiniai žaliadumbliai suriša smulkias substrato daleles ir neleidžia jas išplauti iš upių (Allan, 1995; Kostkevičienė, 2009). Siūliniai žaliadumbliai gausiai vystosi ir formuoja dideles bendrijas maistinėmis medžiagomis turtinguose vandens telkiniuose, ypač lėtos tėkmės upėse (Pikosz *et al.* 2017; Messyasz *et al.* 2018). Antropogeninė eutrofikacija spartina siūlinių žaliadumblių santalkų formavimąsi ir sukelia „žydėjimus“ (Khanum, 1982). Šių dumblių sukelti „žydėjimai“ mažina biologinę įvairovę, nes dažnai santalkas formuoja viena žaliadumblių rūšis, mažina telkinių rekreacinę vertę ir turi neigiamą ekologinį ir ekonominį poveikį (Pikosz *et al.* 2017). Siūliniai žaliadumbliai, ypač *Cladophora* genties rūšys, pastaraisiais dešimtmečiais sukelia didelius „žydėjimus“ Europos ir pasaulio vandens telkiniuose ir yra laikomi vandens ekosistemų užterštumo bioindikatoriais (Pikosz *et al.* 2017; Škaloud *et al.* 2018; Messyasz *et al.* 2018). Todėl siūlinių žaliadumblių įvairovės, ekologijos tyrimai yra svarbūs vandens kokybės vertinime ir ieškant priemonių šių dumblių „žydėjimų“ mažinimui (Pikosz *et al.* 2017).

Darbo tikslas: Ištirti siūlinių makroskopinių žaliadumblių rūšių įvairovę, gausumą Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upėse ir įvertinti aplinkos veiksnių įtaką makrodumblių vystymuisi ir *Cladophora glomerata* gniužulo morfologijai.

Uždaviniai:

1. Ištirti siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovę Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upėse.

2. Įvertinti siūlinių žaliadumblių gausumą ir *Cladophora glomerata* santalkų dydžius *in situ* Šventosios, Dubysos, Nevėžio upių transektose.

3. Išanalizuoti Šventosios, Dubysos, Nevėžio upėse aptiktų *Cladophora glomerata* gniužulo morfologijos ypatumus.

4. Įvertinti aplinkos veiksnių įtaką siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovei, gausumui, paplitimui tirtose upėse ir *Cladophora glomerata* gniužulo morfologijai.

PADĖKA

Pirmiausiai nuoširdžiai dėkoju savo darbo vadovei dr. Jūratei Karosienei už suteiktas konsultacijas, vertingas pastabas, kantrybę, nuolatinį rūpestį ir palaikymą. Taip pat, širdingai dėkoju dr. Jūratei Kasperovičienei už kritines pastabas ir skirtą laiką recenzuojant mano darbą. Dėkoju laboratorijos vadovei dr. Juditai Koreivienei už pagalbą organizuojant ekspedicijas ir renkant tyrimų medžiagą.

Šiltus žodžius tariu savo šeimai ir mažajam sūneliui už supratimą, optimizmą, kantrybę ir suteiktas visas galimybes darbo rašymui.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Siūliniai žaliadumbliai gėlavandenėse ekosistemose

Makroskopiniai (daugialąsčiai) siūliniai žaliadumbliai yra pagrindiniai organinių medžiagų gamintojai vandens ekosistemose. Jie svarbūs ekologiniu požiūriu, nes didina biologinę įvairovę, yra substratas epifitiniams dumbliams, svarbūs vandens telkinių ekologinės būklės vertinime, masyvūs gniužulai tampa maistu ir buveine vandens bestuburiams (Ward, Ricciardi, 2010; Zulkifly *et al.* 2013; Pikosz *et al.* 2017; Messyasz *et al*. 2018). *Cladophora* genties žaliadumbliai yra ekologinė niša daugumai vandens organizmų, o *Zygnemataceae, Oedogoniaceae* šeimų ir *Ulotrichales* eilės rūšys yra pagrindinis gėlavandenių žuvų ir vabzdžių lervų maisto šaltinis (Cambra, Aboal, 1992; Zulkifly *et al.* 2013).

Gėlavandenėse ekosistemose siūliniai žaliadumbliai dažniausiai aptinkami bentose prisitvirtinę prie įvairių po vandeniu panirusių substratų ir formuoja epilitines, epipelitines, epipsamitines ar epifitines bendrijas ant makrofitų, kitų dumblių, gali tvirtintis ant moliuskų, po vandeniu panirusių medžių ar kitų dirbtinių substratų (Škaloud *et al.* 2018). Siūliniai žaliadumbliai prie substrato tvirtinasi pakitusia pamatine arba rizopodine ląstele, arba priglunda prie jo visu gniužulo paviršiumi (Kostkevičienė, 2009). Kai kurios siūlinių žaliadumblių rūšys auga neprisitvirtinusios prie substratų ir laisvai plūduriuoja vandens paviršiuje sudarydamos metafitono bendrijas (pvz., *Spirogyra* spp., *Ulva* spp., *Rhizoclonium* spp., *Pithophora* spp.) (Chalotra *et. al.* 2013; Škaloud *et al.* 2018).

Dauguma siūlinių žaliadumblių vystosi sekliuose eutrofiniuose ežeruose, upėse, tvenkiniuose, žuvininkystės ūkių vandens telkiniuose, rezervuaruose (Pikosz *et al.* 2017; Messyasz *et al.* 2018). Gėlavandenėse ekosistemose labiausiai paplitę *Cladophora, Spirogyra, Mougeotia* ir *Ulva* genčių rūšys (Messyasz *et al.* 2018). Stovinčio vandens telkiniuose dažniau vystosi *Zygnemataceae* ir *Oedogoniaceae* šeimų siūliniai žaliadumbliai, iš jų labiausiai paplitę *Spirogyra* ir *Oedogonium* genčių rūšys (Cambra, Aboal, 1992). *Spirogyra, Mougeotia, Zygnema* genčių žaliadumbliai dažniausiai aptinkami sekliuose vandens telkiniuose: kūdrose, tvenkiniuose, ežerų litoralėje arba nuo vėjo apsaugotose zonose, rečiau upėse (Graham *et al.* 1995). Dauguma *Zygnemataceae* šeimos rūšių toleruoja minkštą vandenį ir jų paplitimo arealas labai platus (Cambra, Aboal, 1992). *Oedogonium* genties rūšys dažniausiai auga kaip epifitai ant makrofitų arba kitų dumblių, vystosi mažesniuose, minkšto vandens telkiniuose, kur gausu huminių medžiagų (Cambra, Aboal, 1992). Rečiau aptinkami upėse. Šių dumblių vystymuisi svarbus geras apšviestumas, temperatūra, pH ir pakankamas kiekis

ištirpusių druskų, ypač Ca, Fe, Mn, Mg. (Cambra, Aboal, 1992; Van den Hoek *et al.* 1995; Wehr, Sheath, 2003; Messyasz *et al.* 2018).

Tekančio vandens (lotinėse) ekosistemose dažniausiai aptinkamos *Cladophora* genties rūšys, ypač *Cladophora glomerata*. *Cladophora* žaliadumbliai taip pat gausiai auga sekliose ir maistinėmis medžiagomis praturtintose ežerų pakrantėse. Ežeruose daugiausiai aptinkama *C. fracta* (Cambra, Aboal,1992; Wehr, Sheath, 2003; Pikosz, Messyasz, 2016). A. Khanum (1982) nurodo, kad *C. glomerata* labiausiai pasaulyje iš siūlinių žaliadumblių paplitusi rūšis, kuri atspari stresui, greitai dauginasi ir yra priskiriama „R strateginėms“ rūšims. Esant palankioms sąlygoms, rūšis per trumpą laiką gali pasiekti didelę biomasę (gniužulas gali išaugti iki kelių metrų ilgio) ir padengti didelį vandens telkinio plotą (Pikosz *et al.* 2017). Vandens telkiniuose *C. glomerata* dažniausiai vystosi kartu su *Oedogonium* ir *Spirogyra* genčių žaliadumbliais (Wehr, Sheath, 2003). Upėse ir upeliuose taip pat plačiai paplitę *Stigeoclonium, Rhizoclonium* genčių rūšys (Wehr, Sheath, 2003; Messyasz *et al.* 2018).

Su vandens ekosistemomis glaudžiai susijusi *Ulva flexuosa*. Šios rūšies paplitimas Europoje pastebėtas ežeruose, tvenkiniuose, upėse, mineralinių upių ištakų vietose, druskingose pelkėse ir vandens telkiniuose, kuriuose randami dideli chloridų kiekiai (Messyasz, Rybak, 2009; Rybak, Czerwoniec, 2015). Europos šalių, ypač Vokietijos, Čekijojos ir Lenkijos, vidaus vandens telkiniuose *Ulva flexuosa* aptikta daugiau nei 250 vietų (Messyasz, Rybak, 2009; 2011; Rybak, Czerwoniec, 2015).

Siūliniai žaliadumbliai sparčiai auga vasarą, tačiau kai kurios *Ulothrix, Rhizoclonium* genčių rūšys pradeda vystytis ankstyvą pavasarį, kai žema vandens temperatūra ir trūksta šviesos, ir taip suformuoja stabilias sezonines bendrijas (Messyasz *et al.* 2018). J. Cambra ir M. Aboal (1992) duomenimis, *Spirogyra* ir *Cladophora* genčių žaliadumbliai, esant palankioms aplinkos sąlygoms, sparčiai dauginasi ir jų biomasė gali labai smarkiai padidėti per trumpą laiką. Nustatyta, kad šių genčių dumblių biomasė per 3 dienas gali padidėti 3 ir daugiau kartų, todėl vandens ekosistemose, kuriose yra padidėjusi maistinių medžiagų (azoto ir fosforo junginių) koncentracija ir palankios augimui sąlygos (geros apšviestumo sąlygos, pH, temperatūra), siūliniai žaliadumbliai gausiai vystosi ir vasaros pabaigoje sudaro dideles santalkas, kurios atitrūksta nuo substrato ir iškyla į vandens paviršių (Cambra, Aboal, 1992; Pikosz *et al*. 2017; Messyasz *et al.* 2018). Dideli makrodumblių santalkų kiekiai vandens telkiniuose sukelia taip vadinamus siūlinių žaliadumblių „žydėjimus“, kurie indikuoja blogą vandens telkinio ekologinę būklę ir neigiamai veikia vandens ekosistemas (Pikosz, Messyasz, 2016; Messyasz *et al.* 2018). Vandens paviršiuje plūduriuojančios santalkos trukdo patekti šviesai į gilesnius vandens sluoksnius, sulaiko dujas, skatina anaerobines sąlygas, sutrikdo biogeninių junginių ciklus ir tokiu būdu

mažina fitoplanktono ir makrofitų maistinių medžiagų prieinamumą, jų rūšinę įvairovę (Green, Fong, 2015; Pikosz *et al.* 2017; Messyasz *et al.* 2018).

Siūlinių žaliadumblių santalkas dažniausiai formuoja viena dumblių rūšis (Messyasz *et al.* 2018). Atlikti tyrimai Lenkijos vandens telkiniuose parodė, kad intensyviausiu vegetacijos laikotarpiu (vasaros metu) santalkas dažniausiai sudaro *Cladophora* ir *Ulva* genčių rūšys, kurios lėčiau įsikuria, bet greitai auga, yra atsparios išėdimui, vandens maišymuisi (Messyasz *et al.* 2018). Mažuose ežeruose (iki 5 ha ploto) vyrauja *Oedogoniales* ar *Zygnematales* žaliadumblių suformuotos santalkos. Taip pat vandens „žydėjimą" (*angl.* „green tide") sukelti ir pilnai padengti vandens paviršių gali *Ulva prolifera*, *U. intestinalis* ir *U. compressa* rūšys (Messyasz, 2009; Rybak, Czerwoniec, 2015).

Siūliniai žaliadumbliai, plačiai paplitę vandens ekosistemose, yra svarbūs vertinant vandens telkinių ekologinę būklę ir apibūdinami kaip geriausi vandens užterštumo bioindikatoriai (Chmielewská, Medved, 2001; Pikosz, Messyasz, 2016; Pikosz *et al*. 2017; Messyasz *et al.* 2018). Jų paplitimas, toleravimas didelių maistinių medžiagų koncentracijų, nesudėtingas identifikavimas ir ilgaamžiškumas leidžia juos naudoti kaip indikatorinius organizmus (Philips, 1990). Siūliniai žaliadumbliai padeda nustatyti vandens telkinių kokybinius pokyčius ir įvertinti aplinkos užterštumą toksinėmis medžiagomis, nustatyti sunkiuosius metalus (Chmielewská, Medved, 2001; Kostkevičienė, 2009).

Cladophora glomerata, *C. globulina*, *Rhizoclonium* sp., *Stigeoclonium nanum* yra indikatoriai didesnių fostatų kiekių. *Cladophora rivularis*, *C. fracta*, *Oedogonium capillare*, *Zygnemataceae* šeimai priklausantys žaliadumbliai gali vystytis ekosistemose, kuriose mažesnis maistinių medžiagų kiekis (Wher, Sheat, 2003; Pikosz, Messyasz, 2016). Esant padidėjusiam druskų ir maistinių medžiagų kiekiui vandenyje dažniausiai vystosi *Ulva* genties atsovai, ypač *Ulva intestinalis*, *U. compressa*, *U. flexuosa* (Rybak, Czerwoniec, 2015). Šios rūšys taip pat indikuoja sunkiuosius metalus (Cd, Cu, Pb, Zn, Mn) (Messyasz, Rybak, 2009). Sunkiųjų metalų indikatoriai yra ir *Stigeoclonium*, *Microspora* genčių rūšys (Wher, Sheat, 2003).

Siūliniai žaliadumbliai vystosi ir labai švariuose (ultra-oligotrofiniuose) vandens telkiniuose, kuriuose randamas nedidelis jonų ir organinės anglies kiekis (Boedeker, 2018). Remiantis K. Starmach (1972), N.A. Moškovos ir M.M. Gollerbah (1986) duomenimis, švariuose vandens telkiniuose paplitusi rūšis *Stigeoclonium carolinianum*.

1.2. Gėlavandenių *Cladophora* genties dumblių morfologija ir biologijos ypatumai

Cladophora genties žaliadumbliai yra plačiai paplitę visame pasaulyje nuo vidutinės klimato zonos iki arkties, išskyrus poliarines zonas ir aptinkami gėluosiuose bei druskėtuose vandenyse. Pagal M. Munir (2019), gentyje žinomos 183 rūšys (Munir *et al.* 2019). *Cladophora* gali vystytis tiek švariuose upeliuose, tiek eutrofiniuose ežeruose, jūrose ir estuarijose. Šios genties žaliadumbliai dažniausiai aptinkami bentose, prisitvirtinę prie uolų ar akmenų (ypač jūrinės rūšys), o gėlavandenėse ekosistemose *Cladophora* rūšys tvirtinasi ant akmenų, žvirgždo, žvyro, kartais ant moliuskų, makrofitų, po vandeniu panirusių polių, tiltų, medžių (Doods, Gudder, 1992; Thiamdao *et al.* 2012; Zhu *et al.* 2018).

Cladophora genties žaliadumblių morfologijos ypatumai, t.y. gniužulo šakotumas, tvirtos celiuliozinės ląstelių sienelės ir hidrodinaminis stabilumas lemia, kad šios genties žaliadumbliai yra inžinieriai vandens ekosistemose. Jie kuria, keičia ir palaiko bendriją, didina ekologinės bendrijos kompleksiškumą, nes yra tinkamas substratas vystytis epifitinėms melsvabaterėms, žaliadumbliams ir titnagdumbliams (Ross, 2006; Zulkifly, 2013).Taip pat turi įtakos srovės greičiui ir yra vandens bestuburių maisto šaltinis ir buveinė (Wilson *et al.* 1999). Šie siūliniai žaliadumbliai yra labai svarbūs ežerų ekosistemose, nes suteikia substratą epifitiniams dumbliams: *Diatoma* spp., *Cocconeis* spp., *Rhoicosphenia curvata* ir *Gomphonema* spp. (Doods, Gudder, 1992; Ross, 2006; Thiamdao *et al.* 2012, Zhu *et al.* 2018; Munir *et al.* 2019). Upėse aptinkamos *Cladophora* genties rūšys dažniausiai būna apaugusios *Cocconeis pediculus, C. placentula, Achnanthes minutissima, Epithemia* genties rūšimis, o upeliuose pagrindiniai rūšies epifitai – *Rhoicosphenia curvata, Gomphonema olivaceum, Achnanthes ir Cocconeis* rūšys (Zulkifly, 2013). Gėlųjų vandenų rūšys *C. glomerata, C. aegagropila* kai kuriose Azijos šalyse yra svarbus maisto šaltinis žmonėms ir žuvų ūkiams (Peerapornpisal *et al.* 2006; Thiamdao *et al.* 2012).

Cladophora gniužulas yra šakotasiūlis, sudarytas iš makroskopinių, daugialąsčių siūlinių gijų, kurios gali išaugti nuo kelių centimetrų iki kelių metrų ilgio. Morfologiškai gniužulai labai skiriasi nuo labai gausiai šakotų iki mažai šakotų arba visai nešakotų. Vienas iš svarbesnių šių žaliadumblių morfologinių bruožų yra asimetriškas, vienašalis gniužulo šoninių atšakų išsidėstymas. Šoninės gniužulo atšakos yra trumpesnės už pagrindinę ašį ir galuose siaurėjančios. *Cladophora* genties žaliadumbliai formuoja daugiamečius, vandenyje stabilius gniužulus, kurie prie substrato prisitvirtina daugialąsčiais rizoidais arba išplatėjančia pamatine ląstele (Kostkevičienė, 2009; Zhu *et al.* 2018). Dažnai gausiai besivystantys *Cladophora* žaliadumbliai atitrūksta nuo substrato, suformuoja storas

santalkas (*anlg*. „mats“), kurios plūduriuoja vandens paviršiuje, kaupiasi pakrantėse arba nugrimzta į telkinio dugną (Ross, 2006; Zulkifly *et al.* 2013). Labiausiai iš visų *Cladophora* genties rūšių gniužulo forma išsiskiria *C. aegagropila,* kuri formuoja kamuoliukus (*angl.* „*Cladophora* balls“ arba „Marimo“). Toks gniužulo tipas susidaro, kai smėlio nuosėdas paveikia bangų sukeltas riedėjimo judesys (Thiamdao *et al.* 2012; Zhu *et al.* 2018).

Cladophora genties žaliadumblių ląstelės didelės, pavyzdžiui, *C. glomerata* ląstelių ilgis dažnai viršija 300 μm. Ląstelės dažniausiai būna cilindro formos, daugiabranduolės. Ląstelių sienelės yra storos, šiukščios, celiuliozinės su inkrustuotais silicio junginiais ir neturi gleivinio apvalkalo (Kostkevičienė, 2009; Thiamdao *et al.* 2012; Zulkifly, 2013; Taylor *et al.* 2017).

Chloroplastas – tinkliškas su daug pirenoidų. Pagrindiniai pigmentai: chlorofilas *a* ir *b*, kurių santykis yra beveik toks pats kaip ir aukštesniuose augaluose (Kostkevičienė, 2009; Zhu *et al.* 2018). Atlikti gėlavandenės *Cladophora glomerata* biomasės tyrimai parodė didelę įvairovę įvairių bioaktyvių medžiagų, kurios gali būti naudingos žmonių ir gyvūnų sveikatai: karotenoidai (β-karotenas, liuteinas ir zeaksantinas), kurie veikia kaip antioksidantai ir lėtina senėjimo procesus, mineralai, vitaminai – A, C, E, B_1, B_2, amino rūgštys ir baltymai, riebalų rūgštys, steroliai, terpenai, angliavandeniai, glikozidai, lakiosios medžiagos, fermentai (Messyaz *et al.* 2015; Zhu *et al.* 2018; Munir *et al.* 2019; Bourebaba *et al.* 2019).

Pagrindiniai *Cladophora* žaliadumblių morfologiniai požymiai, svarbūs rūšies identifikacijai, yra ląstelės dydis (ypač apikalinės ląstelės dydis ir forma), ląstelės sienelės storis, gniužulo augimas – apikalinis (viršūninis) arba interkaliarinis (vidurinėje gniužulo dalyje), šakojimosi būdas (lateralinis, pseudodichotominis, dichotominis) ir jo laipsnis (gausiai ar negausiai šakotas gniužulas), gniužulo tvirtinimosi būdas prie substrato, dauginimasis, akinečių formavimas ir jų forma (Škaloud *et al.* 2018). Šios genties žaliadumblių išskirtinis bruožas yra varijuojantis fenotipinis plastiškumas, kuris labai priklauso nuo skirtingų aplinkos sąlygų ir gniužulo amžiaus. Dėl varijuojančios morfologijos yra sudėtinga atlikti taksonominius-floristinius tyrimus (Wilson *et al.* 1999). Pavyzdžiui, Ross (2006) nurodo, kad ląstelių dydis Europos *Glomeratae* grupės rūšių gali varijuoti labai plačiose ribose (1 lentelė).

Cladophora genties žaliadumbliai dauginasi nelytiniu būdu, t.y. formuoja storasienes akinetes arba zoosporas, ir lytiniu būdu. Jų gyvenimo ciklas yra izomorfinis diplohaploidinis (sporofito ir gametofito kartos). Teigiama, kad šių žaliadumblių gyvenimo cikle egzistuoja dvi fazės, kurios užtikrina rūšies išgyvenamumą, pasirenkant skirtingas ekologines nišas, vegetacijos sezoną ir tokiu būdu geriau išnaudojant maisto medžiagas. Pavyzdžiui, žiemos metu vystosi diploidinis sporofitas

(nelytinė karta), o vasaros periodu – haploidinis gametofitas (lytinė karta) ir atvirkščiai. Gametofitas produkuoja haploidines gametas, o sporogenezės (sporuliacijos) metu yra suformuojamos zoosporangės su judriomis zoosporomis viduje. Jos atsiranda šoninių šakų distalinėse ląstelėse, mitozės metu skylant branduoliams. Zoosporos pasišalina per apikalinės ląstelės viršutinę dalį (Ross, 2006; Kostkevičienė, 2009; Zulkifly *et al.* 2013).

1 lentelė. Gėlavandenių *Cladophora* genties rūšių dydžio varijavimas (Ross, 2006).

Taksonas	**Pagrindinės ašies ląstelės dydis (µm) Ilgis : Plotis**	**Apikalinės ląstelės dydis (µm) Ilgis : Plotis**	**Šoninės atšakos ląstelės dydis (µm) Ilgis : Plotis**
C. glomerata var. *glomerata*	100-275 (7-12) : (1,5-5)	(21-31)-(58-91) (6-13)-(1,5-5)	(22-34)-(68-100) (5-10)-(1,5-3,5)
C. glomerata var. *crassior*	65-165 (6-12) : (2-5)	(19-24)-(30-55) (9-21) : (2,5-8)	(19-32)-(38-70) (10-15) : (2,5-7)
C. fracta var. *fracta*	45-85 1,5-14	16-27 3,5-25	17,5-38 3-17
C. fracta var. *intricata*	330-650 10 : 18	(120-160)-(150-200) (7-18) : (2-8)	(120-160)-(170-230) (10-16) : (4-7)

Labiausiai morfologiškai varijuojanti ir plačiausiai planetos gėlavandenių vandenų ekosistemose paplitusi *Cladophora* genties rūšis yra *Cladophora glomerata* (Leliaert *et al.* 2009; Thiamdao *et al.* 2012). Ji aptinkama Europoje, Šiaurės Amerikoje, Atlanto vandenyno ir Karibų salose, Azijoje, Afrikoje, Australijoje ir Naujojoje Zelandijoje, Ramiojo vandenyno salose bei kituose regionuose (Higgins *et al.* 2008). Kitos *Cladophora* genties rūšys, kurios dažnai aptinkamos gėlavandenėse ekosistemose yra *C. fracta, C. rivularis. Cladophora glomerata* paprastai vystosi ir dideles santalkas formuoja vandens telkiniuose esant dideliems nitratų ir fosfatų kiekiams, *C. rivularis* paplitusi esant didesnei chloridų ir sulfatų koncentracijai vandenyje. *Cladophora fracta* auga, kai telkinyje yra didesnis savitasis elektrinis laidis, kuris susijęs su jonų koncentracija bei priklauso nuo ištirpusių druskų ir neorganinių medžiagų kiekio (t.y. šarmų, chloridų, sulfidų ir karbonato junginių vyravimo telkinyje) (Marks, Cumming, 1996; Pikosz, Messyasz, 2016). Kai kurios *Cladophora* genties rūšys esant potvynių ir atoslūgių periodui sugeba išgyventi kai vandenyje esantis druskų kiekis varijuoja nuo 5 iki 30 ‰, o kai kurios druskėtų ežerų rūšys išgyvena tose vietose, kur ištirpęs druskų kiekis siekia 100 ‰ (Doods, Gudder, 1992).

Ankstesni tyrimai parodė, kad *Cladophora* genties žaliadumbliai dažnai aptinkami Lietuvos upėse, taip pat ir Baltijos jūros pakrantėje, kur gausiai vystosi ir formuoja dideles santalkas (Kostkevičienė, Sinkevičienė 2008; Vitonytė, 2014). Lietuvos vandens ekosistemose aptiktos 4 *Cladophora* genties rūšys (2 lentelė).

2 lentelė. *Cladophora* genties žaliadumbliai ir jų paplitimas Lietuvos vandens ekosistemose (Kostkevičienė, Sinkevičienė, 2008; Vitonytė, 2014).

Rūšis	Sinonimai	Paplitimas	Dažnumas	Literatūros šaltinis
Cladophora glomerata (L.) Kütz. 1843	*Conferva glomerata* L. 1753; *Cladophora cristata* (Roth) Kütz.; *Cladophora crystallina* (Roth) Kütz.	Gėlavandeniai ir druskėti vandens telkiniai. Perifitonas, epilitonas, bentosas. Aptikta: Verkių kūdra, Drūkšių ežeras. Upės: Aitra, Alkupys, Ančia, Apaščia, Armona, Ašva, Babrungas, Baltoji ančia, Bartuva, Dotnuvėlė, Jūra, Kiršinė, Kražantė, Laukesa, Merkys, Mūša, Nedzingis, Nemunėlis, Nevėžis, Notė, Nova, Pelyša, Ringuva, Saria, Siesartis, Strėva, Suraiža, Šalčia, Šaltuona, Šešupė, Šešuvis, Šyša, Šušvė, Šventoji, Tatula, Varduva, Veiviržis, Venta, Verknė, Verseka, Virinta, Žeimena, Žemoji gervė, Baltijos jūros pakrantė.	Labai dažna	L. Vailionis (1930); A. Minkevičius, J. Pipinys (1959); V. Labanauskas (1998, 2000); I. Vitonytė (2014)
Cladophora fracta (O. F. Müll. ex Vahl) Kütz. 1843	*C. crispata* (Roth) Kütz.; *C. sudetica* Kütz.*;* *C. fracta* var. *sudetica* (Kütz.) Wittrock et Nordstedt; *C. fracta* var. *subsimplex.*	Gėlavandeniai telkiniai. Bentosas. Aptikta: Metelio ežeras.	Labai reta, negausi	K. Regelis (1931); A. Minkevičius, J. Pipinys (1959)
Cladophora rupestris (L.) Kütz. 1843	-	Druskėti vandens telkiniai. Bentosas. Aptikta: Baltijos jūros pakrantė.	Labai reta, negausi	V. Labanauskas (1998, 2000)
Cladophora aegagropila (L.) Rabenh.	*C. sauteri* Nees; *Aegagropila sauteri* f. *profunda* Heering; *Aegagropila profunda* (Brand.) Nordst.	Gėlavandeniai vandens telkiniai.	Reta	I. Šarkinienė (1961, 1964, 1969); V. Chomskis ir kt. (1962); I. Šarkinienė, A. Bagdonaitė (1962); Z. Sinkevičienė, V. Stepanavičienė (1996)

1.3. Siūlinių žaliadumblių vystymąsi ir paplitimą upėse nulemiantys pagrindiniai aplinkos veiksniai

Gėlavandenėse ekosistemose (upėse ir ežeruose) hidrologiniai, hidrofizikiniai-cheminiai ir įvairūs biologiniai veiksniai daro įtaką bentoso ir metafitono bendrijų susiformavimui ir vystymuisi (Allan, 1995; Allan, Castillo, 2007; Vitonytė, 2014). Šių veiksnių poveikis skiriasi upių ir ežerų ekosistemose. Lotinėse ekosistemose vyrauja nuolatinis vandens maišymasis (turbulencija), kuris prisotina vandenį ištirpusiu deguonimi ir pagreitina atsinaujinimo procesus (Allan, 1995; Allan, Castillo, 2007; Kostkevičienė, 2009; Vitonytė, 2014).

Pagrindiniai veiksniai, kurie daro įtaką dumblių augimui upėse yra abiotiniai (šviesa, vandens temperatūra, vandens srovė, substratas, maistinės medžiagos, aktyvioji vandens reakcija (pH), vandenyje ištirpusios dujos), biotiniai (išėdimas, konkurencija, alelopatija) ir antropogeninė veikla (Kostkevičienė, 2009).

Abiotiniai veiksniai

Šviesa. Siūlinių žaliadumblių augimui yra svarbus pakankamas šviesos kiekis, kuris turi įtakos dumblių rūšių įvairovei ir erdviniam pasiskirstymui (Protasov, 1994; Wetzel, 2001; Karosienė, 2008). Šviesos stiprumas priklauso nuo upės vagos gylio, pločio, vandenyje esančių skendinčių medžiagų ir nuo pakrantės augalijos išsivystymo (Vannote *et al.* 1980; Hill, 1996). Didelis vandenyje skendinčių medžiagų kiekis sumažina vandens skaidrumą (Karosienė, 2008; Vitonytė, 2014). Atlikti tyrimai patvirtino, kad *Cladophora* žaliadumblių augimas yra gerokai intensyvesnis, esant didesniam šviesos intensyvumui (Whitton, 1970). Įrodyta, kad ne tik šviesos intensyvumas, bet ir jo spektrinė sudėtis, gali turėti įtakos šių dumblių augimui. Pakankamas šviesos kiekis teigiamai veikia *Cladophora* gniužulo šakojimąsi (Whitton, 1970; Doods, Gudder, 1992). Tačiau yra duomenų, kad kartais esant stipriam šviesos intensyvumui, *Chladophora* žaliadumblių ląstelių ilgis ir plotis sumažėja (Whitton, 1970). Pastebėta, kad *Zygnemataceae* ir *Oedogoniaceae* šeimų bei *Ulothrichales* eilės siūlinių žaliadumblių suformuotos santalkos gerai filtruoja šviesą ir gali absorbuoti iki 99 % jonizuojančios spinduliuotės (Margalef, 1983; Cambra, Aboal, 1992). Tyrimais nustatyta, kad *Mougeotia* žaliadumbliai yra prisitaikę augti tiek gerai apšviestose, tiek ir užpavėsintose vietose, rudens periodu, esant mažesniam šviesos intensyvumui (Naselli-Flores, 2000; Reynolds *et al.* 2002; Reynolds, 2006; Zohary *et al.* 2017).

Vandens temperatūra. Lotinėse ekosistemose vandens temperatūra dažniau kinta nei stovinčiuose vandenyse ir stebimi ryškūs paros ir sezoniniai temperatūrų svyravimai (Allan, 1995;

Allan, Castillo, 2007). Labiausiai vandens temperatūra kinta mažuose ir sekliuose upeliuose, o tuo tarpu didelėse upėse ir jų žemupiuose temperatūrų skirtumai yra mažesni (Kostkevičienė, 2009). Upės vagoje gulintys rieduliai ir akmenys sukaupia pakankamą kiekį šilumos, kurį atiduoda vandens telkiniui tamsiuoju paros metu (Denicola, 1996; Vitonytė, 2014). Vandens temperatūra dažniausiai nulemia siūlinių žaliadumblių struktūrą, nes atskirų rūšių augimui reikalinga skirtinga temperatūra. Literatūroje nurodoma, kad *Chlorophyceae* klasės žaliadumbliai geriausiai vystosi kai temperatūra svyruoja nuo 15–30 ºC, tačiau stebimas bentoso dumblių biomasės mažėjimas, kai temperatūra pakyla iki 32 ºC (Allan, 1995; Allan, Castillo, 2007; Vitonytė, 2014). Tai patvirtina ir B. A. Whitton (1970) atlikti tyrimai, kad itin žemose ir aukštose temperatūrose smarkiai sulėtėja *Cladophora* genties žaliadumblių augimas (Whitton, 1970). Nustatyta, kad temperatūrų diapazonas, kuriame gali augti šie dumbliai, yra labai platus – nuo 4 °C iki 30 °C (limituojanti), optimali temperatūra yra apie 20 °C (Robinson, Hawkes, 1986; Dodds, Gudder, 1992; Haykawa *et al.* 2012). *Spirogyra* genties žaliadumbliai geriausiai vystosi ir užaugina didžiausią biomasę esant 25 °C temperatūrai (Kumar *et al.* 2016). Prie šios temperatūros žaliadumbliai geriau ir greičiau pasisavina maisto medžiagas bei paspartėja fotosintezės procesai (Allan, 1995; Allan, Castillo, 2007; Vitonytė, 2014). Temperatūra turi įtakos dumblių išlikimui, reprodukcinei sistemai, gali nulemti akinečių daigumą, zoosporų išsiskyrimą (Whitton, 1970). Nustatyta, kad žema temperatūra daro įtaką fermentų veiklai ir lėtina metabolizmo procesus (Davison, 1991; Lobban, Harrison, 2000; Lawton *et al.* 2014).

Maistinės medžiagos. Azoto (N), fosforo (P) ir silicio (Si) junginiai yra svarbiausios maistinės medžiagos būtinos dumblių vystymuisi. Cheminiai elementai: kalis (K), magnis (Mg), kalcis (Ca), siera (S), geležis (Fe), varis (Cu), manganas (Mn), cinkas (Zn) taip pat yra reikalingi skirtingų žaliadumblių rūšių augimui (Kumar *et al.* 2016). Dumblių augimui yra reikšmingas taip pat azoto ir fosforo santykis (N:P optimalus santykis yra 16:1). (Townsend, Douglas, 2014). Silicis svarbus, nes įeina į siūlinių žaliadumblių ląstelių sienelių sudėtį (Allan, 1995; Allan, Castillo, 2007; Kostkevičienė, 2009; Vitonytė, 2014). Makroskopiniai dumbliai, augantys telkinio dugne ar plūduriuojantys vandens paviršiuje, maisto medžiagas pasisavina iš vandens telkinio nuosėdų arba iš vandens storymės (Pikosz *et al.* 2017). Visų maistinių medžiagų pasisavinimui didelę įtaką daro vandens srovė (Biggs, 1996; Allan, Castillo, 2007; Vitonytė, 2014).

Azoto ir fosforo junginių padidėjimas vandens telkiniuose skatina gausiau vystytis kai kurias siūlinių žaliadumblių rūšis. Upių ruožuose, šalia kurių išleidžiamos nuotekos, intensyviai vystoma žemdirbystė, smarkiai padidėja maistinių medžiagų kiekiai ir pradeda gausiai augti *Cladophora glomerata, Rhizoclonium, Ulothrix* genčių rūšys (Biggs, 1985; 1996; Welch *et al.* 1989; Vitonytė,

2014). Remiantis literatūros šaltiniais įrodyta, kad *Cladophora* žaliadumblių morfologija keičiasi priklausomai nuo maistinių medžiagų kiekio aplinkoje. *Cladophora* ląstelių dydį įtakoja vandens telkiniuose esančių dugno nuosėdų kokybė ir jų cheminė sudėtis. Pastebėta, kad auginant žaliadumblius maistingoje terpėje, mažėja *Cladophora* gniužulo šakotumas, tačiau pailgėja ląstelės. Šie morfologiniai parametrai, taip pat gali skirtis ir varijuoti priklausomai nuo vandens druskingumo (Ross, 2006). Nepakankamas maistinių medžiagų kiekis vandenyje riboja *Spirogyra* genties žaliadumblių augimą ir yra svarbesnis veiksnys už vandens temperatūrą (Wongsawad, Peerapornpisal, 2015; Pikosz, Messyasz, 2016; Kumar *et al.* 2016). *Oedogonium* genties dumbliai toleruoja didesnius geležies (Fe) kiekius ir huminėmis rūštimis turtingą vandens terpę (Cambra, Aboal, 1992). Eksperimentais nustatyta, kad *Mougeotia* genties žaliadumbliai gerai toleruoja skirtingo maistingumo terpes, kur azoto (N) ir fosforo (P) santykis gali labai skirtis (Middleton, Frost, 2014; Zohary *et al.* 2017).

Antropogeniniai veiksniai – tokie kaip gyventojų skaičiaus augimas, intensyvus pramonės vystymasis, žemės naudojimas, spartina vandens telkinių eutrofikaciją, nes dideliais kiekiais naudojami įvairūs plovikliai, netinkamai valomos nuotekos, nekontroliuojama tarša maistinėmis medžiagomis iš žemės ūkio. Vienas iš pavyzdžių, tai gausus *Cladophora* žaliadumblių vystymasis, kuris sukelia dumblių „žydėjimą“ vandens telkiniuose ir dažniausiai yra siejamas su maistinių medžiagų, konkrečiai azoto ir fosforo junginių, kiekio padidėjimu ekosistemose (Ross, 2006; Zulkifly *et al*. 2013). Didelę žalą vandens ekosistemoms sukelia upių žemupiuose statomos elektrinės, iš kurių sistemų išleistas šiltas vanduo keičia ir vandens telkinio temperatūrą. Gausus miškų kirtimas, melioracijos darbai sutrikdo vandens telkinių hidrologinį režimą ir daro įtaką hidrofizikiniams-cheminiams rodikliams (Denicola, 1996).

Vandens srovė. Lotinėse ekosistemose vandens srovė susijusi su bentoso rūšių įvairove, jų paplitimu, skirtingų substratų susiformavimu ir didžiąja dalimi priklauso nuo upės vingiuotumo. Pastebėta, kad esant lėtai tėkmei sutrinka vertikalus vandens maišymasis ir sumažėja maistinių medžiagų pasisavinimas (Allan, 1995; Komulaynen, 1999; Vitonytė, 2014). Lėtos tėkmės upėse vyrauja prie substrato prisitvirtinę *Cladophora, Oedogonium, Stigeoclonium* genčių rūšys, o *Spirogyra ir Mougeotia* – plūduriuoja vandens paviršiuje. Greitos tėkmės upėse bendrijas formuoja rūšys, kurios sugeba pasipriešinti vandens srovei ir išsilaikyti substrate (Allan, 1995; Vitonytė, 2014). Atlikti tyrimai parodė tendenciją, kad esant didesniam vandens srautui ir greičiui padidėja *Cladophora* žaliadumblių gniužulo šakotumas (Kostkevičienė, 2009; Ross, 2006). Siūlams vystantis, formuojasi pseudodichotomiškai šakota gniužulo struktūra. Tai vienas iš požymių, kada galima nustatyti, jog *Cladophora* yra aptikta srauniuose vandens telkiniuose (Ross, 2006).

Substratas. Siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovė labai priklauso nuo upėje susiformavusio substrato, kuriam didelę įtaką daro srovės greitis. Greitos tėkmės upėse vyrauja stambūs rieduliai ir akmenys, o lėtos tėkmės upėse dominuoja smėlis, dumblas, žvirgždas. Taip pat, dumblių įsikūrimui ant substrato yra svarbi jo paviršiaus tekstūra. Pastebėta, kad didesni siūlinių žaliadumblių gniužulai įsikuria ant stambesnių akmenų (Allan, 1995). Priklausomai nuo substrato vystosi epipelitinės, epipsamitinės, epilitinės (*Cladophora, Ulva*), epifitinės (*Ulothrix zonata, Oedogonium*) bentoso dumblių bendrijos (Zulkifly, 2013; Vitonytė, 2014). Lenkijoje atliktų tyrimų metu nustatyta, kad *Cladophora, Rhizloclonium, Oedogonium* ir *Stigeoclonium* genčių rūšys aptiktos augančios tiek smėlėtame substrate, tiek pristvirtinusios ant riedulių (Pikosz, Messyasz, 2016).

Vandenyje ištirpusios dujos. Vandenyje ištirpusias dujas sudaro: deguonis (O_2), anglies dvideginis (CO_2) ir azotas (N). Pagrindinis deguonies šaltinis vandens telkiniuose yra gaunamas iš atmosferos arba dumblių vykdomos fotosintezės. Deguonies tirpumui vandenyje daro įtaką temperatūra ir druskingumas. Pakankamas kiekis anglies dvideginio taip pat yra būtinas fotosintezę vykdantiems žaliadumbliams (Kostkevičienė, 2009). Tačiau tyrimų metu nustatyta, kad per didelis CO_2 kiekis atmosferoje neigiamai veikia *Spirogyra* genties žaliadumblių lytinį dauginimąsi (konjugaciją) (El-Sheekh *et al.* 2017). Vandens telkinio dugne susikaupusios organinės medžiagos, veikiamos anaerobinių sąlygų, pradeda irti ir išskiria vandenilio, metano dujas (Kostkevičienė, 2009).

Aktyvioji vandens reakcija (pH). Dauguma dumblių, prisitvirtinusių prie įvairių po vandeniu panirusių substratų, toleruoja neutralią vandens terpę (Komulaynen, 1999). Mažėjant pH, stebimas dumblių rūšių įvairovės sumažėjimas (Greenwood, Lowe, 2006). Tačiau skirtingos siūlinių žaliadumblių rūšys toleruoja skirtingą vandens terpę. J. L. Greenwood, R. L. Lowe (2006) nustatė didesnį *Oedogoniales* ir *Zygnematales* eilių siūlinių žaliadumblių gausumą rūgštinėje aplinkoje (pH < 5). Dažniausiai, kai pH vertės mažesnės už 5,0, sustoja dumblių augimas (Eloranta, Kunnas, 1982; Karosienė, 2008). Eksperimentais nustatyta, kad optimalus pH *Cladophora glomerata* žaliadumbliams yra 8,3 (Robinson, Hawkes, 1986). *Spirogyra* genties dumbliai didžiausią biomasę užaugina esant neutraliai vandens terpei (pH 7,0) (Kumar *et al.* 2016). Tačiau šių žaliadumblių konjugacija geriausiai vyksta pH vertėms svyruojant nuo 7,2 iki 7,5 (El-Sheekh *et al.* 2017). *Mougeotia* genties žaliadumbliai gali vystytis rūgštesnėje terpėje, tačiau pastebėta, kad geriau auga neutralioje arba silpnai šarminėje aplinkoje (Graham *et al.* 1996b; Zohary *et al.* 2017).

Biotiniai veiksniai

Išėdimas. Vandens telkiniuose fitobentoso gausumą ir rūšių įvairovę reguliuoja bestuburiai. Kai gyvūnai išėda stambias ir lėtai augančias fitobentoso rūšis, gali labai pasikeisti dumblių bendrijų sudėtis ir sumažėti jų biomasė (Borchardt, 1996; Vitonytė, 2014). Remiantis literatūra, pagrindinis gėlavandenių žuvų ir vabzdžių lervų maistas yra *Ulothrichales* eilės, *Zygnemataceae* ir *Oedogoniaceae* šeimų siūliniai žaliadumbliai (Cambra, Aboal, 1992). Tačiau dauguma siūlinių žaliadumblių, norėdami apsisaugoti išėdimo, turi įvairių kovos būdų. Vienus žaliadumblius (pvz. *Cladophora* spp.) nuo išėdimo apsaugo tvirta celiuliozinė sienelė, *Spirogyra* genties žaliadumblių biomasė ne tokia maistinga, t.y. mažas baltymų kiekis, kiti dumbliai išskiria chemines medžiagas, kurios atbaido gyvūnus (Allan, Castillo, 2007; Vitonytė, 2014).

Alelopatija. Vandens augalų išskiriamos cheminės medžiagos (alkaloidai, fenoliai, taninai) reguliuoja kai kurių dumblių gausumą ir vystymąsi. Dažniausiai siūliniai žaliadumbliai dėl šviesos ir maistinių medžiagų konkuruoja su makrofitais, todėl kai kurios rūšys išskiria chemines medžiagas (alkaloidai, fenoliai, taninai), kurios slopina makrofitų augimą (Erhard, Gross, 2006; Karosienė, 2008). Pikosz *et al*. (2017), Fabrowska *et al*. (2018) nustatė, kad *C. glomerata* intesyvaus augimo laikotarpiu produkuoja ir į aplinką išskiria didelius polifenolių kiekius, kurie slopina kitų autotrofinių organizmų augimą.

2. TIRTŲ UPIŲ FIZINĖ-GEOGRAFINĖ CHARAKTERISTIKA

Šventoji yra didžiausias dešinysis Neries upės intakas, tekantis rytinėje Lietuvos dalyje. Upė priklauso didžiausiam Nemuno baseinui, kurio plotas yra 46 695 km^2 ir Šventosios pabaseiniui (plotas 6789,18 km^2). Upės ilgis 246 km. Šventosios upės ištakos – Ignalinos rajone, Samanio ežeras, esantis Gražutės regioniniame parke. Upės baseine vyrauja vidutinio sunkumo priemoliai (63 % pabaseinio ploto), smėliu ir žvyru dengiami plotai sudaro 27 %. Pabaseinio miškingumas – 26 %, pelkėtumas – 0,7 %, ežeringumas – 3 %. Tai mišraus maitinimo upė, kurios nuotėkis yra natūraliai sureguliuotas. Šventosios pabaseinio upių tinklą sudaro 1885 upės, kurių bendras ilgis siekia 6477 km. Upės baseine vidutinis upių tinklo tankis yra 0,81 km/km^2, kurį lemia apie 1067 maži I–os kategorijos upeliai. Bendras vandenų plotas – 6,2 ha. Metinio nuotėkio hidromodulis aukštupyje yra 7 l/s iš km^2, vidurupyje –7,3-7,4 l/s iš km^2, žemupyje – 8,2 l/s iš km^2 (Kilkus, 1998; Gailiušis *ir kt.* 2001; Nemuno upių baseinų..., 2015).

Pagal upių vagų vingiuotumą Šventosios upė yra priskirta vidutiniškai vingiuotų upių grupei. Upės aukštupyje vingiuotumas nedidelis. Didžiausias vingiuotumas yra vidurupyje, o žemupys yra besikeičiantis ir trumpas (Gailiušis *ir kt.* 2001; Nemuno upių baseinų..., 2015).

Dubysa yra dešinysis Nemuno intakas, kurios ilgis yra 131 km, baseino plotas – 1973 km^2. Upė pradeda tekėti Šiaulių rajone, netoli nuo Rėkyvos ežero. Dubysos pabaseinis yra siauras, ilgis siekia 90 km. Jo paviršių dengia vidutinio sunkumo gruntai, kurie sudaro 70 %, smėliai – 11 %, sunkus priemolis – 9 %. Miškai daugiausiai vyrauja aukštupyje, kur miškingumas sudaro 25 %. Dubysos pabaseinio pelkėtumas siekia 1,6 % (didžiausia pelkė – Didysis Tyrulis (38 km^2). Pabaseinyje vyrauja mažesni ežerai (40 ežerų), kurių bendras plotas yra 5,5 km^2 ir tvenkiniai (apie 10 km^2). Upių tinklą sudaro 774 upės, iš kurių 154 yra ilgesnės nei 3 km. Bendras upių vagų ilgis – 2439 km, o tinklo tankis – 1,24 km/km^2. Vidutinis pabaseinio nuotėkio metinis hidromodulis yra 7 l/s iš km^2. Pagal upių vagų vingiuotumą Dubysos upė yra priskirta vidutiniškai vingiuotų upių grupei (Gailiušis *ir kt.* 2001; Kilkus, 2011; Nemuno upių baseinų..., 2015).

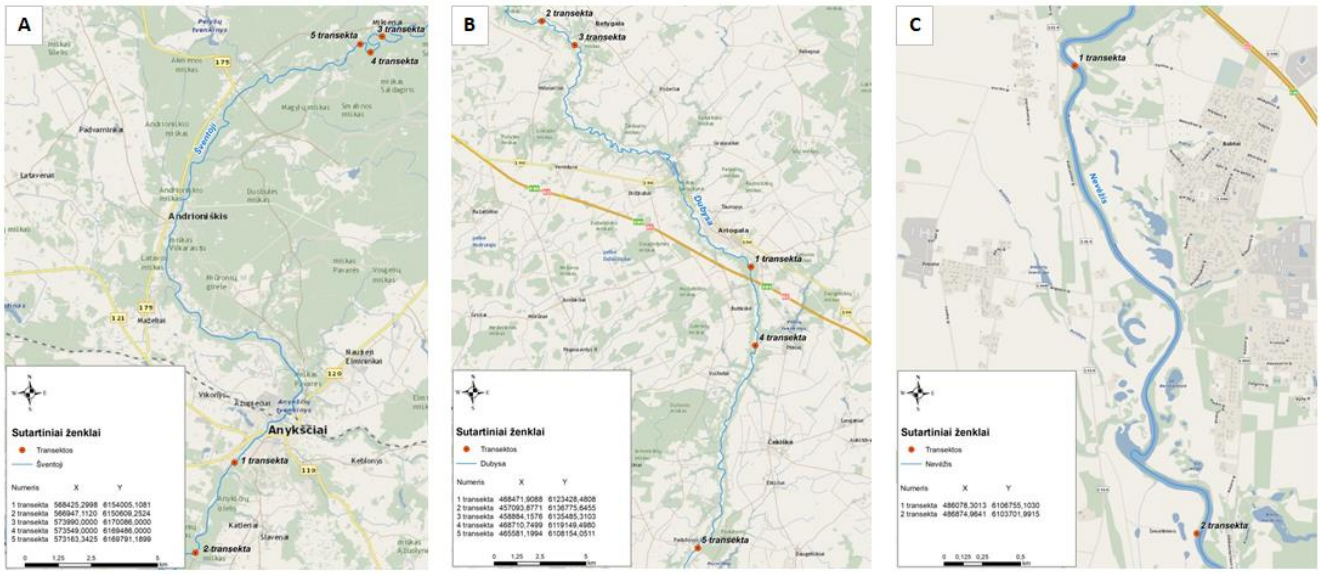
Nevėžis yra dešinysis Nemuno intakas, kuris teka vidurio Lietuvos dalyje ir priklauso Nemuno baseinui. Upės ilgis yra 209 km, baseino plotas – 6140 km^2. Nevėžio ištakos yra šlapi miškai apie 6 km į pietryčius netoli Troškūnų miestelio.. Nevėžio baseine dominuoja sunkesnės mechaninės sudėties karbonatingos uolienos, o dalį baseino paviršiaus dengia smėlis (10 %). Baseino ežeringumas labai mažas 0,09 %, sudaro 89 ežerai (bendras plotas 5,28 km^2) ir 76 tvenkiniai. Didžiausias ežeras – Lėnas. Nevėžio pabaseinio upių tinklą sudaro 422 upės, kurių bendras ilgis siekia 8162 km. Tai dirbtinai maitinama upė, kuri didžiąją dalį vandens gauna iš Lėvens ir Šventosios upių. Pabaseinio pelkėtumas

siekia 0,6 % (daugiausia jų aukštupyje), miškingumas – 25 %. Nevėžio pabaseinio metinio nuotėkio hidromodulis yra 1,9 l/s iš km^2. Upių tinklo tankis – 1,33 km/km^2. Pagal upių vagų vingiuotumą Nevėžio upė yra priskirta vidutiniškai vingiuotų upių grupei (Gailiušis *ir kt.* 2001; Nemuno upių baseinų..., 2015).

3. TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI

3.1. Tyrimų medžiaga

Medžiaga tyrimams buvo renkama 2019 m. rugpjūčio–rugsėjo mėn., intensyviausiu makroskopinių siūlinių žaliadumblių vegetacijos laikotarpiu Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių ruožuose, 12–oje transektų (1 pav.).



1 pav. Tyrimų vietų (transektų) išsidėstymo situacinė schema Šventosios (A), Dubysos (B) ir Nevėžio (C) upių ruožuose.

Tyrimai atlikti Gamtos tyrimų centro Algologijos ir mikroorganizmų ekologijos laboratorijoje. Siūlinių žaliadumblių mėginiai saugomi Gamtos tyrimų centre.

3.2. Tyrimų metodai

Siūlinių žaliadumblių tyrimai buvo vykdomi išilginėse upių transektose, kurios pasirinktos pagal siūlinių žaliadumblių buvimą. Atstumai tarp transektų upėje kito nuo 3 iki 5 km. Transektos plotis buvo išmatuojamas per upės vagos plotį ištiestos matavimo virvės pagalba. Kiekviena transekta padalijama į 5 metrų ilgio ir 5 metrų pločio tiriamuosius laukelius, kuriuose buvo vykdoma siūlinių žaliadumblių inventorizacija.

3.2.1. Hidromorfologinių sąlygų, hidrofizikinių-cheminių rodiklių nustatymas

Visose transektose buvo aprašytos hidromorfologinės sąlygos remiantis LAND 67-2005 „Upių buveinių kokybės vertinimo metodika“. Transekta buvo aprašoma pagal lauko protokolą, kuriame pažymima: tyrimo data, transektos numeris, geografinės koordinatės, upės vagos gylis, upės tėkmės greitis, upės vagos užpavėsinimas pakrantės augalija (užpavėsinta, dalinai apšviesta, apšviesta). Vizualiai įvertintas dugno matomumas, skaidrumas, aprašytas substratas (dumblas, smėlis, žvyras, žvirgždas, akmenys). Geografinės koordinatės buvo nustatomos naudojant globalinės padėties nustatymo sistemos (GPS) imtuvą. Gylis darbo vietoje buvo matuojamas 0,10 m dalmens gyliomačiu. Upės tėkmės greitis išmatuotas universaliu srovės matuokliu „C31“, matuojant tėkmės greitį trijuose upės atkarpos taškuose. Hidrofizikiniai-cheminiai rodikliai (pH, temperatūra, savitasis vandens elektrinis laidis, ištirpusio deguonies koncentracija, vandens įsotinimas deguonimi) nustatyti daugiafunkciniu matuokliu „Aquaread“ AP-5000. Maistinių medžiagų (azoto, fosforo ir jų junginių) kiekiai vandenyje buvo nustatyti UAB „Vandens tyrimai“.

3.2.2. Siūlinių žaliadumblių tyrimas *in situ*

Makroskopiniai siūliniai žaliadumbliai buvo tiriami pagal Gutowski *et al.* (2004), Gutowski, Forester (2006), Schaumburg *et al.* (2012) metodiką. Kiekvienoje transektoje siūliniai žaliadumbliai vizualiai buvo apžiūrimi ir inventorizuojami naudojant akvaskopą, registruojant pokyčius kas 5 m. Siūlinių žaliadumblių gausumas ir padengimas transektose *in situ* buvo nustatomas balais pagal Braun-Blanquet skalę (Braun-Blanquet, 1964) (3 lentelė).

3 lentelė. Gausumo ir padengimo vertinimas balais pagal Braun-Blanquet skalę (Braun-Blanquet, 1964).

Balas	Gausumas ir padengimas
+	Individų mažai, dengia labai mažą plotą.
1	Individų daug, tačiau jie padengia mažai arba individų mažai, bet jų padengimas didesnis, bet ne daugiau kaip ½ tiriamojo laukelio.
2	Individų labai daug arba jie padengia bent ½ tiriamojo laukelio.
3	Individų pasitaiko įvairiai, jie padengia nuo ¼ iki ½ tiriamojo laukelio.
4	Individų įvairiai, jie padengia nuo ½ iki ¾ tiriamojo laukelio.
5	Individų įvairiai, jie padengia nemažiau kaip ¾ tiriamojo laukelio.

Vizualiai buvo nustatyta dominuojanti makroskopinių žaliadumblių gentis ir įvertintas projekcinis padengimas (% tiriamo ploto). Žaliadumbliai iš gilesnių vietų buvo renkami naudojant geležinį kablį, skirtą vandens augalams ištraukti. *Cladophora glomerata* santalkų dydis (ilgis, plotis, storis) buvo matuotas naudojant matavimo metrą.

Rūšių įvairovės tyrimams siūlinių žaliadumblių mėginiai buvo imami 3–uose transektos taškuose ir fiksuojami 40 % formaldehido tirpalu iki galutinės 4 % koncentracijos. Iš viso mikroskopinei siūlinių žaliadumblių analizei surinkti 36 mėginiai.

3.2.3. Siūlinių žaliadumblių mikroskopinė analizė

Mikroskopinė mėginių analizė buvo atliekama laboratorijoje šviesiniu mikroskopu Nikon Eclipse Ci-L. Žaliadumblių vaizdai fotografuojami Imagine Source vaizdo kamera. *Oedogonium*, *Mougeotia* ir *Spirogyra* genčių dumbliai buvo išskirti į dydžių grupes pagal ląstelės plotį. Jų identifikacija iki rūšies pagal morfologinius požymius yra sudėtinga, identifikacija remiasi lytinio dauginimosi struktūrų skiriamaisiais požymiais. *Spirogyra* genties žaliadumbliai taip pat buvo suskirstyti į grupes pagal chloroplasto susisukimo būdą. *Cladophora glomerata* ląstelių morfologinės charakteristikos buvo nustatomos peržiūrint 25 individus ir matuojant jų ląstelių ilgį ir plotį. Rūšies gniužulo šakotumas vertintas balais pagal skalę (4 lentelė). Kitų taksonų ląstelių dydis buvo nustatomas matuojant po 10–25 individus.

4 lentelė. *Cladophora glomerata* gniužulo šakotumo vertinimas balais.

Balai	***Cladophora glomerata* gniužulo šakotumas**
0	Gniužulas nešakotas, visi individai
1	Gniužulas labai mažai šakotas (tik kelios šoninės atšakos), keli individai
2	Gniužulas mažai šakotas, daug individų
3	Gniužulas šakotas, keli individai
4	Gniužulas šakotas, daug individų

Kiekvienos rūšies gausumas mėginyje buvo vertinamas pagal modifikuotą Schaumburg *et al*. (2012) skalę: 1 – pavieniai individai mėginyje (≤ 2 % viso mėginio); 2 – keli individai mėginyje (2–10 %); 3 – negausiai (10–25 %); 4 – gausiai (25–50 %); 5 – labai gausiai (≥ 50 %).

Siūlinių žaliadumblių sistematika (skyrius, klasė, eilė, gentis) ir rūšių vardai pateikti remiantis visuotine dumblių duomenų baze „AlgaeBase“ (Guiry, Guiry, 2020), kurioje kaupiama taksonų taksonominė, nomenklatūrinė informacija. Rūšys identifikuotos naudojant literatūros šaltinius rūšims apibūdinti: (Starmach, 1972; Kadłubowska, 1972; Moškova, Gollerbah, 1986; Burrows, 1991; Brook, Johnson, 2002; Gerrath, 2003; Brodie *et al*. 2007; Škaloud *et al*. 2018).

3.3. Statistinė analizė

Siūlinių žaliadumblių statistinė duomenų analizė atlikta naudojant „Microsoft Office“ paketo „Excel 2010“ programą, „Brodgar 2.7.4“ ir „STATISTICA 7.0“ programų demonstracines versijas.

Lentelėse ir sklaidos diagramose pateikiama gautų rezultatų minimalios–maksimalios reikšmės, vidurkiai ir standartinis nuokrypis (SD). Duomenų normalumui patikrinti buvo naudojami KolmogorovoSmirnovo ir Šapiro-Vilk W kriterijai. Siekiant palyginti *C. glomerata* ląstelių ilgio ir pločio vidurkių reikšmes tarp tirtų upių ir atskirai upėse tarp transektų buvo taikomas bendrasis tiesinis modelis (*angl.* General linear model, GLM). Siūlinių žaliadumblių gausumas, paplitimas, *C. glomerata* gausumas, projekcinis padengimas, santalkų dydis, ląstelių morfologinės charakteristikos ir aplinkos veiksnių tarpusavio sąveika nustatyta pritaikius daugiamatės statistikos (*angl.* Redundancy analysis, RDA) metodą. Tarpusavio ryšių tarp analizuotų siūlinių žaliadumblių kintamųjų ir aplinkos veiksnių nustatymui buvo skaičiuotas Pirsono koreliacijos koeficientas. Statistiškai reikšmingais skirtumais laikomos vertės, kai $p < 0,05$.

4. TYRIMŲ REZULTATAI

4.1. Tirtų upių hidrofizikinių-cheminių rodiklių charakteristika

Tyrimams atlikti buvo pasirinktos Šventosios, Dubysos, Nevėžio upių atkarpos, kurių plotis svyravo nuo 12 iki 44 m (5 lentelė). Plačiausios buvo Šventosios ir Nevėžio upių atkarpos. Gylis tirtų upių transektose kito nuo 0,1 iki 2,2 m. Šventosios upės 3–oji transekta buvo giliausia (vidutinis gylis 1,63 m), o Dubysos upės 1–oji transekta – sekliausia (vidutinis gylis 0,25 m).

Tyrimų vietos buvo apšviestos arba dalinai apšviestos, išskyrus Šventosios upės 1–ą transektą, kurioje upės vaga pakrantės augalija buvo užpavėsinta. Daugumai tirtų transektų buvo būdingas smėlio, smėlio su žvyro, žvirgždo priemaišomis substratas, išskyrus Šventosios upės 4–ą transektą, kurioje vyravo dumblas su žvirgždu ir Dubysos 1–ą transektą, kur dugną dengė akmenys ir žvirgždas. Srovės greitis beveik visose tirtų upių transektose nežymiai skyrėsi ir kito nuo 0,110 iki 0,377 m/s. Didesnės greičio vertės nustatytos Nevėžio upės 1–oje transektoje (1,330 m/s) ir Dubysos 1–oje transektoje (0,570 m/s). Visose tyrimų atkarpose vandens skaidrumas buvo iki dugno.

Tirtų upių transektose nustatyta šarminė vandens reakcija. Vandenilio jonų koncentracijos (pH) vertės svyravo nuo 8,4 iki 9,2. Vandens savitojo elektrinio laidžio reikšmės, parodančios ištirpusių druskų bendrą koncentraciją vandenyje, kito nuo 479 iki 977 µS/cm. Didžiausios savitojo elektrinio laidžio reikšmės nustatytos Nevėžio upės transektose, o mažiausios – Šventosios upėje. Visose transektose vandenyje ištirpusio deguonies koncentracija kito nuo 8,56 iki 14,19 mg/l. Didžiausios ištirpusio deguonies vertės išmatuotos visose Dubysos upės transektose, Šventosios 5–oje ir Nevėžio 2–oje transektose. Visose upių transektose vanduo buvo įsotintas deguonimi ir daugumoje transektų viršijo 100 %.

Nitratų kiekis upių atkarpose svyravo nuo 0,02 iki 0,600 mg/l, tačiau Šventosios 2–oje ir Nevėžio upės 1, 2–oje transektose nustatyti žymiai didesni nitratų kiekiai (0,100, 0,600, 0,549 mg/l, atitinkamai). Bendro azoto kiekis visose transektose kito nuo 0,18 iki 1,12 mg/l. Didžiausia reikšmė nustatyta Nevėžio upės 1–oje transektoje, o mažiausia Dubysos 2–oje. Šventosios upės 2–a transekta išsiskyrė didesnėmis amonio (0,07 mg N/l ir nitratų (0,10 mg/l) koncentracijomis. Ypač dideli nitratų kiekiai iki 0,60 mg N/l nustatyti Nevėžio upėje. Bendro fosforo kiekis upėse svyravo nuo 0,012 iki 0,520 mg P/l. Didžiausia reikšmė nustatyta Nevėžio upės 2–oje transektoje, o mažiausia – Dubysos 5–oje. Fosfatų kiekis upėse kito nuo 0,01 iki 0,50 mg/l. Didžiausia vertė buvo Nevėžio upės 2–oje, o mažiausia – Dubysos 5–oje transektose.

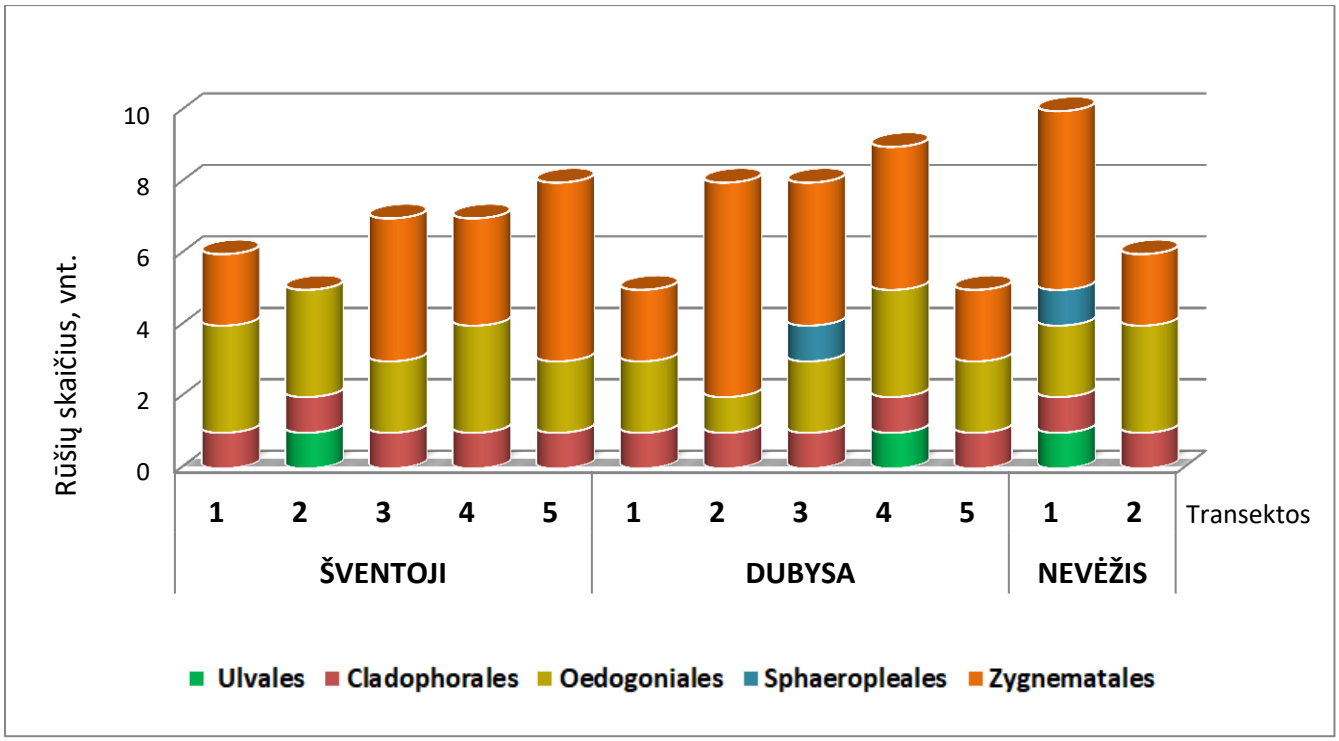
5 lentelė. Hidrologiniai, hidrofizikiniai-cheminiai rodikliai tirtose Šventosios, Dubysos, Nevėžio upių transektose, 2019 m. rugpjūčio – rugsėjo mėn.

Rodikliai	Upės, transektos											
	Šventoji					Dubysa					Nevėžis	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
Gylis, (m)	0,7–1,1 (0,88)	0,6–2,2 (1,26)	1,4–2,0 (1,63)	0,8–1,7 (1,39)	0,8–1,5 (1,30)	0,2–0,3 (0,25)	0,3–0,6 (0,45)	0,1–0,85 (0,57)	0,2–1,1 (0,71)	0,7–0,95 (0,77)	0,1–1,4 (0,79)	0,2–1,1 (0,59)
Atkarpos plotis, (m)	25,0	40,0	30,0	44,0	42,0	12,0	14,0	20,0	19,5	28,0	20,0	37,0
Užpavėsinimas pakrantės augalija	Užpavėsinta	Dalinai apšviesta	Dalinai apšviesta	Dalinai apšviesta	Apšviesta	Dalinai apšviesta	Dalinai apšviesta	Apšviesta	Dalinai apšviesta	Apšviesta	Apšviesta	Apšviesta
Skaidrumas, (m)	i.d.*	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Substratas	Smėlis, žvyras	Žvirgždas	Smėlis	Dumblas, žvirgždas	Smėlis	Akmenys, žvirgždas	Smėlis, žvyras	Smėlis, žvyras	Žvyras	Smėlis	Smėlis	Smėlis
Srovės greitis, (m/s)	n.d.**	0,279	0,316	0,262	0,289	0,570	0,377	0,177	0,215	0,110	1,330	0,126
Temperatūra, (°C)	18,0	17,6	17,8	18,9	18,1	18,9	16,4	17,7	20,1	20,0	18,2	19,2
pH	8,5	8,4	9,2	8,5	8,9	8,4	8,7	8,7	8,8	8,7	8,5	8,6
Vandens savitasis elektrinis laidis, (µS/cm)	487	479	482	479	482	578	581	580	557	535	977	948
Vandenyje ištirpęs deguonis (O_2, mg/l)	9,32	8,56	9,62	9,61	10,01	10,63	11,30	11,46	14,19	12,70	8,93	12,40
Įsotinimas deguonimi (O_2, %)	98,7	89,5	100,8	103,2	105,5	116,9	118,9	123,1	150,0	137,2	99,4	130,8
Amonis (NH_4–N, mg/l)	<0,04	0,07	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Nitratai (NO_3–N, mg/l)	<0,030	0,100	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,600	0,549
Bendras azotas (N_{bendr}, mg N/l)	0,56	0,99	0,61	0,60	0,53	0,40	0,18	0,36	0,39	0,26	1,12	0,84
Fosfatai (PO_4–P, mg/l)	0,02	0,06	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,10	<0,01	0,48	0,50
Bendras fosforas (P_{bendr}, mg P/l)	0,037	0,070	0,043	0,043	0,041	0,035	0,031	0,030	0,027	0,012	0,500	0,520

* i.d. – iki dugno
** n.d. – nėra duomenų

4.2. Siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovė ir gausumas tirtose upėse

Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių tirtose transektose, atlikus mikroskopinę analizę, buvo aptikti siūliniai žaliadumbliai, priklausantys *Chlorophyta* ir *Charophyta* skyriams, *Ulvophyceae*, *Chlorophyceae*, *Conjugatophyceae* klasėms, 5–ioms eilėms: *Ulvales*, *Cladophorales*, *Oedogoniales*, *Sphaeropleales*, *Zygnematales* ir 7–ioms gentims: *Ulva*, *Cladophora*, *Oedogonium*, *Hydrodictyon*, *Microspora*, *Mougeotia* ir *Spirogyra* (2 pav., 6 lentelė). Upėse didžiausia rūšių įvairovė nustatyta *Conjugatophyceae* (9 taksonai) ir *Chlorophyceae* (6 taksonai) klasių, *Zygnematales* ir *Oedogoniales* eilės žaliadumblių (9 ir 4 taksonai, atitinkamai). *Sphaeropleales* aptikti 2 taksonai, *Cladophorales* ir *Ulvales* po 1.



2 pav. Siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovės pasiskirstymas Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upėse.

Iš viso tirtose upėse identifikuota 20 siūlinių žaliadumblių taksonų (6 lentelė). Iki rūšies rango identifikuotos 4–ios žaliadumblių rūšys: *Cladophora glomerata*, *Ulva flexuosa*, *Microspora floccosa*, *Hydrodictyon reticulatum*. Kiti dumbliai (16 taksonų) identifikuoti iki

genties rango. *Oedogonium, Mougeotia* ir *Spirogyra* genčių žaliadumbliai buvo išskirti į grupes pagal ląstelių plotį, kadangi tirti individai nebuvo suformavę lytinio dauginimosi struktūrų, kurių skiriamieji požymiai svarbūs šių dumblių identifikacijai iki rūšies (1 priedas).

6 lentelė. Siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovė ir gausumas Šventosios, Dubysos, Nevėžio upėse.

Taksonas	**Upė, transekta**											
	Šventoji					**Dubysa**					**Nevėžis**	
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**
Skyrius Chlorophyta												
Klasė Ulvophyceae												
Eilė Ulvales												
Ulva flexuosa Wulfen		1							1		1	
Eilė Cladophorales												
Cladophora glomerata L. (Kütz.)	5	5	5	5	5	5	3	5	4	5	5	5
Klasė Chlorophyceae												
Eilė Oedogoniales												
Oedogonium sp_1										2		
Oedogonium sp_2	2	1	4	4	4			2	1	1	4	2
Oedogonium sp_3	2	1	3	2	1	1	5	2	4		2	2
Oedogonium sp_4	1	1		1		1			5			2
Eilė Sphaeropleales												
Hydrodictyon reticulatum (L.) Bory											2	
Microspora floccosa (Vauch.) Thur.								2				
Skyrius Charophyta												
Klasė Conjugatophyceae (Zygnematophyceae)												
Eilė Zygnematales												
Mougeotia sp_1							1					
Mougeotia sp_2	1		1	1	1	1	1	1	2			
Mougeotia sp_3												
Spirogyra sp_1					1		2	1	3	1		
Spirogyra sp_2					1		5	3	3		2	
Spirogyra sp_3			1								2	
Spirogyra sp_4											2	1
Spirogyra sp_5	1				1	1					1	1
Spirogyra sp_6				1						1		
Spirogyra sp_7			1	1	1		5	3	3		2	
Spirogyra sp_8			1									
Spirogyra sp_9							1					
Viso:	**6**	**5**	**7**	**7**	**8**	**5**	**8**	**8**	**9**	**5**	**10**	**6**

Rūšių skaičius atskirose upėse svyravo nuo 11 iki 15 taksonų (6 lentelė). Dubysos upėje nustatyta didžiausia rūšių įvairovė, Nevėžio upėje – mažiausia (6 lentelė). Atskirose upių transektose rūšių skaičius kito nuo 5 iki 10 taksonų (2 pav., 6 lentelė). Visose upėse gausiausia įvairovė buvo *Zygnematales* ir *Oedogoniales* eilių žaliadumblių. *Ulvales* eilės žaliadumbliai aptikti Šventosios 2–oje, Dubysos 4 –oje ir Nevėžio 1-oje upių transektose. Taip pat, Dubysos -3–oje ir Nevėžio -1–oje upių transektose buvo aptikti *Sphaeropleales* eilės siūliniai žaliadumbliai.

Šventosios upės transektose rūšių skaičius svyravo nuo 5–ių iki 8–ių (2 pav., 6 lentelė). Penktoji transekta išsiskyrė didžiausiu siūlinių žaliadumblių rūšių skaičiumi, mažiausiai rūšių rasta 2–oje transektoje. Trečioje, 4 ir 5–oje transektose rūšių skaičius buvo panašus ir kito nuo 7 iki 8. Šventosios upės transektose didžiausia įvairovė buvo *Zygnematales* ir *Oedogoniales* eilių. Visose transektose vyravo *Cladophora glomerata* (6 lentelė). *Oedogonium* genties žaliadumbliai gausiausiai vystėsi 3, 4 ir 5–oje transektose. Šventosios upės visose transektose, išskyrus 2–ą, aptikti *Mougeotia* ir *Spirogyra* genčių pavieniai žaliadumblių individai. Antroje transektoje aptikta *Ulva flexuosa.*

Dubysos upėje siūlinių žaliadumblių rūšių skaičius transektose svyravo nuo 5–ių iki 9–ių (2 pav., 6 lentelė). Upės 2, 3 ir 4–oje transektose rūšių skaičius buvo panašus, 8–9 rūšys. Pirmoje ir 5–oje transektose nustatyta mažiausia žaliadumblių įvairovė. Didžiausia rūšių įvairove išsiskyrė *Zygnematales* eilės žaliadumbliai, ypač 2–oje transektoje. Visose transektose gausiai vystėsi ir vyravo *Cladophora glomerata, Oedogonium* ir *Spirogyra* genčių žaliadumbliai (6 lentelė). *Mougeotia* genties žaliadumblių gausumas transektose kito nežymiai ir pagal gausumo skalę svyravo nuo 1 iki 2. Trečioje transektoje aptikti keli individai *Microspora floccosa,* 4–oje transektoje – pavieniai *Ulva flexuosa*.

Rūšių skaičius Nevėžio upės transektose svyravo nuo 6–ių iki 10–ies (6 lentelė). Pirmoji upės transekta išsiskyrė didžiausiu rūšių skaičiumi, ne tik Nevėžio upėje, bet ir bendrai visose tirtose skirtingų upių transektose. Mažiausia siūlinių žaliadumblių įvairovė nustatyta 2–oje transektoje. Upės transektose didžiausia įvairove pasižymėjo *Zygnematales* ir *Oedogoniales* eilių žaliadumbliai (5 ir 3 taksonai, atitinkamai). *Ulvales* ir *Sphaeropleales* aptikta po 1 taksoną. Abiejose Nevėžio upės transektose vyravo *Cladophora glomerata* (6 lentelė). *Oedogonium* ir *Spirogyra* genčių dumbliai gausiau vystėsi 1–oje transektoje. *Ulvales* ir *Sphaeropleales* eilės

žaliadumbliai vystėsi negausiai. Šioje transektoje rasti pavieniai *Ulva flexuosa* ir *Hydrodictyon reticulatum* individai.

Mikroskopinė siūlinių žaliadumblių analizė parodė, kad visose tirtose upėse vyravo *Cladophora glomerata* ir *Oedogonium* spp. *Spirogyra* genties žaliadumbliai gausiausiai vystėsi Dubysos upėje, ypač 2–oje transektoje. *Mougeotia* genties žaliadumblių gausumas Šventosios ir Dubysos upėse buvo panašus, Nevėžio upėje šios genties žaliadumbliai neaptikti. *Oedogonium* žaliadumbliai dažniausiai buvo aptinkami kaip epifitai augantys ant *Cladophora glomerata.*

4.3. *Cladophora glomerata* gausumas *in situ*

Tirtose upėse atlikti lauko tyrimų duomenys parodė, kad visose upių transektose gausiausiai vystėsi *Cladophora glomerata* (7 lentelė). *Conjugatophyceae* klasės žaliadumbliai labiausiai paplitę buvo Dubysos upės 2, 3, 4–oje transektose. *Ulva flexuosa* buvo gausesnė Dubysos 3–oje transektoje (7 lentelė). *C. glomerata* gausumas–padengimas pagal Braun-Blanquet skalę tirtose upių transektose kito nuo 1 iki 5 balų, rūšies projekcinis padengimas siekė iki 100 % upės vagos (8 lentelė). Rūšies santalkų dydis svyravo: ilgis nuo 20,0 iki 900,0 cm, plotis – 10,0 iki 500,0 cm, storis – 6,0 iki 70,0 cm.

7 lentelė. Siūlinių žaliadumblių gausumas-padengimas pagal Braun-Blanquet skalę, vertintas *in situ*, Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių tirtose transektose.

Taksonas	**Upė, transekta**											
	Šventoji					**Dubysa**					**Nevėžis**	
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**
Cladophora glomerata	1–4 (3)	1–5 (4)	3–5 (5)	2–5 (3)	4–5 (5)	1–4 (3)	1–3 (2)	4–5 (4)	5	1–3 (2)	2–4 (3)	4–5 (5)
Ulva flexuosa	-*	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-
Conjugatophyceae	-	-	-	-	-	-	3	1-3 (2)	1-3 (2)	1	-	-

-* – santalkos nenustatytos

Šventosios upėje *C. glomerata* augo 0,6–2,2 m gylyje (8 lentelė). Projekcinis rūšies padengimas svyravo nuo 20 iki 100 % ir tirtose transektose rūšis vidutiniškai dengė nuo 45 iki 95 % upės vagos. Gausiausiai rūšis augo 5–oje (padengimas 90–100 %) ir 3–oje (padengimas 25–95

%) transektose, kur vidutinis gausumas pagal Braun-Blanquet skalę buvo 5 balai. *C. glomerata* didžiausias santalkas formavo upės 5–oje transektoje, kurioje vidutinis santalkos ilgis buvo 387,5 cm, plotis 312,5 cm ir storis 31,3 cm (8 lentelė). Mažiausios santalkos aptiktos upės 1–oje transektoje.

8 lentelė. *Cladophora glomerata* augimo gylis, projekcinis padengimas, gausumas ir santalkos dydis Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių tirtose transektose.

Upė	Transekta	Augimo gylis (m)	Projekcinis padengimas (% upės vagos)	Gausumas pagal Braun–Blanquet skalę	Santalkos dydis (cm)		
					Ilgis	Plotis	Storis
Šventoji	**1**	0,7–1,1 (0,88)	40–70 % (55 %)	1–4 (3)	100,0–300,0 (167,5)	10,0–200,0 (58,8)	8,0–70,0 (25,8)
	2	0,6–2,2 (1,26)	40–50 % (45 %)	1–5 (4)	100,0–300,0 (187,5)	15,0–50,0 (30,0)	12,0–20,0 (14,8)
	3	1,4–2,0 (1,63)	25–95 % (80 %)	3–5 (5)	180,0–350,0 (257,5)	100,0–400,0 (212,5)	6,0–12,0 (9,0)
	4	0,8–1,7 (1,39)	20–100 % (50 %)	2–5 (3)	150,0–300,0 (225,0)	80,0–200,0 (137,5)	10,0–18,0 (13,8)
	5	0,8–1,5 (1,30)	90–100 % (95 %)	4–5 (5)	300,0–500,0 (387,5)	200,0–500,0 (312,5)	20,0–40,0 (31,3)
Dubysa	**1**	0,2–0,3 (0,25)	5–50 % (25 %)	1–4 (3)	30,0–55,0 (42,5)	10,0–20,0 (14,3)	10,0–15,0 (11,8)
	2	0,3–0,6 (0,45)	5–30 % (20 %)	1–3 (2)	30,0–60,0 (45,0)	15,0–25,0 (18,8)	10,0–20,0 (13,8)
	3	0,1–0,85 (0,57)	70–95 % (75 %)	4–5 (4)	60,0–120,0 (90,0)	20,0–45,0 (28,8)	10,0–15,0 (11,8)
	4	0,2–1,1 (0,71)	95–100 % (97 %)	5	90,0–120,0 (102,5)	70,0–90,0 (82,5)	20,0–50,0 (33,8)
	5	0,7–0,95 (0,77)	20–30 % (25 %)	1–3 (2)	20,0–40,0 (28,8)	10,0–20,0 (15,0)	8,0–12,0 (10,0)
Nevėžis	**1**	0,1–1,4 (0,79)	15–50 % (30 %)	2–4 (3)	100,0–900,0 (400,0)	100,0–500,0 (256,7)	10,0–40,0 (23,3)
	2	0,2–1,1 (0,59)	75–100 % (86 %)	4–5 (5)	120,0–300,0 (192,5)	50,0–250,0 (115,0)	18,0–30,0 (24,3)

Dubysos upėje rūšis augo 0,1–1,1 m gylyje (8 lentelė). Projekcinis padengimas skirtingose transektose svyravo labai plačiose ribose nuo 5 iki 100 % ir vidutiniškai rūšis dengė nuo 20 iki 97 % upės vagos. Didžiausias *C. glomerata* gausumas pagal Braun-Blanquet skalę nustatytas 3–oje ir 4–oje transektose, kur rūšies projekcinis padengimas buvo 70–95 % ir 95–100 %, atitinkamai. Didžiausios *C. glomerata* santalkos aptiktos upės 4–oje transektoje, kurioje vidutinis santalkos ilgis siekė 102,5 cm, plotis 82,5 cm ir storis 33,8 cm (8 lentelė). Mažiausias santalkas rūšis formavo upės 5–oje transektoje.

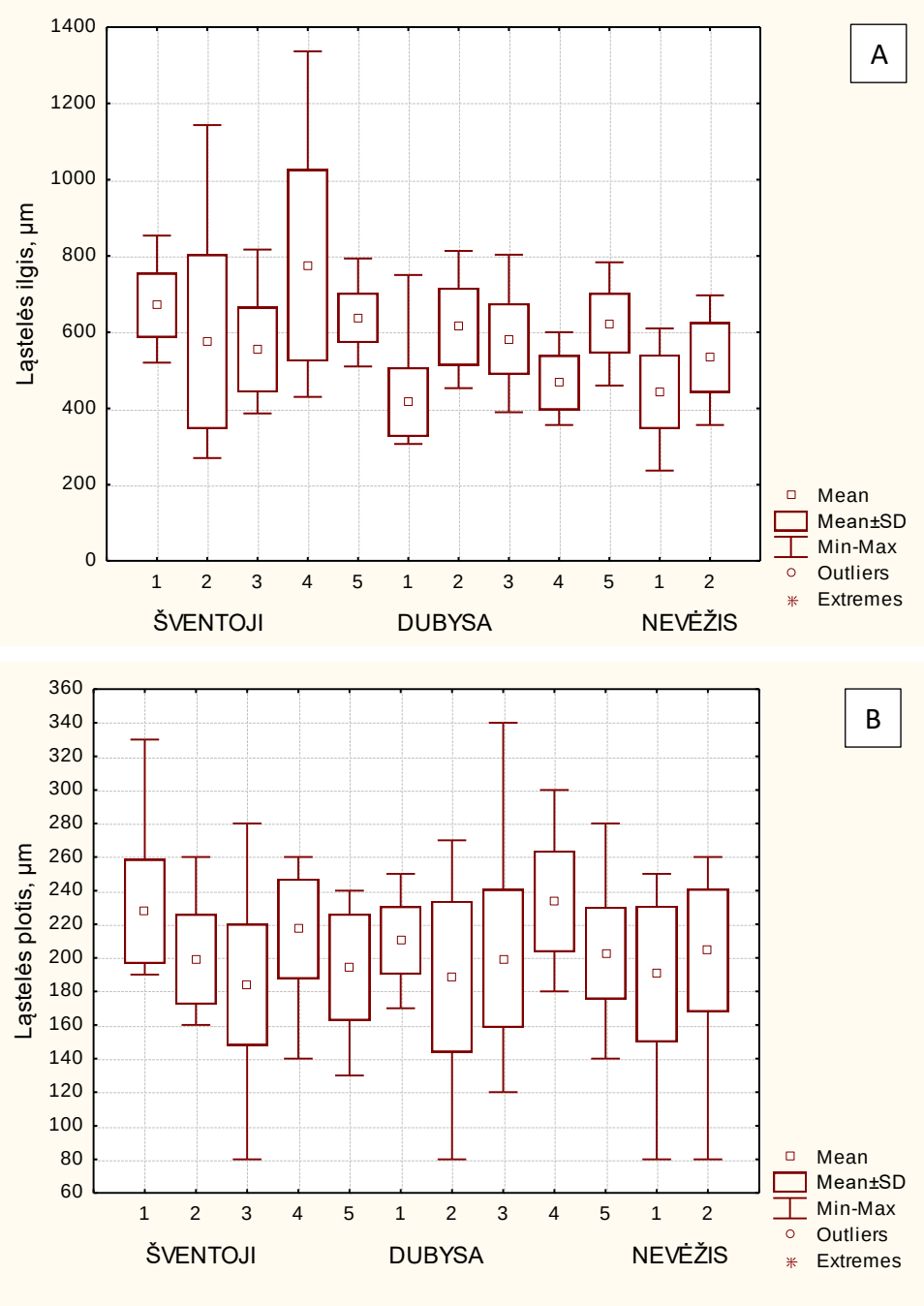
Nevėžio upėje *C. glomerata* augo 0,1–1,4 m gylyje (8 lentelė). Projekcinis rūšies padengimas svyravo nuo 15 iki 100 % ir vidutiniškai rūšis dengė nuo 30 iki 86 % upės vagos. Gausiausiai *C. glomerata* augo 2–oje upės transektoje (padengimas 75–100 %, gausumas pagal Braun-Blanquet skalę 5 balai). Didesnes santalkas *C. glomerata* formavo upės 1–oje transektoje (vidutinis ilgis 400,0 cm, plotis 256,7 cm ir storis 23,3 cm) (8 lentelė).

Išanalizavus visų tirtų upių *in situ* tyrimų duomenis buvo nustatyta, kad *C. glomerata* upėse augo nuo 0,1–2,2 m gylyje. Rūšis gausiausiai vystėsi ir didžiausias santalkas sudarė Šventosios ir Nevėžio upėse.

4.4. *Cladophora glomerata* morfologiniai pokyčiai tirtose upėse

***Cladophora glomerata* gniužulo šakotumas.** Mikroskopinė *C. glomerata* gniužulų analizė parodė, kad tirtose upėse *C. glomerata* gniužulai buvo labai mažai arba mažai šakoti. Labiausiai šakoti gniužulai aptikti Dubysos ir Nevėžio upėse (2 priedas), tik Dubysos upėje buvo rastas didesnis šakotų individų skaičius. Dubysos upėje didžiausia šakotų individų gausa išsiskyrė 4–a ir 2–a transektos, o Nevėžio upėje – 1–oji transekta. Mažiausiai šakotų individų rasta Šventosios upės transektose. Dubysos upės 1–oje transektoje šakotų gniužulų neaptikta.

***Cladophora glomerata* gniužulo centrinės ašies ląstelių ilgis ir plotis.** *C. glomerata* centrinės gniužulo ašies ląstelių ilgis tirtose upėse svyravo nuo 236,7 (Nevėžio upės 1 transekta) iki 1336,7 µm (Šventosios – 4) (3 pav., A; 2 priedas). Bendrasis tiesinis modelis parodė, kad ląstelių ilgis reikšmingai skyrėsi tarp tirtų upių ($F_{(2,297)}$ = 25,03; p = 0,000) ir tirtų transektų ($F_{(11,288)}$ = 15,70; p = 0,000).



3 pav. *Cladophora glomerata* gniužulo centrinės ašies ląstelių ilgis (A) ir plotis (B) tirtose Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių transektose.

C. glomerata didžiausias ląstelių ilgis nustatytas Šventosios upėje (3 pav., A). Upės transektose ląstelių ilgis kito labai plačiose ribose nuo 270,0 iki 1336,7 µm ir tarp transektų statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F_{(4,120)}$ = 6,89; p = 0,000) (3 pav., A; 2 priedas). Labiausiai

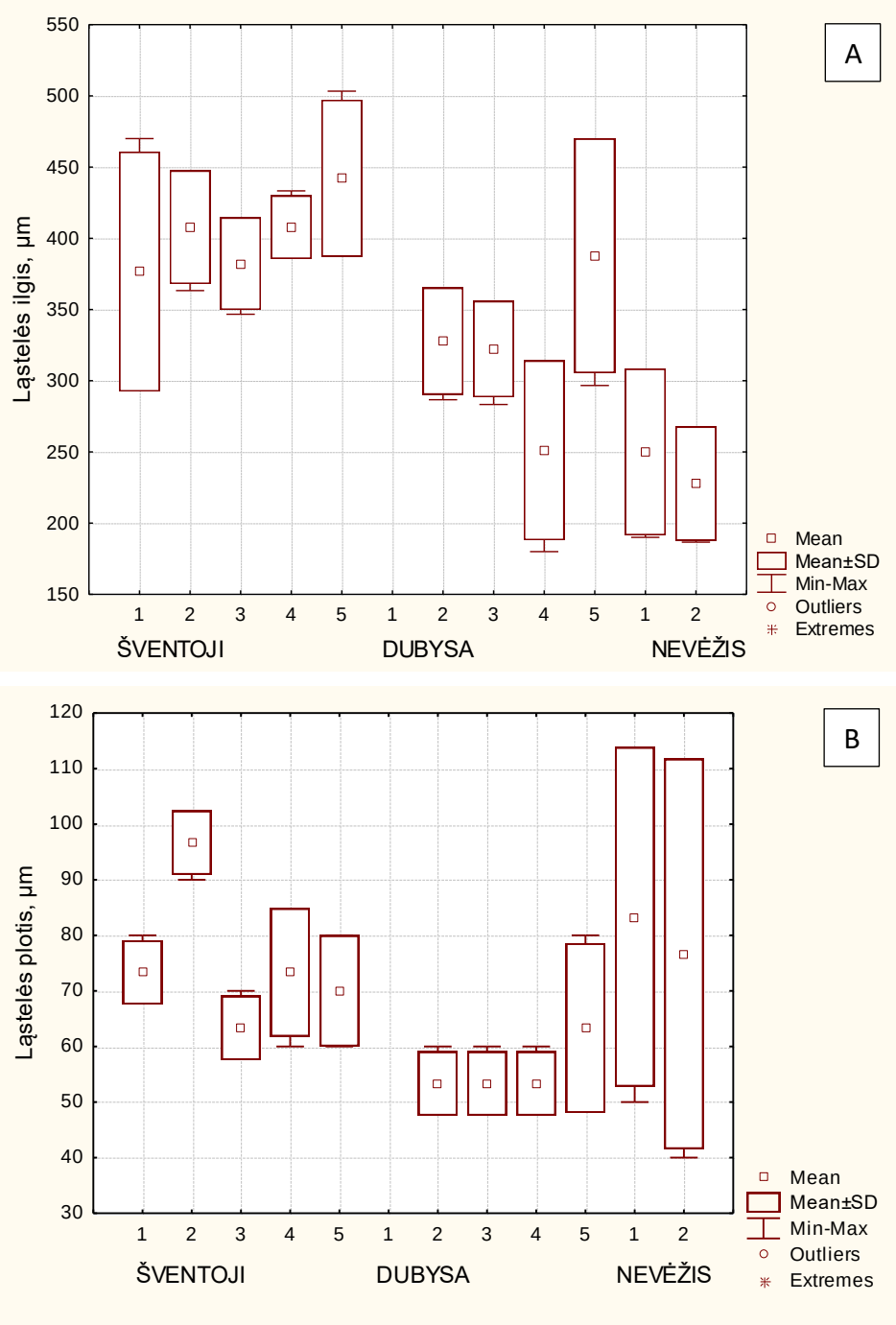
ląstelių ilgis varijavo upės 2–oje (nuo 270,0 iki 1143,3 μm) ir 4–oje (nuo 430,0 iki 1336,7 μm) transektose. Upės 1–oje ir 4–oje transektose nustatytos didžiausios ląstelės (670,5±251,6 SD μm ir 775,1±251,6 SD μm, atitinkamai), o 3–oje transektoje – mažiausios ląstelės (554,0±111,8 SD μm). Antroje, 3–oje ir 5–oje transektose *C. glomerata* vidutinis ląstelių ilgis buvo panašus.

Dubysos upės transektose ląstelių ilgis svyravo nuo 306,7 iki 813,3 μm ir tarp transektų statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F_{(4,120)}$= 27,99; p = 0,000) (3 pav., A; 2 priedas). Didesnės ląstelės buvo aptiktos Dubysos 2, 3 ir 5–oje transektose (614,5±101,8 SD μm, 582,1±93,2 SD μm ir 623,5±79,3 SD μm, atitinkamai). Mažiausiu ląstelių ilgiu išsiskyrė Dubysos 1–a ir 4–a transektos, kuriose vidutinis ilgis buvo 416,7±90,8 SD μm ir 467,7±72,0 SD μm, atitinkamai. Nevėžio upėje *C. glomerata* ląstelių dydis kito nuo 236,7 iki 696,7 μm ilgio ir tarp transektų statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F_{(1,48)}$ = 11,30; p = 0,002) (3 pav., A; 2 priedas). Vidutinis ląstelių ilgis 2–oje transektoje buvo 1,2 karto didesnis (533,5±91,7 SD μm) lyginant su 1–a transekta.

C. glomerata centrinės gniužulo ašies ląstelių plotis tirtose upėse svyravo nuo 80,0 (Šventosios upės 3, Dubysos – 2, Nevėžio 1, 2 transektos) iki 340,0 μm (Dubysos – 3) (3 pav., B; 2 priedas). Bendrasis tiesinis modelis parodė, kad ląstelių plotis tarp tirtų upių nesiskyrė ($F_{(2,297)}$ = 1,27; p > 0,05), tačiau reikšmingai skyrėsi tarp upių transektų ($F_{(11,288)}$ = 5,18; p = 0,000). *C. glomerata* didžiausias vidutinis ląstelių plotis nustatytas Dubysos ir Šventosios upėse (3 pav., B; 2 priedas). Šventosios upės transektose ląstelių plotis svyravo plačiose ribose nuo 80,0 iki 330,0 μm ir statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F_{(4,120)}$ = 7,94; p = 0,000) (3 pav., B; 2 priedas). Labiausiai ląstelių plotis varijavo upės 3–oje (vidutinis plotis 184,0±36,2 SD μm) ir 1–oje (227,6±31,1 SD μm) transektose. Upės 1–oje ir 4–oje transektose nustatytos didžiausios ląstelės (vidutinis plotis 227,6±31,1 SD μm ir 217,2±29,8 SD μm, atitinkamai), o 3–oje transektoje – mažiausios ląstelės (184,0±36,2 SD μm). Antroje, 3–oje ir 5–oje transektose *C. glomerata* vidutinis ląstelių plotis buvo panašus.

Dubysos upės transektose ląstelių plotis kito nuo 80,0 iki 340,0 μm ir statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F_{(4,120)}$ = 6,05; p = 0,000) (3 pav., B; 2 priedas). Labiausiai ląstelių plotis varijavo Dubysos 2 ir 3–oje transektose (188,8±45,0 SD μm ir 199,6±41,2 SD μm, atitinkamai). Upės 1 ir 4–oje transektose nustatytas didžiausias ląstelių plotis (210,4±20,3 SD μm ir 233,6±30,1 SD μm, atitinkamai), o 2–oje transektoje – mažiausias (188,8±45,0 SD μm). Trečioje ir 5–oje transektose *C. glomerata* vidutinis ląstelių plotis skyrėsi labai nežymiai. Nevėžio upės

transektose ląstelių plotis kito nuo 80,0 iki 260,0 µm ir statistiškai reikšmingai nesiskyrė ($F_{(1,48)}$ = 1,64; p > 0,05) (3 pav., B; 2 priedas).



4 pav. *Cladophora glomerata* gniužulo šoninių atšakų ląstelių ilgis (A) ir plotis (B) tirtose Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių transektose.

***Cladophora glomerata* gniužulo šoninių atšakų ląstelių ilgis ir plotis.** *C. glomerata* gniužulo šoninių atšakų ląstelių ilgis tirtose upėse svyravo nuo 180,0 (Dubysos upės 4 transekta) iki 503,3 µm (Šventosios upės 5 transekta). Bendrasis tiesinis modelis parodė, kad ląstelių ilgis reikšmingai skyrėsi tarp tirtų upių ($F_{(2,33)}$ = 9,49; p = 0,000) ir tirtų transektų ($F_{(11,24)}$ = 16,86; p = 0,000). *C. glomerata* gniužulo didžiausias šoninių atšakų ląstelių ilgis nustatytas Šventosios upėje (4 pav., A, 2 priedas), kur ląstelių ilgis kito nuo 306,7 iki 503,3 µm ir tarp upės transektų statistiškai reikšmingai nesiskyrė ($F_{(4,10)}$ = 0,77; p > 0,05) (4 pav., A; 2 priedas). Labiausiai ląstelių ilgis varijavo upės 1–oje (nuo 306,7 iki 470,0 µm) ir 5–oje (nuo 396,7 iki 503,3 µm) transektose. Taip pat, šiose transektose buvo nustatytos didžiausios (5 transekta) (vidutinis ilgis 442,2±55,0 SD µm) ir mažiausios ląstelės (1 transekta) (376,7±84,1 SD µm). Antroje, 3 ir 5–oje transektose *C. glomerata* vidutinis ląstelių ilgis buvo panašus. Dubysos upės transektose ląstelių ilgis svyravo nuo 180,0 iki 456,7 µm ir tarp transektų statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F_{(4,10)}$ = 26,10; p = 0,000) (4 pav., A; 2 priedas). Didžiausios ląstelės nustatytos Dubysos 5–oje (387,8±82,3 SD µm) ir mažiausios 4–oje (251,1±63,0 SD µm) transektose. Nevėžio upėje aptiktų ląstelių dydis nežymiai svyravo nuo 186,7 iki 306,7 µm ilgio ir tarp transektų statistiškai reikšmingai nesiskyrė ($F_{(1,4)}$ = 0,30; p > 0,05) (4 pav., A; 2 priedas). Nežymiai didesnės ląstelės buvo 1–oje transektoje (250,0±58,4 SD µm).

C. glomerata gniužulo šoninių atšakų ląstelių plotis tirtose upėse svyravo nuo 40,0 iki 110,0 µm (Nevėžio upės 2, 1 transektos). Bendrasis tiesinis modelis parodė, kad ląstelių plotis reikšmingai skyrėsi tarp tirtų upių ($F_{(2,33)}$ = 9,73; p = 0,000) ir tarp transektų ($F_{(11,24)}$ = 7,21; p = 0,000). *C. glomerata* didžiausias vidutinis ląstelių plotis nustatytas Nevėžio ir Šventosios upėse (4 pav., B; 2 priedas). Šventosios upės transektose ląstelių plotis svyravo nuo 60,0 iki 100,0 µm ir statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F_{(4,10)}$ = 7,15; p = 0,005) (4 pav., B; 2 priedas). Labiausiai ląstelių plotis varijavo upės 4–oje (73,3±11,5 SD µm) ir 5–oje (70,0±10,0 SD µm) transektose. Upės 2–oje transektoje nustatytos didžiausios ląstelės (96,7±5,8 SD µm), o 3–oje – mažiausios ląstelės (63,3±5,8 SD µm). Pirmoje, 4 ir 5–oje transektose *C. glomerata* vidutinis ląstelių plotis buvo panašus. Dubysos upės transektose ląstelių plotis kito nuo 50,0 iki 80,0 µm ir statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F_{(4,10)}$ = 28,90; p = 0,000) (4 pav., B; 2 priedas). Upės 5–oje transektoje labiausiai varijavo ląstelių plotis ir buvo nustatytos didžiausias ląstelių plotis (63,3±15,3 SD µm). Antroje, 3, 4–oje transektose ląstelių dydis buvo vienodas (53,3±5,8 SD µm). Nevėžio upės transektose ląstelių plotis kito nuo 40,0 iki 110,0 µm ir statistiškai reikšmingai nesiskyrė ($F_{(1,4)}$ =

0,06; p > 0,05) (4 pav., B; 2 priedas). Pirmoje transektoje aptiktos nežymiai didesnės ląstelės (83,3±30,6 SD μm).

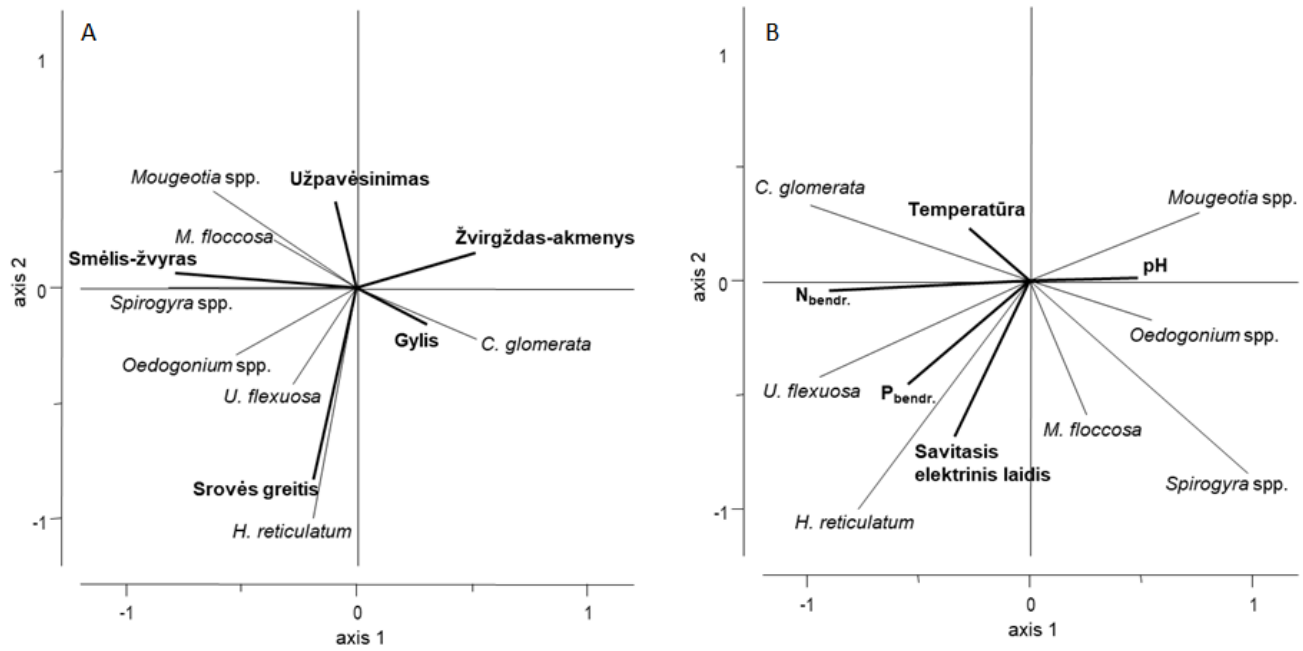
Apibendrinant, *C. glomerata* gniužulo centrinės ašies ląstelių ilgis tarp tirtų upių reikšmingai skyrėsi, o ląstelių plotis tarp upių buvo panašus. Šventosios upėje nustatytos ilgiausios gniužulo centrinės ašies ląstelės. *C. glomerata* šoninių atšakų ląstelių ilgis ir plotis tarp tirtų upių reikšmingai skyrėsi. Šventosios upė taip pat išsiskyrė gniužulo šoninių atšakų didžiausiu ląstelių dydžiu.

4.5. Aplinkos veiksnių įtaka siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovei, gausumui ir paplitimui tirtose upėse

Siūlinių žaliadumblių gausumui, morfologinėms charakteristikoms ir paplitimui įtakos turi daugelis aplinkos veiksnių. Atlikta daugiamatės statistikos (RDA) analizė, kurios metu įvertinta siūlinių žaliadumblių paplitimo ir gausumo priklausomybė nuo upių fizinių charakteristikų: upės vagos gylis, substratas, srovės greitis, upės vagos užpavėsinimas pakrantės augalija. Pasirinkti veiksniai paaiškino 71,82 % siūlinių žaliadumblių rūšių paplitimą ir gausumą tirtose upėse (5 pav., A).

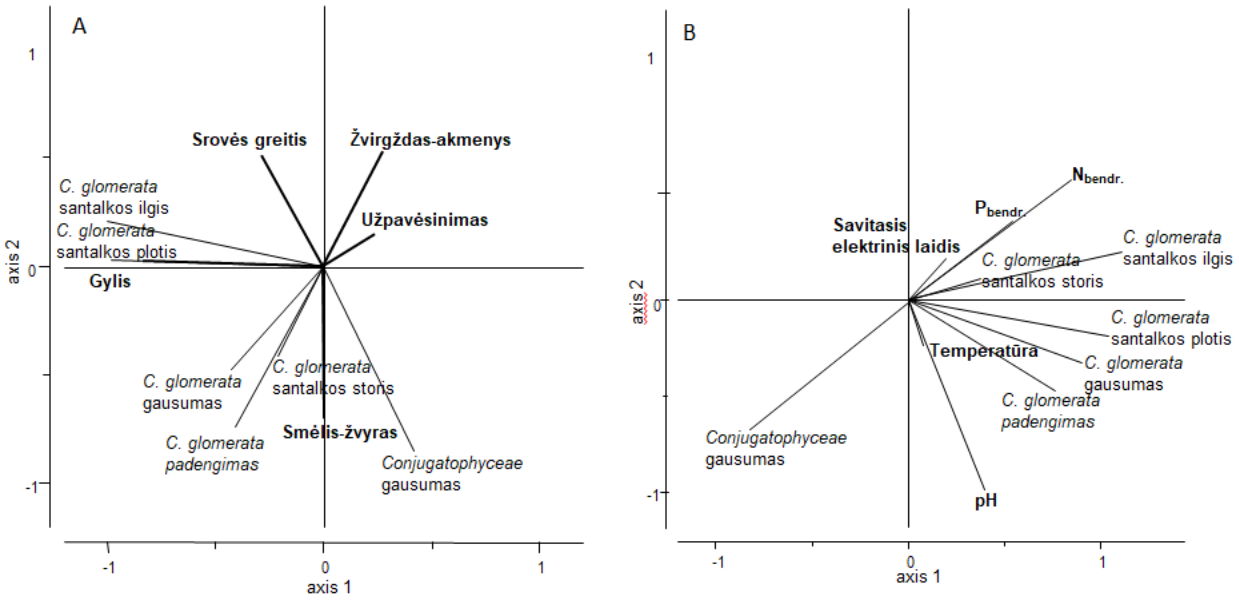
Substratas (smėlis, žvyras) ir srovės greitis buvo svarbūs veiksniai siūlinių žaliadumblių paplitimui ir gausumui, tačiau statistiškai nereikšmingi. Pirsono koeficientas parodė stiprų teigiamą tarpusavio ryšį tarp srovės greičio ir *Hydrodictyon reticulatum* (r = 0,89; p < 0,05) (3 priedas). Substratas (smėlis, žvyras) buvo svarbus *Spirogyra* genties žaliadumblių paplitimui (r = 0,69; p < 0,05). Nustatytas neigiamas ryšys tarp *Spirogyra* žaliadumblių ir upės vagos pločio (r = -0,65; p < 0,05).

Siūlinių žaliadumblių rūšių paplitimo ir gausumo variaciją priklausomai nuo hidrofizikinių-cheminių rodiklių (pH, temperatūra, vandens savitasis laidis, N_{bendr}, P_{bendr}), atlikta RDA analizė paaiškino 81,88 % (5 pav., B). Reikšmingas veiksnys buvo bendras azotas (F = 2,90; p < 0,05) (5 pav., B). Teigiamas tarpusavio ryšys nustatytas tarp vandens savitojo elektrinio laidžio (r = 0,67; p<0,05), P_{bendr} (r = 0,65; p<0,05) ir *Hydrodictyon reticulatum* (3 priedas). Neigiamas koreliacinis ryšis buvo tarp P_{bendr} ir *Mougeotia* genties žaliadumblių (r = -0,61; p < 0,05) bei N_{bendr} ir *Spirogyra* genties žaliadumblių.



5 pav. Siūlinių žaliadumblių rūšių paplitimo, gausumo ir upių morfologinių, hidrologinių (A), hidrofizikinių-cheminių (B) rodiklių tarpusavio sąveika pritaikius daugiamatės statistikos (RDA) analizę.

Taip pat atlikta analizė, kurios metu buvo įvertinta *Cladophora glomerata* gausumo, projekcinio padengimo ir santalkų dydžio bei *Conjugatophyceae* klasės žaliadumblių gausumo *in situ* priklausomybė nuo upių morfometrinių, hidrologinių charakteristikų: upės vagos gylis, substratas, srovės greitis, upės vagos užpavėsinimas pakrantės augalija. Pasirinkti veiksniai paaiškino 90,42 % *Cladophora glomerata* ir *Conjugatophyceae* žaliadumblių variaciją. Nustatyti 2 aplinkos veiksniai, kurie turėjo įtaką *C. glomerata* santalkų dydžiui ir *Conjugatophyceae* klasės žaliadumblių gausumui. Reikšmingas veiksnys buvo upės vagos gylis ($F = 2,76$; $p < 0,05$) (6 pav., A). Substratas (smėlis, žvyras) taip pat buvo svarbus veiksnys, nors statistiškai nebuvo reikšmingas ($F = 1,65$; $p > 0,05$). Teigiamas tarpusavio ryšys nustatytas tarp *Conjugatophyceae* klasės žaliadumblių gausumo *in situ* ir substrato (smėlis, žvyras) ($r = 0,62$; $p<0,05$) bei srovės greičio ($r = -0,33$; $p<0,05$) (4 priedas). Upės vagos gylis buvo svarbus veiksnys *C. glomerata* santalkų ilgiui ($r = 0,66$; $p<0,05$) ir pločiui ($r = 0,61$; $p<0,05$).

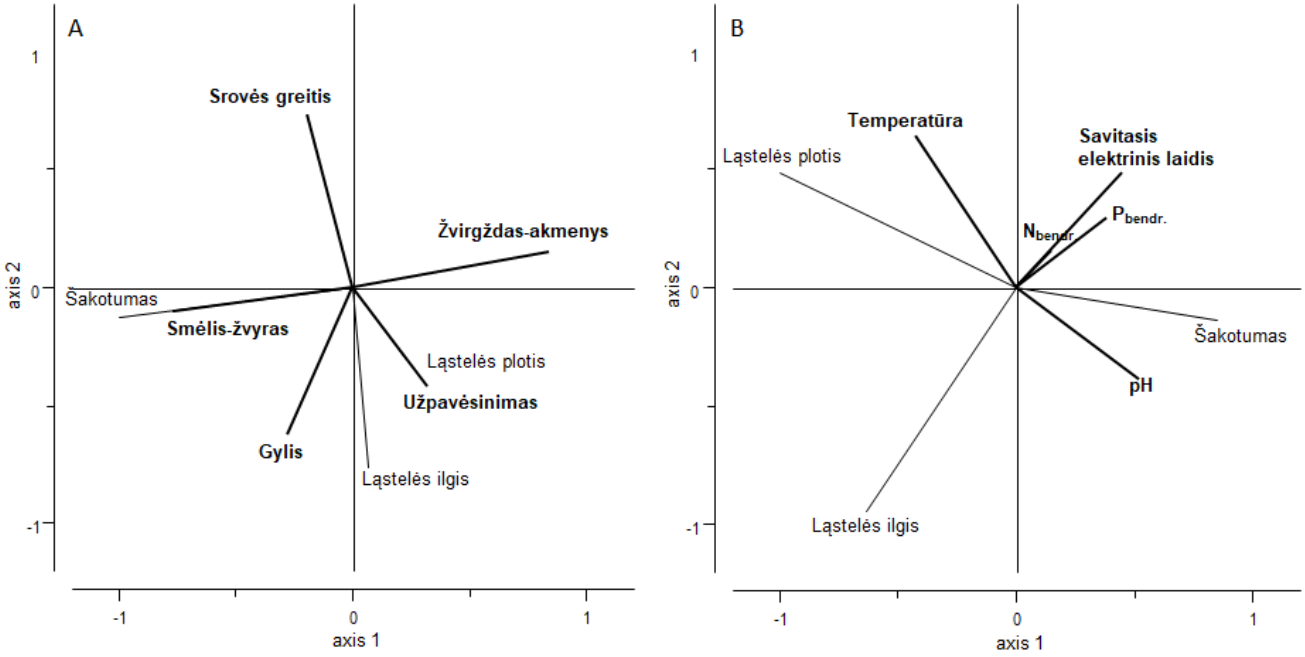


6 pav. *Cladophora glomerata* gausumo, projekcinio padengimo, santalkų dydžio, *Conjugatophyceae* klasės žaliadumblių gausumo *in situ* ir upių morfologinių, hidrologinių (A) hidrofizikinių-cheminių (B) rodiklių tarpusavio sąveika pritaikius daugiamatės statistikos (RDA) analizę.

Cladophora glomerata gausumo, projekcinio padengimo, santalkų dydžio, *Conjugatophyceae* žaliadumblių gausumo *in situ* variaciją priklausomai nuo upių hidrofizikinių-cheminių rodiklių (pH, temperatūra, vandens savitasis laidis, N_{bendr}, P_{bendr}), atlikta RDA analizė paaiškino 92,70 % (6 pav., B). Didžiausią įtaką *Conjugatophyceae* žaliadumblių gausumui ir *C. glomerata* santalkų ilgiui turėjo N_{bendr} kiekis ($F = 3,87$; $p < 0,05$). Teigiamas ryšys su bendru azotu nustatytas tarp *C. glomerata* santalkų ilgio ($r = 0,77$; $p < 0,05$) (4 priedas). Neigiamas koreliacinis ryšys buvo tarp bendro azoto ir *Conjugatophyceae* žaliadumblių gausumo ($r = -0,71$; $p < 0,05$) (4 priedas). Antrasis siūlinių žaliadumblių gausumui ir santalkų dydžiui svarbus įtaką darantis veiksnys buvo vandens pH ($F = 3,51$; $p<0,05$). Teigiamas koreliacinis ryšys buvo nustatytas pH su *C. glomerata* padengimu ($r = 0,52$; $p < 0,05$).

Atlikus analizę, kurios metu buvo įvertinta pasirinktų veiksnių (upės vagos gylis, substratas, srovės greitis, upės vagos užpavėsinimas pakrantės augalija) poveikis *C. glomerata* morfometrinėms charakteristikoms, nustatyta, kad analizuoti veiksniai 74,11 % paaiškino rūšies

morfometrinių charakteristikų variaciją tirtose upėse (7 pav., A). Substratas žvirgždas, akmenys ir substratas smėlis, žvyras buvo svarbus veiksnys *C. glomerata* gniužulo morfologinėms savybėms, tačiau statistiškai nereikšmingas (F = 2,25 ir F = 1,97, atitinkamai; p > 0,05). Pirsono koreliacijos koeficientas parodė, kad teigiamas tarpusavio ryšys buvo tarp substrato smėlis, žvyras ir gniužulo šakotumo (r = 0,71; p<0,05). Substratas žvirgždas, akmenys turėjo neigiamą įtaką gniužulo šakotumui (r = -0,73; p<0,05) (4 priedas).



7 pav. *Cladophora glomerata* pagrindinės ašies ląstelių dydžio, gniužulo šakotumo ir upių morfologinių, hidrologinių (A) ir hidrofizikinių-cheminių (B) rodiklių tarpusavio sąveika pritaikius daugiamatės statistikos (RDA) analizę.

Analizuojant *C. glomerata* pagrindinės ašies ląstelių dydžio ir gniužulo šakotumo priklausomybę nuo hidrofizikinių-cheminių rodiklių, buvo nustatyta, kad pasirinkti veiksniai paaiškino 95,41 % *C. glomerata* morfometrinių charakteristikų variaciją tirtose upėse (7 pav., B). Temperatūra ir vandens savitasis elektrinis laidis buvo svarbūs aplinkos veiksniai *C. glomerata* ląstelių dydžiui ir gniužulo šakotumui, nors statistiškai nereikšmingi (F = 1,61 ir F = 1,44; p > 0,05, atitinkamai). Teigiamas tarpusavio ryšys nustatytas tarp temperatūros ir ląstelių pločio (r = 0,58; p < 0,05). Neigiamas ryšys buvo tarp vandens vandens savitojo elektrinio laidžio ir ląstelių ilgio (r = -0,52; p < 0,05) (4 priedas).

5. APIBENDRINIMAS

Siūlinių žaliadumblių įvairovė ir gausumas. Tyrimų laikotarpiu (2019 m. rugpjūčio-rugsėjo mėn.) tirtuose Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių ruožuose (12–oje transektų) aptikti siūliniai žaliadumbliai, priklausantys 2 skyriams (*Chlorophyta* ir *Charophyta*), 3 klasėms (*Ulvophyceae*, *Chlorophyceae*, *Conjugatophyceae*), 5–ioms eilėms (*Ulvales*, *Cladophorales*, *Oedogoniales*, *Sphaeropleales*, *Zygnematales*) ir 7–ioms gentims (*Ulva, Cladophora, Oedogonium, Hydrodictyon, Microspora, Mougeotia* ir *Spirogyra*).

Upėse didžiausia rūšių įvairovė nustatyta *Conjugatophyceae* (9 taksonai) ir *Chlorophyceae* (6) klasių, *Zygnematales* ir *Oedogoniales* eilės žaliadumblių (9 ir 4 taksonai, atitinkamai). *Sphaeropleales* aptikti 2 taksonai, *Cladophorales* ir *Ulvales* – po 1. Iš viso tirtose upėse identifikuota 20 siūlinių žaliadumblių taksonų. Didžiausia rūšių įvairove išsiskyrė *Zygnematales* ir *Oedogoniales* eilės žaliadumbliai. *Zygnematales* ir *Oedogoniales* Šių eilių žaliadumbliai taip pat yra plačiai paplitę kituose Lietuvos ir Europos vandens telkiniuose (Vitonytė, 2014; Pikosz, Messyasz, 2016).

Rūšių skaičius atskirose upėse svyravo nuo 11 (Nevėžis) iki 15 (Dubysa) taksonų. Atskirose upių transektose rūšių skaičius kito nuo 5 iki 10 taksonų. Tirtose upių transektose gausiausia įvairovė buvo *Zygnematales* ir *Oedogoniales* eilių žaliadumblių. *Ulvales* eilės žaliadumbliai aptikti Šventosios 2–oje, Dubysos 4–oje ir Nevėžio 1–oje upių transektose. Dubysos 3–oje ir Nevėžio 1–oje upių transektose buvo aptikti *Sphaeropleales* eilės siūliniai žaliadumbliai.

Mikroskopinė siūlinių žaliadumblių analizė parodė, kad visose tirtose upėse vyravo *Cladophora glomerata*, *Oedogonium* ir *Spirogyra* genčių rūšys. Remiantis I. Vitonytės (2014) fitobentoso tyrimų rezultatais 73 Lietuvos upėse, *Cladophora glomerata*, *Oedogonium* spp. ir *Spirogyra* spp. rūšys taip pat gausiai vystėsi upėse. Panaši tendencija stebima ir Lenkijos gėlavandenėse ekosistemose (50 % tirtų upių, kita dalis – ežerai, tvenkiniai), kuriose dažnos buvo *Cladophora* (30%), *Spirogyra* (16 %), *Oedogonium* (11 %) genčių rūšys (Pikosz, Messyasz, 2016). I. Vitonytės (2014) tyrimų duomenimis *C. glomerata* yra dažna rūšis Lietuvos upėse ir aptikta 59 % tirtų upių (Vitonytė, 2014). Pagal J. Kostkevičienę (2008) ir I. Vitonytę (2014), Lietuvoje yra aptiktos keturios *Cladophora* genties rūšys: *Cladophora glomerata, C. fracta, C. rupestris, C. aegagropila*. *Cladophora glomerata* taip pat labai dažna didžiosiose

Latvijos upėse (Dauguva, Venta, Gauja ir kt.) (Druvietis, 2017). Daugumoje literatūros šaltinių nurodoma, kad *C. glomerata* yra plačiausiai paplitusi siūlinių žaliadumblių rūšis pasaulio gėlavandenėse ekosistemose (Higgins *et al.* 2008; Leliaert *et al.* 2009; Thiamdao *et al.* 2012).

Oedogonium spp. gausiausiai vystėsi Šventosios ir Dubysos upėse ir dažniausiai buvo aptinkami kaip epifitai augantys ant *C. glomerata*. *Oedogonium* genties dumbliai dažnai vystosi ant *Cladophora* genties žaliadumblių ir sudaro epifitines bendrijas (Cambra, Aboal, 1992, Zulkifly *et al.* 2013). *Spirogyra* spp. gausesni buvo Dubysos ir Nevėžio upėse.

Šventosios, Dubysos, Nevėžio upių tirtose transektose aptikti negausiai augantys *Ulva flexuosa, Hydrodictyon reticulatum* ir *Microspora floccosa*. Minėtos rūšys taip pat yra retos Lietuvos gėlavandenėse ekosistemose (Kostkevičienė, Sinkevičienė, 2008). Lietuvos upėse *U. flexuosa* pirmą kartą aptiko I. Vitonytė (2014) ir rūšį priskyrė retoms rūšims. Europos vandens ekosistemose *U. flexuosa* yra dažna rūšis, ypač plačiai paplitusi Vokietijoje, Lenkijoje, Čekijoje (Rybak, Czerwoniec, 2015). *Hydrodictyon* ir *Microspora* genčių rūšys nėra dažnos Lenkijos gėlavandenėse ekosistemose (1 % ir 5 %, atitinkamai) (Pikosz, Messyasz, 2016).

Gėlavandenėse ekosistemose, esant palankioms aplinkos sąlygoms, ypač dideliems maistinių medžiagų kiekiams, pradeda gausiai vystytis siūliniai žaliadumbliai ir vandens telkinio dugne arba vandens paviršiuje suformuoja dideles santalkas, kurios gali dengti net iki 100 % vandens telkinio paviršiaus ploto (Messyasz *et al.* 2018). Santalkas gali formuoti skirtingos *Cladophora* genties rūšys arba įvairios žaliadumblių rūšys: *C. glomerata, Rhizoclonium* sp., *Stigeoclonium* sp., *Microspora* sp. (Messyasz *et al.* 2018). Santalkų rūšių sudėtis, forma ir dydis (ilgis, plotis, storis) taip pat labai priklauso nuo vandens telkinio hidromorfologinių savybių (Pikosz, Messyasz, 2015a).

Atlikti lauko tyrimų duomenys parodė, kad Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių transektose gausiausiai vystėsi *Cladophora glomerata* ir formavo santalkas, kurių dydis siekė iki 900,0 cm ilgio, 500,0 cm pločio, o storis buvo iki 70 cm. Rūšies projekcinis padengimas daugumoje tirtų transektų siekė 100 % upės vagos. Rūšis gausiausiai vystėsi ir didžiausias santalkas sudarė Šventosios ir Nevėžio upėse. *C. glomerata* tirtose upėse augo 0,1–2,2 m gylyje. Panašų rūšies augimo gylį nuo 0,5–1,5 m nurodo M. Pikosz ir B. Messyasz (2016) Lenkijos upėse. *Conjugatophyceae* klasės žaliadumbliai labiausiai buvo paplitę Dubysos upėje. Šioje upėje gausiau augo *Ulva flexuosa*.

Literatūroje nurodoma, kad *C. glomerata* randama vandens telkiniuose kartu su kitomis siūlinių žaliadumblių rūšimis, dažniausiai jas nukonkuruoja ir, priklausomai nuo buveinės tipo, vandens trofiškumo, pradeda dominuoti (Messyasz *et al.* 2018). Rūšies įsitvirtinimą ir dominavimą vandens telkiniuose lemia visa eilė savybių: gebėjimas adaptuotis prie kintančių aplinkos sąlygų, geresnis maistinių medžiagų pasisavinimas, intensyvesnis vystymasis pavasarį, alelopatinių junginių, inhibuojančių kitų autotrofofinių organizmų vystymąsį, išskyrimas (Ozimek, 1990). *Conjugatophyceae* klasės žaliadumblių gausumui vandens ekosistemose taip pat didelę įtaką daro padidėjusi maistinių medžiagų koncentracija ir tinkami hidrofizikiniai-cheminiai parametrai (pH, geros šviesos sąlygos, aukšta temperatūra, vandens gylis) (Pikosz *et al.* 2017; Messyasz *et al.* 2018). *Ulva flexuosa* Europos vandens telkiniuose dažniau aptinkama kur vyrauja didesnis chloridų kiekis, tačiau rūšis aptinkama ir buveinėse, kuriose didesnis kiekis azoto ir fosforo junginių (Messyasz, Rybak, 2009; Messyasz, Rybak, 2011).

***Cladophora glomerata* gniužulo morfologijos ypatumai.** *C. glomerata* gniužulai tirtose upėse buvo labai mažai arba mažai šakoti. Labiausiai šakoti gniužulai aptikti Dubysos ir Nevėžio upėse, mažiausiai šakotų individų rasta Šventosios upėje. *C. glomerata* gniužulo dydis, forma ir šakotumas labai priklauso nuo aplinkos veiksnių (Kostkevičienė, 2009). Nustatyta, kad *Cladophora* augimui ir šakojimuisi (šakojimosi laipsnį ir tipą) labiausiai įtakos turi žaliadumblių augavietė (Ross, 2006). Vienas iš svarbesnių veiksnių yra substratas. Smėlėtame substrate *Cladophora* dumblių gniužulų ilgis gali siekti iki 2 metrų, o jų šakotumas – negausus. Dumblių, kurie auga ant kieto substrato (riedulių, akmenų), gniužulas būna trumpas (iki 20 cm) ir gausiai šakotas (Ross, 2006; Pikosz, Messyasz, 2016). Substratas *C. glomerata* gniužulo šakotumui Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upėse taip pat buvo svarbus veiksnys. Tačiau priešingai S. Ross (2006), M. Pikosz ir B. Messyasz (2016) duomenimis, tirtose upėse substratas žvirgždas, akmenys turėjo neigiamą įtaką *C. glomerata* šakotumui. Substrate smėlis, žvyras rūšies gniužulai buvo labiau šakoti.

Cladophora gniužulo šakotumui įtakos taip pat turi srovės greitis (Dodds, Gudder, 1992; Ross, 2006; Kostkevičienė, 2009). Srauniose upėse *C. glomerata* formuoja trumpus, tankiai šakotus gniužulus, o lėtai tekančiose upėse vyrauja ilgi ir retai šakoti gniužulai (Kostkevičienė, 2009). Žaliadumbliams vystantis greitos tėkmės telkiniuose formuojasi pseudodichotomiškai šakota gniužulo struktūra. Tai vienas iš požymių, kuris indikuoja, kad *Cladophora* yra aptikta srauniuose ir gėluose vandens telkiniuose. Pastebėta, kad auginant žaliadumblius maistingoje

terpėje, mažėja jų šakotumas, tačiau didėja ląstelių dydis (Ross, 2006; Zulkifly *et al.* 2013). Atlikta daugiamatė statistinė analizė parodė, kad nei srovės greitis, nei maistinės medžiagos *C. glomerata* gniužulo šakotumui tirtose upėse įtakos neturėjo.

C. glomerata ląstelių morfologija (dydis, forma) upėse labai priklauso nuo skirtingų aplinkos sąlygų: dugno nuosėdų sudėtis, maistinių medžiagų kiekis, temperatūra (Wilson *et al.* 1999; Pikosz, Messyasz 2016). Esant didesniems maistinių medžiagų kiekiams, ypač kur yra suspenduotos dugno nuosėdos, ląstelės būna trumpesnės ir platesnės, turi storesnę ląstelės sienelę (Wilson *et al.* 1999). Literatūroje nurodoma, kad *C. glomerata* ląstelių ilgis gali svyruoti plačiose ribose nuo 60 iki 324 μm ir plotis nuo 9 iki 266 μm (Thiamdao *et al.* 2012). Pagal W. K. Dodds ir D. A. Gudder (1992), *C. glomerata* ląstelių ilgis dažniausiai viršija 300 μm.

Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upėse *C. glomerata* centrinės gniužulo ašies ląstelių ilgis svyravo labai plačiose ribose: nuo 236,7 (Nevėžio upės 1 transekta) iki 1336,7 μm (Šventosios upės 4 transekta) ilgio ir reikšmingai skyrėsi tarp tirtų upių ir transektų. Didele variacija taip pat išsiskyrė centrinės gniužulo ašies ląstelių plotis, kuris kito nuo 80,0 (Šventosios upės 3, Dubysos 2, Nevėžio 1, 2 transektos) iki 340,0 μm (Dubysos 3). Ląstelių plotis tarp upių buvo panašus ir reikšmingai skyrėsi tik tarp tirtų transektų. *C. glomerata* gniužulo šoninių atšakų ląstelių dydis tirtose upėse svyravo nuo 180,0 (Dubysos upės 4 transekta) iki 503,3 μm (Šventosios upės 5 transekta) ilgio ir nuo 40,0 iki 110,0 μm (Nevėžio upės 2, 1 transektos) pločio ir reikšmingai skyrėsi tiek tarp tirtų upių, tiek tarp transektų. Didžiausiu centrinės gniužulo ašies ir šoninių atšakų ląstelių dydžiu *C. glomerata* išsiskyrė Šventosios upėje. Plačiausios *C. glomerata* šoninės atšakos ląstelės taip pat nustatytos Nevėžio upėje.

Didelė *C. glomerata* ląstelių dydžių variacija nustatyta Lenkijos upėse atliktų tyrimų metu ir nustatyta, kad ląstelių ilgis ir plotis labai priklausė nuo vandens telkinio. Pavyzdžiui, Nielba upėje ląstelių ilgis svyravo nuo 223–634 μm, plotis 47–131 μm. Panašus dydis buvo Mogilnica upėje – 116 iki 756, plotis 28–133 μm. Žymiai mažesnės ląstelės buvo Samica Streszewska upėje, kur ilgis kito nuo 84 iki 388 μm, o plotis nuo 27 iki 82 μm (Pikosz, Messyasz, 2016). Morfologiniai ląstelių parametrai, taip pat gali skirtis ir varijuoti priklausomai nuo vandens druskingumo (Ross, 2006).

Aplinkos veiksnių įtaka siūlinių žaliadumblių rūšių įvairovei, paplitimui ir gausumui. Atlikta daugiamatė statistinė analizė parodė, kad tirtose upėse *C. glomerata* ląstelių dydis priklausė nuo vandens temperatūros ir vandens savitojo elektrinio laidžio reikšmių. Tirtų

upių transektose, kur nustatyta aukštesnė vandens temperatūra, *C. glomerata* formavo platesnes ląsteles. Vandens savitasis elektrinis laidis turėjo neigiamą įtaką ląstelių ilgiui. M. Pikosz ir B. Messyasz (2016) taip pat nurodo, kad *C. glomerata* morfologinis plastiškumas priklauso nuo temperatūros.

Siūlinių žaliadumblių paplitimui ir vystymuisi įtakos turi įvairūs aplinkos veiksniai (Allan, 1995; Allan, Castillo, 2007). Įvertinus veiksnių įtaką, nustatyta, kad substratas, srovės greitis ir maistinės medžiagos buvo svarbūs siūlinių žaliadumblių paplitimui ir gausumui Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upėse. *Spirogyra* genties žaliadumbliai gausiau vystėsi upių transektose, kur vyravo smėlis su žvyro priemaišomis. Literatūroje nurodoma, kad *Spirogyra, Mougeotia* ir *Cladophora* genčių rūšys vyrauja smėlėtame substrate (Pikosz *et al.* 2017; Pikosz, Messyasz, 2016). Srovės greitis turėjo teigiamą įtaką *Hydrodictyon reticulatum* tirtose upėse. Rūšis gausiai vystėsi Nevėžio 1–oje transektoje, kurioje srovės greitis siekė 1,33 m/s ir buvo didžiausias iš tirtų upių transektų. Tačiau literatūroje nurodoma, kad *H. reticulatum* labiau vystosi stovinčio vandens telkiniuose ar tvenkiniuose (Koskevičienė, 2009).

Siūlinių žaliadumblių rūšių paplitimui ir gausumui tirtose upėse taip pat reikšmingas veiksnys buvo maistinės medžiagos. *Spirogyra* spp. dumbliai gausiau vystėsi upių transektose, kur nustatyti mažesni bendro azoto kiekiai. *Mougeotia* genties žaliadumblių paplitimą upėse lėmė mažesni bendro fosforo kiekiai. Tyrimais nustatyta, kad *Mougeotia* genties žaliadumbliai gerai toleruoja skirtingo maistingumo terpes, kur azoto ir fosforo santykis labai skiriasi (Middleton, Frost, 2014; Zohary *et al.* 2017). *Spirogyra* genties žaliadumbliams didesnis azoto junginių poreikis atsiranda, kai formuoja dauginimosi organus (El-Sheekh *et al*. 2017).

Fosforo kiekis ir vandens savitasis elektrinis laidis buvo svarbūs *Hydrodictyon reticulatum* paplitimui. Nustatyta, kad rūšis vystėsi Nevėžio upės 1–oje transektoje, kuri išsiskyrė dideliais fosforo kiekiais ir vandens savitojo elektrinio laidžio reikšmėmis. Pagal T. G. Ammari *et al.* (2017), *H. reticulatum* aptinkama eutrofiniuose vandens telkiniuose, kur gausu sunkiųjų metalų (ypač kadmio).

C. glomerata santalkų dydžiui ir *Conjugatophyceae* klasės žaliadumblių gausumui *in situ* tirtose upėse įtaką turėjo upės vagos gylis, substratas, bendro azoto kiekis. Upės vagos gylis buvo svarbus veiksnys *C. glomerata* santalkų dydžiui. Nustatyta, kad rūšis didesnes santalkas formavo gilesniuose upių ruožuose. M. Pikosz *et al.* (2017) taip pat nustatė ryšį tarp vandens gylio ir siūlinių žaliadumblių pasiskirstymo. *Conjugatophyceae* klasės žaliadumbliai gausiau

vystėsi ir nedideles santalkas formavo lėtesnės tėkmės tirtų upių transektose ir kur vyravo substratas smėlis, žvyras. Gėlavandenėse ekosistemose *Spirogyra, Mougeotia* genčių rūšys labiausiai paplitusios yra seklesnėse, lėtos tėkmės vietose arba nuo vėjo apsaugotose zonose (Messyasz *et al.* 2018).

Daugiamatės statistikos analizė parodė, kad didžiausią įtaką *Conjugatophyceae* žaliadumblių gausumui ir *C. glomerata* santalkų ilgiui turėjo bendro azoto kiekis. Rūšis ilgesnes santalkas (iki 900 cm ilgio) formavo Šventosios ir Nevėžio upių transektose, kuriose N_{bendr} kiekis buvo 0,053–1,12 mg N/l. Azoto kiekis turėjo neigiamą įtaką *Conjugatophyceae* žaliadumblių gausumui. Šios klasės žaliadumbliai gausiai vystėsi Dubysos upės ruožuose, kur nustatyti mažesni (0,18–0,39 mg N/l) bendro azoto kiekiai. Literatūroje nurodoma, kad *C. glomerata* gali vystytis tiek oligotrofiniuose, tiek ir stipriai organinėmis medžiagomis užterštuose vandenyse. Rūšies vystymuisi labai svarbu pakankamas nitratų ir fosfatų kiekis vandens telkiniuose (Margalef, 1983; Pikosz, Messyasz, 2016). J. Cambra ir M. Aboal (1992) duomenimis, *Spirogyra* ir *Cladophora* genčių žaliadumbliai gausiai vystosi ir formuoja dideles santalkas vandens ekosistemose, kuriose yra padidėjusi azoto ir fosforo junginių koncentracija ir palankios augimui sąlygos (geros apšviestumo sąlygos, pH, temperatūra). Nustatyta, kad eutrofiniuose vandens telkiniuose *Cladophora* genties žaliadumblių gniužulai gali išaugti iki 12 m ilgio (Robinson, Hawkes, 1986). Atlikti tyrimai Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upėse patvirtino, kad *C. glomerata* santalkų dydis labai priklauso nuo maistinių medžiagų kiekio vandens telkinyje.

IŠVADOS

1. Šventosios, Dubysos, Nevėžio upių ruožuose 2019 m. rugpjūčio-rugsėjo mėn. aptikta 20 siūlinių žaliadumblių taksonų, kurie priklauso 2 skyriams, 3 klasėms, 5 eilėms, 7 gentims. Didžiausia rūšių įvairovė nustatyta *Conjugatophyceae* (9 taksonai) ir *Chlorophyceae* (6 taksonai) klasėse, *Zygnematales* ir *Oedogoniales* eilėse (9 ir 4 taksonai, atitinkamai). *Sphaeropleales, Cladophorales, Ulvales* – priklauso nedidelis (1–2) aptiktų rūšių skaičius.
2. Visose tirtų upių transektose dominavo *Cladophora glomerata, Spirogyra* spp. Didžiausias santalkas (iki 900 cm ilgio, 500 cm pločio, 70 cm storio) *C. glomerata* sudarė Šventosios ir Nevėžio upėse. *Conjugatophyceae* klasės žaliadumbliai gausiausiai vystėsi Dubysos upėje.
3. Tirtose upėse vyravo labai mažai arba mažai šakoti *C. glomerata* gniužulai. Daugiausiai šakotų gniužulų aptikta Dubysos ir Nevėžio upėse, mažiausiai šakotų individų – Šventosios upės transektose. Substratas smėlis, žvyras turėjo teigiamą įtaką *C. glomerata* gniužulo šakotumui.
4. *Cladophora glomerata* gniužulo centrinės ašies ir šoninių atšakų ląstelių ilgis, šoninių atšakų ląstelių plotis tarp tirtų upių reikšmingai skyrėsi. Didžiausias *C. glomerata* centrinės gniužulo ašies ir šoninių atšakų ląstelių dydis nustatytas Šventosios upėje, plačiausios šoninių atšakų ląstelės buvo Nevėžio upėje. *C. glomerata* ląstelių pločiui teigiamą įtaką turėjo temperatūra, neigiamas tarpusavio ryšys nustatytas tarp ląstelių ilgio ir vandens savitojo elektrinio laidžio.
5. Atskirų siūlinių žaliadumblių rūšių paplitimui ir gausumui įtakos turėjo substratas, srovės greitis, maistinių medžiagų kiekis vandenyje. *Spirogyra* spp. gausiai vystėsi upių transektose, kur vyravo substratas smėlis su žvyro priemaišomis ir nustatyti mažesni bendro azoto kiekiai. *Mougeotia* spp. paplitimui įtakos turėjo mažesni bendro fosforo kiekiai. Srovės greitis, bendro fosforo kiekis buvo svarbūs *Hydrodictyon reticulatum* gausumui.
6. *Cladophora glomerata* santalkų dydžiui ir *Conjugatophyceae* klasės žaliadumblių gausumui *in situ* reikšmingas veiksnys buvo upės vagos gylis ir bendro azoto kiekis. *C. glomerata* dideles santalkas formavo gilesnėse upių vagos atkarpose ir esant didesniam bendro azoto kiekiui vandenyje.

LITERATŪRA

Allan J.D., 1995. Stream ecology. Structure and function of running waters. Alden Press, Oxford.

Allan J.D., Castillo M.M., 2007. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters, second edition. Springer.

AL-Homaidan A.A., AL-Ghanayem A.A., Alkhalifa A.H., 2011: Green algae as Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Wadi Hanifah Stream, Riyadh, Saudi Arabia. International Journal of Water and Arid Environments, 1(1): 10−15.

Ammari T.G., Al-Atiyata M., Abu-Namehb E.S., Ghrairc A., Jaradatb D., and Abu-Rommand S., 2017. Bioremediation of cadmium-contaminated water systems using intact and alkaline-treated alga (*Hydrodictyon reticulatum*) naturally grown in an ecosystem. International journal of phytoremediation, 19 (5): 453–462.

Aplinkos Apsaugos Agentūra, 2009. Prieiga per internetą: http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=27392fd9-6206-4035-ae71-a9b3acbf47e4, (žiūrėta 2020 06 10).

Aplinkos Apsaugos Agentūra, 2009. Prieiga per internetą: http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=531e19a7-2669-4f2f-939d-c2bc9b4f1524, (žiūrėta 2020 06 10).

Aplinkos Apsaugos Agentūra, 2009. http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=93a2fc3f-038b-472a-935e-2d0f19a81736, Prieiga per internetą: (žiūrėta 2020 06 10).

Biggs B.J.F., 1985. Algae: A blooming nuisance in rivers. Soil Water, 21: 27−31.

Biggs B.J.F., 1996. 2. Patterns in Benthic Algae of Streams. Kn.: Stevenson R.J., Bothwell M.L., Lowe R.L., Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems. Academic Press, California, 1: 31–56.

Biggs B.J.F., 1999. Patterns in Benthic Algae of Streams, 2. - NATIONAL Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand.

Boedeker C., 2018. The endemic *Cladophorales* (Ulvophyceae) of ancient Lake Baikal represent a monophyletic group of very closely related but morphologically diverse species, Journal of Phycology, 54(5): 616–629.

Borchard M.A., 1996: 7. Nutrients. Kn.: Stevenson R. J., Bothwell M.L., Lowe R.L., Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems, Academic Press, California 2: 183–227.

Bourebaba L., Michalak I., Röcken M., Marycz K., 2019. „Biomedicine & Pharmacotherapy *Cladophora glomerata* methanolic extract decreases oxidative stress and improves viability and mitochondrial potential in equine adipose derived mesenchymal stem cells(ASCs)“. Biomedicine&Pharmacotherapy,111: 6–18.

Brodie J., Maggs C.A., John D.M., 2007: Green seaweeds of Britain and Ireland. – London.

Brook A.J., Johnson L.R., 2002: Order *Zygnematales*. – Kn.: John D.M., Whitton B.A., Brook A.J., The Freswater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freswater and Terrestrial Algae: 479–593. – Cambridge University Press, Cambridge.

Burrows E.M., 1991: Seaweeds of the British Isles. Chlorophyta, 2. – London, 83 p.

Cambra J., Aboal M., 1992. Filamentous green algae of Spain: distribution and ecology. Asociación Espenola de Limnología, Madrid. Spain. Lininetica, 8: 213–220.

Chalotra P., Gaind M., Anand V.K., 2013. Morpho-Taxonomic Studies on the Genus *Spirogyra* Link (Cholorophyta) Occuring in Fresh Water Bodies of Jammu, Jammu And Kashmir. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 2(5): 1–10.

Chmielewská E., Medved J., 2001. Bioaccumulation of Heavy Metals by Green Algae *Cladophora glomerata* in a Refinery Sewage Lagoon. Croat. Chem. Acta, 74(1): 135–145.

Davison I.R., 1991. Environmental effects on algal photosynthesis: temperature. Journal of Phycology, 27: 2–8.

Denicola D.M., 1996. 6. Periphyton Responses to Temperature at Different Ecological Levels. Kn.: Stevenson R.J., Bothwell M.L., Lowe R.L., Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems. Academic Press, California, 2: 149–181.

Dodds, W.K., Gudder, D.A. 1992. The ecology of *Cladophora*. Journal of Phycology, 28 (4): 415–427.

Druvietis I., 2017. Macroscopic green algae from genus Cladophora in freshwaters of Latvia, 15: 67–68.

El-Sheekh M., Schagerl M., Gharieb M., Elsoud G.A., 2017. Induction of sexual reproduction and zygospore patterns in the filamentous green alga *Spirogyra* Link (Conjugatophyceae: Zygnematales). J. BioSci. Biotech. Egypt, 6 (2): 147–154.

Eloranta P., Kunnas S., 1982. Periphyton accumulation and diatom communities on artificial substrates in recipients of pulp mill efluents. Biol. Res repts Univ Jyvaskyla, 9: 19–32.

Erhard D., Gross E.M., 2006: Allelopathic activity of Elodea Canadensis and Elodea nutallii against epiphytes and phytoplankton. Aquatic Botany, 85: 203–211.

Fabrowska J., Messyasz B., Pankiewicz R., Wilinska P., Bogusława Łeska B., 2018. Seasonal differences in the content of phenols and pigments in thalli of freshwater *Cladophora glomerata* and its habitat. Water Research, 135: 66–74.

Gailiušis B., Jablonskis J., Kovalenkovienė M., 2001. Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis, Kaunas, 41–96.

Graham, J. M., P. Arancibia-Avila & L. E. Graham, 1996b. Effects of pH and selected metals on growth of the filamentous green alga *Mougeotia* under acidic conditions. Limnology and Oceanography, 41: 263–270.

Graham J.M., Lembi C.A., Adrian H.L., Spencer D.F., 1995. Physiological responses to temperature and irradiance in *Spirogyra* (Zygnematales, Charophyceae). Journal of Phycology, 31: 531–540.

Greenwood J.F., Lowe R.L., 2006. The effects of pH on a periphyton community in an acidic watland, USA. Hydrobiologia, 561: 71–82.

Green L., Fong P., 2015. The good, the bad and the Ulva: the density dependent role of macroalgal subsidies in influencing diversity and trophic structure of an estuarine community. Oikos, http://dx.doi.org/10.1111/oik.02860.

Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org; searched on 04 June 2020.

Gutowski A., Foerster J., 2006: Phytobenthos. – Kn: Schaumburg J., Schranz C., Stelzer D., Hofmann G., Gutowski A., Foerster J. (ed.), Instruction Protocol for the Ecological Assessment of Running Waters for Implementation of the EC Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. – Augsburg.

Gutowski A., Foerster J., Schaumburg J., 2004: The use of benthic algae, excluding Diatoms and Charales, for the assessment of the ecological status of running fresh waters: a case history from Germany. Oceanological and Hydrobiological Studies, 33(2): 3–15.

Hayakawa Y., Ogawa T.,1 Yoshikawa S., Ohki K. and Kamiya M., 2012. Genetic and ecophysiological diversity of *Cladophora* (Cladophorales, Ulvophyceae) in various salinity regimes, Phycological research, 60: 86–97.

Higgins S.N. et al., 2008. An Ecological Review of *Cladophora Glomerata* (Chlorophyta) in the Laurentian Great Lakes. Journal of Phycology, 854: 839–54.

Hill W., 1996. 5. Effects of Light. Kn.: Stevenson R.J., Bothwell M.L., Lowe R.L., Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems. Academic Press, California, 2: 121–148.

LAND-67-2005 „Upių buveinių kokybės vertinimo metodika“. Patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. liepos 11 d. įsakymu Nr. D1-350.

Kadłubowska J.Z, 1972: Flora słodkowodna Polski. Zygnemaceae zrostnicowate, 12A. – Warszawa–Kraków.

Karosienė J., 2008. Epifitono dumblių bendrijos, jų sezoniniai bei erdviniai formavimosi ypatumai įvairaus trofiškumo ežeruose (Daktaro disertacija). Vilnius: 9–176.

Khanum A., 1982. An ecological study of freshwater algal mats, Botanical Bulletin of Academia Sinica. 23: 89–104.

Kilkus K., 1998: Lietuvos vandenų geografija, Vilnius.

Kilkus K., Stonevičius E., 2011. Lietuvos vandenų geografija. Vadovėlis. Vilnius, 5–133.

Kostkevičienė J., 2009. Algologija. Vilniaus universiteto leidykla: 5–204.

Komulaynen S.F., 1999. Formirovanie i funkcionirovanie fitoperifitona v rekax. Petrozavodsk, Karelija.

Kumar R., Kumar Sing R., Rao K.P., Kumar Shukla P., Lal E.P., 2016. Effect of pH, temperature and salinity on growth and biochemical parameters of *Spirogyra* sp. Asian Journal of Environmental Science. 11 (1): 7–12.

Lawton R.J., de Nys R., Skinner S., Paul N.A., 2014. Isolation and Identification of *Oedogonium* Species and Strains for Biomass Applications. Plos One, 9(5): e97373.

Leliaert F., Boedeker C., pena, V., Bunker, F., Verbruggen H., De Clerck O., 2009. *Cladophora rhodolithicola* sp. nov.*Cladophorales*, Chlorophyta) a diminutive species from European maerl beds. European Journal of Phycology, 44(2): 155–169.

Lobban C.S., Harrison P., 2000. Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge. 366 pp.

Margalef, R., 1983. Limnologia. Omega. 1010 pp.

Marks J. C., Cummings M. P. 1996. DNA sequence variation in the ribosomal internal transcribed spacer region of freshwater *Cladophora* species (Chlorophyta). Journal of Phycology, 32: 1035–1042.

Middleton, C.M., Frost P.C., 2014. Stoichiometric and growth responses of a freshwater filamentous green alga to varying nutrient supplies: slow and steady wins the race. Freshwater Biology 59: 2225–2234.

Messyasz B., Rybak A., 2011. Abiotic factors affecting the development of *Ulva sp.* (Ulvophyceae; Chlorophyta) in freshwater ecosystems. Aquatic Ecology 45(1): 75-87..

Messyasz B., Rybak A., 2009. The distribution of green algae species from the Enteromorpha genera [syn. *Ulva*; Chlorophyta] in Polish inland waters. Oceanological and Hydrobiological Studies, 38(1): 121–138.

Messyasz B., Pikosz M., Treska E., 2018: Biology of Freshwater Macroalgae and Their Distribution, Switzerland. Algae Biomass: Characteristics and Applications. Towards Algae-based Products. Developments in Applied Phycology Springer Nature, 3: 17–33.

Messyasz B., 2009. *Enteromorpha* (Chlorophyta) populiations in the Nielba river and lake Laskownickie. Oceanological and Hydrobiological Studies, 38: 1–9.

Messyasz B., Leska B., Fabrowska J., Pikosz M., Roj E., 2015. Biomass of freshwater *Cladophora* as a raw material for agriculture and the cosmetic industry. Open Chemistry, 13: 1108–18.

Moškova N.A., Gollerbah M.M., 1986. Zelenye vodorosli. Klass ulotriksovye, porâdok Ulotriksovye. Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR, 10(1). – Moskva.

Munir M., Qureshi R., Bibi M., Khan A.M., 2019. Pharmaceutical aptitude of *Cladophora* : A comprehensive review. Algal Research, 39: 101476.

Nemuno upių baseinų rajono valdymo planas, 2015.

http://vanduo.gamta.lt/files/NEMUNO%20UBR%20VP1444379517210.pdf (prieiga per internetą 2020 06 10).

Naselli-Flores L., 2000. Phytoplankton assemblages in twenty one Sicilian reservoirs: relationships between species composition and environmental factors. Hydrobiologia, 424: 1–11.

Ozimek T., 1990. Aspects of the ecology of a filamentous alga in a eutrophicated lake. Hydrobiologia, 191: 23–27.

Philips D.J.H., 1990. Use of macroalgae and invertebrates as monitor of heavy metals in estuaries and coastal waters. In: Furness, R.W., Rainbow, P.S. (Eds.), Heavy Metals in Marine Environment. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 81–99.

Pikosz M., Messyasz B., 2015a. Composition and seasonal changes in filamentous algae in floating mats. Oceanological and Hydrobiological Studies, 44(2): 273–281.

Pikosz M., Messyasz B., Gąbka M., 2017. Functional structure of algal mat (Cladophora glomerata) in a freshwater in western Poland. Ecological Indicators, 74: 1–9.

Pikosz M., Messyasz B., 2016. Characteristic of *Cladophora* and coexisting filamentous algae against a background of environmental factors in freshwater ecosystems in Poland. Oceanological and Hydrobiological Studies, 45 (2): 202–2015.

Protasov A.A., 1994: Presnovodnyj perifiton. Kiev.

Rybak A., Czerwoniec A., 2015. Differentiation of inland *Ulva flexuosa* Wulfen (Ulvaceae, Chlorophyta) from Western Poland. Oceanological and Hydrobiological Studies, 44 (3): 393–409.

Reynolds, C. S., 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge Univ Press, Cambridge.

Reynolds, C.S., Huszar V, Kruk C., Naselli-Flores L. and Melo S., 2002. Towards a functional classification of freshwater phytoplankton. Journal of Plankton Research, 24: 417–428.

Ross S., 2006. Molecular phylogeography and species discrimination of freshwater *Cladophora* (Cladophorales, Chlorophyta) in North America. Unpublished M.Sc. Thesis. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.

Robinson P.K, Hawkes H.A., 1986. Studies on the growth of *Cladophora glomerata* in laboratory continuous-flow culture. British Phycological Journal, 21: 437–44.

Schaumburg J., Schranz C., Stelzer D., Vogel A., Gutowski A., 2012: Instruction Manual for the Assessment of Running Water Ecological Status in Accordance with the Requirements of the EG-Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. – Augsburg.

Starmach K., 1972. Flora słodkowodna Polski. Zielienice nitkowate: Ulotrichales, Ulvales, Prasiolales, Sphaeropleales, Cladophorales, Chaetophorales, Trentepohliales, Siphonales, Dichotomosiphonales, 10. – Warszawa–Kraków.

Škaloud P., Rindi F., Boedeker C., Leliaert F. 2018. Chlorophyta: Ulvophyceae, Str. r.: Krienitz L. (red.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. Berlin, Springer Spectrum, 13: 1–288.

Taylor R.L, Bailey J.C., Wilson D., 2017. Systematics of *Cladophora* spp. (Chlorophyta) from North Carolina, USA, based upon morphology and DNA sequence data with a description of *Cladophora subtilissima* sp. nov. Journal of Phycology, 53: 541–556.

Thiamdao S., Boo G.H., Boo S.M., Peerapornpisal Y., 2012. Diversity of Edible *Cladophora* (Cladophorales, Chlorophyta) in Northern and Northeastern Thailand, Based on Morphology and Nuclear Ribosomal DNA Sequences. Chiang Mai Journal of Science, 39(2): 300–310.

Townsend S.A. and Douglas M.M., 2014. Benthic algal resilience to frequent wet-season storm flows in low-order streams in the Australian tropical savanna. Freshwater Science, 33(4): 1030–1042.

Van Den Hoek C., Mann D.G., Jahns H.M., 1995. Algae. An introduction to Phycology. – Cambridge.

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Magnusson J.J., 1980. The river continuum concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 37: 130–137.

Vitonytė I., 2014. Lietuvos upių fitobentosas ir jo rodiklių taikymas vertinant upių ekologinę būklę (Daktaro disertacija). Vilnius: 14–152.

Ward J.M., Ricciardi A., 2010. Community-level effects of co-occuring native and exotic ecosystem engineers. Freshwater Biology, 55: 1803–1817.

Wehr J.D., Sheath R.G., 2003. Freshwater habitats of algae. – Kn.: Wehr J.D., Sheath R.G., Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. Elsvier Science (USA): 1–422.

Welch E.B., Horner R.R., Ptamont C.R., 1989. Prediction of nuisance periphytic biomass: A management approach. Water Research, 23: 401−405.

Wetzel R.G., 2001: Land–Water interfaces: attached microorganisms, littoral algae, and zooplankton. – In: Wetzel R. G.: Limnology, lake and river ecosystems, California: 577–135.

Whitton, B.A. 1970. Review paper biology of *Cladophora*. Great Britain, 4: 457–476.

Wilson, K. P, Shannon J.P., Blinn D.W., 1999. Effects of suspended sediment on biomass and cell morphology of *Cladophora glomerata* (CHLOROPHYTA) in the Colorado river, Arizona. Journal of Phycology, 41: 35–41.

Wongsawad, P., Peerapornpisal, Y. 2015. Morphological and molecular profiling of *Spirogyra* from northeastern and northern Tailand using inter simple sequence repeat (ISSR) markers. Saudi Journal of Biological Sciences, 22(4): 382–389.

Zohary T., Alster A., Hadas O., Obertegger U., 2019. There to stay: invasive filamentous green alga *Mougeotia* in Lake Kinneret, Israel. Hydrobiologia, 831: 87–100.

Zhu, H. et al., 2018. Molecular phylogeny and morphological diversity of inland *Cladophora* (Cladophorales , Ulvophyceae) from China. Phycologia, 57: 191–208.

Zulkifly S.B., Graham J.M., Young E.B., Mayer R.J., Piotrowski M.J., Smith I., Graham L.E., 2013. The genus *Cladophora* Kützing (Ulvophyceae) as a globally distributed ecological engineer. Journal of Phycology, 49: 1–17.

SANTRAUKA

SIŪLINIAI ŽALIADUMBLIAI IR JŲ EKOLOGIJOS YPATUMAI LIETUVOS UPĖSE

Aušrinė Jurgelė

Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upėse 2019 m. rugpjūčio–rugsėjo mėn. buvo atlikti makroskopinių siūlinių žaliadumblių tyrimai. Buvo tiriama jų rūšių įvairovė, gausumas, įvertinta aplinkos veiksnių įtaka makrodumblių vystymuisi ir *Cladophora glomerata* gniužulo morfologijai. Tyrimų metu aptikta 20 siūlinių žaliadumblių taksonų, kurie priklauso 2 skyriams, 3 klasėms, 5 eilėms, 7 gentims. Didžiausia rūšių įvairovė nustatyta *Conjugatophyceae*, *Chlorophyceae* klasių ir *Zygnematales*, *Oedogoniales* eilės žaliadumblių. Tirtose upėse vyravo *C. glomerata*, *Spirogyra* ir *Oedogonium* genčių rūšys. *C. glomerata* gniužulai buvo labai mažai arba mažai šakoti. Rūšis gausiausiai vystėsi ir didžiausias santalkas sudarė Šventosios ir Nevėžio upėse. Pagrindiniai veiksniai turėję įtakos *C. glomerata* gniužulo morfologijai buvo substratas, temperatūra ir vandens savitasis elektrinis laidis. Makrodumblių paplitimui ir gausumui reikšmingi veiksniai buvo substratas, srovės greitis ir maistinės medžiagos (bendras azotas).

SUMMARY

FILAMENTOUS GREEN ALGAE AND THEIR ECOLOGICAL PECULIARITIES IN LITHUANIAN RIVERS

Aušrinė Jurgelė

The study on filamentous green algae was performed in the rivers Šventoji, Dubysa and Nevėžis in 2019 August-September. Species diversity, abundance, the impact of environmental variables on macroalgae and morphology of *Cladophora glomerata* were assessed. A total of 20 taxa of filamentous green algae which belong to 2 phylum, 3 classes, 5 orders and 7 genera were found. The highest species diversity was characteristic of *Conjugatophyceae*, *Chlorophyceae* phylum and *Zygnematales*, *Oedogoniales* orders. *Cladophora glomerata*, species from *Spirogyra*, *Oedogonium* genera prevailed in the studied rivers. The thallus of *C. glomerata* was very sparsely or sparsely branched. The species growth abundant and formed the largest mats in the rivers Šventoji and Nevėžis. Substrate, water temperature and conductivity had impact on the morphology of *C. glomerata*. Significant factors affected the abundance and distribution of macroalgae in the studied rivers were substrate, water velocity and nutrients (total nitrogen).

PRIEDAI

1 priedas. *Oedogonium*, *Mougeotia* ir *Spirogyra* genčių dumblių išskirtos grupės pagal morfologines charakteristikas.

Taksonas	Ląstelės plotis (µm)
Klasė Chlorophyceae	
Oedogonium sp_1	5
Oedogonium sp_2	10–20
Oedogonium sp_3	30–40
Oedogonium sp_4	50
Klasė Conjugatophyceae (Zygnematophyceae)	
Mougeotia sp_1	5–10
Mougeotia sp_2	20–30
Mougeotia sp_3	40
Spirogyra sp_1	15–20, 1 chloroplastas
Spirogyra sp_2	30–40, 1 chloroplastas
Spirogyra sp_3	50–60, 1 chloroplastas
Spirogyra sp_4	80–90, 1 chloroplastas
Spirogyra sp_5	120–150, 1 chloroplastas
Spirogyra sp_6	10–20, 2 chloroplastai
Spirogyra sp_7	30–40, 2 chloroplastai
Spirogyra sp_8	90, 2 chloroplastai
Spirogyra sp_9	160, 2 chloroplastai

2 priedas. *Cladophora glomerata* gniužulo šakotumas, centrinės gniužulo ašies ir šoninių atšakų ląstelių dydis tirtose Šventosios, Dubysos ir Nevėžio upių transektose.

Upė	Transektos	Ląstelės dydis				Šakotumas pagal skalę (balais)
		Centrinė gniužulo ašis		Šoninė atšaka		
		Ilgis (µm)	Plotis (µm)	Ilgis (µm)	Plotis (µm)	
Šventoji	**1**	520,0–853,3 (670,5±84,7)	190,0–330,0 (227,6±31,1)	306,7–470,0 (376,7±84,1)	70,0–80,0 (73,3±5,8)	1
	2	270,0–1143,3 (575,1±228,7)	160,0–260,0 (199,2±26,9)	363,3–440,0 (407,8±39,8)	90,0–100,0 (96,7±5,8)	1
	3	386,7–816,7 (554,0±111,8)	80,0–280,0 (184,0±36,2)	346,7–410,0 (382,2±32,4)	60,0–70,0 (63,3±5,8)	2
	4	430,0–1336,7 (775,1±251,6)	140,0–260,0 (217,2±29,8)	393,3–433,3 (407,8±22,2)	60,0–80,0 (73,3±11,5)	1
	5	510,0–793,3 (637,3±65,5)	130,0–240,0 (194,4±31,8)	396,7–503,3 (442,2±55,0)	60,0–80,0 (70,0±10,0)	2
Dubysa	**1**	306,7–750,0 (416,7±90,8)	170,0–250,0 (210,4±20,3)	–*	–	0
	2	453,3–813,3 (614,5±101,8)	80,0–270,0 (188,8±45,0)	286,7–360,0 (327,8±37,5)	50,0–60,0 (53,3±5,8)	3
	3	390,0–803,3 (582,1±93,2)	120,0–340,0 (199,6±41,2)	283,3–343,3 (322,2±33,7)	50,0–60,0 (53,3±5,8)	2
	4	356,7–600,0 (467,7±72,0)	180,0–300,0 (233,6±30,1)	180,0–300,0 (251,1±63,0)	50,0–60,0 (53,3±5,8)	4
	5	460,0–783,3 (623,5±79,3)	140,0–280,0 (202,8±27,5)	296,7–456,7 (387,8±82,3)	50,0–80,0 (63,3±15,3)	1
Nevėžis	**1**	236,7–610,0 (443,6±97,3)	80,0–250,0 (190,4±40,6)	190,0–306,7 (250,0±58,4)	50,0–110,0 (83,3±30,6)	3
	2	356,7–696,7 (533,5±91,7)	80,0–260,0 (204,4±36,6)	186,7–266,7 (227,8±40,0)	40,0–110,0 (76,7±35,1)	1

–* – gniužulas neturi šoninių atšakų.

3 priedas. Pirsono koreliacijos koeficientai tarp siūlinių žaliadumblių rūšių paplitimo ir gausumo ir upių morfometrinių, hidrologinių, hidrofizikinių-cheminių rodiklių.

Aplinkos veiksniai	Kintamieji						
	Ulva flexuosa	***Cladophora glomerata***	***Oedogonium spp.***	***Microspora floccosa***	***Hydrodictyon reticulatum***	***Mougeotia*** spp.	***Spirogyra*** spp.
Srovės greitis, (m/s)	0,43	0,00	0,18	-0,22	**0,89***	-0,12	0,12
Substratas	0,19	-0,08	-0,34	-0,01	-0,30	0,32	-0,20
Substratas (smėlis-žvyras)	0,00	-0,43	0,49	0,26	0,04	0,28	**0,69**
Substratas (žvirgždas-akmenys)	0,06	0,24	-0,50	-0,17	-0,17	0,01	-0,50
Apšviestumas kranto augalija	0,02	-0,25	-0,02	-0,33	-0,33	0,49	-0,11
Vidutinis upės vagos gylis, (m)	0,10	0,35	0,28	-0,22	-0,03	-0,02	-0,49
Upės vagos plotis, (m)	-0,05	0,48	-0,02	-0,20	-0,20	-0,30	**-0,65**
Temperatūra, (°C)	0,13	0,35	-0,10	-0,21	-0,06	-0,11	-0,17
pH	-0,24	-0,14	0,56	0,06	-0,22	0,36	0,27
Vandens savitasis elektrinis laidis, (µS/cm	0,25	0,04	0,03	-0,01	**0,67**	-0,54	0,22
Bendras azotas (N_{bendr}, mg N/l)	0,51	0,56	-0,18	-0,22	0,54	-0,53	**-0,59**
Fosfatai (PO_4–P, mg/l	0,44	0,13	0,09	-0,18	**0,64**	-0,54	0,00
Bendras fosforas (P_{bendr}, mg P/l)	0,30	0,22	0,00	-0,16	**0,65**	**-0,61**	-0,07

* Pirsono koreliacijos koeficiento vertė, kai reikšmingumo lygmuo $p<0,05$.

4 priedas . Pirsono koreliacijos koeficientai tarp siūlinių žaliadumblių gausumo *in situ*, projekcinio padengimo, *Cladophora glomerata* santalkų ir pagrindinės ašies ląstelių dydžio, gniužulo šakotumo ir upių morfometrinių, hidrologinių, hidrofizikinių-cheminių rodiklių.

Aplinkos veiksniai	**Kintamieji**								
	C. glomerata		***Conjugatophyceae klasės* gausumas *in situ***	***C. glomerata* santalkų dydis**			***C. glomerata* ląstelių dydis**		**Gniužulo šakotumas**
	Gausumas *in situ*	**Projekcinis padengimas**		**Ilgis (cm)**	**Plotis (cm)**	**Storis (cm)**	**Ilgis (µm)**	**Plotis (µm)**	
Srovės greitis, (m/s)	-0,23	-0,45	-0,33	0,42	0,35	0,11	-0,50	-0,29	0,08
Substratas	-0,14	-0,24	0,00	-0,35	-0,49	-0,17	-0,05	0,49	-0,46
Substratas (smėlis-žvyras)	0,12	0,34	**0,62***	-0,09	0,07	0,41	-0,07	0,08	**0,71**
Substratas (žvirgždas-akmenys)	-0,16	-0,36	-0,39	-0,16	-0,31	-0,35	-0,07	0,19	**-0,73**
Apšviestumas kranto augalija	-0,14	-0,12	-0,10	-0,18	-0,27	-0,03	0,17	0,46	-0,17
Vidutinis upės vagos gylis, (m)	0,37	0,41	-0,43	**0,66**	**0,61**	0,02	0,52	-0,17	0,25
Upės vagos plotis, (m)	0,40	0,45	-0,51	0,57	0,47	0,14	**0,59**	-0,04	-0,03
***C. glomerata* augimo gylis, (m)**	0,37	0,41	-0,43	**0,66**	**0,61**	0,02	0,52	-0,17	0,25
Temperatūra, (°C)	0,15	0,21	-0,03	-0,15	0,01	0,23	-0,20	0,58	-0,19
pH	0,45	0,52	0,22	0,17	0,43	-0,04	0,06	-0,37	0,50
Vandens savitasis elektrinis laidis, (µS/cm)	0,04	-0,08	-0,09	0,22	0,23	0,26	-0,52	-0,20	0,14
Bendras azotas (N_{bendr}, mg N/l)	0,41	0,20	**-0,71**	**0,77**	0,54	0,27	-0,19	-0,12	-0,03
Fosfatai (PO_4–P, mg/l)	0,30	0,16	-0,27	0,47	0,43	0,45	-0,46	-0,10	0,23
Bendras fosforas (P_{bendr}, mg P/l)	0,21	0,06	-0,40	0,51	0,43	0,32	-0,38	-0,23	0,10

* Pirsono koreliacijos koeficiento vertė, kai reikšmingumo lygmuo $p<0,05$.