

**KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS**

Jūrų technikos fakultetas

Technologinių procesų katedra

Lina Jasienė

**KURŠIŲ MARIŲ MAKRODUMBLIŲ KULTYVAVIMO SĄLYGŲ IR  
PANAUDOJIMO GALIMYBIŲ VERTINIMAS**

Jūros aplinkos inžinerijos studijų programos  
magistrantės diplominis projektas

Klaipėda, 2013

## TURINYS

ANOTACIJA.....	3
ĮVADAS.....	4
1. LITERATŪROS APŽVALGA .....	6
1.1 Kuršių marių charakteristika.....	6
1.2 Makrodumblių vystymąsi ir paplitimą nulemiantys pagrindiniai aplinkos veiksniai.....	8
1.3 Makrofitų vystymąsi ir paplitimą nulemiantys pagrindiniai aplinkos veiksniai.....	10
1.4 Makrodumblių tyrimai Lietuvoje.....	12
1.5 Dumblių panaudojimo galimybės .....	13
2. TYRIMO METODAI.....	16
3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....	20
3.1 Makrodumblių pasiskirstymas Kuršių Mariose.....	20
3.2 Makrodumblių praktinis panaudojimas .....	26
3.2.1 Dumblių naudojimo tręšimui galimybių tyrimas .....	26
3.2.2 Dumblių energetinės vertės nustatymas.....	29
3.3 Dumblių panaudojimo galimybių vertinimas .....	31
IŠVADOS.....	34
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	35
SUMMARY .....	39
PRIEDAI .....	40

## ANOTACIJA

Šiame darbe buvo analizuojamos Kuršių marių makrodumblių augimo sąlygos ir jų panaudojimo galimybės. Tyrimo metu makrodumblių analizei ir biomasės įvertinimui surinkta 120 mėginių nuo įvairių substratų: akmenų, molų, augalų, nuvirtusių medžių, po vandeniui panirusių kitų substratų. Įvertinta makrodumblių rūšinė įvairovė, augimo sąlygos. Darbe analizuojami biomasės pasiskirstymo ypatumai. Nustatytas makrodumblių užterštumas sunkiaisiais metalais, energetinės vertės potencialas, įvertintas makrodumblių panaudojimas tręšimui bei pateikiamos kitos makrodumblių panaudojimo galimybės.

**Pagrindiniai žodžiai:** Kuršių marios, makrodumbliai, substratas, biomasė, kaloringumas, panaudojimas.

## ĮVADAS

Makrodumbliai - plačiausiai paplitę ir aptinkami vandens sistemose. Jie yra svarbūs hidroekosistemose kaip pirminės organinės medžiagos producentai, nes įsisavina neorganines bei organines medžiagas, aktyviai dalyvauja vandens apsivalymo procesuose. Lėtos vandens tėkmės biogenais turtinguose vandenyse bentoso dumbliai formuoja gausias bendrijas, kurios tampa priebėga kitiems organizmams (Biggs 1999).

Vandens kokybė priklauso nuo teršalų, patenkančių į vandens telkinius, kiekio ir jų savybių bei pačių vandens telkinių ypatybių. Mokslininkai, tyrinėjantys vidaus vandenių ekosistemas nustatė, jog pagrindinė sparčios vandens telkinių eutrofikacijos priežastis – gausėjanti biogeninių medžiagų, visų pirma azoto ir fosforo koncentracija juose, šios medžiagos patenka į hidroekosistemas iš aplinkinių žemės ūkio ir urbanizuotų teritorijų (Ciūnys ir Balevičius 2007; Jiake *et al.* 2011). Todėl svarbu sureguliuoti maistmedžiagų patenkančių į vandens telkinius kiekius, kadangi dėl jų upių baseinuose ar jūrose vis labiau spartėja eutrofikacijos procesai (Moreno *et al.* 2007).

Natūrali organinė medžiaga - bentosiniai makrodumbliai, makrofitai ir antropogeninės kilmės vandens šiukšlės, yra akumuliuojama pakrantėse ir sudaro sąnašas. Daugiamečių makrodumblių rūšių akumuliacija indikuoja gerą aplinkos būklę, kai tuo tarpu makrofitų išmetimai rodo neigiamus eutrofikacijos procesus. Baltijos jūros regiono šalyse, tokiose kaip Vokietija, Lenkija, Rusija ar Estija, kuriose panašios aplinkos sąlygos, organinės kilmės (makrodumblių ir makrofitų) sąnašų tyrimams, monitoringui ir tvarkymui skiriamas ypatingas dėmesys (Filipkowska *et al.* 2009; Kersen and Martin 2007; Mossbauer *et al.* 2012).

Lietuvoje pirmieji duomenys apie Kuršių marių makrodumblių ir makrofitų rūšinę įvairovę aptinkami nuo 1959 metų. Šiuo metu apie vykstančius makrodumlių ir makrofitų išmetimus ir jų mastą mokslinės informacijos nėra, todėl nauji ir išsamūs tyrimai labai reikalingi, nes dėl nuolatinės eutrofikacijos ir Klaipėdos uosto gilinimo darbų rūšinė įvairovė kinta, o dabar galima pasikliauti tik asmeniniais poilsiautojų, pamaryje gyvenančių žmonių ar šiuos tyrimus pradėjusių mokslininkų pastebėjimais.

Norint racionaliai organizuoti dumblių panaudojimą, reikalinga informacija apie dumblių rūšinę sudėtį, biomą, gausumą, ekotoksikologinius, hidrologinius, hidrocheminius parametrus, t.y. nustatyti sąryšį tarp aplinkos sąlygų.

**Darbo tikslas** – nustatyti Kuršių marių makrodumblių augimo sąlygas ir jų panaudojimo galimybes.

**Darbo uždaviniai:**

1. Įvertinti Kuršių marių makrodumblių rūšinę įvairovę eksperimentiniu būdu.
2. Išanalizuoti makrodumblių biomasės pasiskirstymo ypatumus ir nustatyti jų užterštumą sunkiaisiais metalais.
3. Nustatyti bendro N ir bendro P koncentracijas makrodumbliuose ir atlikti augalų sėklų daigumo eksperimentą.
4. Nustatyti Kuršių marių makrodumblių energetinę vertę.
5. Pateikti rekomendacijas makrodumblių kultyvavimui ir jų potencialiam naudojimui.

Nuoširdžiai dėkoju:

Šio darbo vadovei prof. dr. Olgai Anne už vertingus patarimus bei rekomendacijas.

Gamtos tyrimų centro Botanikos instituto Hidrobotanikos laboratorijos mokslo darbuotojai dr. Juditai Koreivienei už pagalbą atliekant „Jūreivio praktiką“, už suteiktas žinias bei konsultacijas. Klaipėdos universiteto oro taršos laboratorijos laborantei Elvyrai Kovaliovai už pagalbą atliekant kaloringumo tyrimus. Taip pat Klaipėdos universiteto vykdomo „Submariner“ projekto komandai.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1 Kuršių marių charakteristika

Kuršių marios - Baltijos jūros pietrytinės dalies sekli ir gėlavandenė lagūna. Nuo Baltijos jūros Kuršių marias skiria siaura smėlėta Kuršių nerijos juosta. Mariose gylis vidutiniškai siekia apie 3,8 metro, o maksimalus gylis pietinėje marių dalyje - 5,8 metro. Bendras Kuršių marių plotas – 1584 km<sup>2</sup>, ilgis – 93 km, didžiausias plotis – 46 km (Červinskas 1959; Dailidienė 2007; Žilinskas ir kt. 2012).

Kuršių marios – eutrofikuotas vandens telkinys (Zabukas ir Paulauskienė 2011), pagal vandens apykaitos režimą jos priskiriamos estuarinio tipo lagūnoms (Rainys 1978). Į Kuršių marias įteka 25 upės ir upeliai, iš kurių didžiausias yra Nemunas (Žilinskas ir kt. 2012). Kasmet į marias patenka apie 20 km<sup>3</sup> gėlo Nemuno upės vandens ir apie 5 km<sup>3</sup> druskingo jūros vandens. Pietinė ir centrinė marių dalys – gėlavandenės dėl Nemuno nuotėkio, tuo tarpu šiaurinė – oligohalininė su neperiodiškais druskingumo svyravimais (tarp 0,1‰ ir 7,0‰) (Žaromskis 1996). Kadangi Klaipėdos sąsiauriu vyksta nenutrūkstama vandens masių cirkuliacija tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros, į ją išteka didžioji dalis gėlo sausuminio vandens nuotėkio, o Baltijos jūros druskingas vanduo veržiasi į Kuršių marias ir kaip rodo LR Aplinkos ministerijos Jūrinių tyrimų centro atliekami paviršinio vandens kasdieniai stebėjimai, marių vandens druskingumas per paskutinius dešimtmečius turi tendenciją didėti (Dailidienė 2005). Sūrių vandenų įtekėjimą į marias taip pat įtakoja ir Klaipėdos uosto gilinimas, kuris neigiamai veikia Kuršių marių ekosistemą (Smailys ir Tilickis 2001). Didžiausias druskingumas ties Klaipėdos sąsiauriu stebimas rudenį, mažiausias – pavasarį. Gilyn į Kuršių marias vandens druskingumas palaipsniui mažėja. Juodkrantėje sūrus vanduo stebimas ~20 dienų per metus. Retai druskingas vanduo stebimas ties Vente, Nida.

Klaipėdos sąsiauriu į Baltijos jūrą srūva vanduo ir nuosėdinė medžiaga iš plataus Kuršių marių baseino. Sąsiaurio rytiniame krante yra įsikūręs potencialus teršalų šaltinis - Klaipėdos uostas (Jokšas ir kt. 2003). Klaipėdos sąsiaurio zonoje aktyvūs vandens masių mainai, adsorbcijos ir koaguliacijos procesai, todėl padidėja mikroelementų kiekiai. Dėl laivybos, uosto gilinimo darbų dugno nuosėdos yra pakeliamos ir taip vėl teršiamas vanduo. Taip pat uosto akvatorija yra teršiama Klaipėdos miesto užterštais nutekamaisiais vandenimis, kurie papildomai vandenį teršia sunkiaisiais metalais, tokiais kaip geležis, manganas, švinas, cinkas, varis ir kt., kurių kiekiai 3-10 kartų viršija didžiausią leistiną koncentraciją (DLK), taikomą vandens telkiniams (Zabukas ir Paulauskienė 2011). Sunkieji metalai (daugiau negu 5 kartus sunkesni už vandenį) visuotinai pripažįstami ypač pavojingais teršalais dėl jų tvarumo aplinkoje, toksiškumo ir dalyvavimo gyvųjų organizmų mitybos procesuose (Kishe and Machiwa 2003; Andrews and Sutherland 2004). Į gamtinio vandens telkinius patekusių sunkiųjų metalų didžioji dalis po daugelio sudėtingų biogeocheminių virsmų

nusėda ant dugno ir įsitvirtina dugno nuosėdose (Katz and Kaplan 1981). Be sunkiųjų metalų ir organinės taršos, kurią atneša upės taip pat prie taršos prisideda miesto kanalizacija, laivų statyklos, naftos terminalai, laivyba, avariniai išsiliejimai, lietaus vandens nutekėjimas iš pramoninių aikštelių uoste ir kt., todėl Klaipėdos sąsiauris yra priskiriamas labai pakeistų vandens telkinių grupei, kurių hidromorfologinė, fizinė ir cheminė būklė dėl žmogaus veiklos yra pakitusi taip, kad nėra galimybių pasiekti gerą ekologinę būklę. Cheminę ir mikrobiologinę vandens kokybę blogina vandens užterštumas organinėmis medžiagomis, taip pat neigiamai veikiama vandens aplinkos biota. Būtina mažinti ar bent jau stabilizuoti vandens užterštumą biogeninėmis ir organinėmis medžiagomis norint išsaugoti gerą vandens telkinių ekologinę būklę (Baltrūnaitė 2005).

Vandens kokybė priklauso nuo teršalų, patenkančių į vandens telkinius, kiekio ir jų savybių bei pačių vandens telkinių ypatybių. Mokslininkai, tyrinėjantys vidaus vandenų ekosistemas nustatė, jog pagrindinė sparčios vandens telkinių eutrofikacijos priežastis – gausėjanti biogeninių medžiagų, visų pirma azoto ir fosforo koncentracija juose, šios medžiagos patenka į hidroekosistemas iš aplinkinių žemės ūkių ir urbanizuotų teritorijų (Ciūnys ir Balevičius 2007; Jiake *et al.* 2011). Neorganiniai azoto junginiai yra įsisavinami vandens mikro ir makro augalijos, kuria minta vandens gyvūnai. Natūraliuose, silpnai užterštuose vandenyse neorganinio ištirpusio fosforo sutinkami tik pėdsakai. Didžioji dalis fosforo nusėda į dugną, mažesnę dalį įsisavina dumbliai ir augalai, todėl nedideli jo patenkantys kiekiai į vandenį didesnės įtakos jo kokybei neturi, išskyrus tai, kad stimuliuoja augalų augimą. Jei fosfatai pastoviai ir dideliais kiekiais patenka į vandenį, jie sukelia staigų organinės medžiagos prieaugį, todėl svarbu sureguliuoti maistmedžiagų patenkančių į vandens telkinius kiekius, kadangi dėl jų upių baseinuose ar jūrose vis labiau spartėja eutrofikacijos procesai (Moreno *et al.* 2007). Z. Gasiūnaitė ir kiti bendraautorai (2008) taip pat teigia, kad Kuršių marios yra veikiamos stiprios eutrofikacijos, kuri atsiranda, kai susikaupia dideli mineralinių ir organinių medžiagų, ypač turtingų azoto ir fosforo elementais, kiekiai. Azotas ir fosforas patenka iš dirvų dėl nesaikingo jų tręšimo azotinėmis bei fosforinėmis trąšomis, detergentų, buitinių ar pramoninių nuotekų. Fosfatai ir mineraliniai azoto junginiai – fitoplanktono mitybos bazė (Zabukas ir Paulauskienė 2011). Fitoplanktonas – vienas iš svarbiausių vandens telkinių ekosistemos komponentų. Jis yra pagrindinis organinių medžiagų ir deguonies producentas, nulemiantis vandens telkinio produktyvumą bei mitybos tinklo struktūrą ir vandens kokybę. Fitoplanktono žydėjimas smarkiai padidina organinių medžiagų sedimentaciją Kuršių mariose. To pasekoje pasireiškia deguonies trūkumo – anoksinės sąlygos. Dėl to sumažėja vandens skaidrumas, pradeda intensyviai vystytis toksiškos melsvabakterės. Dėl to eutrofikacija gali būti apsinuodijimo priežastimi ir sukelti biotos žūtį. Mažėjant ištirpusio deguonies kiekiui atsiranda nemalonūs kvapai bei yra sukeliama fiziologinis stresas tiek dugne, tiek vandens stovymėje gyvenantiems gyvūnams. Negyvos žuvys vandens telkinio pakrantėje vasarą- tiesioginė deguonies trūkumo pasekmė. Tokie

reiškiniai labai būdingi ir pavojingi Kuršių marioms, nes čia vandens apsivalymo galimybės ir ekologinis atsparumas antropogeniniam poveikiui yra labai ribotas.

## **1.2 Makrodumблиų vystymąsi ir paplitimą nulemiantys pagrindiniai aplinkos veiksniai**

Gėlavandeniai dumbliai (makrodumbliai) - plačiausiai paplitę ir aptinkami vandens sistemose. Jie yra svarbūs hidroekosistemose kaip pirminės organinės medžiagos producentai, nes įsisavina neorganines bei organines medžiagas, taip pat aktyviai dalyvauja vandens apsivalymo procesuose (Biggs 1999).

Gėlavandenėse bentoso sistemose susiformuojančios makrodumблиų bendrijos yra skirtingos dėl esamų skirtingų aplinkos veiksnių. Daugybė abiotinių ir biotinių veiksnių tiesiogiai ar netiesiogiai nulemia bentoso dumблиų bendrijų išsidėstymą, formavimąsi, struktūrą ir rūšių įvairovę.

**Vandens tėkmė.** Vandens tėkmė turi įtakos bentoso dumблиų vystymuisi. Remiantis literatūros šaltinių apžvalga, didžiausia dumблиų biomasė formuojasi vidutinio greičio tėkmėse (10–50 cm/s). Žinoma, jog bentoso vystymąsis yra ribojamas lėtos srovės, kadangi vanduo nesimaišo vertikaliai. Todėl yra apsunkinama ląstelių difuzija, nes sumažėja biogenų galimybė patekti prie ląstelių.

Bendrijos fizionomijai įtakos turi srovės režimas. Nustatyta, kad lėtos tėkmės upėse formuojasi retos, didelės biomasės bendrijos, kuriose dauguma rūšių yra neprisitvirtinusios prie substrato ar būna prisitvirtinusios prie antrinio substrato ir yra nepatvarios bet kokiems vandens lygio svyravimams. Tačiau esant tokiom sąlygom bendrijos pradeda greičiau senti, kai tuo metu greitos tėkmės vandenyse yra stebimas atvirkštinis variantas. Be to, srovės nulemia bendrijų susiformavimą bei atsparumą neigiamam srovės poveikiui – nuplovimui. Horizontaliai substratui išsidėčiusios rūšys randams sraunioje srovėje, o ir vertikaliai išsidėčiusių rūšių galima rasti vandenyse, kur lėtesnė vandens srovė.

**Substratas.** Nuo substrato kilmės ir dydžio priklauso dumблиų rūšinė įvairovė: ant didesnių ir stabilesnių substratų rūšinė įvairovė yra didesnė, taip pat įtakos turi detrito kiekis. Gausesnės dumблиų bendrijos įsikuria ant didelių akmenų, nes dažniausiai tokių akmenų paviršiaus tekstūra ir nelygumai padeda sulaukyti detrito daleles (Allan 1995).

Tyrimų duomenimis akmenuotose pakrantėse yra mažesnė substratų įvairovė, dėl nuolat skalaujamo grunto. Egzistuoja tam tikras ryšys tarp dumблиų dydžio, grunto dalelių dydžių, prie kurių jie auga prisitvirtinę ir vandens tekėjimo greičio. Smėlyje bei dumble galime rasti augančias santykinai nedideles makroskopinių dumблиų rūšis (Allan 1995).

Atliktais mokslininkų tyrimais nustatyta, kad kuo stambesnis yra suaugusių dumblių gniužulas ir stipresnis vandens judėjimas, tuo didesni būna akmenys ant kurių jie auga, nes kitu atveju vandens srovė nuneštų juos į gilumas arba išmestų į krantą.

**Šviesa, temperatūra.** Šviesos ir temperatūros poveikis tarpusavyje yra susijęs. Be to, lemia biogenų įsisavinimo greitį dumblių bendrijose.

Bentosinių dumblių grupėms vandens temperatūros poveikis pasireiškia dėka sezoninės kaitos. Vasaros mėnesiais esant šiltesnėms temperatūroms gausiai vystosi didesnės žaliadumblių ir melsvabakterių rūšys (Freeman 1986). Tačiau metų bėgyje dažniausiai bendrijų biomasės kiekiai stipriai nevarijuoja, ypač ten, kur nėra ekstremalių klimatinių svyravimų (Allan 1995).

Bentosinių dumblių ląstelės praeina daugybę kliūčių, kad pasiektų šviesą. Dėl to atsižvelgiama į telkinio gylį, vandens drumstumą bei pakrantės augaliją. Dalį šviesos sulaikoma pakrantės augalijos. Mažėjant organinių medžiagų kiekiui ir didėjant sedimentų dalelių dydžiui, šviesos intensyvumo slopinimas mažėja.

Kur tankus miškas, šviesa yra limituojantis veiksnys, todėl bentoso rūšių populiacijos yra linkusios pasiekti maksimumą, nes tokiomis sąlygomis fotosintezės intensyvumas būna didesnis. Taip yra dėl to, jog prie mažesnio šviesos intensyvumo dumblių vykdoma fotosintezė yra intensyvesnė dėl medžių užgožimo. Vandeni organinėmis medžiagomis taip pat praturtina medžių nuokritos.

**Užpavėsinimo efektas.** Dažnai mokslininkų išskiriamas užpavėsinimo efektas, kuris sąlygoja šviesos patekimą. Bendrijas sudarantys bentosiniai dumbliai yra prisitaikę prie šio veiksnio. Mokslininkai nustatė, kad dėl padidėjusio absorbuojančių pigmentų kiekio į dumblių bendrijas fotosintezė yra intensyvesnė prie žemesnio šviesos intensyvumo. Tuo tarpu fotosintezės maksimumas yra aukštesnis negu atviroje vietoje augančių dumblių. Dėka šių adaptacinių savybių pavėsyje augantys dumbliai gali efektyviai panaudoti saulės energiją, o šviesoje augantys - minimalizuoti fotoinhibicinius procesus. Žaliadumbliai blogiau toleruoja žemas šviesos intensyvumo sąlygas, tuo tarpu gėlavandeniai raudondumbliai yra adaptavęsi prie žemų šviesos intensyvumo sąlygų (Allan 1995).

**Biogenai.** Maistinių medžiagų prieinamumas labai svarbus veiksnys. Kada yra stimuluojamas autotrofų augimas maisto medžiagų praturtėjimu, fosforu yra aprūpinama daug efektingiau negu azotu iki tos ribos, kai N:P norma pakankamai aukšta. Tuo metu metabolizmo reakcijas padeda didinti temperatūra. Nustatyta, kad ten kur didesni maistmedžiagų kiekiai, ten makrodumblių augimas yra greitesnis, o kur yra maistmedžiagų trūkumas dumblių augimas lėtesnis (Allan 1995; Pedersen and Borum 1997).

Makrodumblių bendrijų daugiasluoksnėse plėvelėse biogenų prieinamumas skiriasi. Biogenus daugiausia iš vandens pasisavina paviršiuje esančios bendrijos, o iš substrato – pamatinėse dalyse

esančios bendrijos, todėl vidurinėje dalyje susidaro biogenų nepriteklius. Biogenų pasisavinimas ir ląstelių augimo greitis yra įtakojamas šviesos sąlygų ir temperatūros (Allan 1995). Augimą biogenai limituoja tada, kai aplinkoje yra nepakankamai biogenų, o ląstelių įsisavinimo greitis yra labai didelis. Teigiama, kad judantis vanduo pagreitina P, N ir C įsisavinimą daugelyje rūšių. Eksperimentais įrodyta, kad biomasė susiformuoja tuo gausesnė, kuo didesnė srovė, nebent srovė yra labai stipri ir bendrija yra visiškai nuplaunama nuo substrato (Allan 1995).

Pastaraisiais metais didžiausi maisto medžiagų kiekiai į gėlavandenes ekosistemas patenka dėl žmogaus veiklos. Ypatingai tai pasireiškia dėl žemės ūkio (netirpūs pesticidai, dažniau pasitaiko kanalizuojamose telkiniuose) ir pramonės (atmosferos tarša) (Paul and Bjorn 1997; Zabukas ir Paulauskienė 2011).

**Konkurencija.** Vienos ar kelių populiacijų žūtį gali iššaukti menkiausias vienos rūšies pagausėjimas (Allan 1995).

**Dirgikliai.** Susiformavusios bentoso bendrijos nuolat yra veikiamos įvairių dirgiklių. Makrodumbliai veikia įvairūs fiziniai, cheminiai bei biologiniai faktoriai. Dirgikliai yra vieni iš pagrindinių komponentų, kurie leidžia paaiškinti ekologinės sistemos procesus.

Gėlavandenių ekosistemų bendrijos yra nuolatos veikiamos trijų pagrindinių veiksnių: išplovimo, iškėlimo/ išdžiūvimo ir šviesos trūkumo. Išdžiūvimas ir šviesos trūkumas gali sukelti stresą. Staigūs vandens lygio svyravimai potvynių ir poplūdžių metu sukelia dumblių nuplovimus nuo substratų (Allan 1995).

### **1.3 Makrofitų vystymąsi ir paplitimą nulemiantys pagrindiniai aplinkos veiksniai**

**Makrofitai** - tai daugialąsčiai, stambūs, gerai matomi plika akimi, makroskopiniai aukštesnieji augalai bei aukštesnės specializacijos dumbliai, prisitaikę augti tiesiog vandenyje ar perteklinio drėgnumo sąlygomis (Tilickis ir kt. 2003).

Makrofitų augalija skirstoma į dvi stambias ekologines grupes - tikruosius vandens augalus - hidrofitus ir vandens-pelkių augalus - helofitus (Sinkevičienė ir kt. 2006).

Hidrofitai - vandens augalai, įsišaknijantys arba neįsišaknijantys vandens telkinių dugne: visiškai pasinėrę ir visą vystymosi ciklą praleidžiantys po vandeniu (limneidai - sudaro visai pasinėrę po vandeniu augalai, augantys iki 10 m. gylio, pvz. *Ceratophyllum*), žiedynus į vandens paviršių iškeliantys (potameidai - sudaro augalai, kurie į vandens paviršių iš 2-3 m. gylio iškelia tik žiedus, pvz. *Potamogeton*), plūduriuojančiais lapais (nimfeidai - sudaro vandenyje pasinėrę augalai, iškeliantys į paviršių tik plūduriuojančiuosius lapus ir žiedus, pvz., *Nuphar*, *Nymphoides*) ir laisvai plūduriuojantys vandenyje (lemnidai, pvz., *Lemna*, *Spirodela*).

Makrofitų paplitimas ir vystymosi intensyvumas labai priklauso nuo įvairių aplinkos veiksnių, kurių poveikis augalijos struktūrai yra skirtingo masto ir reikšmės. Temperatūra ir vandens lygio svyravimai yra svarbūs veiksniai. Temperatūra daro tiesioginę įtaką makrofitų augimo greičiui, o vandens lygio svyravimai nulemia tiek ekotopų formavimą perteklinio drėgnumo ekosistemose, tiek vandens makrofitų bendrijų vystymąsi ir kaitą. Didelę reikšmę makrofitų augimui ir paplitimui turi rūšių biologinės savybės: reiklumas šviesai, atsparumas hidrodinamikai ir kt. Nuolat kintant aplinkos sąlygoms, makrofitai įgyja naujas prisitaikymo formas ir užima atitinkamai platesnes nišas vandens telkinių litoralėje (Franklin *et al.* 2008).

Šviesa yra pagrindinis veiksnys, lemiantis visų fotosintetinančių organizmų, taip pat ir makrofitų, vystymąsi. Kiekviename vandens telkinyje makrofitų įvairovei ir biomasei svarbų vaidmenį vaidina eufotinės zonos gylis. Žemiau šios zonos apšvietimas sudaro mažiau nei 1% paviršinio spinduliavimo (kritinis fotosintezės gylis). Šviesos sugėrimas ar išsklaidymas priklauso nuo vandens kokybės ir skiriasi kiekviename vandens telkinyje. Ištirpusi organinė medžiaga skatina šviesos sugėrimą, o fitoplanktonas šviesos fotonus ir sugeria ir išsklaido (Korner 2002; Nurminen 2003). Temperatūra daro tiesioginę įtaką makrofitų augimo greičiui, o vandens lygio svyravimai nulemia tiek ekotopų formavimą perteklinio drėgnumo ekosistemose, tiek vandens makrofitų bendrijų vystymąsi ir kaitą. Makrofitai prisitaikę augti gana plačiame temperatūrų diapozone, nors kiekviena rūšis turi savo pakantumo ribas. Sezoniniai svyravimai lemia makrofitų vegetacijos eigą bei trukmę. Skirtingai nei sausumos augalų, vandens augalų vegetacinis periodas prasideda ir baigiasi vėliau (Tilickis ir kt. 2003; Franklin *et al.* 2008).

Sekliuose eutrofikuotuose vandens telkiniuose dominuoja įvairios makrofitų rūšys. Atlikti tyrimai sekliame Lenkijos ežere parodė, kad eutrofikuotame vandens telkinyje labiausiai dominuoja septynios maurabragių (*Chara*) genties atstovų rūšys, kurios sudarė apie 90 % 25 panirusių makrofitų biomasės. Didžiausiu gausumu pasižymėjo *Chara aculeolata* ir *Chara tomentosa* (Krolikowska 1997).

Kuršių marių priekrantėje didelę reikšmę įgyja aukštesnieji augalai, kurie dėl jiems palankių sąlygų, gausių biogeninių medžiagų kiekių formuoja vešlius sąžalynus pakrantės atoslūgio zonoje bei vandenyje (Stankevičius ir Kubiliūtė 2000).

Vandens augalų svarba įvairiapusė. Yra išskiriami teigiami ir neigiami aspektai. Pagrindiniai teigiami bruožai yra sekantys (Constructed wetland... 2000): jie pagausina vandenį deguonimi ir sugeria gyvūnų išskirtą anglies dioksidą; valo užterštus vandenį; teikia žaliavą kai kurioms ūkio šakoms (jais galima tręšti laukus); yra kai kurių hidrobiontų maistas; reguliuoja maistmedžiagių (azoto, fosforo) srautus; silpnina bangų ardomąją veiklą; upėse augalija yra svarbus komponentas, nes lemia transpiracijos dydį (augalų išgarinamo vandens kiekį); stabdo krantų eroziją; formuoja ir kuria buveines, kurios sudaro pagrindą gyvybės formų įvairovei ir kt.

Gali būti ir neigiamas poveikis: vandens augalais užželia ežerai, tvenkiniai, drėkinimo kanalai, drenažo sistemos įrengimai; pūdami vartoja daug deguonies, taip yra apnuodijamas vanduo, dėl to deguonies pristinga žuvis ir kiti vandens gyvūnai, ypač žiemą.

#### 1.4 Makrodumblių tyrimai Lietuvoje

Paskelbtų duomenų apie gėlavandenius bentoso dumblių tyrimus Lietuvoje yra nedaug. Pirmieji duomenys apie Kuršių marių makrodumblių ir makrofitų rūšinę įvairovę aptinkami nuo 1959 metų, tačiau šie duomenys labai seni, o apie šiuo metu vykstančius makrodumlių ir makrofitų išmetimus ir jų mastą mokslinės informacijos nėra, todėl nauji ir išsamūs tyrimai labai reikalingi, nes dėl nuolatinės eutrofikacijos ir Klaipėdos uosto gilinimo darbų rūšinė įvairovė kinta, o dabar galima pasikliauti tik asmeniniais poilsiautojų, pamaryje gyvenančių žmonių ar šiuos tyrimus pradėjusių mokslininkų pastebėjimais.

Paprastai pakrančių sąnašų akumuliacija krante priklauso nuo stiprių į kranto pusę pučiančių vėjų, kranto šlaito, didelės saulės radiacijos (Kersen *et al.* 2007; Filipkowska *et al.* 2009; Mossbauer *et al.* 2012). Paplūdimio sąnašų sudėtis ir kiekiai labiausiai priklauso nuo to, koks pirminės produkcijos kiekis pagaminamas ir kokia yra makrofitų rūšinė sudėtis priekrantėje esančiose jūros buveinėse. Nors detali į Lietuvos pakrantes išmetamų makrofitų rūšinė sudėtis ir netyrinėta, tačiau galima daryti prielaidą, kad pagrindiniai pakrančių sąnašų šaltiniai bus Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje augantis makrofitobentosas, formuojantis didžiausius pakrančių sąnašų kiekius, ypatingai pavasario ir rudens laikotarpiu. Kokie makrofitų kiekiai išmetami į Lietuvos pakrantes įvertinti sudėtinga. Remiantis istoriniais tyrimų duomenimis yra žinoma, kad išmetamų dumblių masė siekdavo iki 30 000 tonų (Kireeva 1960).

Dideli sąnašų kiekiai buvo fiksuojami ir kaimyninėse Baltijos jūros regiono šalyse: nustatyta, kad per vieną valandą Lenkijoje į paplūdimį (4,5 km ilgio ir 50 m pločio) gali būti prinešama nuo 220 iki 440 tonų makrodumblių (sausos masės) (Filipkowska *et al.* 2009), o Vokietijoje per metus (720 km ilgio ruože) iki 4900 t (sausos masės) (Mossbauer *et al.* 2012). Skaičiuojama, kad į krantą gali būti išmetama iki 20% per metus vandenyje pagaminamos pirminės makrofitų produkcijos (Kersen *et al.* 2007). Nustatyta, kad eutrofikacijos mažai paveiktuose vandens telkiniuose dominuoja pirminiai producentai – makrofitai (Balevičius ir kt. 2007).

Baltijos jūros Nevos estuarijos kaip ir Kuršių marių pakrančių problema eutrofikacijos intensyvėjimas bei makrodumblių ir makrofitų sąnašų kaupimasis pakrantėse. Atliktais tyrimais nustatyta, kad Nevos estuarijoje dominuojančios rūšys buvo *Cladophora glomerata* ir *Ulva intestinalis*. 2006 – 2008 metais makrodumblių biomasė siekė  $567 \pm 88.5$  g DW·m<sup>-2</sup>. (Nikulina

and Gubelit 2011). Dumблиų biomasė turi du pikus: liepą ir rugsėjį. Per stebėjimo laikotarpį (2003-2005 m.) buvo  $109,3 \pm 36 \text{ g m}^{-2}$  sausos masės. Didžiausia vidutinė biomasė ( $228,5 \pm 50 \text{ g m}^{-2}$  sausos masės) buvo užfiksuotas 2003 m. rugsėjį ( $300 \pm 100 \text{ g m}^{-2}$  sausos masės) (Gubelit and Berezina 2010).

Norint racionaliai organizuoti dumблиų panaudojimą mūsų kasdienybėje, reikalinga informacija apie dumблиų rūšinę sudėtį, biomasę, gausumą, ekotoksikologinius, hidrologinius, hidrocheminius parametrus, t.y. nustatyti sąryšį tarp aplinkos sąlygų. Daugiamečių makrodumблиų rūšių akumuliacija indikuoja gerą aplinkos būklę, kai tuo tarpu makrofitų išmetimai rodo neigiamus eutrofikacijos procesus. Baltijos jūros regiono šalyse, tokiose kaip Vokietija, Lenkija, Rusija ar Estija, kuriose panašios aplinkos sąlygos, organinės kilmės (makrodumблиų ir makrofitų) sąnašų tyrimams, monitoringui ir tvarkymui skiriamas ypatingas dėmesys (Filipkowska *et. al.* 2009; Kersen and Martin 2007; Mossbauer *et. al.* 2012), o Lietuvoje daugiausia tyrimai yra ekologinio pobūdžio, bet neskirti dumблиų kultyvavimui, aplinkos sąlygų nustatymui, jų paplitimo ir vystymosi tendencijoms nustatyti.

### 1.5 Dumблиų panaudojimo galimybės

Dar prieš biotechnologijų atėjimą, neminint dumблиų biotechnologijų, jų naudojimas žmonių reikmėms vystėsi palaipsniui. Dumблиai kaip maisto šaltinis pirmiausia pradėti naudoti Azijos šalyse tokiose kaip Azija, Afrika, Kinija ir Meksika. Dumблиų kultyvavimo, auginimo pirmieji duomenys užfiksuoti 1640 metais, o maždaug tais pačiais metais (1658 m.) Japonijoje pradėtos apdoroti surinktos *Chondrus*, *Gelidium*, and *Gracilaria* dumблиų rūšys agaru produktam (Hallmann 2007). Energetikos krizės metais (1970 m.) susidomėta kaip naudoti dumблиų biomasę kaip atsinaujinantį šaltinį ir trąšas. Paskutiniaisiais dešimtmečiais vis daugiau verslininkų pradeda suvokti dumблиų panaudojimo potencialią. Šiandien apie 107 t dumблиų kasmet yra naudojami dumблиų biotechnologijoje, gaminami maisto papildai, pašarai, pigmentai bei naudojami kosmetikoje, farmacijoje.

Šiuo metu dumблиai vis dažniau sulaukia susidomėjimo dėl jų panaudojimo. Pirmieji dumблиų auginimo bandymai buvo sugalvoti vokiečių mokslininkų per II-ąją pasaulinį karą (Ugwu *et al.* 2008). Makrodumблиai gali būti auginami dviem būdais: natūraliai – vandens telkinyje ir fotobioreaktoriuje, sudarant jų augimui reikalingas sąlygas.

Natūralus dumблиų auginimas vandens telkinyje (ežere, tvenkinyje, lagūnoje) turi savų privalumų: paprastumas, todėl mažesnės gamybos sąnaudos ir eksploataavimo išlaidos. Tačiau atviruose vandens telkniuose yra nepastovus šviesos intensyvumas, garavimo nuostoliai, CO<sub>2</sub>

emisija, reikalinga išlaikyti tam tikrą temperatūrą bei jų auginimui reikalingi dideli plotai (Cultivation of algae... 2013; Ugwu *et al.* 2008 ).

Fotobioreaktorius – tai uždara sistema, kurioje aplinka yra kontroliuojama ir pasiekiamas didelis dumblių našumas. Pagrindinis šio reaktoriaus trūkumas – didelės investicijos, kurios stabdo dumblių pramonę. Reaktoriuje yra kontroliuojami pagrindiniai veiksniai, lemiantys dumblių augimą: šviesa, temperatūra (16-27<sup>0</sup>C), maisto medžiagos, pH (7-9), dumblių tipas, vėdinimas, maišymas, šviesos-tamsos periodas (Cultivation of algae... 2013; Ugwu *et al.* 2008).

Tarp dumblių panaudojimo kol kas rinkoje dominuoja *Chlorella* ir *Spirulina*, daugiausia dėl didelio baltymų kiekio, maistinės vertės ir dėl greito augimo. Šie dumbliai yra parduodami tablečių, kapsulių bei skysčių pavidalu. Makrodumbliai yra naudojami kaip maistas Kinijoje, Japonijoje, Korėjoje, Filipinuose ir kitose Azijos šalyse. Didžiausia gamintoja yra Kinija, kuri per metus gauna 5 mln.t dumblių derliaus (McHugh 2003). Pavyzdžiui, *Porphyra spp.* naudojama sušio gamyboje. Maistui taip pat yra naudojama *Enteromorpha prolifera*, kurios sudėtyje yra daug polisacharidų ir baltymų bei mažai baltymų ir ląstelienos (Zhou *et al.* 2010). Dumbliuose yra daug vitaminų, mineralų ir riebiųjų rūgščių, kurios teigiamai veikia žmogaus sveikatą (Hallmann 2007).

Dažnai dumbliai naudojami veido, rankų, kūno kremo, losijono sudėtyje. Taip pat dumbliai naudojami eteriniuose aliejuose, vonios druskoje, dumbliais praturtintas vanduo naudojamas terapijoms bei masažams (McHugh 2003). Taip pat iš dumblių gaunama makrodumblių pasta, kuri naudojama reumatiniam skausmui bei celiulito mažinimui (Barsanti and Gualtieri 2006).

Šiuo metu labai populiaru jūros organizmus naudoti kaip bioindikatorius metalų taršai vandenyje nustatyti. Šiam tikslui tarp dažniausiai naudojamų organizmų yra dumbliai ir moliuskai, nes, pavyzdžiui, makrodumbliai geba kaupti mikroelementus ir pasiekti tokias koncentracijų vertes, kurios tūkstančius kartų gali viršyti koncentracijas vandenyje. Biologinių rūšių naudojimas aplinkos kokybei stebėti leidžia įvertinti teršalų poveikį tos ekosistemos gyviems organizmams (Akcali and Kucuksezgin 2011).

Dėl pramonės veiklos nuotekos dažnai būna užterštos sunkiaisiais metalais, kurie patenka į natūralius vandens telkinius ir juos užteršia tokiais metalais kaip Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Cr ir As. Tradiciniai metodai metalų šalinimui yra labai brangūs ir ne visada veiksmingi, kai reikia pašalinti mažas metalų koncentracijas, todėl dabar vis populiariausiu metalų šalinimui iš nuotekų tampa biosorbicija. Biosorbicijos technologija naudojant natūralias medžiagas efektyviai pašalina metalus iš vandens, todėl jų šalinimui vis dažniau naudojami dumbliai, nes yra pigus jų prieinamumas, gana didelis paviršiaus plotas ir didelis įsisavinimo kiekis (Yalcin *et al.* 2008; Lee and Chang 2011; Whitton *et al.* 1989). JAV mokslininkų atliktais tyrimais nustatyta, kad *Cladophora* efektyvumas pašalinant Cd iš nuotekų yra 80-94%, o Turkijos mokslininkai atlikę tyrimus su *Cladophora glomerata* nustatė, kad ši makrodumblių rūšis geba absorbuoti 15,5 mg g<sup>-1</sup> Cu ir 25,5 mg g<sup>-1</sup> Pb

(Sternberg and Dorn 2002). Taigi, dabar vis populiariausiais biosorbentais tampa makrodumbliai bei turi potencialą tolimesnei plėtrai, nes yra plačiai paplitę visame pasaulyje (Lee and Chang 2011).

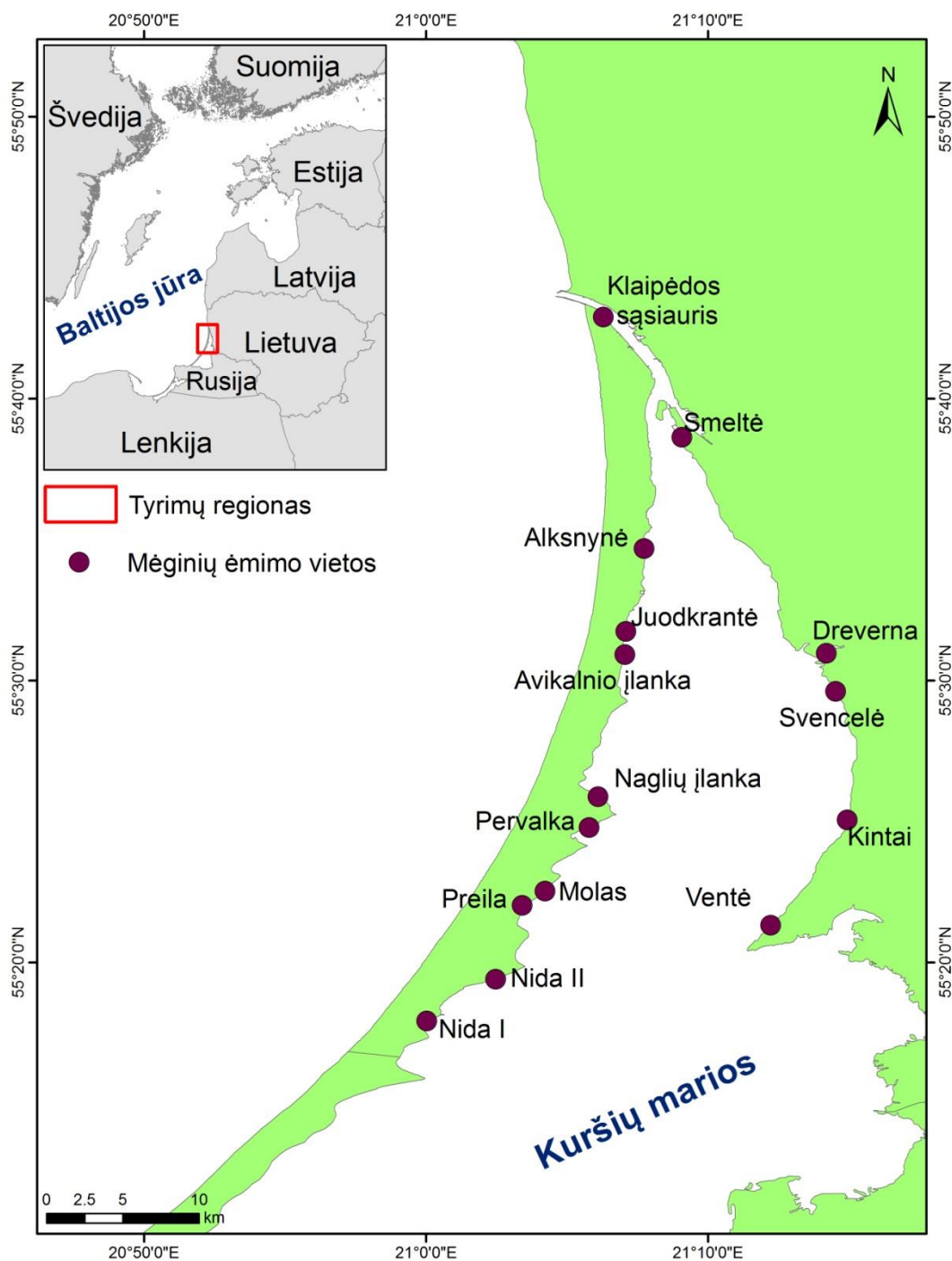
Dumbliai yra panaudojami kaip trąšos, dirvožemio gerinimo priemonė ypač molingose dirvose, nes dumbliai turi drėgmės sulaikymo savybių. Ant laukų yra barstomi šviežūs dumbliai, džiovinti arba skystos konsistencijos koncentratai. Rudadumbliai turi pakankamai azoto ir kalio, tačiau lyginant su tradicine – gyvūnų mėšlo trąša (jų N:P:K santykiu) yra daug mažesnis fosforo kiekis. Iki kompostavimo dumblių gniužulai yra nuplaunami, išdžiovinami, susmulkinami į miltelius ir sumaišomi su paruoštu kompostu. Makrodumblių ekstraktai plačiai naudojami sodininkystės pramonei: vaisių, daržovių bei gėlių kultūrų plėtojimui. Jie didina dirvožemio maistinių medžiagų suvartojimą bei sėklų daigumą, o naudojami kartu su įprastinėmis cheminėmis trąšomis – gerina jų efektyvumą (Barsanti and Gualtieri 2006). Olandų bendrovė „Algaelink“ suprojektavo uždaras dumblių auginimo talpyklas, kurios skirtos specialiai ūkininkams. Jie maistingus dumblis jie galės naudoti kaip gyvulių pašaro priedus.

Lietuvoje 2010 metais pradėtos naudoti prancūzų gamybos Timac Agro biologiškai aktyvios trąšos, kuriose yra iš jūros dumblių išgauti organiniai ekstraktai. Šių trąšų gamintojai teigia, kad jei dirvožemiai, kuriuose bus auginami vasariniai rapsai, yra padidinto drėgmės režimo, tai tada didesnę efektyvumą turės Eurofertil 37 trąšos, kurios greitina sėklų dygimą ir didina pasėlio sudygimo tolygumą. Šių trąšų pagrindiniam tręšimui prieš sėją reikia 250 kg/ha, kuriose dumblių ekstrakto yra 3 l/ha. Jau po 10 dienų po sudygimo šiomis trąšomis tręštų augalų šaknų sistemos masė bei tūris būna iki 50% didesni nei augalų, tręštų įprastinėmis trąšomis (Šiuliauskas 2011).

Daugelis mokslininkų nustatė, kad makrodumbliai – potenciali medžiaga kuro gamybai. Iš dumblių gaunamas aliejus, kuris gali būti naudojami pramonėje. Ši medžiaga gana lengvai perdirbama į skystus degalus, bioetanolį ar biodyzeliną. Šalutinius dumblių aliejaus produktus taip pat galima panaudoti: perdirbti į biodujas. Dumblių anaerobinio pūdymo metu galima gauti ~60% metano. Metanas gali būti naudojamas šilumos ir elektros energijos gavybai, taip pat suspaustas gali būti naudojamas kaip transporto kuras. Dumbliai taip pat puiki alternatyva biodyzelino gamyboje. Iš žaliadumblių *Chlorella vulgaris* galima išskirti 400 l biodujų, kai iš 1 kg vištų mėšlo išskiriama 100 l biodujų (Hughes *et al.* 2012).

## 2. TYRIMO METODAI

**Makrodumblių tyrimų vietos Kuršių mariose.** Makrodumblių tyrimai buvo vykdomi 2012 m. rugpjūčio ir spalio mėnesiais vakarinėje ir rytinėje Kuršių marių pakrantėje. Tyrimų medžiaga surinkta ekspedicijų metu iš 14 tyrimo vietų: Nida I, Nida II, Preila, Pervalka, Naglių įlanka, Avikalnio įlanka, Juodkrantė, Alksnynė, Klaipėdos sąsiauris, Smeltė, Dreverna, Svencelė, Kintai ir Ventė (1 pav.). Tyrimų vietų koordinatės nustatytos GPS Triton 500 pagalba ir žemėlapyje atidėtos naudojant ArcGIS 9.2 programą (mėginių ėmimo vietų koordinatės pateiktos 1 priedo 1 lentelėje).



1 pav. Mėginių ėmimo vietos Kuršių mariose (žemėlapis sudarytas autorės)

Tyrimams buvo pasirinkti keturiolika skirtingo ilgio ruožai (200-500 m) vakarinėje ir rytinėje marių pakrantėje, siekiant surinkti Kuršių mariose besivystančių makrodumblių monitoringui reikiamus reprezentatyvius duomenis, t.y. rūšių įvairovę, jos kokybinius ir kiekybinius pokyčius kintant aplinkos sąlygoms mariose (druskingumui, pH, substrato pobūdžiui). Kadangi *Chara* genties makrofitai (hidrofitai) priklauso aukštesniesiems augalams, jie kaip ir makrodumbliai auga vandens telkinių dugne visiškai pasinėrę ir visą vystymosi ciklą praleidžia po vandeniu, todėl tyrimo metu kartu su makrodumbliais buvo paimti makrofitų mėginiai (sąnašos pakrantėje).



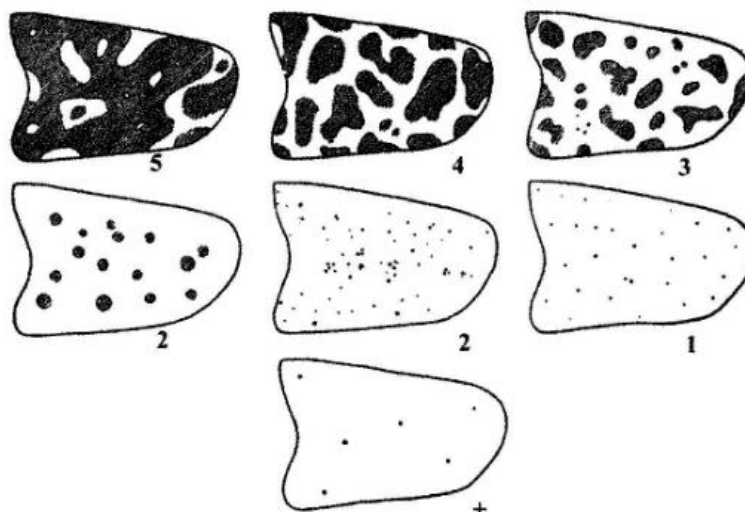
2 pav. Darbo tyrimo eiga

**Makrodumblių medžiagos surinkimas ir padengimo įvertinimas.** Makrodumblių kokybinei analizei ir biomasės įvertinimui surinkta 120 mėginių nuo įvairių substratų (akmenų, molų, augalų, lieptelių, kranto dugno, nuvirtusių medžių, iš kitų po vandeniu panirusių substratų). Mėginiai buvo užpilami tiriamu marių vandeniu ir fiksuojami 40 % formaldehido tirpalu iki galutinės 4 % koncentracijos. Dumblių biomasė buvo džiovinama lauko sąlygomis iki sausos medžiagos.

Tyrimų stotyse portatyviniu WTW Multi 3410 Set C matuokliu įvertinta vandens mineralizacija, o Macherey-Nagel indikatorinių juostelių pagalba – pH.

Stebėjimui po vandeniu naudotas akvaskopas, padengimo vertinimui - 1 m<sup>2</sup> rėmelis, taip pat rėmelis makrodumblių biomasės surinkimui, indeliai mėginių surinkimui, etiketės užrašams, kt. smulkesnės priemonės reikalingos darbui.

Dumblių gausumui bei padengimui įvertinti naudota J. Braun-Blanquet skalė (3 paveikslas).



**3 pav.** Augalų gausumo ir padengimo vertinimo skalė (Rašomavičius ir kt. 2012).

- (+ - kai padengimas mažesnis nei 5 %, rūšies buvimas bendrijoje nurodomas „+“ ženklu.  
1 - kai individų daug, tačiau jie dengia mažą plotą arba individų mažai, tačiau jų padengimas didesnis, bet ne daugiau kaip 5% tiriamojo laukelio.  
2 – individų labai daug arba jie dengia bent 5% tiriamojo laukelio.  
3 – individų pasitaiko įvairiai, jie dengia nuo 25% iki 50% tiriamojo laukelio.  
4 – individų pasitaiko įvairiai, jie dengia nuo 50% iki 75% tiriamojo laukelio.  
5 – individų pasitaiko įvairiai, jie dengia ne mažiau kaip 75% tiriamojo laukelio)

**Šviesinė mikroskopija.** Mėginiai analizuoti ir fotografuoti Vilniaus Gamtos tyrimų centro laboratorijoje naudojantis Motic, Eclipse Ti fluorescensiniu mikroskopu ir Nikon SMZ800 binokuliaru bei esant galimybei, atlikta po 6 morfologinių struktūrų matavimus (6 priedas 10 lentelė). Rūšys identifikuotos remiantis apibūdintojais (Brodie and Irvine 2003; Burrows 2001; Eloranta and Kwadrans 2007. John and Robert 2003; Kumano 2002).

**Sunkiųjų metalų įvertinimas makrodumbliuose.** Sunkiųjų metalų koncentracija makrodumbliuose nustatyta AB „Klaipėdos vanduo“ nuotekų tyrimo laboratorijoje, Dumpių k., Dovilų seniūnijoje. Laboratorijoje įdiegta kokybės sistema, atitinkanti standartą LST EN ISO/IEC 17025:2006. Sunkiųjų metalų kiekis ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) dumbliuose nustatytas atominiu absorbcijos spektrofotometru „Optima 2100 DV“. Sunkiųjų metalų koncentracija išmatuota spektrofotometriškai ir perskaičiuota į sausos biomasės koncentraciją.

**Makrodumblių kaloringumo tyrimai.** Energetinės vertės nustatymas makrodumbliuose atliktas Klaipėdos universiteto oro taršos iš laivų tyrimų laboratorijoje remiantis Lietuvos standartizacijos departamento standartu LST EN ISO/IEC 14918:2006. Šiam tyrimui naudotas:

- *smulkinimo malūnelis* (IKA®WERKE MF10) – makrodumblių susmulkinimui, maksimaliai naudojant 4500 sūkių per minutę jėgą;

- *tablečių suspaudimo presas* (IKA<sup>®</sup>-WERKE GmbH & Co. KG) – formuoti maždaug 13 mm skersmens tabletėms;
- *analitinės svarstyklės* – suformuotoms mėginių tabletėms pasverti;
- *kalorimetras* (IKA<sup>®</sup>-WERKE C5000) – nustatyti makrodumblių kaloringumui.

Suformuotos mėginių tabletės buvo dedamos į kalorimetrinę bombą, ant pririšto kalibruoto medvilninio uždegimo siūlo. Kaloringumo matavimai siekiant tikslumo buvo kartojami po 3 kartus kiekvienam pavyzdžiui.

**Sėklų daigumo tyrimas.** Tyrimas atliktas Klaipėdos universiteto Gamtos ir matematikos mokslų fakulteto Ekologijos katedros Mikrobiologijos laboratorijoje. Buvo pasirinktos stuomeninių augalų atstovės – sėjamosios pipirnės (*Lepidium sativum* L.). Šie augalai pasižymi geru daigumu ir greitu augimu. Pasirinkti augalai-biotestai buvo auginami skystoje mitybinėje terpėje. Tirpalai buvo paruošti iš distiliuoto vandens ir 2 makrodumblių rūšių: žaliaskarė maurarykštė (*Cladophora glomerata* L.) ir *Enteromorpha prolifera* (0,1 mg l<sup>-1</sup>, 0,3 mg l<sup>-1</sup> ir 0,5 mg l<sup>-1</sup>). Tyrimui taikyta modifikuota I. Magone (1989) metodika. Atliktas ankstyvosios augimo fazės 120 val. Pipirnės augimo rodiklių slopinimo testas. Daiginimui naudotos sterilios Petri lėkštelės. Petri lėkštelėje pagrindą sudarė filtrinis popierius ir sterili marlė. Pilamas 10 ml tiriamasis tirpalas, kiekvienoje lėkštelėje tolygiai išdėstomos 25 sėklos. Lėkštelės 48 val. laikomos tamsoje biologiniame termostate (Memmert 100-800), esant pastoviai 24±2<sup>0</sup>C temperatūrai. Po 48 val. Petri lėkštelės išimamos iš biologinio termostato ir dedamos prie šviesos, ant palangės. Praėjus 120 val. buvo matuojami reikiami parametrai: sudygusių sėklų skaičius, vnt; šaknelių ilgis, mm; daigelių aukštis, mm. Morfometriniai matavimai atlikti su milimetrine liniuote.

Augalų šaknelių augimo ir sudygimo bendras slopinimo įvertinimas procentais (IR), remiantis Sanchez-Meza *et al.* (2007) metodika, apskaičiuotas pagal formulę:

$$IR\% = 100\% - \left(\frac{S \times IB}{IK}\right), \text{ kur:} \quad (1)$$

S – sudygimas procentais makrodumblių koncentracijoje;

IB – šaknelės ilgio vidurkis makrodumblių koncentracijoje;

IK – šaknelės ilgio vidurkis kontrolėje.

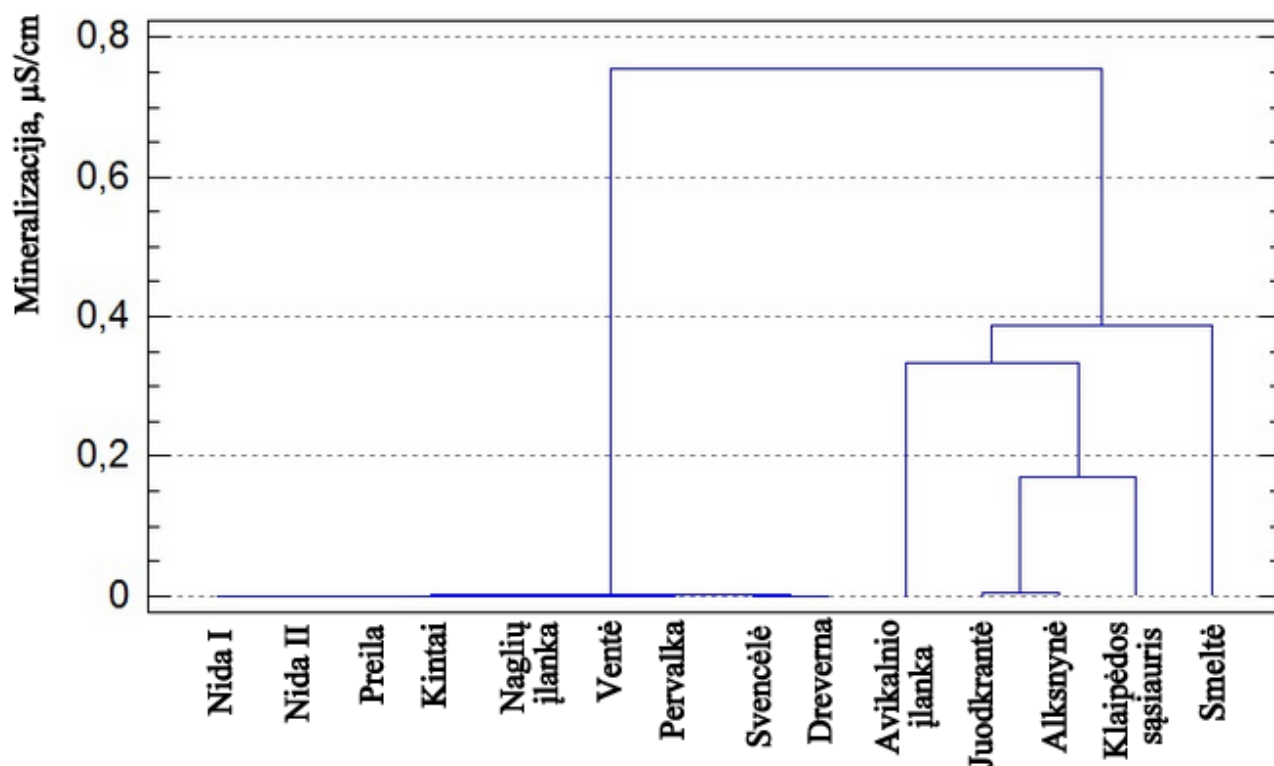
### **Duomenų statistinis įvertinimas**

Duomenų apdorojimui naudota Microsoft Office Excel 2007 programa, STATGRAPHICS Centurion XV.I programinis paketas, ArcGIS 9.2 programa. Atlikta duomenų klasterinė analizė - nustatyti Kuršių marių vandens mineralizacijos dėsningumams bei vienfaktorinė dispersinė analizė - nustatyti vieno faktoriaus poveikį analizuojamiems duomenims (substrato įtaka biomasės pasiskirstymui, mitybinės terpės koncentracijos - pipirnių sėklų šaknelių ilgiui, rūšių - kaloringumui).

### 3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

#### 3.1 Makrodumblių pasiskirstymas Kuršių Mariose

Išanalizavus 2012 m. rugpjūčio ir spalio mėnesiais Kuršių mariose atliktų tyrimų duomenis pastebėta, kad mėginių ėmimo vietose vandens pH svyravo nuo 7,2 iki 8,3 (1 priedas 2 lentelė), o mineralizacija ženkliai skyrėsi: pietinėje ir centrinėje marių dalyje vandens mineralizacija ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) buvo mažesnė nei šiaurinėje (4 pav.). Remiantis literatūros duomenimis, pietinė Kuršių marių dalis yra gėlavandenė dėl Nemuno nuotekio, o šiaurinė dalis – su neperiodiškais druskingumo svyravimais (Žaromskis 1966).



4 pav. Kuršių marių vandens mineralizacija tyrimo vietose

4 paveiksle pavaizduotoje dendogramoje tyrimo vietas pagal vandens mineralizacijos panašumą išskaidytos į dvi grupes (klasterius). Atstumas tarp klasterių rodo didžiausią skirtumą, o atstumai klasterių viduje, mažesnius skirtumus, taigi mažiausios mineralizacijos, gėlavandeniai vandenys nustatyti Nidoje, Preiloje, Pervalkoje, Kintuose, Naglių įlankoje, Ventėje, Svencėlėje ir Drevernoje. Ties Smelte ir Avikalnio įlanka užfiksuoti daugiau nei 10 kartų mineralingesni vandenys, kurių mineralizacijos kiekis didėja ties Alksnyne ir Juodkrante, o maksimumą pasiekia ties Klaipėdos sąsiauriu, kur vyksta nenutrūkstama vandens masių cirkuliacija tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros, į ją išteka didžioji dalis gėlo sausuminio vandens nuotėkio, o Baltijos jūros druskingas vanduo veržiasi į Kuršių marias ir kaip rodo LR Aplinkos ministerijos Jūrinių tyrimų

centro atliekami paviršinio vandens nuolatiniai stebėjimai, marių vandens druskingumas per paskutinius dešimtmečius tendencingai didėja.

Kiekvienoje tyrimo vietoje buvo paimti makrodumblių mėginiai, kurie laboratorijoje identifikuoti daugiausia iki rūšių. Buvo pasirinktas 200 metrų pakrantės ruožas ir kiekvienoje tyrimo vietoje įvertintas dumblių padengimas ir pasiskirstymas ant skirtingų substratų: akmenų, augalų, medžių, molų ir kt. (1 lentelė).

**1 lentelė.** Makrodumblių genčių ir rūšių pasiskirstymas ant skirtingų substratų

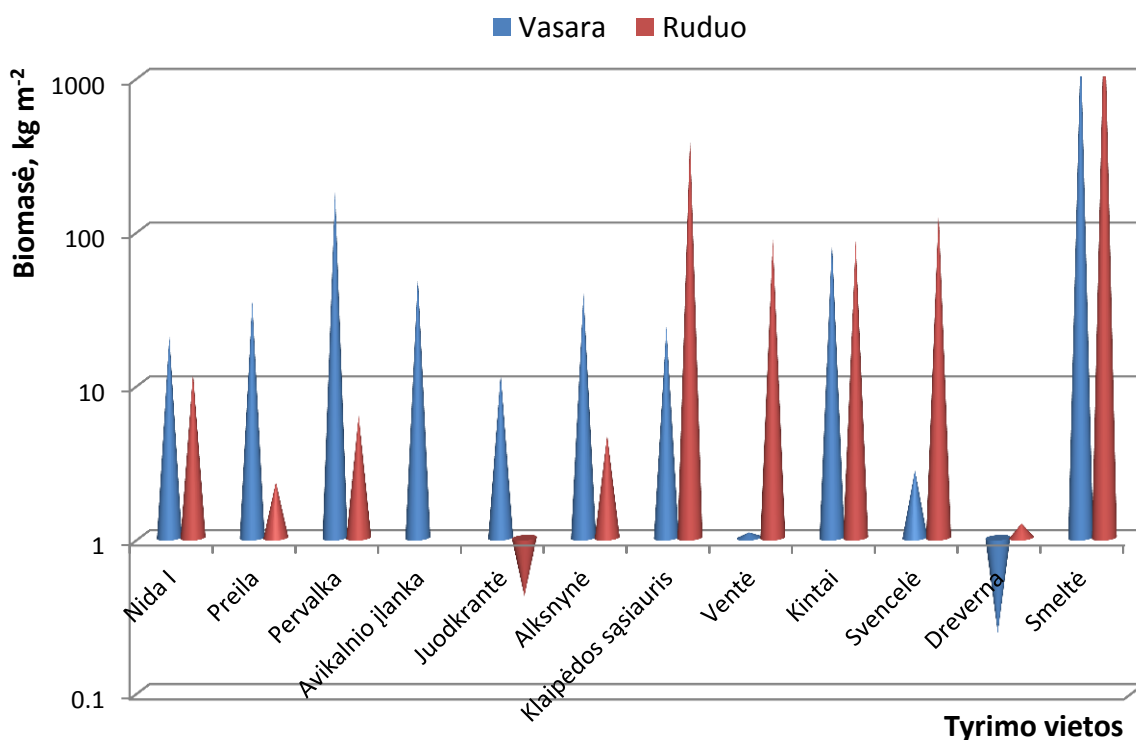
Rūšis	Substratas								
	Akmenys	Augalai	Medžiai/ poliai	Lenta	Molas	Metalinis lieptelis	Sąnašos krante	Priplakta pakrantėje	Padanga
<i>Bangia atropurpurea</i>									
<i>Chara aspera</i>									
<i>Chara contraria</i>									
<i>Chara globularis</i>									
<i>Chlorofece</i>									
<i>Cladophora cf. fracta</i>									
<i>Cladophora glomerata</i>									
<i>Chroodactylon ornatum</i>									
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>									
<i>Draparnaldia</i>									
<i>Enteromorpha intestinalis</i>									
<i>Enteromorpha prolifera</i>									
<i>Meugotia</i>									
<i>Nitellopsis obtusa</i>									
<i>Stigoclonium sp.</i>									
<i>Stigoclonium tenue</i>									
<i>Spirogyra sp.</i>									
<i>Oedogonium sp1.</i>									
<i>Oedogonium sp2.</i>									
<i>Ulothrix sp.</i>									
<i>Zygnema sp.</i>									

1 lentelėje matome, kad plačiausiai paplitusi - *Cladophora glomerata*, kuri nėra išranki substratui ir gali augti ant įvairiausių vandenyje panardintų padangų, lentų, nuvirtusių medžių, ant augalų, akmenų, gausiai apauga molus, lieptelius bei kartu su *Chara* genties makrofitais formuoja sąnašas pakrantėse (Zbikowski *et al.* 2007). Rečiau sutinkamos tokios gentys ar rūšys kaip *Chlorofece*, *Chroodactylon ornatum*, *Hydrodictyon reticulatum*, *Draparnaldia*, *Meugotia*, *Nitellopsis obtusa*, *Stigoclonium sp.*, *Stigoclonium tenue*, *Spirogyra sp.*, *Oedogonium sp1.*, *Oedogonium sp2.*, *Ulothrix sp.*, *Zygnema sp.*, kurios aptinkamos dažniausiai tarp kitų vyraujančių makrodumblių rūšių, tokių kaip *Cladophora glomerata*, *Enteromorpha prolifera* ir *Enteromorpha intestinalis*.

*Bangia atropurpurea* galima sutinkti augančią ant akmenų, vandenyje panirusių medžių, polių, daugiausiai veši ant molų. Tai jūrinė, druskingų vandenų makrodumblių rūšis, kuri Kuršių mariose dažniausiai aptinkama rudens sezono metu, kai druskingas vanduo mariose veržiasi į pietinę pusę.

Kad nustatytume kas įtakoja makrodumblių rūšių pasiskirstymą Kuršių mariose buvo atlikta vienfaktorinė dispersinė analizė rūšių pasiskirstymui pagal vandens mineralizaciją ir pH nustatyti, tačiau statistiškai reikšmingo ryšio tarp rūšių ir vandens mineralizacijos ir pH nenustatyta ( $p=0,5813$ ), vadinasi vandens mineralizacija ir pH makrodumblių paplitimui Kuršių mariose neturi įtakos.

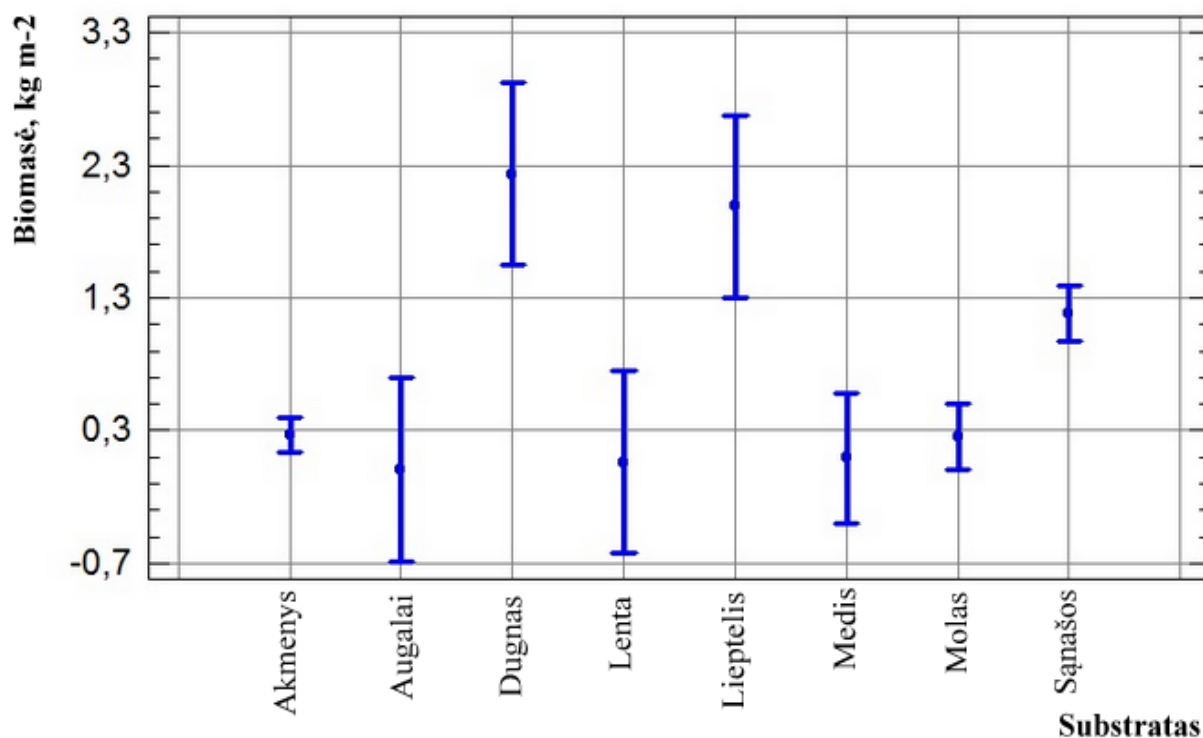
Siekiant įvertinti kokius biomasės kiekius gautume surinkę Kuršių marių makrodumblis iš visų tyrimo vietų, kiekvienoje mėginių ėmimo vietoje, 200 metrų ruože per tiriamąjį laikotarpį, buvo įvertintas makrodumblių padengimas ir paskaičiuotas bendras sausų dumblių biomasės kiekis (5 pav.).



**5 pav.** Makrodumblių biomasės pasiskirstymas tyrimo stotyse (200 m)

5 paveiksle pateiktas bendras dumblių sausos biomasės kiekis Kuršių mariose per tiriamąjį laikotarpį. Kaip matome, rudens biomasės kiekiai didesni nei vasarą. Produktyviausios biomasės kiekiais stotys buvo ties didesne vandens mineralizacija: Smeltėje, Klaipėdos sąsiauryje, kur nuolat plaukioja laivai judinantys vandenį. Teigiama, kad judantis vanduo pagreitina P, N įsisavinimą daugelyje rūšių. Eksperimentais įrodyta, kad biomasė susiformuoja tuo gausesnė, kuo didesnė srovė, nebent srovė yra labai stipri ir bendrija yra visiškai nuplaunama nuo substrato (Allan 1995).

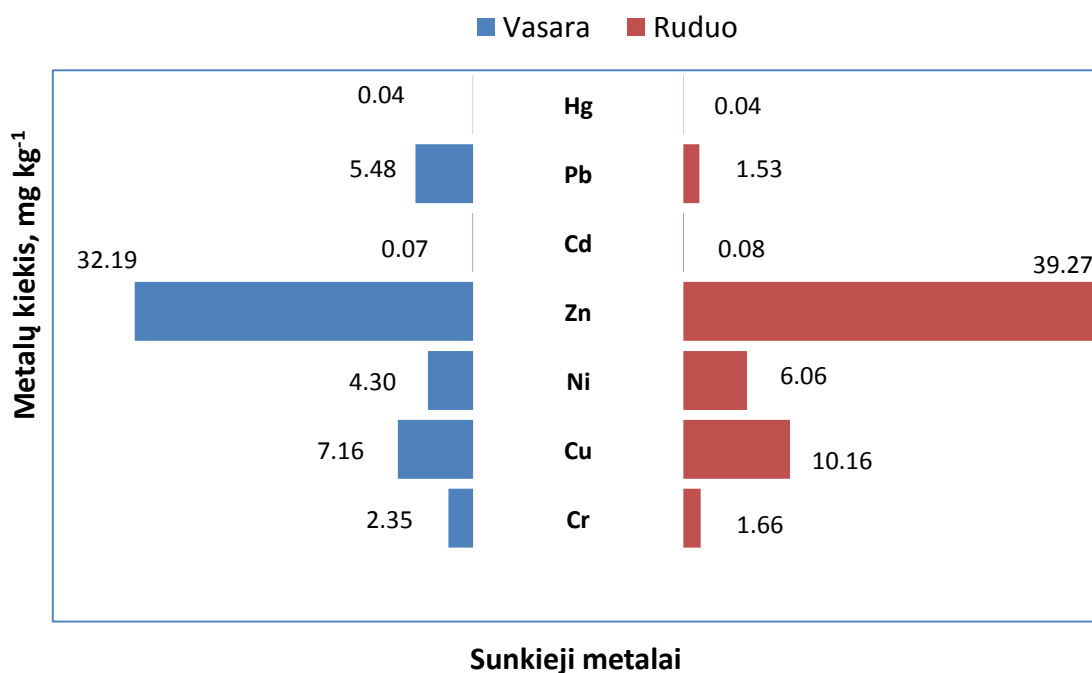
Siekiant įvertinti kuri makrodumblių rūšis formuoja didesnius biomasės kiekius ir kokią įtaką turi substratas biomasės formavimuisi, dumblių padengimas buvo perskaičiuotas  $1\text{m}^2$  ir atlikus dispersinę analizę, nustatyta, kad tarp analizuojamų duomenų yra statistiškai reikšmingas ryšys ( $p=0,0000$ ), kuris parodo, kad substratas turi įtakos makrodumblių biomasės kiekiui (6 pav.).



**6 pav.** Makrodumblių biomasės pasiskirstymas pagal substratą  $1\text{m}^2$  per tiriamąjį laikotarpį

6 paveiksle matome, kad biomasė kranto dugne buvo didžiausia, kuri siekė  $2,23\text{ kg m}^{-2}$ , bei metalinis lieptelis, kurio makrodumblių biomasė sudarė  $1,99\text{ kg m}^{-2}$ . Substratai tokie kaip akmenys, augalai, lentos, nuvirtę medžiai, kranto šašos bei molai padengiami mažesniais makrodumblių kiekiais, jų bendras  $1\text{m}^2$  padengimas būna mažesnis.

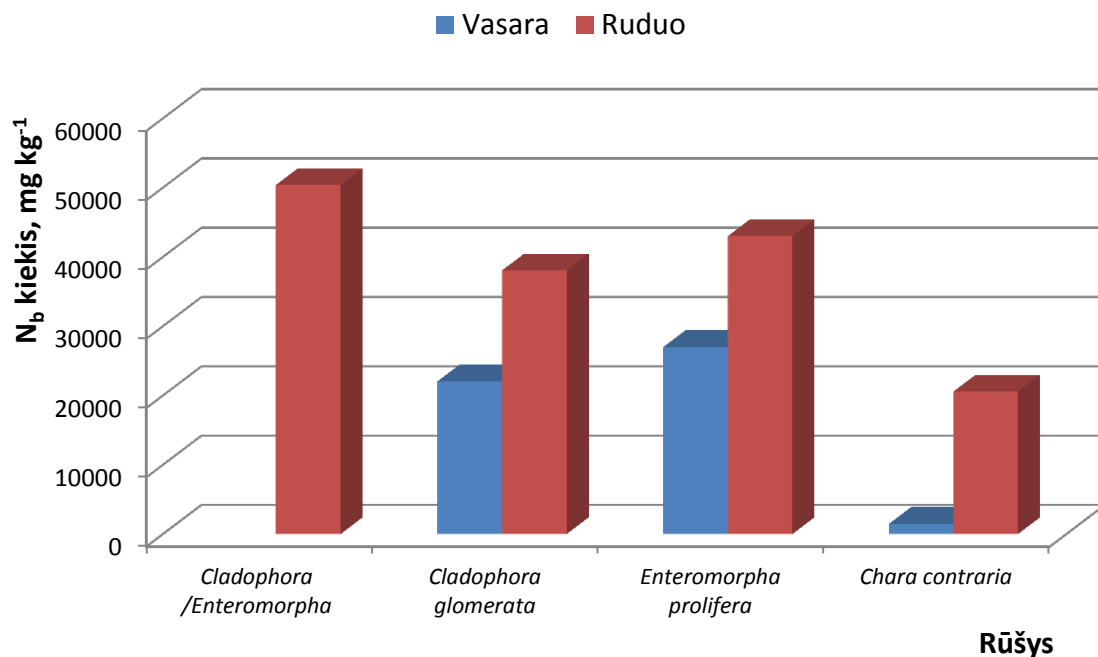
Uosto akvatorija yra teršiama Klaipėdos miesto nutekamaisiais vandenimis, dėl intensyvios laivybos, uosto gilavimo darbų, kurie papildomai vandenį teršia sunkiaisiais metalais, tokiais kaip geležis, manganas, švinas, cinkas, varis ir kt., kurių kiekiai 3-10 kartų viršija didžiausią leistiną koncentraciją (DLK), taikomą vandens telkiniams (Zabukas ir Paulauskienė 2011), todėl buvo atlikti makrodumblių sunkiųjų metalų tyrimai, kadangi dumbliai yra geri vandens užterštumo indikatoriai ir vis dažniau naudojami sunkiųjų metalų iš nuotekų valyme, kadangi geba kaupti mikroelementus ir pasiekti tokias koncentracijų vertes, kurios tūkstančius kartų gali viršyti koncentracijas vandenyje (Akcali and Kucuksezgin 2011).



**7 pav.** Sunkieji metalai Kuršių marių makrodumbliuose

Atlikus sunkiųjų metalų makrodumbliuose tyrimus, nustatyta, kad dumbliai daugiausia kaupia cinko kiekius, kurio koncentracija siekė nuo 32,19 iki 39,27 mg kg<sup>-1</sup> sausųjų medžiagų per tiriamąjį laikotarpį (7 pav.). Mažiausi sunkiųjų metalų kiekiai nustatyti tokių metalų kaip gyvsidabris (0,04 mg kg<sup>-1</sup>), švinas (1,53 - 5,48 mg kg<sup>-1</sup>), nikelis (4,30 – 6,06 mg kg<sup>-1</sup>), chromas (1,66 – 2,35 mg kg<sup>-1</sup>) ir šiek tiek didesnis vario kiekis (7,16 – 10,16 mg kg<sup>-1</sup>), tačiau pagal dumblo tręšimo normas (5 priedas 9 lentelė) sunkiųjų metalų koncentracijos mg kg<sup>-1</sup> sausųjų medžiagų viršijimų visose tyrimo vietose per tiriamąjį laikotarpį nebuvo (7 pav.). Šiuo metu labai populiaru jūros organizmus naudoti kaip bioindikatorius metalų taršai vandenyje nustatyti. Biologinių rūšių naudojimas aplinkos kokybei stebėti leidžia įvertinti teršalų poveikį tos ekosistemos gyviems organizmams (Akcali and Kucuksezgin 2011).

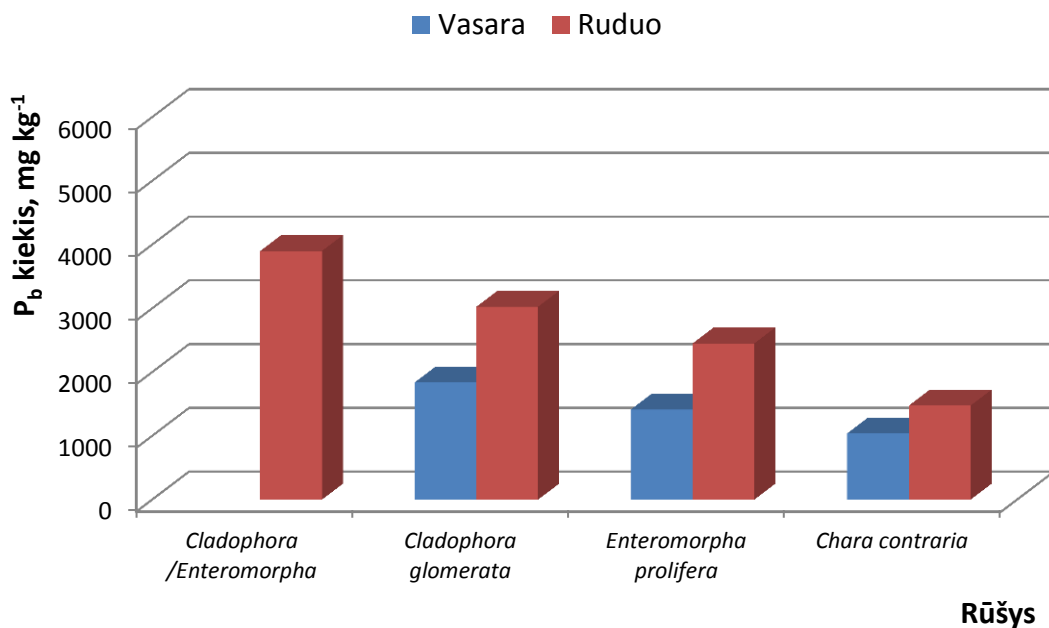
Vandens kokybė priklauso nuo teršalų, patenkančių į vandens telkinius, kiekio ir jų savybių bei pačių vandens telkinių ypatybių. Mokslininkai, tyrinėjantys vidaus vandenų ekosistemas nustatė, jog pagrindinė sparčios vandens telkinių eutrofikacijos priežastis – gausėjanti biogeninių medžiagų, visų pirma azoto ir fosforo koncentracija juose (Ciūnys ir Balevičius 2007; Jiake *et al.* 2011). Maistinių medžiagų prieinamumas labai svarbus veiksnys makrodumblių augimui. Mokslininkų atliktais tyrimais nustatyta, kad kuo didesnis azoto įsisavinimas, tuo dumblių rūšys greičiau auga ir formuoja didesnius biomasės kiekius (Pedersen and Borum 1997).



**8 pav.** Azoto kiekis makrodumблиuose vasaros ir rudens metu

8 paveiksle pavaizduotos bendro azoto koncentracijos makrodumблиuose vasaros ir rudens metu. Kaip matyti didžiausios  $N_b$  koncentracijos nustatytos *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* ( $N_b$  - 50399 mg kg<sup>-1</sup>) makrodumблиų mišinyje rudens sezono metu (vasaros metu  $N_b$  koncentracijos nenustatinėtos, nes nebuvo šių rūšių mišinio), o mažiausios – *Chara contraria* makrofitų rūšyje vasaros sezono metu ( $N_b$  – 1481 mg kg<sup>-1</sup>). Pagal  $N_b$  koncentracijas matome, kad makrodumблиų rūšys didesnius bendro azoto kiekius kaupė rudens sezono metu, vadinas greičiau augo ir formavo didesnius biomasės kiekius, o tai patvirtina ir biomasės atlikti tyrimai (5 pav.). Vasaros metu  $N_b$  koncentracijos ir makrodumблиų biomasės nustatytos mažesnės lyginant su rudens sezono metu, kadangi vasaros metu Kuršių marios dažniausiai yra veikiamos eutrofikacijos, kada dėl biogenų pertekliaus intensyviai pradeda vystytis fitoplanktonas, o azotas ir fosforas yra fitoplanktono mitybos pagrindas (Zabukas ir Paulauskienė 2011), todėl dėl biogenų trūkumo vasarą makrodumблиai vystosi lėčiau ir kaupia mažesnę  $N_b$  kiekį.

9 paveiksle pavaizduotas bendro fosforo koncentracijos makrodumблиuose per tyrimo laikotarpį. Kaip matyti didžiausios  $P_b$  koncentracijos nustatytos *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* ( $P_b$  - 3900 mg kg<sup>-1</sup>) makrodumблиų mišinyje rudens sezono metu (vasaros metu  $P_b$  koncentracijos nenustatinėtos, nes nebuvo šių rūšių mišinio), *Cladophora glomerata*  $P_b$  kiekis (3025 mg kg<sup>-1</sup>) buvo didesnis nei *Enteromorpha prolifera* (2450 mg kg<sup>-1</sup>), o *Chara contraria* makrofitų rūšyje vasaros sezono metu - mažiausias ( $P_b$  - 1038 mg kg<sup>-1</sup>).



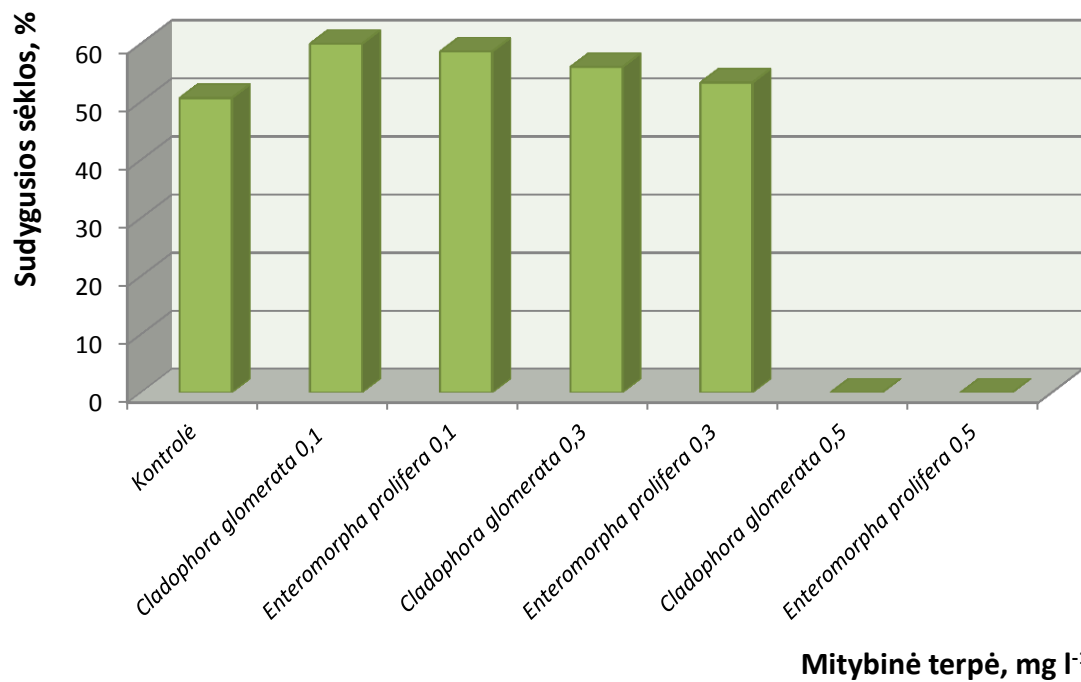
**9 pav.** Fosforo kiekis makrodumблиuose vasaros ir rudens metu

8 ir 9 paveikslo rezultatai rodo, kad daugiausia N ir P akumulavo *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* makrodumблиų rūšių mišinys, kuris augo ant metalinio lieptelio Klaipėdos sąsiaurio zonoje rudenį ir ten buvo nuolat veikiamas srovės, ypač kai praplaukia laivai ir yra sujudinamas vanduo, kuris kaip teigiama literatūroje pagreitina N<sub>b</sub> ir P<sub>b</sub> įsisavinimą daugelyje makrodumблиų rūšių. Kadangi N ir P koncentracijos makrodumблиuose gana didelės, dumbliai galėtų būti naudojami kaip trąša žemės ūkyje.

### 3.2 Makrodumблиų praktinis panaudojimas

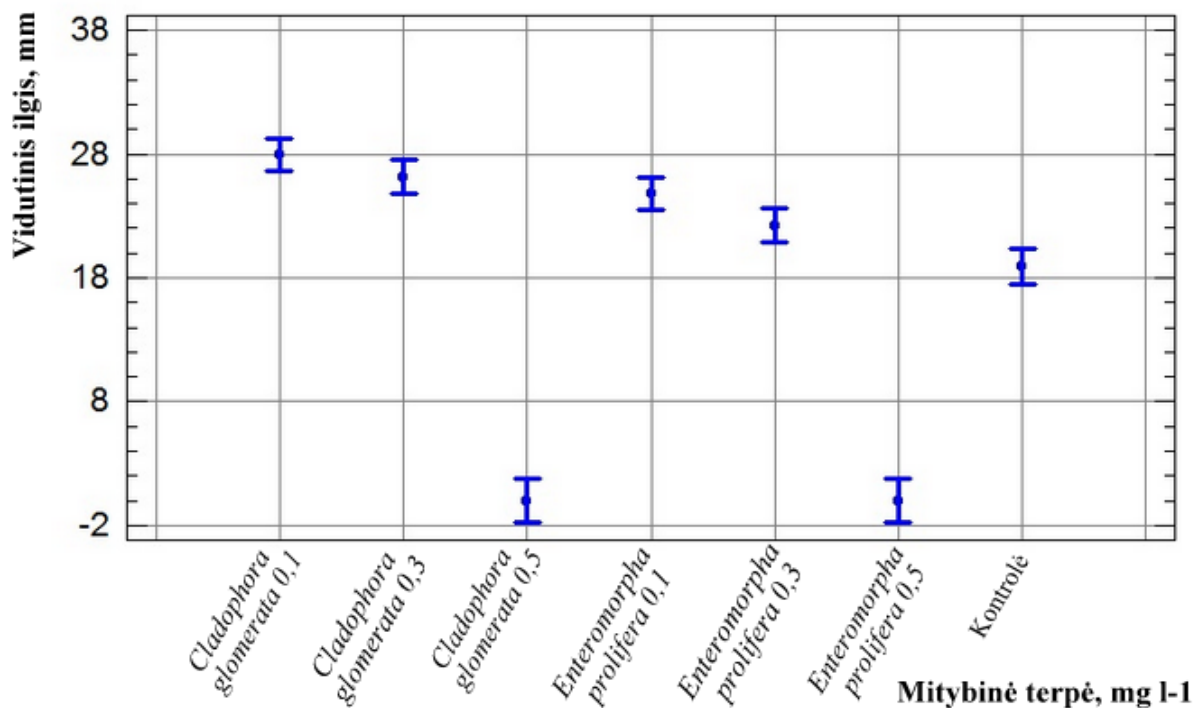
#### 3.2.1 Dumблиų naudojimo tręšimui galimybių tyrimas

Dumблиų kaip trąšos naudojimo galimybių tyrimui buvo pasirinktos stuomeninių augalų atstovės – sėjamosios pipirnės (*Lepidium sativum* L.), dėl greito augimo. Tyrimų duomenys parodė, kad didžiausią neigiamą įtaką sėjamųjų pipirnių (*Lepidium sativum*) sėklų daigumui turėjo makrodumблиų *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* 0,5 mg l<sup>-1</sup> koncentracijos mitybinė terpė, prie kurios sėjamųjų pipirnių sėklos visai nesudygo. Lyginant su kontrole sėklų daigumas didžiausias buvo su *Cladophora glomerata* 0,1 mg l<sup>-1</sup> tiriamuoju tirpalu, o koncentraciją padidinus iki 0,3 mg l<sup>-1</sup> sėklų daigumas ėmė mažėti (10 pav.). Analogiški rezultatai gauti ir su *Enteromorpha prolifera* makrodumблиų rūšimi, nors lyginant *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* tiriamuosius tirpalus, tai su *Cladophora glomerata* tiriamuoju tirpalu sėklų daigumas buvo efektyvesnis.



10 pav. Sėjamosios pipirnės (*Lepidium sativum*) daigumas skirtingose mitybinėse terpėse

*Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* skirtingos koncentracijos tirpaluose sėjamosios pipirnės augo ir vystėsi gana skirtingai (10 pav.). Visgi, reikia pažymėti, kad stiprios koncentracijos tirpaluose (*Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* 0,5 mg l<sup>-1</sup>) pipirnės visiškai nesudygo.



11 pav. Sėjamųjų pipirnių (*Lepidium sativum*) šaknelių ilgių pasiskirstymas įvairiose makrodumblių mitybinėse terpėse

Atlikus dispersinę analizę, nustatytas statistiškai reikšmingas ryšys tarp makrodumblių koncentracijų ir šaknelių ilgio ( $p=0.0000$ ). Prie  $0,1 \text{ mg l}^{-1}$  makrodumblių tirpalo pipirnių sėklų šaknelės buvo ilgesnės, kurios padidinus koncentraciją ėmė mažėti ir pasiekus  $0,5 \text{ mg l}^{-1}$  tirpalo koncentraciją visai nedygo.

Kaip rodo tyrimų rezultatai 2 lentelėje, didžiausiu slopinimo efektu (IR) sėjamųjų pipirnių (*Lepidium sativum* L.) šaknelėms pasižymėjo abi makrodumblių rūšys, kai tiriamojo tirpalo koncentracija  $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ , o mažiausiu - *Cladophora glomerata* rūšis, kurios slopinimo efektas IR= 11%.

**2 lentelė.** Sėjamųjų pipirnių (*Lepidium sativum* L.) IR

Rūšis	Tiriamąojo tirpalo koncentracija $\text{mg l}^{-1}$	IR (%)
<i>Cladophora glomerata</i> L.	0,1	11
	0,3	23
	0,5	100
<i>Enteromorpha prolifera</i>	0,1	23
	0,3	37
	0,5	100

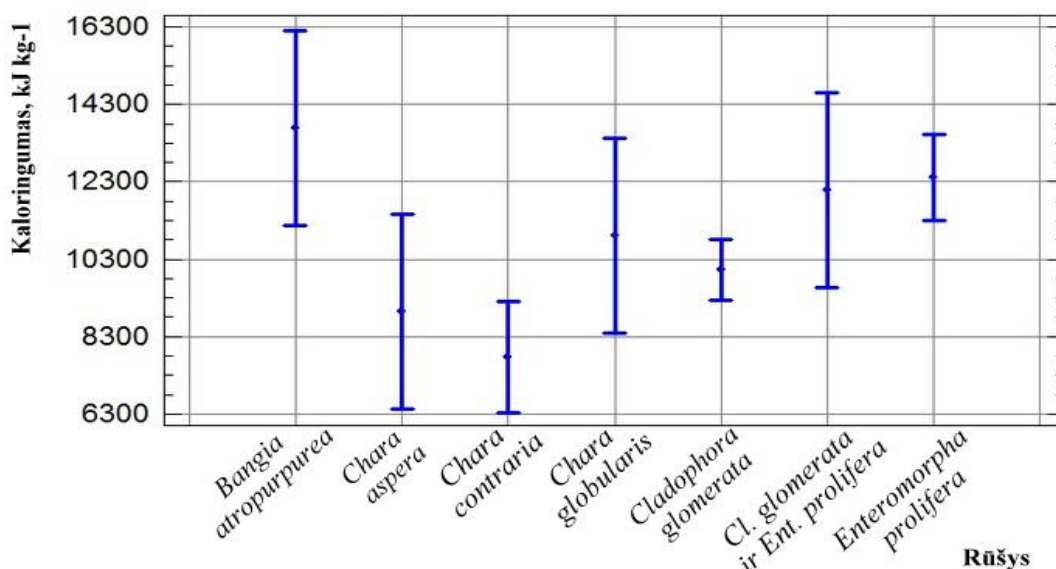
Šaknų ilgis, lyginant su nuline koncentracija, padidėja kartu su koncentracijos didėjimu. Tai tęsiasi, kol šis santykis pasiekia maksimalią vertę, tada gana staigiai šaknų ilgis mažėja (Juknys ir kt. 2009).

*Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* gali būti naudojamos kaip trąšos augalų daigumui skatinti, nes pagal LAND 20-2001 normatyvą plotams, skirtiems daržovėms auginti, pievoms, stambiųjų pašarų kultūroms tręšti, gali būti naudojamas tik I kategorijos dumblas. Kadangi pagal atliktus tyrimus nustatyta, kad Kuršių marių makrodumblių *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* sunkiųjų metalų koncentracijos neviršija DLK, todėl jie gali būti naudojami augalų tręšimui.

Lietuvoje 2010 metais pradėtos naudoti prancūzų gamybos Timac Agro biologiškai aktyvios trąšos, kuriose yra iš dumblių išgauti organiniai ekstraktai. Šių trąšų gamintojai teigia, kad jei dirvožemiai, kuriuose bus auginami vasariniai rapsai, yra padidinto drėgmės režimo, tai tada didesnę efektyvumą turės Eurofertil 37 trąšos, kurios greitina sėklų dygimą ir didina pasėlio sudygimo tolygumą. Šių trąšų pagrindiniam tręšimui prieš sėją reikia  $250 \text{ kg/ha}$ , kuriose dumblių ekstrakto yra  $3 \text{ l/ha}$ . Jau po 10 dienų po sudygimo šiomis trąšomis tręštų augalų šaknų sistemos masė bei tūris būna iki 50% didesni nei augalų, tręštų įprastinėmis trąšomis (Šiuliauskas 2011).

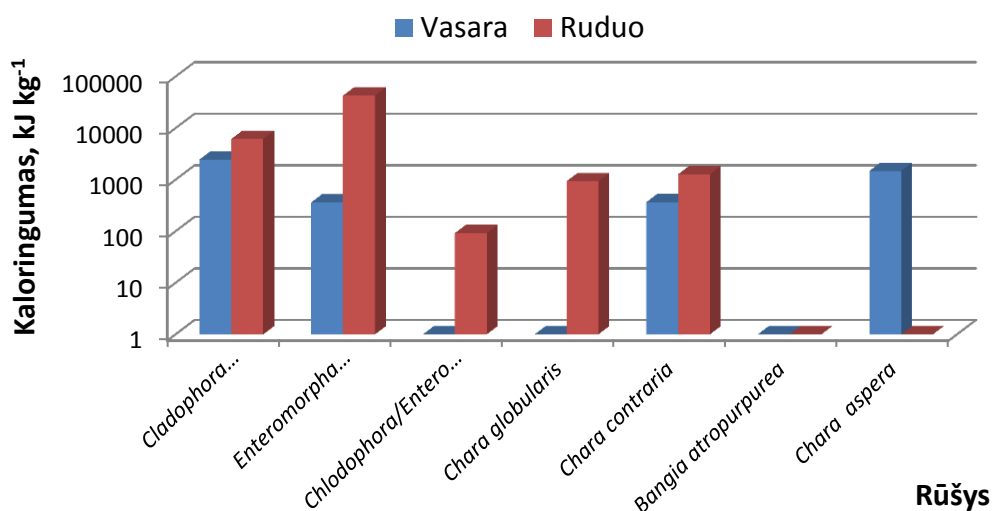
### 3.2.2 Dumблиų energetinės vertės nustatymas

Norint nustatyti, kuri makrodumблиų rūšis yra kaloringiausia, atlikta dispersinė analizė ( $p=0,0113$ ), kuri parodė, kad didžiausią kaloringumą turi *Bangia atropurpurea* rūšis ( $13686 \text{ kJ kg}^{-1}$ ), mažiausią – *Chara contraria* rūšis ( $9693 \text{ kJ kg}^{-1}$ ). Atlikus tyrimus nustatyta, kad makrodumблиų kaloringumas svyravo nuo  $3277 \text{ kJ kg}^{-1}$  iki  $17779 \text{ kJ kg}^{-1}$  (4 priedas 8 lentelė), tokius pat rezultatus buvo nustatęs Carlo S. Aburo ir kiti mokslininkai. (2010).



12 pav. Makrodumблиų rūšių kaloringumas

Nors kaip matyti iš 12 paveikslo *Bangia atropurpurea* rūšis yra kaloringiausia, tačiau Kuršių mariose šios rūšies biomasės kiekiai labai maži, todėl labiausiai apsimokėtų deginti gausiausias sąžalynus formuojančias rūšis, t.y. *Enteromorpha prolifera*, *Cladophora glomerata* ir *Chara globularis* pakrančių sąnašas.

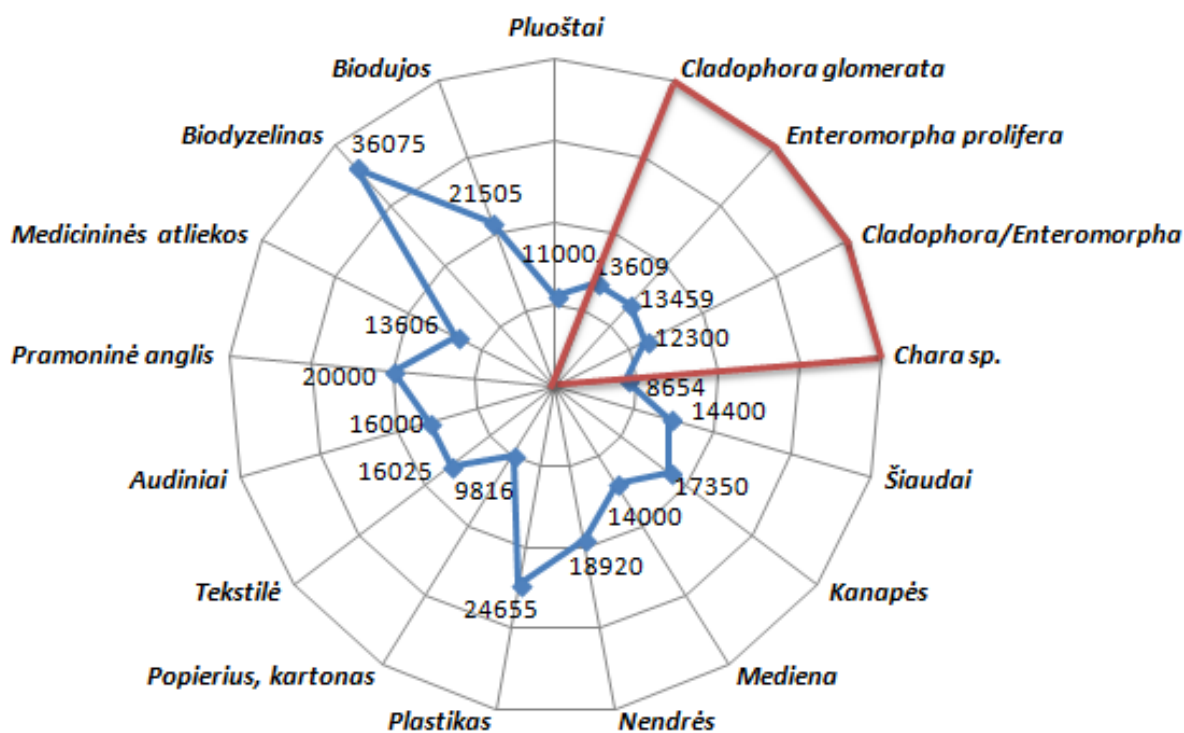


13 pav. Makrodumблиų biomasės kaloringumas Kuršių mariose

Pasidomėjus koki kaloringumą gautume sudeginę visus Kuršių marių makrodumblius, nustatyta, kad daugiausia šilumos gautume deginant *Enteromorpha prolifera* ir *Cladophora glomerata* makrodumblių rūšis rudens sezono metu, kada yra šių rūšių didžiausi biomasės kiekiai (13 pav.).

Kaloringumas taip pat labai priklauso ir nuo substrato ant kurio auga rūšis, kadangi biomasės ėmimo metu dažnai sunku švariai nuimti mėginį nuo substrato ir jame lieka daug organinės medžiagos, kuri degimo metu lieka nesudegusi ir dėl to mažėja kaloringumo vertė. Atliktais tyrimais nustatyta (4 priedas 8 lentelė), kad mažiausias peleningumas yra tų rūšių, kurios auga ant lieptelių, didelių akmenų.

Energetinėms reikmėms gali būti naudojami pašariniai žoliniai augalai ir stambiestiebiai žoliniai augalai. Tradicinių pašarui naudojamų žolinių augalų biomasės derliui nuimti ir kurui ruošti tinka tos pačios technologijos ir technika kaip ir šiaudams bei pašarinėms žolėms. Kurui ruošiamą žolę reikia nupjauti, išdžiovinti, supresuoti į ritinius arba ryšulius ir laikyti dengtoje saugykloje, todėl makrodumblių biomasę galima panaudoti energetiniams tikslams, kaip pavyzdžiui yra naudojamos nendrės, kurių kaloringumas labai panašus (14 pav.).



14 pav. Įvairių medžiagų kaloringumas (kJ kg<sup>-1</sup>)

Kaip matome iš 14 paveikslo makrodumbliai gali būti naudojami biokurui, nes jų kaloringumo vertės labai panašios į pluoštų, šiaudų, medienos, popieriaus, medicininių atliekų ir nendrių. Pavyzdžiui, sausos nendrės – puikus ir labai kaloringas kuras, yra naudojamos Simno

miestelio katilinėje, kuri pritaikyta kūrenti biologiniu kuru. Smulkintos nendrės čia maišomos su medienos drožlėmis ir deginamos. Kadangi makrodumblių biomasės kiekiai nėra labai dideli ir tai yra sezoninės biomasės, todėl būtų galima apvalyti Kuršių marias ir makrodumblius panaudoti energijos gavimui deginant kartu su nendrėmis. Tačiau dar reikia atlikti daug detalesnių tyrimų su įvairesnėmis makrodumblių rūšimis, nustatyti priklausomybes tarp drėgmės kiekio ir kaloringumo (Alburo *et al.* 2010).

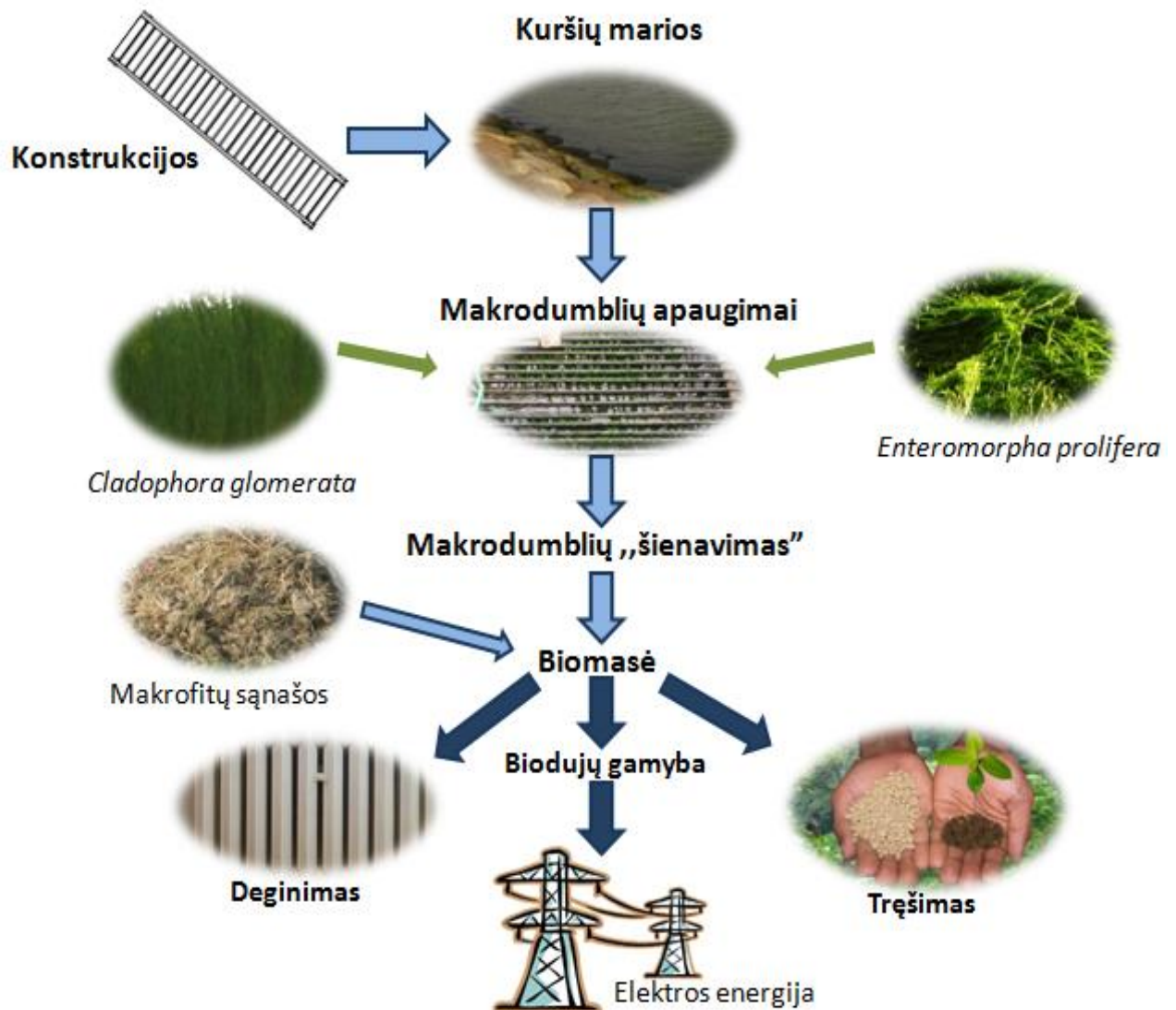
### 3.3 Dumblių panaudojimo galimybių vertinimas

Šiuo metu Baltijos jūros Nevos estuarijos kaip ir Kuršių marių pakrančių problema eutrofikacijos intensyvėjimas bei makrodumblių sąnašų kaupimasis pakrantėse. Baltijos jūros regiono šalyse, tokiose kaip Vokietija, Lenkija, Rusija ar Estija, kuriose panašios aplinkos sąlygos, organinės kilmės (makrodumblių ir makrofitų) sąnašų tyrimams, monitoringui ir tvarkymui skiriamas ypatingas dėmesys (Filipkowska *et al.* 2009; Kersen and Martin 2007; Mossbauer *et al.* 2012), tačiau Lietuvoje tai vis dar aktuali problema.

Yra žinoma, kad iki 80% makrodumblių maistmedžiagų gali būti atpalaiduojamos per keletą dienų, todėl netgi jei tvarkant pakrantes dumbliai yra pašalinami, per gana trumpą laikotarpį atpalaiduotos medžiagos gali reikšmingai prisidėti prie paplūdimio ekosistemos maistmedžiagių apykaitos, dėl dumblių degradacijos, ypač vasaros laiku gali blogėti vandens kokybė, gali prasidėti anoksija. Susikaupusios krante sąnašos paprastai gali būti naudojamos kaip trąša arba kompostas žemės ūkyje (Filipkowska *et al.* 2009).

Todėl Kuršių marių sistemą būtų galima panaudoti ne tik vandens valymui, bet ir kitais tikslais. Žinoma, kad mariose susidaro dideli makrodumblių ir makrofitų sąnašų biomasės kiekiai, tačiau tik tam tikrais jų vegetacijos pikais, todėl norint dumblius panaudoti kurui, būtų reikalingas daug didesnis jų kiekis, tad reikėtų juos auginti, o juos kultyvavus yra galimybė šią biomasę panaudoti energetiniams tikslams. Nustatyta, kad makrodumblių ir makrofitų biomasė tinka biodujų gamybai, todėl išėmus dumblius iš marių ir supūdžius jų biomasę gauta bioenergija galėtų būti panaudota elektros energijos gavybai. Po pūdymo likęs substratas gali būti panaudojamas dirvų tręšimui, kadangi atlikti sunkiųjų metalų tyrimai parodė, jog Kuršių marių makrodumbliuose sunkiųjų metalų koncentracijų viršijimų nebuvo.

Taip pat makrodumblius būtų galima naudoti kaip bioindikatorius, nes jie geba kaupti mikroelementus ir pasiekti tokias koncentracijų vertes, kurios tūkstančius kartų gali viršyti koncentracijas vandenyje. Biologinių rūšių naudojimas aplinkos kokybei stebėti leidžia įvertinti teršalų poveikį tos ekosistemos gyviems organizmams (Akcali and Kucuksezgin 2011).



15 pav. Kuršių marių makrodumблиų panaudojimo galimybių schema

JAV mokslininkų atliktais tyrimais nustatyta, kad *Cladophora* efektyvumas pašalinant Cd iš nuotekų yra 80-94%, o Turkijos mokslininkai atlikę tyrimus su *Cladophora glomerata* nustatė, kad ši makrodumблиų rūšis geba absorbuoti  $15,5 \text{ mg g}^{-1}$  Cu ir  $25,5 \text{ mg g}^{-1}$  Pb (Sternberg and Dorn 2002). Taigi, dabar vis populiariesniais biosorbentais tampa makrodumблиai bei turi potencialą tolimesnei plėtrai, nes yra plačiai paplitę visame pasaulyje (Lee and Chang 2011).

Norint racionaliai organizuoti dumблиų panaudojimą mūsų kasdienybėje, reikalinga informacija apie dumблиų rūšinę sudėtį, biomasę, gausumą, ekotoksikologinius, hidrologinius, hidrocheminius parametrus, t.y. nustatyti sąryšį tarp aplinkos sąlygų. Daugiamečių makrodumблиų rūšių akumuliacija indikuoja gerą aplinkos būklę, kai tuo tarpu makrofitų išmetimai rodo neigiamus eutrofikacijos procesus.

**Rekomendacijos.** Norint kultyvuoti Kuršių marių makrodumблиus Klaipėdos sąsiaurio zonoje pasiūlytos metalinės konstrukcijos būtų tinkamiausios. Atlikus tyrimus nustatyta, kad šioje zonoje

sunkiųjų metalų kiekiai neviršija DLK, čia makrodumbliai yra veikiami praplaukiančių laivų sukeliama vandens bangavimo ir todėl makrodumbliai geriau įsisavina bendrą azotą ir bendrą fosforą. Mėginių ėmimo metu nebuvo pastebėta, kad šioje vietoje kas nors trukdytų dumblių augimui.

Įgyvendinant pasiūlymą makrodumblius auginti ant metalinių konstrukcijų iš Kuršių marių būtų pašalinamas azotas ir fosforas. Paskaičiuota, kad ant metalinio lieptelio, dumblių padengimas buvo  $1,99 \text{ kg m}^{-2}$ , taigi pašalinus makrodumblius nuo  $1 \text{ m}^2$  lieptelio būtų sumažinamas N ( $50,399 \text{ g kg}^{-1}$ ) ir P ( $3,900 \text{ g kg}^{-1}$ ) kiekis. Taigi nuo bendro  $3,75 \text{ m}^2$  metalinio lieptelio būtų pašalinama  $376 \text{ g kg}^{-1}$  N ir  $29 \text{ g kg}^{-1}$  P. Taip pat jei pašalintume makrodumblių šonašas nuo Kuršių marių pakrančių, sumažintume vandens praturtinimą N ir P:  $1 \text{ m}^2$  N –  $25,790 \text{ g kg}^{-1}$  ir P –  $1,892 \text{ g kg}^{-1}$ . Tokiu būdu sumažintume N ir P koncentracijas sprendžiant Kuršių marių eutrofikacijos problemą, o surinktas šonašas būtų galima panaudoti ruošiant kompostą žemės ūkyje ir kaip papildą biodujų gavybai.

## IŠVADOS

1. Atlikus rūšinės įvairovės analizę nustatyta, kad Kuršių mariose sutinkama 21 makrodumблиų rūšis, iš kurių visose tyrimo vietose gausiausiai paplitusios *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera*.
2. Išanalizavus makrodumблиų biomasės pasiskirstymo ypatumus, nustatyta, kad gausiausiai makrodumблиai auga rudens sezono metu ant dugno ir metalinių konstrukcijų prie 7,5 - 8 pH ir 4350 – 11560  $\mu\text{S/cm}$  mineralizacijos. Makrodumблиų biomasės tyrimai parodė, kad visose tyrimo vietose per tiriamąjį laikotarpį sunkiųjų metalų viršijimų nebuvo.
3. *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* makrodumблиuose nustatytos aukštos bendro N ir bendro P koncentracijos (*Cladophora glomerata*  $N_b - 38057 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $P_b - 3025 \text{ mg kg}^{-1}$ ; *Enteromorpha prolifera*  $N_b - 43019 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $P_b - 1038 \text{ mg kg}^{-1}$ ), todėl dumблиai gali būti naudojami kaip trąšos augalų sėklų daigumui skatinti, nes eksperimento metu nustatyta, kad sėjamųjų pipirnių sėklos geriausiai dygsta *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* 0,1  $\text{mg l}^{-1}$  koncentracijos mitybinėje terpėje.
4. Atlikus kaloringumo tyrimus nustatyta, kad *Cladophora glomerata* ir *Enteromorpha prolifera* rūšių kaloringumas ( $13600 \text{ kJ Kg}^{-1}$ ) viršija popieriaus ( $9816 \text{ kJ Kg}^{-1}$ ) ir artimas nendrių kaloringumui ( $18920 \text{ kJ Kg}^{-1}$ ).
5. Tyrimai parodė, kad dumблиus galima panaudoti kaip kompostą žemės ūkyje, sėklų daigumui pagreitinti. Atlikti kaloringumo tyrimai parodė, kad dumблиai tinkami energijos gavybai. Aukštos N ir P koncentracijos dumблиuose leidžia daryti prielaidą, kad dumблиai yra tinkami biodujų gavybai ir gali praturtinti pagrindinį biodujų gavybos substratą.
6. Tyrimo metu nustatyta, kad dumблиai auga ir gali būti auginami ant metalinių konstrukcijų, kurias tikslinga statyti Klaipėdos sąsiaurio zonoje. Tai leistų sumažinti N ir P koncentracijas eutrofikuoiose Kuršių mariose.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Alburo, C. S.; Conje, R. H.; Pino, M. G. B.; Tan, E. P. U. 2010. Calorific values and proximate analysis of *Sargassum spp.* and *Ulva spp.* USC chemical engineering student research annual 1-13.
- Andrews, S.; Sutherland, R.A. 2004. Cu, Pb and Zn contamination in Nuuanu watershed, Oahu, Hawaii. *Science of the Total Environment* 324: 173-182.
- Akcali, I.; Kucuksezgin, F. 2011. A biomonitoring study: Heavy metals in macroalgae from eastern Aegean coastal areas. *Marine pollution bulletin* 62: 637-645.
- Allan, D. 1995. *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall. 388 p.
- Baltrūnaitė, I., 2005. Paviršinių vandens telkinių taršos kitimo tendencijos Panevėžio regione. Bakalauro darbas. Panevėžys. 40 p.
- Barsanti, L.; Gualtieri, P. 2006. *Algae. Anatomy, Biochemistry and Biotechnology*. Taylor & Francis Group 64-79.
- Biggs, B. J. F. 1999. *Patterns in Benthic Algae of Streams*. New Zealand: NATIONAL Institute of Water and Atmospheric Research.
- Brodie, J. A.; Irvine, L. M. 2003. *Seaweeds of British Isles. Volume 1 Part 3b: Bangiophycidae*. The natural history museum. 167 p.
- Burrows, E.M. 2001. *Seaweeds of British Isles. Volume 2: Chlorophyta*. The natural history museum. 238 p.
- Ciūnys, A.; Balevičius, A. 2007. Marijampolės savivaldybės Jevonio upelio slėnių būklės tyrimas bei gamtosauginio tvarkymo priemonių galimybių studijos parengimas [interaktyvus]. Žiūrėta 2012 m. lapkričio 16 d. Prieiga per Internetą: <[http://www.marijampole.lt/vid.php3?menu\\_id=436&lang=lt](http://www.marijampole.lt/vid.php3?menu_id=436&lang=lt)>.
- Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. Manual. [online]. 2000. [cited 15 January 2013]. Available from internet: <[http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design\\_Manual2000.pdf](http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design_Manual2000.pdf)>.
- Cultivation of algae [online]. 2013. Available from internet: <<http://www.oilgae.com/algae/oil/biod/cult/cult.html>>.
- Červinskas, E. 1958. Kuršių marios. Lietuvos TSR fizinė geografija 1: 280–293.
- Dailidienė, I. 2005. Kuršių marių vandens druskingumo pokyčiai. *Meteorologija ir hidrologija Lietuvoje: raida ir perspektyvos*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. 80-81 p.
- Dailidienė, I. 2007. Kuršių marių hidrologinio režimo pokyčiai. *Geografija* 43(1): 36-43.
- Denafas, G.; Žalčiauskienė, A.; Revoldas, V. 2001. Atliekų ir biomasės panaudojimo energetikos ir transporto reikmėms ekologiškumas. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba* 4(18): 30–39.

- Eloranta, P.; Kwandrans, J. 2007. *Freshwater red algae (Rhodophyta). Identification guide to European taxa, particularly to those found in Finland*. 103 p.
- Filipkowska, A.; Lubecki, L.; Szymczak-Żyła, M.; Lotocka, M.; Kowalewska, G. 2009. Factors Affecting the Occurrence of Algae on the Sopot Beach (Baltic Sea). *Oceanologia* 51(2): 233–262.
- Franklin, P.; Dunbar, M.; Whitehead, P. 2008. Flow controls on lowland river macrophytes: a review. *Science of the total environment* 400: 369-378.
- Freeman, M.C. 1986. The role of nitrogen and phosphorus in the development of *Cladophora glomerata* (L.) Kützing in the Manawatu River. *Hydrobiologia* 131: 23–30.
- Gasiūnaitė, Z.R.; Daunys, D.; Olenin, S.; Razinkovas, A. 2008. The Curonian Lagoon. *Ecology of Baltic Coastal Waters, Ecological Studies* 197: 197 – 211.
- Gubelit, Y. I.; Berezina, N. A. 2010. The causes and consequences of algal blooms: The *Cladophora glomerata* bloom and the Neva estuary (eastern Baltic Sea). *Marine Pollution Bulletin* 61: 183–188.
- Hallmann, A. 2007. Algal transgenics and biotechnology. *Transgenic Plant Journal* 1(1): 81-98.
- Hughes, A. D.; Kelly, M. S.; Black, K. D.; Stanley, M. S. 2012. Biogas from Macroalgae: is it time to revisit the idea? *Biotechnology for biofuels* 5(86): 1-7.
- Yalcin, E.; Cavusoglu, K.; Maras, M.; Biyikoglu, M. 2008. Biosorption of lead (II) and copper (II) metal ions on *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (Chlorophyta) algae: effect of algal surface modification. *Acta Chim. Slov.* 55: 228-232.
- Jiake, LI.; Huaien, LI.; Bing, S.; Yajiao, LI. 2011. Effect of non-point pollution on water quality of the Weihe River. *International Journal of Sediment Research* 26: 50-61.
- Juknys, R.; Račaitė, M.; Vitkauskaitė, G.; Vencloviene, J. 2009. The effect of heavy metals on spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Agriculture* 96(2): 111-124.
- John, D. W.; Robert, G. S. 2003. *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Elsevier Science. 917 p.
- Jokšas, K.; Galkus, A.; Stakėnienė, R. 2003. *The Only Lithuanian Seaport and its Environment*. Vilnius: Institute of Geology and Geography. 314 p.
- Katz, A.; Kaplan, I.R. 1981. Heavy metals in coastal sediments of Southern California: A critical review and synthesis. *Mar. Chem* 10: 261–299.
- Kersen, P.; Martin, G. 2007. Annual Biomass Loss of the Loose-lying Red Algal Community via Macroalgal Beach Casts in the Väinameri Area, NE Baltic Sea. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol* 56(4): 278-289.
- Kishe, M.A.; Machiwa, J.F. 2003. Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania. *Environment International* 28: 619–625.
- Kireeva, M. 1960. Quantitative estimation of seaweed discharges in the Baltic Sea. *Trudi WNIRO* 42: 206-209.

- Komulainen, M.; Simi, P.; Hagelberg, E.; Ikonen, I.; Lyytinen, S. 2008. Reed energy – possibilities of using the common reed for energy generation in Southern Finland. Turku university of applied sciences. 76 p.
- Korner, S., 2002. Loss of Submerged Macrophytes in Shallow Lakes in North-Eastern Germany. *Internat. Rev. Hydrobiol* 87 (4): 375-384.
- Kumano, S. 2002: *Freshwater Red Algae of the World*. England. 375 p.
- LAND 20-2001. Nuotėkų dumblo naudojimo tręšimui reikalavimai patvirtinimo, Valstybės žinios 61-2196.
- Krolikowska J. 1997. Eutrophication processes in a shallow, macrophyte dominated lake- species differentiation, biomass and the distribution of submerged macrophytes in Lake Luknajno (Poland). *Hydrobiologia* 342: 411 – 416.
- Lee, Y.C.; Chang, S. P. 2011. The biosorption of heavy metals from aqueous solution by *Spirogyra* and *Cladophora* filamentous macroalgae. *Bioresource Technology* 102: 5297-5304.
- Maceiras, R.; Rodriguez, M.; Cancela, A.; Urrejola, S.; Sanchez, A. 2011. Macroalgae: Raw material for biodiesel production. *Applied energy* 88: 3318-3323.
- Magone, I. 1989. *Bioindikacija fitotokdičnosti vybrosov avtotransporta. Vojesdejstvie vybrosov avtotransporta na prirodnuju sredu*. Riga. 108-116 p.
- McHugh, DJ. 2003. A guide to the seaweed industry. *FAO Fisheries Technical Papers* 441: 1-105.
- Moreno D., Pedrocchi C., Comin F. A., Garcia M., Cabezas A. 2007. Creating wetlands for the improvement of water quality and landscape restoration in semi-arid zones degraded by intensive agriculture use. *Ecological engineering* 30: 103-111.
- Mossbauer, M.; Haller, I.; Dahlke, S.; Schernewski, G. 2012. Management of Stranded Eelgrass and Macroalgae Along the German Baltic Coastline. *Ocean & Coastal Management* 57 (March): 1–9.
- Nikulina, V. N.; Gubelit, Y. I. 2011. Cyanobacteria and macroalgae in ecosystem of the Neva estuary. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 402(06): 1-12.
- Nurminen, L. 2003. *Role of macrophytes in a clay-turbid lake. Implication of different life forms on water quality*. Doktoro disertacijos santrauka. Helsinkis. 37 p.
- Paul, S. G.; Bjorn, M. 1997. *The Biology of Streams and Rivers*. Oxford University Press.
- Pedersen, M. F.; Borum, J. 1997. Nutrient control of estuarine macroalgae: growth strategy and the balance between nitrogen requirements and uptake. *Marine ecology progress series* 161: 155-163.
- Rainys A. 1978. *Kuršių marios*. Vilnius: Mokslas. 1-167 p.
- Rašomavičius, V.; Augutis, D.; Sinkevičienė, Z.; Matulevičiūtė, D.; Uselis, V.; Gudžinskas, V. 2012. *EB svarbos natūralių buveinių inventorizavimo vadovas. Buveinių aprašai, būdingos ir tipinės rūšys, jų atpažinimas. VII lauko darbų metodikos*. Vilnius: Gamtos tyrimų centras. 79 p.

Sanchez-Meza, JC; Pacheco-Salazar, VF.; Pavon-Silva, TB.; Guierrez-Garcia, VG.; Avila-Gonzalez, Cde J.; Guerrero-Garcia, P. 2007. Toxicity assessment of a complex industrial wastewater using aquatic ant terrestrial bioassays *Daphnia pulex* and *Lactuca sativa*. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng 42(10): 1425-31.

Sinkevičienė, Z.; Matulevičiūtė, D.; Stankevičiūtė, J. 2006. Makrofitų monitoringas upėse ir ežeruose (ataskaita). Vilnius: Botanikos institutas. 8p.

Smailys, V.; Tilickis, B. 2001. Lietuvos pajūrio aplinkos problemos. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba 3(17): 76-81.

Stankevičius, A.; Kubiliūtė, A. 2000. Kuršių marių šiaurinės dalties dugno faunos pasiskirstymas makrofitų augimo zonoje. Jūra ir aplinka 2(4): 51-52.

Sternberg, S. P. K.; Dorn, R. W. 2002. Cadmium removal using *Cladophora* in batch, semi-batch and flow reactors. Bioresource technology 81: 249-255.

Šiuliauskas, A. 2011. Tręšimo rekomendacijos. Timac Agro Lietuva 2-7.

Tilickis, B., 2005. *Vandens cheminės sudėties kaita Lietuvos baseinuose*. Monografija. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla. 199 p.

Ugwu, C. U.; Aoyagi, H.; Uchiyama, H. 2008. Photobioreactors for mass cultivation of algae. Bioresource technology 99(10): 4021-4028.

Zabukas, V.; Paulauskienė, T. 2011. Magistrantūros studijų programos „Jūros aplinkos inžinerija“ sando „Jūrų ūkio darbios plėtros technologiniai ir aplinkosauginiai aspektai, mokomoji medžiaga. Klaipėda: Klaipėdos universitetas, 125 p.

Zbikowski, R.; Szefer, P.; Latala, A. 2007. Comparison of green algae *Cladophora* sp. and *Enteromorpha* sp. as potential biomonitors of chemical elements in the southern Baltic. Science of the total environment 387: 320–332.

Zhou, D.; Zhang, L.; Zhang, S.; Fu, H.; Chen, J. 2010. Hydrothermal liquefaction of macroalgae *Enteromorpha prolifera* to bio-oil. Energy Fuels 24: 4054–4061.

Žaromskis R. 1996. *Okeanai, jūros, estuarijos*. Vilnius. 293 p.

Žilinskas, G.; Jarmalavičius, D.; Pupienis, D.; Gulbinas, Z.; Korotkich, P.; Palčiauskaitė, R.; Pileckas, M.; Raščius, G. 2012. Kuršių marių akvatorijos gamtinių, ypatumų, esamos Kuršių marių krantų būklės ir jos kaitos tendencijų analizė. Kuršių marių krantų apsaugos ir naudojimo studija. Vilnius, 4-74 p.

Whitton, B. A.; Burrows, I. G.; Kelly, M. G. 1989. Use of *Cladophora glomerata* to monitor heavy metals in rivers. Journal of applied phycology 1: 293-299.

## SUMMARY

### THE ASSESSMENT OF POTENTIAL CURONIAN LAGOON MACROALGAE CULTIVATION CONDITIONS AND USAGE

**L. Jasienė**

#### Summary

There is not a lot of information about the Curonian lagoon macroalgae species composition, biomass and utilization. Most studies have been done assessing the ecological status of the lagoon, examining the pollution of water body.

The aim of this work was determine the lagoon macroalgae growth conditions and their practical applications. Following analysis of the species diversity found out in the Curonian Lagoon accepted 21 macroalgae species from which all study sites abundantly widespread *Cladophora glomerata* and *Enteromorpha prolifera*.

The analysis of macroalgae biomass distribution patterns showed that macroalgae grows abundantly in the autumn on the bottom and the metal structure at the 7.5 to 8 pH with wide range of mineralization until 11560  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Macroalgae biomass studies have shown that in all the study sites a heavy metals concentrations didn't exceed maximum available concentration . *Cladophora glomerata* and *Enteromorpha prolifera* have the high total N and total P concentrations (*Cladophora glomerata*  $N_b - 38057 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $P_b - 3025 \text{ mg kg}^{-1}$ ; *Enteromorpha prolifera*  $N_b - 43019 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $P_b - 1038 \text{ mg kg}^{-1}$  ), so algae can be used as a fertilizer, seed germination promoter as the done experiment shown. The experiment proved that the garden cress seeds had the best germination with *Cladophora glomerata* and *Enteromorpha prolifera*  $0.1 \text{ mg l}^{-1}$  concentration of the culture medium. The calorific tests found out that *Cladophora glomerata* and *Enteromorpha prolifera* calorific value ( $13600 \text{ kJ kg}^{-1}$ ) are higher then a paper ( $9816 \text{ kJ kg}^{-1}$ ) and closed to a reed ( $18920 \text{ kJ kg}^{-1}$ )

Studies have shown that algae can be used as compost in agriculture and speed up seeds germination. Performed calorimetric studies have shown that algae suitable for energy production. High N and P concentrations of algae suggest that algae are suitable for biogas production, and can enrich the basic substrate for biogas production. The study identified that algae could be grown on metal structures, which can be adapted to build the Klaipėda Strait area. At the same time this would reduce the N and P concentrations in eutrophic Curonian Lagoon.

**Keywords:** Curonian lagoon, macroalgae, substrate, biomass, calorific, use of algae.

## **PRIEDAI**