



Klaipėdos
universitetas

30
metų



NMA

NACIONALINĖ MOKĖJIMO AGENTŪRA

FILTRUOJANČIŲ DVIKELDŽIŲ MOLIUSKŲ AUGINIMO IR SURINKIMO METODIKOS BIOGENINIŲ MEDŽIAGŲ ŠALINIMUI IŠ KURŠIŲ MARIŲ PARENGIMAS

SUTARTIS NR. 28T-2020-55

TARPINĖ ATASKAITA



Klaipėda, 2021

Ekspertas

Parašas


dr. Andrius Šiaulys



dr. Ingrida Bagdanavičiūtė



dokt. Lukas Ritzenhofen



TURINYS

ĮVADAS	5
1 Eksperimentinė dreisenų auginimo ir surinkimo metodika Kuršių mariose	6
1.1. Filtruojančių dvigeldžių moliuskų auginimo sistemos, jų tinkamumas Kuršių marioms	6
1.1.1. Dvigeldžių moliuskų auginimo sistemos.	6
1.1.2. Dreisenų auginimo sistemos pasaulyje.	10
1.1.3. Dreisenų auginimo sistemos Lietuvoje.	11
1.2. Potencialių dreisenų auginimo sistemų vietų parinkimas.....	18
1.2.1. Metodai.....	18
1.2.2. Teritorijos tinkamumo modeliai.....	20
1.2.3. Teritorijos tinkamumo vertinimas pagal scenarijus	22
1.2.4. Tinkamų vietų parinkimas.....	24
1.3. Eksperimentinė dreisenų auginimo, stebėsenos ir surinkimo metodika.....	28
1.3.1. Eksperimentinių sistemų techninės charakteristikos.....	28
1.3.2. Dreisenų kultivavimas.....	29
1.3.3. Auginimo sistemų ir aplinkos stebėseną	30
1.3.4. Dreisenų surinkimo metodika	32
1.4. Dreisenų auginimo vietų ir jų ploto bei auginimo trukmės scenarijai.....	34
1.5. Siūlomos technologijos ribojantys veiksniai ir jų valdymo galimybės	37

Sutrumpinimai ir terminai

AHP – analitinis hierarchijos procesas.

JTI – jūros tyrimų institutas.

Kolektorius – dirbtinis substratas (virvė, juosta ir kt.), ant kurio auginami filtruojantys moliuskai.

KU – Klaipėdos universitetas.

TI – tinkamumo indeksas.

Ūda (angl. *long-line*) – ilga virvė, ant kurios tvirtinami moliuskų auginimo kolektoriai.

ĮVADAS

Ši tarpinė ataskaita parengta įgyvendinant paslaugų pirkimo sutartį „Filtruojančių dvigeldžių moliuskų auginimo ir surinkimo metodikos biogeninių medžiagų šalinimui iš kuršių marių parengimas” (toliau sutartis) pagal įgyvendinamą projektą „Priemonių programos atnaujinimas ir priemonių gerai Lietuvos Baltijos jūros aplinkos būklei pasiekti įgyvendinimas“ Nr. 80JB-KV-18-04476-PR001, kuris finansuojamas pagal Lietuvos žuvininkystės sektoriaus 2014-2020 metų veiksmų programos šeštojo Sąjungos prioriteto „Integruotos jūrų politikos įgyvendinimo skatinimas“ priemonę „Žinių apie jūros būklę gerinimas“. Sutartyje numatytos veiklos tikslas – parengti filtruojančių dvigeldžių moliuskų (*Dreissena polymorpha*, toliau – dreisenos) auginimo ir surinkimo metodiką biogeninių medžiagų šalinimui iš Kuršių marių.

Šioje ataskaitoje pateikiami įgyvendinto 3.1 uždavinio „Parengti eksperimentinę dreisenų auginimo ir surinkimo metodiką Kuršių mariose“ veiklų 3.1.1-3.1.5 rezultatai. Tarpinės ataskaitos veiklų sąrašas pagal techninę užduotį, nuorodos į ataskaitos skyrius ir atsakingi vykdytojai pateikti 1 lentelėje. 1 lentelė

1 lentelė. Tarpinės ataskaitos veiklų sąrašas, nuorodos į ataskaitos skyrius ir atsakingi vykdytojai.

Veiklos Nr.	Veiklos pavadinimas pagal techninę specifikaciją	Ataskaitos skyrius	Atsakingas vykdytojas
3.1.1	Surinkti ir išanalizuoti esamą informaciją apie dreisenų auginimą Lietuvoje ir kitose šalyse, pateikti konkrečius pavyzdžius, kurie aplinkosauginiu ir technologiniu atžvilgiu būtų tinkami Kuršių marioms.	1.1	A. Šiaulyš L. Ritzenhofen
3.1.2	Nustatyti Kuršių mariose dreisenų auginimui tinkamas vietas ir jų plotą atsižvelgiant į dreisenų planktono lervučių nusėdimo, moliuskų mitybos ir auginimo, aplinkos ir socio-ekonominius ribojančius veiksnius.	1.2	I. Bagdanavičiūtė
3.1.3	Remiantis 3.1.1 veikloje išanalizuota informacija pasiūlyti eksperimentinę metodiką: dreisenų auginimui, stebėsenai, surinkimui.	1.3	L. Ritzenhofen
3.1.4	Pasiūlyti dreisenų auginimo vietų ir jų ploto bei auginimo trukmės scenarijus Kuršių mariose.	1.4	A. Šiaulyš I. Bagdanavičiūtė
3.1.5	Įvertinti pasirinktos dreisenų auginimo technologijos taikymą ribojančius veiksnius ir jų valdymo galimybes.	1.5	A. Šiaulyš L. Ritzenhofen

1 Eksperimentinė dreisenų auginimo ir surinkimo metodika Kuršių mariose

Šiame skyriuje pateikiami įgyvendinto 3.1 uždavinio „Parengti eksperimentinę dreisenų auginimo ir surinkimo metodiką Kuršių mariose“ veiklų 3.1.1-3.1.5 rezultatai, kur apžvelgiamos dvigeldžių moliuskų auginimo sistemos, jų technologiniai aspektai, pateikiami kitų šalių ir Lietuvos dreisenų auginimo sistemų pavyzdžiai, daugiakriterinio GIS vertinimo modeliais paremtos potencialios auginimo sistemų vietos Kuršių marių Lietuvos dalyje, dreisenų auginimo, stebėsenos ir surinkimo eksperimentinės metodikos aprašymas, pasiūlytos auginimo sistemų technologijos ribojančių veiksnių ir jų valdymo galimybių apžvalga.

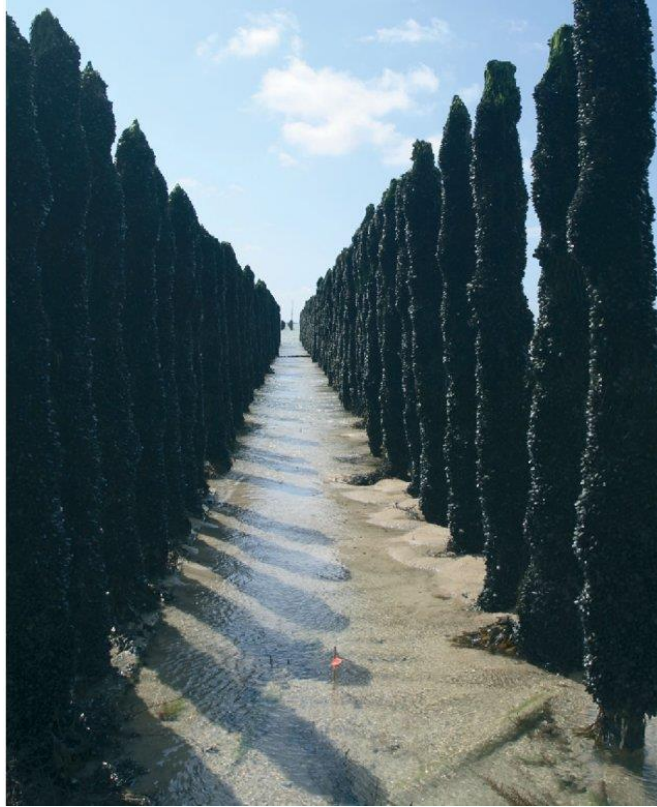
1.1. Filtruojančių dvigeldžių moliuskų auginimo sistemos, jų tinkamumas Kuršių marioms

1.1.1. Dvigeldžių moliuskų auginimo sistemos.

Dvigeldžių moliuskų auginimas yra taikomas visame pasaulyje ir pagrinde yra nukreiptas į žmonių maistinius produktus, gyvūnų pašarus ir priekrantės vandenų maistmedžiagių mažinimą. Priklausomai nuo norimos auginti rūšies bei auginimo vietos specifikos, yra parenkamos skirtingos auginimo strategijos. Iš esmės, auginimo strategijas galima suskirstyti į du tipus: auginimą ant dugno (angl. *on-bottom cultivation*) ir auginimą virš dugno (angl. *off-bottom cultivation*). Auginimas ant dugno remiasi dvigeldžių (midijų *Mytilus edulis*) jauniklių „sėjimu“ jūros dugne, pavyzdžiui, tarp smėlio seklių. Moliuskams pasiekus rinkos dydį, jie yra surenkami nuo jūros dugno, paprastai naudojant specialias dragas. Kadangi moliuskų rinkimas draga turi reikšmingą poveikį dugnui (panašų į tralavimo poveikį), naujų teritorijų šiam kultivavimo būdui nėra skiriama, vis daugiau aplinkosauginių priemonių yra nukreipta į draudimus jauniklių rinkimui „sėjimui“ iš natūralių midijų kolonijų. Taip pat auginimas ant dugno kenčia nuo plėšrūnų, ypač jūros žvaigždžių ir vandens paukščių, poveikio, todėl midijų augintojai palaipsniui pereina prie auginimo ant kolektorių. Šis auginimo būdas pagrinde yra naudojamas Šiaurės jūros Vokietijos ir Olandijos priekrantėse.

Dvigeldžių auginimas virš dugno skiriasi iš esmės, kadangi vandens stulpe reikia sukurti dirbtinį substratą, kas reikalauja įvairių technologinių sprendimų. Pagrindinės šio tipo moliuskų auginimo technologijos yra skirstomos į „Bouchot“, plaustus ir ūdas.

„Bouchot“ auginimas, kurio tradicijos tęsiasi nuo XIII a., pagrinde taikomas stipriai išreikšiose potvynių-atoslūgių zonose Prancūzijoje. Moliuskai (pagrinde midijos *Mytilus edulis*) auginami ant į dugną įbestų ir į viršų 3 m iškilusių medinių polių, kurie potvynių metu yra apsemti jūros vandens, o atoslūgių metu – ne (1.1.1.1 pav.). Pavasarį virvės tipo auginimo kolektoriai laikomi atviroje jūroje, kol ant jų nusėda moliuskų lervutės, tada virvės surenkamos, pargabenamos į krantą ir apvyniojamos aplink medinius polių, kur moliuskai sėkmingai auga apie metus laiko, kol pasiekia rinkos dydį.



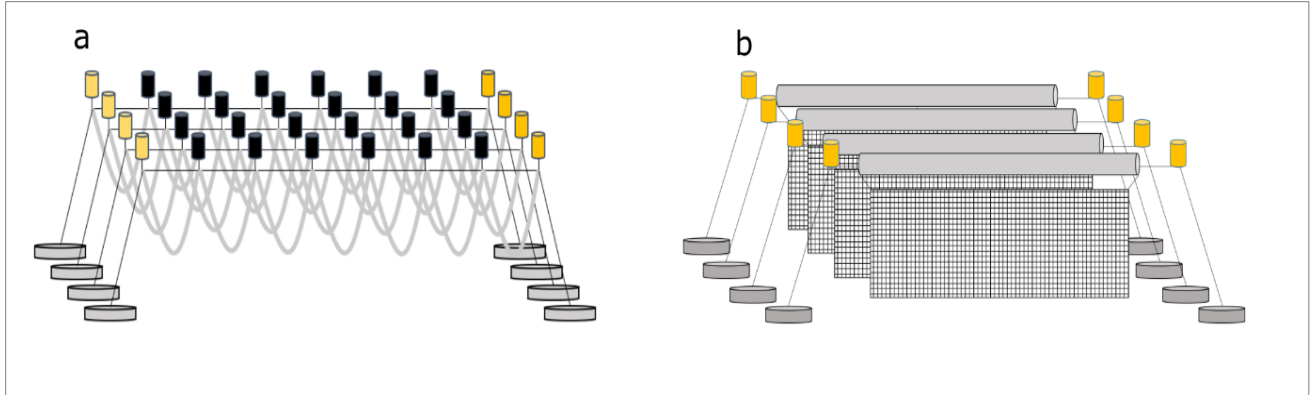
1.1.1.1 pav. “Bouhot” auginimo sistemos Normandijoje (šaltinis: Grant et al., 2012).

Plaustų (angl. *rafts*) sistemos, ypač pastaruoju metu, pagrinde naudojamos Šiaurės vakarų Ispanijos pakrantėse (1.1.1.2 pav.), kur vietiniai apvelingai sąlygoja geras mitybines sąlygas filtruojančiams dvigeldžiams (Figueiras et al., 2002), tame tarpe ir auginamoms midijoms *Mytilus galloprovincialis*. Sistemos sudaro įvairių tipų plaustai, kurių apačioje yra pritvirtinti auginimo kolektoriai. Plaustų dydis varijuoja nuo mažesnių nei 100 m², iki didesnių nei 500 m², o auginimo kolektorių ilgis gali siekti iki 12 m. Per pastaruosius 50 metų šis regionas tapo didžiausia midijų produkcijos zonų Europoje ir pati intensyviausia pasaulyje. Pagrindinis plaustų kultivavimo privalumas – sistemų mobilumas. Visgi plaustų didelis plūdrumas ir dydis sistemas daro pažeidžiamas srovėms, vėjui ir bangoms, kas reikalauja itin tvirtų inkaravimo sprendimų, o kultivavimas vykdomas uždaroje priekrantės lagūnose.

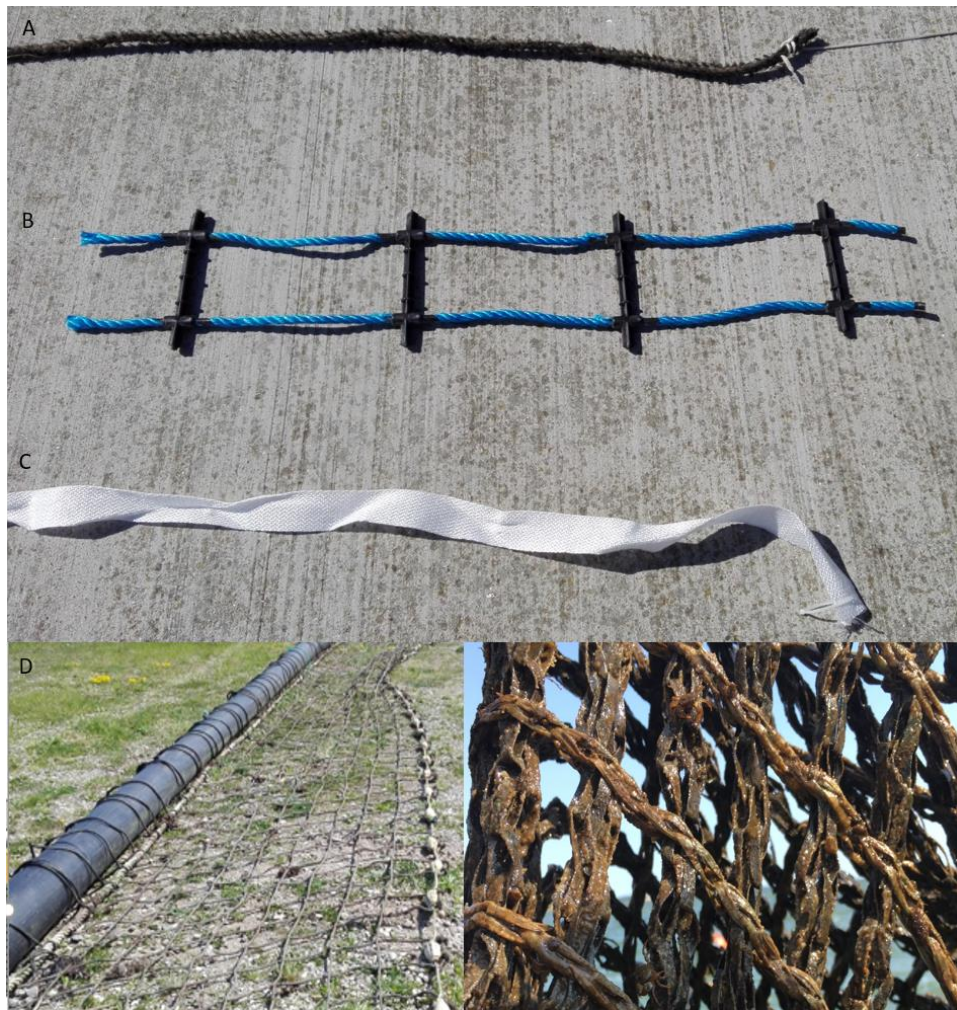


1.1.1.2 pav. Medinių plaustų moliuskų auginimo sistemos Šiaurės vakarų Ispanijoje (šaltinis: Ruiz et al., 2014).

Kita intensyviai naudojama dvigeldžių auginimo sistema – ūdos (angl. *long-line*). Šis metodas gali būti paprastai apibūdintas kaip vandens paviršiuje ištiesta virvė, prilaikoma plūdurių, o iš kraštų įvairių tipų ir svorio inkarų, ant kurios yra tvirtinami vertikalieji žemyn nukreipti auginimo kolektoriai. Šių sistemų privalumas yra tas, jog priklausomai nuo aplinkos sąlygų ar auginimo tikslų, sistemos dydis gali varijuoti nuo keliasdešimt kvadratinėjų metrų, iki dešimčių ar net šimtų hektarų, taip pat sistema gali įrengta vandens paviršiuje, po vandeniu bei kombinuota, t.y. vasaros metu sistema laikoma paviršiuje, o žiemos metu panardinama. Jeigu moliuskai yra kultivuojami žmonių vartojimui (pvz., midijos), auginimui paprastai naudojami „kojinės“ tipo kolektoriai, kurie užtikrina moliuskų augimą iki komercinio dydžio. Kita vertus, jeigu moliuskai yra kultivuojami gyvūnų maistui ar eutrofikacijos mažinimui, komercinis dvigeldžių dydis nėra svarbus, todėl naudojami itin paprasti ir sąlyginai pigūs kolektoriai: virvės, juostos, kopėčių, tinklo ir kiti tipai (1.1.1.3 pav. ir 1.1.1.4 pav.).



1.1.1.3 pav. Ūdos (angl. *long-line*) tipo auginimo sistemos su skirtingo tipo kolektoriais: a) auginimo virvių ar juostų sistema, paviršiuje laikoma plastikinių plūdurių, b) tinklo tipo kolektoriai, paviršiuje laikomi specialių plūduriuojančių vamzdžių.



1.1.1.4 pav. Ant ūdų kabinami filtruojančių moliuskų auginimo kolektoriai: a) „Kalėdinės eglutės“ tipo virvė, b) kopėčių tipo kolektorius, c) švediška plokščia juosta (įvairaus pločio), d) virviniai ir plastikiniai tinklai.

1.1.2. Dreisenų auginimo sistemos pasaulyje.

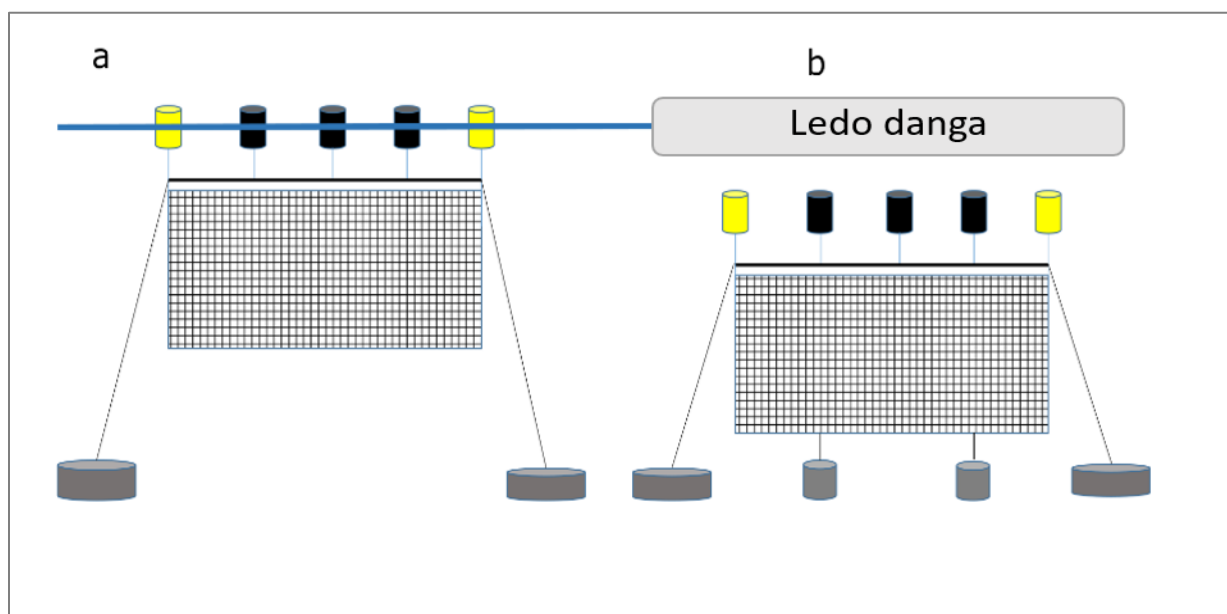
Nors per pastaruosius tris dešimtmečius yra publikuota nemažai mokslinės literatūros apie tai, kaip dreisenos (tiek augdamos natūraliai, tiek auginamos moliuskų fermose) gali pagerinti vandens kokybę įvairiose ekosistemose (Reeders & Bij de Vaate, 1989; Caraco et al., 1997; Karatayev et al., 2006; Higgins & Vander Zanden, 2010) bei pateikiamos rekomendacijos dreisenų fermas naudoti kaip eutrofikacijos mažinimo priemonę (Schernewski et al., 2012; McLaughlan et al., 2013, Schernewski et al., 2019, Goedkoop et al., 2021), tačiau realiai įgyvendintų dreisenų auginimo sistemų atvejų yra tik du, o pačios sistemos ne komercinio dydžio, o pilotinės.

Ekolno ežeras, Švedija. Eklono ežeras yra gana izoliuota trečio didžiausio Švedijos ežero Mälaren dalis. Jo plotas beveik 30 km², vidutinis gylis – 15,4 m, dėl ilgalaikės taršos iš Upsalos nuotekų valymo įrenginių ežere stebima eutrofikacija. Dreisenos į ežerą introdukuotos atsitiktinai 1920 m., nuo to laiko išplito ir pasiekė didelį populiacijos gausumą. Eklono ežere dreisenų auginimo sistemą sudarė dvi 12,5x50 m stačiakampio formos ūdos tipo fermos, kurių bendras plotas užėmė 1250 m². Kiekvienoje sistemoje buvo pakabinta 6000 metrų juostos tipo kolektoriaus, juostos plotis – 4,5 cm, bendras juostos plotas – 540 m², kolektoriai įrengti 0,5-5,5 m gylyje. Sistema įrengta birželio viduryje ir eksploatuota 28 mėnesius. Moliuskai buvo surinkti pakeliant kolektorius hidrauliniu kranu ir metalinėmis mentelėmis nuskutant abi kolektoriaus puses. Rezultatai parodė (Goedkoop et al., 2021), kad viena ferma per 28 mėn. laikotarpį produkuoja nuo 507 iki 730 kg sausos biomasės (apie 0,1 kg kolektoriaus metre). Šioje biomasėje kas metus yra akumuliuojama 92,7±23,1 kg C, 6,1±0,68 kg N ir 0,43±0,04 kg P. o pilno dydžio (0,5 ha ploto) dreisenų ferma galėtų kompensuoti biologiškai prieinamą fosforo kiekį iš 49 ha žemdirbystės laukų. Buvo prieita prie išvados, jog tokios sistemos turi potencialo mažinant eutrofikacijos poveikį, tačiau dreisenų auginimą apriboti tik dreisenų įsikūrimo areale.

Usedomo ežeras, Ščecino lagūna. Usedomo ežeras užima 498 ha plotą, yra itin sekus – vidutinis gylis siekia tik 1,3 m, o giliausia vieta 3,7 m farvateryje. Dėl didelės maistmedžiagų prietakos, ežeras klasifikuojamas kaip hipereutrofinis (Herrmann, 2012), o pagal ES vandens pagrindų direktyvą ekologinė vandens būklė yra prasta. Pilotinė dreisenų auginimo sistema įrengta 2012 m. gegužės mėnesį. Dreisenų kolektoriams buvo nuspręsta naudoti tuo metu naujai sukurtus polipropileno tinklus (1.1.2.1 pav.). Iš viso sistemą sudarė 6 ūdos, iš šonų pritvirtintos inkarais, sistemos plūdrumą palaikė pritvirtinti plastikiniai plūdurai. Visos sistemos tinklo plotą sudarė 240 m² (40 m ilgio ir 1 m pločio tinklas ant kiekvienos ūdos). Siekiant išvengti neigiamo ledo poveikio, žiemai sistema buvo panardinama giliau vandens paviršiaus panaudojus papildomus svorius, pritvirtintus prie tinklo apatinės dalies. Rezultatai parodė (Friedland et al., 2019), jog sistemos eksploatavimas stipriai padidino vandens skaidrumą (Secchi gylis padidėjo iki 2 metrų), tačiau poveikis buvo lokalus. Dreisenų biomasė siekė 5,2-22,6 kg m⁻², o gausumas – iki 31700 ind. m⁻². Autorių skaičiavimais, užauginus vieną toną dreisenų iš ekosistemos būtų pašalinta 15,1 kg N ir 1,4 kg P. Buvo pastebėta, kad antrais metais dreisenas ėmė apaugti samangyviai *Plumatella fungosa*, kurie sąlygojo dalies moliuskų žūtį. Pateikta išvada, jog vien dreisenų fermų nepakanka tam, kad pasiekti gerą vandens būklę, net jei fermos užimtų didžiąją ežero ploto dalį, tačiau dreisenų kultivavimas galėtų būti sudėtinė dalis eutrofikacijos mažinimo priemonių paketo. Projekto pabaigoje, surinktos dreisenos buvo bandomos kaip pašaras keturioms Osnabrück zoologijos sodo gyvūnų rūšims: mangustams (*Mungos mungo*), ūdroms (*Aonyx cinerea*), meškėnams (*Protocyon lotor*) ir arktinėms lapėms (*Vulpes lagopus*).



1.1.2.1 pav. Ščecino lagūnoje dreisenų kultivavimui naudoti polipropileno tinklo kolektoriai.

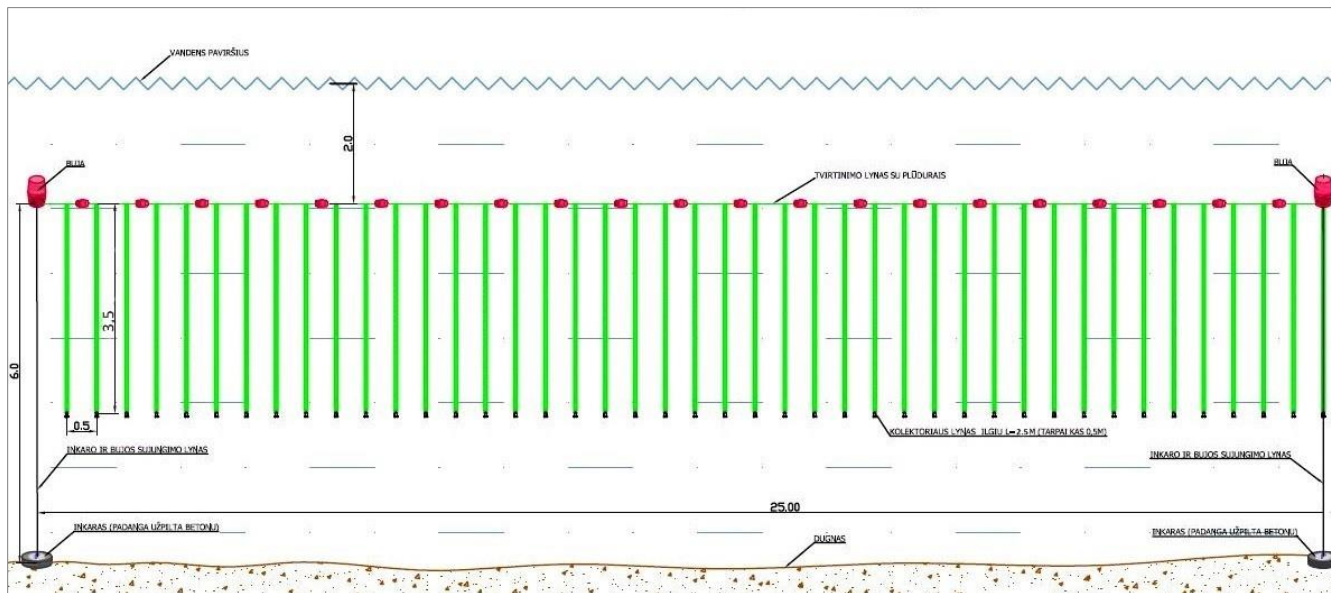


1.1.2.2 pav. Kultivavimo strategija pavasario-rudens (a) ir žiemos (b) sezonais Ščecino lagūnoje.

1.1.3. Dreisenų auginimo sistemos Lietuvoje.

Platelių ežeras. Platelių ežere, KU JTI vykdyto projekto LAKES FOR FUTURE („Cross Border Cooperation for Sustainable Management of Lake Areas in Kurzeme and Lithuania“, projekto Nr. LLIV-326) rėmuose 2013 m. gegužės mėn. buvo įrengta pilotinė ūdos tipo dreisenų

auginimo sistema, kurią sudarė du lygiagrečiai ištempti ir prie inkarų pritvirtinti 25 m ilgio lynai, ant kurių kas 0,5 m pritvirtintos vertikalios „eglutės“ tipo kolektoriai (1.1.3.1 pav. ir 1.1.3.2 pav.). Sistema, siekiant išvengti pažeidimų nuo žiemą besiformuojančio ledo, buvo panardinta ir pastoviai laikoma 2 m gylyje, o 3,5-6 m ilgio auginimo virvių apatinė dalis buvo 1-2 m aukščiau dugno. Ant vieno lino buvo pritvirtinta 51 auginimo virvė, visos sistemos bendras kolektorių ilgis sudarė apie 700 m.



1.1.3.1 pav. Platelių ežere įrengtos „long line“ tipo pilotinės dreisenų auginimo sistemos schema.



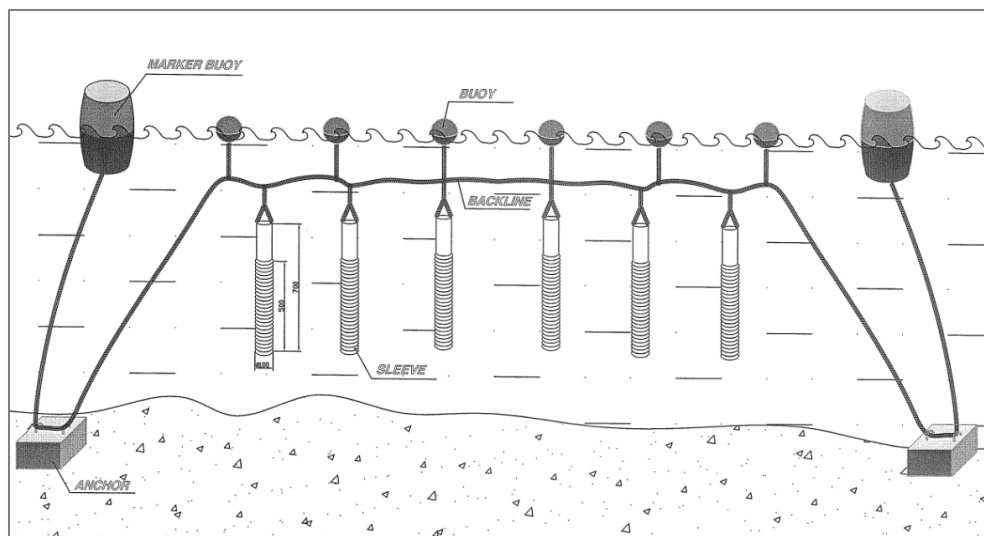
1.1.3.2 pav. Platelių ežere įrengta „long line“ tipo pilotinė dreisenų auginimo sistema 2013 m. (kairėje) ir 2020 m. (dešinėje).

Tų pačių metų liepos mėnesį (praėjus 2 mėn. po sistemos įrengimo) buvo stebimas sėkmingas lervučių įsikūrimas tarp virvės plaušelių. Dreisenų ilgis varijavo nuo 1 iki 10 mm, vidutiniškai $3,55 \pm 1,67$ mm, sėkmingesnis įsikūrimas ir didesni individai stebėti sistemos viršutinėje dalyje. Rugsėjo mėn. (praėjus 4 mėn. po sistemos įrengimo) dreisenų ilgis varijavo nuo 1 iki 15 mm, vidutiniškai $6,97 \pm 1,15$ mm, didesnis individų gausumas išliko sistemų paviršiuje,

tačiau sistemos apatinėje dalyje fiksuoti didesni individai. Vidutinis gausumas virvės metre siekė 102 ± 84 ind. m^{-1} , šlapia biomasė – $2,68 \pm 3,34$ g m^{-1} . Po metų, 2014 m. rugsėjį, individų gausumas padidėjo tris kartus (316 ± 55 ind. m^{-1}), o biomasė – daugiau nei 48 kartus ir siekė $129,7 \pm 28,9$ g m^{-1} , individų ilgis kito nuo 6 iki 26 mm. Nustatyta, jog 1 kg dreisenos minkštųjų audinių (sausos biomasės) yra akumuliuota $112,1 \pm 7,3$ g N ir $9,77 \pm 2,8$ g P, o 1 kg kiautų – 6,8 g N ir $0,072 \pm 0,03$ g P. Viename kilograme šlapio dreisenų svorio yra 5,06 g bendrojo azoto ir 0,24 g bendrojo fosforo.

Apibendrinant, projekto eiga parodė, kad techniškai tokio tipo sistemas instaliuoti ir aptarnauti yra sąlyginai nesudėtinga. Visgi šiuo konkrečiu atveju reikėjo didinti pradinį plūdūrų skaičių, kadangi dreisenomis apaugę kolektoriai palaipsniui tapo itin sunkūs ir tempė visą sistemą gilyn. Kita vertus, pridėti papildomus plūdurus techniškai nebuvo sudėtinga, nes tai galima atlikti projekto eigoje. Itin svarbus faktas, kad gauti rezultatai patvirtino literatūros duomenis (Karatayev et al., 2006), jog dreisenų lervučių nusėdimas vyksta visą vasarą iki pat rugsėjo pabaigos (tiek liepą, tiek rugsėjį ant kolektorių buvo rasti dreisenų juvenilai). Tai yra svarbu parenkant geriausią dreisenų surinkimo laiką, kuris Platelių ežero atveju galėtų būti liepos mėnuo, kada dėl didžiausios vandens temperatūros ir kitų nepalankių veiksnių dreisenos auga lėčiausiai, tačiau intensyviai vyksta sėkmingas lervučių nusėdimas ant kolektorių.

Kuršių marios. KU JTI vykdyto projekto SUBMARINER (Darnus Baltijos jūros išteklių naudojimas, angl. *Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*) metu 2011 m. balandžio mėnesį keli „long-line“ tipo sistemos prototipai buvo įrengti Kuršių marių litoralėje (2-3 m gylyje) ties Preila ir Kintais. Sistemą sudarė tarp dviejų inkarų, pažymėtų plūdūrais, pritvirtinta ūda, ant kurios 1 m atstumu išdėstyti „eglutės“ tipo kolektoriai, kuriuos 0,5 m atstumu nuo vandens paviršiaus laikė mažesni plūdūrai (1.1.3.3 pav. ir 1.1.3.4 pav.). Eksperimento pabaigoje, spalio mėnesį, dreisenų dydžių struktūra kito nuo 1 iki 12 mm, šlapia biomasė – $0,1-116$ g m^{-2} . Reikia paminėti, jog rudens audrų metu sistema buvo gerokai apgadinta, todėl buvo pateikta rekomendacija keisti sistemų įrengimo vietas, kur stebimas mažesnis hidrodinaminis poveikis. Lygiagrečiai vykdomų dreisenų lervučių sezoninės dinamikos tyrimai parodė, jog lervutės atsiranda gegužės pabaigoje – birželio pradžioje, vandens temperatūrai pasiekus 15° C. Nuo liepos vidurio lervučių skaičius vandens stulpe ima mažėti, tačiau temperatūros įtakos tam nenustatyta. Didžiausias lervučių mirtingumas sutapo su lervučių skaičiaus mažėjimu liepos viduryje, pagrinde dėl tinkamo substrato trūkumo.



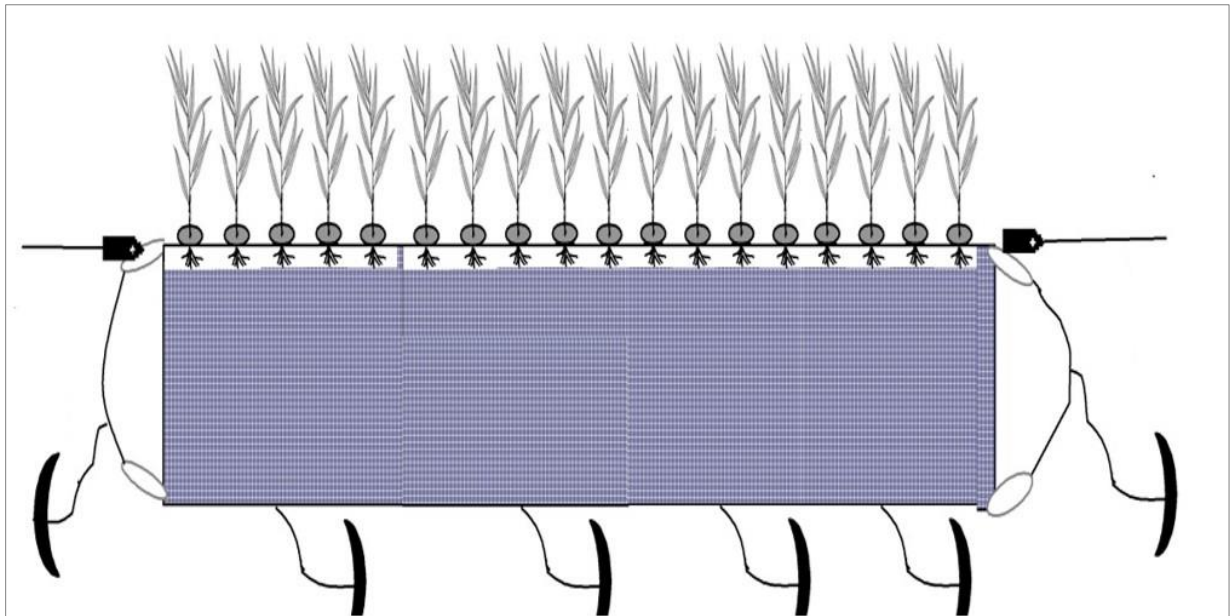
1.1.3.3 pav. Dreisenų auginimo „long-line“ tipo sistemos prototipo, projekto SUMBARINER metu įrengto Kuršių marių litoralėje, schema.



1.1.3.4 pav. Dreisenų auginimo „long-line“ tipo sistema Kuršių marių litoralėje.

KU JTI vykdyto projekto LIVALAGOONS2 (Aktyvių kliūčių naudojimas maistinėms medžiagoms šalinti ir vietos vandens kokybei gerinti Baltijos lagūnose², angl. *The use of active barriers for the nutrient removal and local water quality improvement in Baltic lagoons*²) eigoje 2018 m. gegužės mėnesį Kuršių mariose ties Nida buvo instaliuotas plūduriuojantis barjeras – 200 m ilgio ir 1 m aukščio, 11 cm akies dydžio tinklas, laikomas gręžtinių inkarų, prie kurio buvo tvirtinamos nendrės ir karklai, kurie augimo procese akumuliuotų mariose esančias

maistmedžiages (1.1.3.5 pav.). Nors projektas buvo nukreiptas į augalus, tačiau buvo pastebėta, jog tinklas pradėjo apaugti dreisenomis. Viršutinė dreisenų įsikūrimo riba – 40 cm, o giliau 60 cm karklų kamienai buvo visiškai apaugę moliuskais (1.1.3.6 pav.). Vegetacijos sezono pabaigoje, rugsėjo 19 d., sistema buvo ištraukta. Nustatyta, kad ant vieno karklo kamieno per vasaros sezoną gali užaugti apie 8 g dreisenų sausos masės, kurioje būtų akumuliuota apie 8 mg fosforo ir 79 mg azoto. Dar didesnės dreisenų apaugos buvo stebėtos ant pačio tinklo, tačiau smulkių moliuskų rinkimas buvo itin sudėtingas ir neefektyvus. Taip pat tokia sistema nėra tinkama žiemos sąlygomis, kadangi galimi pažeidimai dėl ledonešio, todėl jos taikymas dreisenų auginimui yra apribotas tik vienam sezonui.



1.1.3.5 pav. LiveLagoons2 projekto auginimo sistemos schema.



1.1.3.6 pav. Plūduriuojančio barjero instaliacija ir prie karklų kamienų prisitvirtinusios dreisenos (Ž. Grigaičio nuotraukos).

To pačio projekto metu ties Juodkrante 2018 m. gegužės mėnesį buvo įrengtos dirbtinės salos, prie kurių apačios buvo pritvirtinti apie 1 m ilgio juostiniai kolektoriai. Rugsėjo pabaigoje ant kolektorių buvo pastebėtos dreisenų apaugos, tačiau didžiąją apaugų dalį sudarė jūriniai vėžiagyviai *Amphibalanus improvisus* (1.1.3.7 pav.). Tai rodo, jog ties Juodkrante reguliarius druskingo vandens įtekėjimai lemia sąlyginai prastas sąlygas gėlavandenėms dreisenoms.



1.1.3.7 pav. Dirbtinė sala (kairėje) ir jūrų gilėmis bei dreisenomis apaugę juostiniai kolektoriai (dešinėje).

Įšvados. Apžvelgus įvairias pasaulyje dvigeldžių moliuskų auginimo praktikas bei dreisenų kultivavimo įrenginius, Kuršių mariose rekomenduotina įrengti ūdų (angl. *long-line*) sistemas su dviejų tipų kolektoriais – švediška juosta ir virviniu tinklu. Ūdos tipo sistemos pasižymi dideliu atsparumu nepalankioms hidrologinėms sąlygoms, gali būti reguliuojama sistemos vertikali padėtis vandens stovymėje (taip išvengiant ledo poveikio), sistemų dydis gali varijuoti nuo keliolikos metrų pilotinėms studijoms iki kelių kilometrų komerciniam auginimui. Juostinių kolektorių privalumas – paprastas, vietoje atliekamas ir specializuotos technikos nereikalaujantis moliuskų surinkimas, mažas sistemos svoris. Tinklinio kolektoriaus privalumas – ženkliai didesnė užauginama biomasė lyginant su tuo pačio ūdos ilgio juostinio kolektoriaus sistema, tokiu būdu yra žymiai efektyviau išnaudojama erdvė. Kita vertus, komercinio dydžio tinklinio kolektoriaus sistemoms būtina specializuota technika ir aptarnaujantys laivai.

Literatūra

Caraco, N. F., Cole, P. and Raymond, P., 1997. Zebra mussel invasion in a large, turbid river: Phytoplankton response to increased grazing, *Ecology*, 78(2), pp. 588–602.

Figueiras, F., Labarta, U., Reiriz, M.F., 2002. Coastal upwelling, primary production and mussel growth in the Rías Baixas of Galicia. In: Sustainable increase of marine harvesting: fundamental mechanisms and new concepts. Springer, Dordrecht, pp 121–131.

Friedland, R., Buer, A., Dahlke, S., and Schernewski, G., 2019. Spatial effects of different zebra mussel farming strategies in an eutrophic Baltic lagoon. *Front. Environ. Sci.* 6:158.

Goedkoop, W., Choudhury, M.I., Lau, D.C. and Grandin, U., 2021. Inverting nutrient fluxes across the land-water interface—Exploring the potential of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) farming. *Journal of Environmental Management*, 281, p.111889.

Grant, C., Archambault, P., Olivier, F. and McKindsey, C.W., 2012. Influence of ‘bouchot’ mussel culture on the benthic environment in a dynamic intertidal system. *Aquaculture Environment Interactions*, 2(2), pp.117-131.

Herrmann, F., Berthold, G., Fritsche, J.-G., Kunkel, R., Voigt, H.-J., Wendland, F., 2012. Development of a conceptual hydrogeological model for the evaluation of residence times of water in soil and groundwater: the state of Hesse case study, Germany. *Environ Earth Sci* 67(8), pp.2239–2250.

Higgins, S. N. and Vander Zanden, M. J., 2010. What a difference a species makes: a meta-analysis of dreissenid mussel impacts on freshwater ecosystems. *Ecological Monographs* 80, pp.179–196.

Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E. and Padilla, D.K., 2006. Growth rate and longevity of *Dreissena polymorpha* (Pallas): a review and recommendations for future study. *Journal of Shellfish Research*, 25(1), pp.23-32.

McLaughlan, C. & Aldridge, D. C., 2013. Cultivation of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) within their invaded range to improve water quality in reservoirs. *Water research*, 47(13), pp.4357–4369.

Reeders, H. H. and Bij de Vaate, A. (1990) Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): a new perspective for water quality management, *Hydrobiologia*, 200–201(1), pp. 437–450.

Ruiz, Y., Suárez, P., Alonso, A., Longo, E. and San Juan, F., 2014. Chemicals used for maintenance of wood rafts in mussel farms: evaluation of their potential toxic risk to mussel culture. *Aquaculture Environment Interactions*, 6(1), pp.55-66.

Schernewski, G., Friedland, R., Buer, A.L., Dahlke, S., Drews, B., Höft, S., Klumpe, T., Schadach, M., Schumacher, J. and Zaiko, A., 2019. Ecological-social-economic assessment of zebra-mussel cultivation scenarios for the Oder (Szczecin) Lagoon. *Journal of Coastal Conservation*, 23(5), pp.913-929.

Schernewski, G., Stybel, N. and Neumann, T., 2012. Zebra mussel farming in the Szczecin (Oder) Lagoon: water-quality objectives and cost-effectiveness. *Ecology and Society*, 17(2).

1.2. Potencialių dreisenų auginimo sistemų vietų parinkimas

Žmogaus ūkinės veiklos sukelta eutrofikacija, dėl didelės azoto ir fosforo prietakos iš sausumos taršos šaltinių, yra laikoma pagrindine ekologine problema Baltijos jūroje (HELCOM, 2007). Moliuskų auginimas įvardijamas kaip veiksminga priemonė maistmedžiagių koncentracijos kontrolei priekrantėse (Gren et al., 2009) ir numatoma kaip viena perspektyviausių priemonių pietinės Baltijos vandenyse (Schröder et al., 2014; Stybel et al., 2009). Lietuvos vandenyse plačiai paplitęs dvigeldis moliuskas *Dreissena polymorpha* yra labiausiai tinkamas auginti tarpiniuose Baltijos vandenyse dėl didelio jų produktyvumo, gebėjimo formuoti gausias kolonijas ant įvairių dugno substratų, atsparumo nepalankioms aplinkos sąlygoms bei efektyvaus vandens filtravimo. Pagrindinis šios studijos tikslas buvo sukurti aplinkos vertinimo metodiką, padėsiančią parinkti tinkamas vietas dreisenų auginimui vandens gerinimo tikslais bei pritaikyti ją Kuršių marių ekosistemai.

1.2.1. Metodai

Studijoje parengta aplinkos vertinimo metodika yra pagrįsta GIS erdviu modeliavimu integruojant daugiakriterinį vertinimą. Duomenų rinkimui ir analizei buvo naudojamas ArcGIS 10.3 programinis paketas, kriterijų svorių skaičiavimui ExpertChoice paketas, sukurtas analitinio hierarchijos proceso (AHP) pagrindu (Saaty, 1980). Remiantis literatūros duomenimis išskirta 13 hidrologinių, biologinių ir socio-ekonominių veiksnių, kurie svarbūs tinkamų dreisenų auginimo vietų parinkimui (1.2.1.1 lentelė).

1.2.1.1 lentelė. Vietų parinkimui svarbūs aplinkos ir socio-ekonominiai veiksniai, teisiniai apribojimai, jų aktualumas ir duomenų šaltiniai.

Veiksniai	Aktualumas	Duomenų šaltinis
Druskingumas	Didelis druskingumas arba staigūs druskingumo pokyčiai gali neigiamai paveikti dreisenų apvaisinimą, nerštą ir planktotrofinių lervų išgyvenimą ¹⁻⁵	SHYFEM hidrodinaminio modelio 2012-2019 metų duomenys (Umgiesser et al., 2016)
Srovės greitis	Didelis srovės greitis (ypač reprodukcijos sezono metu) gali užkirsti kelią dreisenos lervų prisitvirtinimui prie substrato ir paveikti bisusinių siūlių produkciją bei maitinimosi efektyvumą ^{3, 6-9}	
Dominuojanti srovės kryptis	Pastovi srovė, tekanti pro jau esančias dreisenos augimvietes, yra svarbi lervučių pernešimui ir nusodinimui ant planuojamų instaliacijų	
Vandens apykaitos laikas	Vandens apykaita užtikrina maisto ir deguonies aprūpinimą bei efektyvią biofiltraciją ¹⁰⁻¹¹	SHYFEM hidrodinaminio modelio 2004-2016 metų duomenys (Umgiesser et al., 2016)
Skandinavių medžiagų koncentracija	Eutrofinėse ir drumstose ekosistemose didelė suspenduotų medžiagų koncentracija gali slopinti dreisenų filtravimo galimybes, užkimšdama jų sifonus ir sumažindama aukštos kokybės maisto tiekimą ¹²⁻¹⁴	90 MERIS/Envisat palydovų (Europos kosmoso agentūra) 2009-2018 metų duomenys
Chlorofilo a koncentracija	Eutrofikacijos indikatorius ir dreisenų maisto šaltinis. Per didelė ir per maža Chl a koncentracija gali nulemti dreisenų filtravimo efektyvumą ir tuo pačiu vandens kokybės gerinimo efektą ^{13, 15}	90 MERIS/Envisat palydovų (Europos kosmoso agentūra) 2005-2018 metų duomenys
Ledo dangos trukmė	Galima žala dreisenų auginimo konstrukcijoms bei moliuskų išmirimas dėl deguonies trūkumo	Envisat sintetinės apertūros radaro (ASAR) 2002-2017 metų duomenys

Dugno nuosėdos	Nepageidaujamas poveikis dugno bendrijoms dėl biosedimentacijos, labiausiai tikėtinas akumuliacijos zonose, kuriose vyrauja smulkios nuosėdos ¹⁷	Dugno nuosėdų žemėlapis (1:50 000) ^{19,20}
Gylis	Svarbu produktyvumui bei atsparumui nepalankiems hidrodinaminėms sąlygoms	Dugno batimetrijos žemėlapis (1:50 000) ¹⁹
Pasiekiamumas	Augimviečių efektyvi ir ekonomiška priežiūra. Šio kriterijaus slenksčiai buvo nustatyti 0,5 ir 1 valandos kelionė į vieną pusę tarnybiniu laivu nuo krantinės (maždaug 6 ir 12 km, atsižvelgiant į kreiserinį greitį 5-6 mazgai).	Ortofotografinis žemėlapis (1: 10 000) ²¹
Saugomos teritorijos	Draudžiama žmogaus ūkinė veikla ¹⁸	Saugomų teritorijų valstybės kadastras (1:25, 000) ²²
Atstumas nuo vandens kelių	Trikdžiai navigacijai	Kuršių marių ločmano žemėlapis (1:75 000)
Valstybinės sienos apsaugos zona (VSAZ)	Draudžiama žmogaus ūkinė veikla	Kuršių marių ločmano žemėlapis (1:75 000), teisiniai dokumentai

¹Fong ir kt., 1995; ²McMahon, 1996; ³Garton ir kt., 2014; ⁴Wright ir kt., 1996; ⁵Fenske ir kt., 2013; ⁶Lyakhov, 1968, ⁷Ackerman, 2014; ⁸Ibars ir kt. 2010; ⁹Clarke ir McMahon, 1996; ¹⁰Daunys ir kt., 2006; ¹¹Silva ir kt., 2011; ¹²Karatayev ir Burlakova, 1994; ¹³Fanslow ir kt., 1995; ¹⁴Zaiko ir Daunys, 2012; ¹⁵Hinks ir Mackie, 1997; ¹⁶Zaiko ir kt., 2009; ¹⁷ GRL, 2012; ¹⁸Gulbinskas ir kt., 2008; ¹⁹Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos; ²⁰Saugomų teritorijų tarnyba prie Aplinkos ministerijos.

Suformuluoti atrankos kriterijai buvo sugrupuoti ir vertinami pagal 4 tinkamumo modelius: (1) lervučių nusėdimo, (2) augimo ir išgyvenimo, (3) aplinkosauginį bei (4) socio-ekonominių. Kriterijų komponentai buvo įvertinti pagal 4 lygių tinkamumo skalę nuo netinkamų (0) iki labai tinkamų (3) (1.2.1.2 lentelė).

1.2.1.2 lentelė. Kriterijai naudoti vietos tinkamumo analizei ir jų tinkamumo vertinimas.

Tinkamumo modelis	Kriterijus	Vienetai	Tinkamumo lygiai ir balai			
			Labai tinkamas (3)	Vidutiniškai tinkamas (2)	Mažai tinkamas (1)	Netinkamas (0)
Lervučių nusėdimas	Druskingumas (max., gegužė - rugsėjis) ¹⁻⁴	psu	<1,75	1,75-3,5	3,5-6	>6
	Druskingumas (standartinis nuokrypis, gegužė – rugsėjis) ^{1,3}	psu	<1	1-2	>2	-
	Srovės greitis (kvadratinis vidurkis, gegužė – rugsėjis) ^{3,5,6}	m s ⁻¹	<0,05	0,05-0,33	-	-
	Dominuojanti srovės kryptis (gegužė - rugsėjis)	laipsniai	< 10 km pasroviui nuo esančių dreisenų populiacijų	10-15 km pasroviui nuo esančių dreisenų populiacijų	Prieš srovę pasroviui nuo esančių dreisenų populiacijų	-
Augimas ir išgyvenimas	Druskingumas (standartinis nuokrypis, metinis) ^{3,8}	psu	<1	1-2	>2	-
	Skendinčių medžiagų koncentracija (vidurkinė, gegužė - liepa) ⁹	g l ⁻¹	<10	>10	-	-
	Srovės greitis (vidurkinis, metinis) ^{3,10}	m s ⁻¹	0,05-0,25	>0,25 <0,5	-	-
Aplinkosauginis	Vandens apykaitos laikas (vidurkinis, gegužė-liepa) ¹¹	dienos	>105	53-105	<53	-

	Dugno nuosėdos	tipas	Smėlis, smėlis su žvirgždu ir rieduliais	Aleuritas	Dumblas, molis	-
	Chlorofilas a (vidurkinis, gegužė-rugsėjis) ¹²	μg l ⁻¹	>60	53-60	<53	-
Socio-ekonominis	Atstumas nuo uostų/prieklaukų	km	<6	>6	-	-
	Ledo dangos trukmė	dienos	<70	>70	-	-
	Gylis	m	>4	2-4	-	<2
Apribojimai	Saugomos teritorijos	Apsaugos statusas				Rezervatai
	Valstybinė sienos apsauga	-				Apsaugos zona
	Atstumas nuo vandens kelių	m				<100

¹Pollux ir kt., 2010; ²Grutters ir kt. 2012; ³Garton ir kt. 2014; ⁴Fenske ir kt. 2013; ⁵Lyakhov ir Mikheev 1964; ⁶Ackerman 2014; ⁷Zaiko ir kt. 2009; ⁸Spidle ir kt. 1995; ⁹Mikheev 1967; ¹⁰Penning ir kt., 2013; ¹¹Clarke ir McMahon, 1996; ¹²Daunys ir kt. 2006; ¹³Fanslaw ir kt. 1995.

Kriterijų informacinius sluoksnius perklasifikavus pagal tinkamumo skalę (0-3) buvo gauti kriterijų tinkamumo žemėlapiai. Kadangi parinkti kriterijai turi skirtingą svarbą vietų parinkimui, buvo pasitelktas ekspertinis vertinimas. Apklausoje dalyvavo 3 aplinkotyros srities ekspertai, kurie įvertino kriterijų svarbą porose bei buvo apskaičiuotas santykinis kriterijų svoris. Kriterijų svarba buvo lyginama poromis naudojant santykinės svarbos skalę (1–9, 1 - vienoda svarba, 9 - ypatinga svarba) (Saay, 1980). Atsižvelgiant į tai, kad vertinimas buvo skirtas tik planuojamam dreisenų auginimui, šiame etape nebuvo numatytos techninės specifikacijos bei suinteresuotųjų šalių konsultacijos. Todėl kriterijų įvertinimas buvo atliktas remiantis išsamia literatūros apžvalga, panaudojant autorių ekspertų žinias ir ankstesnę patirtį atliekant atitinkamus bandomuosius projektus dreisenos auginimui vandens kokybės gerinimo tikslais (Schultz-Zehden ir Matczak, 2012). Įvertinus kiekvieno kriterijaus santykinį svorį buvo atliekama svartinė sluoksnių perdengimo analizė, kiekvienam poligonui skaičiuojamas tinkamumo indeksas (TI) bei sudaryti 4 tinkamumo modeliai. Antrame etape 4 tinkamumo modeliai buvo integruoti į 2 tinkamumo scenarijus: (I) optimalios vietos dreisenų biomasės augimui. (II) optimalios vietos vandens kokybės gerinimui. Tinkamos vietos dreisenų akvakultūrai buvo parenkamos apibendrinant dviejų scenarijų rezultatus. Detali informacija apie metodiką pateikta Bagdanavičiūtė ir kt., 2018.

1.2.2. Teritorijos tinkamumo modeliai

Lervučių nusėdimo modelyje druskingumo svyravimai ir dominuojanti srovės kryptis buvo įvertinti didžiausiais santykiniais svoriais (0,356 ir 0,298) (1.2.1.1 lentelė). Labiausiai tinkamos teritorijos (TI>2,70, 33% marių akvatorijos) pasiskirsčiusios pietinėje marių dalyje (1.2.2.1 pav.) kur vyrauja mažo druskingumo ir lėtų srovių zonos. Vidutiniškai tinkamų teritorijų (2≥TI<2,7, 33% marių akvatorijos) daugėja centrinėje marių dalyje šiaurės kryptimi, kur didėja maksimalaus druskingumo ir srovių greičių vertės. Didelio druskingumo (>6 psu) teritorijos netinkamos dreisenų auginimui sudaro 33% bendros teritorijos ir yra išsidėsčiusios šiaurinėje Kuršių marių dalyje.

1.2.2.1 lentelė. Kriterijų santykiniai svoriai keturiuose modeliuose.

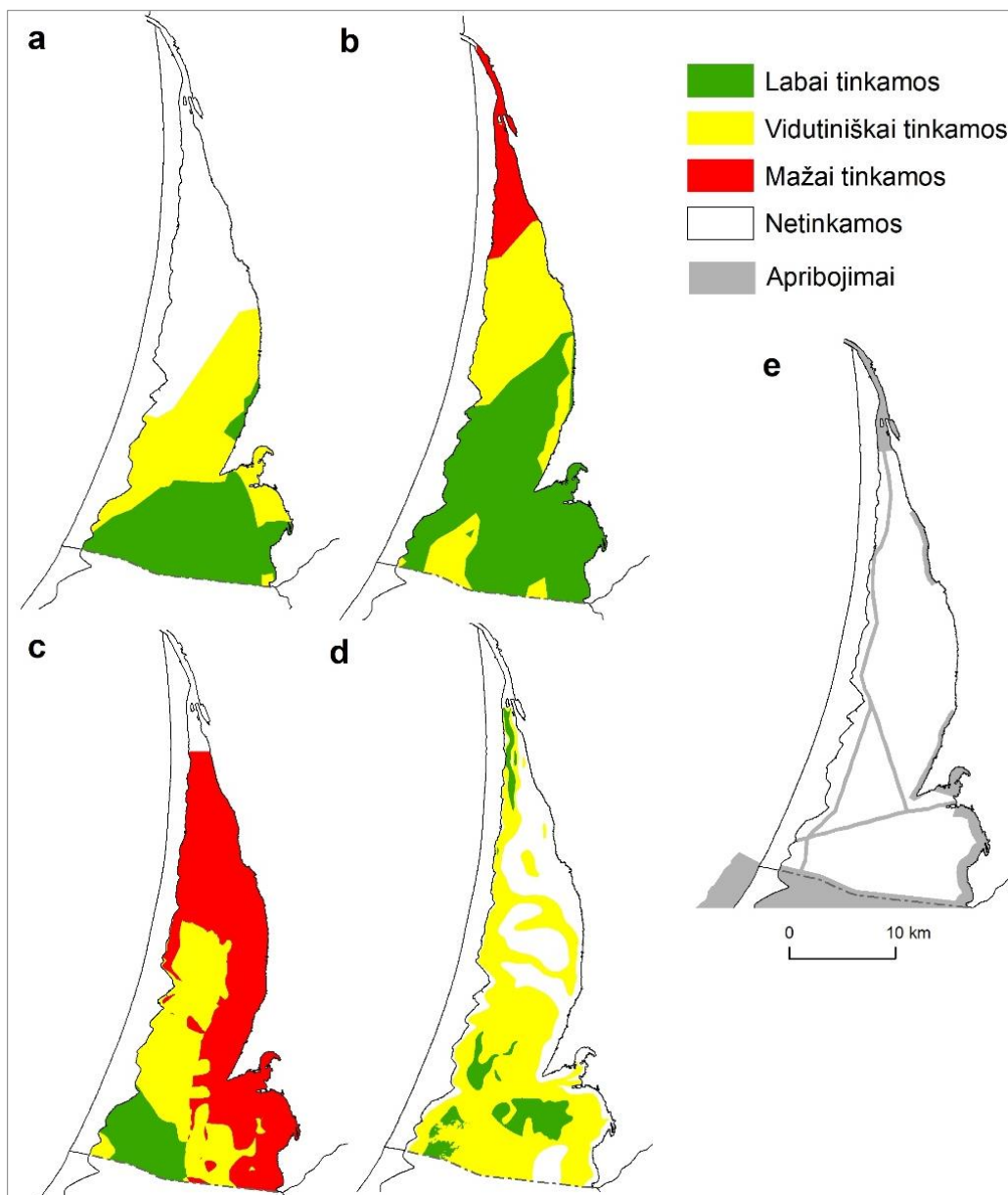
Lervučių nusėdimas	Svoris
Druskingumas (st. nuokrypis)	0,356
Druskingumas (max.)	0,216
Srovės greitis (kv. vidurkis)	0,129
Dominuojanti srovės kryptis	0,298
Augimas ir išgyvenimas	
Druskingumas (st. nuokrypis)	0,299
Skendinčių medžiagų koncentracija	0,486
Srovės greitis	0,215
Aplinkosauginis	
Vandens apykaitos laikas	0,477
Dugno nuosėdos	0,164
Chlorofilas a	0,359
Socioekonominis	
Ledo dangos trukmė	0,324
Atstumas nuo uostų/prieplaukų	0,182
Gylis	0,493

Augimo ir išgyvenimo modelyje didžiausias svoris buvo suteiktas skendinčių medžiagų koncentracijos kriterijui (0,486) (1.2.2.1 lentelė). Panašiai kaip ir lervučių nusodinimo modelyje teritorijų tinkamumas didėjo pietryčių kryptimi, mažai tinkamos zonos sudarė 9% (TI<2), vidutiniškai - 32% ir labai tinkamos - 59%, kuriose vyravo stabilus druskingumas ir žemos skendinčių medžiagų koncentracijos (<10g l⁻¹) (1.2.2.1 pav.).

Aplinkosauginiame modelyje didžiausias svorį ekspertai suteikė vandens apykaitos kriterijui (0,477) (1.2.2.1 lentelė). Teritorijų tinkamumo vertės čia didėjo pietvakarių kryptimi. Mažai tinkamos zonos čia beveik sutapo su santykinai mažomis chlorofilo a koncentracijomis (<53 μg l⁻¹) ir sudarė 53% marių akvatorijos. Labiausiai tinkamos zonos (10%) buvo paplitusios lėto vandens atsinaujinimo zonose su santykinai aukšta chlorofilo a koncentracija (>60 μg l⁻¹) (1.2.2.1 pav.).

Socio-ekonominiame modelyje didžiausias santykinis svoris buvo suteiktas gyliui (0,493) (1.2.2.1 lentelė). Mažo gylio (<2 m) zonos įvertintos kaip netinkamos ir sudarė 34% marių akvatorijos. Labiausiai tinkamos vietos (10%) buvo paplitusios fragmentiškai šiaurinėje ir pietinėje marių dalyje gilesnėse nei 4 m zonose, kur ledo danga žiemos sezonu išsilaiko mažiau nei 70 dienų vertinant daugiamečius duomenis (1.2.2.1 pav.).

Apribojimų grupę sudarė teritorijos, kur žmogaus ūkinė veikla yra teisiškai reglamentuojama, tai saugomos teritorijos, valstybinės sienos apsaugos zona, uostas ir vandens keliai, kurie eliminavo 12% (276 km²) marių akvatorijos iš tolimesnio vertinimo (1.2.2.1 pav.).



1.2.2.1 pav. Tinkamumo modeliai (a) lervučių nusėdimas (TI 2,04-3), (b) augimas ir išgyvenimas (TI 1,37-3), (c) aplinkosauginis (TI 1-3), (d) socio-ekonominis (TI 2-3), (e) teisiniai apribojimai.

1.2.3. Teritorijos tinkamumo vertinimas pagal scenarijus

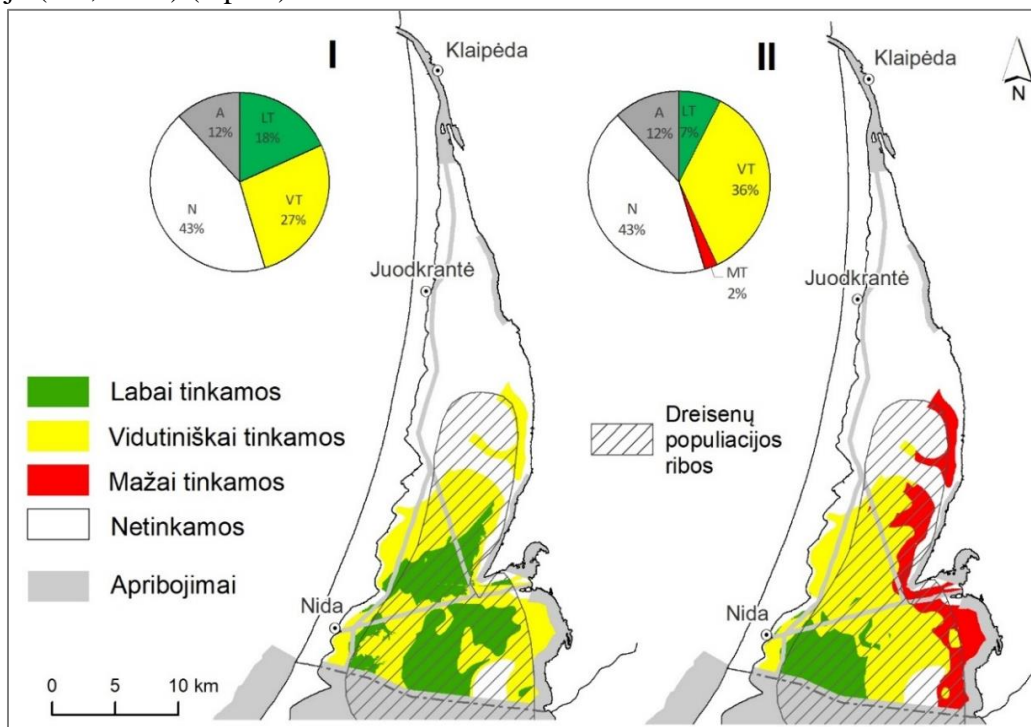
Pirmasis scenarijus buvo pasirinktas nustatymui optimalių vietų dreisenų biomasės augimui. Į pasirinktą scenarijų buvo integruoti 3 tinkamumo modeliai (lervučių nusėdimo, augimo ir išgyvenimo bei socio-ekonominis), didžiausią prioritetą suteikiant augimo ir išgyvenimo modeliui (0,503) (1.2.3.1 lentelė). Netinkamos ir teisiniais reglamentais ribojančios žmogaus ūkinę veiklą teritorijos bendrai sudarė 55% marių akvatorijos ir buvo eliminuotos iš tolimesnės tinkamų vietų atrankos. Trys labiausiai tinkamos ($TI > 2,70$) teritorijos, kurios pateko ir į dreisenų populiacijos zoną, koncentravosi Kuršių marių pietinėje dalyje ir sudarė 18% bendro marių ploto (2 pav.).

1.2.3.1 lentelė. Modelių santykiniai svoriai dvejuose scenarijuose.

I Optimalios vietos dreisenų biomasės augimui	Svoris
Lervučių nusėdimas	0,220
Augimas ir išgyvenimas	0,503
Socio-ekonominis	0,277

II Optimalios vietos vandens kokybės gerinimui	Svoris
Lervučių nusėdimas	0,108
Augimas ir išgyvenimas	0,269
Aplinkosauginis	0,480
Socio-ekonominis	0,142

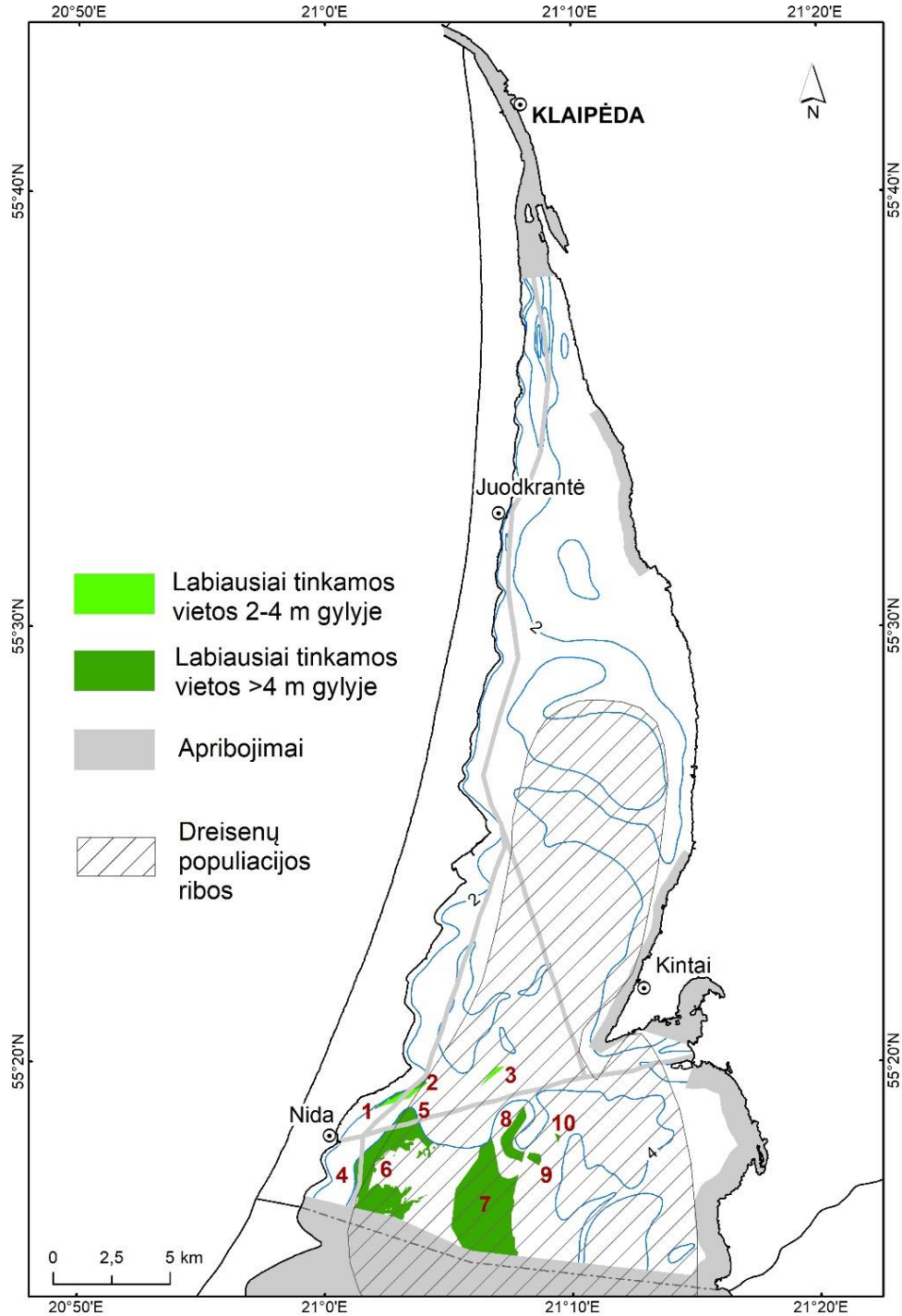
Optimalių vietų parinkimui vandens kokybės gerinimo tikslams buvo įgyvendintas antrasis scenarijus, kuris nuo pirmojo iš esmės skiriasi tuo, jog kartu su biologiniais ir socio-ekonominiais veiksniais yra integruojami ir aplinkosauginiai aspektai, t. y. kur auginimo sistemos efektyviausiai mažintų eutrofikaciją. Šiame scenarijuje buvo integruoti visi keturi aukščiau aptarti modeliai. Ekspertai didžiausią svorį (0,480) suteikė aplinkosauginiam modeliui (1.2.3.1 lentelė), kuris daugiausiai įtakojo galutinį rezultatą, stebimas teritorijos tinkamumo didėjimas pietvakarių kryptimi. Lyginant su pirmu scenarijumi labiausiai tinkamų vietų čia sumažėjo iki 7%, atitinkamai vidutiniškai tinkamų teritorijų plotas išaugo 9% ($2 \geq TI < 2,7$) bei atsirado mažai tinkamų vietų kategorija (2%, $TI < 2$) (2 pav.).



1.2.3.1 pav. Tinkamumo scenarijai (I) Optimalios vietos dreisenos biomasės augimui (TI 2,11-2,91), (II) Optimalios vietos vandens kokybės gerinimui (TI 1,77-2,91).

1.2.4. Tinkamų vietų parinkimas

Galutiniame etape perdengus labiausiai tinkamas (TI>2,7) teritorijas pagal abu scenarijus buvo išskirta 10 potencialiai tinkamų vietų dreisenu auginimui (1.2.4.1 pav.).



1.2.4.1 pav. Integruotas tinkamos vietos dreisenu auginimui vertinimas pagal biomasės augimo ir vandens kokybės gerinimo scenarijus.

Kiekviena auginimui tinkama vieta buvo sudaryta iš mažų poligonų su skirtingomis TI reikšmėmis, iš kurių buvo apskaičiuotos vidutinės TI (TI_{vid}) reikšmės kiekvienai vietai. Atrinktuose 10 plotų dominavo „labiausiai tinkamos“ sąlygos dreisenų auginimui pagal 8-10 kriterijus, likę 3-5 galėjo turėti „vidutiniškai“ arba „mažai tinkamą“ vertinimą. Tinkamos vietos sudarė apie 4 % bendro Kuršių marių ploto, iš kurių 0,48 km² (1-3 vietos) pateko į 2-4 m gylio zoną, o likę 16,6 km² (4-10 vietos) pasiskirstė gilesnėse nei 4 m zonose. Dauguma vietų (išskyrus 1,2 ir 4) yra išsidėstę esamose dreisenų populiacijos arealo ribose. Atrinktų vietų plotas svyravo nuo 0,04 km² iki 9,3 km² (1.2.4.1 lentelė). Potencialiai prioritetiniai plotai yra 7 (9 km²), kurio TI_{vid} yra didžiausias (2,83), bei 6 plotas (5,2 km², TI_{vid} =2,78). Abiejų plotų hidrologinės charakteristikos yra iš esmės panašios, didžiausias skirtumas stebimas maksimalaus druskingumo pasiskirstyme ir vandens apykaitos trukmėje.

1.2.4.1 lentelė. Pagrindinės dreisenų akvakultūrai tinkamų vietų charakteristikos.

Vieta	Plotas, km ²	TI_{vid}	Gylis, m	Druskin gumas, max psu	Srovės greitis, m s ⁻¹	Vandens apykaitos laikas, dienos	Ledo dangą, dienos	Skendinčių medžiagos, g l ⁻¹	Chloro filas a, µg l ⁻¹
1	0,243	2,727	2-4						
2	0,175	2,717	2-4						
3	0,162	2,773	2-4						
4	0,157	2,770	>4						
5	0,409	2,775	>4						
6	5,233	2,778	>4	0,6-1,6	0,4-0,5	142-170	69-70	10,5-13,3	60-69
7	9,311	2,83	>4	0,5-0,9	0,3-0,4	104-133	72-74	7,6- 10,3	60-67
8	1,116	2,779	>4						
9	0,213	2,783	>4						
10	0,042	2,780	>4						

Išvados. Atliekant Kuršių marių aplinkos vertinimą pagal skirtingus scenarijus teritorijos TI reikšmės svyravo nuo 1,77 iki 2,91, tai parodė, kad nei vienas plotas nėra visiškai tinkamas pagal visus 13 kriterijų. Plotai, kurių TI buvo didesnis nei 2,7 buvo atrinkti kaip labiausiai tinkami, juose dominavo „labiausiai tinkamos“ sąlygos dreisenų auginimui pagal 8-10 kriterijų. Atrinktos tinkamos vietos sudarė apie 4 % bendro Kuršių marių ploto. Potencialiai prioritetinės 6 ir 7 vietos yra optimaliausios dėl didelio ploto ir aukštų TI_{vid} reikšmių, jų bendras plotas – 14,5 km². Gauti rezultatai apie teritorijos rajonavimą dreisenų auginimui gali būti naudojami tolesnei vandens kokybės gerinimo priemonių kaštų efektyvumo analizei ir alternatyvių gamtosauginių priemonių vertinime, o pateisinus priemonės tikslingumą ir detaliame teritorijų planavime.

Literatūra

Ackerman, J.D., 2014. Role of fluid dynamics in dreissenid mussel biology, in: Nalepa, T.F. and Schloesser, D.W. (Eds.), Quagga and Zebra Mussels: Biology, Impact, and Control. Second Edition. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 471–483.

Bagdanavičiūtė I., Zaiko A., Umgiesser G., Vaičiūtė D., Kozlov I. 2018. GIS-based multi-criteria site selection for zebra mussel cultivation: Addressing end-of-pipe remediation of a eutrophic coastal lagoon ecosystem. Science of The Total Environment 634, 990-1003.

Clarke, M., McMahon, R.F., 1996. Effects of hypoxia and low-frequency agitation on byssogenesis in the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas). *The Biological Bulletin* 191(3), 413–420.

Daunys D., Zemlys P., Olenin S., Zaiko A., Ferrarin C. 2006. Impact of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* invasion on the budget of suspended material in a shallow lagoon ecosystem. *Helgol. Mar. Res.* 60, 113–120. doi:10.1007/s10152-006-0028-5.

Fanslow, D. L., Nalepa, T. F., Lang, G. A., 1995. Filtration rates of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on natural seston from Saginaw Bay, Lake Huron. *J. Great Lakes Res.* 21, 489–500.

Fenske, C., Zaiko, A., Wozniczka, A., Dahlke, S., Orlova, M.I., 2013 Variation in length–frequency distributions of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) within and between three Baltic Sea subregions Szczecin Lagoon, Curonian Lagoon, and Gulf of Finland, in: Nalepa, T., Schlosser, D. (Eds.), *Quagga and zebra mussels: Biology, Impacts and Control*. Second Edition, pp. 725–739.

Fong, P.P., Kyojuka, K., Duncan, J., Rynkowski, S., Mekasha, D., Ram, J.L., 1995. The effect of salinity and temperature on spawning and fertilization in the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas) from North America. *Biol. Bull.* 189, 320–329.

Garton, D.W., McMahon, R., Stoeckmann, A.M., 2014. Limiting environmental factors and competitive interactions between zebra and quagga mussels in North America. in: Nalepa T.F. and Schloesser D.W. (Eds.), *Quagga and Zebra Mussels: Biology, Impact, and Control*. Second Edition. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 383–402.

Gren I.M., Lindahl O., Lindqvist M. 2009. Values of mussel farming for combating eutrophication: An application to the Baltic Sea. *Ecol. Eng.* 35, 935–945. doi:10.1016/j.ecoleng.2008.12.033

GRL, 2012. Government of the Republic of Lithuania Special condition of land and forest use. Official Gazette No. 80-4168 (in Lithuanian).

Grutters, B.M.C., Verhofstad, M.J.J.M., van der Velde, G., Rajagopal, S., Leuven, R.S.E.W., 2012. A comparative study of byssogenesis on zebra and quagga mussels: the effects of water temperature, salinity and light-dark cycle. *Biofouling* 28 (2), 121–129.

Gulbinskas, S., Žaromskis, R., Repecka, R., 2008. Curonian lagoon: Map for fishing. Klaipeda. Helcom, 2007. HELCOM Baltic Sea Action Plan. Environment 3–100. doi:10.1016/j.marpolbul.2009.11.016.

Hinks, S.S., Macki, G.L., 1997. Effects of pH, calcium, alkalinity, hardness, and chlorophyll on the survival, growth, and reproductive success of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Ontario lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54, 2049–2057.

Ibars, A.P., Cía Abaurre, I., Mulet, R.C., Ramón, E.R., 2010. Zebra mussel distribution and habitat preference in the lower Ebro river (North East Spain). In: der Velde, Van, Rajagopa, S., deVaate, Bij (Eds.), *The Zebra mussel in Europe*, Margraf Publishers GmbH, pp. 112–118.

Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., 1994. Filtration rates, in: Starobogatov, J.I. (Ed.), *Freshwater zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae): systematics, ecology, practical meaning*. Nauka, Moscow, pp. 109–120 (in Russian).

Lyakhov, S.M., Mikheev, V.P., 1964. The population and distribution of *Dreissena* in the Kuibyshev reservoir seven years after its construction, in: Shtegman B.K. (Ed.) *Biology and control of *Dreissena**. Works of the Institute of Biology of Inland Waters, Academy of Sciences of the USSR 7(10), pp. 55–59 (in Russian).

McMahon, R.F., 1996. The Physiological Ecology of the Zebra Mussel. *Dreissena polymorpha*, in North America and Europe, *Integrative and Comparative Biology* 36(3), 339–363.

Mikheev, V.P., 1967. Filtration Nutrition of the *Dreissena*. 15. *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-isskldovatel'skogo Instituta*, pp. 117–129 (in Russian).

Penning, W.E., Pozzato, L., Vijverberg, T., Noordhuis, R., bij de Vaate, A., Donk, E.V., Pires, L.M.D., 2013. Effects of suspended sediments on seston food quality for zebra mussels in Lake Markermeer, the Netherlands. *Inland Waters* 3 (4), 437–450.

Pollux, B.J.A., der Velde, Van, 2010. A perspective on global spread of *Dreissena polymorpha*: a review on possibilities and limitations. In: Van der Velde, G., Rajagopa, S., Bij de Vaate, A. (Eds.), *The Zebra mussel in Europe*, Margraf Publishers GmbH, pp. 45–58.

Saaty T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process, Decision Analysis*.

Schröder T., Stank J., Schernewski G., Krost P. 2014. The impact of a mussel farm on water transparency in the Kiel Fjord. *Ocean Coast. Manag.* 101, 42–52. doi:10.1016/j.ocecoaman.2014.04.034.

Schultz-Zehden, A., Matczak, M. (Eds.), 2012. *SUBMARINER Compendium. An Assessment of Innovative and Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*. Gdańsk

Silva, C., Ferreira, J.G., Bricker, S.B., DelValls, T.A., Martín-Díaz, M.L., Yáñez, E., 2011. Site selection for shellfish aquaculture by means of GIS and farm-scale models, with an emphasis on data-poor environments. *Aquaculture* 318, 444–457. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.05.033.

Spidle, A.P., Mills, E.L., May, B., 1995. Limits to tolerance of temperature and salinity in the quagga mussel (*Dreissena bugensis*) and the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*).

Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52, 2108–2119.

Stybel N., Fenske C., Schernewski G. 2009. Mussel Cultivation to Improve Water Quality in the Szczecin Lagoon. *J. Coast. Res.* 2009, 1459–1463.

Umgiesser, G., Zemlys, P., Erturk, A., Razinkova-Baziukas, A., Mezone, J., Ferrarin, C., 2016. Seasonal renewal time variability in the Curonian Lagoon caused by atmospheric and hydrographical forcing. *Ocean Sci.* 12, 391–402. doi:10.5194/os-12-391-2016.

Wright, D.A., Setzler-Hamilton, E.M., Magee, J.A., Kennedy, V.S., McIninch, S.P., 1996. Effect of salinity and temperature on survival and development of young zebra (*Dreissena polymorpha*) and quagga (*Dreissena bugensis*) mussels. *Estuaries* 19, 619–628.

Zaiko A., Daunys D., Olenin S. 2009. Habitat engineering by the invasive zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas) in a boreal coastal lagoon: Impact on biodiversity. *Helgol. Mar. Res.* 63, 85–94. doi:10.1007/s10152-008-0135-6.

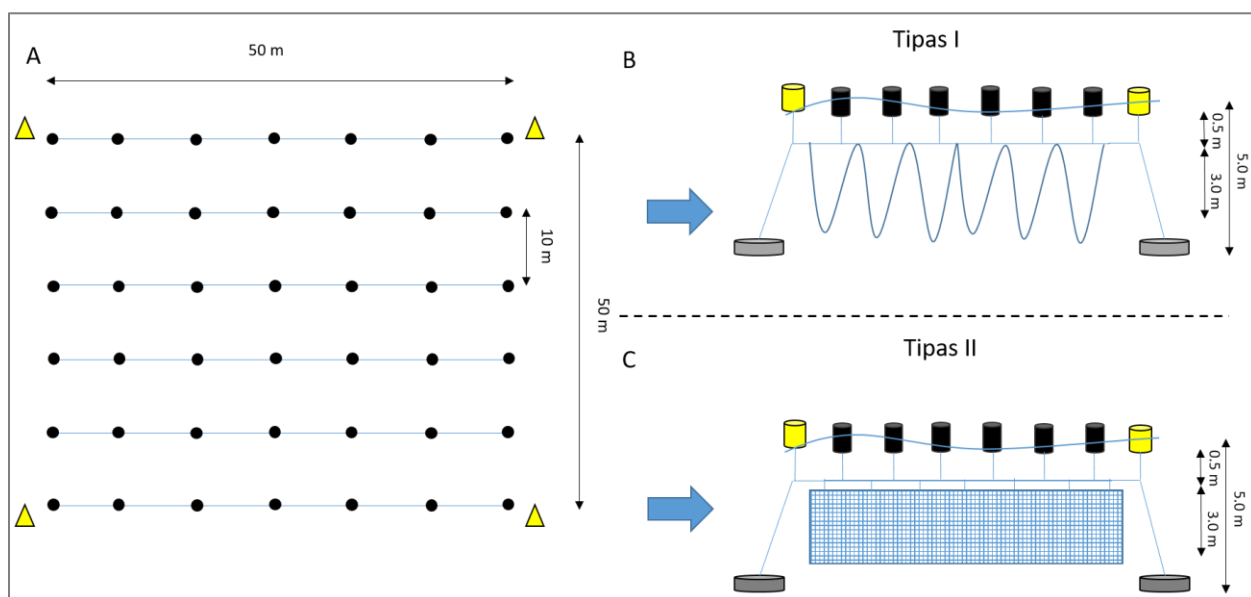
Zaiko, A., Daunys, D., 2012. Density effects on the clearance rate of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* - flume study results. *Hydrobiologia* 680, 79-89.

1.3. Eksperimentinė dreisenų auginimo, stebėsenos ir surinkimo metodika

Remiantis 1.1 skyriuje filtruojančių dvigeldžių kultivavimo sistemų apžvalga ir sukaupta patirtimi bei 1.2 skyriuje atlikta daugiakriterine GIS analize, Kuršių mariose rekomenduotina naudoti „long-line“ tipo sistemas su dviejų tipų kolektoriais: 5 cm pločio švediškais juostomis ir 10 cm akies virviniiais tinklais. Šie du kolektorių tipai turi savo privalumų ir trūkumų (1.1 skyriaus išvados), todėl būtų racionalu eksperimentinėse sistemose išbandyti abu kolektorius prieš pradėdant komercinio dydžio sistemų eksploatavimą. Žemiau yra pateikiamos šių dviejų tipų sistemų techninės charakteristikos, dreisenų auginimo ir rinkimo strategijos bei metodika, taip pat rekomendacijos sistemų bei aplinkos stebėsenai.

1.3.1. Eksperimentinių sistemų techninės charakteristikos

Kiekvieną eksperimentinę sistemą sudaro 6 eilės 50 m ilgio ūdų, kiekviena jų iš kraštų inkaruojama 200-300 kg inkarais ir pažymima specialiais plūdurais (1.3.1.1 pav.). Ūdoms yra tinkamos naudoti 18 mm skersmens ultravioletiniais spinduliais apdorotos polipropileno virvės (ilgesnėms sistemoms rekomenduotinos 32 mm skersmens virvės). Tarp gretimų ūdų turi būti paliktas 5-10 m tarpas saugiam aptarnaujančio laivo manevravimui.



1.3.1.1 pav. Eksperimentinės sistemos vaizdas iš viršaus (A), juostinių kolektorių (B) ir tinklo (C) sistemų vertikalios schemas. Mėlyna spalva – kolektoriai, geltona – žymimieji plūdurai, juoda – sistemą laikantys plūdurai, pilka spalva – sistemą laikantys inkarai, žydra – polipropileno virvės ūda.

Kiekviena ūda yra laikoma paviršiuje 7 litrų plastikiniiais plūdurais, išdėstytais kas 5 metrus (dreisenoms augant ir didėjant bendrai sistemos masei, 7 l plūdurai pakeičiami į 15 l plūdurus, kas sistema negrimztų, jei neužtenka ir šių plūdurų – jie yra pakeičiami specialiais itin didelio plūdrumo vamzdžiais). Kolektoriai prie ūdos pririšami virvele. Ūda laikoma apie 50 cm po vandeniu, vertikalus kolektorių ilgis – 3 m, tokiu būdu kolektoriai vandens stulpe yra išsidėstę 0,5-

3,5 m gylyje. Kadangi sistemos planuojamos giliose (<4 m gylio) vietose, kolektoriai nuo dugno bus pakilę 0,5-1,5 m. Artėjant žiemai, sistemų plūdrumas yra mažinamas nuimant dalį plūdurių (juostinių kolektorių sistemai) ar tvirtinant papildomus svorius (tinklų sistemai), kad sistema panirtų giliau 1 m, tačiau išliktų pakankamas plūdrumas, jog kolektoriai neatsigultų ant dugno. Tokiu būdu minimizuojama ledo reiškinių žala sistemoms. Pasibaigus ledonešiui, sistemos atstatomos į pradinį gylį. Sistemų charakteristikos pateiktos 1.3.1.1 lentelėlentelėje.

1.3.1.1 lentelė. Eksperimentinių dreisenų auginimo sistemų sudėtinės dalys, kiekiai ir specifikacijos.

Komponentas	Kiekis	Tipas	Specifikacija
Inkaras	12	Vagonų ratai	Svoris: 250 kg
Inkaro lynas	12	UV apdorota polipropileno virvė	Ilgis: 6 m, Ø 32 mm
Inkaro plūduras	12	Plastikinis	Ryškios geltonos spalvos
Ūda	6	UV apdorota polipropileno virvė	Ilgis: 50 m, Ø 18 mm
Kolektorius	6 x 250 m	Švediška juosta	Plotis: 5 cm
Kolektorius*	6 vnt. 50x3 m ²	Virvinis tinklas	Tinklo akis: 100 cm ²
Plūdurai	60	Plastikiniai akvakultūros plūdurai	30 vnt. 7 l ir 30 vnt. 15 l
Plūdurai*	120	Plastikiniai akvakultūros plūdurai	60 vnt. 7 l ir 60 vnt. 15 l
Kampiniai plūdurai	4	Geltoni žymimieji plūdurai su signaline šviesa	Atsparūs ledui
Inkaras	4	Vagonų ratai	Svoris: 250 kg

*Kiekiai tinklo tipo kolektoriaus eksperimentinėms sistemoms.

1.3.2. Dreisenų kultivavimas

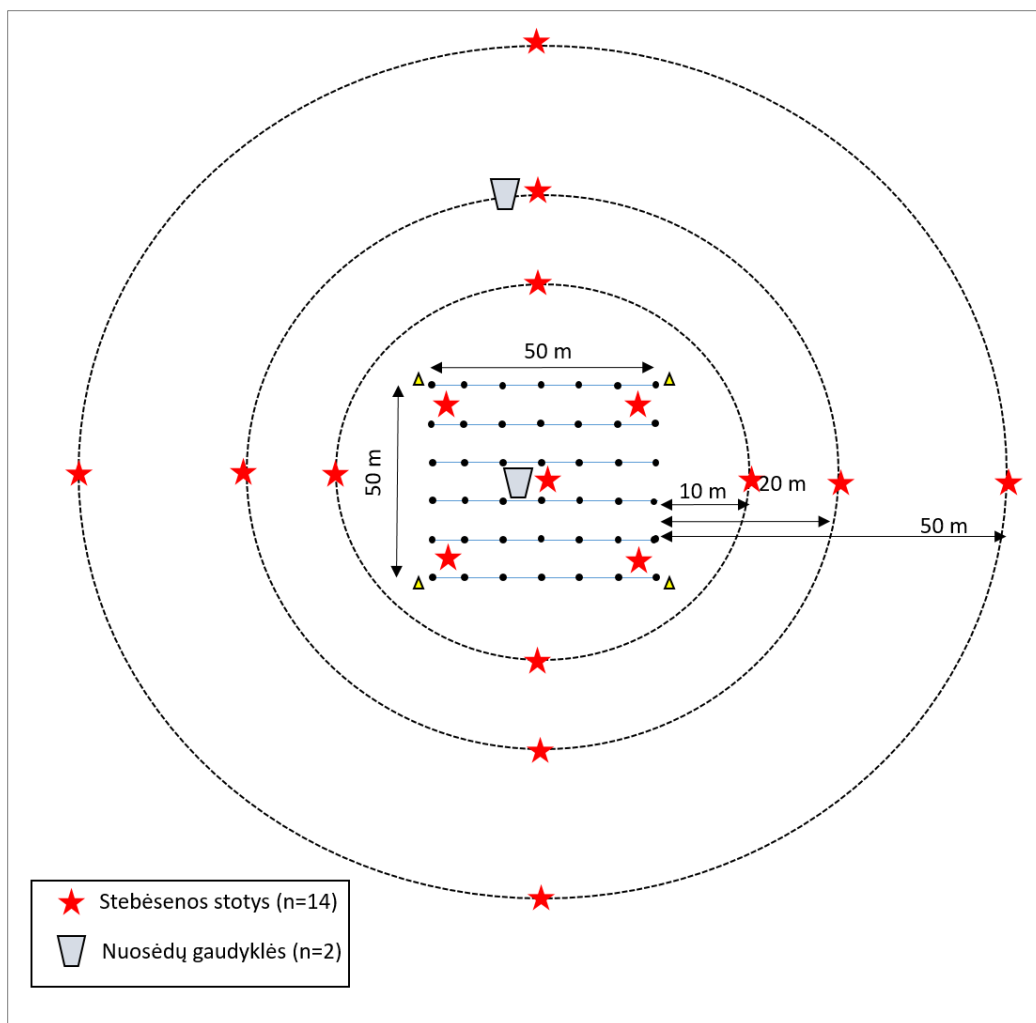
Eksperimentinių sistemų įrengimas turėtų būti atliktas iki pirmojo dreisenų lervučių gausumo piko, t.y. balandžio pabaigoje – gegužės viduryje. Kadangi lervučių nusėdimui ir dreisenų auginimui naudojami tie patys kolektoriai, papildomų specifinių veiksmų kultivavimo metu atlikti nereikia. Dreisenas rekomenduotina auginti 24 mėnesius, pradėdant pirmų metų birželį ir baigiant trečių metų birželį. Pasibaigus rudens augimo sezonui (spalio pabaigoje – lapkričio viduryje), sistemas būtina nuleisti giliau tam, kad kolektoriai išvengtų neigiamo ledo poveikio (1.1.2.2 pav.). Šioje stadijoje būtina užtikrinti, kad nuleistų sistemų kolektoriai neliečia dugno. Priešingu atveju, kaip parodė Platelių ežero praktika (1.1.3), apatinė kolektorių su dreisenomis dalis „atsigula“ dumble, ir moliuskai žūva. Reguliaraus sistemų aptarnavimo ir dreisenų augimo stebėsenos metu būtina atkreipti dėmesį ir dreisenas galinčius apaugti organizmus. Kaip parodė Ščecino lagūnos pavyzdys (1.1.2), antrais metais kultivuojamas dreisenas ėmė apaugti samangyviai *Plumatella fungosa*, kurie lėmė dalies moliuskų mirimą. Tokiu atveju rekomenduotina dreisenas surinkti anksčiau numatyto termino, siekiant išvengti visko derliaus praradimo. Platelių ežere, kolektorių viršutinė dalis apaugo *Cristatella mucedo* rūšies samangyviais, tačiau reikšmingo poveikio dreisenų augimui pastebėta nebuvo.

1.3.3. Auginimo sistemų ir aplinkos stebėseną

Auginimo sistemų stebėseną. Sistemų stebėsenos tikslai yra du: stebėti techninę auginimo sistemų būklę bei augančių dreisenų būklę. Reguliari sistemos stebėseną turėtų būti vykdoma du kartus per mėnesį augimo periodu (gegužė-spalis). Techninės būklės apžiūros metu svarbiausia tikrinti sistemos panirimo gylį. Siekiant išlaikyti pastovų ūdos 50 cm atstumą nuo vandens paviršiaus, aptarnaujantis personalas parenka atitinkamą plūdūrų skaičių ar dydį. Taip pat būtina atkreipti dėmesį į sistemos kraštuose esančių žymimųjų plūdūrų techninę būklę, esant reikalui juos sutvarkyti ar pakeisti.

Dreisenų stebėsenos tikslas – stebėti dreisenų įsikūrimą ant kolektorių, augimo greitį, tankį bei akumuliuojamų maistmedžiagų kiekius. Du kartus per mėnesį nuo kolektorių 0,5-1,5, 1,5-2,5, 2,5-3,5 m vandens stulpo sluoksniuose imami moliuskų mėginiai. Mėginį sudaro visi individai, surinkti nuo 20 cm kolektoriaus atkarpos, ne mažiau 3 (rekomenduotina 5) pakartojimų kiekviename gylio intervale. Mėginiai sudedami į šaltkrepius ir transportuojami į laboratoriją, kur iki tolimesnės analizės laikomi žemesnėje nei -18° C temperatūroje. Laboratorijoje nustatomi moliuskų augimo parametrai (kiauto ilgis, šlapias svoris, sausas svoris), azoto ir fosforo kiekiai, kenksmingų medžiagų (sunkieji metalai Cu, Zn, Fe, Cd, Pb,) koncentracijos.

Aplinkos stebėseną. Aplinkos stebėsenos dreisenų kultivavimo sistemos prieigose tikslas yra nustatyti, kokį poveikį vandens kokybės parametrų daro sistemų eksploatavimas bei kokį poveikį tai turi dugno nuosėdoms ir makrozoobentos bendrijoms. Šie vandens parametrai turi būti stebimi bent kartą per mėnesį augimo periodu: Secchi gylis, paviršiaus ir priedugnio temperatūra, druskingumas, deguonies koncentracija, maistmedžiagų (N ir P) ir chlorofilo a koncentracijos. Rekomenduotina dalį parametrų (chlorofilo a ir suspenduotos medžiagos koncentracijos) analizuoti iš palydovinių nuotraukų, tokiu būdu būtų gaunamas erdvinis įvertinimas. Esant finansinėms galimybėms, rekomenduotina įrengti tam tikrų vandens parametrų automatinę daviklių sistemą. Ši sistema įgalintų nuotoliniu būdu ir realiu laiku auginimo sistemos prieigose stebėti tokias dreisenų augimui svarbias vandens charakteristikas kaip temperatūra, druskingumas, deguonies koncentracija. Pastaroji yra itin svarbi, ypač žinant, kad potencialios auginimo sistemos vietos numatytos giliausiose Kuršių marių zonose, kur epizodiškai gali būti stebima hipoksija. Dugno nuosėdų stebėsenai vieną kartą per sezoną (išskyrus žiemą) imami nuosėdų mėginiai granulimetrinei analizei bei organinės medžiagos kiekio nustatymui, taip pat makrozoobentos mėginiai dugno bendrijų struktūros stebėsenai. Dreisenų biodepozicijai nustatyti kartą per sezoną (išskyrus žiemą) 7 dienoms statomos nuosėdų gaudyklės. Stebėsenos taškai turi apimti pačią sistemą bei jos prieigas visomis kryptimis 10, 20 ir 50 m atstumu (1.3.1.1 pav.). Stebėsenos suvestinė pateikta 1.3.3.1 lentelė lentelėje.



1.3.3.1 pav. Dreisenų auginimo sistemų ir aplinkos stebėsenos schema.

1.3.3.1 lentelė. Auginamų dreisenų ir aplinkos (vandens stulpas ir dugnas) stebėsenos suvestinė.

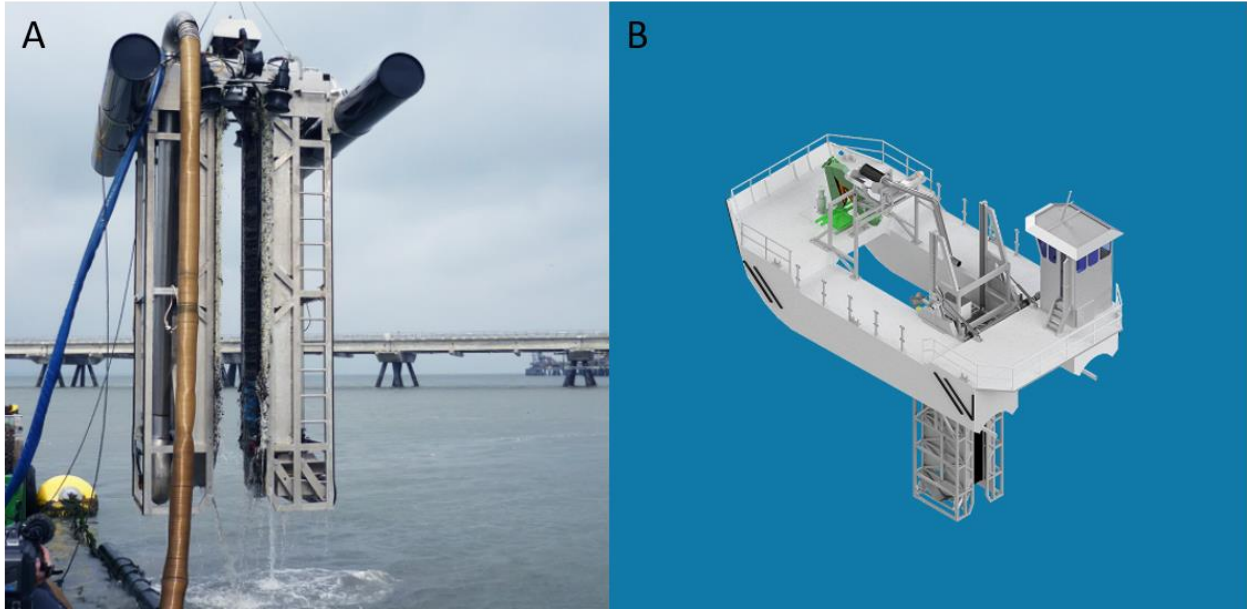
	Parametras	Ėmimo dažnis	Vertikalūs profiliai	Stočių skaičius
Dreisenos	Kiauto ilgis	2 kart. per mėnesį	3	5
	Šlapias svoris	2 kart. per mėnesį	3	5
	Sausas svoris	2 kart. per mėnesį	3	5
	Gausumas	2 kart. per mėnesį	3	5
	N_{tot}	1 kart. per sezoną	1	5
	P_{tot}	1 kart. per sezoną	1	5
	Sunkieji metalai (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb)	1 kart. per sezoną	1	5
Vandens stulpas	Temperatūra	2 kart. per mėnesį	2	14
	Druskingumas	2 kart. per mėnesį	2	14
	Deguonies konc.	2 kart. per mėnesį	2	14

	Secchi gylis	2 kart. per mėnesį	-	14
	N _{tot}	2 kart. per mėnesį	2	14
	P _{tot}	2 kart. per mėnesį	2	14
	Chla a	2 kart. per mėnesį	2	14
	Skendinčios medžiagos	2 kart. per mėnesį	2	14
Dugnas	Nuosėdų granoliometrija	1 kart. per sezoną	-	14
	Organikos kiekis	1 kart. per sezoną	-	14
	Makrozoobentosas (įvairovė, biomasė, gausumas)	1 kart. per sezoną	-	14
	Biodepozicija	1 kart. per sezoną	-	2

1.3.4. Dreisenų surinkimo metodika

Dreisenų surinkimas nuo juostinių kolektorių gali būti atliekamas dvejais būdais: kolektoriai vietoje yra įkeliami į aptarnaujantį laivą ir nuskutami metalinėmis mentelėmis iš abiejų pusių ir patalpinami atgal į vandenį, arba kolektoriai yra atrišami/nupjaunami nuo ūdų, įkeliami į laivą, parplukdomi į krantą, kur moliuskai yra nuskutami nuo kolektorių. Rinkimas nuo šio tipo sistemos nereikalauja specifinių priemonių, visiškai užtenka motorinės valties su plastikiniais konteineriais dreisenoms, karties su kabliu ūdoms ir kolektoriams prisitraukti prie valties, metalinės mentelės moliuskų nugremžimui. Gremžimui taip pat galima naudoti paprastas stakles, sudarytas iš dviejų vertikalių metalinių plokščių su 5 mm tarpu, į kurį kolektorius yra įstatomas ir tempiamas per visą savo ilgį, o moliuskai, užsikabinę už metalinių plokščių, atsikabina nuo kolektoriaus ir nukrenta į po staklėmis pastatytą konteinerį. Tokiu būdu galima aptarnauti ir didesnes apie 20 ha ploto auginimo sistemas.

Surinkimas nuo tinklinių kolektorių yra gerokai sudėtingesnis. Dėl didelio kolektoriaus svorio (vien moliuskų masė gali siekti daugiau nei 20 kg m⁻²), jo iškėlimui į laivą paprastai reikia hidraulinės gervės, o tai didina reikalavimus aptarnaujančiam laivui. Norint to išvengti, rekomenduotina tinklą ant sistemos kabinti ne ištisinį, o 10 m segmentais, tokiu būdu užtektų 2-3 žmonių jėgos tinklui įkelti į valtį. Įkėlus kolektorių į laivą ar valtį, bet kuriuo atveju jis plukdomas į krantą, kur specialių šepėčių ir aukšto slėgio vandens purkštovo pagalba moliuskai yra atskiriami nuo kolektoriaus ir galiausiai surenkami į konteinerį. Visgi, jei eksperimentines sistemas, kurių bendras tinklo plotas yra sąlyginai mažas, galima surinkti be specializuotos technikos, tai didesnėms komercinio dydžio sistemoms ji jau yra būtina (1.3.4.1 pav.). Komerciniam rinkimui naudojami specialūs povandeniniai „siurbliai“, kurie hidrauline gerve nuleidžiami į vandenį taip, kad tinklas atsidurtų abipus mechanizmo šepėčių, kurie besisukdami atskiria moliuskus nuo kolektoriaus, kurie per vakuuminę žarną susiurbiami į konteinerius laive. Taip pat akvakultūros technologijų gamintojai (pvz., Norvegijos įmonė SmartFarm, www.smartfarm.no) siūlo specialius, vien moliuskų rinkimui nuo tinklinių kolektorių pritaikytus laivus (1.3.4.1 pav.).



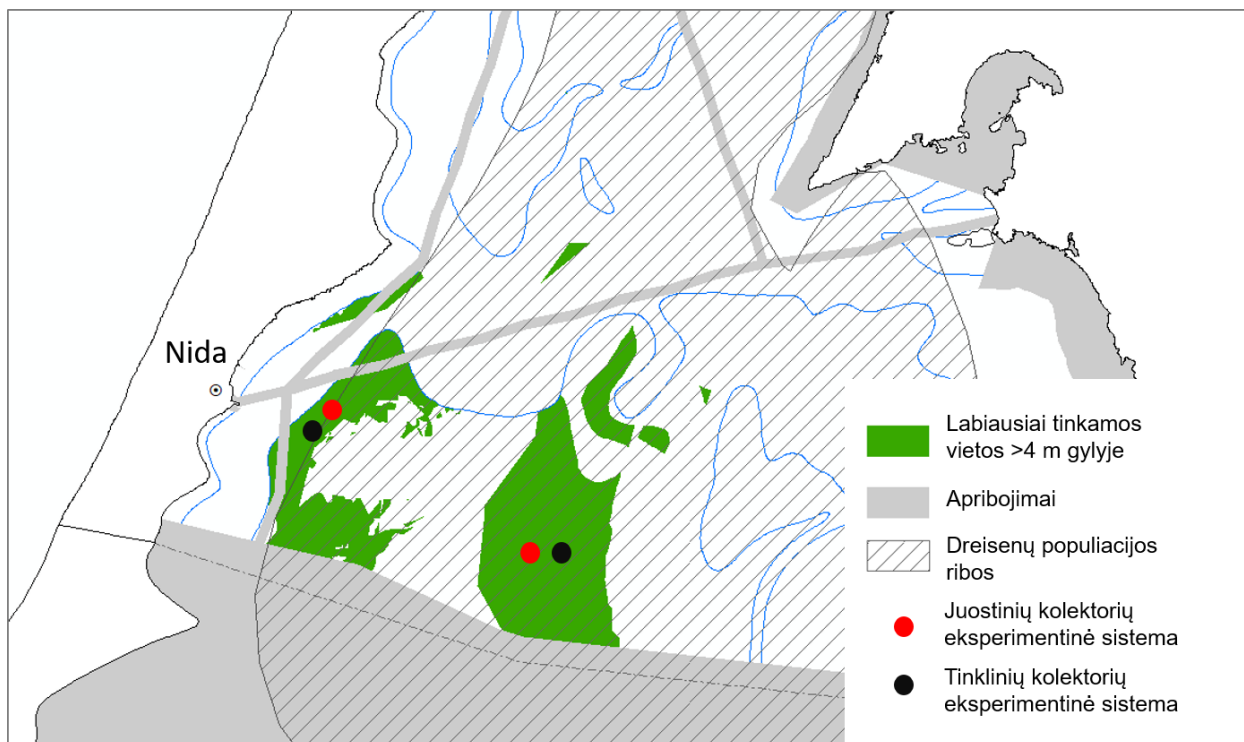
1.3.4.1 pav. Specializuota technika dreisenų rinkimui nuo komercinio dydžio auginimo sistemų su tinklų kolektoriais: gervės keliama moliuskų nusiurbimo mašina (A), specializuotas katamarano tipo kateris su integruota moliuskų nusiurbimo mašina (B) (nuotraukų šaltinis: www.smartfarm.no).

1.4. Dreisenų auginimo vietų ir jų ploto bei auginimo trukmės scenarijai

Remiantis 1.2 skyriuje daugiakriteriniu vertinimu paremtu labiausiai tinkamų vietų dreisenų auginimo sistemoms teritorijų parinkimu bei atsižvelgiant į 1.3 skyriuje aprašytas sistemų technines charakteristikas ir metodikas, šiame skyriuje yra pateikiami trys dreisenų auginimo Kuršių mariose scenarijai. Visi scenarijai apima dvi pietinės Kuršių marių dalies teritorijas (1.2.4.1 pav., 1.2.4.1 lentelė, teritorijos Nr. 6 ir 7): išilgai Nidos ir 1,5-3,8 km atstumu nuo kranto esanti 5,2 km² teritorija ir centrinėje dalyje esanti 9,3 km² teritorija, nuo Nidos ir Ventės rago nutolusi atitinkamai 7 ir 9 km. Būtina paminėti, kad biomasės produkcijos ir maistmedžiagių akumuliacijos skaičiavimai remiasi kitų ekosistemų ir kitokios specifikacijos auginimo sistemų duomenimis, todėl juos interpretuoti reikėtų atsargiai.

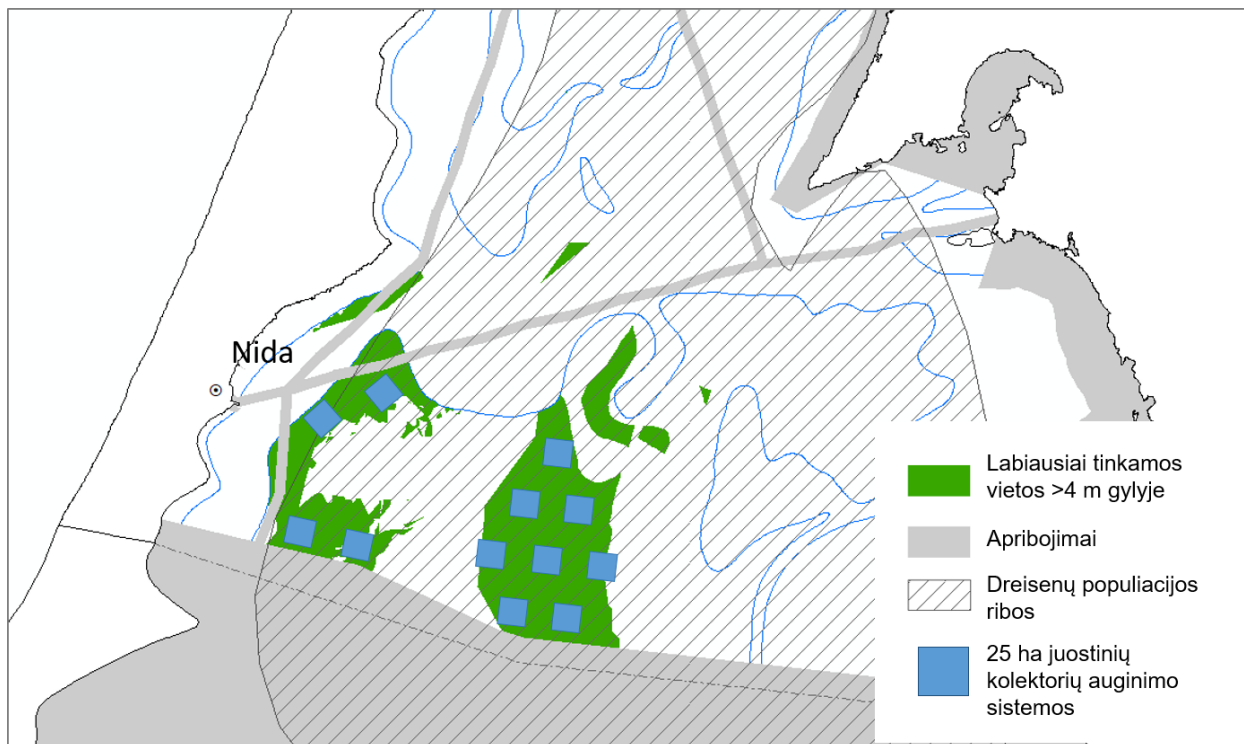
I scenarijus. Minimalus scenarijus, dvi juostinių kolektorių eksperimentinės sistemos (1.3.4.1 pav.). Šio scenarijaus tikslas – dvejose teritorijose (ties Nida ir centrinėje dalyje) išbandyti dvi juostinių kolektorių eksperimentines sistemas, kurių įrengimas, priežiūra ir dreisenų surinkimas yra techniškai paprasčiausi ir reikalaujantis mažiausiai kaštų. Šių sistemų eksploatavimas atsakytų į esminius klausimus: 1) ar sistemos struktūriškai atlaikys audras ir ledonešį, 2) dreisenų augimo greitį ir produkciją, 3) dreisenų akumuliuojamus maistmedžiagių kiekius, 4) vandens charakteristikų taškinis ir erdvinis pokyčius, 5) sistemų efektyvumą dvejose teritorijose. Abi sistemos turėtų būti įrengtos gegužės mėnesio antroje pusėje prieš dreisenų lervučių gausumo piką. Vienas sistemos eksploatacijos ciklas truktų 24 mėnesius: pirmų metų birželį-gruodį, ištikus antrus metus ir trečių metų sausį-gegužę. Surinkus dreisenas gegužės mėnesio pabaigoje, tie patys kolektoriai galėtų būti toliau naudojami antram 24 mėn. ciklui. Remiantis 1.1.2 ir 1.1.3 poskyriuose pateikta informacija, tikėtina, kad šios dvi sistemos per 24 mėn. ciklą galėtų sukaupti apie 300 kg sausos dreisenų biomasės, kuri akumuliuotų apie 4,5 kg bendro azoto ir 0,24 kg bendro fosforo.

II scenarijus. Kombinuotas eksperimentinis scenarijus, dvi juostinių ir dvi tinklinių kolektorių eksperimentinės sistemos (1.3.4.1 pav. pav.). Šio scenarijaus tikslas – dvejose teritorijose (ties Nida ir centrinėje dalyje) palyginti juostinių ir tinklinių kolektorių efektyvumą. Šių sistemų eksploatavimas atsakytų į esminius klausimus: 1) ar abu sistemų tipai struktūriškai atlaikys audras ir ledonešį, 2) dreisenų augimo greitį ir produkciją ant skirtingų kolektorių, 3) dreisenų akumuliuojamus maistmedžiagių kiekius, 4) vandens charakteristikų taškinis ir erdvinis pokyčius skirtingose sistemose ir jų prieigose, 5) abiejų sistemų efektyvumą dvejose teritorijose. Visos keturios sistemos turėtų būti įrengtos gegužės mėnesio antroje pusėje prieš dreisenų lervučių gausumo piką. Vienas sistemos eksploatacijos ciklas truktų 24 mėnesius: pirmų metų birželį-gruodį, ištikus antrus metus ir trečių metų sausį-gegužę. Surinkus dreisenas gegužės mėnesio pabaigoje, tie patys kolektoriai galėtų būti toliau naudojami antram 24 mėn. ciklui. Remiantis 1.1.2 ir 1.1.3 poskyriuose pateikta informacija, tikėtina, kad šios dvi juostinių kolektorių sistemos per 24 mėn. ciklą galėtų sukaupti apie 300 kg sausos dreisenų biomasės, kuri akumuliuotų apie 4,5 kg bendro azoto ir 0,24 kg bendro fosforo, o dvi tinklinių kolektorių sistemos galėtų sukaupti apie 8 t sausos biomasės, kurioje būtų akumuliuota apie 120 kg bendro azoto ir 6 kg bendro fosforo.



1.3.4.1 pav. Eksperimentinių sistemų su juostiniais ir tinkliniais kolektoriais vietos dvejose labiausiai tinkamose teritorijose I ir II scenarijų atvejams.

III scenarijus. Maksimalus scenarijus, komercinio dydžio (25 ha) juostinių kolektorių sistemos. Šio scenarijaus tikslas – dvejose teritorijose (ties Nida ir centrinėje dalyje) suplanuoti didžiausią galimą dreisenų auginimo sistemų plotą. Remiantis komercinių midijų auginimo sistemų praktika, optimalus juostinių sistemų plotas yra iki 25 ha, t.y. 500x500 m. Šiame scenarijuje yra optimaliai sutalpinamos tokio dydžio sistemos, paliekant 500 m atstumtus tarp atskirų sistemų (1.3.4.2 pav.). Tokiu atveju, teritorijoje ties Nida galimos keturios sistemos, o centrinėje dalyje – aštuonios. Vienas sistemos eksploatacijos ciklas truktų 24 mėnesius: pirmų metų birželį-gruodį, ištikus antrus metus ir trečių metų sausį-gegužę. Surinkus dreisenas gegužės mėnesio pabaigoje, tie patys kolektoriai galėtų būti toliau naudojami antram 24 mėn. ciklui. Siekiant pastovesnio dreisenų kultivavimo efekto aplinkai bei paskirstant surinkimo pastangas, rekomenduotina sistemas įrenginėti pamečiui, t.y. per tris metus įrengti po 4 sistemas. Tokiu būdu, surenkant dreisenas nuo vienos sistemos, šalia esančios sistemos bus pirmų ar antrų metų, taip užtikrinant pastovesnį filtravimo potencialą. Visos sistemos turėtų būti įrengtos iki gegužės mėnesio antros pusės prieš dreisenų lervučių gausumo piką. Kadangi tokio dydžio dreisenų auginimo sistemų įgyvendinimo praktikoje nėra, todėl galimą dreisenų produkciją ir maistmedžiagių akumuliacijos kiekius būtų korektiška pateikti tik po I ar II scenarijų įgyvendinimo. Taip pat kol kas nėra aišku, ar techniškai įmanoma aptarnauti komercinių dydžių tinklinių kolektorių sistemas sekliose Kuršių mariose, todėl šio tipo kolektorių sistemos į šį scenarijų neįtrauktos.



1.3.4.2 pav. Komercinio dydžio (25 ha) galimos sistemų įrengimo vietos dvejuose labiausiai tinkamose teritorijose.

1.5. Siūlomoms technologijoms ribojantys veiksniai ir jų valdymo galimybės

Remiantis praktiniais auginimo sistemų eksploatavimo pavyzdžiais, ekspertinėmis Kuršių marių ekosistemos žiniomis bei eksperto inžinerine kvalifikacija ir patirtimi įrengiant ir prižiūrint moliuskų kultivavimo sistemas Greifsvaldo įlankoje (Vokietija), 1.5.1 lentelėje pateikta apibendrinta informacija apie siūlomoms „long-line“ tipo auginimo sistemoms su juostiniais ir tinkliniais kolektoriais ribojančius veiksnius, galimus neigiamus veiksmų poveikius ir jų mechanizmus bei galimas jų valdymo galimybes.

1.5.1 lentelė. Siūlomas dreisenų kultivavimo technologijas ribojantys veiksniai, jų galimas poveikis ir valdymo galimybės.

Ribojantys veiksniai	Galimas poveikis	Valdymo galimybės
Ekstremali vasaros temperatūra	Itin aukšta vandens temperatūra (30° C) sąlygoja lėtesnį dreisenų augimą, o prie 32° C galimas dreisenų mirimas.	Aukštesnė nei 32° C vandens temperatūra Kuršių mariose nėra stebima, kolektoriai visada yra 0,5-3,5 m gylyje, kur yra pakankamai apsaugoti nuo žalingų UV spindulių. Derliaus rinkimas numatytas iki karščiausio periodo.
Didelė melsvabakterių ir skendinčių medžiagų koncentracija	Itin didelės melsvabakterių ir skendinčių medžiagų koncentracijos mažina moliuskų filtravimo greičius.	Dreisenos yra gerai prisitaikiusios gyventi eutrofikuotose ir didelio drumstumo ekosistemose, ir, nors tai turi neigiamos įtakos jų augimo greičiui bei aktyvumui, letalaus poveikio šie veiksniai neturi.
Ekstremalūs druskingo vandens įtekėjimai	Ekstremalūs druskingo vandens įtekėjimai gali turėti įtakos lervučių nusėdimui ant kolektorių ir augimo greičiams.	Planuojamos dreisenų kultivavimo teritorijos yra labiausiai nuo jūros nutolusioje Lietuvos Kuršių marių dalyje, kur jūrinio vandens prietakos poveikis yra mažiausias, ir po natūraliomis dreisenų kolonijomis, kur yra didžiausias lervučių tankis. Lervučių nusėdimas ant kolektorių vyksta ištiesai nuo gegužės iki rugsėjo, todėl momentinis įtekėjimas viso neršto nesunaikins. Dreisenos bręsta itin greitai (apie 3 mėnesius), o subrendę individai gali nesunkiai toleruoti trumpalaikius druskingumo pokyčius.
Hipoksija	Vasaros metu hipoksija priedugniniame sluoksnyje gali sąlygoti lėtesnį dreisenų augimą ir mirimą.	Vasaros sezonu kolektoriai yra pakelti 1-1,5 m atstumu nuo dugno. Dreisenos yra gerai prisitaikiusios išgyventi trumpalaikius deguonies stygius.

Ledas	Ledo danga gali pažeisti plūdurus ir viršutinę sistemos dalį, pavasarinis ledonešis gali struktūriškai pažeisti ar visiškai sunaikinti sistemas ir kolektorius (ypač tinklinius).	Pasibaigus rudens augimo sezonui (spalio pabaiga – lapkričio vidurys), papildomų svorių pagalba panardinti sistemą į 1-1,5 m gylį. Prieš pavasarinį augimo sezoną papildomi svoriai nuimami ir atstatomas pradinis sistemos gylis.
Kintantis sistemos svoris	Dėl vis didėjančių dreisenų apaugimų, didėja bendras sistemos svoris, kas lemia sistemos (ypač centrinės ūdos dalies) grimzdimą gilyn.	Pavasario-rudens sezonais sistemos apžiūros reguliariai, du kartus per mėnesį. Yra stebimas ūdos atstumas nuo paviršiaus (optimalus – 50 cm), jei atstumas didėja, 7 l plūdurai yra keičiami į 15 l, arba pritvirtinami papildomi plūdurai taip, kad sistema laikytųsi optimaliame gylyje. Tinklinės sistemos gali tapti per daug sunkios plūdurams, tokiu atveju plūdurai pakeičiami specialiais plūdrumų palaikančiais vamzdžiais.
Plėšrūnai	Vandens paukščiai gali misti kultivuojamomis dreisenomis, besimaitinantys paukščiai dalį moliuskų nuo kolektorių numeta ant dugno.	Kuršių marių vandens paukščiai dreisenomis maitinasi itin retai, paprastai jų mitybos racioną sudaro kitas gausiai prieinamas maistas, neturintis kieto kiauto (pvz., chironomidai). Iš Kuršių mariose gausiai sutinkamų paukščių tik laukių mityboje stebimos dreisenos, tačiau vasarą jie maitinasi kitais objektais, o žiemą, jei nėra ledo dangos, buriuojasi ties Kiaulės nugara. Ščecino lagūnoje žilosios antys gali intensyviai maitintis dreisenomis, tačiau Kuršių mariose jos itin retos.
Biologinės apaugos	Ant kolektorių prisitvirtinusias dreisenas gali apaugti kiti organizmai, taip slopindami filtravimo efektyvumą, lėtinami augimą ir didindami mirtingumą.	Reguliaraus sistemų aptarnavimo ir dreisenų augimo stebėsenos metu būtina atkreipti dėmesį ir dreisenas apaugančius organizmus. Jeigu tokie organizmai turi žymų letalų poveikį dreisenoms, reikia anksti derliaus surinkimo laiką. Kuršių mariose išbandytų sistemų nei dreisenos, nei patys kolektoriai pirmais metais kitais organizmais neapaugo, antrais metais Platelių

		ežere dalį dreisenų apaugo samangyviai <i>C. mucedo</i> ir pintys, tačiau reikšmingo poveikio neturėjo, Ščecino lagūnoje dreisenos apaugo samangyviais <i>P. fungosa</i> , kurie lėmė padidėjusį dreisenų mirtingumą.
Sąnašos	Tinkliniuose kolektoriuose esant didelei srovei gali užstrigti ir kauptis stambios sąnašos (pvz., vandens augalai), taip didinant sistemos svorį, kas gali lemti struktūrinius sistemos pažeidimus.	Egzistuojančiose tinklinių kolektorių praktikose tokio pobūdžio problemų pastebėta nebuvo, įskaitant ir Kuršių marių litoralės sistemas. Reguliarių sistemos aptarnavimų metu pastebėjus sąnašų kaupimąsi, esant reikalui reguliuoti sistemos plūdrumą papildomais plūdurais išlaikant sistemą optimaliame gylyje. Taip pat rekomenduotina tinklinius kolektorius ant ūdų tvirtinti segmentais (pvz., 10 m ilgio).