

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
HIDROBIOLOĢIJAS KATEDRA

ZIVJU SABIEDRĪBAS SEZONĀLĀS IZMAIŅAS
LIEPĀJAS OSTAS AKVATORIJĀ SAIMNIECISKĀS
DARBĪBAS IETEKMĒ

Bakalaura darbs

Autors: Austra Kroģere
Stud. apl. Nr. ak 18232
Darba vadītājs: Mag. biol. Laura Briekmane

RĪGA 2021

KOPSAVILKUMS

Darbā analizēta Liepājas ostas akvatorijas zivju sabiedrība, tās sezonālās izmaiņas, un to galvenie ietekmējošie faktori. Datu ievākšana, veicot kontrolzveju ar zinātniskajiem tīkliem trīs gadu garumā, četrās sezonās (rudens, ziema, pavasaris, vasara) sniedz precīzu ieskatu par zivju sugu sezonālajām izmaiņām. Papildus ievāktie hidroloģiskie dati ļauj spriest par galvenajiem ietekmējošajiem faktoriem. Darbu vēl unikālāku padara vienā no pētījuma posmiem veiktā ostas padziļināšana, izceļot grunti, kas ļauj ne tikai novērtēt papildus faktoru ietekmi uz zivju sugu mainību, bet izdarīt secinājumus arī par saimnieciskās darbības ietekmi uz zivju sabiedrību akvatorijā, novērot ostas ekosistēmas atjaunošanās gaitu. Grunts izcelšana īpaši negatīvi ietekmē bentiskās zivis, tomēr radītās sekas atspoguļojas uz visu akvatorijas zivju sabiedrību. Izmainās sugu sastāvs, samazinās nozvejas apjomi uz piepūles vienību (CPUE), pārsvarā pasliktinās barības pieejamība zivīm (norāda Fultona koeficients), pieaug sugu daudzveidība (Šenona indekss). Ostas padziļināšanas ietekme uz akvatorijas zivju sugām un to sezonālo mainību izteikti vērojama arī gadu pēc saimnieciskās darbības veikšanas.

Atslēgvārdi: ostas zivju sabiedrība, sezonālas izmaiņas, saimnieciskā darbība.

SUMMARY

The paper analyzes the fish community of Liepāja port aquatory, its seasonal changes, and their main influencing factors. Data collection through three years of control fishing with scientific nets in four seasons (autumn, winter, spring, summer) provides an accurate insight into the seasonal variation of fish species. In addition, the collected hydrological data allow to judge the main influencing factors. The work is made even more unique by the dredging of the port in one of the study stages, highlighting the ground, which allows not only to assess the impact of additional factors on fish species variability, but also to draw conclusions about the impact of economic activities on fish communities. Seabed digging has a particularly negative impact on demersal fish, but the consequences are reflected in the entire fish community in the area. The composition of the species is changing, catches per unit effort (CPUE) are decreasing, the life quality of fish is mostly deteriorating (according to the Fulton coefficient), and the diversity of species are increasing (Shannon index). The impact of the dredging of the port on the fish species in the water area and their seasonal variability is clearly observed one year after the economic activity.

Keywords: Fish community of the ports, seasonal changes, economical activity

SATURS

IEVADS	5
1. LITERATŪRAS APSKATS	6
1.1. Baltijas jūras piekrastes raksturojums	6
1.1.1. Vispārīgs raksturojums	6
1.1.2. Piekrastes zivju sabiedrības raksturojums	6
1.1.3. Piekrastes zivju sezonālā dinamika	8
1.2. Zivju izplatība ostu akvatorijās	10
1.3. Saimnieciskās darbības ietekme uz zivju sabiedrību	12
1.3.1. Saimnieciskās darbības veidi un to ietekme	12
1.3.2. Piekrastes ekosistēmu atjaunošanās pēc saimnieciskās darbības	13
1.3.3. Saimnieciskās darbības radīto zaudējumu aprēķināšana	14
1.4. Liepājas ostas raksturojums	15
1.4.1. Ostas teritorija un ūdeņu sateces baseins	15
1.4.2. Saimnieciskā darbība Liepājas ostā	16
2. MATERIĀLI UN METODES	18
2.1. Bioloģisko paraugu ievākšana un apstrāde	18
2.2. Datu analīze	20
2.2.1. Nozveja uz piepūles vienību	20
2.2.2. Šenona daudzveidības indekss	20
2.2.3. Fultona koeficients	21
2.2.4. Zivsaimnieciskās produktivitātes zaudējumu aprēķins	21
3. REZULĀTI	22
3.1. Sugu sastāva izmaiņas pa periodiem un sezonām	22
3.2. Nozvejas izmaiņas pa periodiem un sezonām	26
3.3. Šenona indekss	27
3.1. Fultona koeficients	29
3.2. Zivsaimniecības produktivitātes zaudējumu aprēķins	30
4. DISKUSIJA	32
5. SECINĀJUMI	39
PATEICĪBAS	40
LITERATŪRAS SARAKSTS	41
PIELIKUMI	46

IEVADS

Trešā lielākā Latvijas osta – Liepājas osta – ir īpatnēja ar savu ekosistēmu. Tajā jūras iesāļais ūdens jaucas ar Liepājas ezera saldūdeni, kas ostas akvatorijā ietek caur kanālu. Līdz ar ūdeņiem, ostā veidojas arī jaukta zivju sabiedrība – sastopamas gan jūras, gan saldūdens, gan ceļotājzivju sugas. Zivju sabiedrība dinamiski mainās atkarībā no sezonām, gaisa un ūdens temperatūras, nārsta un barības migrācijām, un vēl citiem faktoriem. Papildus biotisko un abiotisko faktoru ietekmei, ostā tika uzsākta saimnieciskā darbība ar mērķi padziļināt akvatoriju, priekšostas teritoriju un kanālu, izceļot grunti, tādejādi atvieglot kuģu transporta iespējas. Šāda iejaukšanās, viennozīmīgi, vēl vairāk ietekmē zivju sabiedrības mainību. Prognozēts, ka saimnieciskās darbības ietekmē dzīvotnē samazināsies zivju biomasa un sugu daudzveidība, savukārt atkopšanās prasīs zināmu laiku. Zīmīgi, ka Latvijā ir veikti salīdzinoši maz ostu ekosistēmu pētījumi, kas ietvertu ilgu laika posmu, regulāru sezonālu apsekošanu. Vēl mazāk ir veikti praktiski pētījumi, uz kuru pamata veikt saimnieciskās darbības ietekmi ostu ūdeņos. Ir svarīgi apzināt zivju sabiedrības sastāvu un sezonālo mainību gan normālos apstākļos – pirms saimnieciskās darbības, gan stresa apstākļos – saimnieciskās darbības laikā, kā arī novērtēt zivju sabiedrības atjaunošanos pēc tās. Šādi pētījumi ir svarīgi precīzākai, datus balstītai saimnieciskās darbības ietekmes uz vidi novērtēšanai un potenciālo seku samazināšanai.

Darba mērķis ir izpētīt Liepājas ostas akvatorijas zivju sabiedrību, tās sezonālo mainību un galvenos ietekmējošos faktorus, kā arī izvērtēt saimnieciskās darbības ietekmi uz zivju sabiedrību.

Darba uzdevumi:

1. Analizējot esošos informācijas avotus, raksturot Baltijas jūras piekrastes zivju sabiedrību, tās sezonālo dinamiku, kā arī faktorus, kas ietekmē zivju izplatību ostu akvatorijās;
2. Novērtēt zivju sabiedrības sezonālo sugu sastāvu pēc monitoringā iegūtajiem rezultātiem gan pirms, gan pēc saimnieciskās darbības veikšanas;
3. Izvērtēt saimnieciskās darbības ietekmi uz zivju sabiedrību;
4. Novērtēt zivju sabiedrības atkopšanās procesus pēc saimnieciskās darbības.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Baltijas jūras piekrastes raksturojums

1.1.1. Vispārīgs raksturojums

Par jūras piekrasti tiek uzskatīta zona līdz 20 metru dziļumam (HELCOM 2018). Baltijas jūras piekrastes kopējais garums ir ap 8000 km (Ruskule u.c. 2009); Latvijas piekrastes kopējais garums ir 497 km; atklātās jūras piekrastes – 183 km (Lapinskis 2019). Piekrastes zonas grunti parasti klāj smiltis vai smalka grants, dažviet novērojamas akmeņainas piekrastes, kas visticamāk radušās erozijas procesos (Ojaveer 2017, (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017). Vietās, kur jūrā ieplūst upes, varētu tikt ienestas arī nedaudz dūņas un māli. Upju ieplūšanas zonās ūdens tiek atšķaidīts ar upju ienesto saldūdeni, tādēļ, salīdzinot ar jūru, piekrastes ūdens sāļums ir daudz mazāks (5,0-7,5 promiles) (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017). Ūdens temperatūra piekrastē ļoti variē atkarībā no sezonas. Piemēram, Latvijas atklātās jūras piekrastē augustā temperatūra sasniedz 18-19°C, ziemā tā noslīd līdz 0-1°C (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017). Jāpiemin, ka ziemā, ja gaisa temperatūra ilgstoši ir zem nulles, piekrastē uz ūdens virsmas veidojas ledus slānis. 50-70% no aizvadītajām ziemām (no 1956. līdz 2005. gadam) Latvijas atklātās jūras piekraste pārklājās ar ledu (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017).

1.1.2. Piekrastes zivju sabiedrības raksturojums

Baltijas jūras reģionā reģistrētas apmēram 230 zivju sugas (Aigars (galv.red.) 2018 (a)). Pelaģisko zivju sabiedrību galvenokārt veido divas jūras zivju sugas: reņģes (*Clupea harengus*) un brētliņas (*Sprattus sprattus*) (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017). Sastopamākās bentiskās zivju sugas ir plekste (*Platichthys flesus*) un menca (*Gadus morhua*) (Ojaveer 2017). Pēdējos gados arvien biežāk sastopams kļūst apaļais jūrasgrundulis (*Neogobius melanostomus*) (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017). Lielākā daļa jūras zivju sugu Baltijas jūrā ir iecelojušas no okeāna, kur ūdens sāļums, temperatūra un skābekļa piesātinājums ir ievērojami atšķirīgi. Tikai daļai sugu izdevies veiksmīgi pielāgoties, lielākai daļai jūras zivju sugu ir nepietiekama sāļuma izraisīts stress – ja notiek vēl papildus sāļuma samazināšanās, zivīm ir liela iespēja iet bojā (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017).

Jūras piekrastē, līdz ar upju saldūdens ieplūšanu, veidojas vāji iesāļš ūdens, kurā spēj uzturēties arī saldūdens zivju sugas (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017). Rezultātā veidojas savdabīga zivju sabiedrība, kurā ietilpst iepriekš minētās pelaģiskās un bentiskās jūras zivju sugas, kā arī saldūdeņu zivis. Izplatītākās saldūdens zivis, kas sastopamas jūras piekrastē ir asaris (*Perca fluviatilis*), zandarts (*Sander lucioperca*), rauda (*Rutilus rutilus*), plaudis

(*Abramis brama*) (HELCOM 2018). Citos avotos tiek uzskaitīts arī ķīsis (*Gymnocephalus cernuus*) un trīsdatu stagers (*Gasterosteus aculeatus*) (Snoeijs – Leijonmalm et al. 2017).

Piekrastes zonas, kur ieplūst upju deltas vai citi saldūdens ceļi (piemēram, Liepājas kanāls), ir iemesls, kādēļ Latvijas jūras piekrastēs sastopamas arī ceļotājzivju sugas (zutis (*Anguilla anguilla*), Atlantijas lasis (*Salmo salar*), taimiņš (*Salmo trutta*), vimba (*Vimba vimba*) un salaka (*Osmerus eperlanus*)) (Putnis 2019).

Latvijas jūras piekrastē nereti sastopamas arī zivis, kas raksturīgas Ziemeļjūrai, piemēram, Eiropas anšovs (*Engraulis encrasicolus*) un Atlantijas makrele (*Scomber scombrus*) (Putnis 2019).

Atsaucoties uz Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskā institūta “BIOR” Zivju resursu pētniecības departamenta 2018. gada zinātnisko atskaiti, apstiprinās, ka arī Latvijas piekrastē zivju sabiedrība ir mainīga, tomēr atbilstoša iepriekš minētajiem avotiem. Proti, Latvijas piekrastē 2018. gadā dominēja reņģe, kuras populācija Latvijas jūras piekrastē pēdējos gados samazinās (BIOR 2019 (a)). Pārzvejas, ūdens temperatūras paaugstināšanās un sāļuma samazināšanās dēļ to populācija sarūk visā Baltijas jūrā (Olsson 2012). Latvijas piekrastē sastopama arī brētliņa un asaris, kuru skaits Latvijas piekrastē ir pieaudzis. Lielos daudzumos sastopamas arī plekstes un raudas, kuru skaits pieaug. Pretrunīgā situācijā ir apaļais jūrasgrundulis – iepriekš minēts, ka tas kļūst arvien biežāk sastopams un ir ieguvis invazīvas sugas statusu. Tomēr veiktie pētījumi rāda, ka Latvijas jūras piekrastē pēdējos gados to skaits samazinās (BIOR 2019 (a)). Latvijas zivsaimniecības gadagrāmatā (2020) D. Ustups skaidro, ka kopš apaļais jūrasgrundulis ieguvis invazīvas sugas statusu, Latvijas piekrastē tiek veikta zinātniski pamatota apaļā jūrasgrunduļas zveja ar mērķi pēc iespējas samazināt to ietekmi uz vietējām zivju sugām. Intensīvas specializētās zvejas rezultātā apaļā jūrasgrunduļa nozveja ik gadu pieauga par vidēji 300 tonnām, 2018. gadā sasniedzot 1101 tonnu. Nākamajos gados sekoja straujš nozvejas kritums saistībā ar šīs zivju sugas skaita samazināšanos Latvijas piekrastē (Ustups 2020).

Baltijas jūrā sastopamas daudzas zivju sugas ar aizsargājamas sugas statusu. HELCOM publikācijā (2013) par Baltijas jūras sugām, kurām draud izmiršana, tiek uzskaitītas arī vairākas Latvijas piekrastē sastopamas zivju sugas, piemēram, zutis (*Anguilla anguilla*) skaitās bīstami apdraudēta suga (ļoti augsta iespējamība izmirt savvaļā). 2018. gadā Latvijas piekrastē nozvejotas 0,20 tonnas zušu (BIOR 2019 (a), Zemkopības ministrijas Zivsaimniecības departaments 2020). Atlantijas store (*Acipenser oxyrinchus*) skaitās reģionāli izmirusi (HELCOM 2013), tomēr jau minētajā atskaitē tiek uzrādīta 0,01 tonnu nozveja (BIOR 2019 (a)), kas, visticamāk, ir populācijas attīstības veicināšanai mākslīgi pavairoto un ielaisto sturu dēļ (Purvina un Medne 2018). Kā jutīgas sugas (ar augstu iespējamību izmirt savvaļā) saskaņā

ar HELCOM publikāciju (2013), tiek uzskatīti arī: upes nēģis (*Lampetra fluviatilis*) – teorētiski sastopams visā Latvijas jūras piekrastē, bet BIOR 2019. gadu uzskaitē norāda, ka tas sastapts tikai Rīgas līča teritorijās un ar nelielu nozveju (0,8 tonnas); Atlantijas lasis (*Salmo salar*), kas kā ceļotājzivis ir pavasaros sastopams arī Latvijas piekrastē, taimiņš – arī Latvijas piekrastē sastopama suga; menca, kurai 2018. gadā, kā apdraudētai sugai, Latvijas jūras piekrastē bijusi augsta nozveja – 41,72 tonnas (BIOR 2019 (a)). Lai uzlabotu mencas populācijas stāvokli, 2020. gadā stājās spēkā mencas specializētās zvejas liegums Baltijas jūrā, tai skaitā Latvijas piekrastē (Zemkopības ministrija 2020).

Viens no lielākajiem apdraudējumiem, kas noved pie zivju skaita samazināšanās, ir to pārzveja, īpaši mencām, lašiem (Olsson et al. 2012). Pārzveja gan galvenokārt attiecināma uz Baltijas jūras atklāto daļu nevis piekrasti, tomēr kopējā nozveja ietekmē arī piekrastē sastopamo sugu sabiedrību. Latvijas zivsaimniecības gadagrāmatas (2020) zvejniecības statistika rāda, ka pēdējos gados Baltijas jūrā un Rīgas līcī aiz piekrastes ūdeņiem lielākā nozveja bijusi brētliņām – vidēji ap 37 tūkstošiem tonnu gadā; reņģēm – ap 23 tūkstošiem tonnu; salakām ap 2 tūkstošiem tonnu. Akmeņplekstēm, plekstēm nozveja pieaugusi no 70 tonnām 2010. gadā līdz vienam tūkstotim tonnu. Mencu nozveja pēdējās desmitgades laikā krietni samazinājusies – no 5 tūkstošiem tonnu 2010. gadā līdz vienam tūkstotim tonnu 2018. gadā un 212 tonnām 2019. gadā (Zemkopības ministrijas Zivsaimniecības departaments 2020). Protams, būtiska nozīme zivju skaita kritumam ir arī eitrofikācijai, klimata mainībai (īpaši – gaisa un ūdens temperatūras paaugstināšanās) un citiem faktoriem – ūdens sāļuma mainībai, saimnieciskajai darbībai, dzīvotņu degradācijai, piemērotu nārstošanas vietu trūkumam, invazīvajām sugām u.c. (HELCOM 2013, Snoeijjs – Leijonmalm et al. 2017).

1.1.3. Piekrastes zivju sezonālā dinamika

Piekrastes zivju sabiedrībām ir raksturīgas sezonālas izmaiņas. Gada siltajā laikā jūras piekrastē (it īpaši vietās, kur ir iespēja patverties – aizaugušās, akmeņainās u. tml. piekrastēs, kā arī vietās, kur saldūdeņi ieplūst jūrā) dominējošās ir saldūdens zivju sugas, kā arī tās jūras zivju sugas, kuras dod priekšroku augstākai ūdens temperatūrai. Turpretī gada aukstajā laikā piekrastē biežāk sastopamas tieši jūras sugas un tās saldūdens sugas, kuras spēj uzturēties aukstos ūdeņos (HELCOM 2018). Līdz ar to, siltajā sezonā jūras piekrastē, visticamāk, biežāk varētu būt sastopamas jau iepriekš minētās saldūdeņu zivis – rauda, plaudis, plicis, asaris, arī līdaka un ķīsis (Putnis 2019).

Zivju sabiedrības dinamiku piekrastē pārsvarā ietekmē nārsta un barības meklējumu migrācija. Pavasarī (maijs – jūnijs), kad ūdens temperatūra sasniedz 8 – 10° C, no dziļākām

jūras vietām uz piekrasti nārstot migrē reņģes, plekstveidīgās zivis, arī trīsdatu stagers (Axenrot and Hansson 2004, Plikšs 1998). Pavasarī sākas arī jūrasgrunduļu nārstošana, līdz ar to pieaug to aktivitāte un sastopamība piekrastē. Šajā sezonā piekrastē vajadzētu pieaugt arī lašu, taimiņu un līdaku skaitam. To pieaugušie īpatņi šajā laikā no jūras migrē nārstot uz upēm (tātad pa ceļam iepeld piekrastes zonā), kā arī no upēm uz jūru peld iepriekšējo nārstu smolti (HELCOM 2011, HELCOM 2018). Pavasarī piekrastē vajadzētu būt novērojamiem arī zušiem, šajā laikā tie no upēm dodas nārstot uz Sargasu jūru (Aasestrup et al. 2009, Putnis 2019). Zināms, ka Latvijas upēs un ezeros mērķtiecīgi, sugas atjaunošanas nolūkos, tiek ielaisti vairāki tūkstoši zušu mazuļu (Latvijas Zemkopības ministrija 2017), tomēr zuši aizvien vēl ir reti sastopama suga gan Latvijas jūras piekrastē, gan visā Baltijas jūrā (HELCOM 2013), turklāt sugas morfoloģijas dēļ tos iespējams noķert tikai ar noteiktiem zvejas rīkiem, piemēram, zušu mурdiem vai āķiem, tāpēc tīklu (t.sk. pētniecisko) zvejā šīs sugas īpatņi lomos nav sagaidāmi.

Vasaras sezonā (jūnijā – augustā) piekrastē zivju sugu sabiedrības izmaiņas varētu radīt tūbīšu dzimtas sugu (tūbīte, nigliņš) nārsts. Šīm zivīm raksturīga liela auglība (1030 tūkstoši ikru) (Plikšs 1998), tādēļ neilgi pēc nārsta piekrastē vajadzētu dominēt tieši šo sugu kāpuriem un mazuļiem. Arī reņģu mazuļi vasarā vēl uzturas piekrastē, veidojot augstu šīs sugas īpatsvaru. Plekstes, savukārt, turpina uzturēties piekrastē arī pēc nārsta, lai barotos (Plikšs 1998). Vasaras beigās reņģēm ir vēl viens nārsta periods. M. Plikšs (1998.) raksta, ka šajā sezonā tās nārsto nedaudz dziļākos ūdeņos nekā pavasarī, tomēr tas neizslēdz to skaita nelielu pieaugumu piekrastē. Sākot no jūlija piekrastē iespējams novērot brētliņas un mencas, kas migrē barības meklējumos (HELCOM 2018). Pētījumi sniedz dažādu informāciju par mencu barošanu. Pārsvārā tiek uzskatīts, ka mencas barību meklē dziļos ūdeņos (70 – 150 metri) (Ottosen et al. 2017), tomēr pierādījies, ka mencas barojas arī piekrastes ūdeņos, 15 – 20 metru dziļumā (Björnsson et al. 2010).

Rudenī no piekrastes uz dziļākiem ūdeņiem pārvietojas plekstes – tātad to īpatsvars piekrastē samazinās. Dažām jūrasgrunduļu sugām nārstošana ilgst līdz pat septembrim un arī to mazuļi, kas dzimuši vasarā, piekrastē uzturas līdz pat rudenim (Plikšs 1998) Jāņem vērā, ka jūrasgrunduļi ir bentiskas sugas (Inui et al. 2017), tādēļ jāizmanto zvejas rīki, kas paredzēti šo sugu zvejai. Standarta pētniecisko zvejas tīklu linuma acs izmēra (min. 10 mm) dēļ sagaidāms, ka no visām piekrastē sastopamajām jūrasgrunduļu sugām tiks noķerti tikai izmēros lielākie – apaļie jūrasgrunduļi.

Īslaicīgu zivju migrāciju var ietekmēt dabas stihijas, piemēram, vētras, kas līdz ar pastiprinātu ūdens kustību pārvieto zivju barības elementus – zivis migrē tiem līdz (FAO 2001). Arī ilgstošu un spēcīgu vēju ietekmē bieži vien aukstāks un sāļāks ūdens no jūras tiek aizpūsts uz krastu, tam līdzī seko arī jūras zivis, turpretī saldūdeņu zivis nelabprāt uzturas šādos

apstākļos, tādēļ migrē uz iekšzemes ūdeņiem. Var būt arī pretējs gadījums, kad no iekšzemes jūrā pastiprināti ieplūst saldūdens (plūdu, vēju rezultātā), tad piekrastē, upju tuvumā, palielinās saldūdens zivju skaits (Mackenzie et al. 2007). Ilgstoši pūšot spēcīgam krasta vējam, veidojas apvelings – process, kas ūdens augšējais siltais slānis tiek iepūsts dziļāk jūrā, piekrastē novērojama zema ūdens temperatūra, līdz ar to – tai tolerantas zivju sugas, galvenokārt jūras zzivju sugas (Mackenzie et al. 2007).

1.2. Zivju izplatība ostu akvatorijās

Ostas un to celtniecība lielā mērā izmaina dabiskos biotopus - mainās ne vien grunts reljefs, bet arī ūdens straumju plūšanas virzieni un ātrumi, kas tieši ietekmē piekrastes sanešu dreifēšanas plūsmas, piekrastes abrāzijas un akumulācijas procesus (Vinogradov et al. 2014). Ostu ūdeņos un uz grunts parasti vērojams augstāks piesārņojuma līmenis. To galvenokārt veido dažādas ķīmiskas vielas (Cerceanu et al. 2014). Ostas rada arī pārmērīgu troksni, kas ietekmē ūdenī dzīvojošos organismus. HELCOM (2019) pētījumos noskaidrots, ka vairums zivju ir jutīgas pret troksni. Īpaši jutīgas ir reņģes un brētliņas (Aigars (galv.red.) 2018 (b)). Tās negatīvi ietekmē augstākas frekvences skaņas viļņi. Īpaši, ja troksnis ir impulsīvs, savukārt, ilgstošs, vienveidīgs troksnis rada mazāku ietekmi uz šīm sugām. Laši un mencas ir jutīgi pret zemākas frekvences trokšņiem. Visas iepriekš minētās sugas, izņemot mencu, sliktāk pacieš impulsīvu troksni; ilgstošs, vienveidīgs troksnis rada mazāku ietekmi. Mencu negatīvi ietekmē arī ilgstošs troksnis. Karpu dzimtas zivīm ir salīdzinoši vāji attīstīti dzirdes orgāni, tādēļ tās spēj tolerēt plašu skaņas viļņu amplitūdu (HELCOM 2019). Trokšņa ietekme uz organismiem atkarīga gan no tā stipruma un ilguma, gan trokšņa avota attāluma. Zivīm, atrodoties netipiski trokšņainā teritorijā, var rasties fizioloģiskais stress, uzvedības izmaiņas un sensoro maņu, kas saistītas ar dzirdi, traucējumi (Aigars (galv.red.) 2018 (b)) Zemūdens trokšņi ietekmē arī zivju migrāciju – tās izvairās no vietām ar pārmērīgu troksni (Syrgai et al. 2016).

Saimnieciskā darbība ostās uzduļķo ūdeni, kā arī kuģi ar balasta ūdeņiem ievēd svešzemju sugas, kas var atstāt nelabvēlīgu ietekmi uz vietējām sugām un ekosistēmu kopumā (Kloppot 2013). Piekrastes rajoni un ostas tiek uzskatītas par īpaši labvēlīgām svešzemju sugu introdukcijas vietām, jo sekļajos ūdeņos vai stipri pārveidotos biotopos sugas viegli atrod sev piemērotas apmešanās vietas (Aigars (galv.red.) 2018 (b)).

Ar kuģu balasta ūdeņiem un korpusu ostās tiek ievesti dažādi organismi, kas ostas savdabīgajos apstākļos var atrast sev piemērotu dzīvesvietu. Latvijas valsts pārvaldībā esošajos Baltijas jūras ūdeņos ir konstatētas 45 svešzemju zivju sugas. Tomēr jāņem vērā, ka 12 no šīm sugām Latvijas ūdeņos nav izveidojušas dzīvotspējīgas populācijas. Aptuveni 15 sugām šobrīd

ir zināms viens vai daži konstatēšanas gadījumi un šobrīd nav zināms, vai tās veidos dzīvotspējīgas populācijas. Savukārt aptuveni 17-18 svešzemju sugas Latvijas ūdeņos ir izveidojušas dzīvotspējīgas populācijas. No minētajām sugām jūras piekrastē sastopama tikai varavīksnes forele (*Oncorhynchus mykiss*), pārējās sugas apdzīvo saldūdeņus (Aigars (galv.red.) 2018 (a), (b)). Latvijas potenciāli invazīvo dzīvnieku sugu sarakstā no jūras zivīm pagaidām ir iekļauts tikai apaļais jūrasgrundulis (*Neogobius melanostomus*) (Pilāte 2020).

Ostu slēgtajās ekosistēmas ir labvēlīgi apstākļi pastiprinātai eitrofikācijai, kas ir viena no nozīmīgākajām antropogēnajām slodzēm Baltijas jūrā (Bergstrom et al. 2016, Walday et al. 2017.). Tās ietekme uz ostu zivju sabiedrību var būt dažāda. Spēcīgos eitrofikācijas gadījumos, savairojoties aļģēm, tās patērē visu ūdenī esošo skābekli, radot skābekļa trūkumu citiem organismiem, novedot tos pie bojāejas. Ja aļģu daudzums ūdenī nav tik kritiski liels, iespējama zooplanktona savairošanās, sekojoši – apstākļi kļūst labvēlīgāki tām zivju sugām un/vai to mazuļiem (piemēram, salaka, plicis, reņģe, brētliņa (Jakubavičiūtē 2017, Plikšs 1998)), kas uzturā lieto zooplanktonu. Tomēr eitrofikācijas radītie apstākļi – samazināts skābekļa daudzums, slikta ūdens caurredzamība – neļauj vairumam sugu doties barības meklējumos uz eitrofajiem, barības bagātajiem ūdeņiem. Dažas zivju sugas (karpa, zandarts, ķīsis, salaka, stagaru dzimtas zivis) labprāt uzturas tumšos, aizaugušos ūdeņos ar eitrofikācijas iezīmēm, tāpēc eitrofos ūdeņos tieši šīs ir dominējošās sugas (Bergström 2019, Kraufvelin et al. 2018, Sandstorm 2002). Minētajm sugām citviet apdraudējumu rada arī plēsīgās zivis. Ūdeņos ar sliktu caurredzamību pasliktinās plēsēju medīšanas spējas, tādēļ plēsēju apdraudētās zivju sugas un/vai to mazuļi šādas vietas var izmantot kā slēptuves ((Bergstrom et al. 2016, Dupont 2013).

Eitrofikācijas (un arī citu ūdenstilpes traucējumu) ietekmē samazinās gaismas caurlaidība ūdenī, kā rezultātā iznīkst bentiskie ūdens augi, līdz ar to samazinās dzīvotņu daudzums un kvalitāte zivju sugām, kas uzturas starp ūdens augiem vai barojas ar tiem (piemēram, raudas, karpveidīgās zivis) (Plikšs 1998). Līdakas, asari biežāk sastopami pārrēdzamās, neaizaugušās dzīvotnēs ar dzidru ūdeni, bet savus ikrus nērš starp ūdens augiem (visbiežāk šīs sugas to dara saldūdeņos, bet ir novēroti arī daži gadījumi viegli iesāļos ūdeņos). Šo zivju mazuļi vēl krietnu laiku uzturas aizaugušās vietās, izmantojot to kā slēptuvi no lielākām plēsīgajām zivīm (Kraufvelin et al. 2018).

Atšķirībā no Latvijas jūras piekrastes atklātajiem krastiem, ostās organismi ir pasargāti no spēcīgas viļņu un vēja iedarbības. Zīmīgs ir arī faktors, ka visas trīs Latvijas lielākās ostas (to skaitā Liepājas) atrodas upju/kanālu grīvās, tādejādi veidojot pāreju no saldūdens ekosistēmas uz jūras ekosistēmu. Līdz ar to ostās ir sastopamas gan saldūdenim, gan jūrai raksturīgas sugas, kurām piemīt augsta tolerance pret vides apstākļu mainīgumu (Aigars (galv.red.) 2018 (b)).

1.3.Saimnieciskās darbības ietekme uz zivju sabiedrību

1.3.1. Saimnieciskās darbības veidi un to ietekme

Dažādas cilvēku darbības – grunts zvejas traļu izmantošana, pludmales labiekārtošana, smilšu ieguve, gultnes rakšana, ostu un piestātņu veidošana – ir liels apdraudējums ūdens organismiem un to dzīvotnēm (Helcom 2018 (b)). Atsaucoties uz pēdējo gadu datiem, mazāk nekā viens procents no Baltijas jūras gultnes dzīvotnēm ir iznīcinātas tiešas cilvēku ietekmes rezultātā un aptuveni 40 % dzīvotņu ir apdraudētas (Helcom 2018 (b)). Latvijas Hidroekoloģijas institūta 2018. gada veiktajā jūras stāvokļa novērtējumā rakstīts, ka Liepājas ostas izveide ir neatgriezeniski iznīcinājusi dabisko biotopu “Baltijas jūras fotiskās zonas smilts” 0,4098 % platībā no kopējās šī biotopa platības Latvijā. Autors uzsver, ka zaudētā biotopa platība nepārsniedz LVS (labs vides ekoloģiskais stāvoklis) noteikto robežvērtību, tāpēc secināts, ka ostas teritorija nerada konstatējamu nelabvēlīgu ietekmi uz piekrastes bentiskajiem biotopiem (Aigars J.(galv.red.) 2018 (a)).

Saimnieciskā darbība ostas ekosistēmu un tās zivju sabiedrību var ietekmēt tieši – rokot vai izceļot grunti, deponējot substrātu jūras grunts novietnēs, ievietojot ūdenī dažādus objektus. Vai arī netiešā veidā, kad darbību rezultātā tiek izmainīta ūdens plūsma un spēks, līdz ar to sanešu veidošanās, ūdens temperatūra dažādos slāņos, ķīmiskais sastāvs u.tml. Ostu padziļināšanas darbus var iedalīt divējādi – tādi, kuru laikā tiek pilnībā izņemts substrāts, izmainīta gultne, ietekmēts ūdens dziļums, ievietotas jaunas konstrukcijas, un tādi, kur gultne tiek nedaudz izmainīta, piemēram, tikai labiekārtojot, apsaimniekojot objektu. (Helcom 2018 (b)). Pirmajā gadījumā tiek ievērojami izmainīta ne tikai pati ekosistēma, bet arī apstākļi ūdenstilpē līdz pat simts metru rādiusam (Newell et al.1998, Helcom, 2018 (b)). Ietekmēta tiek arī veģetācija, hidroloģiskais režīms, topogrāfija, ūdens plūsma, bezmugurkaulnieku un mugurkaulnieku sabiedrība, grunts segums. Šādas darbības veicina ūdens piesārņošanu un eitrofikāciju (Helcom 2018 (b)). Iet bojā daudzi bentiskie organismi, kas tiek izcelti no ūdens kopā ar substrātu (Helcom 2018 (b)). Līdz ar bentāles sabiedrību izmainās arī pelagiskā sabiedrība (Griffiths et al. 2017).

Ne vienmēr izmaiņas ir negatīvas – izveidotās konstrukcijas, jaunā gultnes struktūra rada jaunas iespējamās organismu dzīvotnes (Helcom 2018 (b)). Kā arī, iejaucoties ūdens sistēmā, tiek sajaukti gan temperatūras, gan sāļuma, gan skābekļa koncentrācijas slāņi, kas izglābj bentiskos organismus no skābekļa trūkuma, kas ir iespējams piegrunts slānī. Grunts rakšana atbrīvo to no pārlietu liela organisko vielu un atlieku daudzuma, kas veicina zoobentosa un

fitoplanktona savairošanos, kas līdz zināmam daudzumam ir pat nepieciešams (Griffiths et al. 2017).

1.3.2. Piekrastes ekosistēmu atjaunošanās pēc saimnieciskās darbības

Uzskatāms, ka jebkura ūdeņu ekosistēma ir pilnībā atjaunojusies, kad atgriezušies vismaz 80% no iepriekšējās sugu daudzveidības un biomasas (Newell et al. 1998).

Atkopšanās procesus ietekmē ļoti dažādi apstākļi. Primāri jāņem vērā saimnieciskās darbības ilgums un nodarīto bojājumu apjoms (skartās teritorijas platība, dziļums). Galvenie ietekmējošie faktori ir temperatūra, gultnes substrāts, ūdens kustības, vēja virziens un stiprums, temperatūra (ūdeņos ar zemāku temperatūru dzīvības procesi norit lēnāk, līdz ar to arī visa ekosistēmas atjaunošanās notiek lēnāk) (Newell R.C et al.1998), kā arī dzīvo organismu daudzums un sastāvs, kas iepriekš bijuši sastopami teritorijā un dzīvo tuvumā tai. Viens no iemesliem, lai zivis pārvietotos uz jaunu teritoriju, ir barība. Tādēļ svarīgi ekosistēmas atjaunošanās procesā ir barības ķēdes primārie producenti – fitoplanktons, jo ar to barojas primārie patērētāji – zooplanktons, ko tālāk patērē planktonu ēdošās zivis, kas savukārt ir barība plēsīgajām zivīm (Newell et al. 1998). Attiecīgi – veiksmīgi atjaunojoties planktonam (fitoplanktonam un zooplanktonam esot līdzsvarā, lai aļģu dēļ nerastos, piemēram, skābekļa trūkums ūdenī), pastāv lielāka iespēja, ka saimnieciskās darbības ietekmētajā biotopā ātrāk atgriezīsies iepriekšējā zivju sabiedrība.

Piekrastes zonas, kuru gultni veido smilts un grants, atjaunošanās ilgums pēc rakšanas var prasīt 2–3 gadus (Newell et al. 1998). Lielāku frakciju smiltis un grants nosēžas ātrāk un to mazāk ietekmē ūdens kustības, turpretī sīkas daļiņas lēnāk nosēžas, vieglāk uzduļķojas pie nelielām ūdens kustībām (Newell et al. 1998). Latvijas Hidroekoloģijas institūts norāda, ka Latvijas jūras piekrastē, kā arī ostu teritorijās galvenais grunts lieltips ir “Baltijas jūras fotiskās zonas smilts” (Latvijas Hidroekoloģijas institūts 2018).

Zivis pēc to dzīvesveida var iedalīt divās kategorijās: R-stratēģijas sugas (piemēram, reņģes, brētliņas, tūbītes (Peter 1979), kas ir izmēros nelielas, ar īsu dzīves ciklu, vairojas vairākas reizes sezonā, lielu pēcnācēju skaitu, lielu mirstību, ātrāk atjaunojas (Newell R.C et al.1998). Šīs sugas ir ar plašāku ekoloģisko nišu, ātrāk adaptējās, iemācās gūt labumu no jaunajiem apstākļiem, līdz ar to tām netraucē citu sugu konkurence. Pietiekamu barības resursu un piemērotos hidroloģiskajos apstākļos tās ātri izveido lielu koloniju. Šīs stratēģijas sugas varētu atrāk atsākt apdzīvot iepriekš traucētus biotopus. Otra zivju sugu kategorija ir K-stratēģisti (asaris, salaka menca (Hopkin et al. 2001, Shatunovskii et al. 2009)). kas attīstās lēnāk, reproduktīvā vecuma sasniegšana prasa ilgāku laiku, nārsto vienu reizi sezonā ar salīdzinoši mazu pēcnācēju skaitu, tādēļ sugas atjaunošanās norit lēnāk. Tomēr K-stratēģistiem

ir plašāks fizioloģiskās tolerances limits, kas palīdz veiksmīgāk pārciest dažādus nelabvēlīgus ārējās vides apstākļus un to radīto fizioloģisko stresu (Newell et al. 1998).

1.3.3. Saimnieciskās darbības radīto zaudējumu aprēķināšana

Saimnieciskās darbība rada daudzus un dažādus kaitējumus ekosistēmai, ko ne vienmēr izdodas pilnībā novērst, tādēļ ir izstrādāti mehānismi, kā aprēķināt nodarītos zaudējumus naudas izteiksmē, kurus saimnieciskās darbības veicējs nodarījis videi. Ostu akvatorijas ir noteiktas kā neitrālas teritorijas, kur atļauts veikt dažādas saimnieciskās darbības ostas infrastruktūras uzlabošanai (Ministru kabinets 2010). Zivju resursiem nodarītos zaudējumus, kas radušies saimnieciskās darbības – ūdenstilpju (upju, ezeru, ūdenskrātuvju), ostu, kuģošanas ceļu un kanālu padziļināšanu, grunts ņemšanu, ūdenstilpju regulēšanu – ietekmē, aprēķina attiecīgi atbilstoši MK 08.05.2001. noteikumos Nr. 188 „Saimnieciskās darbības rezultātā zivju resursiem nodarītā zaudējuma noteikšanas un kompensācijas kārtība” (Ministru kabinets 2001) noteiktajai aprēķinu metodikai.

Izvērtējot radītos zaudējumus, tiek ņemti vērā visi faktori, kas jebkādā veidā ietekmē zivju resursus. Likumdošana nosaka, ka zivsaimnieciskajā ekspertīzē jānovērtē:

1. Zivju resursu tiešais zudums gan pieaugušo zivju, gan ikru, zivju mazuļu un kāpuru bojāejas dēļ;
2. Nārstojošo zivju skaita samazināšanās turpmākajos gados, kas saistīta ar zivju skaita samazināšanos tiešās bojāejas dēļ saimnieciskās darbības laikā;
3. Zivju barības bāzes zudums, kas samazina zivju biomasas pieaugumu;
4. Dabīgo nārsta vietu zudums, pirms un pēc nārsta migrāciju traucējumus, kā rezultātā samazinās nārstojošo zivju skaits un nārsta efektivitāte;
5. Zivsaimnieciskās produktivitātes samazināšanās zivju dzīvotņu un ziemošanas vietu zuduma dēļ;
6. Kopējā zivsaimniecības produktivitātes samazināšanās vai zudums ietekmētajā ūdenstilpes daļā uz noteiktu laika posmu;
7. Faktisko darbu veikšanas vieta un laika, darbos izmantotā tehnika, izņemtās grunts apjoms un tās deponēšanas vieta, padziļināšanas un grunts deponēšanas ietekmēto ūdeņu platība (Ministru kabinets 2001, BIOR 2021).

Saimnieciskās darbības nodarīto zaudējumu izteikšanai naudas vērtībā, izmanto MK noteikumos (Nr. 188 „Saimnieciskās darbības rezultātā zivju resursiem nodarītā zaudējuma noteikšanas un kompensācijas kārtība” pielikumā) norādītās aprēķinu formulas. Pēc tām iespējams aprēķināt dažādus nodarītos zaudējumus, piemēram, zivju resursu tiešos zudumus, zivju resursu zudumus nākotnē, zivju barības bāzes zudumus, zivju resursu zaudējumu

zoobentosa bojāejas dēļ. Tomēr šajā formulā iekļauti dažādi rādītāji, kas varētu nebūt pieejami, ja netiek veikts minēto organismu monitorings ietekmētajā vietā. Tādēļ izveidota ne vienkāršāka formula zivju resursu zaudējumu dzīvotnes produktivitātes zuduma dēļ aprēķināšanai:

$$Zdp = Lp \times (P - P1) \times C \times Gs,$$

kur:

Zdp - zivju resursu zaudējums dzīvotnes produktivitātes zuduma dēļ, eiro;

Lp - laukums, kas nonācis saimnieciskās darbības kaitīgo faktoru ietekmē, ha;

P - laukuma produktivitāte attiecīgajai zivju sugai vai visām zivīm kopā pirms kaitīgo faktoru iedarbības, kg/ha;

P1 - laukuma produktivitāte attiecīgajai zivju sugai vai visām zivīm kopā pēc kaitīgo faktoru iedarbības, kg/ha;

C - zivju cena, eiro/kg;

Gs - gadu skaits, kuros samazinājusies zivju dzīvotnes vai ziemošanas vietas zivsaimnieciskā produktivitāte (Ministru kabinets, 2001).

1.4.Liepājas ostas raksturojums

1.4.1. Ostas teritorija un ūdeņu sateces baseins

Liepājas osta ir trešā lielākā Latvijas osta, Saskaņā ar Liepājas speciālās ekonomikas zonas pārvaldes informāciju, tās kopējā platība ir 1197 hektāri, no kuriem 810 hektārus aizņem akvatorija (LSEZ 2020). Akvatoriju no atklātas jūras nodala moli un viļņlauži, tādejādi aizsargājot ostu no vēja, viļņu iedarbības un smilšu sanešu saskalošanas akvatorijā. Iekļūšanai ostā paredzēti trīs ostas vārti, kas atrodas starp moliem un viļņlaužiem (Latvijas Hidroekoloģijas institūts 2018).

Ostas akvatorijā iztek Liepājas tirdzniecības kanāls (1. attēls). Tas ir trīs kilometrus garš (LR Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra 2018), aptuveni 80 metrus plats, vidēji četrus metrus dziļš (Liepājas pilsētas dome 2016). Kanāls savieno ostas akvatoriju ar Liepājas ezeru – sesto lielāko Latvijas ezeru. 2020. gada kontrolzvejā Liepājas ezerā tika konstatētas 13 zivju sugas (1 no tām jūras suga), kas ir viens no augstākajiem rādītājiem Latvijas ezeros (Zemkopības ministrijas Zivsaimniecības departaments 2021).

Liepājas ezera ihtiocenozi ietekmē arī tajā ietekošie ūdeņi – tajā ieplūst vairāki strauti, meliorācijas grāvji un sešas upes. Lielākās no tām ir Bārta (ar sateces baseinu 1955 km²), kuras lejtece ļoti izmainīta cilvēku darbības ietekmē, upi taisnojot un būvējot vairākus dambjus. Otaņķe (Brūnupe) (sateces baseins 141 km²) veidojas, galvenokārt, no meliorācijas grāvjiem

un tiek regulēta. Upe vairākus kilometrus pirms ietekas dabiski sadalījusies divās daļās, labo sauc par Līčupi. Ālandē (sateces baseins 193 km²) agrāk esot bijis ļoti daudz zivju, tās krastos veidoti “karpu dīķi”. Ezerā ietek arī mazākas upes: Dorupe, Orbupe. (Latvijas ezeri 2021, Upes.lv 2019). Katrā no šīm upēm ietek vēl vairākas mazākas upītes, grāvji un strauti, veidojot ļoti plašu ūdeņu sateces baseinu, kas ir ne tikai zivju migrācijas ceļš, bet sanes ezerā arī organiskās un ķīmiskās vielas (Latvijas ezeri 2021).

Šī sistēma, kas savieno minētās upes, ezeru, kanālu un jūru, ir ļoti nozīmīga gan anadromo, gan katadromo zivju migrācijā. Saldūdens zivīm ir iespēja no tāliem, dziļi iekšzemē tekošiem ūdeņiem migrēt līdz pat jūrai. Pārsvārā šāda migrācija varētu notikt barības meklējumos, vai gadījumos, ja to apdzīvotajās nelielajās upēs rodas kādi stresa apstākļi (piemēram, vasarās augsta ūdens temperatūra vai pat ūdenstilpes izžūšana). Arī ceļotājzivju sugām ir iespēja migrēt dziļi iekšzemes ūdeņos, meklējot labākās nārstošanas vietas. Ņemot vērā iepriekš minēto, var secināt, ka Liepājas ostas akvatorijā esošo zivju sabiedrību ietekmē arī procesi ar to saistītajās ūdenstilpēs, un tai saistošajām ūdeņu sistēmām ir ļoti svarīga loma zivju sabiedrības veidošanā gan pašā ezerā, gan iekšzemes upēs, gan jūras piekrastes zonā.



1.attēls. Liepājas ezera sateces baseins (attēls no lvmgeo.lv/kartes, autora pārveidots)

Figure 1. Catchment area of the Liepāja lake (image from lvmgeo.lv/kartes, modified by author)

1.4.2. Saimnieciskā darbība Liepājas ostā

Saimnieciskā darbība Liepājas ostā sākusies jau 13. gadsimtā, laika gaitā osta regulāri padziļināta, pārbūvēta, tai bijusi liela nozīme (LSEZ). Arī mūsdienās tā ir svarīga kuģu satiksmes vieta, pēdējo gadu statistika liecina, ka gada laikā Liepājas ostā iebruc aptuveni 1600 kuģu. Nesenā ostas vēsturē svarīgs ir 2015. gads, kad notika ievērojama Liepājas ostas un tās akvatorijas padziļināšana, sasniedzot 12,5 metru dziļumu ostā un 12 metru dziļumu akvatorijā. Dažus gadus vēlāk, no 2019. gada 16. janvāra līdz 30. septembrim Liepājas ostā tika realizēts projekts “Liepājas ostas ūdens infrastruktūras uzlabošana,” kura ietvaros notika

ostas un akvatorijas padziļināšana līdz 14 metriem, kā arī citi pārbūves darbi (Ratniece-Kadeģe 2019). Tieši šie ostas padziļināšanas darbi bijuši pamatā šī bakalaura darba izstrādei. Ostas padziļināšanas darbu ietekmei uz zivju sabiedrību sekoja līdz ar BIOR. Saskaņā ar BIOR institūtā saņemto informāciju, saimnieciskie darbi nav veikti nozīmīgās zivju nārsta vietās vai to tiešā tuvumā, darbi paveikti līdz galvenā ceļotājzivju rudens migrācijas perioda sākumam un ceļotājzivju migrācijai nozīmīgākajā akvatorijā (Priekšostā) pārtraukti galvenā pavasara migrācijas perioda laikā.

Lai netiktu traucēta zivju migrācija, zivju nārstam un migrācijai svarīgos periodos – no 15. septembra līdz 15. novembrim; no 1. janvāra līdz 15. martam un no 15. aprīļa līdz 30. jūnijam – kanālā tiek ierobežota makšķerēšana, būvdarbi, aktīvā atpūta un citas darbības (Liepājas pilsētas dome 2016). Visu kalendāro gadu ar likumu ir aizliegta jebkāda veida zveja Liepājas ostā. Aizliegts arī makšķerēt, Izņemot Ziemeļu un Dienvidu molus - makšķerēšana no tiem atļauta visu gadu. Aizliegumi neattiecas arī uz makšķerēšanu no Karostas kanāla krasta nenorobežotās daļas, no pirmā aprīļa līdz pat novembra beigām)(Liepājas pilsētas dome 2018). Liepājas ezerā atļauta tikai licencēta makšķerēšana un arī ar vairākiem ierobežojumiem, piemēram, diennakts tumšajā laikā no ūdens transportlīdzekļiem atļauts makšķerēt tikai vēdzeles, salakas un zušus. Visu maija mēnesi lomā atļauts paturēt ne vairāk kā trīs līdakas. Ezerā aizliegts makšķerēt un nodarboties ar saimniecisko darbību sezonas lieguma periodā (15. marts – 20. jūnijs) (Liepājas pašvaldības administrācija 2021).

Liepājas ezerā vairākas reizes notikusi zivju mazuļu ielaišana. 2009. gadā ezera krājumi tika papildināti ar 4 tūkstošiem vienasaras līdaku mazuļiem (Zemkopības ministrijas Zivsaimniecības departaments 2020), 2018. gadā ezerā ielaisti 371,5 tūkstoši stikla zušu (nav precizēts to vecums), 2019. gadā 7 tūkstoši vienasaras līdaku mazuļi (Zemkopības ministrijas Zivsaimniecības departaments 2021). Lai pasargātu zivju sabiedrību, reti sastopamos ūdens augus un citus organismus, ezeram piešķirts dabas lieguma statuss (Ministru kabinets 2013).

2. MATERIĀLI UN METODEDES

2.1. Bioloģisko paraugu ievākšana un apstrāde

Lai precīzāks novērtētu saimnieciskās darbības ietekmi uz zivju sabiedrību, nepieciešams to analizēt arī pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas. Bioloģisko paraugu ievākšana Liepājas ostas akvatorijā sākot jau ar 2017. gada rudens sezonu, (nedaudz vairāk nekā gadu pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas), turpināta reizi katrā sezonā līdz pat 2020. gada ziemas sezonai, to ieskaitot. Paraugu ievākšana tika sadalīta trīs periodos – pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas (1), saimniecisko darbu laikā (2) un pēc darbības jeb atkopšanā periods (3)(1. tabula).



2.attēls. Paraugu ievākšanas stacijas Liepājas ostas akvatorijā.(Attēls no Balticmaps.eu, autora pārveidots)
Figure 2. Sampling areas in aquatorium of the Liepāja port
(Image from Balticmaps.eu, modified by author)

Dati ievākti četrās sākotnēji izvēlētās stacijās (2. attēls). To izvietojumu lielā mērā noteica kuģošanas aktivitāte – tā, lai stacijas neatrastos tuvumā intensīvi noslogotiem kuģu ceļiem. Izvēloties paraugu ievākšanas vietas, tika izvērtēta to atrašanās vietas apstākļu daudzveidība – dažādas dziļuma zonas, attālums no krasta, kā arī grunts substrāta tips (2. tabula), kurš tika noteikts, filmējot grunti ar GoPro kameru un vēlāk analizējot iegūto videomateriālu. Katrā no stacijām ik sezonu veikti ūdens virsējā un piegrunts slāņa temperatūras, sāļuma, skābekļa piesātinājuma mērījumi, izmantojot daudzparametru zondi “YSI ProDSS”.

1.tabula
 Paraugu ievākšanas laiki.
 Table 1
 Sampling dates.

Periods <i>Period</i>	Sezona <i>Season</i>	Gads <i>Year</i>	Mēnesis <i>Month</i>	Datums <i>Date</i>
1	Rudens	2017	11	21.-23.
	Ziema	2018	2	19.-21.
	Pavasaris		5	21.-22.
	Vasara		8	28.-30.
2	Pavasaris	2019	5	11.-12.
	Vasara		8	22.-23.
	Rudens		11	6.-7. un 25.-26.
	Ziema	2020	3	3.-4.
3	pavasaris	2020	6	3.-4.
	Vasara		8	13.-14.
	Rudens		11	10.-11.
	Ziema		12	10.-11.

Monitoringa stacijās sezonāli tika veikta zivju uzskaitē. Saskaņā ar piekrastes zivju uzskaites metodiku, tā veikta nakts periodā – no vēlas pēcpusdienas līdz agram rītam. Zveja veikta ar diviem atkārtojumiem (naktīm) pēc kārtas katrā stacijā, izņemot 2018.gada ziemas uzskaiti un 2019. gada rudens uzskaiti, kad nepiemērotu laikapstākļu dēļ uzskaitē veikta ar vienu atkārtojumu. 2019. gada rudens uzskaitē darba autore personīgi piedalījās paraugu ievākšanā.

2. tabula
 Paraugu ievākšanas staciju koordinātes, dziļums, grunts substrāta tips
 Table 2
 Coordinates, depth and seabed substrate type of the sampling areas

Stacija Station	Koordinātes Coordinates		Vidējais dziļums, m Average depth, m	Grunts substrāta tips Seabed substrate type
	Lat	Lon		
1	56.5515	20.9947	4.3	Grants
2	56.5498	20.9807	8.7	Dūņas
3	56.5451	20.9682	2.5	Smilts
4	56.5386	20.9883	4.9	Smilts

Zivju uzskaitē katrā stacijā uz grunts tika izvietoti divi *Nordic coastal* tipa pētnieciskie tīkli. Tie veidoti no caurspīdīgas monofilas neilona auklas, kuras biezums variē atkarībā no linuma acs izmēra (HELCOM 2015). Tīklu garums ir 45 metri, augstums 1,8 metri. Veidoti no deviņām daļām - katra piecus metrus gara un ar dažādiem linuma acs izmēriem: 30, 15, 38, 10, 48, 12, 24, 60, 90 mm. 2018. gada pavasara sezonā, pirmajā stacijā tika ievākti paraugi tikai no viena tīkla, jo otrs tīkls tika bojāts. Katrā stacijā ievāktie paraugi tika analizēti atsevišķi. Zivīm noteikta piederība sugai, individuālais garums līdz astes spuras galam ar milimetra precizitāti un masa, izmantojot KERN FOB 7K-4NL modeļa svarus, ar izšķirtspēju 1g uz 5kg.

2.2.1. Nozveja uz piepūles vienību

Iegūtie dati apkopoti programmā Excel. Lai iegūtu savstarpēji salīdzināmus datus, tika aprēķināta nozveja uz piepūles vienību – tālāk tekstā CPUE (*Catch Per Unit Effort*). To aprēķināja pēc formulas:

$$CPUE = \frac{\text{vienā stacijā noķerto zivju skaits}(gab) \text{ vai svars}(g)}{\text{atkārtojumu skaits} * \text{tīkla ilgums ūdenī}(h) * \text{tīklu skaits}} * 12(h)$$

Formulā atkārtojumu skaits apzīmē, cik naktis tīkls atradās ūdenī vienā sezonā. Standarta gadījumos tās bija divas naktis, bet bija izņēmumi, kad tīkla atradās ūdenī vienu nakti. Tīkla ilgums ūdenī (nakts garums), kā jau iepriekš minēts, dažādās sezonās variēja, tādēļ aprēķinot CPUE tika izteikts 12 stundu intervālam. Aprēķinos ņemts vērā arī tīklu skaits, jo CPUE pieņemts izteikt uz vienu tīklu. Pētītajās stacijās dati tika ievākti no diviem zvejas tīkliem (izņēmums ir 2018. gada pavasara sezonas pirmā stacija, kur dati iegūti tikai no viena tīkla, jo otrs bija bojāts), bet CPUE izsaka uz vienu tīklu. Visbeidzot dati tiek reizināti ar 12 stundām, lai gala rezultāts atspoguļotu vienā sezonā, vienā stacijā, 12 stundu laikā noķerto zivju skaitu vai svaru ar vienu zvejas tīklu. CPUE tika aprēķināts gan zivju skaitam, gan svaram.

2.2.2. Šenona daudzveidības indekss

Lai būtu iespējams novērtēt sugu daudzveidību un tās izmaiņas gan sezonāli, gan periodos, atkarībā no padziļināšanas darbiem, tika aprēķināts Šenona (*Shannon*) daudzveidības indekss. Tika izmantota formula:

$$H = - \sum_{i=1}^k P_i \cdot \log P_i,$$

Kur:

H – Šenona indekss

P_i – attiecība starp kopējo noķerto zivju skaitu un vienas konkrētas sugas noķerto īpatņu skaitu (Zaiontz 2021)

Formulā norādīts, ka aprēķinos jāizmanto zivju skaits. Šī darba ietvaros tika aprēķināts Šenona daudzveidības indekss arī izmantojot zivju svaru. Tā darīts, jo zivju skaits atsevišķos gadījumos (ja tiek noķertas daudz maza izmēra vienas sugas zivis, piemēram, salakas) var radīt situāciju, ka kādas sugas īpatsvars tiek pārvērtēts, savukārt citu – novērtēts par zemu.

Starp katra perioda katru sezonu tika noteikts, vai atšķirība ir statistiski būtiska. Tam tika izmantota RStudio (versija 1.4.1106) programma. Sākumā veikts F-tests, lai novērtu datu atbilstību normālajam sadalījumam. To svarīgi zināt, lai būtu iespējams korekti aprēķināt statistisko būtiskumu ar Stjūdēna jeb T-testu, kas tika veikts, ar ticamības intervālu 95%.

2.2.3. Fultona koeficients

Tika aprēķināts arī Fultona koeficients. Tas norāda zivs svara un garuma attiecību, pēc kuras var spriest par tās dzīves kvalitāti, barības pieejamību (Jin et al. 2015). Šo koeficientu svarīgi aprēķināt, lai varētu veikt salīdzinājumu starp periodiem un novērtēt, vai zivs dzīves apstākļi ir pasliktinājušies, uzlabojušies vai nav mainījušies saimnieciskās darbības ietekmē. Fultona koeficientu (K) aprēķina pēc formulas:

$$K = 100 \cdot \frac{\text{Svars (g)}}{\text{Garums}^3 \text{ (cm)}} \quad (\text{Jorgensen 2021}).$$

Darbā koeficients aprēķināts zivju sugām, kuras tika pieminētas saimnieciskās darbības zaudējumu aprēķinā, kā sugas, kas tiks ietekmētas visvairāk (asaris, rauda, plicis, plekste, apaļais jūrasgrundulis, vimba, menca). Papildus koeficients salīdzināšanas nolūkos aprēķināts vēl tām zivju sugām, kuras tika nozvejotas gandrīz visās sezonās. Koeficients aprēķināts gan pa sezonām, gan vidēji periodā. Iegūtajiem rezultātiem RStudio programmā veikts T-tests ar ticamības intervālu 95%, lai noteiktu, vai koeficientu atšķirība starp periodiem ir statistiski nozīmīga.

2.2.4. Zivsaimnieciskās produktivitātes zaudējumu aprēķins

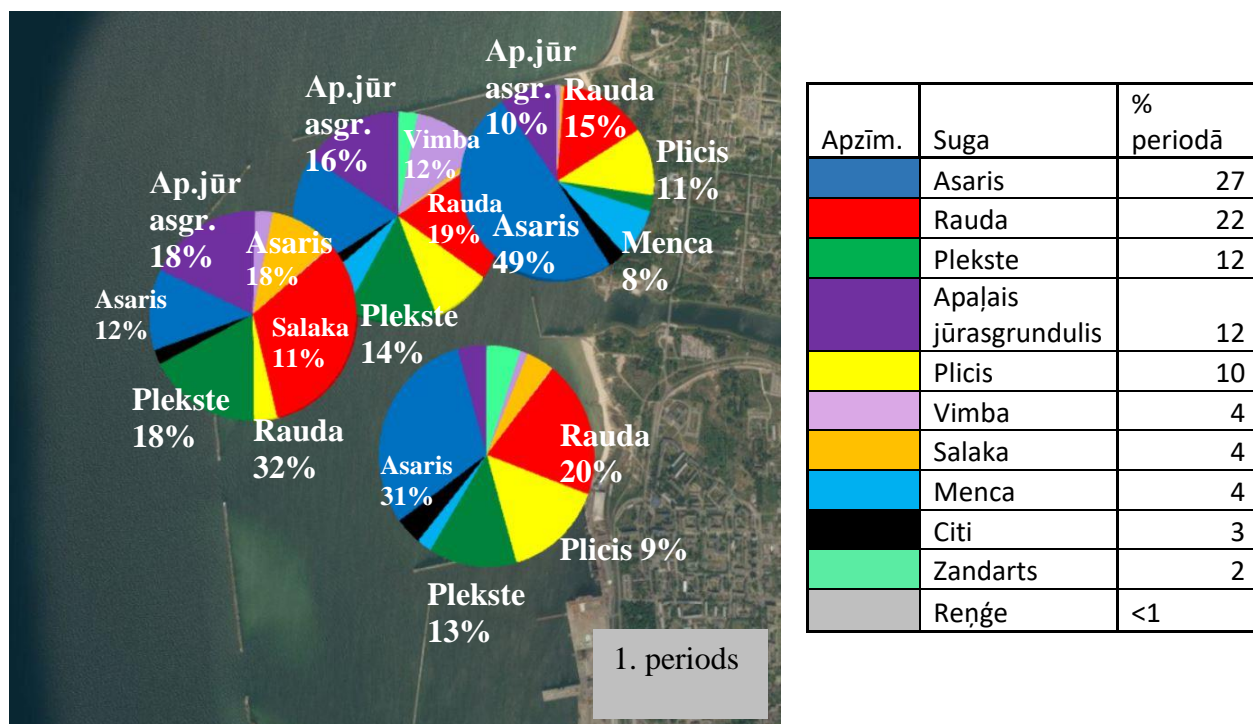
Saimnieciskās darbības nodarītie zaudējumi zivsaimniecības produktivitātei šajā darbā aprēķināti procentuāli. Pieņemot, ka pirmajā periodā, pirms saimnieciskās darbības veikšanas, zivju masas nozveja uz piepūles vienību atbilst 100%, attiecīgi tika aprēķināts procentuālais kritums masas nozvejai uz piepūles vienību.

3. REZULĀTI

3.1. Sugu sastāva izmaiņas pa periodiem un sezonām

Laika posmā no 2017. gada rudens līdz 2020. gada ziemei (kopā 12 sezonas) – veiktajā zivju uzskaitē konstatētas 24 zivju sugas. No tām 11 bija jūras zivju sugas (akmeņplekste, apaļais jūrasgrundulis, brētliņa, čūskzivs, menca, plekste, nigliņš, lapreņģe, reņģe, tūbīte, ziemeļu jūrasbullis), astoņas – saldūdens zivju sugas (asaris, ķīsis, līdaka, plaudis, plicis, rauda, vīķe, zandarts) un piecas ceļotājzivju sugas (lasis, salaka, sīga, vimba, upes nēģis). Daļa no zivīm nozvejotas tikai atsevišķās sezonās un nelielos daudzumos (čūskzivs, brētliņa, ķīsis, lasis, līdaka, nēģis, plaudis, nigliņš, lapreņģe, sīga, vīķe, tūbīte, ziemeļu jūrasbullis). Sugu sastāvs variē atkarībā no datu ievākšanas stacijas atrašanās vietas, sezonas un perioda.

Pirmajā periodā – pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas – nozvejots lielākais kopējais zivju svars no visiem periodiem – 595,7 kg (kas ir 151,7 kg uz piepūles vienību). To veido 18 sugas – septiņas jūras, septiņas saldūdens un četras ceļotājzivju sugas. Lielākais īpatsvars pēc masas ir asarim – no kopējās perioda zivju masas nozvejas tas veido 27%, tam seko rauda (22%), plekste (12%) un plicis (10%). (3. attēls). Salīdzinot zivju īpatsvaru stacijās – asaris

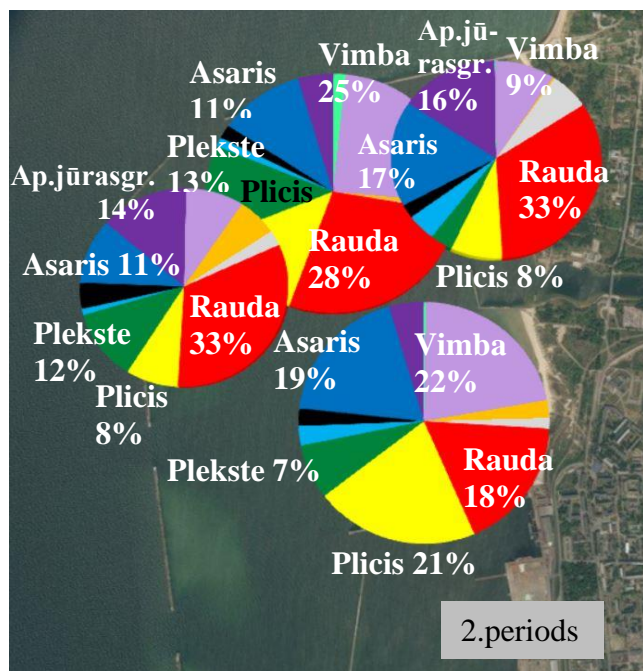


3. attēls. Zivju sugu procentuālais sadalījums katrā stacijā pirmajā periodā.

Figure 3. Percentage distribution of fish species at each station in the first period.

veido lielu daļu (49% un 31%) no nozveidotajām zivīm tieši krastam un kanālam tuvākajās stacijās. Rauda veido salīdzinoši lielu nozvejas daļu visās stacijās (15-20% krastam un kanālam

tuvākajās; 32% - tālākajā stacijā). No krasta tālākajā stacijā procentuāli daudz sastopama arī plekste (18%) un apaļais jūrasgrundulis (18%). Pārējās zivju sugas veido salīdzinoši nelielu daļu no kopējās nozvejas.



Apzīm.	Suga	% periodā
	Rauda	27
	Vimba	18
	Asaris	14
	Plicis	13
	Plekste	9
	Apaļais jūrasgrundulis	9
	Reņģe	2
	Salaka	2
	Menca	2
	Zandarts	<1
	Citi	<1

4. attēls. Zivju sugu procentuālais sadalījums katrā stacijā otrajā periodā.

Figure 4. Percentage distribution of fish species at each station in the second period

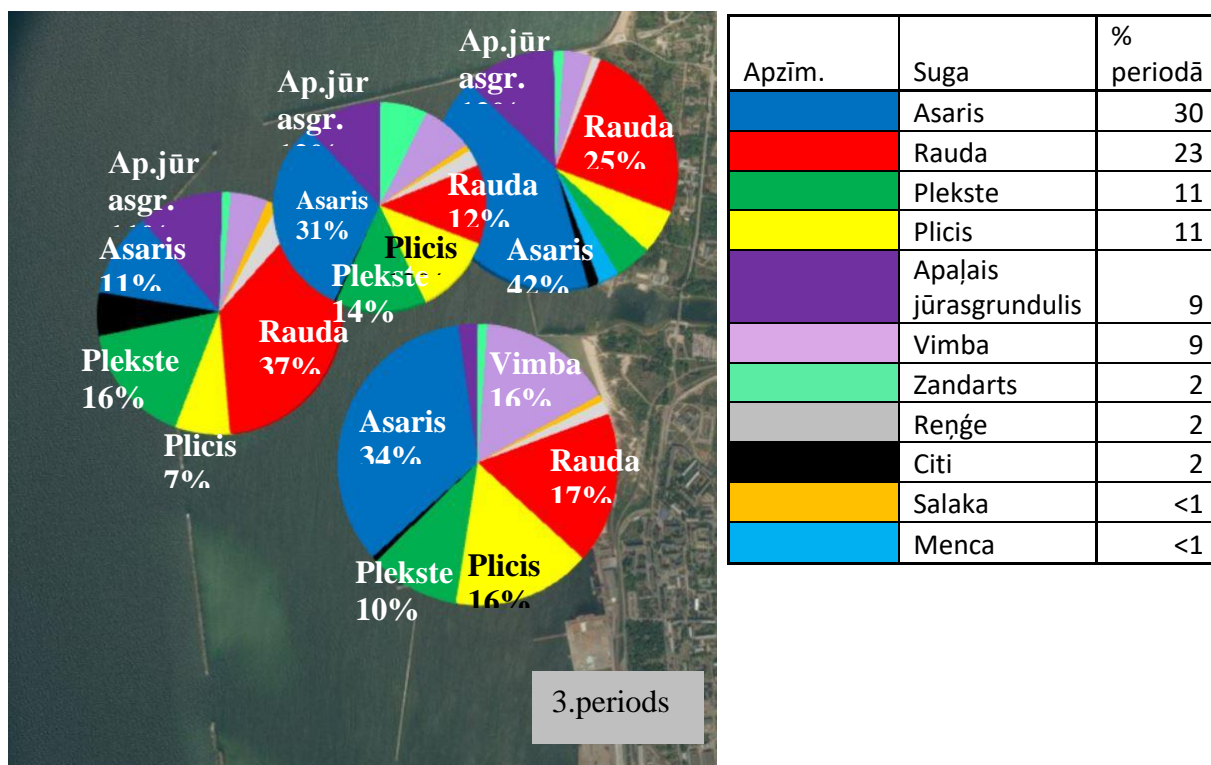
Salīdzinot pirmā perioda sezonālo sadalījumu (1.pielikums) rudens sezonā vairāk sastopama vimba un plaudis. Ziemā daudz vairāk nozvejota menca – 1. un 2. stacijā attiecīgi 80% un 61% no kopējās zivju masas. Stacijā, kas atrodas vistālāk no krasta (seklākā stacija) novērots ļoti liels salaku īpatsvars – 94% no kopējās nozvejas. Pavasarī īpaši bieži novērots asaris, plekste, apaļais jūrasgrundulis. Vasaras sezonā dominē rauda un plicis.

Otrajā periodā – ostas padziļināšanas darbu laikā – zvejā iegūti 370,0 kg zivju (kas ir 97,2 kg uz piepūles vienību) – par trešdaļu mazāk nekā pirmajā periodā. Līdzīgi kā iepriekšējā periodā, nozvejas 18 zivju sugas, bet ekoloģisko grupu sadalījums atšķiras – nedaudz mazāk sastopamas jūras zivju sugas (kopā sešas) un ceļotājzivju sugas (kopā trīs). Palielinājies saldūdens sugu skaits (deviņas sugas). Visbiežāk nozvejota rauda – 27% no kopējās loma masas (4. attēls). Tai seko vimba (17%), asaris (14%), plicis (13%). Pārējām sugām ir salīdzinoši mazs īpatsvars. Visās stacijās procentuāli lielu daļu veido rauda 18-33%, savu maksimumu sasniedzot vienādi gan krastam tuvākajā (vidēji dziļā), gan tālākajā (seklākajā) stacijā. Divās dziļākajās stacijās liels īpatsvars ir vimbai (22% un 25%).

Novērtējot otrā perioda zvejas rezultātus dažādās sezonās, vērojams, ka ziemas un pavasara sezonā visas stacijās salīdzinoši lielu īpatsvaru veido vimba (9 - 25%). Ziemas sezonā krastam un kanālam tuvāk ievērojamos daudzumos sastopams arī asaris. Pavasarī un ziemā,

atšķirībā no citām sezonām, nozvejotas vairāk mencas. Pavasarī pieaug raudas un apaļā jūrasgrunduļa īpatsvars. Vasarā galvenokārt sastopama rauda, plicis, asaris un plekste.

Trešajā periodā – nedaudz vairāk kā gadu pēc saimnieciskās darbības veikšanas – konstatēta mazākā nozveja no visiem periodiem – 356,5 kg (86,0 kg uz piepūles vienību) – 1,8 reizes mazāk nekā pirmajā periodā. Salīdzinot ar iepriekšējiem periodiem, sugu skaits ir nedaudz pieaudzis – kopā nozvejotas 19 zivju sugas. Pieaudzis jūras sugu skaits (kopā desmit); samazinājies saldūdeņu zivju skaits (kopā sešas sugas). Ceļotājzivju sugu skaits palicis nemainīgs kopš otrā perioda (trīs sugas). Lielākais īpatsvars šajā periodā ir asarim (30% no kopējās perioda nozvejas) (5. attēls). Ievērojamos daudzumos arī rauda (23%). Daudz mazāk sastopama plekste (11%), plicis (11%), apaļais jūrasgrundulis (9%) un vimba (9%) no kopējās zivju masas. Salīdzinot dalījumu stacijās, ievērojamu daļu visās veido rauda, īpaši seklākajās stacijās (25% un 37%). Trijās dziļākajās stacijās lielos daudzumos novērojams arī asaris (31-42% no stacijas kopējās zivju masas). Plekste sastāda 14% īpatsvaru dziļākajā stacijā un līdzīgu daudzumu (16%) arī seklākajā stacijā.



5.attēls Zivju sugu procentuālais sadalījums katrā stacijā trešajā periodā.

Figure 5. Percentage distribution of fish species at each station in the first period

Trešā perioda rudens sezonā lielu īpatsvaru veido vimba, asaris. Salīdzinot ar citām sezonām un periodiem, novērojams netipisks reņģes īpatsvara pieaugums seklākajā stacijā (vistālāk no krasta). Salīdzinājumā ar iepriekšējo periodu rudens sezonām, vimbas nozveja

samazinājusies. Ziemas sezonā lielāko daļu nozvejas veido vimba un asaris. No krasta tālākajā stacijā, salīdzinājumā ar citiem periodiem, nozvejots liels daudzums brētliņu. Pavasarī pieaug asara un apaļā jūrasgrunduļa īpatsvars. Diezgan daudz sastopamas arī raudas un plekstes. Vasarā pārsvarā visas stacijās nozvejots plicis, rauda, plekste. Salīdzinājumā ar vasaras sezonu iepriekšējos periodos, konstatēts vairāk zandartu.

Salīdzināmas arī sugu nozvejas uz piepūles vienību izmaiņas laika gaitā pa periodiem (3. tabula). Rezultāti neatspoguļo kādu izteiktu tendenci dalījumā pa ekoloģiskajām grupām.

3.tabula

Zivju sugu vidējā svara nozveja uz piepūles vienību (CPUE) izmaiņas pa periodiem un sezonām.

Table 3

Catches of average weight of fish species per unit of effort (CPUE) change over periods and seasons.

	2. un 1. periods				2. un 3. periods				1. un 3. periods			
	R	Z	P	V	R	Z	P	V	R	Z	P	V
Reņģe												
Brētliņa												
Vimba												
Salaka												
Rauda												
Asaris												
Apaļais jūrasgrundulis												
Zandarts												
Plicis												
Plekste												
Sīga												
Vīķe												
Akmeņplekste												
Plaudis												
Menca												
Ķīsis												
Līdaka												
Lasis												

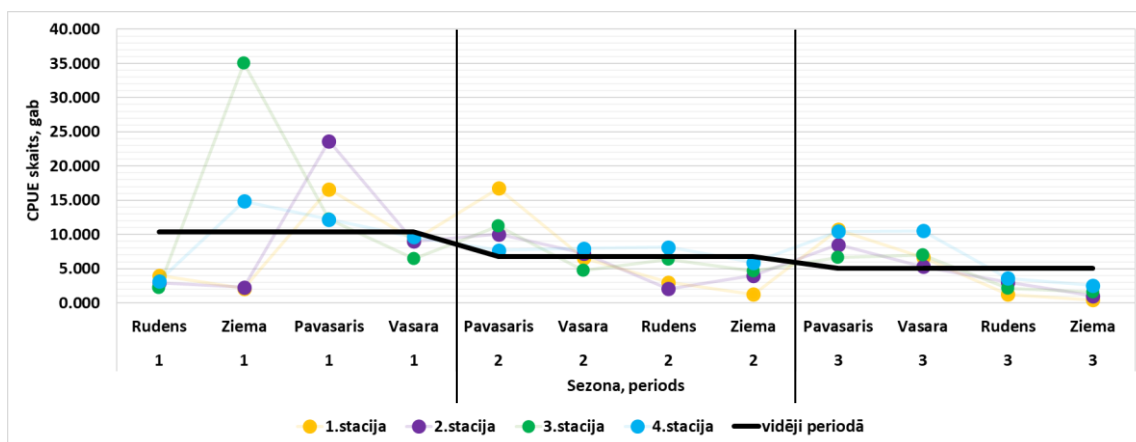
	CPUE samazinājusies		CPUE pieaugusi		Suga netika nozvejota
	Jūras zivju suga		Saldūdens zivju suga		Ceļotājzivju suga

Saīsinājumi: R -rudens sezona, Z- ziema, P - pavasaris, V- vasara. Tabulas augšpusē norādīti savā starpā salīdzinātie periodi.

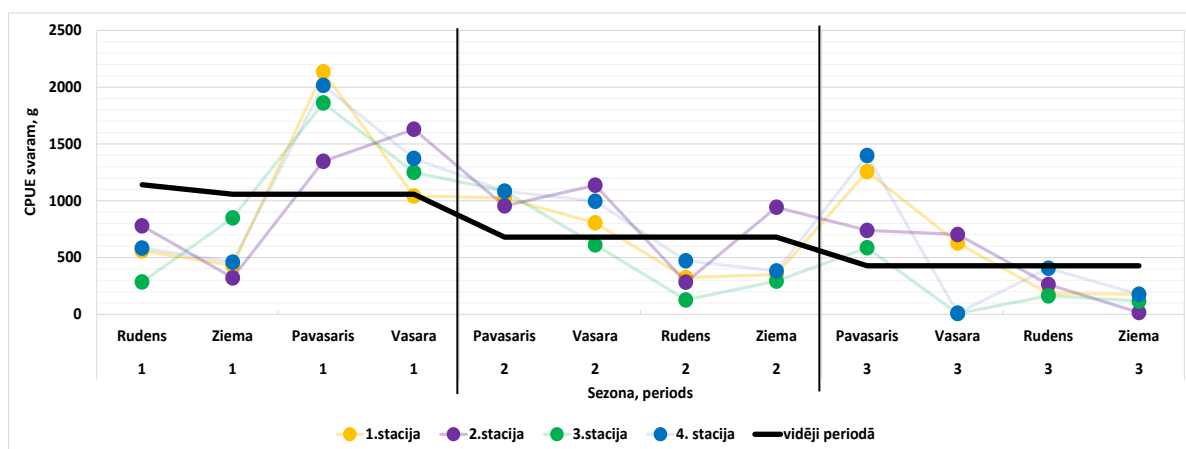
Jūras zivs reņģes un brētliņas nozveja, pieaug (neņemot vērā atsevišķas sezonas) gan saimnieciskās darbības veikšanas laikā, gan gadu pēc saimnieciskās darbības beigšanas. Salīdzinoši mazāk ietekmētas ir arī ceļojošās zivis vimba un salaka. Skatoties uz minēto sugu nārstošanas vecumu un izmēriem (Plikšs 1998), šīs sugas (izņemot vimbu) varētu pieskaitīt iepriekš literatūrā apskatītajiem R-stratēģistiem (pēc dzīvesveida). Ievērojamu negatīvo ietekmi (ne vien CPUE samazinājies, bet suga nav sastopama atsevišķās sezonās) grūti izcelšana atstājusi dažādu ekoloģisko grupu zivīm (lasis, līdaka, ķīsis, menca). Šīs zivis pēc dzīvesveida varētu pieskaitīt K-stratēģistiem.

3.2. Nozvejas izmaiņas pa periodiem un sezonām

Periodu vidējā nozveja uz piepūles vienību gan pēc skaita, gan masas, pakāpeniski samazinās saimnieciskās darbības veikšanas laikā, kā arī pēc tās. Pirmajā periodā nozveja ir vislielākā – 10,35 zivis uz piepūles vienību, kas attiecīgi ir 11441 grams (6. un 7. attēls).



6. attēls. Zivju skaita nozveja uz piepūles vienību, sezonālās un periodiskās izmaiņas
Figure 6. Catch per unit effort (number of fish), seasonal and periodic variations



7.attēls. Zivju svara nozveja uz piepūles vienību, sezonālās un periodiskās izmaiņas
Figure 7. Catch per unit effort (weight of fish), seasonal and periodic variations

Otrajā periodā, kad norisinājās akvatorijas padziļināšanās darbi, nozveja ievērojami kritusies. CPUE vidējā vērtība gan pēc nozvejas skaita (6,73), gan svara (679 g) uz piepūles vienību, salīdzinājumā ar pirmo periodu, ir par aptuveni trešdaļu zemāka.

Trešajā periodā (gadu pēc saimnieciskās darbības veikšanas) vidējā zivju nozveja gan pēc skaita (5,10), gan svara (4277 g) turpina samazināties. Salīdzinājumā ar pirmo periodu, skaits ir uz pusi mazāks, svars ir gandrīz trīs reizes mazāks. Salīdzinot ar otro periodu, izmaiņas nav tik lielas, skaits ir par ceturto daļu mazāks, svars par trešo daļu mazāks.

Vērojamas rezultātu izmaiņas arī pa sezonām. Pirmā perioda pavasarī ir lielākā nozveja uz piepūles vienību visa monitoringa laikā, gan pēc skaita (14,8), gan svara (1679,9 g). Salīdzinoši augsta nozveja arī vasarā (pēc skaita: 8,6 un pēc svara: 1323,1 g). Zemāki rezultāti rudenī (skaits: 3,10; svars: 551,9 g) ziemā vērojams mazākais nozvejas svars (493,7 g), bet pēc skaita (13,6) viena no augstākajām nozvejām periodā.

Otrajā periodā augstākā nozveja pēc skaita (11,4) un arī svara (1036,5 g) ir pavasarī. Salīdzinot ar pirmā perioda nozveju, tā ir aptuveni par trešo daļu samazinājusies. Vasaras skaits (6,6) un svars (887,5 g) nedaudz mazāks kā šī perioda pavasarī. Rudens sezonā ievērojami samazinājies skaits (4,9) un svars (301,3 g), un ir zemākais šajā periodā. Skaita ziņā zemākie rādītāji ir ziemā (3,9).

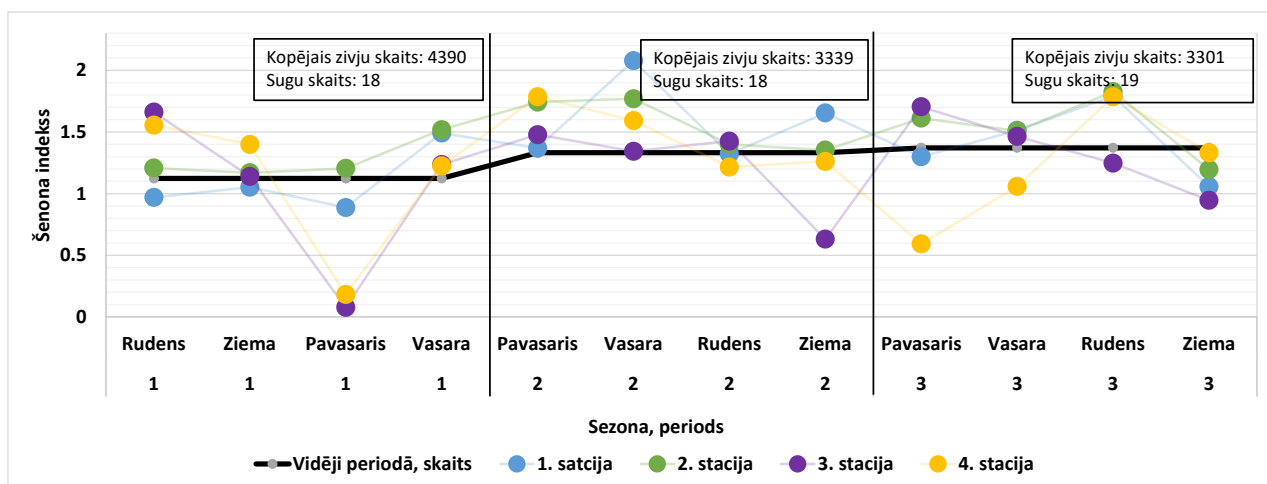
Trešajā periodā augstākā nozveja uz piepūles vienību, tā pat kā abos iepriekšējos periodos, pēc skaita (9,1) ir pavasarī. Bet svara vērtība, atšķirībā citiem periodiem, augstākā ir vasarā (333,7 g). Rudens nozvejoto zivju svars (253,3 g) ir uz pusi mazāks nekā pirmajā periodā, salīdzinājumā ar otro periodu, tikai nedaudz krities. Nozvejas skaits (2,5), salīdzinājumā ar pirmo periodu, ir četras reizes mazāks, salīdzinājumā ar otro periodu, tas samazinājies uz pusi. Ziemā zemākais nozvejas skaits (1,4) un svars (121,3 g) ne tikai periodā, bet visa monitoringa laikā. Salīdzinot ar pirmo periodu, svars krities četras reizes, skaits desmit reizes mazāks.

3.3.Šenona indekss

Šenona daudzveidības indekss pirmajā periodā – pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas – ir viszemākais (1,123) (8. attēls). Otrajā periodā (ostas padziļināšanas darbu laikā), sugu skaitam nemainās, toties vairs, indeksa vērtības attiecīgi pieaug (1,33). Trešajā periodā ir par vienu sugu vairāk, bet zivju skaits nedaudz samazinājies, tādēļ arī perioda vidējais daudzveidības indekss (1,37) nedaudz pieaug, sasniedzot augstāko vērtību visa monitoringa laikā. Ja Šenona indeksa aprēķināšanā izmanto nevis skaitu, bet zivju svaru,

novērojami līdzīgi rezultāti. Pirmajā periodā zemākā vērtība (1,178), otrajā periodā tā pieaug (1,494). Tomēr pretēji aprēķinātajam indeksam, izmantots zivju skaits, indekss, izmantojot svaru, trešajā periodā samazinās (1,342).

Daudzveidības indekss mainās arī sezonāli. Pavasarī zemākā daudzveidības indeksa vērtība (1,190) (zemākā arī visa monitoringa veikšanas laikā) ir pirmajā periodā, kas bija pirms padziļināšanas darbu veikšanas, augstākā daudzveidība ir otrajā periodā (1,594), kad tika veikta saimnieciskā darbība. Pretējas izmaiņas vērojamas rudens sezonā – indeksa augstākā vērtība (1,695) ir pirmajā periodā (un arī augstākais indekss no visām sezonām visa monitoringa laikā). Turpretī Šenona indekss, kas aprēķināts izmantojot svaru, nevis skaitu, tieši šajā rudens sezonā ir viszemākais visā monitoringa laikā). zemākā vērtība (1,348) ir otrajā periodā. Ziemas sezonā daudzveidības indeksa (izmantojot skaitu) zemākā vērtība (1,348) ir otrajā periodā. Ziemas sezonā augstākais daudzveidības indekss (1,558) ir pirmajā periodā, zemākais otrajā (1,225). Vasara ir vienīgā sezona, kurai augstākais Šenona indekss (1,386) ir trešajā periodā, kas ir pēc saimnieciskās darbības veikšanas, vasaras zemākā



8. attēls. Šenona daudzveidības indekss zivju skaitam, sezonālās un periodiskās izmaiņas
Figure 8. Shannon diversity index, , seasonal and periodic variations

daudzveidība (1,341) ir otrajā periodā.

Statistiski būtiskas atšķirības tika konstatētas starp pirmā un otrā perioda pavasara sezonā sastopamo zivju daudzveidību (pēc to skaita), kā arī pirmā un otrā perioda rudeni, pirmā un trešā perioda rudeni, otrā un trešā perioda ziemu, otrā un trešā perioda pavasara sezonā (pēc svara).(9.attēls)

1. R											
	1. Z										
		1. P									
			1. V								
				2.R							
<0,001					2. Z						
		0,02				2.P					
							2.V				
<0,001								3.R			
					0,05				3. Z		
						0,03				3.P	
											3.V

Šenona indekss svaram
Šenona indekss Skaitam

9. attēls. Statistiski būtiskas atšķirības Šenona indeksam starp sezonām dažādos periodos. Iekrāsots lauciņš nozīmē, ka starp attiecīgajām sezonām atšķirība ir statistiski būtiska. Apzīmējumi: R – Rudens sezona; Z – Ziema; P – pavasaris; V – vasara. Cipars pirms sezonas apzīmē attiecīgo periodu.

3.4.Fultona koeficients

Fultona koeficients norāda, ka izteiktāk izmaiņas skārušas bentosēdājzivis (pārtiek no bentosa) (4. tabula). Visām šīm sugām (rauda, asaris, plicis, plekste, apaļaus jūrasgrundulis, vimba) novērojama koeficienta samazināšanās saimnieciskās darbības veikšanas laikā (otrajā periodā) Pēc grunts izcelšanas (trešajā periodā) koeficients nedaudz pieaug, tomēr nerasniedz sākotnējo vērtību. Vienīgi plekstei (no bentosēdājzivīm) koeficients ir zemākais trešajā, nevis otrajā periodā.

Planktonēdājzivis (reņģe, salaka, brētliņa) grunts izcelšana ietekmē dažādi. Reņģei pirms saimnieciskās darbības Fultona koeficients ir viszemākais, nedaudz pieaug otrajā periodā, maksimālo vērtību sasniedzot trešajā periodā (pēc traucējumiem). Brētliņai un salakai pirms darbu uzsākšanas koeficients ir visaugstākais. Zemāko vērtību tas sasniedz brētliņai tieši grunts izcelšanas laikā, salakai pēc darbu beigšanas (trešajā periodā).

Plēsīgajām zivīm (asaris, zandarts) pirmā perioda koeficients ir viszemākais. Augstāko vērtību tas sasniedz otrajā periodā, kad notika grunts izcelšana. Pēc darbības veikšanas, koeficients atkal nedaudz samazinās. Pretēja saimnieciskās darbības ietekme vērojama uz mencu (plēsīgā zivs) – pirms traucējumiem Fultona koeficients ir visaugstākais, darbu laikā tas samazinās, trešajā periodā sasniedzot viszemāko vērtību.

Statistiski būtiska atšķirības ir starp visu periodu (pirmā un otrā; otrā un trešā; pirmā un trešā) vidējiem rezultātiem, visām zivju sugām.

4. tabula
Fultona koeficienta salīdzinājums pa periodiem dažādu barošanās veidu sugām
Table 4
Comparison of Fulton's coefficient by periods for different feeding type species

	1.periods			2.periods			3.periods		
	Min	Max	vidēji	Min	Max	Vidēji	Min	Max	Vidēji
Asaris	1.075	1.263	1.205	1.165	1.303	1.229	1.195	1.249	1.226
Rauda	1.238	1.271	1.255	1.038	1.186	1.145	1.094	1.245	1.179
Plicis	1.178	1.194	1.188	1.133	1.183	1.162	1.147	1.227	1.177
Plekste	1.07	1.232	1.131	1.005	1.209	1.072	0.963	1.16	1.071
Apaļais jūrasgrundulis	1.568	1.936	1.757	1.547	1.671	1.603	1.515	1.85	1.680
Vimba	0.874	0.955	0.926	0.571	0.973	0.834	0.85	0.963	0.896
Menca	0.939	1.023	0.981	0.913	1.029	0.971	0.889	1.047	0.968
Reņģe	0.485	0.6036	0.578	0.502	0.751	0.616	0.549	0.696	0.640
Salaka	0.546	0.590	0.562	0.477	0.680	0.555	0.485	0.591	0.539
Zandarts	0.715	1.037	0.824	0.741	1.211	0.863	0.694	0.921	0.827
Brētliņa	0.569	0.749	0.653	0.437	0.723	0.534	0.358	1.2	0.638

Barošanās veids:	Bentosēdājzivis	Planktonēdājzivis	Plēsīgās zivis
------------------	-----------------	-------------------	----------------

Apzīmējumi:	Augstākā vērtība	Vidējā vērtība	Zemākā vērtība
-------------	------------------	----------------	----------------

3.5. Zivsaimniecības produktivitātes zaudējumu aprēķins

Aprēķinot procentuālo kritumu zivju masas nozvejai uz piepūles vienībai, noskaidrojās sekojošie rezultāti. Otrajā periodā, kad tika veikta ostas padziļināšana, zivju masas produktivitāte mazinājusies par 36,0%, salīdzinājumā ar pirmo periodu. Trešajā periodā zaudējumi turpina pieaugt. Attiecībā pret pirmo periodu, trešajā periodā zaudētā zivju masas nozveja uz piepūles vienību ir - 43,4%.

Zaudējumu aprēķinu atskaitē minēts, ka asarim, raudai, plicim, plekstei, apaļajam jūrasgrundulim, vimbai un mencai saimnieciskā darbība nodarīs lielākos kaitējumus. Vairumam uzskaitīto sugu (rauda, plicis, plekste, apaļais jūrasgrundulis, menca, zandarts) svara nozveja uz piepūles vienību trešajā periodā (pēc saimnieciskās darbības), salīdzinājumā ar pirmo periodu (pirms saimnieciskās darbības), ir samazinājusies (3. tabula). Vienīgi vimbai, reņģei, salakai un brētliņai nozveja uz piepūles vienību pieaugusi, salīdzinot pirmo ar trešo periodu. Fultona koeficienta (4.tabula) rezultāti nedaudz savādāki. Vienīgā suga, kurai pēc saimnieciskās darbības, salīdzinājumā ar pirmo periodu, stāvoklis uzlabojies, ir reņģe. Asarim,

raudai, plicim, apaļajam jūrasgrundulim, vimbai, zandartam un brētliņai pēc saimnieciskās darbības Fultona koeficients ir zemāks nekā pirms saimnieciskās darbības veikšanas. Trešajā periodā, kad citām sugām koeficients sāk atkal pieaugt, plekstei, mencai un salakai tas turpina samazināties, sasniedzot minimālo vērtību visa pētījuma laikā.

4. DISKUSIJA

Pētījuma laikā nozvejoto zivju sugu sastāvs atbilst Baltijas jūras piekrastei raksturīgajai zivju sugu sabiedrībai (HELCOM 2018, Ojaveer 2017, Putnis 2019). Tomēr Liepāja ostas akvatorijā zivju sugu skaits ir mazāks nekā jūras piekrastē. BIOR veiktajās zivju uzskaitēs (2018.-2020.gados) minētas tādas sugas kā lucītis, trīsdatu stagers, taimiņš, četrragu buļļzivs, kas netika nozvejotas ostas akvatorijā nevienā no uzskaites reizēm (BIOR 2019, BIOR 2020, BIOR 2021). Jāpiemin, ka BIOR uzskaitē šīs zivju sugas tika konstatētas nelielos daudzumos, līdz ar to var spriest, ka to sastopamība piekrastē nav liela, jo minētās sugas (izņemot taimiņu) ir jūras zivju sugas, kurām, iespējams, nepieciešams sāļāks ūdens nekā tas ir ostas akvatorijā (Mendez 2014, Borecka et al. 2016, Ojaveer 2017). Tādēļ nav neparasti, ka sugas netika konstatētas ostas akvatorijas pētījumā. Ostas teritorijā kopumā sastopams mazāks zivju sugu skaits, jo akvatorijas ūdeņos zivis pakļautas dažādiem stresa apstākļiem (piemēram, troksnis, samazināta ūdens caurredzamība, mainīgs skābekļa daudzums), ne visas sugas spēj uzturēties šādā vidē (Klopott 2013, Vinogradov 2018). Tomēr trūkst iespējas salīdzināt rezultātus, jo līdzīgi pētījumi Latvijas ostās nav veikti. Analogs pētījums veikts Igaunijas ziemeļu piekrastes ostā (Sillamäe ostā), kur veiktajā zivju uzskaitē zivju sugu sabiedrība ir gandrīz tāda pati, kā Liepājas ostas zivju sabiedrība (Järv 2015).

Zivju nozveja uz piepūles vienību samazinās saimnieciskās darbības veikšanas laikā, kas ir likumsakarīgi, jo grunts izņemšana iznīcina zivis gan tiešā veidā (izceļot tās kopā ar grunti), gan ietekmē daudzu zivju barības bāzi, dzīvotnes un nārstošanas vietas. Zivis visbiežāk izvēlas migrēt prom no traucētās teritorijas (Klopott 2013, Newell et al. 1998). Iespējams, ka zivju nozveja ostā samazinājusies ne tikai saimnieciskās darbības dēļ – BIOR gada atskaitei (2018. gada, kad tika veikta saimnieciskā darbība) veiktā zinātniskā zveja norāda, ka kopējā Liepājas piekrastes nozveja uz piepūles vienību samazinājusies, salīdzinājumā ar iepriekšējo gadu (kas attiecīgi ir periods pirms saimnieciskās darbības veikšanas (BIOR 2019)).

Gadu pēc saimnieciskās darbības veikšanas, kad ostas ekosistēmai vajadzētu sākt nostabilizēties un atjaunoties, zivju nozveja uz piepūles vienību turpina samazināties. Ievērojamākais nozvejas kritums ir pavasara un vasaras sezonās. Visos periodos pavasara un vasaras sezonās pārsvarā dominē saldūdeņu zivis (asaris, rauda, plicis). Hidroloģiskie dati rāda, ka pirmajā periodā, kad bija lielāka nozveja uz piepūles vienību ūdens sāļums bija krietni mazāks nekā trešajā periodā (3. pielikums). Palielinoties sāls koncentrācijai ūdenī, saldūdens zivju sugām rodas stresa apstākļi, likumsakarīgi, ka tās migrēs prom no šiem ūdeņiem (Snoeijjs – Leijonmalm et al. 2017). Sāļuma izmaiņas gan nevarētu būt ievērojams nozvejas samazināšanās cēlonis tieši trešajam periodam, jo otrajā periodā ūdens sāļums bija līdzīgs, kā

arī sāļuma ietekmē vajadzētu ostā pieaugt jūras zivju sugu skaita, bet tas netika novērots. Starp periodiem pavasara un vasaras sezonās konstatētas ūdens temperatūras izmaiņas. Pirms saimnieciskās darbības veikšanas ūdens temperatūra gan virsējā slānī, gan piegrunts slānī siltajās sezonās bija zemāka nekā pēc saimnieciskās darbības veikšanas (pavasārī starpība bijusi aptuveni piecu celsija grādu apmērā, vasaras sezonā gandrīz 20°C starpība)(4. pielikums). Domājams, ka siltajās sezonās, kad Liepājas ezerā ūdens temperatūra ir salīdzinoši augsta, vēsākus ūdeņus mīlošas zivis (rauda, plaudis, plicis, asaris) migrē uz piekrastes vēsākajiem ūdeņiem (Putnis 2019). Tas varētu būt labi novērojams pirmajā periodā, kad ūdens temperatūra piekrastē bija zema. Pēc saimnieciskās darbības veikšanas periodā, kad ūdens temperatūra piekrastē bija augsta, zivju nozveja attiecīgi bija zema. Var pieņemt, ka saldūdeņu zivis nemigrēja uz piekrasti, jo arī tajā ūdens temperatūra zivīm bijusi pārāk augsta. BIOR zivsaimniecības gada atskaite (2020. gada – pēc saimnieciskās darbības) liecina, ka visā Liepājas piekrastē aizvien vēl turpina samazināties zivju nozveja uz piepūles vienību (BIOR 2021). Nevar izslēgt, ka tas ir iemesls arī nozvejas uz piepūles vienību kritumam ostas akvatorijā. Pastāv iespēja, ka akvatorijas padziļināšana ietekmē arī zivis ārpus ostas. Literatūrā teikts, ka saimniecisko darbu ietekme var būt vērojama līdz pat simts metru rādiusā no skartās vietas (Newell et al. 1998). Saimnieciskās darbības radīto zaudējumu aprēķinā minēts, ka zivju produktivitāti ietekmē arī grunts deponēšana grunts novietnē jūrā, kas šajā gadījumā atrodas atklātajā jūras daļā, netālu no ostas akvatorijas (BIOR 2021)

Uzsākot grunts izcelšanu un akvatorijas padziļināšanu, ostas ūdeņos palielinājies saldūdens zivju sugu skaits (izteikti rauda, plicis) savukārt samazinājies jūras zivju sugu skaits (plekste, apaļais jūrasgrundulis, vimba). Pēc saimnieciskās darbības beigšanas, salīdzinājumā ar otro periodu, pieaudzis jūras zivju sugu skaits (plekste, reņģe), bet samazinājies saldūdens sugu skaits (rauda, plicis vīķe). Tieši tādas pašas tendences zivju ekoloģisko grupu izmaiņās vērojamas visā Liepājas jūras piekrastē, vēsta BIOR 2019. Gadā, kad veikta akvatorijas padziļināšana, piekrastē krities jūras zivju sugu skaits, salīdzinājumā ar iepriekšējo gadu (attiecīgi – pirms saimnieciskās darbības veikšanas). Samazinoties jūras zivju skaitam, saldūdens zivīm ir mazāka konkurence par barību, dzīvotnēm. Konkurence ir viens no faktoriem, kas nosaka sugu sabiedrību un zivju atrašanās vietu (Jackson et al. 2001). Saldūdens zivis, iespējams, veiksmīgāk varēja migrēt un uzturēties akvatorijā, veidojot lielāku nozveju nekā iepriekšējā periodā.

Pievēršoties konkrētu sugu izmaiņām, redzams, ka pirmajā (pirms darbības) un trešajā (pēc darbības) periodā dominējošās sugas ir tādas pašas (asaris, rauda, plekste, apaļais jūrasgrundulis). Savukārt otrajā periodā, kad tika veikta grunts izcelšana, zivju sabiedrību galvenokārt veido rauda (krietni lielāks īpatsvars nekā pirmajā un trešajā periodā), vimba,

asaris, plicis. Nozvejotais īpatsvars pieaudzis reņģei, vīķei. Literatūrā minēts, ka rauda un plicis eitrofikācija ietekmē drīzāk pozitīvi (Putnis 2019), tādēļ šo sugu īpatsvars pieaudzis. Zināms, ka asari uzturās tīros ūdeņos, līdz ar to, darbības laikā, kad ūdens ir uzduļķots un slikti caurredzams, asaru īpatsvars ir samazinājies. Plekstes nozveja otrajā periodā kritusies, jo plekste ir bentiska suga, grunts izcelšanas rezultātā tiek bojātas gan bentisko organismu dzīvotnes, gan barības bāze. Ilgāku laiku pēc saimnieciskās darbības plekstes nozveja pieaug, kas varētu būt skaidrojams ar ostas ekosistēmas nostabilizēšanos, atjaunošanās procesiem, kas sekmē zivju atgriešanos iepriekšējās dzīvotnēs.

Pirmajā periodā, pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas, ziemas sezonā nozvejots liels daudzums salaku, kas netika novērots nevienā citā datu ievākšanas reizē. Salakām raksturīga pārvietošanās baros. Novembrī, decembrī tās migrē uz piekrasti, upju deltām, kur ziemo un, pavasarī ūdens temperatūrai iesilstot līdz 2°C, zivis kļūst aktīvākas (Shpilev 2005). Tas izskaidro lielo salaku skaitu un tieši ziemas sezonā. Iemesls, kādēļ ievērojama nozveja bijusi tikai pirmajā periodā, varētu būt ievērojama salaku nozvejas daudzuma samazināšanās, sākot ar 2018. gadu (lielākā salaku nozveja bija 2017. gadā) visā Latvijas piekrastes zonā (Zemkopības Ministrija 2021). Kā arī pirmais periods atšķiras ar salīdzinoši zemu ūdens temperatūru ziemā, otrajā un trešajā periodā ūdens bijis ap 4°C (4.pielikums), kas varētu ietekmēt salaku sezonālo ciklu un tās nemigrēja uz piekrasti, upju grīvām. Jāpiemin, ka pirmā perioda ziemas uzskaitē veikta februārī, tad, iespējams, salakas vēl ziemoja. Otrā ziemas uzskaitē veikta martā, ņemot vērā silto ūdens temperatūru, varētu pieņemt, ka salakas jau uzsākušas nārsta migrāciju prom no piekrastes uz upēm. Trešā perioda ziemas dati ievākti decembrī. Ņemot vērā arī silto ūdens temperatūru, nevar izslēgt, ka salakas vēl nebija uzsākušas migrāciju uz piekrasti, tādēļ tās tur netika sastaptas. Saimnieciskā darbība un tās radītās sekas nevarētu būt iemesls, kādēļ samazinājusies salaku nozveja, jo šī suga ir izturīga un pat bieži sastopama duļķainos, eitrofos ūdeņos (Sandstorm 2002).

Saimnieciskās darbības veikšanas laikā un pēc tās akvatorijā pieaugusi vimbas nozveja, īpaši rudens un ziemas sezonā. Vimbas uzturas baros un rudenī migrē ziemot uz seklākām vietām, upju grīvām (Tambet et al.2018), tādēļ šajās sezonās lielos daudzumos tās sastopamas piekrastē. Igaunijā veikts pētījums par vimbu ekoloģiju skaidro, ka suga zemās temperatūrās (<1°C) ir neaktīvas (ziemošanas periods), kad ūdens temperatūra pieaug 1– 4°C, zivis kļūst aktīvākas (Lepič et al. 2018). Pēc Liepājas ostā iegūtajiem hidroloģiskajiem datiem pirmajā periodā (kad vimbas nozvejotas ievērojami mazāk), ūdens temperatūra virsējā ūdens slānī (0,5°C un piegrunts slānī (1,0°C) atbilst vimbu ziemošanas temperatūrai. Otrajā un trešajā periodā (saimnieciskās darbības laikā un pēc) temperatūra ziemā bijusi virs 4°C (4. pielikums), kad zivis kļūst aktīvas. Var pieņemt, ka viens no iemesliem pieaugušajai vimbu nozvejai ir tieši

palielināta zivju aktivitāte ūdens hidroloģisko parametru dēļ. Paaugstinātu ūdens temperatūru otrajā un trešajā periodā veicina arī saimnieciskā darbība – dažādu temperatūru ūdens slāņi tiek sajaukti.

Augstākā nozveja uz piepūles vienību gan pēc svara, gan skaita ir augstākā pavasara un vasaras sezonās, jo tad vairākas zivju sugas (plekste, reņģe, apaļais jūrasgrundulis) migrē uz piekrastes ūdeņiem nārstot un to mazuļi piekrastē uzturas vēl visu vasaru. Pavasaros, ceļotājzivju sugas (vimba, salaka) pēc ziemošanas piekrastes ūdeņos, kļūst aktīva, kā rezultātā palielinās pavasara kopējās nozvejas apjoms. Zemākā nozveja ir rudens un ziemas periodos, kad vairums zivju kļūst mazāk aktīvas, migrē uz dziļākiem, siltākiem ūdeņiem ziemot. (Axenrot and Hansson 2004, Plikšs 1998, Nilsson et al. 20).

Šenona daudzveidības indekss zemākais ir pirmajā periodā, pētījuma laika gaitā tas pieaug. Indekss norāda daudzveidību atkarībā no sastopamo sugu skaita attiecībā pret kopējo zivju skaitu (vai svaru). Pirmajā periodā sugu skaits ir tāds pats, kā otrajā periodā, bet nav vairs tik izteikti dominējošas sugas, kā pirmajā periodā, zivju sadalījums pa sugām ir savstarpēji līdzīgāks, līdz ar to daudzveidības indekss otrajā periodā ir lielāks. Trešajā periodā sastopamo sugu skaits lielāks nekā iepriekšējos periodos, bet zivju sugu savstarpējais sadalījums līdzīgs, dažām sugām pat vienāds. Tādēļ Šenona daudzveidības indekss trešajā periodā (pēc saimnieciskās darbības) ir augstāks nekā pirmajā un otrajā periodā. Nav iespējams spriest par Šenona daudzveidības indeksa izmaiņām salīdzinājumā ar citām ostām un piekrastes zivju sabiedrību, jo pēdējos gados veikti maz šāda veida pētījumi. 2015. gadā tika veikts viens no nedaudzajiem pētījumiem Latvijas piekrastē, kas apskata tieši Šenona daudzveidības indeksu. Darbā dati ievākti tikai pavasara un vasaras sezonā, no visas Latvijas jūras piekrastes, bet atšķirās lietotie zvejas rīki, tādēļ, iespējams, rezultātus nevar salīdzināt ar Liepājas ostas datiem. Tomēr uzskatei: visas piekrastes Šenona indekss ir robežās no 0,74 līdz 1,99 (Briekmane et al. 2015). Liepājas ostā indekss variē no 0,075 līdz 2078 (vērtības no pavasara un vasaras sezonām, tā pat kā visas piekrastes datiem). 2015. gada pētījumā Šenona indeksam novērota īpatnēja tendence – pavasara un vasaras vērtības ir apgriezti proporcionālas viena otrai (Briekmane et al. 2015). Šāda tendence netika novērota Liepājas ostas pētījuma aprēķinātajiem Šenona indeksiem. Ostas akvatorijā Šenona indekss pavasara un vasaras sezonās visos periodos ir diezgan līdzīgs. Rezultātu atšķirības abos pētījumos, iespējams, skaidrojamas ar apaļā jūrasgrunduļa daudzumu 2015. gadā veiktajā pētījumā – šī suga tika nozvejota ļoti lielos daudzumos, līdz ar to būtiski ietekmēja Šenona daudzveidības indeksu. Pēdējos gados apaļā jūrasgrunduļa sastopamība piekrastē strauji kritusies, tādēļ Liepājas ostas pētījumā tas netika nozvejots ievērojamos daudzumos. Kā arī apaļais jūrasgrundulis biežāk uzturas akmeņainās vietās (Holmes et al. 2019). Liepājas ostas akvatorijā grunts nav akmeņaina, rāda iegūtie grunts

filmēšanas video. Visā Baltijas jūrā tika veikts pētījums par faktoriem, kas ietekmē zivju sugu daudzveidību (izmantojot tieši Šenona indeksu). Rezultāti skaidro, ka indekss ir zemāks dziļākās vietās, augstāks seklākās vietās un piekrastē (Smoliński and Radtke 2017). Liepājas ostas datu sadalījums pa stacijām neatspoguļo līdzīgus rezultātus – Šenona indekss mainās atkarībā no stacijas, bet neveidojas kāda izteikta tendence, kas apstiprinātu iepriekš rakstīto. Visticamāk, jo dziļumu gradients nav pietiekami izteikts, lai novērotu ietekmi uz daudzveidību. Šenona indekss esot augstāks siltos ūdeņos (Smoliński and Radtke 2017). Liepājas ostā iegūtie dati to savā ziņā apstiprina. Pavasara un vasaras sezonās ūdens temperatūra ir augstāka un arī Šenona indekss ir augstāks nekā ziemā un rudenī. Vasaras sezonās ūdens temperatūra ir augstāka nekā pavasara sezonās, arī Šenona indekss ir augstāks vasarā nekā pavasarī. Analizējot periodiem, ūdens vidējā temperatūra ar katru periodu pieaug un arī Šenona indekss palielinās. Tomēr temperatūras izmaiņas ir pāris Celsija grādu robežās, līdz ar to temperatūras ietekme uz Šenona daudzveidības indeksu Liepājas ostā nav attiecināma.

Fultona koeficients izteiktāk mainās bentosēdājzivīm (rauda, plicis, plekste, apaļais jūrasgrundulis, vimba), jo grunts izcelšanas rezultātā tiešā veidā iet bojā zoobentoss – šo zivju galvenā barības bāze. Zemākā koeficienta vērtība ir otrajā periodā, kad norisinājās saimnieciskā darbība, tad tika radīta lielākā ietekme uz grunti un tās organismiem. Pēc traucējumu beigšanas koeficients nedaudz pieaug, jo grunts ekosistēma sāk lēnām atkopties, līdz ar to pieaug barības daudzums. Atšķirīgas izmaiņas vērojamas plekstei – koeficients turpina samazināties vēl gadu pēc saimnieciskās darbības veikšanas, kad bentāle vairs netiek tieši ietekmēta. Zoobentoss, kas ir plekstes galvenā barība, pēc grunts izcelšanas darbiem atjaunosies pēc vairākiem gadiem, tādēļ plekstei nav pietiekams barības daudzums (BIOR 2021). Jāatzīmē, ka iepriekš minētajām bentosēdājzivīm (rauda, plicis, vimba) ir plašāka barības bāze nekā plekstei, un vajadzības gadījumā tās barojas arī ar zooplanktonu (plicis), ūdensaugiem (rauda) (Plikšs 1998).

Reņģei (planktonēdājzivs) Fultona koeficients pieaug saimnieciskās darbības laikā un pēc tās. Grunts traucējumu ietekmē ūdens tiek bagātināts ar organiskajām vielām, kas veicina firoplanktona un līdz ar to arī zooplanktona savairošanos, kas veido reņģes barības bāzi. (Jakubavičiūtē 2017, Newell et al. 1998). Citām planktonēdājzivīm (brētliņa, salaka) Fultona koeficients samazinās saimnieciskās darbības laikā. Brētliņai un reņģei pārsvarā pārklājās barības bāze. Atšķirībā no brētliņas, reņģe, barojas arī ar zivju mazuļiem (Jakubavičiūtē 2017, Plikšs 1998). Tātad, reņģei ir lielāka barības izvēle, līdz ar to lielāka iespēja pārslēgties uz citiem barības objektiem, nekā salīdzinoši brētliņai. Salaka, papildus zooplanktonam, sasniedzot lielāku vecumu, barojas arī ar zoobentosu un zivju mazuļiem – salīdzinot ar reņģi – barības izvēle līdzīga, tomēr saimnieciskās darbības rezultātā tā negatīvi ietekmēta, jo iet bojā daļa no salakas barības – zoobentoss. Kopumā var spriest, ka planktonēdājzivīm ar plašāku

barības bāzi Fultona koeficients Liepājas ostas akvatorijā ir augstāks nekā zivīm, kas pārtiek no salīdzinoši vienvēidīgākas barības.

Plēsīgajām zivīm (asaris, zandarts) Fultona koeficients pieaug saimnieciskās darbības laikā, jo tās veiksmīgi var medīt planktonēdāzīvīs (Olsson 2019), kas atrodas akvatorijā, iespējams, lielākos daudzumos nekā citviet jūras piekrastē (jo akvatorijā, saimnieciskās darbības laikā, planktonēdāzīvīm barība ir pieejamāka, nekā piekrastē (Bergstrom et al. 2016). Mencai (arī plēsīgā zivs) Fultona koeficients mainās pretēji nekā iepriekš minētajām plēsīgajām sugām – darbu veikšanas laikā koeficients samazinās. Tas tādēļ, ka menca, atšķirībā no asara un zandarta, medī tuvāk gruntij (Karlson 2020, Kiljunen et al. 2020). Saimnieciskās darbības ietekmē iet bojā vairums bentisko un tuvu gruntij dzīvojošo organismu, līdz ar to samazinās mencai pieejamā barība.

Aprēķinātie saimnieciskās darbības radīto zaudējumu rezultāti ir līdzīgi, kā prognozēts BIOR zaudējumu aprēķinos (BIOR 2019). Salīdzinājumā ar nozveju pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas, gadu pēc akvatorijas padziļināšanas, zivju svārs uz piepūles vienību ir samazinājies par 43,4%. Zaudējumu aprēķinā tika prognozēts kritums par 40%. Prognozes un iegūto rezultātu nelielā atšķirība varētu būt skaidrojama ar to, ka zaudējumu aprēķini pārsvarā tika balstīti uz bentisko zivju un/vai bentosēdāzīvju sugām (rauda, plicis, plekste, apaļais jūrasgrundulis, vimba). Šīs sugas tika ievērojami ietekmētas (3. tabula, 4. tabula). Zaudējumu aprēķinos nav ņemtas vērā planktonēdāzīvīs (brētliņa, salaka) un plēsīgās zivīs (menca, asaris, zandarts), kuras saimnieciskā darbība arī ietekmējusi negatīvi.

Tiek prognozēts, ka trīs gadus pēc saimnieciskās darbības, nozvejas atšķirība, salīdzinājumā ar periodu pirms saimnieciskās darbības veikšanas, būs samazinājusies līdz 25%. Ņemot vērā precīzo prognozi par izmaiņām pēc gada, diezgan ticams, ka nozveja atjaunosies pēc aprēķinos minētā scenārija. Skatoties uz izmaiņām, kādas notikušas ar zivju sabiedrību gada laikā pēc saimnieciskās darbības veikšanas, var prognozēt iespējamo turpmāko zivju sabiedrības atjaunošanās gaitu. Reņģe, brētliņa, vimba, salaka – šīm sugām saimnieciskās darbības laikā un pēc tās svāra nozveja uz piepūles vienību pieauga, salīdzinājumā ar katru iepriekšējo periodu (3. tabula). Reņģe un brētliņa pēc dzīvesveida pieskaitāmas r-stratēģistiem, kuriem ir liels pēcnācēju skaits, ātra attīstība, salīdzinoši agrs reprodiktīvais vecums. Diezgan droši var apgalvot, ka šīs divas sugas turpmākajā atjaunošanās periodā būs sastopamas akvatorijā un ar lielu nozveju. Reņģe brētliņa varētu turpināt veiksmīgi uzturēties akvatorijā, līdz tur atgriežas plēsīgās zivīs, kas varētu apdraudēt reņģi un brētliņu. Viena no potenciālajām sugām, kas varētu apdraudēt reņģi, brētliņu ir asaris. Salīdzinot tā nozveju uz piepūles vienību pirmajā un trešajā periodā, tā nozveja daļēji arī pieauga. Neskatoties uz asara nozvejas samazināšanos atsevišķās sezonās, un nozvejas samazināšanos saimnieciskās darbības laikā,

kopumā trešajā periodā asaris, tā pat kā pirmajā periodā, bija viena no dominējošajām sugām. Skatoties pēc Fultona koeficienta, kas liecina par zivs dzīves apstākļu kvalitāti, atkal jāmin reņģe – vienīgā suga, kurai pēc saimnieciskās darbības koeficients sasniedzis pētījuma laikā augstāko vērtību. Fultona koeficients kopš saimnieciskās darbības beigām lēnām pieaug arī raudai, plicim, apaļajam jūrasgrundulim, zandartam un brētliņai. Šīs sugas laika gaitā varētu atgriezties ostas akvatorijā. Savukārt plekste, menca, salaka, visticamāk, varētu būt vienas no pēdējām zivju sugām, kas sasniegs pirms saimnieciskās darbības nozvejas apjomus, Fultona koeficients šīm sugām turpina samazināties pēc saimnieciskās darbības. Jāņem vērā arī hidroloģiskās izmaiņas, kas notika saimnieciskās darbības ietekmē – paaugstināta ūdens temperatūra un sāļums. Pieņemot, ka laika gaitā gan temperatūra, gan sāļums samazināsies līdz vērtībām, kādas bija pirms saimnieciskās darbības, var izteikt prognozes, ka piekrastē straujāk atgriezīsies saldūdens sugas, kas silto sezonu laikā mēdz uzturēties vēsākos ūdeņos – rauda, plaudis, plicis, asaris (Putnis 2019). Saliekot kopā visus iepriekš minētos faktorus, var prognozēt, ka visticamāk, ostas akvatorijā turpmāk lielākos daudzumos būs sastopama reņģe, asaris, plicis.

Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka zivju sabiedrību un tās dinamiku ietekmē vairāku ārējo faktoru kopums. Saimnieciskā darbība rada papildus apstākļus, kas konkrētas zivju sugas var ietekmēt pozitīvi, vai tieši otrādi, kā tas pārsvarā vērojams – atstāt negatīvas sekas. Tiek ietekmēti gan sugu sastāvs, gan nozvejas apjoms uz piepūles vienību, sugu daudzveidība. Nav iespējams novērtēt pilnīgi visus ietekmējošos faktorus, bet darbā liela daļa no tiem tiek izvērtēti, atkāpjot nozīmīgākos. Grunts padziļināšana īpaši negatīvas sekas atstāj bentiskajām zivīm – tiek iznīcinātas gan to dzīvotnes, gan galvenā barība – zoobentoss. Arī planktonēdājzivju sabiedrība mainās, jo tikai dažas sugas ir spējīgas atrasties un baroties eitroficētos ūdeņos. Saimnieciskā darbība ietekmē arī ūdens temperatūru un sāļumu, kas ir viens no zivju sabiedrības ietekmējošajiem faktoriem. Pieļaujams, ka saimnieciskās darbības ietekmē zivju sabiedrību ne tikai ostas akvatorijā, bet arī tuvākajās teritorijās, kur aizplūst saduļķotie akvatorijas ūdeņi vai arī tiek deponēta grunts. Gada laikā pēc saimnieciskās darbības veikšanas aizvien vēl vērojamas tās izraisītās sekas. BIOR prognozētie zudumi zivju svara nozvejai uz piepūles vienību pagaidām apstiprinās, līdz ar to var cerēt, ka papildīsies arī turpmākās prognozes un zivju nozveja lēnām atkal atjaunosies.

5. SECINĀJUMI

1. Liepājas ostas akvatorijā, atšķirībā no jūras piekrastes, sastopamas vairāk saldūdeņu zivju sugas.
2. Zivju sabiedrībā sezonāli mainās gan sugu sastāvs, gan sastopamo zivju skaits. Nozveja uz piepūles vienību visaugstākā ir pavasarī, zemākā – ziemā un rudenī.
3. Galvenie faktori, kas ietekmē Liepājas ostas akvatorijas zivju sabiedrību, ir dzīvotņu pieejamība, barības daudzums, ūdens kvalitāte un hidroloģiskie parametri, kā arī netālu esošās jūras un ezera zivju sabiedrības sugu sastāvs.
4. Saimnieciskā darbības ietekmē izmainās ostas akvatorijā sastopamo sugu sastāvs, samazinās nozvejoto zivju skaits un svars uz piepūles vienību (CPUE), pasliktinās vispārējā zivju dzīves kvalitāte (Fultona koeficients), pieaug zivju sugu daudzveidība (Šenona indekss).
5. Ostas akvatorijas padziļināšana ievērojamākās negatīvās sekas atstāj uz zivju sugām, kas apdzīvo bentāli un/vai barojas ar bentiskajiem organismiem.
6. Pirmajā gadā pēc saimnieciskās darbības veikšanas, vērojami nelieli dzīves kvalitātes uzlabojumi vairumam zivju sugu, izņemot pleksti, mencu un zandartu.

PATEICĪBAS

Vislielāko pateicību izsaku darba vadītājai Laurai Briekmanei par ieguldīto laiku un enerģiju, vērtīgajiem ieteikumiem, gudrajiem risinājumiem! Noteikti lielu paldies saku arī Ivaram Putnim, kurš piedāvāja man iespēju rakstīt darbu par šo tēmu! Pasakos arī BIOR komandai, kas ik sezonu devās uz Liepājas ostu ievākt datus, kas tika izmantoti šajā darbā. Paldies Kasparam Abersonam par savu devumu šajā darbā.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- Aarestrup, K., Okland, F., Hansen, M. M., Righton, D., Gargan, P., Castonguay, M., McKinley, R. S. (2009). Oceanic Spawning Migration of the European Eel (*Anguilla anguilla*). *Science*, 325(5948), 1660–1660. Adams P.B., 1979., Life history patterns in marine fishes and their consequences for fisheries management. *Fisher-Bulletin*, 78(1), 15 lpp
- Adjers K., Appelberg M., Eschbaum R., Lappalainen A., Minde A., Repečka R., Thoresson G. 2006. Trends in coastal fish stock of the Baltic sea. *Boreal environment research* 11: 13-25
- Aigars J. (galv.red.), 2018. (a) Jūras Vides stāvokļa novērtējums, Rīga, Latvijas Hidroekoloģijas institūts, 115 lpp.
- Aigars J. (galv.red.), 2018. (b) Latvijas ekosistēmu dinamika klimata ietekmē, Rīga, Daugavpils Universitātes aģentūra “Latvijas Hidroekoloģijas institūts”, 114 lpp.
- Amara R., Selleslagh J., Billon G., Minier C., 2009. Growth and conditions of 0-group European flounder, *Platichthys flesus* as indicator of estuarine habitat quality. *Hydrobiologia* 627, 87.
- Axenrot T., Hansson S., 2004, Seasonal dynamics in pelagic fish abundance in a Baltic Sea coastal area. *Estuarine, Coastal and Shelf science*, 60(4): 541-547.
- Bergstrom L., Bergstrom U., Olsson J., Carstensen J., 2016. Coastal fish indicators response to natural and anthropogenic drivers-variability at temporal and different spatial scales. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 183A, 62-72.
- Bergström, L., Karlsson, M., Bergström, U. et al. 2019. Relative impacts of fishing and eutrophication on coastal fish assessed by comparing a no-take area with an environmental gradient. *Ambio* 48, 565–579
- BIOR, 2019 (a). Zivju resursu pētniecības departamenta 2018.gada zinātniskā atskaite, Rīga, 173 lpp.
- BIOR 2019 (b). 2018. Gada atskaite par zivju resursu izpēti un izmantošanas regulēšanas pasākumu nodrošināšanu. 49 lpp.
- BIOR 2020 (a). 2019. Gada atskaite par zivju resursu izpēti un izmantošanas regulēšanas pasākumu nodrošināšanu. 52 lpp.
- BIOR, 2020 (b) 2019. gadā veikto Liepājas ostas remonta padziļināšanas darbu zivju resursiem nodarīto zaudējumu aprēķins, 4 lpp
- .BIOR 2021. 2020. Gada atskaite par zivju resursu izpēti un izmantošanas regulēšanas pasākumu nodrošināšanu. 58 lpp.
- Björnsson B., Karlsson H., Thorsteinsson V., 2010. Effects of anthropogenic feeding on the migratory behaviour of coastal cod (*Gadus morhua*) in Northwest Iceland. *Fisheries Research* 106:81-92.
- Bondarev D., Kunah O., Zhukov O., 2018. Assessment of the impact of seasonal patterns climatic conditions of spawning events of the white bream *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) in astronomical and biological time. *Acta Biologica Sibirica* 4(2): 61-77.
- Borecka A., Janas U., Kendzierska H., 2016. The combined effect of temperature and salinity changes on osmoregulation and haemocyanin concentration in *Saduria entomon* (Linnaeus, 1758), *Marine Biology Research*, 12(3): 316-322
- Briekmane L., Ustups D., Knopiņa E., Urtāns Ē., 2015. Baltijas jūras piekrastes zivju sabiedrības izmaiņas pēdējo gadu laikā. LU 74. Zinātniskā konference. Latvijas ūdeņu vides pētījumi un aizsardzība. Referātu tēžu krājums. 19-25. Lpp.
- Cerceau J., Mat N., Junqua G., Lin L., Laforest V., Gonzalez C., 2014., Implementing industrial ecology in port cities: international overview of case studies and cross-case analysis, *Journal of Clean Production*, 74:1-16.

- Dupont N. Aksnes D.L., 2013. Centennial changes in water clarity of the Baltic Sea and the North Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 131: 282–289
- Harvey J.C., Cox S.P., Essington E.T., Hansson S., Kitchell F.K., 2003. An ecosystem model of food web and fisheries interactions in the Baltic Sea, *ICES Journal of Marine Science*. 60(5): 939-950
- FAO, 2001. Dams, fish and fisheries: Opportunities, Challenges and conflict Resolution, Rome, Food & Agriculture organization. 166 lpp.
- Griffiths, J. R., Kadin, M., Nascimento, F. J. A., Tamelander, T., Törnroos, A., Bonaglia, S., ... Winder, M. (2017). The importance of benthic-pelagic coupling for marine ecosystem functioning in a changing world. *Global Change Biology*, 23(6), 2179–2196
- HELCOM, 2011 Salmon and Sea Trout Populations and Rivers in the Baltic Sea – HELCOM assessment of salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) populations and habitats in rivers flowing to the Baltic Sea. *Balt. Sea Environ. Proc.* 126A, 80 lpp.
- HELCOM, 2013 HELCOM Red List of Baltic Sea species in danger of becoming extinct. HELCOM (2018): State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016. *Baltic Sea Environment Proceedings No 155.*, 155 lpp
- HELCOM, 2018 (a). Status of coastal fish communities in the Baltic Sea during 2011-2016 – the third thematic assessment. *Baltic Sea Environment Proceedings No 161*, 50 lpp. *Balt. Sea Environ. Proc. No. 140.*, 106 lpp.
- HELCOM, 2018(b). Seabed loss and disturbance. Second HELCOM holistic assessment 2011-2016, 13.lpp
- HELCOM 2019. Noise sensitivity of animals in the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings No. 167*, 46 lpp.
- Holmes, M., Kotta, J., Persson, A., & Sahlin, U. (2019). Marine protected areas modulate habitat suitability of the invasive round goby (*Neogobius melanostomus*) in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* , 229
- Hopkins C.C.E., Thulin J., Hoell E. 2001. A paradigm involving transformation of the Baltic sea ecosystem and fisheries regimes related to eutrophication, and options for migration to redress the root causes. *Mini-Symposium on Ecosystem Change in the Baltic*, 15 lpp
- Ingvaldsen R.B., Gjørseter H., Ona E., Michalsen K. 2017. Atlantic cod (*Gadus morhua*) feeding over deep water in the high Arctic, *Polar Biology* 40: 2105-2111.
- Inui R., Koyama A., Akamatsu Y. 2017. Abiotic and biotic factors influence the habitat use of four species of *Gymnogobius* (Gobiidae) in riverine estuaries in the Seto Inland Sea. *Ichthyological Research*, 65(1), 1–11.
- Jackson, D. A., Peres-Neto, P. R., Olden, J. D. (2001). What controls who is where in freshwater fish communities – the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1), 157–170
- Jakubavičiūtė E., Casini M., Ložys L., Olsson J., 2017. Seasonal dynamics in the diet of pelagic fish species in the southwest Baltic Proper, *ICES Journal of Marine Science*. 74(3):s 750–758
- Järv L., Aps R., Raid T., Järvik A. 2015. The impact of activities of the Port of Sillamäe, Gulf of Finland (Baltic Sea), on the adjacent fish communities in 2002–2014. *Towards Green Marine Technology and Transport – Guedes Soares, Dejhalla & Pavleti*. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02887-6
- Jin S., Yan X., Zhang Y., Fan W., 2015. Weight–length relationships and Fulton’s condition factors of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western and central Pacific Ocean. *PeerJ*, 3: 9-30
- Karlson, A.M.L., Gorokhova, E., Gårdmark, A. et al 2020.. Linking consumer physiological status to food-web structure and prey food value in the Baltic Sea. *Ambio* 49, 391–406

- Kiljunen, M., Peltonen, H., Lehtiniemi, M., Uusitalo, L., Sinisalo, T., Norkko, J., ... Karjalainen, J. (2020). Benthic-pelagic coupling and trophic relationships in northern Baltic Sea food webs. *Limnology and Oceanography*. 65(8): 1706-1722
- Klopott M. 2013. Restructuring of environmental management in Baltic ports: Case of Poland. *MARine Policy & Management*. 40: 439-450.
- Kraufvelin P., Pekcan-Hekim Z., Bergström U., Florin B.A., Lehtikoinen A., Mattila J., Arula T., Briekmane L., Brown J.E., Celmer Z., Dainys J., Jokinen H., Kääriä P., Kallasvuo M., Lappalainen A., Lozys L., Möller P., Orio A., Rohtla M., Saks L., Snickars M., Støttrup J., Sundblad G., Taal I., Ustups D., Verliin A., Vetemaa M., Winkler H., Wozniczka A., Olsson J. 2018. Essential coastal habitats for fish in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 204, 14–30.
- Lepič P., Blecha M., Kozak P., 2018. Intensive winter culture of *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758) and *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758) for spring restocking. *Fish&aquatic science* 20(2): 97-102
- Liepājas pilsētas dome 2016. Liepājas pilsētas Tirdzniecības kanāla ekspluatācijas (apsaimniekošanas) noteikumi. *Latvijas Vēstnesis* 223: 1.-10.
- Mackenzie B.R., Gislason H., Mollmann C., Koster F.W., 2007., Impact of 21st century climate change on the Baltic Sea fish community and fisheries. *Global Change Biology*, 13(7), 1348-1367.
- Mendez N., 2014. Dynamics and growth of the eelpout *Zoarces viviparus* in the western Dutch Wadden Sea. *NIOZ-Report 2014-2*: 30 lpp
- Ministru kabinets 2001. Saimnieciskās darbības rezultātā zivju resursiem nodarītā zaudējuma noteikšanas un kompensācijas kārtība, *Latvijas Vēstnesis* 73: 1- 13
- Ministru kabinets 2010. Noteikumi par aizsargājāmām jūras teritorijām. *Latvijas Vēstnesis*, 8: 1-8
- Ministru kabinets 2013. Dabas lieguma "Liepājas ezers" individuālie aizsardzības un izmantošanas noteikumi, *Latvijas Vēstnesis* 4: 1-11
- Newell R.C., Seiderer L.J., Hitchcock 1998., The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the seabed. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. 36: 127-178
- Nilsson J., Engstedt O., Larsson P. 2013. Wetlands for orthen pike (*Esox lucius*) recruitment in the Baltic Sea, *Hydrobiologia* 712: 145-154.
- Ojaveer E., 2017 (a), *Ecosystems and Living Resources of the Baltic Sea. Their assessment and management*, Tallin, Springer, 291 lpp.
- Ojaveer E. 2017 (b) *Evolution of the Baltic Sea. In: Ecosystems and Living Resources of the Baltic Sea. Springer*, 1-10 lpp.
- Olsson J., Bergstrom L., Gardmark A., 2012., Abiotic drivers of coastal fish community change during four decades in the Baltic Sea, *ICES Journal of Marine Science*, 69(6): 961-970.
- Ottosen K. M., Pedersen M.W., Eliassen S.K., Steingrund P., Magnussen E., Rasmussen T.A.S., 2017., Migration patterns of the Faroe Plateau cod (*Gadus morhua*, L.) revealed by data storage tags, *Fisheries Research*, 195: 37-45
- Pilāte D., 2020., *Invazīvās dzīvnieku sugas Latvijā*. <https://enciklopedija.lv/skirklis/7286>
- Plikšs M., Aleksejevs Ē., 1998., *Latvijas Daba. Zivis*, Rīga, Gandrs, 304 lpp.
- Purvina S., Medne R., 2018. Reintroduction of sturgeon, *Acipenser oxyrinchus*, in the Gulf of Riga, East-Central Baltic Sea.
- Repečka R., 2003. Changes in biological indices and abundance of salmon, sea trout, smelt, vimba and twaite shad in the coastal zone of the baltic sea and the Courian lagoon at the beginning of spawning migration. *Acta zoologica Lituanica*, 13(2): 195-216.

- Ruskule A., Kuris M., Leipute G., Vetemaa M., Zableckis Š., 2009., See the Baltic sea, Rīga, Baltic Environmental Forum, 80 lpp.
- Sandstorm A., Karas P., 2002. Effects of eutrophication in young-of-the-year freshwater fish communities in coastal areas of the Baltics. *Environmental Biology of fishes*. 63: 89-101
- Shatunovskii, M. I., & Ruban, G. I., 2009. Ecological aspects of age-related dynamics of fish reproductive parameters. *Russian Journal of Ecology*, 40(5):, 320–327
- Shpilev H., Ojaveer E., Lankov A. 2004. Smelt (*Osmerus eperlanus* L.) in the Baltic Sea. *Proceedings of the Estonian Academy of Science, Biology and Ecology* 54(3): 230-241
- Sirgay P., Andersson M., Pajala J., Laanerau J., Klauson A., Tegowski J., Boethling M., Fischer J., Tougaard J., Wahlberg M., Nikolopoulos A., Folegot T., Matuschek R., Verfuss U. 2016. A Regional Management of Underwater Sound in the Baltic Sea. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 875:1015-1023
- Smoliński S., Radtke K., 2017 Spatial prediction of demersal fish diversity in the Baltic Sea: comparison of machine learning and regression-based techniques, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 74(1): 102–111
- Snickars M., Weigel B., Bonsdorff E. 2014. Impact of eutrophication and climate change on fish and zoobenthos in coastal waters of the Baltic Sea. *Mar Biol* 162: 141-151.
- Noeijis – Leijonmalm P., Schubert H., Radziejewska T., 2017., *Biological Oceanography of the Baltic sea*, Netherlands, Springer, 683 lpp.
- Tambets M., Kärgerberg E., Thorstad E.B., Sandlund O.T., Økland F. & Thalfeldt M. Effects of a dispersal barrier on freshwater migration of the vimba bream (*Vimba vimba*). *Boreal Environment Research* 2018. 23: 339–353.
- Ustups D. 2020. Zivju krājumu stāvoklis un zvejas regulēšana Baltijas jūrā 2019.–2020. gadā. *Latvijas zivsaimniecības gadagrāmata 2020*. 85-101 lpp
- Vinogradov A.K., Bogatova I., Synegub I.A., 2017., *Ecology of Marine Ports of the Black and Azov Sea Basin*, Odessa, Springer, 412.
- Volestad L.A., L`Abee-Lund J.,H. 1987. REproductive biology of fishes., *Rutilus rutilus*. *Environmental biology of fishes*, 18(3): 219-227.
- Walday M., Kroglund T, Norwegian institute for Water Research, 2017., *The Baltic Sea*, Eiropean Environment Agency
- Zemkopības Ministrija 2020. Par mencu piezvejas izmantošanas un plekstu zvejas papildu regulējumu 2020. gadā sakarā ar mencu specializētās zvejas liegumu. *Latvijas vēstnesis* 4.1-12e/163
- Zemkopības Mministrijas Zivsaimniecības departaments 2020. Zvejas statistika. *Latvijas zivsaimniecības gadagrāmata 2019*. 146-150.lpp
- Zemkopības Ministrijas Zivsaimniecības departaments 2021. Zvejas statistika. *Latvijas zivsaimniecības gadagrāmata 2020*. 210-254.lpp

Interneta vietnes:

- HELCOM, 2015. Guidelines for coastal fish monitoring sampling methods of HELCOM. <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Guidelines-for-Coastal-fish-Monitoring-of-HELCOM.pdf>

- Jorgensen M. 2021. Fulton's condition factor calculator. <https://globalflyfisher.com/fish-better/fultons-condition-factor-calculator>
- Lapinskis J., 2019., Baltijas jūras Latvijas piekraste un Rīgas līcis. <https://enciklopedija.lv/skirklis/26156-Baltijas-j%C5%ABras-Latvijas-piekraste-un-R%C4%ABgas-l%C4%ABcis>
- Latvijas ezeri 2021. Liepājas ezers. <https://www.ezeri.lv/database/>
- Latvijas upes 2018.. Bārtas baseins, kopā ar visu Liepājas ezeru. <http://www.upes.lv/informacija/balt-jura/barta/>
- Latvijas Zemkopības ministrija, 2017., Zivju resursu mākslīgās atražošanas plāns 2017.-2020.gadam. <https://www.zm.gov.lv/public/ck/files/Zivju%20resursu%20maksligas%20atrazosanas%20plans%202017.pdf>
- LSEZ, 2020., Osta-tehniskie parametri. <https://liepaja-sez.lv/lv/port/tehniskie-parametri>
- Putnis I., 2019., Zivis Latvijā. <https://enciklopedija.lv/skirklis/7272-zivis-Latvij%C4%81>
- Ratniece-Kadeģe L., 2019., Aktīvi norit Liepājas ostas padziļināšana. <https://www.liepaja.lv/aktivi-norit-liepajas-ostas-padzilinasana/>
- Walday M., Kroglund T, Norwegian institute for Water Research, 2017., The Baltic Sea https://www.eea.europa.eu/publications/report_2002_0524_154909/regional-seas-around-europe/page141.html/#Bibliography
- LR Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra 2018. Vietvārdu datubāze, Tirdzniecības kanāls. http://vietvardi.lgia.gov.lv/vv/to_www_obj.objekts?p_id=97862&p_back=0**
- Zaiontz C. 2021, Shannon's Diversity Index. Real Statistics Using Excel <https://www.real-statistics.com/descriptive-statistics/diversity-indices/shannons-diversity-index/>

PIELIKUMI

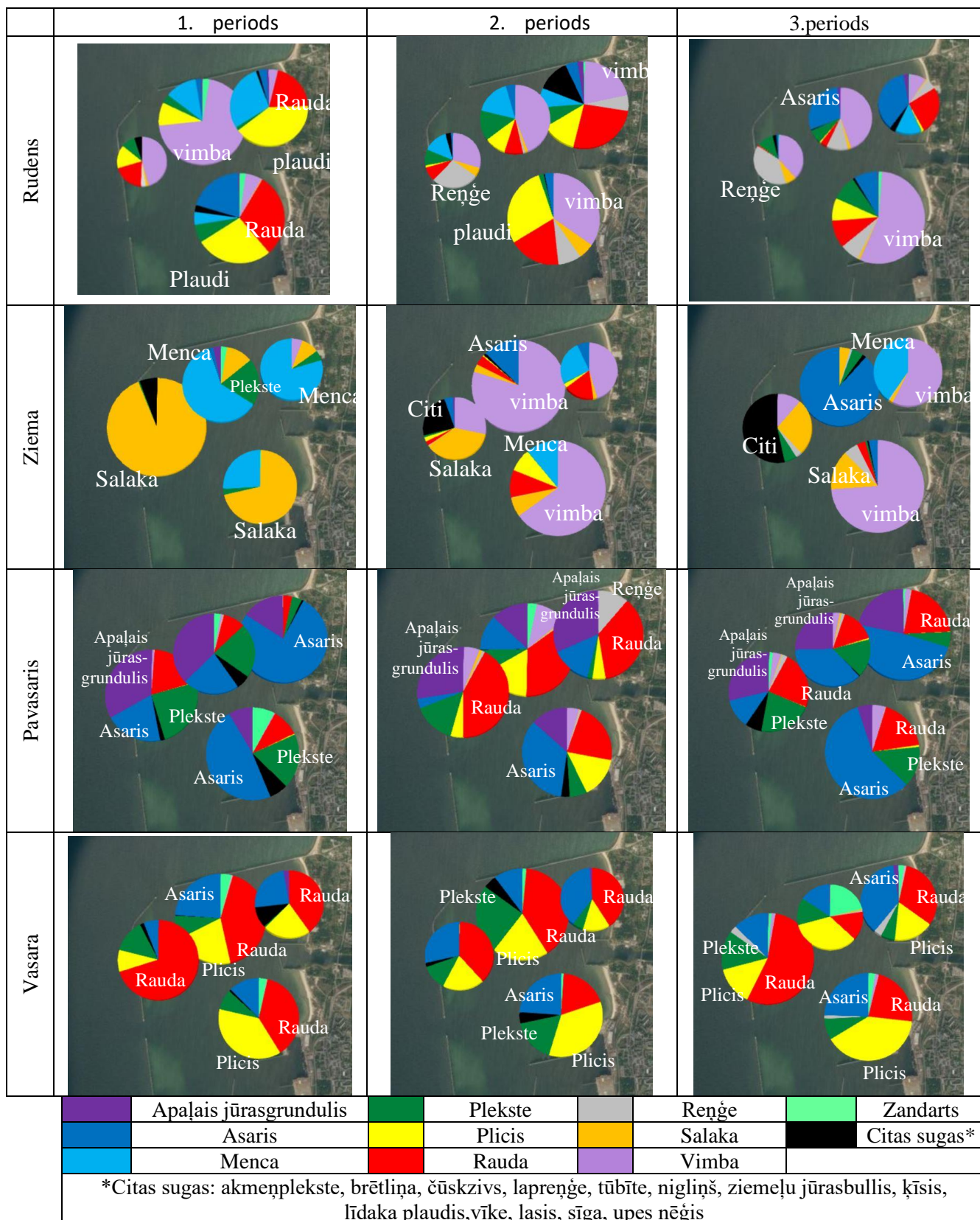
1. Pielikums

1. attēls.

Zivju sugu masas nozmeveja uz piepūles vienību dažādos periodos, sezonās un stacijās.

Figure 1.

Fish species weight catch per unit effort in different periods, seasons and sampling areas.



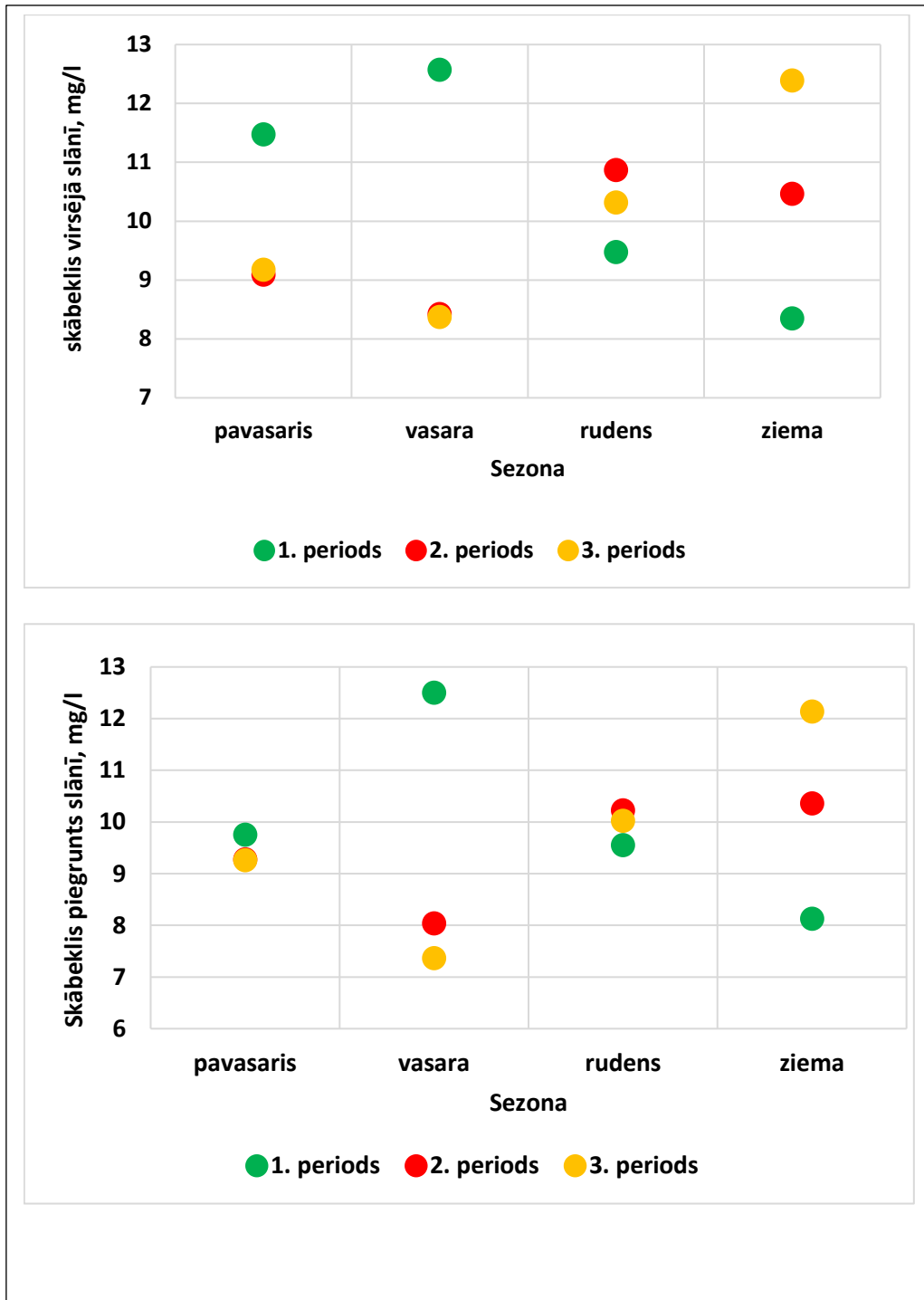
2. Pielikums

2. attēls.

Skābekļa koncentrācijas izmaiņas pa periodiem un sezonām virsējā un piegrunts ūdens slānī.

Figure 2.

Oxygen concentration changes by periods and seasons, in the top and bottom water layer.



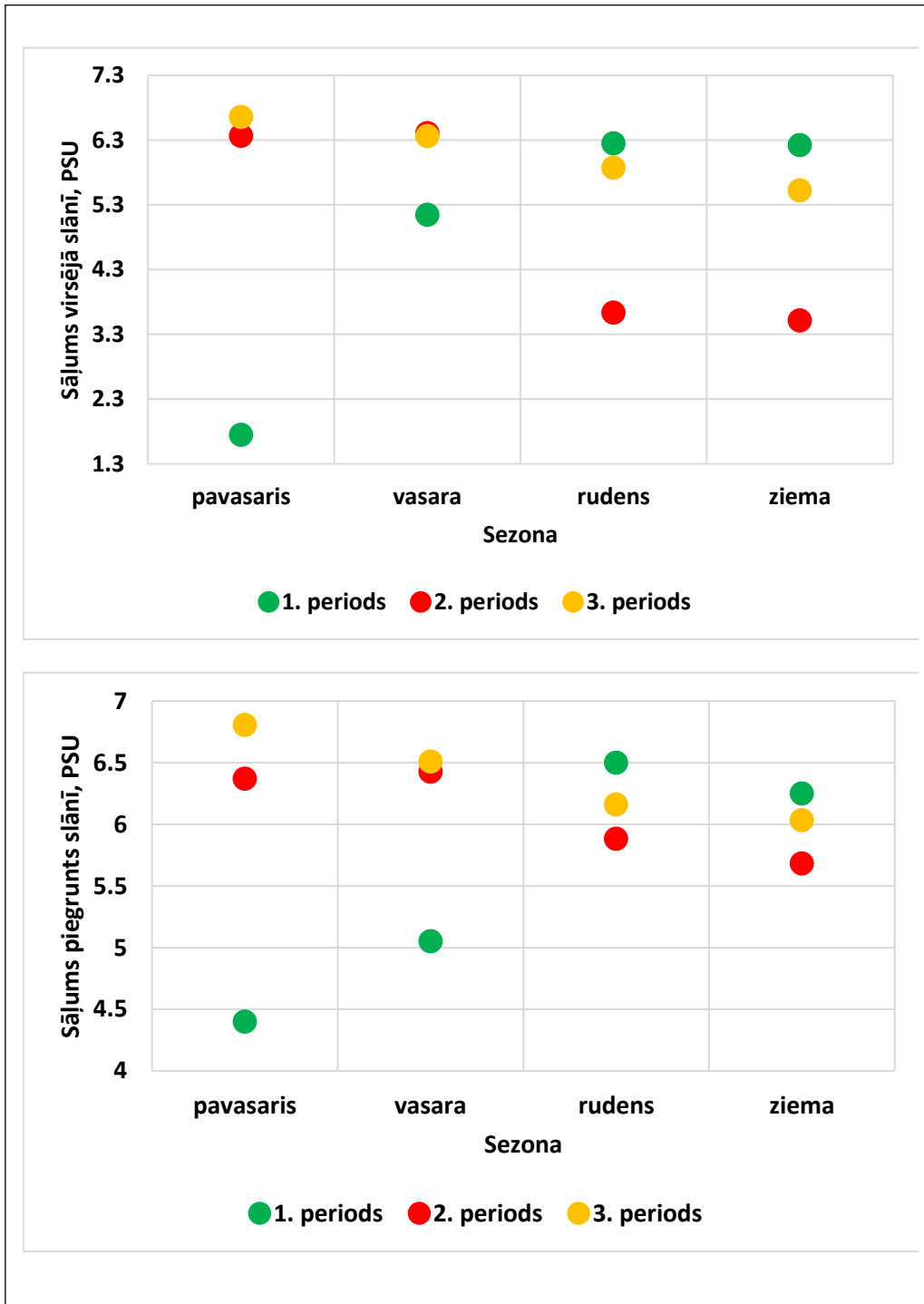
3. Pielikums

3.attēls.

Sāļuma izmaiņas pa periodiem un sezonām virsējā un piegrunts ūdens slānī.

Figure 3.

Salinity changes by periods and seasons, in the top and bottom water layer.



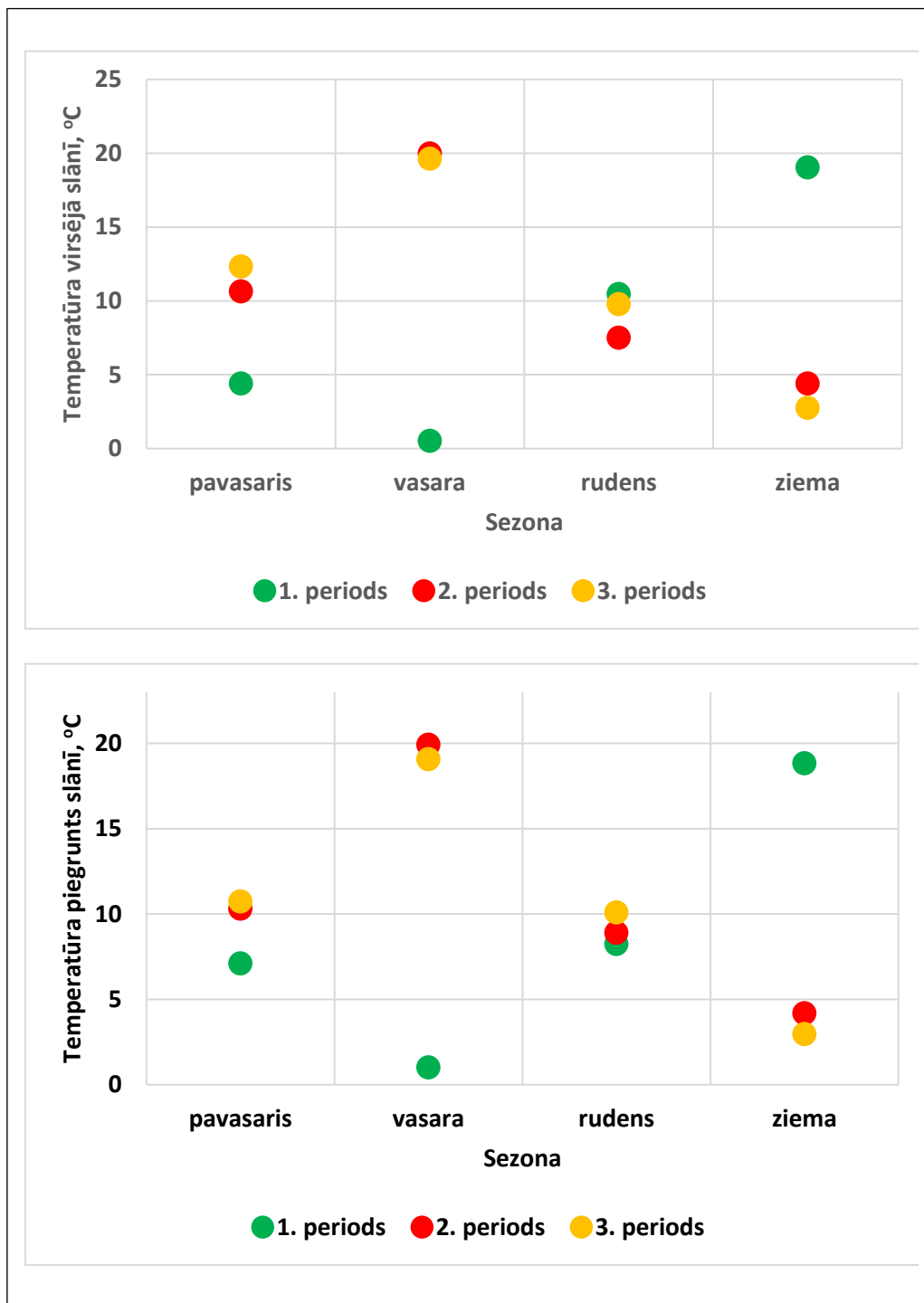
4. Pielikums

4.attēls.

Temperatūras izmaiņas pa periodiem un sezonām virsējā un piegrunts ūdens slānī.

Figure 4.

Salinity changes by periods and seasons, in the top and bottom water layer.



Bakalaura darbs „Zivju sabiedrības sezonālās izmaiņas Liepājas ostas akvatorijā saimnieciskās darbības ietekmē” izstrādāts LU Bioloģijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Autsra Kroģere 27.05.2021.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Mag. biol. Laura Briekmane 27.05.2021.

Recenzents: Mag. biol. Ivars Putnis

Darbs iesniegts LU Bioloģijas fakultātē 27.05.2021.

Lietvede:

Darbs aizstāvēts Bioloģijas bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

prot. Nr. , vērtējums

Komisijas sekretārs/e: