



LATVIJAS
HIDROEKOLOĢIJAS
INSTITŪTS

ZOOPLANKTONA IZMĒRS KĀ PELAGISKĀS DZĪVOTNES VIDES STĀVOKĻA POTENCIĀLAIS INDIKATORS. IZVĒRTĒJUMS

Izpildītājs: Latvijas Hidroekoloģijas institūts

Finansējuma avots: "Eiropas Savienības Eiropas
Jūrlietu un zivsaimniecības fonds"

Projekts (Nr. 24-00-U1010801-000001)

"Pētījumi zināšanu uzlabošanai par jūras vides
stāvokli integrētās jūrlietu politikas ieviešanai",
iepirkuma identifikācijas numurs VARAM 2023/9

Līguma Nr. IL/58/2024 (12.06.2024)

Rīga, 2024

ievads.....	2
1. Datu apraksts un analīzes metodes	4
1.1. Datu apraksts	4
1.2. Analīzes metodes	4
2. Rezultāti	7
2.1. Kladoceru populācijas daudzveidība	7
2.2. Kladoceru izmēra dinamika	8
2.3. Kladoceru izmēra un skaita saistība ar vides apstākļiem	9
Secinājumi	10
Izmantotās literatūras un avotu saraksts	11

Zooplanktons, kuru veido dažādi mikroskopiski un makroskopiski bezmugurkaulnieki, spēlē nozīmīgu lomu jūras barības tīkla pilnvērtīgā funkcionēšanā. Zooplanktons nodrošina to, lai enerģija no zemākiem trofiskajiem līmeņiem (fitoplanktona) barošanās ceļā tiktu nogādāta augstāk - līdz zivīm (Lomartire et al., 2021; HELCOM, 2023).

Kladoceras (latīniski: Cladocera) jeb ūdens blusas ir viena no Baltijas jūrā dominējošajām zooplanktona taksonomiskajām grupām. Augstāko biomasu tās sasniedz vasaras sezonā un kalpo kā svarīgs barības objekts dažādiem bezmugurkaulniekiem un planktonēdājzivīm, tai skaitā reņģēm, īpaši piekrastes zonās (Ikauniece 2001; Kotta et al., 2009; Lankov et al., 2010; Gorokhova et al., 2016). Rīgas līcī, vasaras sezonā, veiktajos pētījumos noskaidrots, ka tādu ekonomiski nozīmīgu zivju sugu, kā reņģe *Clupea harengus membras* un brētliņa *Sprattus sprattus* procentuāli būtisku barības bāzes daļu sastāda kladoceras. Turklāt tādām zivju sugām kā trīsdatu stagars *Gasterosteus aculeatus* un salaka *Osmerus eperlanus* kladoceras veido galveno barības bāzi (Lankov et al., 2010; Livdāne et al., 2016).

Planktona organismu vidējais izmērs ir būtisks rādītājs, kas ļauj izvērtēt pelagiskā barības tīkla efektivitāti. Liela izmēra herbivoriem jeb augēdāju planktona organismiem ir augstāka enerģijas pārnese efektivitāte no primārajiem producentiem uz augstākajiem konsumentiem, turpretī maza izmēra organismi ir saistāmi ar zemāku efektivitāti (Havens et al., 2015; HELCOM, 2023), jo nepiecašami vairāki posmi enerģijas pārnēsē, katrā pārnese posmā zaudējot enerģiju.

Zooplanktona organismi, pateicoties nelielajam izmēram, kā arī ātrajai paaudžu nomaiņai, ir jutīgi pret dažādiem stresoriem ūdens vidē (Moore & Folt 1993). Kladoceras tiek uzskatītas par īpaši pielāgoties spējīgiem organismiem, kuri efektīvi reaģē uz dažādām vides izmaiņām (Rizo et al., 2019). Iepriekš veiktajos pētījumos kladoceru ķermeņa izmēra izmaiņas ir saistītas gan ar ūdens paskābināšanos, gan eutrofikāciju, gan sāļuma un temperatūras izmaiņām, gan plēsonības spiediena maiņu. Šīs īpašības padara kladoceru ķermeņa izmēru par potenciālu vides indikatoru, kas var sniegt plašāku ieskatu pelagiskās dzīvotnes kvalitātē un barības tīklu funkcionēšanā (Korhola et al. 2005, Labaj et al., 2016; Rizo et al., 2019). Citu starpā temperatūra tiek minēta kā nozīmīgs vides faktors, kas ietekmē kladoceru izmēru – novērots, ka siltākos ūdeņos kladoceru ķermeņa izmēra ir mazāks nekā vēsākos ūdeņos (Havens et al., 2015; Rizo et al., 2019).

Sakarības starp kladoceru izmēru un vides faktoru izmaiņām, ir konstatētas arī paleolimnoloģiskos pētījumos, saistot kladoceru izmēru ar ūdens vides pH vērtību. Novērota saistība, ka ūdens videi paskābinoties, samazinās kladoceru ķermeņa izmērs (Korosi et al., 2008). Par sāļuma ietekmi uz kladoceru izmēru ir maz informācija, tomēr vispārīgi zooplanktona organismu pētījumi rāda, ka samazinoties sāļumam, organismi tiek pakļauti osmotiskam stresam, kas var rezultēties gan ar paaugstinātu mirstību un izmaiņām reproduktīvajā ciklā, gan arī ar izmaiņām morfoloģijā tieši ietekmējot ķermeņa izmēru (Wells et al., 2022). Tomēr jāatzīmē, ka lai izprastu kladoceru izmēra izmaiņas, nepieciešams skatīt šo faktoru kumulatīvo ietekmi un konkrētā reģiona apstākļus.

Šobrīd Baltijas jūras monitoringa ietvaros lielākā daļa valstu kladoceru biomasu aprēķina pēc individuālajiem svara koeficientiem – ekspertu definētām konstantēm konkrētiem taksoniem un to attīstību stadijām (HELCOM, 2021). Latvija, cik zināms, vienīgā no visām HELCOM dalībvalstīm mēra kladoceras iedalot tās izmēru grupās, līdz ar to veidojot unikālu datukopu vidējā izmēra ilgtermiņa analīzei. Šie dati potenciāli varētu sniegtu iespēju novērtēt, vai un kā kladoceru izmēra izmaiņas var kalpot kā vides kvalitātes un pelagiskās dzīvotnes indikators.

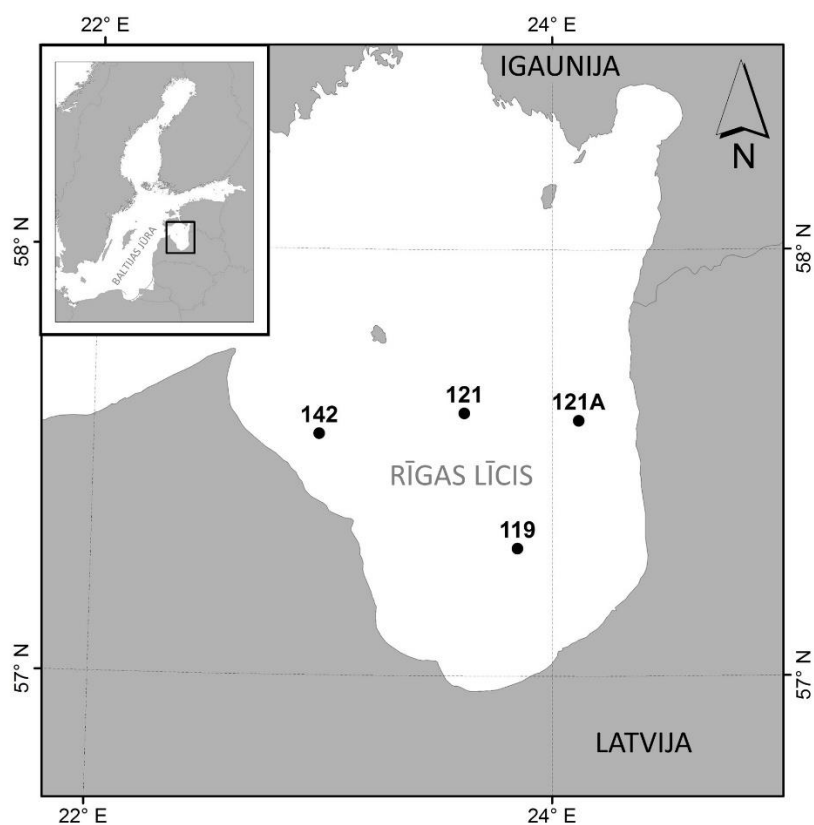
Par to, ka zooplanktona izmērs ir potenciāli nozīmīgs vides stāvokļa un vides izmaiņu indikators, liecina tas, ka Baltijas jūras vides stāvokļa novērtēšanā pielieto zooplanktona indikatoru, kur viens parametrs ir vidējais zooplanktona izmērs. Indikators „Kopējais zooplanktona krājums un vidējais izmērs” (turpmāk: MSTS) izvērtē zooplanktona kopienas struktūru (HELCOM, 2023), atspoguļojot barības ķēdes līdzsvaru (2008/56/EK 1.pielikums/4.kategorija), ar mērķi noteikt vai tā atrodas labā vides stāvoklī (GES – *Good Environmental Status*). MSTS indikators ir izstrādāts Baltijas jūras pelaģiskās dzīvotnes un tās barības tīkla funkcionēšanas novērtēšanai un analizē zooplanktona kopējo krājumu (TS, mg m^{-3}) un zooplanktona vidējo izmēru (MS, $\mu\text{g ind}^{-1}$). Zooplanktona MSTS indikatora novērtējums laika posmam no 2016. līdz 2021. gadam atklāj atšķirīgas ekoloģiskā stāvokļa tendences dažādos Baltijas jūras apakšbaseinos (HELCOM, 2023). Būtiskas ilgtermiņa tendences novērotas MSTS izmaiņās gandrīz visos vērtētajos apakšbaseinos, izņemot Botnijas jūru. Zooplanktona vidējais izmērs mainījās robežās no -34% līdz +75% ($\mu\text{g ind}^{-1}$), savukārt biomasa – no -42% līdz +42% (mg m^{-3}). Visbūtiskākās izmaiņas konstatētas vidējam izmēram, kas uzrādīja samazināšanos 6 no 10 apakšbaseinos. Tomēr pēdējo 12 gadu laikā šī samazināšanās vairumā gadījumu netika konstatēta, kas var būt saistīts ar īsāku datu rindu, gan arī pelaģiskās dzīvotnes iespējamu atveseļošanos. Jānorāda, ka MS parametrs ietver visas trīs galvenās mezozooplanktona grupas – aīrkājvēžus, kladoceras un virpotājus, un, kā iepriekš minēts, vidējais izmērs balstīts uz taksona un attīstības stadijas kombināciju un ar to saistīto izmēra konstanti, nevis reāliem dzīvnieku mērījumiem. MSTS metodiskā pieeja ir testēta arī OSPAR reģionā, kur tā uzrādījusi labi interpretējamus un pārvaldībā izmantojamus rezultātus aīrkājvēžu grupai, izmantojot reālus dzīvnieka ķermeņa izmērus (Pitois et al., 2021).

1. DATU APRAKSTS UN ANALĪZES METODES

1.1. DATU APRAKSTS

Šajā izpētē, analizēta Latvijas Hidroekoloģijas institūta (turpmāk tekstā – LHEI) zooplanktona datu kopa, kas raksturo kladoceru ķermeņa izmēra izmaiņas periodā no 1993. līdz 2023. gadam, vērtējot saistību ar vides faktoriem. Pētījuma mērķis ir izpētīt kladoceru izmēra potenciālu kā vides stāvokļa un izmaiņu indikatoru.

Datu kopa raksturo gan piekrastes, gan atklātos ūdeņus. Tomēr, ņemot vērā piekrastes ūdeņu dinamiskos apstākļus un to ietekmi uz zooplanktona sabiedrību (Labuce et al., 2021), analīzei izvēlēta tikai atklātā daļa (1.1. attēls), līdzīgi kā tas ir definēts MSTs indiktorā novērtējumā (HELCOM, 2023). Piekrastes ūdeņu procesu pilnvērtīgai raksturošanai nepietiek ar sezonālu paraugošānu, kas ir pamatā HELCOM jūras monitoringa vadlīnijām. Turklāt kladoceras, kas labvēlīgos vides apstākļos spēj vairoties partenogēnētiski, var strauji pieaugt biomasā pat nedēļas vai dienu laikā (Klais et al., 2016).



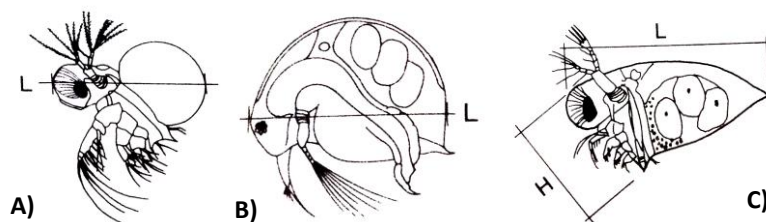
1. 1. attēls. *Analīzē iekļauto datu zooplanktona paraugu ievākšanas vietas Rīgas līcī.*

Tā kā kladoceras ir tipiskas vasaras sezonas sugas, pieejamie dati par kladoceru izmēru (proti, paraugi, kuros kladoceras ir konstatētas) vislielākajā apjomā ir augustā. Tāpēc šis pētījums koncentrējas uz atklātajiem ūdeņiem un vasaras otro pusi (augusts) (1.1. tabula). Šajā periodā ūdens kolona ir izteikti stratificēta, un virsējais ūdens slānis sasniedz visaugstākās temperatūras.

1.2. ANALĪZES METODES

Zooplanktona paraugi ievākti un analizēti sekojot HELCOM Combine vadlīnijām (HELCOM, 2021). Kladoceras noteiktas līdz pēc iespējas zemākam taksonam, lielākoties ģints vai suga, un iedalītas izmēru

klasēs, par pamatu ņemot ķermeņa izmēru. Kladoceras mērītas kā norādīts [Hernroth \(1985\)](#) un mērīšana atspoguļota [1.2. attēlā](#).



1.2. attēls. Kladoceru mērīšanas norādes. Attēli no Hernroth (1985). A) Podon sp un Pleopis polyphemoids; B) Bosmina sp. un C) Evadne sp.

Vides abiotiskie (temperatūra, sāļums, pH, hlorofila un biogēnu koncentrācijas) un biotiskie (zooplanktona, fitoplanktona skaita un biomasas dati, zooplanktona izmēra dati, bentosa grupu sastopamības dati) iegūti no LHEI datubāzes Latmare (<https://latmare.lhei.lv/>). Nārstojošā reņģu biomasa iegūta no WGBFAS atskaites ([ICES, 2023](#)).

1.1. tabula. Datu kopas apjoma raksturojums: kladoceru izmēru un kopējā zooplanktona paraugu skaits. Skaitļi zaļi iekrāsotajās šūnās norāda to paraugu skaitu, kuros ir pieejama informācija par kladoceru izmēru. Kopējais paraugu skaits (pēdēja rinda) atspoguļo visus ievāktos zooplanktona paraugus katrā mēnesī un vietā (stacijā) neatkarīgi no kladoceru datu pieejamības.

Stacija →	114A		119					121					121A			142		
Mēnesis →	mai	aug	mai	jūn	jūl	aug	sep	mai	jūn	jūl	aug	sep	mai	aug	sep	mai	aug	sep
1993						1											1	
1994					1	1											1	
1995					1	3					1		1				1	
1996					1					1	1							
1997													1					1
1998				1	1	1	2			1		1						
1999				1	2	1	1				1							
2000				1	2	1	1		1	1	1	1	1				1	
2001			1	2	2	2			1	1		1	1				1	
2002				1	2	1				1	1	1	1	1			1	
2003				1	2					1			1					
2004						1	1										1	
2005						1					1			1			1	
2006					1							1			1		1	
2007				1	1	1	1				1			1			1	
2008					1	1						1			1			1
2009	1	1	1			1		1			1		1	1			1	
2010						1	1				1						1	1
2011						1												
2012				1	1	1	1		1		1	1						
2013		1				1					1			1				
2014	1		1			1					1			1		1	1	
2015	1	1	1			1					1		1	1		1	1	
2016	1	1	1			1		1			1		1	1		1	1	
2017	1	1	1			1		1			1		1	1		1	1	
2018	1	1	1			1		1			1		1	1		1	1	
2019	1		1					1					1			1		
2020	1	1				1					1			1			1	
2021	1	1	1			1		1			1		1	1		1	1	
2022	1	1	1	1		1		1	1		1		1	1		1	1	
2023		1	1			1		1			1		1	1		1	1	
2024	1							1					1			1		
kopā kladoceru novērojumi	11	10	11	9	17	29	9	9	4	6	20	6	11	18	2	10	22	2
kopā visi paraugi	15	10	44	18	19	35	17	32	9	6	24	11	22	20	2	24	23	2

LHEI dati sākotnēji analizēti staciju griezumā, lai novērtētu telpisko mainību. Apvienojto ar reņģu populācijas datiem, aprēķināta vidējā vērtība stacijām augstā. Vides parametri aprēķināti gan virsējam (0-10 m) slānim, gan piegrunts slānim, ņemot vidējo vērtību dziļumā, kas dziļāks par 30 m.

Datu kopa, kas raksturo vidējo vērtību gadā analizēta, izmantojot PCA ordinācijas metodi, lai novērtētu kopējo faktoru ietekmi. PCA veikta statistiski visbūtiskākajam vides faktoru ietekmes modelim, kas novērtēts pēc step-wise metodes, pielietojot “ordiR2step” funkciju R vidē no “vegan” pakotnes (Oksanen et al., 2020). PCA metode ļauj novērtēt visu faktoru savstarpējo mijiedarbību, izceļot tiešās potenciāli kauzālās sakarības. Potenciālās kauzālās sakarības analizētas izmantojot GAM metodi no R pakotnes “gam” (Hastie, 2022).

2. REZULTĀTI

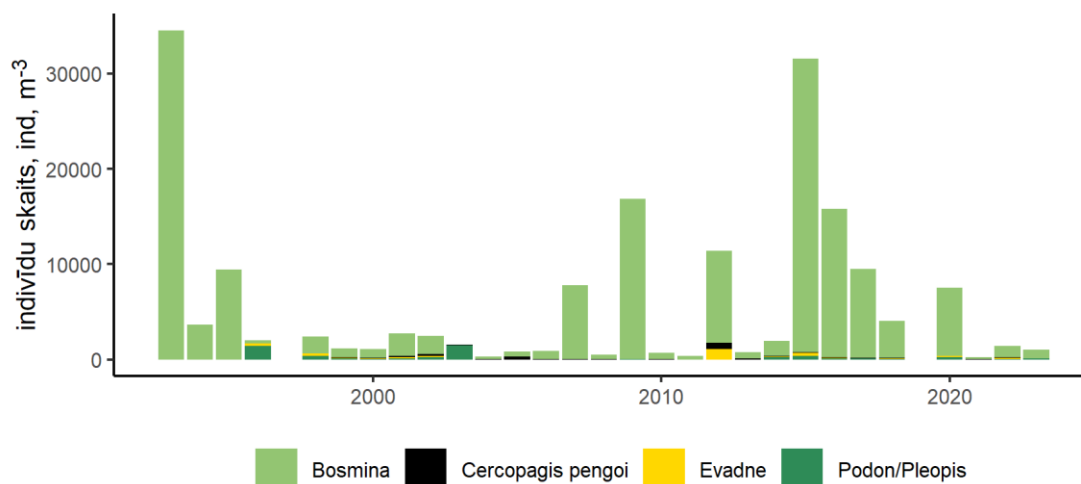
2.1. KLADOCERU POPULĀCIJAS DAUDZVEIDĪBA

Zooplanktona daudzveidība, tai skaitā kladoceru, Baltijas jūrā un Rīgas līča ūdeņos ir salīdzinoši zema (1.2. tabula). Kopumā sastopamas ap 10 kladoceru sugām, tomēr daļa no tām sastopama reti, neregulāri vai tikai saldūdens ietekmes zonās (piemēram, Sididae, Chydoridae un Daphniidae ir tipiskaz saldūdens kladoceru dzimtas).

1.2. tabula. *Mezozooplanktona sastopamo sugu saraksts Latvijas ūdeņos (GoR – Rīgas līcis; BP- Baltijas jūra). LHEI dati 1993. – 2023. gadam. RL – Rīgas līcis, AGB – Austrumu Gotlandes baseins*

Grupa	ģints	sugas nosaukums	RL	AGB
Crustacea	<i>Bosmina</i>	<i>coregoni</i>	X	X
(vēžveidīgie)	<i>Bosmina</i>	<i>longirostris</i>	X	X
Cladocera	<i>Bosmina</i>	<i>longispina</i>	X	
(kladoceras)	<i>Cercopagis</i>	<i>pengoi</i>	X	X
	<i>Chydoridae</i>		X	
	<i>Daphniidae</i>		X	
	<i>Evadne</i>	<i>anonyx</i>	X	X
	<i>Evadne</i>	<i>nordmanni</i>	X	X
	<i>Pleopsis</i>	<i>polyphemoides</i>	X	X
	<i>Podon</i>	<i>intermedius</i>	X	
	<i>Podon/Pleopsis</i>	sp	X	X
	<i>Sididae</i>		X	

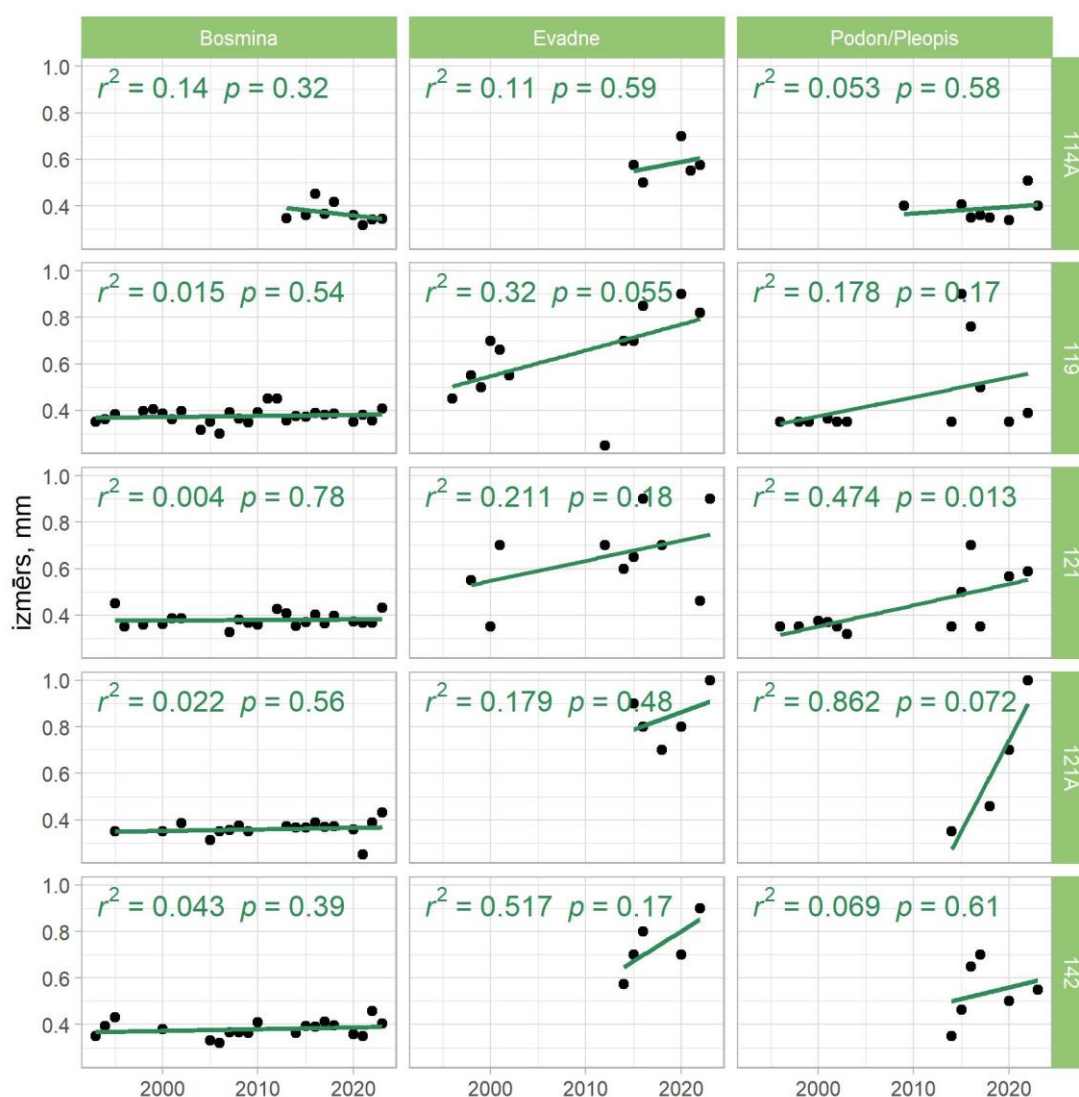
Visbiežāk un vislielākajā skaitā sastopami *Bosmina* ģints pārstāvji, savukārt nereti novēroti arī indivīdi no Podonidae dzimtas tādi kā *Evadne* sp., *Podon* sp. un *Pleopsis* sp. (1.3. attēls). Tomēr skaitliskā ziņā dominē tieši *Bosmina* sp., kas veido lielāko daļu no kladoceru populācijas. Ņemot vērā šo *Bosmina* dominanci Rīgas līča zooplanktona populācijā, turpmākā analīze veikta ar fokusu uz *Bosmina* sp. indivīdu izmēra datiem. *Evadne* un *Podon/Pleopsis* grupas indivīdu sastopamības dati, tai skaitā informācija par izmēru, pieejama neregulāri, tādējādi trūkst pietiekamu datu ilgtermiņa dinamikas analīzei un to saistības izvērtēšanai ar vides parametriem.



1.2. attēls. *Kladoceru vidējais indivīdu skaits Rīgas līča atklātajos ūdeņos*

2.2. KLADOCERU IZMĒRA DINAMIKA

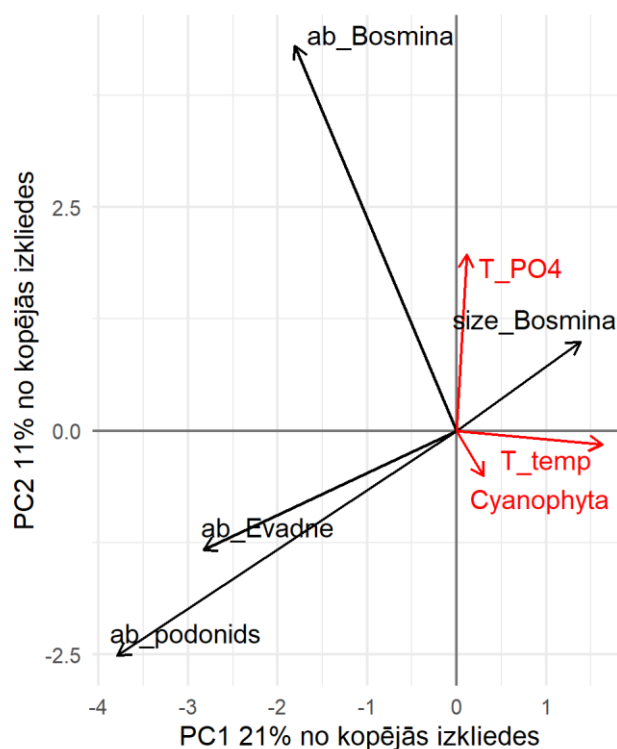
Kladoceru izmēra dati rāda (1.4. attēls), ka *Bosmina* ķermeņa izmērs laika gaitā ir saglabājies stabils visās analizētajās stacijās, un nav novērojamas ievērojamas dinamikas vai statistiski nozīmīgu izmaiņu. *Evadne* izmēru tendences dažās stacijās (piemēram, 119 un 121) norāda uz nelielu pieaugumu, tomēr šīs tendences nav statistiski nozīmīgas, iespējams, neregulārās *Evadne* sastopamības un ierobežotā datu apjoma dēļ. Savukārt *Podon/Pleopis* grupā stacijā 121 tika konstatēta statistiski nozīmīga pozitīva tendence ķermeņa izmēra pieaugumam, kas norāda uz iespējamu šīs grupas dinamiku konkrētajā reģionā. Kopumā, *Bosmina* izmērs ir stabils, savukārt *Evadne* un *Podon/Pleopis* grupas norāda uz atsevišķām lokālām un iespējami īslaicīgām izmaiņām, kas varētu būt saistītas ar specifiskiem vides faktoriem. Tomēr *Evadne* un *Podon/Pleopis* datu apjoms ir par mazu, lai izvērstu padziļinātu analīzi un dinamikas izvērtējumu.



1.4. attēls. Kladoceru izmēra ilgtermiņa izmaiņas Rīgas līča atklātajos ūdeņos. Apzīmējumi: r^2 – regresijas koeficients, p – būtiskuma koeficients

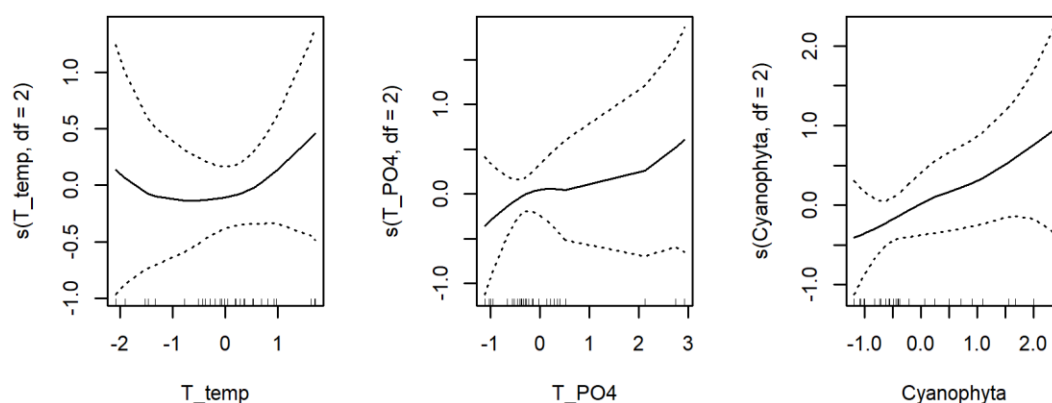
2.3. KLADOCERU IZMĒRA UN SKAITA SAISTĪBA AR VIDES APSTĀKĻIEM

PCA analīze (1.5. attēls) atklāja, ka kladoceru izmēru un skaitu būtiski ietekmē trīs faktori: fosfātu koncentrācija virsējos 10 m augstā (T_PO4), ūdens temperatūra virsējos 10 m augstā (T_temp) un zilaļģu biomasa augstā. Šie faktori atspoguļo eitrofikācijas un klimata izmaiņu ietekmi uz kladoceru populāciju. Konstatēto faktoru kopums raksturo eitrofikācijas un klimata izmaiņu ietekmes. Statistiski būtiska ietekme no plēsonības (Cercopagis pengoi un reņģu nārstojošā biomasa) netika konstatēta, kas norāda, ka kladoceru populāciju dinamiku vairāk nosaka "bottom-up" faktori (piemēram, barības vielas un primārie producenti), nevis "top-down" ietekmes no augstākajiem trofiskajiem līmeņiem.



1.5. attēls. PCA analīzes rezultāti, kopā modelī iekļautie vides faktori izskaidro 32% no kladoceru populācijas datu izkliedes. Saīsinājumi: *ab_Bosmina* – *Bosmina* ģints indivīdu skaits, *size_Bosmina* – *Bosmina* indivīdu vidējais izmērs, *ab_Evadne* – *Evadne* ģints indivīdu skaits, *ab_podonids* – *Podon/Pleopis* indivīdu skaits, *T_PO4* – fosfātu koncentrācija augstā ūdens kolonas virsējos 10 m, *T_temp* – ūdens temperatūra augstā ūdens kolonas virsējos 10 m, *Cyanophyta* – zilaļģu biomasa augstā.

GAM analīzes rezultāti (1.6. attēls) liecina par pozitīvu sakarību starp fosfātu koncentrāciju un zilaļģu biomasu un *Bosmina* izmēra pieaugumu. Savukārt sakarība ar temperatūru veido nelineāru, "U" formas līkni, kas padara interpretāciju sarežģītāku. Tas liecina, ka temperatūras ietekme uz kladoceru izmēriem var būt daudzfaktorāla un ne vienmēr lineāra. Tomēr jāuzsver, ka visbiežāk sastopamās *Bosmina* indivīdu izmērs kopumā ir palicis nemainīgs pētītajā periodā (skatīt 1.4.attēlu), kas arī norāda uz šīs populācijas stabilitāti pieejamās datu kopas ietvaros.



1.6. attēls. **GAM analīzes rezultāti. *Bosmina* izmēra saistība ar T_temp , T_PO4 un *Cyanophyta*. Y-ass atspoguļo izmaiņas *Bosmina* izmērā, x-ass atspoguļo izmaiņas vides parametros.**

SECINĀJUMI

Iepriekšējos Baltijas jūras pētījumos ir konstatēta *Bosmina* biomasas pozitīva saistība ar cianobaktēriju apjomu (Suikkanen et al., 2021), taču līdz šim nav veikta tieša analīze par kladoceru ķermeņa izmēra un eutrofikācijas faktoru sakarībām. **Šīs izpētes rezultāti liecina par potenciālu izmantot kladoceru izmēru kā eutrofikācijas indikatoru**, īpaši ņemot vērā *Bosmina* reakciju uz fosfātu koncentrāciju un zilaļģu biomasu. Tomēr, lai izstrādātu pilnvērtīgu un uzticamu indikatoru, nepieciešams ievākt papilddatus, kas aptver arī *Evadne* un *Podon/Pleopsis* grupu izmēru izmaiņas un to dinamiku attiecībā pret vides parametriem. Šāda pieeja nodrošinātu pilnīgāku priekšstatu par kladoceru izmēra saistību ar eutrofikācijas procesiem un Baltijas jūras ekosistēmas stāvokli kopumā.

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS

- Gorokhova, E., Lehtiniemi, M., Postel, L., Rubene, G., Amid, C., Lesutiene, J., ... & Demereckiene, N. (2016). Indicator properties of Baltic zooplankton for classification of environmental status within marine strategy framework directive. *PloS one*, 11(7), e0158326.
- Hastie, T. (2022). *gam: Generalized Additive Models*. R package version. 1.20.1. <https://CRAN.R-project.org/package=gam>
- Havens, K. E., Pinto-Coelho, R. M., Beklioglu, M., Christoffersen, K. S., Jeppesen, E., Lauridsen, T. L., ... & Vijverberg, J. (2015). Temperature effects on body size of freshwater crustacean zooplankton from Greenland to the tropics. *Hydrobiologia*, 743, 27-35.
- HELCOM (2021). Guidelines for monitoring of mesozooplankton. Helsinki, Finland, HELCOM, 12pp. DOI: <https://doi.org/10.25607/1930>.
- HELCOM (2023). Zooplankton mean size and total stock. HELCOM core indicator report. Online. [28-11-2024], [https://indicators.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/04/Zooplankton-Mean-Size-and-Total-Stock_Final_April_2023.pdf].
- Hernroth, L. (1985) Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Mesozooplankton biomass assessment. Baltic Marine Biologists Publication, 10, 1-32.
- Ikauniece, A. (2001). Long-term abundance dynamics of coastal zooplankton in the Gulf of Riga. *Environment International*, 26(3), 175-181.
- Klais, R., Lehtiniemi, M., Rubene, G., Semenova, A., Margonski, P., Ikauniece, A., ... & Ojaveer, H. (2016). Spatial and temporal variability of zooplankton in a temperate semi-enclosed sea: implications for monitoring design and long-term studies. *Journal of Plankton Research*, 38(3), 652-661.
- Korhola, A., Tikkanen, M., & Weckström, J. (2005). Quantification of Holocene lake-level changes in Finnish Lapland using a cladocera–lake depth transfer model. *Journal of Paleolimnology*, 34, 175-190.
- Korosi, J. B., Paterson, A. M., Desellas, A. M., & John, P. S. (2008). Linking mean body size of pelagic Cladocera to environmental variables in Precambrian Shield lakes: a paleolimnological approach. *Journal of Limnology*, 67(1), 22.
- Kotta, J., Kotta, I., Simm, M., & Pöllupüü, M. (2009). Separate and interactive effects of eutrophication and climate variables on the ecosystem elements of the Gulf of Riga. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84(4), 509-518.
- Labaj, A. L., Korosi, J. B., Kurek, J., Jeziorski, A., Keller, W. B., & Smol, J. P. (2016). Response of *Bosmina* size structure to the acidification and recovery of lakes near Sudbury, Canada. *Journal of Limnology*, 75.
- Labuce, A., Ikauniece, A., Jurgensone, I., & Aigars, J. (2021). Environmental impacts on zooplankton functional diversity in brackish semi-enclosed gulf. *Water*, 13(14), 1881.
- Lankov, A., Ojaveer, H., Simm, M., Pöllupüü, M., & Möllmann, C. (2010). Feeding ecology of pelagic fish species in the Gulf of Riga (Baltic Sea): the importance of changes in the zooplankton community. *Journal of Fish Biology*, 77(10), 2268-2284.

- Livdāne, L., Putnis, I., Rubene, G., Elferts, D., & Ikauniece, A. (2016). Baltic herring prey selectively on older copepodites of *Eurytemora affinis* and *Limnocalanus macrurus* in the Gulf of Riga. *Oceanologia*, 58(1), 46-53.
- Lomartire, S., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. (2021). The key role of zooplankton in ecosystem services: A perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment. *Ecological Indicators*, 129, 107867.
- Moore, M., & Folt, C. (1993). Zooplankton body size and community structure: effects of thermal and toxicant stress. *Trends in ecology & evolution*, 8(5), 178-183.
- Oksanen, J., Guillaume Blanchet, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R. B. , Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. (2020). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pitois, S. G., Graves, C. A., Close, H., Lynam, C., Scott, J., Tilbury, J., ... & Culverhouse, P. (2021). A first approach to build and test the Copepod Mean Size and Total Abundance (CMSTA) ecological indicator using in-situ size measurements from the Plankton Imager (PI). *Ecological Indicators*, 123, 107307.
- Rizo, E. Z., Xu, S., Tang, Q., Papa, R. D. S., Dumont, H. J., Qian, S. S., & Han, B. P. (2019). A global analysis of cladoceran body size and its variation linking to habitat, distribution and taxonomy. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 187(4), 1119-1130.
- Suikkanen, S., Uusitalo, L., Lehtinen, S., Lehtiniemi, M., Kauppila, P., Mäkinen, K., & Kuosa, H. (2021). Diazotrophic cyanobacteria in planktonic food webs. *Food Webs*, 28, e00202.
- Wells, S. R., Bresnan, E., Cook, K., Eerkes-Medrano, D., Machairopoulou, M., Mayor, D. J., ... & Wright, P. J. (2022). Environmental drivers of a decline in a coastal zooplankton community. *ICES Journal of Marine Science*, 79(3), 844-854.
- ICES (2023). Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). ICES Scientific Reports. Report. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.23123768.v2>