

**TARTU ÜLIKOOL  
EESTI MEREINSTITUUT JA ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT  
ZOOLOOGIA OSAKOND  
LOODUSRESSURSSIDE ÕPPETOOL**

**Kristiina Taits**

**MESOZOOPLANKTONI KOOSLUSTE  
RUUMILINE MUUTLIKKUS MADALAS  
RANNIKUMERES**

Magistritöö

Juhendaja: M. Sc. Lennart Lennuk

**TARTU 2014**



# SISUKORD

1. SISSEJUHATUS .....	4
1.1 Koosluste muutlikkus .....	4
1.2 Mesozooplanktoni muutlikkus ja seda mõjutavad tegurid .....	5
1.3 Madala rannikumere olulisus ja eripärad.....	7
1.4 Magistritöö eesmärgid .....	9
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	11
2.1 Uurimispiirkond .....	11
2.2 Välitööd ja laboratoorne analüüs .....	12
2.3 Andmetöötlus .....	14
3. TULEMUSED .....	15
3.1 Keskkonnatingimused ning mesozooplanktoni koosluste üldnäitajad .....	15
3.2 Suureskaalaline mesozooplanktoni koosluste muutlikkus .....	17
3.3 Väikeseskaalaline mesozooplanktoni koosluste muutlikkus.....	22
3.4 Mesozooplanktoni koosluste muutlikkuse seos keskkonnatingimustega.....	25
4. ARUTELU .....	28
KOKKUVÕTE .....	32
SUMMARY .....	33
TÄNUAVALDUS .....	34
KASUTATUD KIRJANDUS .....	35
LISA 1. Keskmised ( $\pm$ SD) keskkonnatingimused uurimisalal.....	45
LISA 2. Uurimisalal esinenud mesozooplanktoni taksonid. ....	46

# 1. SISSEJUHATUS

## 1.1 Koosluste muutlikkus

Alates 18. sajandist on ökoloogide ja biogeograafide üheks peamiseks huviobjektiks olnud liikide leviku uurimine, s.t. kuidas ja miks on liigid teatud piirkondades jaotunud (Gaston, 2000). On täheldatud, et kõik kooslused on ajalis-ruumilistes skaalades varieeruvad (Levin, 1992; Heip *et al.*, 1998). Koosluste muutlikkuse all peetakse enamasti silmas kahte tüüpi parameetrite käsitlust: (1) koosseisuline muutlikkus – koosluse liigilise koosseisu ning liikide suhtelise arvukuse/biomassi muutused ajas ja ruumis ning (2) koondmuutlikkus – kõigi liikide peale üldistatud arvukuse, biomassi ning muude näitajate muutused ajas ja ruumis (Micheli *et al.*, 1999).

Tihti peale mõeldakse koosseisulise muutlikkuse all beetamitmekesisust ehk koosluste omavahelist erinevust (Whittaker, 1960; Magurran, 2004; Anderson *et al.*, 2006). Teave selle kohta võimaldab eelkõige mõista ökosüsteemide funktsioneerimist, aga ka parendada seeläbi mitmekesisuse kaitsmist ja ökosüsteemide majandamist (Legendre *et al.*, 2005). Lisaks beetamitmekesisusele eristatakse kooslustes klassikalise käsitluse järgi (Whittaker, 1972) alfa- ja gammamitmekesisust (vastavalt lokaalne ning piirkondlik elustiku varieeruvus liikide arvu näol). Mõlemat on võrreldes beetamitmekesisusega uuritud suhteliselt rohkem (Micheli *et al.*, 1999; Martiny *et al.*, 2011). Koosluste muutlikkuse uurimist soodustab viimastel aastakümnetel toimunud mitmemõõtmeliste andmeanalüüsi meetodite areng (Brown, 2007).

Ühelt poolt on koosluste muutlikkuse põhjuseks koosluste sisesed faktorid, nagu näiteks populatsioonidünaamika ning liikidevahelised interaktsioonid (Ives & Cardinale, 2004; Thébault & Loreau, 2006). Teisalt mõjutavad koosluste muutlikkust ka välised faktorid nagu kliima, geograafilised tegurid, abiootilised häiringud ning keskkonna heterogeensus (Brown & Lawson, 2010). Enamasti on varieeruvus aga mõjutatud paljude tegurite poolt korruga ning seda eri skaaladel (Orland, 2003).

Koosluste varieeruvust on uuritud väga paljudes eri elupaikades ja erinevate organismirühmade puhul. Ruumiline muutlikkus on senistes uuringutes vähem tähelepanu pälvinud kui ajaline (Micheli *et al.*, 1999; Cottingham *et al.*, 2001; Brown & Lawson, 2010). Populaarsemateks huviobjektideks on teiste seas on olnud näiteks maismaa taimekooslused

(Walker *et al.*, 2006; Dodonov *et al.*, 2014) ja korallrahude elustik (Harborne *et al.*, 2006; Nakajima *et al.*, 2014), viimasel paarikümnel aastal ka mikroobikooslused (Pinel-Alloul & Ghadouani, 2007; Martiny *et al.*, 2011). Planktonkoosluste uurimine on aga näiteks kestnud juba rohkem kui 100 aastat. Siiski on nende kõigi hulgas suhteliselt vähe uurimusi, kus käsitletakse erinevaid skaalasad paralleelselt. Organismide paiknemise ja seda mõjutavate tegurite uurimisel on aga väga oluline teada, kuidas muutub leitud informatsioon koosluste kohta erinevate skaalade vahel (Levin, 1992).

## 1.2 Mesozooplanktoni muutlikkus ja seda mõjutavad tegurid

Zooplankton on nii mere- kui ka mageveekeskkonnas üks arvukamaid veeorganismide rühmi (Kiorboe, 2008) ning moodustab enamikus piirkondades keskse koha orgaanilise aine üle kandmisel primaarproduktentidelt kõrgematele tasemetele. Ka osaleb zooplankton süsiniku merepõhja transportimisel nn. „bioloogilise pumba“ kaudu (Fenchel, 2008). Paljudes veekogudes mängib olulist rolli peamiselt väikestest vähilaadsetest koosnev mesozooplankton (200  $\mu\text{m}$  – 2 cm), olles ainsaks otseseks lüüks fütoplanktoni/nanofütoplanktonist toituva mikrozooplanktoni ja kalade (nii vastsete kui täiskasvanute), lindude ning suuremate plankterite (kammloomad, meduusid) vahel (Sieburth *et al.*, 1978; Ikauniece, 2001; Calbet, 2008; Rabindranath *et al.*, 2010; Gislason & Silva, 2012). Samuti on mesozooplanktonil tähtis koht mikroobses lingus: seda eelkõige bakteritest toituva mikrozooplanktoni arvukust reguleerides, teisalt on mesozooplanktoni väljaheidet ning surnud isendite lagunemisel moodustuv detriit aga väga oluliseks substraadiks mikroobikooslustele (Calbet & Landry, 1999). Toitainete- ja süsinikuringe kaudu osaleb mesozooplankton kaudselt ka veeökosüsteemi isepuhastumise protsessides, mis on eriti oluline eutrofeerunud veekogude, nagu Läänemere puhul (Ikauniece, 2001).

Zooplanktoni puhul on palju uuritud koosluste dünaamikat ehk muutusi läbi aja, samas pole ruumiline muutlikkus vähemoluline. Ruumiline heterogeensus zooplanktoni hulgas võib olla märkimisväärselt kõrge (Omori & Hamnen, 1982; Mann & Lazier, 2006) – on kirjeldatud nii alla 1 m suurusis kui üle 10 km suurusis laike (Haury, 1976; Young *et al.*, 2009). Enamik zooplanktoni alaseid uurimistöid viiakse läbi pigem suure skaalas (>100 km vahed), mis tähendab, et ühe proovivõtuga kaudu üldistatakse informatsiooni väga laiale piirkonnale. Zooplanktoni koosluste suure muutlikkuse tõttu erinevate skaalade vahel võib

taoline uurimismeetod aga tingida ebaadekvaatset andmete tõlgendamist (Omori & Hamner, 1982; Hembre & Megard, 2003).

Väikese ruumiskaala all peetakse zooplanktoni puhul enamasti silmas 100–1000 m vahemaid (Haury, 1976). Väikese skaalas planktoni uurimise olulisust on Wiebe (1970) rõhutanud, kuna nii saadakse populatsioonide ja koosluste konkreetse paigutuse ja muutuste kohta ökosüsteemis objektiivset informatsiooni. Nimelt on zooplanktoni lühiajalisel ja lokaalsel muutlikkusel otsene mõju nii nende tarbijate kui ka saakorganismide populatsioonidele. Ajaliselt ja ruumiliselt liiga üldistav uuring võib aga näidata pikaajalist ja piirkondlikku stabiilsust, varjutades muutlikkust sellisel skaalal, kus bioloogilised vastasmõjud tegelikult ilmnevad (Porri *et al.*, 2007; Young *et al.*, 2009). Pineda (2000) on rõhutanud väikeseskaalaliste ajalis-ruumiliste uuringute olulisust just rannikulähedastel aladel, kuna sealsed keskkonnatingimused on võrreldes avamerega muutlikumad. Samuti on väikest skaalat väga sobilik kasutada näiteks saakloom-kiskja süsteemi uurimisel (Vogedes *et al.*, 2014.; Young *et al.*, 2009).

Zooplanktoni heterogeensus sõltub nii biotilistest kui abiotilistest teguritest. Üldiseks tendentsiks on, et bioloogilised protsessid kirjeldavad varieeruvust tihemini väga väikese skaalas ning füüsikalised protsessid suures skaalas. Ruumiskaalal 10 m kuni 1 km on arvatavasti nii bioloogilised kui ka füüsikalised aspektid olulised (Pinel-Alloul, 1995; Folt & Burns, 1999).

Maailma mastaabis on välja kujunenud erinevad veemassiivid, mida määratakse peamiselt nende soolsuse ja temperatuuri järgi. Igale veemassiivile on iseloomulik sellele omane elustik vastavalt konkreetsetele tingimustele kohastunud organismidega (Rabindranath *et al.*, 2010; Gislason & Silva, 2012). Abiotilistest teguritest on seega olulisimateks zooplanktoni jaotuse mõjutajateks vee temperatuur ja soolsus (Gislason & Silva, 2012; Pulfrich, 1997). Lisaks neile mängib aga olulist rolli ka päikesevalgus, lahustunud hapniku hulk vees, vee läbipaistvus ning tihtipeale mõne eelnevaga korreleeruv veesamba sügavus (Gutkowska *et al.*, 2012). Samuti mõjutab zooplanktonit vee hüdrodünaamika.

Biotilistest teguritest on zooplanktoni ruumilist agregeerumist enamasti seletatud kiskluse, toidu otsingute ning sigimiskäitumisega (Pulfrich, 1997; Folt & Burns, 1999; Gislason & Silva, 2012). Ööpäevane vertikaalne ränne on levinud nähtus paljude planktiliste organismide seas ning on peamiselt määratud toidu asukoha ja ärasöömise ohu poolt, samuti on täheldatud horisontaalset migratsiooni (Burks *et al.*, 2002; Rabindranath *et al.*, 2010;

Harris *et al.*, 2014). Tuleb mõista, et zooplanktoni jaotusele üht selget seletust leida võib olla keeruline – näiteks võib suur hulk zooplanktonit külluslikule toitumisalale mõnikord sattuda hoopis füüsikalistest põhjustest tingituna, mitte käitumusliku aktiivse toidu otsimise tõttu, enamasti mõjuvad aga mitmed faktorid korraga (Folt & Burns, 1999).

Ajalis-ruumiliste mesozooplanktoni koosluste muutlikkuse ning seda mõjutavate keskkonnaparameetrite uuringute abil on võimalik selgitada zooplanktoni ebahühtlast paiknemist ning selle kaudu erinevate toiduvõrgustiku troofsustasemetel vahelisi seoseid, koosluste funktsiooni, populatsioonidünaamikat ning isegi kasutada andmeid ookeaniringe modelleerimises (Folt & Burns, 1999; Arendse *et al.*, 2001; Fennel, 2001). Tegemist on olulise baasteadmise ja teiste teadusvaldkondade jaoks. Zooplanktoni heterogeensuse kohta on ka väga vähe empiirilist teavet erinevate aja- ja/või ruumiskaalade vahelise võrdluse seisukohast (Young *et al.*, 2009), teadmised selle kohta võimaldavad aga muuhulgas töötada välja paremat meetodikat zooplanktoni uurimiseks (Downing, 1991).

### 1.3 Madala rannikumere olulisus ja eripärad

Käesolevas uurimuses mõeldakse madalaveeliste rannikualade all küllalt kitsast 0,5–1 meetri sügavust meresüsteemi. Kui muidu on zooplanktoni kohta teavet suhteliselt paljude erinevate veealade kohta, siis madalaveelised rannikualad on jäänud erilise tähelepanuta (Ikauniece, 2001; Jozefczuk *et al.*, 2003; Islam *et al.*, 2006; Leandro *et al.*, 2007; Scheinin & Mattila, 2010). Kuna tänapäeval rakendatakse üha enam ökosüsteemi põhist looduskeskkonna majandamist, mis eeldab võimalikult terviklikku lähenemist kogu keskkonnale (Möllmann *et al.*, 2013), on muuhulgas vajalik põhjalikumalt uurida ka väga madala rannikumere rolli ökosüsteemis.

Rakendusliku poole pealt on madalate rannikualade näol tegemist oluliste toitumis- ja kudealadega mitmete majanduslikult ja rekreatsiooniliselt olulistele kalaliikidele. Näiteks jääb suur hulk räime (*Clupea harengus membras*) vastseid pärast koorumist samadele (<2–4 m sügavustele) aladele toituma (Urho & Hilden, 1990; Fey, 2001). Samuti on madalad ja eelistatult taimkattega riimveelised alad väga oluliseks elupaigaks nii täiskasvanud kui noortele mageveekaladele, nagu näiteks haugidele (*Esox lucius* L.) ja särgedele (*Rutilus rutilus*) (Urho *et al.*, 1990; Vetemaa *et al.*, 2006). Kalalarvidest toituvad madalamatel aladel tihtipeale ka täiskasvanud ahvenad (*Perca fluviatilis* L.) (Lehtiniemi *et al.*, 2005). Lisaks on

madalad rannikualad oluliseks elupaigaks siirdekaladele migratsiooni ajal jõest merre ning vastupidi (Toft *et al.*, 2013).

Madal rannikuvesi erineb mitmeti tüüpilisest rannikuveemassiivist ja avamerest, mida harilikult seiratakse ja kus tehakse põhiline osa mesozooplanktonit hõlmavatest uuringutest. Näiteks on seal tugev bentose ja pelaagilise elustiku vaheline seos – tegemist on muuhulgas olulise elupaigaga paljudele põhjaloomadele. Ühes Suurbritannia uurimuses tehti kindlaks, et söödaval rannakarbil (*Mytilus edulis*) on oluline mõju mesozooplanktonile (Davenport *et al.*, 2000). Nimelt toimub rannakarbil filtreeriva toitumisstiili kaudu zooplanktoni ärasöömine. Teisalt on mesozooplanktoni enda koostises suhteliselt palju karpide vastseid, kelle põhjale paikseks jäämise edukus sõltub madala rannikuvee tingimustest (Pineda, 2000; Pulfrich, 1997).

Rannikulähedane hüdrodünaamika on lokaalselt väga muutlik (Pulfrich, 1997; Porri *et al.*, 2007). Madalaveelise rannikuvee põhja topograafia ning rannajoone lähedus mõjutavad vee liikumist ning seega ka zooplanktonit suurel määral ja võivad olla peamisteks zooplanktoni ajalis-ruumilise varieeruvuse põhjustajateks (Pineda, 2000). Souissi ja teiste (2000) poolt tehtud Lõuna-Vahemere madalaveeliste alade uuringus mainitakse sügavamate aladega võrreldes tuule suuremat mõju planktonile. Viimasest võib järeldada, et madalat merd uurides tuleks muuhulgas arvesse võtta piirkonna avatust lainetusele ehk veevahetuse ulatuslikkust eri alade vahel (Isæus, 2004). Nimelt muutub iga murdlainega vee liikumine ning seda eriti väikeses skaalas (Pineda, 2000). Avamerelt tulevate lainete kaudu uutele aladele jõudnud organismid (sh toit) võivad aga muuta kohalikku zooplanktoni kooslust. Enamikus piirkondades, kuigi mitte Läänemeres, on madalate kaldapiirkondade elustiku suureks mõjutajaks ka looded (tõus ja mõõn) (Pulfrich, 1997; Pineda, 2000). Peamine erinevus võrreldes sügavamate vetega seisneb selles, et rannajoone olemasolu mõjutab loodete hoovuste horisontaalset energieetikat – piki kallast on tunduvalt energiarikkam veevool kui risti kallast, samal ajal kui sügavamas vees on selliste hoovuste komponendid isomorfsed (Pineda, 2000).

Samuti on madalatele rannikualadele tihtipeale iseloomulik suur toitainete hulk vees ning võimalik, et ka sellest tingitud halb läbipaistvus. Toitainete hulk tõuseb suure magevee sissevoolu hulga (Pulfrich, 1997; Souissi *et al.*, 2000) ning süvaveekerkega. Viimane on just peamiselt maailma rannikualasid iseloomustav nähtus. Lisaks sellele mängib madala soolsuse ja sügavusega alade puhul veekeskonna troofiliste suhete ja elustiku muutmisel

rolli ka jää, kuid seda on merealade puhul enamasti uuritud vaid põhjaelustiku näol (Coyle *et al.*, 2007). Läänemeres moodustub jääkate igal aastal ning kestab keskmiselt kuus kuud (Haapala *et al.*, 2001).

Mitmed nii madalas vees tehtud uuringud on keskendunud vaid aerjalalgsete kui paljudes piirkondades olulisima mesozooplanktoni osa uurimisele (Porri *et al.*, 2007), harvem käsitletakse kogu kooslust (Jozefczuk *et al.*, 2003; Feike *et al.*, 2007;). Läänemeres on uurimusi tehtud peamiselt Ahvenamaal (Scheinin & Mattila, 2010) ja Läänemere lõunarannikul (Jozefczuk *et al.*, 2003; Feike & Heerkloss, 2008), Eesti alade puhul saadakse esmane informatsioon taoliste alade mesozooplanktoni kohta käesoleva magistritöö käigus.

## **1.4 Magistritöö eesmärgid**

Eelnevast lähtuvalt on antud töö aktuaalne mitmest vaatenurgast. Esiteks saadakse mesozooplanktoni ja seda mõjutavate tegurite kohta teavet seni väheuuritud ökosüsteemis, teiseks aga vaadeldakse eri skaalasad korraga (aluseks järgmistele uurimistöödele ning meetodika arendamisele).

Täpsemalt on käesoleva magistritöö eesmärgiks kirjeldada üldiseid Eesti madala rannikuvee mesozooplanktoni kooslusi iseloomustavaid parameetreid ning analüüsida madala rannikuvee mesozooplanktoni koosluste taksonilise koosseisu ja domineerimissuhete muutlikkust ja neid mõjutavaid abiootilisi keskkonnatingimusi väikesel ja keskmisel ruumiskaalal.

Peamisteks töö hüpoteesideks oli, et

- mesozooplanktoni koosluste taksonilise koosseisu ja domineerimissuhete muutlikkus on suures ruumiskaalas suurem kui väikeses,
- mesozooplanktoni koosluste taksonilist koosseisu ja domineerimissuhteid mõjutavad väikeses ruumiskaalas teistsugused keskkonnatingimused kui suures ruumiskaalas,

Antud töös vaadeldi koosluste taksonilist koosseisu ning domineerimissuhteid eraldiseisvalt, kuna tegemist on sisult eri mõistetega. Taksonilise koosseisu puhul on kõigil taksonitel võrdne panus koosseisu muutustesse ehk võetakse arvesse ka vähemarvukaid liike, kes ei pruugi aga koosluse funktsioneerimises olla vähemtähtsad. Domineerimissuhete

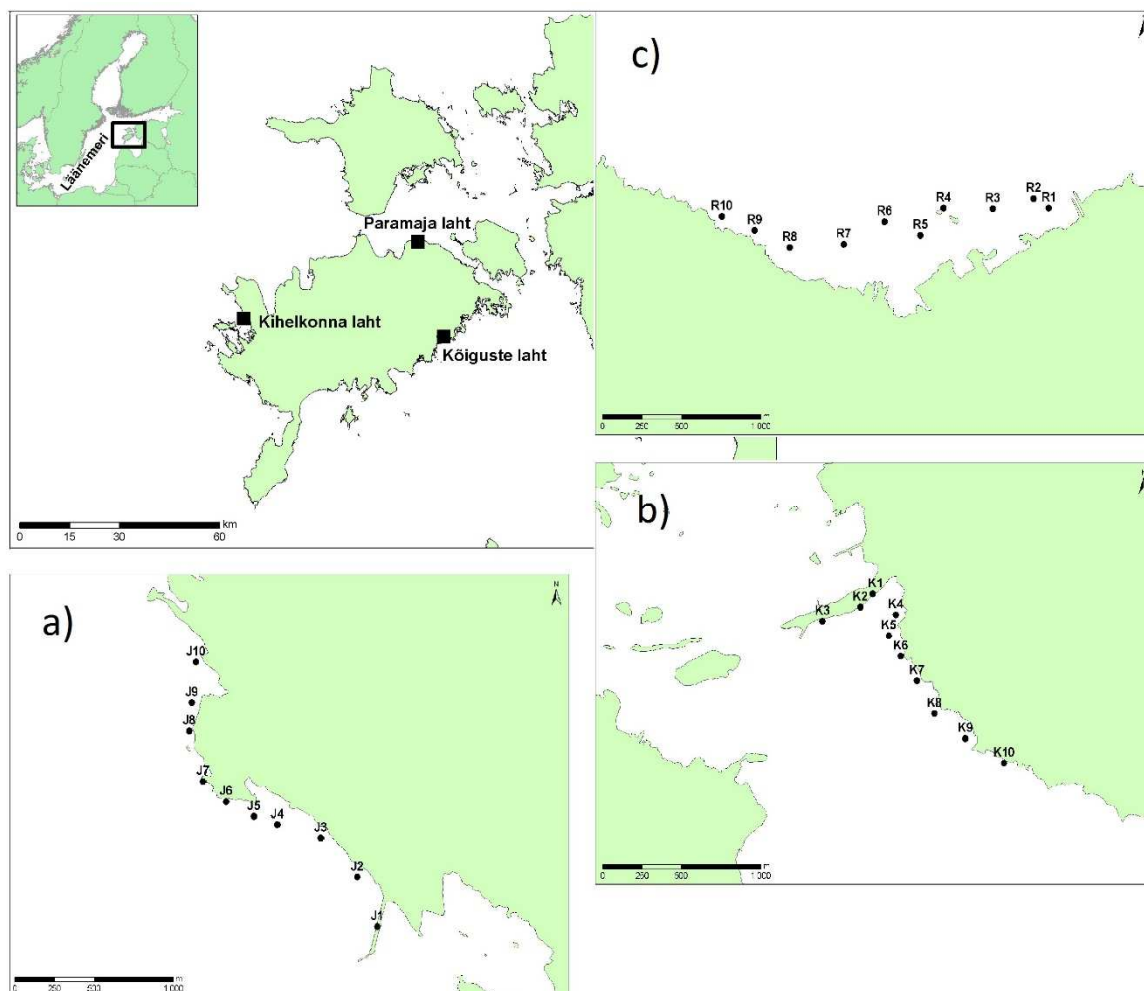
puhul võetakse arvesse koosluses esinenud taksonite suhtelisi arvukusi/biomasse ehk mida domineerivam on takson, seda suurem mõju on tal domineerimissuhete muutlikkusele.

Kuna uuritav veekeskkond on väga madal ning vertikaalne mõõde märkimisväärset tähtsust ei oma, on uurimise all vaid horisontaalne varieeruvus. Analüüs põhineb empiirilisel andmestikul.

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1 Uurimispiirkond

Uurimise all on kolm Saaremaa madalaveelist rannikupiirkonda Kihelkonna, Kõiguste ja Paramaja lahe näol (joonis 1). Kõik alad erinevad üksteisest mitmete abiootiliste ja biootiliste omaduste poolest. Kaardilt mõõdeti umbkaudsed zooplanktoni võimalike levikuteede pikkused (otse mööda merd) eri piirkondade vahel (tabel 1). Iga laht on esindatud kümne üksteisest umbes 250 m (min 120, max 2000) kaugusel asuva 0,5–1 m sügavuse proovivõtukohaga, seega on vaatluse all 30 erinevat jaama. Levikuteede pikkusest lähtuvalt jagatakse töös ruumiskaala väikeseskaalaliseks (0,12–2 km) ja suureskaalaliseks (70–150 km).



Joonis 1. Uurimisaluste piirkondade kaardid: a) Kihelkonna, b) Kõiguste ja c) Paramaja laht.

Tabel 1. Ligikaudsed uurimispiirkondade vahelised kaugused mööda merd (km)

Laht	Kihelkonna	Kõiguste	Paramaja
Kihelkonna	0	150	80
Kõiguste		0	70
Paramaja			0

Kõige rohkem on Läänemere avaosast mõjutatud puhta liivase ja kohati veeriselise põhjaga Kihelkonna laht. Sellest sõltuvalt võivad Kihelkonna lahes abiootilised tingimused ja koosluste struktuur järsult muutuda. Kihelkonna lahe näol tegemist ühe puhtaima merevee alaga Eestis (Järv *et al.*, 2003) ning primaarproduksioon on seal uurimisalustest piirkondadest madalaim. Kõiguste lahes on valdavaks liivased kivikeste ja veeristega segunenud põhjad. Tegemist on mõõdukalt eutrofeerunud ja suure magevee sissevoolu hulga tõttu suhteliselt magedaveelise piirkonnaga (Kotta *et al.*, 2008). Paramaja lahes on kohati veeristega kaetud liivsavine põhi. Ala on muutliku iseloomuga, kuna pidevalt toimub aktiivne veevahetus Läänemere avaosas ning Liivi lahega – seega võib püsivate läänetuulte tõttu tõusta näiteks vee soolsus. Tuul on Paramaja lahes ka oluliseks läbipaistvuse mõjuriks, kuna saviste setete tõttu toimub juba suhteliselt väikese õhu liikumise korral setete resuspendeerumine (Suursaar *et al.*, 2001). Uuringute ajal oli Paramaja laht mõjutatud mereäärsest karjatamisest tingitud muutustest.

## 2.2 Välitööd ja laboratoorne analüüs

Käesoleva kirjutise jaoks tarvilikud välitööd viidi läbi 2010. aasta suvel (14.–21. juuni) ja sügisel (27. september–5. oktoober) ning 2011. a. kevadel (18.–20. aprill ning 9.–14. mai) TÜ Eesti Mereinstituudi kvalifitseeritud töötajate poolt. Ühes piirkonnas viibiti ühel aastaajal kolm järjestikust päeva. Selle jooksul võeti proov täpselt samast jaamast iga päev (u. 24 h vahega, s.t. kolm korda). Võetud proovide koguarv on 270 ja neist hiljem andmeanalüüsi kaasata oli võimalik 260.

Mesozooplanktoni proovid saadi ammutusmeetodil, kallates 100 liitrit vett läbi 100 µm silmasuurusega võrgu. Sama silmasuurust kasutatakse ka Läänemere riikliku seireprogrammi uuringutes (HELCOM, 2013; TÜ EMI, 2014), mistõttu on käesolevas uurimuses saadud andmed ja tulemused võrreldavad sügavamate alade mesozooplanktoniga.

Saadud proovid pesti võrgult 20 ml pudelikestesse ja fikseeriti 4%-lises formaldehüüdi lahuses. Seejärel määrati taksonoomilised grupid ja nende arvukus, jälgides HELCOM-i (2013) poolt mesozooplanktoni kvantitatiivsele analüüsile seatud standardeid. Võimaluse korral määrati isendid liigilise täpsusega, ent mitmete organismirühmade puhul ainult perekonna, seltsi või klassini. Magistritöös läbivalt kasutatav termin “takson” hõlmab seega erinevaid taksonoomilisi ühikuid. Aerjalgsete puhul määrati biomasside arvutamiseks lisaks ka eraldi arengujärgud, ent andmeanalüüsi jaoks liideti need iga liigi puhul kokku.

Sõltuvalt zooplankterite tihedusest lahjendati proov 20–100 ml-ni. Seejärel vaadati läbi kogu proov või kasutati alamproovi meetodit. Viimast rakendati väga suurte arvukuste korral. Selleks segati mõõtanumas lahjendatud proov võimalikult ühtlaseks ning võeti sellest 5 ml mahtpipeti abil alamproov ja loendati sealsed isendid. Tegevust korrati, kuni loendatud sai vähemalt 300 isendit. Proovianalüüs viidi läbi binokulaaride (Leica MZ 6 ja MBC-1) ning Bogorovi loenduskambri abil. Tarkvarast kasutati isendite loendamisel programmi Phytowin versiooni 1.21 (Software Kahma ky). Arvukused väljendati ühikus  $\text{is. m}^{-3}$  (isendit kuupmeetri kohta). Mesozooplanktoni biomassid arvutati, kasutades erinevatele taksonoomilistele rühmadele ja arengustaadiumitele vastavaid biomassiindekseid (Hernroth, 1985) ning väljendati märgkaaluna ühikus  $\text{mg m}^{-3}$ . Autori panuseks laboratoorsetes töodes on umbes 50 % kõigist proovianalüüsides. Kogutud mesozooplanktoni proove säilitatakse TÜ Eesti Mereinstituudi laos vähemalt 10 aastat.

Ka on käesolevas magistritöös kasutatud andmeid mitmete abiootiliste keskkonnaparameetrite kohta. Temperatuur, soolsus, hapnikusisaldus ja hägusus mõõdeti välitööde käigus YSI 6600 V2 sondiga, klorofüll *a* väärtused saadi vastvalt HELCOM-i (2013) meetodikale. Vee liikumise kiirus ehk hoovused mõõdeti JFE Alec-Electronics minilogeritega. Avatuse arvutamiseks kasutati lihtsustatud lainemudeli (The Simplified Wave Model) meetodit (Isæus, 2004). Andmed nõlvakalde (nii väikese- kui suureskaalalise, vastavalt 50 m ja 10 000 m raadiusega) ja jääkatte keskmise kestuse kohta aastas saadi TÜ Eesti Mereinstituudi andmebaasist. Nõlvakalle kaasati kui potentsiaalne näitaja sügavama ja võimalik, et ka muude näitajate poolest erineva vee kauguse osas rannikust.

## 2.3 Andmetöötlus

Statistiliseks usaldusnivooks valiti kõigi analüüside puhul 0,05. Koosluste mitmekesisuse kirjeldamiseks eri aegadel ja piirkondades arvutati nii arvukuse kui biomassi andmete põhjal iga proovi kohta välja Shannoni indeks  $H'$  (Shannon & Wiever, 1949). Dispersioonanalüüs üldarvukuse, -biomassi ja mitmekesisuse puhul viidi läbi programmiga Statistica (Statsoft Inc., 2013). Mitmemõõtmelisteks analüüsideks kasutati programmi PRIMER versiooni 6.1.5 (Clarke ja Gorley, 2006). Mesozooplanktoni taksonilise koosseisu uurimiseks transformeeriti andmed enne analüüsi esinemise/puudumise (*presence/absence*) informatsiooniks. Domineerimissuhete muutlikkuse hindamiseks jäeti nii arvukuse kui biomassi puhul (eraldi vaadelduna) andmed transformeerimata. Keskkonnaparameetrite omavahelist korreleeruvust vaadati korrelatsioonimaatriksi abil, et vältida analüüsisse omavahel väga tugevalt korreleerunud (Spearmani astakkorrelatsioonikordaja  $Rho > 0,7$ ) tegurite kaasamist. Keskkonnaandmed normaliseeriti. Sarnasusmaatriksite koostamisel kasutati koosluste andmete puhul Bray-Curtise indekseid (Bray & Curtis, 1957) ning keskkonnaandmete puhul Eukleidese kaugusi.

Mesozooplanktoni taksonilise koosseisu ja domineerimissuhete varieeruvuse kirjeldamiseks eri piirkondades ja jaamades tehti mitmemõõtmelise ordineerimise (MDS - *multidimensional scaling*) teel vastavaid jooniseid (Clarke, 1993). Erinevuste testimiseks kasutati ANOSIM-i (*analysis of similarities*) permutatsioonitesti (999 permutatsiooniga). ANOSIM-i puhul on teststatistikuks R, mis võib jääda vahemikku -1...1 (väärtus -1 – erinevus puudub, väärtus 1 – täielik erinevus). R-i väärtuste ja jaamadevahelise distantssi puhul kasutati andmete visualiseerimiseks mittelineaarset lokaalse kaalutud regressiooniga silumist (LOWESS), ühesuunalise seose tugevuse väljendamiseks tehti mitteparameetrilisi korrelatsioonanalüüse. Taksonilise koosseisu ja domineerimissuhete varieeruvust põhjustavad liigid leiti SIMPER (*similarity percentage*) analüüsidega (Clarke, 1993). SIMPER-i tulemused esitati järgmiste indeksite kaudu: keskmine vaadeldavate piirkondade vaheline koosluste erinevusprotsent, erinevus/SD (liigi leviku ühtlus vaadeldavas piirkonnas) ning liigi tähtsus ehk osakaal koosluste erinevuste põhjustamisel (Clarke & Warwick, 2001). Keskkonnatingimuste suhtelist mõju koosluste taksonilise koosseisu ja domineerimissuhete muutlikkusele uuriti BEST (BIOENV) analüüsimeetodiga. Selle käigus arvutati Spearmani astakkorrelatsioonikordaja ( $Rho$ ) väärtused keskkonnaandmete ning bioloogiliste andmete sarnasusmaatriksite vahel. Kogu andmeanalüüsi viis läbi töö autor.

### 3. TULEMUSED

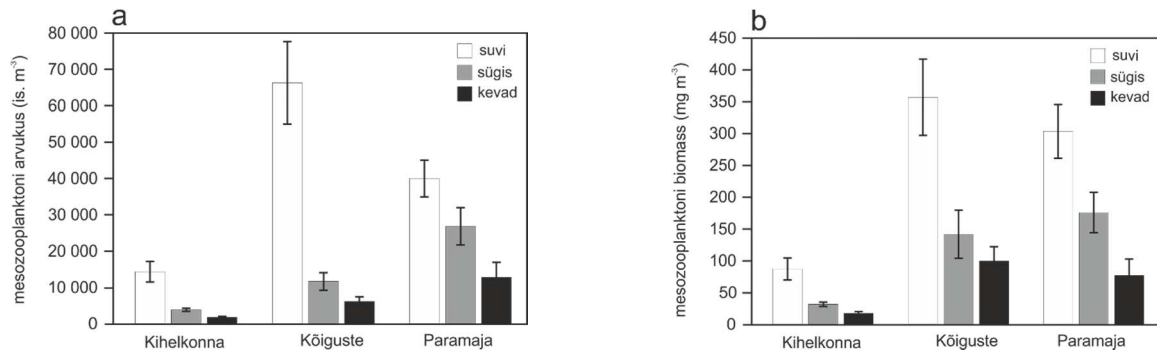
#### 3.1 Keskkonnatingimused ning mesozooplanktoni koosluste üldnäitajad

Täpsed andmed uurimisala keskkonnatingimuste kohta on esitatud LISA 1-s. Keskmise temperatuur jaamades üle kõigi aastaegade varieerus  $10 \pm 4,3$  (SD) kuni  $13,8 \pm 3,1$  (SD) °C. Keskmise soolsus oli suhteliselt madal Kõiguste lahes ( $4,97 \pm 0,49$  (SD) PSU), kõrgem aga Paramaja ( $5,46 \pm 0,55$  (SD) PSU) ja Kihelkonna ( $6,39 \pm 0,28$  (SD) PSU) lahes. Lahustunud hapniku hulk vees oli kõigis piirkondades suhteliselt kõrge, samas kui vee hägususe aste oli madal. Keskmise klorofüll *a* sisaldus varieerus jaamades  $1,1 \pm 1,5$  (SD) –  $4,2 \pm 2,8$  (SD) ug l<sup>-1</sup>. Avatuse poolest olid väikseimad väärtused Paramajas lahes, Kihelkonna lahes aga kõrgeimad. Hoovuste keskmised väärtused olid samuti teiste lahtedega võrreldes selgelt suuremad Kihelkonna lahes. Keskmise jääga kaetud päevade arv aastas oli aga Kihelkonna lahes tunduvalt väiksem kui teistes uurimisalustes lahtedes. Väikeseskaalaline nõlvakalle oli üsna varieeruv igal pool, suureskaalaline oli aga Kihelkonna lahes suurem kui teistes lahtedes. Soolsus ja hapnikusisaldus korreleerusid omavahel suhteliselt tugevalt ( $Rho = 0,71$ ,  $N = 260$ ,  $p < 0,05$ ), mistõttu jäeti edaspidistes keskkonnatingimuste ja koosluse muutlikkuse vaheliste seoste analüüsidest hapnikusisaldus välja. Analüüsidesse kaasati soolsus kui kirjanduse põhjal üks olulisim mesozooplanktoni leviku mõjutaja.

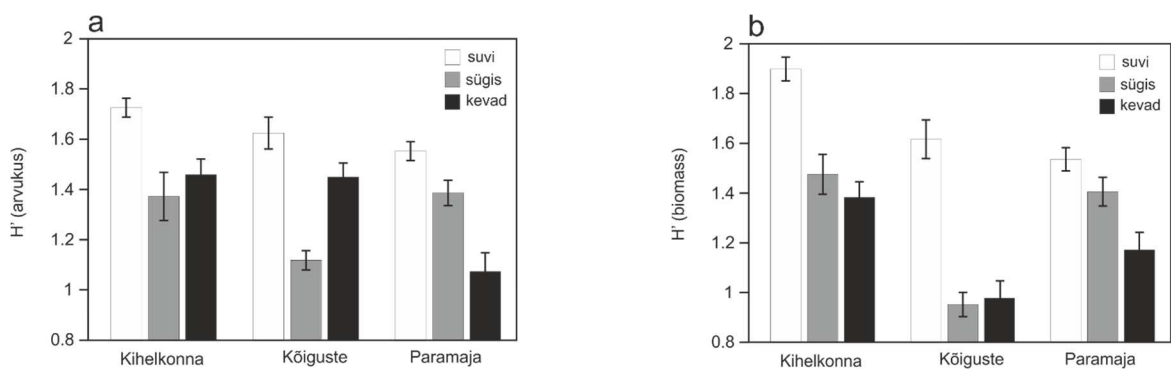
Nii mesozooplanktoni üldarvukus (joonis 2a) kui -biomass (joonis 2b) erinesid suures skaalas ruumiliselt ja ajaliselt (Kruskal-Wallis ANOVA,  $p < 0,001$ ). Kõrgeimad väärtused esinesid suvel, väikseimad kevadel. Suvel oli arvukus selgelt kõrgeim Kõiguste lahes, kuid biomassi osas olid ka Paramaja lahes kõrged väärtused. Kõiguste lahes olid kevadel ja sügisel suhteliselt madalad arvukuse väärtused, ent kõrged biomassi väärtused. Igal aastaajal esinesid madalaimad väärtused nii arvukuse kui biomassi osas Kihelkonna lahes.

Ka mesozooplanktoni arvukustel (joonis 3a, tabel 2) ja biomassidel (joonis 3b, tabel 3) põhinevate H' indeksite puhul leiti lahtede ja aastaegade puhul erinevus (kahefaktoriline ANOVA,  $p < 0,0001$ ). Kõrgeim H' indeks mõlema korral esines suvel Kihelkonna lahes (joonis 3). Mesozooplanktoni mitmekesisus oli kõrgem siis, kui üldine arvukus ja biomass olid suhteliselt madalad (joonis 2, 3). Arvukuse ja biomassi andmetel põhinevate mitmekesisuste vahel esines ainus suurem erinevus Kõiguste kevadise väärtuse puhul, mil

biomassi järgi arvatud mitmekesisus on tunduvalt väiksem kui arvukuse järgi arvatud mitmekesisus (joonis 3).



Joonis 2. Mesozooplanktoni (a) üldarvukus ja (b) üldbiomass. Tulbad näitavad keskmisi  $\pm$  standardviga kõigist jaamadest.



Joonis 3. Mesozooplanktoni (a) arvukusel ja (b) biomassil põhinev Shannoni indeks. Tulbad näitavad keskmisi  $\pm$  standardviga kõigist jaamadest.

Tabel 2. Arvukusel põhineva Shannoni indeksi erinevused lahtede ja aastaegade vahel.

Efekt	df	SS	F	p
Laht	2	1,5	7,3	<0,0001
Aastaeg	2	6,1	29,9	<0,0001
Laht*aastaeg	4	3,1	7,7	<0,0001
Viga	251	25,5		

Tabel 3. Biomassil põhineva Shannoni indeksi erinevused lahtede ja aastaegade vahel.

Efekt	df	SS	F	p
Laht	2	495,2	30,7	<0,0001
Aastaaeg	2	3,5	54,9	<0,0001
Laht*aastaaeg	4	6,2	4,6	0,001
Viga	251	0,1		

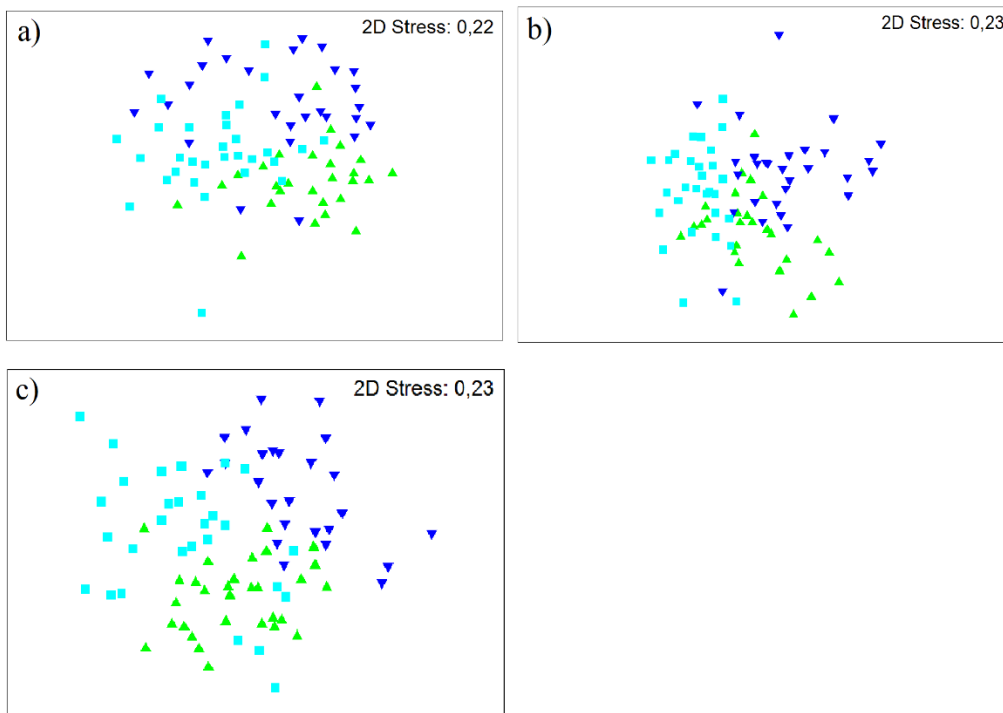
### 3.2 Suureskaalaline mesozooplanktoni koosluste muutlikkus

Kokku leiti uurimisalalt 39 taksonit (LISA 2). Lahtede vahel esinesid kõigi uuritavate kooslust kirjeldavate parameetrite vahel statistiliselt olulised erinevused igal aastaajal (ANOSIM, tabel 4). Sama tulemus ilmnis ka mitmemõõtmelisel ordineerimisel (MDS, joonis 4, 5, 6). Nii arvukusel kui biomassil põhinevate domineerimissuhete osas olid erinevused lahtede vahel tunduvalt tugevamad kui taksonilise koosseisu puhul (ANOSIM, MDS, tabel 4, joonis 4, 5, 6), sama väljendus ka SIMPER analüüsist (tabel 5, 6, 7).

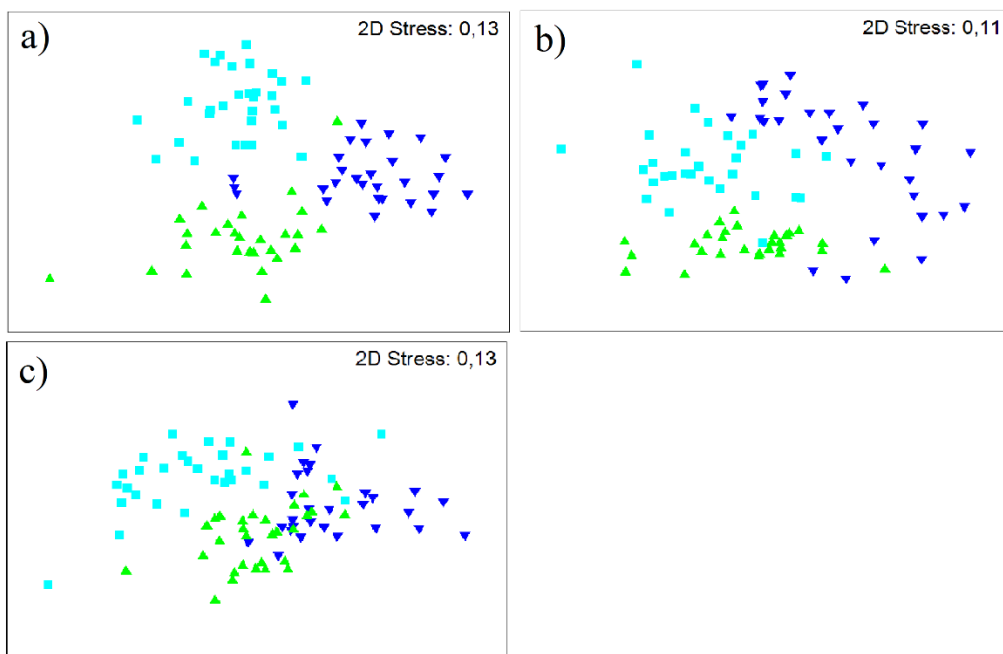
Domineerimissuhete puhul eristub MDS (joonis 5, 6) ja ANOSIM (tabel 4) analüüsi põhjal teistest aastaegadest selgelt suvi, mil koosluste domineerimissuhted on lahtede vahel muutlikumad kui muul ajal. Arvukusel põhinevate domineerimissuhete osas oli erinevalt teistest lahepaaridest Kõiguste ja Kihelkonna vahel suhteliselt suur erinevus sügisel (ANOSIM,  $R=0,634$ ,  $p=0,001$ , joonis 5b), väike aga kevadel (ANOSIM,  $R=0,331$ ,  $p=0,001$ , joonis 5c). Selline tulemus peegeldus ka SIMPER analüüsist (SIMPER, tabel 6). Kevadisel taksoniliste koosseisude võrdlusel olid Kõiguste ja Kihelkonna vahelised erinevused märgatavalt suuremad (ANOSIM,  $R=0,528$ ,  $p=0,001$ ) kui Kõiguste ja Paramaja (ANOSIM,  $R=0,323$ ,  $p=0,001$ ) ning Kihelkonna ja Paramaja (ANOSIM,  $R=0,287$ ,  $p=0,001$ ) vahel (joonis 4c).

Tabel 4. Koosluste taksonilise koosseisu ja domineerimissuhete erinevused lahtede vahel – numbriliselt on esitatud  $R_{\text{üld}}$  väärtused (ANOSIM, kõigi mudelite puhul  $p=0,001$ ). Dom. arv. – arvukusel põhinevad domineerimissuhted, Dom. biomass – biomassil põhinevad domineerimissuhted.

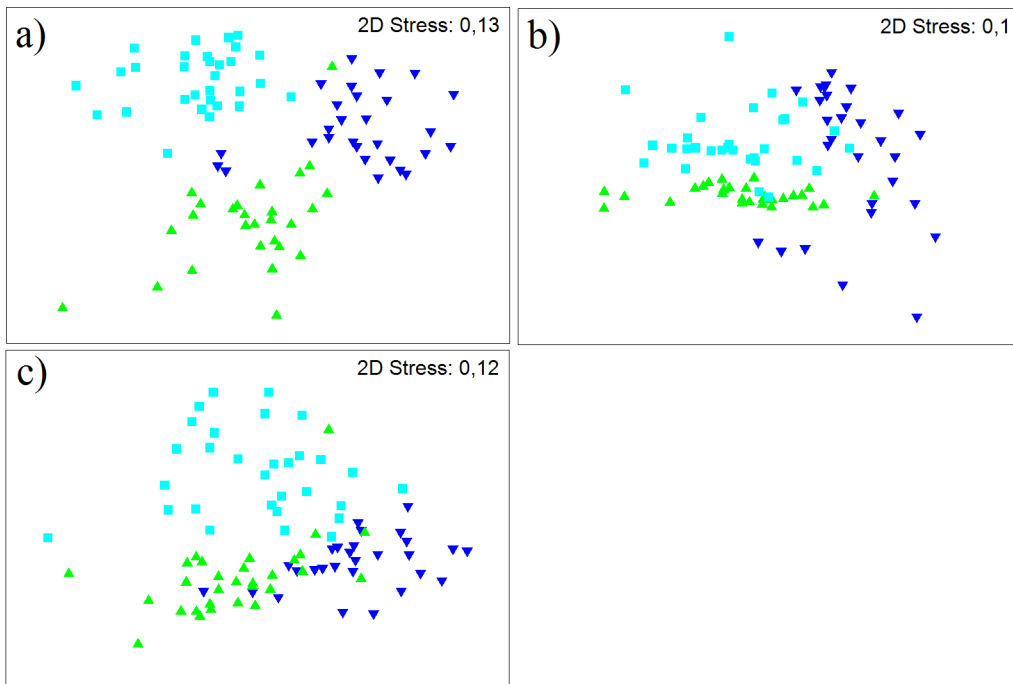
Aastaaeg	Taksoniline koosseis	Dom. arv.	Dom. biomass
Suvi	0,315	0,737	0,710
Sügis	0,290	0,502	0,405
Kevad	0,376	0,454	0,490



Joonis 4. Mesozooplanktoni koosluste taksonilise koosseisu mitmemõõtmeline ordineerimine (a) suvel, (b) sügisel ja (c) kevadel. Iga punkt tähistab ühte proovi ning nendevaheline kaugus sarnasusmaatriksil (Bray-Curtis, esinemise/puudumise transformatsioon) põhinevat koosseisude erinevust. Tähistus: ▼ – Kihelkonna laht, ▲ – Kõiguste laht, ■ – Paramaja laht.



Joonis 5. Koosluste arvukusel põhinevate domineerimissuhete mitmemõõtmeline ordineerimine (a) suvel, (b) sügisel ja (c) kevadel. Iga punkt tähistab ühte proovi ning nendevaheline kaugus sarnasusmaatriksil (Bray-Curtis) põhinevat suhteliste arvukuste erinevust. Tähistus: ▼ – Kihelkonna laht, ▲ – Kõiguste laht, ■ – Paramaja laht.



Joonis 6. Koosluste biomassil põhinevate domineerimissuhete mitmemõõtmeline ordineerimine (a) suvel, (b) sügisel ja (c) kevadel. Iga punkt tähistab ühte proovi ning nendevaheline kaugus sarnasusmaatriksil (Bray-Curtis) põhinevat suhteliste biomasside erinevust. Tähistus: ▼ – Kihelkonna laht, ▲ – Kõiguste laht, ■ – Paramaja laht.

Tabel 5. Keskmised piirkondadevahelised taksonilise koosseisu erinevuse indeksid SIMPER analüüsi põhjal.

Lahepaar	Suvi	Sügis	Kevad
Kõiguste-Kihelkonna	29,25	36,15	35,35
Kõiguste-Paramaja	27,79	33,82	36,88
Kihelkonna-Paramaja	28,59	38,61	33,39

Lahtedevahelisi domineerimissuhete erinevusi põhjustavatest taksonitest olid suvel ja sügisel olulisimad aerjalgsed *Eurytemora affinis*, *Acartia spp.* ning aerjalgsete naupliused, aga ka keriloomade (*Rotatoria*) perekond *Synchaeta* ning karpide (*Bivalvia*) vastsed (SIMPER, tabel 6, 7). Kevadel tekitasid lisaks juba nimetatutele suuremaid erinevusi hulkharijasusside (*Polychaeta*) vastsed ja aerjalgsete selts rullikulised (*Harpacticoida*) (SIMPER, tabel 6, 7). Kuna esinemise/puudumise informatsiooni korral on haruldasmate liikide roll analüüsis suurem, oli koosseisu erinevusi põhjustavaid liike väga palju ning ükski neist ei panustanud erinevustesse rohkem kui 10 protsendiga (SIMPER).

Tabel 6. Peamised lahtedevahelist arvukusel põhinevate domineerimissuhete varieeruvust põhjustavad mesozooplanktoni taksonid ning üldised erinevused piirkondade vahel SIMPER analüüsi põhjal. Tähistus: Arvukus(1) - võrreldava paari esimese piirkonna keskmine arvukus (is. m-3), Arvukus (2) – võrreldava paari teise piirkonna keskmine arvukus (is. m-3), Erinevus/SD - liigi leviku ühtluse indeks, Tähtsus% - indeks väljendatakse liigi osakaalu koosluste erinevuse põhjustamisel.

Takson	Arvukus(1)	Arvukus(2)	Erinevus/SD	Tähtsus%
<b>Kõiguste-Kihelkonna</b>				
Suvi: keskmine erinevus – 72,43 %				
<i>Synchaeta spp.</i>	23 369	2668	0,94	25,0
<i>Eurytemora affinis</i>	13 980	3005	1,15	23,9
<i>Copepoda nauplii</i>	11 085	3957	1,28	17,4
Sügis: keskmine erinevus – 82,02 %				
<i>Acartia spp.</i>	7787	352	1,88	46,39
<i>Synchaeta spp.</i>	148	1999	0,91	18,49
<i>Copepoda nauplii</i>	1741	610	1,40	14,38
Kevad: keskmine erinevus – 69,17 %				
<i>Polychaeta larvae</i>	3190	542	1,50	42,37
<i>Copepoda nauplii</i>	408	705	0,86	13,39
<i>Synchaeta spp.</i>	695	82	1,02	12,87
<b>Kõiguste-Paramaja</b>				
Suvi: keskmine erinevus – 75,21 %				
<i>Eurytemora affinis</i>	13 980	395	1,21	19,57
<i>Synchaeta spp.</i>	23 369	3588	0,77	17,74
<i>Acartia spp.</i>	347	14 017	1,36	17,55
Sügis: keskmine erinevus – 66,77 %				
<i>Acartia spp.</i>	7787	5883	1,22	29,65
<i>Synchaeta spp.</i>	148	7803	1,38	28,63
<i>Copepoda nauplii</i>	1741	5861	0,95	19,40
Kevad: keskmine erinevus – 82,84 %				
<i>Synchaeta spp.</i>	1999	7803	1,38	26,61
<i>Copepoda nauplii</i>	610	5861	1,19	23,92
<i>Acartia spp.</i>	352	5883	1,22	22,35
<b>Kihelkonna-Paramaja</b>				
Suvi: keskmine erinevus – 75,21 %				
<i>Acartia spp.</i>	1094	14 017	1,63	29,27
<i>Bivalvia larvae</i>	1149	9454	1,37	25,06
<i>Copepoda nauplii</i>	3957	5973	1,25	12,43
Sügis: keskmine erinevus – 78,01 %				
<i>Synchaeta spp.</i>	1999	7803	1,38	26,61
<i>Copepoda nauplii</i>	610	5861	1,19	23,92
<i>Acartia spp.</i>	352	5883	1,22	22,35
Kevad: keskmine erinevus – 82,84 %				
<i>Synchaeta spp.</i>	82	4219	1,59	42,03
<i>Bivalvia larvae</i>	0	6954	0,92	27,41
<i>Copepoda nauplii</i>	705	580	0,82	11,74

Tabel 7. Peamised lahtedevahelist biomassil põhinevate domineerimissuhete varieeruvust põhjustavad mesozooplanktoni liigid ning üldised erinevused piirkondade vahel SIMPER analüüsi põhjal. Tähistus: Biomass(1) - võrreldava paari esimese piirkonna keskmine biomass (mg m<sup>-3</sup>), Biomass(2) – võrreldava paari teise piirkonna keskmine biomass (mg m<sup>-3</sup>), Erinevus/SD - liigi leviku ühtluse indeks, Tähtsus% - indeks väljendamaks liigi osakaalu koosluste erinevuse põhjustamisel.

Takson	Biomass(1)	Biomass(2)	Erinevus/SD	Tähtsus%
<b>Kõiguste-Kihelkonna</b>				
Suvi: keskmine erinevus – 72,27				
<i>Eurytemora affinis</i>	111	21	1,25	32,85
<i>Synchaeta spp.</i>	114	13	0,88	23,36
<i>Copepoda nauplii</i>	34	13	1,19	10,17
Sügis: keskmine erinevus – 80,22				
<i>Acartia spp.</i>	111	6	2,14	57,25
<i>Synchaeta spp.</i>	0	8	0,78	10,57
<i>Eurytemora affinis</i>	11	1	1,34	7,52
Kevad: keskmine erinevus – 74,10				
<i>Polychaeta larvae</i>	8,98	77	1,97	65,10
<i>Harpacticoida sp.</i>	1,49	6,57	0,89	9,24
<i>Eurytemora affinis</i>	2,57	1,76	0,73	5,03
<b>Kõiguste-Paramaja</b>				
Suvi: keskmine erinevus – 76,05				
<i>Acartia spp.</i>	4	157	1,38	28,35
<i>Eurytemora affinis</i>	111	4	1,21	23,89
<i>Synchaeta spp.</i>	114	17	0,71	15,07
Sügis: keskmine erinevus – 62,35				
<i>Acartia spp.</i>	111	76	1,41	47,84
<i>Synchaeta spp.</i>	0,7	34	1,15	18,81
<i>Copepoda nauplii</i>	10	20	0,75	10,90
Kevad: keskmine erinevus – 77,67				
<i>Polychaeta larvae</i>	77	16	1,53	47,63
<i>Synchaeta spp.</i>	3	20	1,04	18,13
<i>Bivalvia larvae</i>	3	34	0,76	15,59
<b>Kihelkonna-Paramaja</b>				
Suvi: keskmine erinevus – 76,12				
<i>Acartia spp.</i>	11	157	1,68	41,22
<i>Bivalvia larvae</i>	5	47	1,30	18,08
<i>Copepoda nauplii</i>	13	29	1,17	8,19
Sügis: keskmine erinevus – 77,02				
<i>Acartia spp.</i>	76	28	1,36	36,86
<i>Synchaeta spp.</i>	34	13	1,19	17,92
<i>Copepoda nauplii</i>	20	9	0,87	12,71
Kevad: keskmine erinevus – 80,03				
<i>Synchaeta spp.</i>	0,37	20	1,40	32,82
<i>Bivalvia larvae</i>	0,00	34	0,88	21,66
<i>Polychaeta larvae</i>	8,98	16,73	1,06	20,22

### 3.3 Väikeseskaalaline mesozooplanktoni koosluste muutlikkus

Kihelkonna lahes jaamade vahel ühelgi aastaajal statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud (tabel 8). Kõiguste lahes esines koosluse taksonilise koosseisu osas statistiliselt oluline erinevus sügisel ja kevadisel vaatlusperioodil. Domineerimissuhete puhul leiti Kõiguste lahes statistiliselt oluline erinevus vaid sügisel (tabel 8). Paramaja lahes olid kooslused jaamati erinevad vaid taksonilise koosseisu poolest sügisel (tabel 8).

Tabel 8. Jaamadevahelised erinevused mesozooplanktoni kooslustes Kihelkonna, Kõiguste ja Paramaja lahes (ANOSIM).

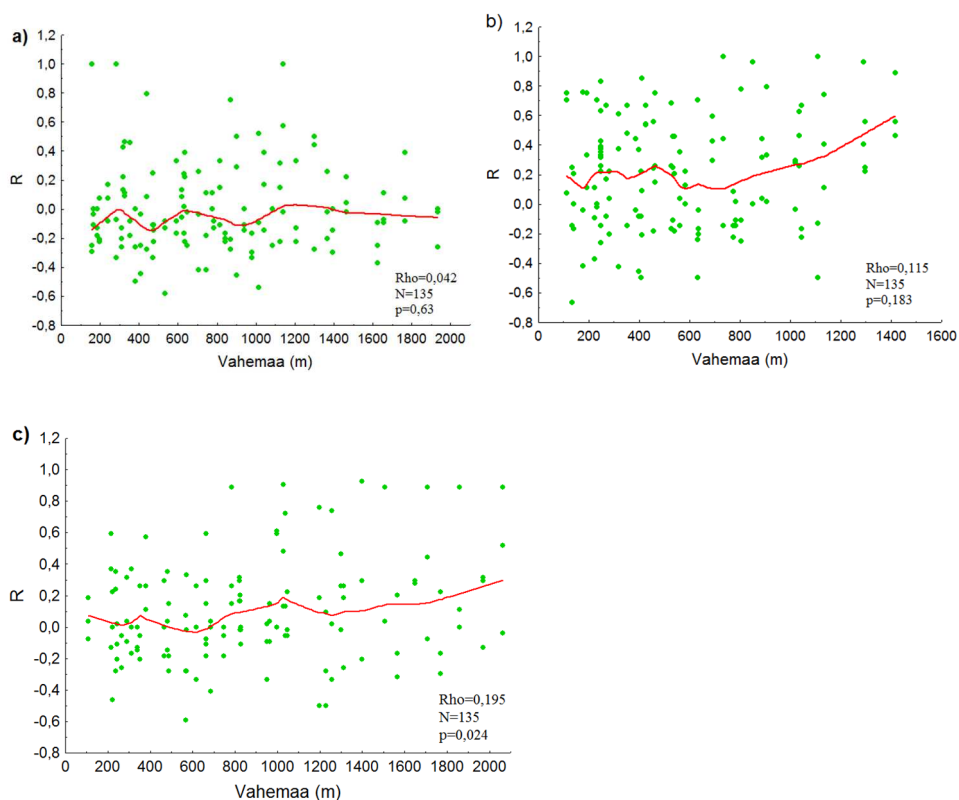
	<b>R<sub>üld</sub></b>	<b>p</b>
<b>Kihelkonna</b>		
<b>Taksoniline koosseis</b>		
Suvi	0,124	0,115
Sügis	0,086	0,853
Kevad	0,136	0,052
<b>Domineerimissuhted (arvukus)</b>		
Suvi	-0,019	0,567
Sügis	-0,196	0,987
Kevad	-0,046	0,657
<b>Domineerimissuhted (biomass)</b>		
Suvi	-0,039	0,632
Sügis	-0,17	0,988
Kevad	-0,026	0,573
<b>Kõiguste</b>		
<b>Taksoniline koosseis</b>		
Suvi	0,034	0,346
Sügis	0,363	<b>0,001</b>
Kevad	0,229	<b>0,005</b>
<b>Domineerimissuhted (arvukus)</b>		
Suvi	-0,09	0,851
Sügis	0,212	<b>0,015</b>
Kevad	-0,009	0,489
<b>Domineerimissuhted (biomass)</b>		
Suvi	-0,112	0,911
Sügis	0,189	<b>0,025</b>
Kevad	-0,003	0,489
<b>Paramaja</b>		
<b>Taksoniline koosseis</b>		
Suvi	-0,035	0,67
Sügis	0,141	<b>0,045</b>
Kevad	0,136	0,052
<b>Domineerimissuhted (arvukus)</b>		
Suvi	-0,074	0,80

(tabel jätkub)

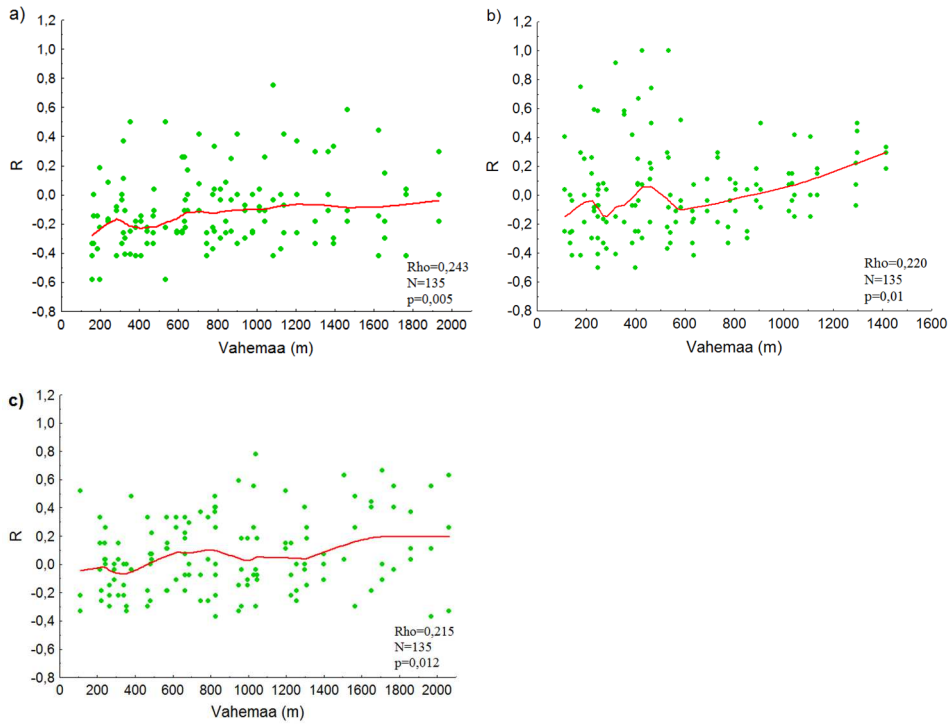
(tabel 8 jätk)

	<b>R<sub>üld</sub></b>	<b>p</b>
Sügis	0,081	0,15
Kevad	0,137	0,073
<b>Domineerimissuhted (biomass)</b>		
Suvi	-0,086	0,84
Sügis	0,065	0,21
Kevad	0,094	0,13

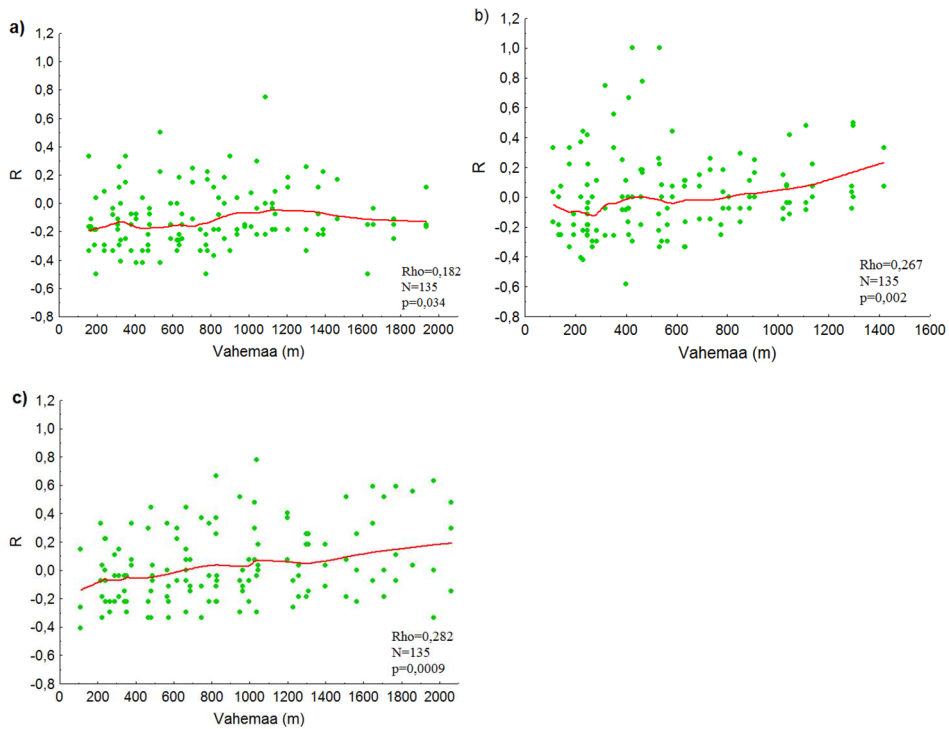
Mesozooplanktoni koosseisu erinevuste tugevuse (R väärtuste näol jaamapaaride kohta) ja vastavate distantside vaheline ühesuunaline seos osutus oluliseks vaid Paramaja lahes (joonis 7). Seevastu esines nii arvukuse kui biomassi domineerimissuhte puhul korrelatsioon R-i väärtuste ja jaamade vahelise maa vahel kõigis vaatlusalustes piirkondades (joonis 8, 9). LOWESS kõveratelt ilmneb, et mesozooplanktoni muutlikkus on juhuslikum väiksemate vahemaade puhul (joonis 7, 8, 9).



Joonis 7. Koosseisu erinevuste ning jaamadevahelise distantsi seos (a) Kihelkonna lahes, (b) Kõiguste lahes ja (c) Paramaja lahes.



Joonis 8. Arvukusel põhinevate domineerimissuhete erinevuste ning jaamadevahelise distantansi seos (a) Kihelkonna lahes, (b) Kõiguste lahes ja (c) Paramaja lahes.



Joonis 9. Biomassil põhinevate domineerimissuhete erinevuste ning jaamadevahelise distantansi seos (a) Kihelkonna lahes, (b) Kõiguste lahes ja (c) Paramaja lahes.

### 3.4 Mesozooplanktoni koosluste muutlikkuse seos keskkonnatingimustega

Võttes arvesse kõiki piirkondi ja aastaaegu, leiti parimaks koosluste koosseisu muutlikkust kirjeldavaks mudeliks temperatuuri ja soolsuse koosmõju (BIOENV,  $Rho=0,306$ ,  $p=0,01$ ). Parimas kolme muutujaga mudelis oli lisaks neile veel ka chl *a* (BIOENV,  $Rho=0,296$ ,  $p=0,01$ ). Arvukusel põhinevate domineerimissuhete puhul oli parimaks seletajaks temperatuuri ja suureskaalalise nõlvakalde koosmõju (BIOENV,  $Rho=0,224$ ,  $p=0,01$ ), biomassi andmete puhul aga temperatuuri, soolsuse, suureskaalalise nõlvakalde ja jääkate koosmõju (BIOENV,  $Rho=0,201$ ,  $p=0,01$ ).

Aastaaegu eraldi vaadeldes selgub, et suvel on koosluste domineerimissuhete erinevused lahtede vahel vaatlusalustest keskkonnateguritest seletatavad peamiselt suureskaalalise nõlvakaldega (tabel 9). Arvukuse puhul oli paremuselt teine mudel temperatuuri ja soolsuse koosmõju (BIOENV,  $Rho=0,518$ ,  $p=0,01$ ), biomassi puhul aga hägusus eraldiseisvana (BIOENV,  $Rho=0,519$ ,  $p=0,01$ ). Sügisel osutusid olulisemateks teguriteks soolsus, temperatuur ja jääkate. Kevadel andis parima domineerimissuhete muutlikkust seletava mudeli vee hägususe ja suureskaalalise nõlvakalde koosmõju (BIOENV,  $Rho=0,367 - 0,423$ ,  $p=0,01$ ). Koosseisu puhul oli kõigi mudelite seletusvõime tunduvalt väiksem kui domineerimissuhete puhul, kuid tähtsamateks teguriteks osutusid temperatuur, soolsus, suureskaalaline nõlvakalle, hoovused ning jääkate (tabel 9).

Lahesiseselt käsitleti seoses keskkonnatingimustega aastaaegu eraldi. Koosseisu erinevusi kõige paremini seletavad mudelid sisaldasid erinevates kombinatsioonides järgmisi parameetreid: temperatuur, soolsus, hoovused, hägusus, jääkate ning väikeseskaalaline nõlvakalle (BIOENV, tabel 10). Kõigustes mõjutas domineerimissuhete muutlikkust suvel enim hoovuste ja jääkate pikkuse koosmõju, Paramajas lisandus sügisel samadele teguritele veel avatus, suureskaalaline nõlvakalle ning temperatuur (BIOENV, tabel 10). Kihelkonna lahes oli erinevalt teistest piirkondadest domineerimissuhetele oluline mõju ka soolsusel ja hägususel (BIOENV, tabel 10).

Tabel 9. Keskkonnatingimuste mõju mesozooplanktoni suureskaalalisele muutlikkusele eri aastaegadel (BIOENV, kõigi mudelite puhul  $p=0,01$ ). Tähistus: nõlvakalle(10K) – suureskaalaline nõlvakalle (10 km raadiusega), jääkate – keskmine jääkattega päevade arv aastas.

	Parim mudel	Rho
<b>Taksoniline koosseis</b>		
Suvi	temperatuur*soolsus*hoovused*jääkate	0,253
Sügis	nõlvakalle(10K)*jääkate	0,280
Kevad	temperatuur*soolsus*nõlvakalle(10K)	0,317
<b>Domineerimis-suhted (arvukus)</b>		
Suvi	nõlvakalle(10K)	0,522
Sügis	soolsus*jääkate	0,491
Kevad	hägusus*nõlvakalle(10K)	0,423
<b>Domineerimis-suhted (biomass)</b>		
Suvi	nõlvakalle(10K)	0,525
Sügis	temperatuur*soolsus*jääkate	0,432
Kevad	hägusus*nõlvakalle(10K)	0,367

Tabel 10. Keskkonnatingimuste mõju mesozooplanktoni väikeseskaalalisele muutlikkusele eri aastaegadel. Tabelis esitatud ainult mudelid, kus  $p<0,05$ . Tähistus: Taks. koosseis – taksoniline koosseis, nõlvakalle(10K) – suureskaalaline nõlvakalle (10 km raadiusega), nõlvakalle(50) – väikeseskaalaline nõlvakalle (50 m raadiusega), jääkate – keskmine jääkattega päevade arv aastas.

	Parim mudel	Rho	p
<b>Kihelkonna</b>			
<b>Taks. koosseis</b>			
Suvi	temperatuur*soolsus*hoovused	0,400	0,01
<b>Dom. arv.</b>			
Suvi	soolsus*hoovused*jääkate	0,318	0,05
Sügis	soolsus*hägusus*nõlvakalle(10K)*jääkate	0,577	0,01
Kevad	jääkate*soolsus*hägusus*nõlvakalle(10K)	0,356	0,01
<b>Dom. BM</b>			
Suvi	soolsus*hoovused*jääkate	0,396	0,01
Sügis	soolsus*hägusus*nõlvakalle(10K)	0,627	0,01
Kevad	soolsus*hägusus*hoovused*nõlvakalle(10K)*jääkate	0,395	0,01
<b>Kõiguste</b>			
<b>Taks. koosseis</b>			
Sügis	hägusus*jääkate	0,381	0,04
<b>Dom. arv.</b>			
Suvi	hoovused*jääkate	0,526	0,01
<b>Dom. BM</b>			
Suvi	hoovused*jääkate	0,523	0,01
<b>Paramaja</b>			
<b>Taks. koosseis</b>			
Kevad	nõlvakalle(50)*jääkate	0,272	0,01

(tabel jätkub)

(tabel 10 jätk)

	<b>Parim mudel</b>	<b>Rho</b>	<b>p</b>
<b>Dom. arv.</b>			
Sügis	avatus*hoovused*jääkate	0,334	0,01
<b>Dom. BM</b>			
Sügis	temperatuur*avatus*hoovused*nõlvakalle(10K)	0,389	0,01

## 4. ARUTELU

Mesozooplanktoni hulka kuuluvad Läänemeres väikesed vähilaadsed (eelkõige aerjalalgsed ja vesikirbulised), keriloomad ja meroplankton (Ikauniece, 2001). Käesolevas töös leiti Saaremaa madalast rannikuveest kokku 39 mesozooplanktoni nende hulka kuuluvat taksonit. Kõige vähem taksoneid (24) esines vaatlusalustest perioodidest ja piirkondadest kevadises Kihelkonna lahes, kõige rohkem (32) aga suvises Kõiguste lahes. Ilmnes, et mesozooplanktoni mitmekesisus Shannoni indeksi näol on madalas rannikuvees igal vaadeldud aastaajal suurem siis, kui üldine biomass ning arvukus on madalad. Tõenäoliselt on seega kõrgete arvukuste ja biomasside puhul tegu olukorraga, kus koosluses esineb üks või mitu domineerivat liiki, kes koosluse arvukust ja biomassi tõstavad. Järeldus põhineb Shannoni indeksi olemusel ehk selle arvutamisel võetakse muuhulgas arvesse arvukuse või biomassi jaotust erinevate taksonite vahel ning mida ühtlasem see on, seda suurem on mitmekesisus (Southwood & Henderson, 2000).

Taksonilise koosseisu puhul erines suures skaalas teistest uurimisaladest Kihelkonna laht, kus esinesid võrreldes teiste lahtedega enamasti ainsana sellised liigid, nagu *Centropages hamatus*, *Fritillaria borealis*, *Mertensia ovum* ning *Pseudocalanus elongatus*. Tegemist on pigem soolase- ja jahedalembeste sügavamate merealade pelagiaali kuuluvate liikidega (Möllmann *et al.*, 2003). Kuna Kihelkonna lahte peetakse soodsaks süvaveekerke alaks (Lehmann & Myrberg, 2008), siis jõuab sinna aeg-ajalt jahedat ja soolast vett avamere veemassiivi sügavamast osast, millega kaasnevad eelnimetatud sügavamates veekihtides elavad liigid. Süvaveekerget soodustab teiste vaadeldud piirkondadega võrreldes tõenäoliselt suurem avatus, hoovused ja avamere lähedane asukoht. Süvaveekerke rolli kooslustele on näidatud mitmetes rannikualade planktonit käsitlevates uurimustes. Nimelt võib süvaveekerke ajal zooplanktoni kooslus muutuda märgatavalt, kuna sooja- ning magedama vee lembesed liigid saavad asendatud jahedama- ning soolaselembest poolt (Nõmmann *et al.*, 1991; Macías *et al.*, 2012; Thompson *et al.*, 2012). Tõenäoliselt süvaveekerke tõttu on Kihelkonna lahes ka väikeses skaalas mesozooplanktoni koosluste taksonilise koosseisu muutlikkuse põhjustamisel teiste lahtedega võrreldes suurem roll soolsusel ja temperatuuril.

Domineerimissuhete puhul oli eriti suvel suureskaalaline muutlikkus lahtede vahel tunduvalt intensiivsem kui taksonilise koosseisu puhul. Väikesel skaalal ilmnes vastupidine olukord – lahesiseselt olid muutused taksonilises koosseisus üldiselt tugevamad kui

domineerimissuhete puhul. Siinkohal on tõenäoliselt tegemist ka analüüsides välja tulnud olukorraga, kus mõned konkreetset domineerivad taksonid (nt. *Eurytemora affinis*, *Acartia spp.*, *Synchaeta spp.*) põhjustavad suuri lahtedevahelisi erinevusi sealsete suuremate keskkonnatingimuste erinevuste tõttu.

Töös uuriti, kas mesozooplanktoni koosluste muutlikkus on vähemalt osaliselt seletatav keskkonna heterogeensuse poolt. Leiti mitmeid statistiliselt olulisi mesozooplanktoni varieeruvust seletavaid keskkonnafaktoreid sisaldavaid mudeleid, eriti suure seletusvõimega just domineerimissuhete puhul. Siiski ei kirjeldanud mudelid kunagi ligilähedaseltki kogu varieeruvust. See on tõenäoliselt tingitud sellest, et madalatel rannikualadel toimuvad korraga väga paljud bioloogilised ja füüsikalise-keemilised protsessid, mis mõjutavad uuritud parameetreid korraga (Pinel-Alloul, 1995), kuid töösse said kaasatud vaid mõned neist. Tõenäoliselt ühena olulisematest jäi töösse kaasamata kisklus ning bioproduksioon.

Suurel ruumiskaalal mõjutas töö tulemuste põhjal madala vee mesozooplanktoni koosluste koosseisu vaadeldud keskkonnateguritest enim soolsus ja temperatuur. Seega toetas antud leid üldist kirjanduses levinud arusaama peamiste zooplanktoni levikut mõjutavate tegurite kohta, sh Läänemere sügavamatel aladel (Ojaveer *et al.*, 1998). Kuna ka suureskaalaline nõlvakalle osutus tähtsaks teguriks, eriti suviste suhtelise arvukuse ja biomassi erinevuste korral, annab see aimu sellest, et peamiselt erinevusi põhjustavate taksonite, nagu nt. *E. affinis*, *Synchaeta spp.*, *Acartia spp.*, rullikuliste, aerjalgsete naupliuste ning hulkharjasusside ja karpide vastsete jaoks on see faktor oluline mõjur. Tõenäoliselt on nõlvakaladel koosluste muutmisel kaudne mõju, kuna sellest sõltub veevahetus avamere ning rannikulähedase ökosüsteemi vahel. Lisaks nimetatud teguritele osutus nii suures kui väikeses skaalas suhteliseks oluliseks teguriks keskmine jääga kaetud päevade arv aastas. See mõjutab tõenäoliselt otseselt kevadist mesozooplanktonit, ent kaudsemalt – kui kliima erinevuste näitaja – aastaringset mesozooplanktonit.

Vaadeldes mesozooplanktoni kooslusi väiksel skaalal, osutusid neid mõjutavad tegurid mõneti erinevaks võrdluses suures skaalaga. Lisaks temperatuurile ja soolsusele sisaldasid mudelid sel juhul veel paljusid keskkonnaparameetreid, kusjuures iga piirkonna ja aastaaja puhul erinevalt. Olulisematena võib välja tuua aga hägusust, väikeseskaalalist nõlvakallet, avatust, hoovusi ning keskmist jääkattega päevade arvu aastas. Väikeseskaalaline nõlvakalle näitab tõenäoliselt lahesisest põhja ebatasasust, mis võib turbulentsi tekitades muuta hüdrodünaamikat. Viimast peetakse väikesel skaalal oluliseks zooplanktoni kooslusi

mõjutavaks teguriks (Pineda, 2000; Porri et al., 2007). Mõneti paistis tulemustest, et mesozooplanktoni koosluste koosseisu ja domineerimissuhteid mõjutavad erinevad tegurid, kuid kindlat mustrit siinkohal oli keeruline leida.

Väikese ruumiskaala puhul ilmnes üldiselt seos, et üksteisest kaugemal asuvate jaamade vahel olid kooslused nii koosseisu kui domineerimissuhete osas erinevamad kui lähemal asuvate jaamade vahel. Võrreldes kahe ülejäänud piirkonnaga tuli antud seos paremini välja Kõiguste lahe puhul, mujal olid erinevused pigem juhuslikku laadi. Erinevused taksonilises koosseisus olid enim muutlikud vahemaadel alla 1 km. See-eest erinevused domineerimissuhetes olid väga muutlikud kuni 500 m ulatuses, kusjuures biomassi domineerimissuhete erinevused varieerusid ruumis vähem kui arvukuse domineerimissuhted. Seega on võimalik, et kuni 500–1000 m skaalal seletavad koosluse struktuuri muutusi peamiselt vahemaast sõltumatud parameetrid, nagu näiteks väikeseskaalaline nõlvakalle ja/või bioloogilised protsessid (kisklus, käitumine, horisontaalne migratsioon).

Bioloogilistest protsessidest võib mesozooplanktoni kooslustele mõju avaldada eelkõige kisklus. Kuna Eesti piires nii madala rannikumere kalade ökoloogiat autorile teadaolevalt uuritud ei ole, oleks edaspidi lisaks planktonile tarvis kaasata uuringusse ka mesozooplanktonist toituvad kalad. Madalatel ning tuule eest varjatud rannikualadel võib mesozooplanktoni kiskluses lisaks kaladele aga olulist rolli mängida ka invasiivne ja zooplanktoni kohta suhteliselt suurte mõõtmetega vesikirbuline *Cercopagis pengoi*, kes on omakorda eelistatud toidubaasiks olulistele Läänemere kalaliikidele räimele ja kilule (Ojaveer et al., 2004). Käesolevas uurimuses küll ühtegi liiki esindavat isendit ei leitud, aga tõenäoliselt on see tingitud liialt lühikesest vaatlusperioodist. Nimelt eelistab *C. pengoi* kõrgemat temperatuuri kui käesolevas uuringus vaatluse alla jäi.

Kuna üldistatult käesolevas töös ressurss chl *a* näol mesozooplanktoni koosluste muutlikkusele mõju ei avaldanud, siis võib eeldada, et toiduahelas on tegemist ülalt-alla regulatsiooniga või abiootiliste häiringute stohhastilisema mõjuga. Et saada selles osas selgust, tuleks edaspidistes uuringutes eraldi käsitleda chl *a* ja planktilise primaarproduktiooni tähtsust madala rannikuvee koosluse herbivoorsetele liikidele ning võimaliku mõju edasikandumist toiduahelates, samas uurida ka mesozooplanktoni koosluste üldnäitajate ja bioproduktiooni vahelisi seoseid. Kuna mitmes uuringus on näidatud ka

mikrozooplanktoni olulist rolli toiduvõrgustike kujundamisel (Uitto, 1996; Mironova *et al.*, 2008), tuleks ka see aspekt troofsustasemeid uurides arvesse võtta.

Koosluste struktuuri ja dünaamika ennustamine on ökoloogias väga tähtsal kohal, seda eriti tänapäeval aktuaalse kliima muutumise kontekstis (Otto *et al.*, 2014). On täheldatud, et isendi- või populatsioonipõhised reaktsioonid keskkonnas toimuvatele abiootilistele muutustele võivad tekitada suureskaalalisi ümberkorraldusi kogu ökosüsteemis (Walther, 2010). Antud töös näidati, et kooslused ja neid mõjutavad keskkonnategurid on ka väikeses skaalas märkimisväärsed. Sama tulemust on täheldatud ka mitmetes teistes töödes (Cowles *et al.*, 1998; Yamazaki *et al.*, 2002).

Käesoleva uuringu tulemused on muuhulgas kasuks meetodiliste probleemide kirjeldamisel ja parandamisel. Näiteks kogutakse Pärnu lahe seirel mesozooplanktoni proove enamasti ainult kahest või kolmest jaamast, mille põhjal kirjeldatakse kogu lahte. See aga ei anna antud töö autori arvates piisavalt esinduslikku informatsiooni, tegemaks järeltõlge ökosüsteemi olukorra kohta. Käesolev uurimus andis aimu, et mesozooplanktoni kooslused on ruumilises skaalas väga varieeruvad ning vastavalt sellele saab tulevikus seiremetoodikat arendades valida sobivamad vahemaad jaamade vahel. Skaalade ajalise aspekti osas tuleks teha täiendavaid uuringuid.

Nimelt on planktoloogias juba mitukümmend aastat rõhutatud, et vastavalt täpsemale uurimise eesmärgile tuleb valida nii sobiv aja- kui ruumiskaala zooplanktoni proovide võtmiseks (Wiebe, 1970). Soovitav on teha laiahaardelisemaid, ent siiski võimalikult tiheda resolutsiooniga uuringuid (Pinel-Alloul & Ghadouani, 2007). Väikeseskaalalisi uuringuid on zooplanktoni uuringutes seni peamiselt takistanud logistilised probleemid ning üldine teadusele huvi pakkuv fenomen uurida populatsioone suurel skaalal (Young *et al.*, 2009). Esimest on aga eelkõige võimalik lahendada arenevate osaliselt või täielikult automatiseeritud proovivõtu- ja –analüüsi seadmete abil, nagu näiteks sonar, planktoni videolindistaja (*Plankton Video Recorder*), FlowCam või ZooScan (Sieracki *et al.*, 1998; Davis *et al.*, 2005; Young *et al.*, 2009; Gorsky *et al.*, 2010), mida rakendatakse osaliselt juba ka Eestis. Hea näide üsna laialdaselt kasutatavast planktoni uurimise võimsust suurendavast seadmest on ka 20. sajandi algusest kasutatav CPR (*Continuous Plankton Recorder*) (Wiebe & Benfield, 2001).

## KOKKUVÕTE

Mesozooplankton on oluline veeökosüsteemide toiduvõrgustiku osa. Käesolevas töös analüüsiti mesozooplanktoni koosluste muutlikkust väga vähe uuritud, ent paljudele kaladele ja teistele organismidele olulises madalas (u. 1 m) rannikumeres kahel ruumiskaalal. Töö eesmärgiks oli kirjeldada üldiseid Eesti madala rannikuvee mesozooplanktoni kooslusi iseloomustavaid parameetreid ning analüüsida madala rannikuvee mesozooplanktoni koosluste taksonilise koosseisu ja domineerimissuhete muutlikkust ja neid mõjutavaid abiootilisi keskkonnatingimusi suurel ja väikesel. Uurimise all oli kolm Saaremaa lahte (suur skaala), kus igaühes 10 jaama (väike skaala). Andmeid koguti kolmel aastaajal kolme järjestikuse päeva jooksul. Mesozooplanktoni puhul määrati nende taksoniline koosseis, arvukus ja biomass. Ühtlasi koguti andmeid ka mitmete abiootiliste tegurite kohta. Andmetöötlusel kasutati peamiselt mitteparameetrilisi ANOSIM, SIMPER ja BEST (BIOENV) analüüse.

Uurimisalalt leiti 39 mesozooplanktoni taksonit. Mitmekesisuse osas esinesid kõrgemad väärtused siis, kui üldarvukus ja –biomass olid madalad. Ruumiskaalast sõltusid nii mesozooplanktoni koosluste varieeruvus kui seda mõjutavad keskkonnatingimused. Suurel skaalal olid kooslused erinevamad kui väikesel skaalal. Väikeses skaalas kuni 500–1000 m vahemaade puhul oli muutlikkus varieeruvam kui 1000–2000 m vahede puhul. Taksonilise koosseisu osas eristus teistest tõenäoliselt süvaveekerke rolli tõttu Kihelkonna laht. Domineerimissuhete puhul esines lahtede vahel väga suur erinevus suvel, mil peamisteks erinevusi põhjustavateks taksoniteks olid *Eurytemora affinis*, *Acartia spp.*, *Synchaeta spp.*, aerjalgsete naupliused ning karpide vastsed. Suurel skaalal mõjutas mesozooplanktoni koosluste muutlikkust peamiselt temperatuur, soolsus ja suureskaalaline nõlvakalle, väikesel skaalal oli lisaks neile veel oluline roll hoovustel, hägususel ja väikeseskaalalisel nõlvakaldel. Mõlemal skaalal osutus oluliseks ka jääkatte päevade arv aastas.

Käesoleva töö tulemused on aluseks järgmistele uurimistöodele ning võimaldavad parandada mesozooplanktoni proovivõtu meetodikat. Et saada käsitletud teemast paremat ülevaadet, oleks edasisesse uuringutesse tarvis kaasata ka ajalise muutlikkuse aspekt, bioproduksioon ning kisklus.

## SUMMARY

### **Spatial variability of mesozooplankton communities in shallow coastal areas**

Mesozooplankton is important part of food webs in aquatic ecosystems. Mesozooplankton community variability in shallow (1 m) coastal areas which are poorly studied but nevertheless important for fish and other species was studied in this thesis. The aim of the thesis was to describe aggregate parameters characterizing mesozooplankton communities in Estonian shallow coastal areas and to analyse the variability of communities' taxonomic composition and dominance relationships and the abiotic factors influencing them on coarse and small scale. Study area consisted of three bays in Saaremaa (coarse scale) and 10 stations in each of these (small scale), the data was collected during three seasons in three consequent days. Taxonomic composition, abundance and biomass of mesozooplankton were measured. At the same time the data about abiotic factors was collected. Non-parametric ANOSIM, SIMPER and BEST (BIOENV) analysis were used in data analysis.

39 taxons were found from the study area. High values of biodiversity occurred when total abundance and biomass were low. The variability of communities and environmental factors influencing it depended on the spatial scale. Differences on coarse scale were stronger than on small scale. Taxonomic composition of Kihelkonna bay differed from the other bays, probably because of the role of upwelling events. Very big difference between bays occurred in summer when the most important taxons causing differences were *Eurytemora affinis*, *Acartia spp.*, *Synchaeta spp.*, copepod nauplii and bivalve larvae. The variability in case of distance 500 – 1000 m was relatively more random than among higher distances. Temperature, salinity and coarse-scale bottom slope were the main factors influencing mesozooplankton communities on coarse scale, many other factors besides these were important on smaller scale, especially velocity, turbidity and small-scale bottom slope. The average days of ice cover also had an impact on mesozooplankton communities on both.

The results of the thesis are the basis for the following studies and enable to improve sampling methods of mesozooplankton. In order to get better overview of the topic, the aspects of temporal variation, bioproduction and predation are needed to get involved in future studies.

# TÄNUAVALDUS

Suurimat tänu igakülgse toetuse ja abi eest kogu magistriõpingute jooksul väärrib juhendaja Lennart Lennuk. Samuti tänan heade mõtete ja vastutulelikkuse eest Velda Lauringsoni, kes osales aktiivselt magistritöö üldise kontseptsiooni ja andmeanalüüside paikapanel, aga ka edasistes etappides.

Abi eest proovianalüüsil, zooplanktoni andmete kokkupanekul, keskkonnaandmete hankimisel, andmebaasidega seotud probleemide lahendamisel, uurimisjaamade kaardile paigutamisel ja kasulike ideede ning kommentaaride eest tänan järgmisi inimesi: Mart Simm, Arno Põllumäe, Jonne Kotta, Merli Pärnoja, Kristjan Herkül, Marilyn Kalas ning Ants Kaasik. Igavene tänu väga suure kannatlikkuse ja toe eest läheb ka minu perekonnale, elukaaslasele ja sõpradele!

Uurimust toetas rahaliselt Eesti Teadusfondi grant ETF8807 (vastutav täitja V. Lauringson) ning institutsionaalne uurimistoetus IUT02-20 (vastutav täitja J. Kotta).

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Anderson, M. J., Ellingsen, K. E., & McArdle, B. H. (2006). Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters*, *9*, 683–693.
- Arendse, L. M., Gianakouras, D., Giddey, C. J., Jones, S., Maritz, B., Hashoongo, V. & Herbert, V. (2001). Variability of zooplankton in the region of the Angola-Benguela Front during winter 1999. *South African Journal of Science*, *97*, 257–258.
- Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, *27*, 325–349.
- Brown, B. L. (2007). Habitat heterogeneity and disturbance influence patterns of community temporal variability in a small temperate stream. *Hydrobiologia*, *586*, 93–106.
- Brown, B. L., & Lawson, R. L. (2010). Habitat heterogeneity and activity of an omnivorous ecosystem engineer control stream community dynamics. *Ecology*, *91*, 1799–810.
- Burks, R. L., Lodge, D. M., Jeppesen, E., & Lauridsen, T. L. (2002). Diel horizontal migration of zooplankton: costs and benefits of inhabiting the littoral. *Freshwater Biology*, *47*, 343–365.
- Calbet, A. (2008). The trophic roles of microzooplankton in marine systems. *ICES Journal of Marine Science*, *65*, 325–331.
- Calbet, A., & Landry, M. R. (1999). Mesozooplankton influences on the microbial food web: Direct and indirect trophic interactions in the oligotrophic open ocean. *Limnology and Oceanography*, *44*, 1370–1380.
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, *18*, 117–143.
- Clarke, K. R. & Gorley, R.N. (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. (2001). *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth.
- Cottingham, K. L., Brown, B. L., & Lennon, J. T. (2001). Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. *Ecology Letters*, *4*, 72–85.
- Cowles, T., Desiderio, R., & Carr, M.-E. (1998). Small-Scale Planktonic Structure: Persistence and Trophic Consequences. *Oceanography*, *11*, 4–9.
- Coyle, K. O., Konar, B., Blanchard, A., Highsmith, R. C., Carroll, J., Carroll, M. & Sirenko, B. I. (2007). Potential effects of temperature on the benthic infaunal community on the southeastern Bering Sea shelf: Possible impacts of climate change. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *54*, 2885–2905.
- Davenport, J., Smith, R. J. J. W., & Packer, M. (2000). Mussels *Mytilus edulis*: significant consumers and destroyers of mesozooplankton. *Marine Ecology Progress Series*, *198*, 131–137.
- Davis, C. S., Thwaites, F. T., Gallager, S. M., Hu, Q., Naiman, M., Sutton, T. & Schroeder, D. (2005). A three-axis fast-tow digital Video Plankton Recorder for rapid surveys of plankton taxa and hydrography. *Limnology and Oceanography: Methods*, *3*, 59–74.
- Dodonov, P., Xavier, R. D. O., Tiberio, F. C. D. S., Lucena, I. C. De, Zanelli, C. B., & Silva Matos, D. M. Da. (2014). Driving factors of small-scale variability in a savanna plant population after a fire. *Acta Oecologica*, *56*, 47–55.
- Downing, J. A. (1991). Biological Heterogeneity in Aquatic Ecosystems. *Ecological Studies*, *86*, 160–180.
- Feike, M., Heerkloss, R., Rieling, T., & Schubert, H. (2007). Studies on the zooplankton community of a shallow lagoon of the Southern Baltic Sea: long-term trends, seasonal changes, and relations with physical and chemical parameters. *Hydrobiologia*, *577*, 95–106.

- Feike, M. & Heerkloss, R. (2008). Long-term stability of the seasonal succession of different zooplankton species in a brackish water lagoon (southern Baltic Sea). *Hydrobiologia*, 611, 17–28.
- Fenchel, T. (2008). The microbial loop – 25 years later. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366, 99–103.
- Fennel, W. (2001). Modeling of copepods with links to circulation models. *Journal of Plankton Research*, 23, 1217–1232.
- Fey, D. (2001). Differences in temperature conditions and somatic growth rate of larval and early juvenile spring-spawned herring from the Vistula Lagoon, Baltic Sea manifested in the otolith to fish size relationship. *Journal of Fish Biology*, 58, 1257–1273.
- Folt, C. L., & Burns, C. W. (1999). Biological drivers of zooplankton patchiness. *TREE*, 14, 300–305.
- Gaston, K. J. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405, 220–227.
- Gislason, A., & Silva, T. (2012). Abundance, composition, and development of zooplankton in the Subarctic Iceland Sea in 2006, 2007, and 2008. *ICES Journal of Marine Science*, 69, 1263–1276.
- Gorsky, G., Ohman, M. D., Picheral, M., Gasparini, S., Stemmann, L., Romagnan, J.-B. & Prejger, F. (2010). Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated system. *Journal of Plankton Research*, 32, 285–303.
- Gutkowska, A., Paturej, E., & Kowalska, E. (2012). Qualitative and quantitative methods for sampling zooplankton in shallow coastal estuaries. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 12, 253–263.
- Haapala, J., Meier, H. E., & Rinne, J. (2001). Numerical investigations of future ice conditions in the Baltic Sea. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 30, 237–244.

- Harborne, A. R., Mumby, P. J., Zychaluk, K., Hedley, J. D., & Blackwell, P. G. (2006). Modeling the beta diversity of coral reefs. *Ecology*, *87*, 2871–2881.
- Harris, B. P., Young, J. W., Revill, a. T., & Taylor, M. D. (2014). Understanding diel-vertical feeding migrations in zooplankton using bulk carbon and nitrogen stable isotopes. *Journal of Plankton Research*, *0*, 1–5.
- Haury, L. R. (1976). A comparison of zooplankton patterns in the California Current and North Pacific Central Gyre. *Marine Biology*, *37*, 159–167.
- Heip, C. H. R., Herman, P. M. J., & Soetaert, K. (1998). Indices of diversity and evenness. *Océanis*, *24*, 61–87.
- HELCOM. (2013). Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM. <http://helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/manuals-and-guidelines/combine-manual> (vaadatud 08.01.2014).
- Hembre, L. K., & Megard, R. O. (2003). Seasonal and diel patchiness of a *Daphnia* population: An acoustic analysis. *Limnology and Oceanography*, *48*, 2221–2233.
- Hernroth, L. (1985). Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Mesozooplankton assessment. BMB Publication No.10: 1–32.
- Ikauniece, A. (2001). Long-term abundance dynamics of coastal zooplankton in the Gulf of Riga. *Environment International*, *26*, 175–81.
- Isæus, M. (2004). *Factors structuring Fucus communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea*. PhD dissertation, Stockholm University, Sweden.
- Islam, M. S., Ueda, H., & Tanaka, M. (2006). Spatial and seasonal variations in copepod communities related to turbidity maximum along the Chikugo estuarine gradient in the upper Ariake Bay, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *68*, 113–126.
- Ives, A. R., & Cardinale, B. J. (2004). Food-web interactions govern the resistance of communities after non-random extinctions. *Nature*, *429*, 174–177.

- Jozefczuk, A., Guzera, E., & Bielecka, L. (2003). Short-term and seasonal variability of mesozooplankton at two coastal stations (Gdynia, Sopot) in the shallow water zone of the Gulf of Gdańsk. *Oceanologia*, 45, 317–336.
- Järv, L., Roots, O., & Simm, M. (2003). DDT and PCB concentrations dependency on the biology and domicile of fish: an example of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Estonian coastal sea. *ICES CM 2003/M: 06, Theme Session*.
- Kjørboe, T. A. (2008). Mechanistic Approach to Plankton Ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ, 209 lk.
- Kotta, J., Lauringson, V., Martin, G., Simm, M., Kotta, I., Herkül, K. & Ojaveer, H. (2008). Gulf of Riga and Pärnu Bay. *Ecological Studies*, 197, 217–243.
- Leandro, S. M., Morgado, F., Pereira, F., & Queiroga, H. (2007). Temporal changes of abundance, biomass and production of copepod community in a shallow temperate estuary (Ria de Aveiro, Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74, 215–222.
- Legendre, P., Borcard, D. & Peres-Neto, P. (2005). Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs*, 75, 435–450.
- Lehmann, A. & Myrberg, K. (2008). Upwelling in the Baltic Sea – a review. *Journal of Marine Systems*, 74, S3–S12.
- Lehtiniemi, M., Engström-Öst, J. & Viitasalo, M. (2005). Turbidity decreases anti-predator behaviour in pike larvae, *Esox lucius*. *Environmental Biology of Fishes*, 73, 1–8.
- Levin, S. A. (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, 73, 1943–1967.
- Macías, D., Franks, P. J. S., Ohman, M. D., & Landry, M. R. (2012). Modeling the effects of coastal wind- and wind–stress curl-driven upwellings on plankton dynamics in the Southern California current system. *Journal of Marine Systems*, 94, 107–119.
- Magurran, A. E. (2004). Measuring Biological Diversity. *African Journal of Aquatic Science*, 29, 285–286.

- Mann K. H. & Lazier, J. R. N. (2006). Dynamics of Marine Ecosystems. 3rd edition. Blackwell Publishing, Oxford, 512 lk.
- Martiny, J. B. H., Eisen, J. A., Penn, K., Allison, S. D., & Horner-Devine, M. C. (2011). Drivers of bacterial  $\beta$ -diversity depend on spatial scale. *PNAS*, *108*, 7850–7854.
- Micheli, F., Cottingham, K. L., Bascompte, J., Björnstad, O. N., Eckert, G. L., Fischer, J. M. & Rusak, J. A. (1999). The Dual Nature of Community Variability. *Oikos*, *85*, 161–169.
- Mironova, E. I., Telesh, I. V., & Skarlato, S. O. (2008). Biodiversity of microzooplankton (ciliates and rotifers) in the Baltic Sea. *2008 IEEE/OES US/EU-Baltic International Symposium*, 1–5.
- Möllmann, C., Kornilovs, G., Fetter, M., Köster, F. W., & Hinrichsen, H.-H. (2003). The marine copepod, *Pseudocalanus elongatus*, as a mediator between climate variability and fisheries in the Central Baltic Sea. *Fisheries Oceanography*, *12*, 360–368.
- Möllmann, C., Lindegren, M., Blenckner, T., Bergström, L., Casini, M., Diekmann, R. & Gardmark, A. (2013). Implementing ecosystem-based fisheries management: from single-species to integrated ecosystem assessment and advice for Baltic Sea fish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, doi: 10.1093.
- Nakajima, R., Lindsay, D. J., Yoshida, T., Othman, B. H. R., & Toda, T. (2014). Short-term temporal variation in gelatinous zooplankton populations over 48 hours in a coral reef at Redang Island, Malaysia. *Marine Ecology*, *35*, 254–260.
- Nõmmann, S., Sildam, J., Nõges, T. & Kahru, M. (1991). Plankton distribution during a coastal upwelling event off Hiiumaa, Baltic Sea: impact of short-term flow field variability. *Continental Shelf Research*, *11*, 95–108.
- Ojaveer, E., Lumberg, A., & Ojaveer, H. (1998). Highlights of zooplankton dynamics in Estonian waters (Baltic Sea). *ICES Journal of Marine Science*, *55*, 748–755.

- Ojaveer, H., Simm, M., & Lankov, A. (2004). Population dynamics and ecological impact of the non-indigenous *Cercopagis pengoi* in the Gulf of Riga (Baltic Sea). *Hydrobiologia*, 522, 261–269.
- Omori, M. & Hamner, W. M. (1982). Patchy distribution of zooplankton: Behavior, population assessment and sampling problems. *Marine Biology*, 72, 193–200.
- Orland, M. C. (2003). Scale-dependent interactions between intrinsic and extrinsic processes reduce variability in protist populations. *Ecology Letters*, 6, 716–720.
- Otto, S. a, Diekmann, R., Flinkman, J., Kornilovs, G., & Möllmann, C. (2014). Habitat heterogeneity determines climate impact on zooplankton community structure and dynamics. *PloS One*, 9, e90875.
- Pineda, J. (2000). Linking larval settlement to larval transport: assumptions, potentials, and pitfalls. *Oceanography of the Eastern Pacific*, 1, 84–105.
- Pinel-Alloul, B., & Ghadouani, A. (2007). Spatial Heterogeneity of Planktonic Microorganisms in Aquatic Systems. In *The Spatial Distribution of Microbes in the Environment* (pp. 203–310).
- Pinel-Alloul, P. (1995). Spatial heterogeneity as a multiscale characteristic of zooplankton community. *Hydrobiologia*, 300-301, 17–42.
- Porri, F., McQuaid, C. D., & Froneman, W. P. (2007). Spatio-temporal variability of small copepods (especially *Oithona plumifera*) in shallow nearshore waters off the south coast of South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 72, 711–720.
- Pulfrich, A. (1997). Seasonal variation in the occurrence of planctic bivalve larvae in the Schleswig-Holstein Wadden Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 51, 23–39.
- Rabindranath, A., Daase, M., Falk-Petersen, S., Wold, A., Wallace, M. I., Berge, J., & Brierley, A. S. (2010). Seasonal and diel vertical migration of zooplankton in the High Arctic during the autumn midnight sun of 2008. *Marine Biodiversity*, 41, 365–382.

- Scheinin, M., & Mattila, J. (2010). The structure and dynamics of zooplankton communities in shallow bays in the northern Baltic Sea during a single growing season. *Boreal Environment Research*, *15*, 397–412.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Urbana, 117 lk.
- Sieburth, J., Smetacek, V., & Lenz, J. (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, *23*, 1256–1263.
- Sieracki, C., Sieracki, M., & Yentsch, C. (1998). An imaging-in-flow system for automated analysis of marine microplankton. *Marine Ecology Progress Series*, *168*, 285–296.
- Souissi, S., Yahia-kéfi, O. D., & Yahia, M. N. D. (2000). Spatial characterization of nutrient dynamics in the Bay of Tunis (south-western Mediterranean) using multivariate analyses: consequences for phyto- and zooplankton distribution. *Journal of Plankton Research*, *22*, 2039–2059.
- Southwood, T. R. E. & Henderson, P. A. (2000). Ecological Methods. Third Edition. Blackwell Science Ltd., Oxford, 575 lk.
- Suursaar, Ü., Kullas, T. & Otsmann, M. (2001). The influence of current and waves on ecological conditions of the Väinameri. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Biology, Ecology*, *50*, 231–247.
- Strake, S. (2000). Variations of mesozooplankton species composition, abundance, and biomass in the littoral zone of the Gulf of Riga, Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B*, 155–159.
- Thébault, E., & Loreau, M. (2006). The relationship between biodiversity and ecosystem functioning in food webs. *Ecological Research*, *21*, 17–25.
- Thompson, S. A., Sydeman, W. J., Santora, J. a., Black, B. a., Suryan, R. M., Calambokidis, J. & Bograd, S. J. (2012). Linking predators to seasonality of

- upwelling: Using food web indicators and path analysis to infer trophic connections. *Progress in Oceanography*, 101, 106–120.
- Toft, J. D., Ogston, A. S., Heerhartz, S. M., Cordell, J. R., & Flemer, E. E. (2013). Ecological response and physical stability of habitat enhancements along an urban armored shoreline. *Ecological Engineering*, 57, 97–108.
- TÜ Eesti Mereinstituut. (2014). Rannikumere ülevaateseire 2013 aruanne. Tallinn.
- Uitto, A. (1996). Summertime herbivory of coastal mesozooplankton and metazoan microplankton in the northern Baltic. *Marine Ecology*, 132, 47–56.
- Urho, L. & Hilden, M. (1990). Distribution patterns of Baltic herring larvae, *Clupea harengus* L., in the coastal waters off Helsinki, Finland. *Journal of Plankton Research*, 12, 41–54.
- Urho, L., Hildén, M. & Hudd, R. (1990). Fish reproduction and the impact of acidification in the Kyrönjoki River estuary in the Baltic Sea. *Environmental Biology of Fishes*, 27, 273–283.
- Walker, M. D., Wahren, C. H., Hollister, R. D., Henry, G. H. R., Ahlquist, L. E., Alatalo, J. M. & Wookey, P. a. (2006). Plant community responses to experimental warming across the tundra biome. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 1342–1346.
- Walther, G.-R. (2010). Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 365, 2019–2024.
- Vetemaa, M., Eschbaum, R., Verliin, a., Albert, a., Eero, M., Lillemagi, R. & Saat, T. (2006). Annual and seasonal dynamics of fish in the brackish-water Matsalu Bay, Estonia. *Ecology of Freshwater Fish*, 15, 211–220.
- Wiebe, P. (1970). Small-scale spatial distribution in oceanic zooplankton. *Limnol. Oceanogr*, 15, 205–217.

- Wiebe, P. H., & Benfield, M. C. (2001). Zooplankton sampling with nets and trawls. *Technology*, 6, 3237–3253.
- Wiens, J. A. (1989). Spatial Scaling in Ecology. *Functional Ecology*, 3, 385–397.
- Whittaker, R. H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 22, 1–44.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213–251.
- Vogedes, D., Eiane, K., Båtnes, A. S., & Berge, J. (2014). Variability in *Calanus* spp. abundance on fine- to mesoscales in an Arctic fjord: implications for little auk feeding. *Marine Biology Research*, 10, 437–448.
- Yamazaki, H., Mackas, D. L., & Denman, K. L. (2002). Coupling small-scale physical processes with biology. *The Sea*, 12, 51–112.
- Young, K. V., Dower, J. F., & Pepin, P. (2009). A hierarchical analysis of the spatial distribution of larval fish prey. *Journal of Plankton Research*, 31, 687–700.

## LISA 1. Keskmised ( $\pm$ SD) keskkonnatingimused uurimisalal.

	Temp. (° C)	Soolsus (PSU)	Hägusus (NTU)	Hapnik (mg l <sup>-1</sup> )	Chl <i>a</i> (ug l <sup>-1</sup> )	Avatus (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	Hoovus (cm s <sup>-1</sup> )	K50 (°)	K10K (°)	Jää (p/a)
<b>Kihelkonna</b>										
<b>J1</b>	10,0 $\pm$ 4,3	6,4 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 1,8	11,4 $\pm$ 0,7	3,9 $\pm$ 3,7	72755	8,5 $\pm$ 10,2	0,45	0,29	138
<b>J2</b>	10,5 $\pm$ 3,7	6,4 $\pm$ 0,3	-0,7 $\pm$ 0,8	12,4 $\pm$ 1,0	1,6 $\pm$ 1,0	103371	8,5 $\pm$ 10,2	0,63	0,30	137
<b>J3</b>	10,0 $\pm$ 4,4	6,4 $\pm$ 0,2	-0,2 $\pm$ 0,8	11,7 $\pm$ 0,9	2,1 $\pm$ 1,1	89700	9,4 $\pm$ 10,6	0,39	0,30	136
<b>J4</b>	10,2 $\pm$ 4,0	6,5 $\pm$ 0,3	2,7 $\pm$ 8,9	12,7 $\pm$ 1,0	1,9 $\pm$ 0,9	110156	5,0 $\pm$ 4,4	0,35	0,30	136
<b>J5</b>	10,6 $\pm$ 4,1	6,4 $\pm$ 0,3	-0,3 $\pm$ 1,1	12,2 $\pm$ 0,9	3,2 $\pm$ 3,1	137455	8,5 $\pm$ 10,2	0,38	0,30	136
<b>J6</b>	10,2 $\pm$ 4,2	6,4 $\pm$ 0,3	-0,1 $\pm$ 1,4	11,9 $\pm$ 0,7	3,3 $\pm$ 2,4	1042530	8,5 $\pm$ 10,2	0,38	0,30	136
<b>J7</b>	10,4 $\pm$ 4,4	6,4 $\pm$ 0,3	-0,2 $\pm$ 1,2	12,3 $\pm$ 0,8	2,0 $\pm$ 1,9	175712	8,5 $\pm$ 10,2	0,29	0,30	136
<b>J8</b>	10,7 $\pm$ 4,1	6,4 $\pm$ 0,3	-0,5 $\pm$ 0,9	12,1 $\pm$ 0,8	2,0 $\pm$ 1,5	214147	8,6 $\pm$ 10,9	0,60	0,30	134
<b>J9</b>	10,5 $\pm$ 4,1	6,3 $\pm$ 0,4	-0,7 $\pm$ 0,6	12,4 $\pm$ 0,5	2,5 $\pm$ 1,5	210909	8,5 $\pm$ 10,2	2,20	0,30	134
<b>J10</b>	10,0 $\pm$ 3,8	6,4 $\pm$ 0,2	-0,7 $\pm$ 0,8	12,7 $\pm$ 0,5	2,8 $\pm$ 2,5	196673	8,6 $\pm$ 10,9	0,52	0,31	133
<b>Kõiguste</b>										
<b>K1</b>	12,4 $\pm$ 2,0	4,9 $\pm$ 0,3	2,1 $\pm$ 1,5	8,7 $\pm$ 2,3	4,0 $\pm$ 1,8	20277	3,0 $\pm$ 1,7	0,11	0,21	231
<b>K2</b>	13,2 $\pm$ 1,2	4,9 $\pm$ 0,3	1,4 $\pm$ 1,3	9,2 $\pm$ 2,2	4,2 $\pm$ 2,8	63430	3,1 $\pm$ 1,6	0,24	0,21	231
<b>K3</b>	12,0 $\pm$ 1,7	5,0 $\pm$ 0,2	3,3 $\pm$ 5,4	9,0 $\pm$ 2,2	3,9 $\pm$ 4,1	77973	3,1 $\pm$ 1,6	1,32	0,21	232
<b>K4</b>	13,4 $\pm$ 1,6	4,9 $\pm$ 0,3	3,3 $\pm$ 3,0	9,1 $\pm$ 2,2	1,5 $\pm$ 1,2	42631	3,1 $\pm$ 1,7	0,22	0,21	230
<b>K5</b>	13,4 $\pm$ 1,4	4,9 $\pm$ 0,2	4,0 $\pm$ 6,9	9,3 $\pm$ 2,4	2,0 $\pm$ 1,4	83264	2,7 $\pm$ 1,1	0,71	0,21	230
<b>K6</b>	12,5 $\pm$ 2,2	4,9 $\pm$ 0,2	3,1 $\pm$ 3,1	9,3 $\pm$ 2,8	2,1 $\pm$ 1,0	80422	3,0 $\pm$ 1,6	0,38	0,21	229
<b>K7</b>	13,0 $\pm$ 2,0	4,9 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 1,4	9,7 $\pm$ 2,9	2,9 $\pm$ 2,6	100996	3,2 $\pm$ 1,7	0,40	0,29	228
<b>K8</b>	12,0 $\pm$ 4,6	5,4 $\pm$ 1,4	1,0 $\pm$ 1,5	9,8 $\pm$ 2,7	2,4 $\pm$ 1,8	129702	3,1 $\pm$ 1,6	0,66	0,21	227
<b>K9</b>	13,2 $\pm$ 1,9	4,9 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 1,4	10,2 $\pm$ 2,9	1,6 $\pm$ 1,2	126810	3,1 $\pm$ 1,6	0,45	0,20	226
<b>K10</b>	13,1 $\pm$ 2,4	4,9 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 1,6	10,5 $\pm$ 3,2	2,6 $\pm$ 1,4	103208	3,1 $\pm$ 1,6	0,38	0,20	224
<b>Paramaja</b>										
<b>R1</b>	12,8 $\pm$ 2,8	5,3 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 3,5	9,2 $\pm$ 1,9	1,1 $\pm$ 1,5	38282	2,7 $\pm$ 2,3	0,18	0,06	208
<b>R2</b>	13,5 $\pm$ 2,6	5,4 $\pm$ 0,6	1,7 $\pm$ 3,8	10,3 $\pm$ 2,7	2,1 $\pm$ 1,0	42345	2,7 $\pm$ 2,3	0,21	0,06	208
<b>R3</b>	13,3 $\pm$ 2,8	5,4 $\pm$ 0,6	4,0 $\pm$ 4,8	9,6 $\pm$ 2,2	2,4 $\pm$ 2,0	44291	2,7 $\pm$ 2,3	0,24	0,06	207
<b>R4</b>	13,7 $\pm$ 3,0	5,3 $\pm$ 0,6	1,9 $\pm$ 3,8	10,4 $\pm$ 2,9	1,7 $\pm$ 1,0	43912	2,7 $\pm$ 2,3	0,38	0,06	206
<b>R5</b>	13,6 $\pm$ 2,5	5,5 $\pm$ 0,5	1,7 $\pm$ 3,8	10,2 $\pm$ 2,6	1,2 $\pm$ 0,8	44386	2,7 $\pm$ 2,3	0,19	0,06	206
<b>R6</b>	13,2 $\pm$ 2,2	5,5 $\pm$ 0,6	2,3 $\pm$ 4,0	9,6 $\pm$ 2,3	2,4 $\pm$ 1,9	48691	2,7 $\pm$ 2,3	0,22	0,06	205
<b>R7</b>	13,4 $\pm$ 2,9	5,5 $\pm$ 0,6	1,7 $\pm$ 3,8	9,9 $\pm$ 2,3	1,1 $\pm$ 1,0	45557	2,7 $\pm$ 2,3	0,22	0,06	204
<b>R8</b>	13,8 $\pm$ 3,1	5,5 $\pm$ 0,6	1,8 $\pm$ 3,8	10,2 $\pm$ 2,5	2,0 $\pm$ 1,2	41353	2,7 $\pm$ 2,3	0,27	0,06	204
<b>R9</b>	13,5 $\pm$ 2,8	5,5 $\pm$ 0,6	1,5 $\pm$ 4,0	10,2 $\pm$ 2,7	1,6 $\pm$ 1,4	42566	2,7 $\pm$ 2,3	0,33	0,06	203
<b>R10</b>	13,6 $\pm$ 2,9	5,6 $\pm$ 0,6	1,6 $\pm$ 3,9	10,4 $\pm$ 2,7	2,6 $\pm$ 1,6	39747	2,7 $\pm$ 2,3	0,42	0,06	202

Lühendid: J1-R10 – jaamad, Temp. – temperatuur, K50 – väikeskaalaline nõlvakalle (50 m raadius), K10K – suureskaalaline nõlvakalle (10 000 m raadius), Jää – keskmine jääkattega päevade arv aastas.

## LISA 2. Uurimisalal esinenud mesozooplanktoni taksonid.

	Suvi			Sügis			Kevad		
	Kihel.	Kõi.	Par.	Kihel.	Kõi.	Par.	Kihel.	Kõi.	Par.
<b>Aerjalalised (Copepoda)</b>									
<i>Acartia spp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Centropages hamatus</i>	+			+			+	+	+
<i>Copepoda nauplii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Copepoda parasitica</i>	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Cyclopidae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eurytemora affinis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eudiaptomus gracilis</i>				+					
<i>Harpacticoida</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudocalanus elongatus</i>				+			+		
<i>Temora longicornis</i>	+	+	+	+		+	+		
<b>Keriloomad (Rotatoria)</b>									
<i>Brachionus spp.</i>	+	+	+	+	+	+			+
<i>Euchlanis dilatata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella cochlearis</i>	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Keratella cruciformis</i>		+						+	
<i>Keratella quadrata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lecane luna</i>	+	+	+		+	+		+	+
<i>Notholca spp.</i>	+	+	+	+	+		+	+	+
<i>Synchaeta spp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Meroplankton ja muu</b>									
<i>Amphibalanus improvisus nauplii</i>	+	+	+	+	+	+		+	
<i>Argulus foliaceus larvae</i>		+						+	+
<i>Aurelia aurita euphyra</i>	+	+		+		+			
<i>Bivalvia larvae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chironomidae larvae</i>	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Fritillaria borealis</i>				+					
<i>Gastropoda larvae</i>	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Hydracarina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leptocheirus spp. juvenile</i>		+			+				
<i>Mertensia ovum</i>				+			+		

(tabel jätkub)

(LISA 2 tabeli jätk)

<i>Nemertea</i>	+	+			+	+			+
<i>Oligochaeta spp. larvae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polychaeta spp. larvae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ostracoda spp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Vesikirbulised (<i>Cladocera</i>)</b>									
<i>Alona quadrangularis</i>	+	+	+	+					
<i>Bosmina coregoni maritima</i>	+	+	+	+	+			+	+
<i>Chydorus sphaericus</i>	+	+	+	+		+		+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>								+	
<i>Evadne nordmanni</i>	+	+						+	+
<i>Pleopsis polyphemoides</i>	+	+	+	+	+			+	+
<i>Polyphemus spp.</i>								+	
<b>Liikide arv kokku</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>26</b>

„+“ tähistab esinemist vähemalt ühes proovis. Lühendid: Kihel. – Kihelkonna laht, Kõi. – Kõiguste laht, Par. – Paramaja laht

# **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Kristiina Taitis (sünnikuupäev: 22.05.1988)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Mesozooplanktoni koosluste muutlikkus madalas rannikumeres“, mille juhendaja on Lennart Lennuk,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus 26.05.2014