

TARTU ÜLIKOOL
Bioloogia-geograafiateaduskond
Zoologia ja hüdrobioloogia instituut
Ihtüoloogia ja kalanduse õppetool

Maria Põllupüü

AERJALALISE *EURYTEMORA AFFINIS*
MÕÕTMETE SESOONNE JA PIKAAJALINE
VARIEERUVUS PÄRNU LAHES

Magistritöö

Juhendaja: Bioloogiakandidaat Mart Simm

Tartu 2006

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1. EURYTEMORA LÄÄNEMERE ZOOPLANKTONIS.....	6
1.1. LIIGILINE KUULUVUS	6
1.2. ARVUKUSE SESOONNE JA PIKAAJALINE DÜNAAMIKA PÄRNU LAHES	8
2. AERJALALISTE KEHAPIKKUS.....	9
2.1. AERJALALISTE KASV JA KESKKONNATEGURITE MÕJU	9
2.2. PIKKUSE MÕÕTMISE TÄHTSUS ZOOPLANKTONI UURIMISEL	11
2.3. FIKSEERIMISE MÕJU BIOMASSI HINDAMISELE	13
3. MATERJAL JA METOODIKA	16
3.1. UURIMISALA KIRJELDUS.....	16
3.2. PROOVIDE KOGUMINE JA ANALÜÜSIMINE	17
3.3. ANDMETÖÖTLUS.....	19
4. TULEMUSED.....	20
4.1. FORMALIINI MÕJU AERJALALISTE MÕÕTUDELE.....	20
4.2. AERJALALISE <i>EURYTEMORA AFFINIS</i> EMASTE JA ISASTE MÕÕTUDE VÕRDUS AASTAL 2000	21
4.3. AERJALALISE <i>EURYTEMORA AFFINIS</i> EMASTE ISENDITE KEHAPIKKUS AASTATEL 2000-2005	23
4.4. KESKKONNATINGIMUSED AASTATEL 2000-2004	25
4.5. KESKKONNATINGIMUSTE MÕJU <i>EURYTEMORA AFFINIS</i> MÕÕTUDELE.....	25
4.5.1. Aerjalalise <i>Eurytemora affinis</i> emaste isendite mõõtude sõltuvus keskkonnatingimustest aastatel 2000-2004	25
4.5.2. Aerjalalise <i>Eurytemora affinis</i> isaste isendite mõõtude sõltuvus keskkonnatingimustest aastal 2000.....	30
4.6. AERJALALISE <i>EURYTEMORA AFFINIS</i> BIOMASS AASTATEL 2000-2005	30
5. ARUTELU	33
5.1. FIKSEERIMISE MÕJU MÕÕTMETELE.....	33
5.2. AERJALALISE <i>EURYTEMORA AFFINIS</i> MÕÕTMETE SESOONNE JA PIKAAJALINE VARIEERUVUS.....	33
5.3. MÕÕTUDE SÕLTUVUS KESKKONNATINGIMUSTEST	34

5.4. AERJALALISE <i>EURYTEMORA AFFINIS</i> BIOMASS PÄRNU LAHES.....	36
KOKKUVÕTE	38
SUMMARY.....	40
KIRJANDUS.....	43
LISAD	51

SISSEJUHATUS

Zooplanktoni uurimisel on olulisel kohal aerjalaliste mõõtude, eelkõige loomade pikkuse määramine. Tavaliselt määratakse proovides zooplanktoni arvukus, tulemuste edasisel kasutamisel on aga sageli vajalik biomass. Biomassi arvutamiseks on vaja teada zooplankterite individuaalseid masse. Kuna suhteliselt väikeste loomade otsene kaalumine on keeruline, siis reeglina kasutatakse massi saamiseks seost mõõdu ja massi vahel. Massi alusel tehakse juba edasised ülekanded ja transformatsioonid. Näiteks on ökosüsteemi tasemel tähtis aine ja energia ülekanne troofsusahelais. Tavaliselt leitakse zooplanktoni mass (pikkuse alusel) ja edasi juba kirjanduses toodud koefitsientide alusel arvutatakse zooplankterite energia ja süsiniku sisaldus. Edasi, produktsiooni arvutamisel on üheks kriitiliseks punktiks loomade hingamisele kuluv energia, respiratsioon. Laborkatsetes leitakse respiratsiooni ja looma massi vaheline seos, vastav koefitsient ning siis arvutatakse kui palju kulub looma elutegevuseks energiat.

Loomade pikkuseline jaotus populatsioonis võimaldab määrata erinevaid generatsioone, põlvkondi. Mõõtmete alusel saab hinnata looma kasvu sõltuvust keskkonnatingimustest. Samuti näitab looma pikkus, mida ta on võimeline sööma ja kes on teda võimeline sööma.

Andmed aerjalalise *Eurytemora affinis* mõõtmete sesoonse varieerumise kohta Läänemeres on pärit 1990ndate algusest. Viitasalo jt. (1995) on Botnia ja Soome lahes läbiviidud uuringute põhjal järeldanud, et aerjalaliste mõõtude sesoonne ja pikaajaline varieeruvus sõltub konkreetse uurimisala keskkonnatingimustest. Järelikult on oluline uurida antud liigi mõõtmete varieeruvust madalas ja eutrofeerunud Pärnu lahes, mis keskkonnatingimuste poolest erineb oluliselt teistest Läänemere osadest.

Lähtudes ülaltoodust on käesoleva töö teemaks Pärnu lahe olulisima aerjalalise – *E. affinis* – mõõtude sesoonse ja pikaajalise varieeruvuse uurimine. Magistritöö eesmärgid on järgmised:

- määrata *E. affinis* täiskasvanud isendite lineaarsete mõõtmete (pikkuse) sesoonne ja pikaajaline varieeruvus;
- määrata uuritava aerjalalise mõõtmete varieeruvuse sooline spetsiifika;
- analüüsida keskkonnatingimuste – veetemperatuur, soolsus, toitumistingimused – mõju *E. affinis* suurusele;

- hinnata mõõtmistulemuste usaldusväärsust fikseeritud materjali kasutamisel (*Acartia bifilosa* näitel);
- hinnata, kas loomade konkreesete pikkuste alusel arvatud biomass erineb oluliselt standardmasside alusel leitud biomassist.

Kirjanduse ülevaates käsitletakse *E. affinis* liigilist kuuluvust ja arvukuse dünaamikat Pärnu lahes. Samuti kirjeldatakse keskkonnatingimuste mõju aerjalaliste kasvule ja arenemisele ning analüüsitakse fikseerimise mõju zooplankterite mõõtmetele.

Käesolev töö jätkab autori bakalaureusetöös alustatud uuringuid. Töö tulemusi on ette kantud mitmetel seminaridel ja konverentsidel (TÜ Eesti Mereinstituudi merebioloogiaosakonna talveseminaril 2006; Saksamaal Alfred Wagneri Instituudi Helgolandil mereuurimisjaamas; stendiettekanne Eesti X Ökoloogiakonverentsil). Magistritöö põhitulemused on osaliselt avaldatud trükis (artiklite väljatrukid on esitatud lisas 6):

- 1) Põllupüü, M. 2006. Aerjalalise *Eurytemora affinis* mõõtmete sesoonne varieeruvus Pärnu lahes. *Talveakadeemia artiklite kogumik*, lk. 6-12, Tallinn, 2006
- 2) Põllupüü, M., Simm, M. 2006. Aerjalalise *Eurytemora affinis* pikkuse varieeruvus Pärnu lahes. *Eesti X Ökoloogiakonverentsi lühiartiklid*, lk. 169-172, Tartu, 27-28. aprill, 2006
- 3) Põllupüü, M., 2006. Effect of formalin preservation on the body length of copepods. *Proc. of the Estonian Acad. of Sci., Biology, Ecology*. (esitatud).

Tänuõnad töö juhendajale, TÜ Eesti Mereinstituudi vanemteadurile Mart Simm'le, kes on aidanud kaasa käesoleva töö valmimisele ning heade nõuannete eest professor Toomas Saat'le ja professor Henn Ojaveer'le.

1. *EURYTEMORA* LÄÄNEMERE ZOOPLANKTONIS

1.1. Liigiline kuuluvus

Perekonnas *Eurytemora* on ligikaudu 22 liiki (Wilson & Tash, 1966; Kos, 1977), kusjuures pidevalt on juurde määratud uusi liike, eeskätt Põhja-Ameerikas, Alaskal (Wilson & Tash, 1966). Mitmete *Eurytemora* liikide taksonoomia on aga ebaselge ning ei saa rääkida täpsest liikide arvust. Aerjalaliste puhul on see üsna tavaline. Kokku on teada 11500 aerjalalise liiki, kellest ligikaudu kaks kolmandikku on kirjeldatud viimastel aastakümnetel (Mauchline, 1998).

Eurytemora liigid elutsevad nii meres, riimvees kui ka magevees. Enamus neist (ligikaudu 13) on siiski riimveelised ja ainult üks liik (*E. herdmanni*) esineb ookeanivee soolsuse juures. Euraasia ja Ameerika kontinendi paras- ja polaarvöötmes on *Eurytemora* liigid laialt levinud, asustades nii jõgesid ja järvi kui ka merede magestunud rannikupiirkondi. Eriti iseloomulikud on nad madalaveelistele suletud lahtedele, laguunidele, jõgede estuaaridele. Perekond *Eurytemora* võib pärineda merelisest perekonnast *Temora*. Põhja-Ameerika idarannikul on *Eurytemora* sp. levinud StLawrence' lahest kuni Mehhiko laheni, samuti on teda leitud Suur-Järvistust ja Kalifornia ning New-Mexico järvedest (Katona, 1970). Aasias on *Eurytemora* sp. leitud Kaspia merest, Põhja-Jäämere rannikult, Jaapanist, aga ka mõnest Kesk-Aasia järvest. Euroopas on *Eurytemora* sp. levinud Lääne- ja Põhjamere rannikuvetes, estuaarides ja jõesuudmetes (Lee & Frost, 2002).

Lee ja Frost (2002) järgi on *Eurytemora affinis* tegelikult liikide kompleks, koosnedes omavahel geneetiliselt lahknenuid ja füsioloogiliselt erinevatest populatsioonidest, kes on võimelised asustama erinevaid elualasid sooritades selleks mageveelisi invasioone. Siiski pole veel selged füsioloogilised mehhanismid, kuidas *E. affinis* on võimeline asustama magedaveelisi elualasid (Lee, 1999). Lisaks suurtele geneetilistele erinevustele on omavahel morfoloogiliselt sarnastel populatsioonidel kindlaks tehtud reproduktiivne isolatsioon (Lee, 2000).

Läänemeres on tavaliselt nimetatud kahte liiki – *E. affinis* (Poppe, 1880) ja *E. hirundoides* (Nordquist, 1888). Rannikupiirkondades, eeskätt jõgede suudmes, lisanduvad *E. lacinulata* Fisch (Levander, 1901), *E. hirundo* Giesbrecht ja *E. velox* Lilljeborg (Halme, 1958; Laganovska, 1974). Taksonoomiline ebaselgus valitseb just kahe liigi, *E. affinis* ja *E.*

hirundoides, puhul. Mõlemaid on kirjeldatud varasemates Läänemere zooplanktoni ülevaadetes (Halme, 1958), hilisemates töodes on need liigid küll toodud liikide loetelus, kuid edasistes arutlustes on lähtutud ühest liigist, kas siis *E. hirundoides* (Ackefors, 1969; Simm, 1976; jt) või *E. affinis* (Eriksson, 1973; Hirche, 1974). Peaaegu eranditult kasutatakse liiginime *E. affinis* Põhja-Ameerikas (Katona, 1970; Grice, 1971). Liigid on oma morfoloogiliste tunnuste poolest väga sarnased, nende eristamine on raskendatud. Korduvalt on avaldatud arvamust, et tegemist on ühe ja sama liigiga. Näiteks juba Gurney (1931) on öelnud, et variatsioonid, mis on leitud liigil *E. affinis*, on peaaegu tühised ja on keeruline mõista, kuidas saab teda eristada *E. hirundoides* teatavast vormist. *E. hirundoides* on muutlik liik ja hõlmab paljusid füsioloogiliselt erinevaid ja morfoloogiliselt modifitseeritud rasse.

Gurney (1931) ei leidnud taksonoomilist põhjendust *E. hirundoides* eraldamiseks eri liigina, alamliigina või isegi varieteedina liigist *E. affinis*. Seega on küllaltki õige kas siis Levanderi (1901) kasutatud nimetus *Eurytemora affinis* var. *hirundoides*, mida on K.J. Purasjoki soovitusel kasutanud ka Kankkaala (1987) või siis lihtsalt *Eurytemora* sp. (Ackefors, 1969). Kas *E. affinis* (Poppe, 1880), *E. hirundo* (Giesbrecht, 1881) ja *E. hirundoides* (Nordquist, 1888) on erinevad liigid või ühe ja sama liigi erinevad vormid, on selgitanud Bush'i ja Brenning'i (1992) poolt läbi viidud uurimus. Selle töö eesmärgiks oli kirjeldada ja selgitada *E. affinis* muutlikkust, kasutades Põhjamerest ja Läänemere estuaaridest kogutud suurt isendite hulka ning pöörates eriti tähelepanu neile morfoloogilistele tunnusjoontele, mille töid esile vastavaid liike esmakordselt kirjeldanud autorid. Autorid leidsid, et *E. affinis* on väga muutlik vorm, kes asustab erineva soolsusega alasid. Bush ja Brenning (1992) leidsid liiki *E. affinis* väga suures soolsuse vahemikus, 0,5-20 psu. Põhjamerest asustavad isendid olid kõik suuremad kui Läänemere estuaaridest leitud isendid; kehamõõdud olid identsed neil loomadel, kes asustasid ühesuguse soolsusega alasid. Mõlema uurimisala estuaaridest kogutud emaste ja isaste loomade kehamõõdmed oluliselt ei erinenud. Vastavalt Bush'i ja Brenning'i (1992) uurimuse tulemustele tuleks edaspidi kasutada ainult nimetust *E. affinis* ning liike *E. hirundo* ja *E. hirundoides* peaks käsitlema kui *E. affinis* vorme, mis asustavad erineva soolsusega alasid.

Ülaltoodut arvestades kasutatakse käesolevas töös nimetust *E. affinis* (Lisa 1 ja 2), kuigi varasemate Eesti zooplanktoni uurijate poolt on peaaegu eranditult kasutatud nimetust *E. hirundoides*.

1.2. Arvukuse sesoonne ja pikaajaline dünaamika Pärnu lahes

E. affinis on suvis-sügisese arengutsükliga liik, kelle arvukus talvel on väike. Pärnu lahes algab jääminekuga samaaegselt *E. affinis* intensiivne paljunemine ja kiire kopepodiitsete staadiumide areng. Suvel-sügisel ilmuvad zooplanktoni koosseisu massiliselt, keskmiselt 30–40 päeva tagant, *E. affinis* naupliused. Mais moodustavad naupliused populatsiooni üldarvust umbes 80%. Seejärel ilmuvad kopepodiidid (10–40%). Juuni lõpuks on suguküpsed isendeid juba üle 55% populatsiooni üldarvukusest. Juulis esinevad peamiselt kopepodiidid, kes kuu lõpuks osaliselt saavad täiskasvanuks. Paljunemise tulemusena ilmub samal ajal uus generatsioon naupliusi (kuni 55%). Samasugust tendentsi täheldatakse ka oktoobri alguses, mil toimub järjekordne massiline *E. affinis* paljunemine. Seega annab *E. affinis* aasta jooksul kolm generatsiooni (polütsükliline organism). Arenguperioodi pikkus varastest staadiumidest täiskasvanuni on 30–40 päeva (Simm, 1995; Simm & Ojaveer, 2000).

Võrreldes teiste Pärnu lahe zooplankteritega, saavutab *E. affinis* arvukuse maksimumi kevadel, kalade kudemisajal, ning seetõttu on ta eriti oluliseks toiduobjektiks Pärnu lahe peamiste töenduslike kalade (räim, tint, ahven, koha) noorjärgudele.

Mitmed autorid on täheldanud, et kalad avaldavad *E. affinis* arvukusele suuremat mõju kui teistele aerjalalistele, kuna mune kandvaid *E. affinis* emaseid on kaladel hõlpsam avastada ja tabada (Vuorinen, 1987; Flinkman et al., 1994). Kirjanduses on esitatud erinevaid seisukohti kalade mõjust mune kandvate aerjalaliste emastele. *E. affinis* emaste, mune kandvate isendite hävitamine kalade poolt kahandab kahtlemata populatsiooni paljunemise potentsiaali. *E. affinis* munad on eluvõimelised ka pärast kalade seedetrakti läbimist (Flinkman et al., 1994; Conway et al., 1994).

Zooplanktoni populatsioonide biomassi ja arvukuse pikaajaline varieeruvus on suurem eelkõige just ranniku- ja estuaariipiirkondades (Mauchline, 1998). Viitasalo jt. (1994) on uurinud kahe Läänemere rannikuvetes domineeriva liigi, *Eurytemora affinis* ja *Acartia bifilosa*, reaktsiooni muutuvatele keskkonnatingimustele nagu veetemperatuur, soolsus ja sügavus ning järeldanud, et erinevused on mitte ainult kahe liigi vahel, vaid ka sama liigi erinevate staadiumide ja põlvkondade vahel.

2. AERJALALISTE KEHAPIKKUS

2.1. Aerjalaliste kasv ja keskkonnategurite mõju

Aerjalalistele on iseloomulik moondega areng. Enamike liikide puhul toimub see nii, et munast koorub vähikvastne ehk nauplius. Vastne kestub palju kordi ning muutub oma morfoloogiliste tunnuste poolest järk-järgult täisealise vähiga üha sarnasemaks. Aerjalalistel eristatakse 11 vastsejärku – kuut vähikvastse ja viit kopepodiitset arengujärku (Mäemets & Veldre, 1956).

Aerjalaliste pidevat kasvamist takistab nende jäik kitiinne kest. Üleminek ühelt vastsejärgult teisele toimub läbi kestumise. Peale kestumist võimaldab uus pehme kest kehal kasvada suuremaks. Muutused aerjalaliste kesta tiheduses on tingitud muutustest kesta kitiinisisalduses. Kitiinisisaldus on emaste loomade kestadest mõnevõrra suurem kui isastel loomadel (Mauchline, 1998). Kestumise ajal väheneb looma kehamass umbes 2-5% (Vidal, 1980). Seega moodustab kest väikese osa looma massist. Oluline on aerjalaliste puhul see, et täiskasvanud enam ei kasva (tõenäoliselt ei kestu ka), seega läheb suurem osa energiast sigimiseks. Järelikult, täiskasvanud isendite mõõtmised peegeldavad just tingimusi kasvu ja arengu ajal, mitte tingimusi täiskasvanuna elamisel (Mauchline, 1998).

Aerjalalistel kannavad emased mune munakotis. Munade arenemise aeg munakottidega aerjalalistel (*Pseudocalanus*, *Eurytemora*) on umbes kaks korda pikem kui vabalt vette munevatel (*Paracalanus*, *Calanus*) liikidel ning ei sõltu munade suuruselt. Munakottides on munad suuremad kui vabalt munevatel ning võib eeldada, et on seos munade suuruse ja arenemise aja vahel (Mauchline, 1998).

Arenemise ajal mõjutavad aerjalaliste suurust toidu kättesaadavus ja veetemperatuur. Madala temperatuuriga vees on aerjalaliste mõõdud suuremad, seda nii mage- kui ka merevees (Coker, 1933; Comita & Anderson, 1959, Deevey, 1960). McLaren (1969) ja Hirche (1992) on väitnud, et aerjalaliste suurust mõjutab otseselt ainult temperatuur, toit on oluline vaid siis kui seda pole piisavalt. Antud väidet ei toeta uuringud Jaapanis, Ohnuma järves, kus leiti, et näiteks *E. affinis* kasvu mõjutab toidu kättesaadavus rohkem kui temperatuur (Ban & Minoda, 1989).

Soolsus mõjutab kasvu ja arengut estuaariliikide puhul, kusjuures ta toimib vastandlikult temperatuurile – madalama soolsuse juures on loomad väiksemad. *Eurytemora* puhul on näidatud, et ta talub madalat soolsust paremini kõrgema temperatuuriga vees ja kõrgemat soolsust paremini madala temperatuuriga vees (Mauchline, 1998).

Erinevates populatsioonides varieerub aerjalaliste emas- ja isasisendite arvukus suurtes piirides. Soolise suhte sesoonsed muutused ilmnevad eriti just pikema sigimisajaga liikide puhul (Mauchline, 1998). *Eurytemora* liikidel sõltub isaste ja emaste suhe veetemperatuurist (Katona, 1970). Moraitou-Apostolopoulou (1975) järgi on isaste osakaal suurem liikide puhul, kes eelistavad kõrgemat veetemperatuuri ning suhteliselt madal liikide puhul, kes eelistavad madalamat veetemperatuuri.

Populatsiooni suurus on aerjalaliste puhul määratud paljude faktorite poolt: toidu kättesaadavus, kisklus, geneetiline struktuur, sigimine, kasvukiirus ja parasiidid. Kindlasti on olulised keskkonna füüsikaliste ja keemiliste parameetrite muutused, aga samuti immigratsioon ja emigratsioon. Kõigi nende faktorite otsest mõju on looduslikes populatsioonides raske määrata (Mauchline, 1998).

Pikkus, mass ja lipiidne koosseis varieeruvad sesoonselt, mõjutatuna eelkõige muutustest veetemperatuuris ja toidu kättesaadavuses. Embrüonaalse arengu, vähikvastsete ja kopepoditsete staadiumide kestvus varieeruvad samuti sesoonselt, peegeldades sesoonset temperatuuri muutlikkust. Need muutused avalduvad erinevusena põlvkondade pikkuses ning emaste loomade viljakuses. Lisaks varieerub ka keskkonnategurite (näiteks temperatuur ja soolsus) füsioloogiline talumine, mis peegeldab populatsiooni elukeskkonna tingimuste sesoonset muutumist. Siinkohal on varieerumise juures ka geneetiline osa. Indiviididel on populatsioonisiselt seatud piirid keha suurusele, staadiumi kestvusele, viljakusele jne. (Mauchline, 1998).

Ebasoodsate keskkonnatingimuste puhul, näiteks talvel, esineb aerjalalistel diapaus. Sel ajal on nende areng seiskunud, respiratsioon ja eritamine on muutunud väga aeglaseks, harilikult nad ei toitu ning tihti on soolestikus epiteelkude redutseerunud. Talve üle elamiseks ja järgnevas munemiseks kasutatakse kehasse ladustunud lipiide. Diapausi algus ja lõpp sõltuvad fotoperiodismist ja temperatuurist (Mauchline, 1998). Diapausis olevad aerjalalised on võimelised alustama aktiivset arenemist sobivate keskkonnatingimuste kujunemisel (Marcus et al., 1994).

Ban ja Minoda (1994) on eksperimentaalselt näidanud, et väga tihedates *Eurytemora* populatsioonides moodustuvad (ainevahetuse produktide kuhjumise tõttu) puhkemunad. Puhkemunadena on aerjalalised põhjamudas võimelised ellu jääma ajal, kui pelagiaalis leiab aset massiline suremine. Uus pelaagiline populatsioon areneb puhkemunadest siis, kui on taastunud elamiseks sobivad tingimused (Marcus et al., 1994).

2.2. Pikkuse mõõtmise tähtsus zooplanktoni uurimisel

Aerjalaliste looduslikku elutsüklit on enim uuritud rannikualadel levinud perekondades nagu *Acartia*, *Centropages*, *Pseudocalanus* ja *Temora* (Mauchline, 1998).

Täiskasvanud zooplankterite mõõtmete jaotumus populatsioonis annab täiendavat informatsiooni, mis on abiks põlvkondade identifitseerimisel ja hindamisel. Mitmed sekundaarse produktsiooni arvutamise meetodid põhinevad just eraldi iga põlvkonna produktsiooni arvutamisel. Täiskasvanud emaste suuruse jaotumus on teatud perioodidel polümoodaalne, mis näitab, et populatsioonis esinevad üheaegselt erineval ajal sündinud isendid. Eriti avaldub see kevadel kui esinevad koos talve üle elanud emased ja sama aasta varakevadise põlvkonna emased. Suuruse polümoodaalsus peegeldab erinevaid temperatuuritingimusi, mis määravad erineval ajal arenenud emaste suuruse. Talve üle elanud populatsiooni kevadel produtseeritud järjestikuste generatsioonide puhul võib olla tulemuseks täiskasvanud isendite polümoodaalne pikkusjaotumus kui veetemperatuur pidevalt kasvab kogu perioodi jooksul ja seega kattuvad järjestikku arenevad generatsioonid. Veetemperatuuri tõustes lüheneb järk-järgult arenemise aeg ning aerjalaliste suurus väheneb järjestikustel põlvkondadel (Mauchline, 1998).

Biomassi arvutamiseks on vaja teada zooplankterite individuaalseid masse. Biomass on populatsiooni suuruse mõõt ja seda kasutatakse produktsiooni kiiruse uurimisel. Kuna väikeseid loomi oleks eraldi väga keeruline või isegi võimatu kaaluda, siis kasutatakse mõõtmate transformeerimist massideks (märg-, kuiv- või süsinikmassiks), kasutades selleks vastavaid koefitsiente. Individuaalsete masside alusel tehakse siis juba edasised arvutused biomassi saamiseks.

Zooplanktoni liikide keha mass erineb rajooniti ja eri sesoonidel (Kamshilov, 1951). Keha mass, nagu keha pikkuski, muutub sesoonselt ja on seotud temperatuuriga (Mauchline, 1998). Castel ja Feurtet (1989) on näidanud, et Gironde estuaari *Eurytemora*

kopepodiitsete arengujärkude kuivmass varieerub aasta kestel seoses keskkonnatingimuste muutumisega; väikseim muutus esines esimesel kopepodiitsel staadiumil, kuid amplituud kasvab järk-järgult täiskasvanud emaste ja isaste loomade puhul. Nad on järeldanud, et harilikult, aga mitte alati, peegeldavad sesoonsed muutused kuivmassis vastavalt ka sesooneid muutusi keha pikkuses. Kovalev (1964) on järeldanud samuti, et *Eurytemora* puhul on peamiseks teguriks veetemperatuur: pikkus väheneb üldiselt kevadest sügiseni. Samas on ta ka väitnud, et pikkus väheneb ka soolsuse kasvades (Kovalev, 1968). Barentsi mere eri rajoonides on massi erinevus 2-4 korda. Antud erinevuse põhjuseks arvatakse olevat temperatuur või eri rassi loomade esinemine (Bogorov & Preobrazhenskaja, 1934).

Jaapanis tehtud uuringute tulemusena on järeldatud, et *E. affinis* mõõtude varieeruvus sõltub toidust rohkem kui temperatuurist. Looma pikkus toidu, fütoplaktoni vähesuses (10^3 rakku ml) oli 75% sellest, mis toidukülluses ($5 \cdot 10^4$ rakku ml). Mõõtude erinevus oli vaid 10% kui temperatuur muutus $10 - 20^\circ\text{C}$ (Ban, 1994).

Aerjalaliste biomassi sesoonset muutlikkust võrreldi kahes Läänemere lõunaosas asuvas siseveekogus – (Boddens) Darss-Zingst poolsaare lõunaosas ja Frischi laguunis. Madalas Darss-Zingst poolsaare lõunaosas oli aerjalaliste biomassi muutus märkimisväärselt väiksem, mis on tõenäoliselt põhjustatud sealsest suuremast eutrofeerumisest (Heerkloss, 1985).

Bogorov (1934) on *Calanus finmarchicus* puhul täheldanud maksimaalseid mõõtusi kevadel ja minimaalseid sügisel, mis viitab sõltuvusele temperatuurist. Kuid võrreldes samas veekogus eri aastatel saadud tulemusi selgus, et mõõdud muutuvad. Võib järeldada, et temperatuuri kõrval mõjutavad mõõtusi ka teised keskkonnategurid.

Varasemad ulatuslikud produktsiooniuringud veeorganismide populatsioonides on viinud läbi Winberg (1971). Hilisemates uurimustes on kirjeldatud aastast produktsiooni/biomassi (P/B) suhet üldiselt. On näidatud, et aastane P/B suhe on seotud isendite kehamassiga. Aerjalaliste puhul on P/B suhe tugevalt mõjutatud veetemperatuurist. P/B suhte määramiseks on mitmeid meetodeid, mis baseeruvad Bělehradeki võrrandil, arvestades, et toit pole limiteerivaks teguriks ning arenemise aeg on täpselt teada. Samuti eeldatakse, et aerjalalised kasvavad eksponentsiaalselt ning munade produtseerimise kiirus on võrdne varasemate kopepodiitsete arengujärkude kasvukiirusega. P/B suhte sõltuvus temperatuurist tähendab seda, et näiteks kaks sarnase suurusega liiki, kellest üks domineerib kevadel ja teine sügisel, esinevad erineva temperatuuriga keskkonnas ja

omavad seega ka erinevat P/B suhet. Aktiivse kasvuperioodi kestus, mittesigivate isendite või puhkestaadiumide esinemine populatsioonis mõjutavad aastast P/B suhet. Üldiselt varieerub P/B suhe rannikulähedastel liikidel rohkem kui pelaagilistel (Mauchline, 1998).

Zooplanktoni biomassi hindamise muudab keeruliseks asjaolu, et tulemused sõltuvad oluliselt materjali kogumise meetodikast. Zooplankton on ruumiliselt ebaühtlaselt jaotunud, seda nii horisontaalselt kui vertikaalselt. Arvesse tuleb võtta ka ööpäevast vertikaalset rännet. Sesoonne populatsioonisisene indiviidide tihedus varieerub koos sesoonsete muutustega biomassis. Võib esineda ka sesoonne ontogeneetiline vertikaalne migratsioon. Sellest tulenevalt ongi enamik biomassi hinnanguid ligikaudsed (Mauchline, 1998).

Produktsiooni arvutamisel füsioloogilisel meetodil on üheks kriitiliseks küsimuseks loomade hingamisele kuluv energia, respiratsioon. Sageli peegeldab respiratsiooni tempo rütmi, mis on vastavuses aerjalalise päevase toitumise rütmiga. Respiratsiooni kiirus sõltub temperatuurist ning paljude liikide puhul varieerub ka sesoonselt, olles kõrge kevadel ja suvel ning madal talvel. Hapniku tarbimine varieerub vastavalt keha suurusele. Suuremad loomad tarbivad küll rohkem hapnikku, kuid massi-spetsiifiline hapniku tarbimine on suuremate loomade puhul väiksem ning järelikult on väiksemad loomad metaboolselt aktiivsemad. Laborkatsetes leitakse respiratsiooni ja looma massi vaheline seos, vastav koefitsient ja siis arvutatakse kui palju energiat kulub looma elutegevuseks (Mauchline, 1998).

2.3. Fikseerimise mõju biomassi hindamisele

Traditsiooniliselt on zooplanktoni biomassi hinnatud lähtudes fikseeritud materjalist. Varasemad uuringud on näidanud, et formaliinis fikseerimine põhjustab olulist kehamassi vähenemist zooplanktereil (Omori, 1970; Durbin & Durbin, 1978; Landry, 1978; Champalbert & Kerambrun, 1979; Böttger, 1984; Kapiris et al., 1997; Wetzel et al., 2005). Morris (1972) ja Hopkins (1968) on väitnud, et üldjuhul formaliiniga fikseerimine vähendab individuaalset massi 20 - 45%, mis on seotud keha substantside leostumisega ümbritsevasse vedelikku. Mikrozooplanktoni puhul võib formaliinis säilitamine viia isegi rakkude hävimiseni (Stoecker et al., 1994).

Kahe peamise traditsiooniliselt kasutatava säilitamisvahendi, formaliini (4%) ja etanooli (70%), mõju biomassi hindamisele on kirjeldanud Wetzel jt. (2005). Mõju uuriti nelja erineva zoobentose liigi puhul (*Heteromastus filiformis*, *Hediste diversicolor*, *Corophium* sp. ja *Gammarus* spp.). Formaliinis fikseeritud loomadel täheldati veidi suuremat massi kaotust kui etanoolis fikseeritud loomadel. Samale tulemusele on jõudnud ka Mason jt. (1983) ja Gaston jt. (1996). Antud järeldused on vastuolus mõnede varasemate arvamustega, kus formaliini puhul täheldati väiksemat massi kaotust, nii märg- ja kuivmassis, (Howmiller, 1972; Dermott & Paterson, 1973; Landahl & Nagell, 1978; Leuwen et al., 1985) kui ka süsiniku sisalduses (Salonen & Sarvala, 1985) võrreldes etanooliga ning seetõttu on eelistatud formaliini. Dermott ja Paterson (1973) on leidnud, et etanooliga fikseeritud loomadel toimub jätkuv massi vähenemine, vastupidiselt on mõnel juhul täheldatud massi suurenemist (e.g. Wiederholm & Eriksson, 1977). Wetzel jt. (2005) on ära märkinud, et mass vähenes rohkem väiksematel vähilaadsetel (*Heteromastus filiformis* ja *Corophium* sp.) ning täheldati ka suuremat muutlikkust kui suurematel polüheetidel (*Hediste diversicolor* ja *Gammarus* spp.). Siiski on Wetzel jt. (2005) järeldanud, et kahe fiksiivi kasutamine omavahel märkimisväärselt ei erinenud. Erinevate tulemuste üheks põhjuseks võib olla see, et metamorfoosiks valmistudes sisaldavad putukate larvid suuremas koguses lipiide, mis kergesti lahustuvad alkoholis (e.g. Cavaletto et al., 2003). Merelised selgrootud aga vastupidiselt akumulatsioonivad palju vähem proteiine ja ladustavad lipiide harva, välja arvatud mune kandvad emased (Wetzel et al., 2005).

Wetzel jt. (2005) on näidanud, et nii formaliini kui ka etanooliga konserveerimisel toimus massi markantne kadu esimesel kolmel nädalal, kusjuures suurim vähenemine toimus esimese 10 päevaga ja täiendav massi vähenemine toimus 10 ja 21 päeva vahel, edasi mass stabiliseerus (katse kestis 90 päeva). Osaliselt on kinnitanud seda arvamust Omori (1978), fikseerides toimub suurim massi vähenemine esimesel nädalal, teatud stabiliseerumine toimub 1 - 2 kuu pärast. Borutzky (1934, 1958) on arvanud, et mass stabiliseerub 4 kuuga.

Võrreldes proove, mis olid fikseeritud erineva kontsentratsiooniga formaliiniga (3 ja 7%) ei saanud Mullin ja Brooks (1970) massis erinevusi. Samale tulemusele on jõudnud ka Giguere jt. (1989): ei esinenud statistilist erinevust kahanemises juhtudel kui zooplanktoni segaproovi puhul kasutati 5 või 10% formaliini lahust, andes üldiseks kahanemiseks 37-43%.

E. affinis puhul on formaliini (4%) mõju mõõtudele uurinud põhjalikult Böttger (1984). Tulemusi hinnati pikkuse-massi kõverate võrdluse alusel. Fikseeritud loomadel oli mass

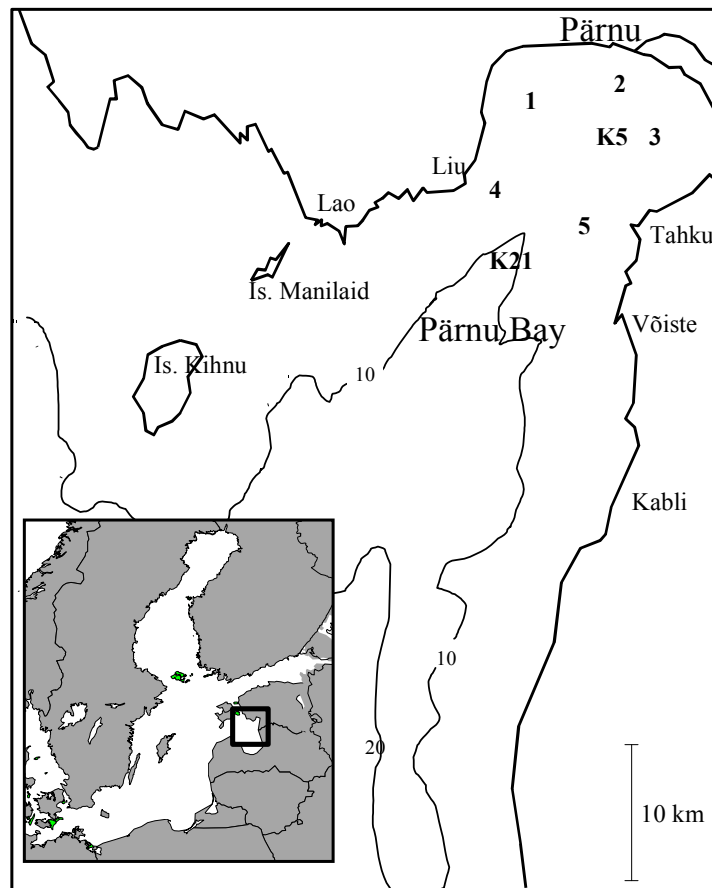
väiksem kui fikseerimata loomadel. Seejuures on aga pikkuse-massi kõverate tõus sama – massi kadu ei olene seega mõõdust. Kapiris et al. (1997) on jõudnud *Acartia clausi* puhul tulemusele, et formaliinis säilitamine vähendab oluliselt massi, kuid samuti täheldati ka märkimisväärset mõõtude vähenemist.

Fiksatiivi valiku muudab oluliseks ka fakt, et võrreldas etanooliga on formaliin kantserogeenne aine. Vaatamata märkimisväärsetele tervisekahjustustele, mida võib põhjustada formaliini kasutamine, jätkavad paljud merebioloogid merefauna proovide fikseerimist formaliiniga, sest see on muutunud standardprotseduuriks (e.g. Ruhmor, 1990) ja on soovitatud paljude rahvusvaheliste programmide (e.g. HELCOM 1988); (ICES 1994; ICES 1996); (OSPARCOM 1997) meetodikas.

3. MATERJAL JA METOODIKA

3.1. Uurimisala kirjeldus

Pärnu laht moodustab Liivi lahe suhteliselt madala kirdeosa (joon 1). Laht on riimveeline ja omab tähtsust kalanduse seisukohast, eelkõige paljude töönduskalade kudealana. Pärnu lahe lõunapiiriks on mõtteline joon Torgunina ja Pihlanina vahel. Lahe võib jagada sise- ja välisosaks, mis on eraldatud Liu-Tahku joonega. Lahe siseosas on maksimaalne sügavus 7,5 m (keskmine 3,5 m), avaosas 23 m. Lahe vesi on ühelt poolt mõjutatud Liivi lahe vee sissekannetest ja teiselt poolt Pärnu lahte suubuvast Pärnu jõest, mis toob aastas lahte 2 km³ magevett, kuigi siselahe maht on ainult 1 km³ (Suursaar & Tenson, 1998). Pärnu jõe valgala on 6690 km². Keskmine vooluhulk Pärnu jõest Pärnu lahte on 64 m³/s (Working Group BERNET nr. 5, 2000). Vooluhulk kõigub aastaringselt suurtes piirides, maksimumid jäävad piiridesse 200 ja 330 m³/s. Miinimumid on ligi 100 korda väiksemad – 4,7 kuni 3,5 m³/s. Kuna uuritud ala piirab kolmest küljest peaaegu täielikult maismaa, siis on ta võrdlemisi hästi kaitstud kõigi tuulte eest, välja arvatud lõuna- ja edelatuuled. Hoovused on enamasti nõrgad (0,06-0,07 m/s) ning sõltuvad tuule suunast ja kiirusest. Peale jää sulamist tõuseb veetemperatuur kiiresti, ulatudes kuni 10°C mai lõpus. Juulis ja augustis on vee pindmiste kihtide temperatuur sageli üle 20°C ning tavaliselt jääb veetemperatuur üle 10°C kuni oktoobri keskpaigani. Vee soolsus on tavaliselt vahemikus 4 kuni 5,5 psu, välja arvatud kevadise suurvee ajal aprillis-mais, kus soolsus alaneb kuni 2-3 psu-ni. Vee läbipaistvus, mis määratakse visuaalselt Secchi kettaga, on väike (harilikult 0,8-2,0 m). Vee läbipaistvus oleneb eelkõige fütoplanktoni arengust ja tuulte kiirusest, kuna madalamatel aladel võivad setted lainetuse mõjul resuspendeeruda (Simm et al., 2003; Kotta et al., 2004).



Joonis 1. Pärnu lahe skeem proovipunktidega

K5, K21– seirejaamad; 1- Audru; 2 – Poi; 3 – Uulu; 4 – Liu; 5 – Tahku.

3.2. Proovide kogumine ja analüüsimine

Käesoleva töö materjal on kogutud peamiselt Eesti riikliku keskkonnaseire alaprogrammi 'Eutrofeerumine' raames. Proovid koguti aastatel 2000-2005 jäävabal perioodil, aprillist novembrini, reeglina nädalase intervalliga. Töös on kasutatud aprilli-novembri proove 2000. aasta kohta ja mai-juuli proove 2001.-2005. aastate kohta. Zooplanktoni proovid on kogutud Juday tüüpi (suudme pindala $0,1 \text{ m}^2$, filtreeriva osa tihedus $90 \mu\text{m}$) kvantitatiivse planktonivõrguga. Seoses jaamade väikese sügavusega tõmmati võrku läbi kogu veesamba põhjast pinnani. Võrgu liikumisel 1 m võrra kurnatakse seega temast läbi $0,1 \text{ m}^3$ vett. Säilitamiseks valati proovid võrgukannust 0,5-1,0 l mahuga pudelitesse ja fikseeriti formaliiniga selliselt, et lõplik formaliini kontsentratsioon oleks ca 4%. Paralleelselt planktoni proovide kogumisega määrati veetemperatuuri vertikaalne jaotus (CTD sond) ja

koguti veeproovid klorofüll *a* sisalduse määramiseks. Töö autor osales proovide kogumisel aastatel 2000, 2001 ja 2005.

Zooplanktoni proovide kvantitatiivsel analüüsimisel laboratooriumis lahjendati proov kindla ruumalani, mis olenevalt zooplankterite tihedusest varieerus piirides 100 kuni 2000 ml. Pipetiga (tavaliselt 4,5 ml) võetud alaproovis loendati ja määrati zooplanktoni isendid Bogorovi kambris. Proovide analüüsimisel on autor lähtunud HELCOM COMBINE programmi metoodikast (HELCOM COMBINE, 2005). Töös on kasutatud TÜ Eesti Mereinstituudi andmebaasis olevaid andmeid zooplanktoni arvukuse kohta 2000.-2005. aastal ning veetemperatuuri, soolsuse ja klorofüll *a* sisalduse kohta Pärnu lahes 2000.-2004. aastal.

Töö autor on määranud 2000-2005. aasta proovides *E. affinis* täiskasvanud isendite pikkused. Mõõtmised teostati binokulaariga MBC-1, suurendusel 8x7, täpsusega 0,01 mm. Igal loomal on mõõdetud üldpikkus ja 2000. aasta materjali puhul eraldi pearindmiku ja tagakeha pikkus. Pearindmiku ehk kere moodustab pea (*cephalon* e. *cephalosoma*) ja rindmik (*thorax* e. *metasoma*). Pearindmiku pikkus on mõõdetud pea eesäärest kuni viimase rindmikusegmendi lõpuni. Tagakeha (*abdomen* e. *urosoma*) pikkus mõõdeti sugulüli algusest kuni harkharude lõpuni, hargiharjaseid arvestamata. 2000. aastal saadi looma üldpikkus nimetatud kahe mõõtme liitmisel.

2000. aasta iga nädala kohta on määratud ja mõõdetud 60 täiskasvanud *E. affinis* isendit – 30 emast ja 30 isast. Kuna 2000. aastal Pärnu lahe planktonis juulist septembrini *E. affinis* täiskasvanud isendeid praktiliselt ei esinenud, siis on andmeid mõõtude kohta aprilli lõpust juuli alguseni ja oktoobris-novembris. Aastate 2001-2005 puhul on mõõdetud aga mai-juuli iga nädala kohta 30 emast isendit. Kokku on mõõdetud 1619 emast ja 268 isast *E. affinis* isendit.

Formaliini mõju uurimiseks koguti proovid 2005. aasta juulis. Proovid toimetati laborisse ühe tunni jooksul ning kohe pipeteeriti välja elusad ja vigastamata loomad. Kuna juulis oli *E. affinis* isendite arvukus väga väike on uurimisobjektiks valitud aerjalalise *Acartia bifilosa* täiskasvanud ja naupliused. Loomad asetati vahetult peale pipeteerimist filtreeritud merevette ning mõõdeti nende pikkus. Edasi mõõdeti sama isendi pikkus kohe, üks nädal, üks kuu ja kaks kuud peale formaliiniga (4 %-line lahus) fikseerimist. Peale iga mõõtmist asetati loomad üksikult 0,5 ml anumatesse, mis võimaldab hinnata eri aegadel mõõdetud pikkusi igal konkreetset loomal eraldi. Mõõtmiste vahepeal hoiti loomi pimedas

temperatuuril +5°C. Mõõtmised teostati suurendusega 8x7 ja täpsusega 0,01 mm. Kokku mõõdeti 64 täiskasvanut ja 78 naupliust.

3.3. Andmetöötlus

Andmete töötlemine viidi läbi Microsoft Exceli ja Statistica 7.0 keskkonnas. On arvatud aritmeetiline keskmine, standardhälve (StdDev) ja standardviga (SE). Keskkonnatingimuste suhtelist mõju *E. affinis* mõõtudele hinnati liht- ja mitmese regressioonanalüüsi abil, lugedes seose statistiliselt usaldusväärseks kui $p < 0,01$ ning tugevaks kui determinatsioonikordaja $r^2 > 0,5$. *E. affinis* mõõtude võrdlemisel eri aegadel ja formaliini mõju hindamisel *A. bifilosa* mõõtudele on kasutatud dispersioonanalüüsi (ühefaktoriline ANOVA) ning statistiliselt oluliseks loeti erinevus juhul kui $p < 0,01$.

4. TULEMUSED

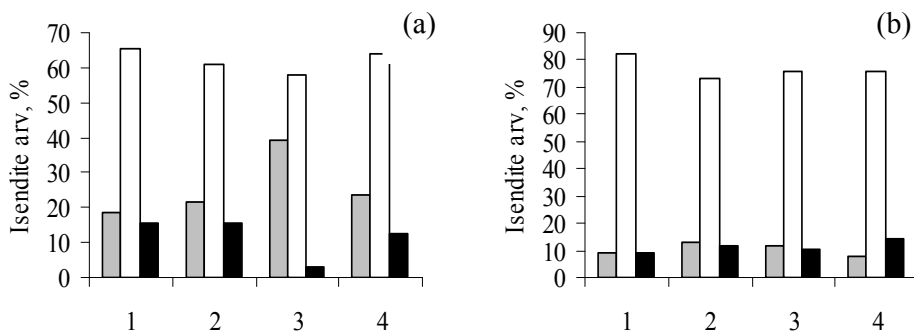
4.1. Formaliini mõju aerjalaliste mõõtudele

Aerjalalise *Acartia bifilosa* elusate täiskasvanud loomade keskmine pikkus on $0,947 \pm 0,012$ mm ja naupliustel $0,190 \pm 0,004$ mm. Lähtudes keskmistest pikkustest on elusad täiskasvanud isendid väiksemad kui kohe, üks nädal, üks kuu ja kaks kuud peale fikseerimist saadud isendite mõõdud (tabel 1). Keskmine pikkus eri aegadel erineb statistiliselt oluliselt (ANOVA; $p < 0,001$), kuid enamikel juhtudel ei ole pikkuse muutus suurem kui 0,01 mm (mõõtmise täpsus). Elusate *A. bifilosa* naupliuste keskmine pikkus on suurem (või võrdne) võrreldes fikseeritud loomade pikkusega. Eri aegadel mõõdetud naupliuste pikkuses ei täheldatud statistilist erinevust (ANOVA; $p > 0,01$) ning pikkuse muutus polnud ühelgi juhul suurem kui 0,002 mm.

Tabel 1. Elusate ja fikseeritud loomade keskmine pikkus

<i>Acartia bifilosa</i>	Keskmine pikkus (mm \pm SE)				
	Elusad	Kohe peale fikseerimist	Üks nädal peale fikseerimist	Üks kuu peale fikseerimist	Kaks kuud peale fikseerimist
Täiskasvanud	0.947 ± 0.012	0.944 ± 0.012	0.944 ± 0.012	0.930 ± 0.012	0.942 ± 0.012
Naupliused	0.190 ± 0.004	0.190 ± 0.004	0.190 ± 0.004	0.191 ± 0.004	0.192 ± 0.004

Lähtudes individuaalsest pikkusest eraldi iga looma puhul, siis *A. bifilosa* täiskasvanute pikkuse (võrreldes elusate loomadega) muutus ei ületanud 0,01 mm (mõõtmise täpsus) 66 % loomadest, kes on mõõdetud kohe peale formaliiniga fikseerimist ning 61 %, 58 % ja 64 % vastavalt neist loomadest, kes on mõõdetud üks nädal, üks kuu ja kaks kuud peale formaliiniga fikseerimist. Naupliuste puhul on samad protsendid vastavalt 82 %, 73 %, 76 % ja 76 % (joon 2). Naupliusi, kelle pikkus vähenes või suurenes rohkem kui 0,01 mm, on täheldatud erinevatel aegadel 9 %-st kuni 14 %-ni. Täiskasvanutel jääb vastav arv 13-23 % vahele. Ühel juhul (üks kuu peale formaliiniga fikseerimist) täheldatakse pikkuse vähenemist 39 % täiskasvanutest, kuid kahe kuu pärast on see protsent taas märgatavalt väiksem. Tulemused näitavad, et antud mõõtmistäpsuse juures formaliinis fikseerimine ei mõjuta oluliselt aerjalalise *A. bifilosa* täiskasvanute ja naupliuste kehapiikkust.



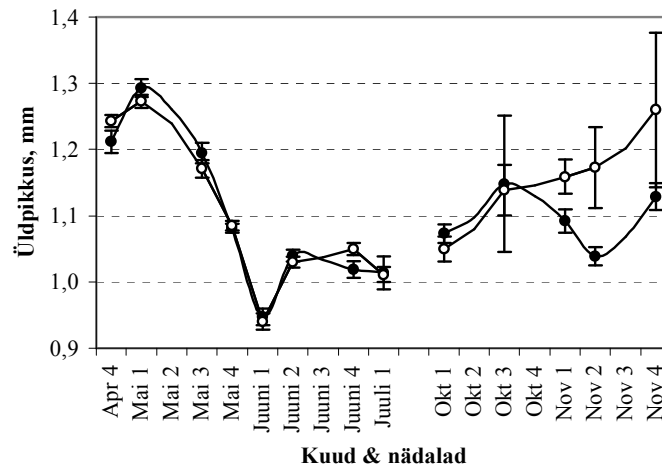
Joonis 2. Keha pikkuse muutuse jaotus (võrreldes elusate isenditega): isendite arv (%), kelle pikkus vähenes (□) ja suurenes (■) üle 0,01 mm ning kelle pikkuse muutus ei ole suurem kui 0,01 mm (□) (s.t. pikkuse mõõtmise täpsus). *Acartia bifilosa* täiskasvanud (a) ja naupliused (b) mõõdetud kohe peale formaliiniga fikseerimist ning (1), üks nädal (2), üks kuu (3) ja kaks kuud peale formaliiniga (4%-line lahus) fikseerimist.

4.2. Aerjalalise *Eurytemora affinis* emaste ja isaste mõõtude võrdlus aastal 2000

Suurima üldpikkusega *E. affinis* täiskasvanud emased ja isased isendid esinevad Pärnu lahe zooplanktonis mai alguses. Maist kuni juunini üldpikkus väheneb drastiliselt. Väikseima üldpikkusega isendid esinevad juunis. Liik kaob praktiliselt planktonist juuli alguses ja ilmub taas oktoobris ning esineb kuni novembrini lõpuni.

Mai esimesel nädalal esinevate suuremõõduliste emaste ja isaste isendite pikkus on keskmiselt $1,28 \pm 0,01$ ja $1,27 \pm 0,01$ mm. *E. affinis* emaste isendide üldpikkus on suurim mai esimesel nädalal – 1,43 mm, isastel aga novembri viimasel nädalal – 1,48 mm. Edasi keskmine üldpikkus väheneb drastiliselt, olles kogu aasta väikseim juuni esimesel nädalal, emastel 0,84 ja isastel 0,81 mm. Juunist juulini esinevad väikesemõõdulised isendid, kuid kehapikkus suureneb mõnevõrra juuni keskel. *E. affinis* taasilmumisel planktonisse hilissügisel on isendite mõõdud suhteliselt väikesed, seejärel aga isaste kehapikkus suureneb ja novembri lõpuks saavutatakse aprilliga võrdne keha üldpikkus. Võrreldes isastega on emaste pikkus sügisel oluliselt väiksem ning ebastabiilne (joon 3).

Kevadel erineb emaste ja isaste täiskasvanud isendite üldpikkus statistiliselt oluliselt aprillis ja mais (ANOVA; $p < 0,0005$ ja $p < 0,03$). Suvel erineb isaste isendite pikkus oluliselt juuni ja juuli esimesel nädalal (ANOVA; $p < 0,01$), kuid juuni eri nädalatel olulist erinevust ei täheldatud. Sügisel erineb kehapikkus oluliselt oktoobri esimesel nädalal ja novembris (ANOVA; $p < 0,007$). Emaste *E. affinis* isendite üldpikkus suvel ja sügisel statistiliselt oluliselt ei erinenud.



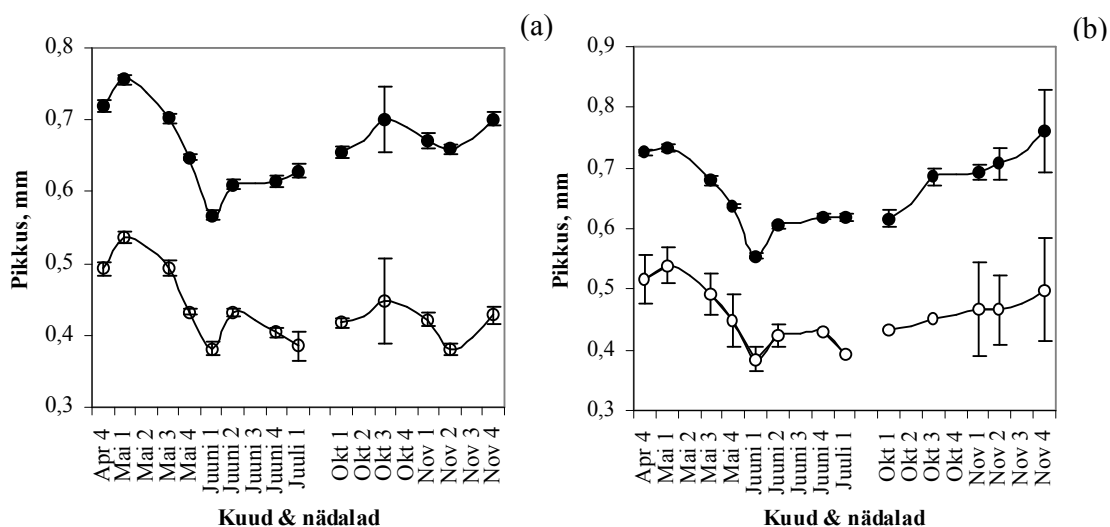
Joonis 3. *Eurytemora affinis* emaste (—●—) ja isaste (—○—) isendite üldpikkuse (mm; keskmine ± SE) võrdlus.

E. affinis emaste isendite pearindmiku ja tagakeha keskmine pikkus on suurim mai alguses (lisa 4). Isaste pearindmiku keskmine pikkus on suurim novembri viimasel nädalal, kuid tagakeha keskmine pikkus on suurim mais. Kuni juunini esinevad üha väiksemate nii rindmiku kui tagakeha mõõtudega isendid. Nii emaste kui isaste puhul on pearindmiku ja tagakeha keskmine pikkus väiksem juunis. Kogu aasta vältel toimuvad muutused pearindmiku ja tagakeha pikkus üldiselt sünkroonselt, kuid juuni teisest nädalast pearindmiku pikkus veidi suureneb ja tagakeha pikkus väheneb. Sügisel, kui isendid taas planktonisse ilmuvad, on mõõdud suhteliselt väikesed. Oktoobri alguses hakkab *E. affinis* emastel nii pearindmiku kui tagakeha pikkus suurenema, kuid peatselt väheneb kuni novembri teise nädalani. Taas on mõõdud suuremad novembri viimasel nädalal. Võrreldes emastega kasvavad isaste mõõdud sügisel lineaarselt (joon 4).

Kevadel erineb emaste pearindmiku pikkus statistiliselt oluliselt aprilli viimasel ja mai esimesel nädalal (ANOVA; $p < 0,001$), kuid mai eri nädalatel see ei erinenud. Märkimisväärselt erinevad mõõdtmed juuni ja juuli esimesel nädalal (ANOVA; $p < 0,0001$).

Sügisel erinevad statistiliselt oluliselt omavahel novembri teine ja neljas nädal (ANOVA; $p < 0,001$) ning oktoobri esimene ja novembri viimane nädal (ANOVA; $p < 0,0006$). Novembri eri nädalad statistiliselt oluliselt ei erinenud.

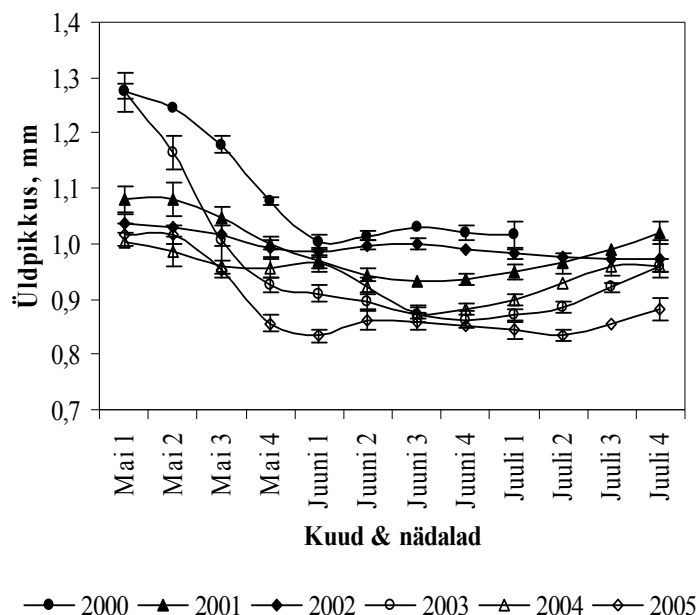
Sügisel erinevad isaste puhul statistiliselt oluliselt oktoobri esimene nädal kõigi novembri eri nädalatega (ANOVA; $p < 0,008$). Samuti erinesid oluliselt oktoobri esimene ja kolmas nädal (ANOVA; $p < 0,03$).



Joonis 4. *Eurytemora affinis* emaste (a) ja isaste (b) isendite pearindmiku ja tagakeha pikkuste (mm; keskmine \pm SE) võrdlus.

4.3. Aerjalalise *Eurytemora affinis* emaste isendite kehapiikkus aastatel 2000-2005

Aastatel 2000-2005 on *E. affinis* emased isendid Pärnu lahes reeglina kõige pikemad mai alguses. Maist juunini isendite pikkus väheneb. Kõigil uuritud aastatel on isendite kehapiikkus väikseim juunis. Väikesed *E. affinis* emased isendid esinevad ka juulis, kuid osadel aastatel võib täheldada kehapiikkuse suurenemist alates juuli keskpaigast (joon 5).



Joonis 5. *Eurytemora affinis* emaste isendite keskmine pikkus (mm; keskmine \pm SE) aastatel 2000-2005.

Eri aastatel varieerub isendite kehapikkus suhteliselt suurtes piirides. Aastatel 2000 ja 2003 on isendite pikkus mais vastavalt 1,28 ja 1,27 mm, ülejäänud aastatel aga 1,0 kuni 1,1 mm. Juunis-juulis varieerub isendite pikkus piirides 0,83-1,0 mm.

Aastatel 2000 ja 2003 väheneb *E. affinis* üldpikkus langeb drastiliselt mais, kusjuures mõõtude erinevus mai alguses ja lõpus on statistiliselt oluline ($p < 0,00006$). Aastate 2001, 2002 ja 2005 kevadel drastilist mõõtude vähenemist ei täheldatud, kuid isendite üldpikkus mai alguses on statistiliselt oluliselt suurem kui mai viimasel nädalal ($p < 0,01$). Emaste isendite mõõdud mai alguses erinevatel aastatel oluliselt ei erinenud. *Eurytemora* emaste keskmine üldpikkus 2002. aastal on suhteliselt stabiilne, varieerub piirides 0,97 kuni 1,04 mm. 2004. aastal on üldpikkus suhteliselt stabiilne kuni juuni alguseni. Järgnevalt isendite pikkus väheneb ning minimaalse pikkusega isendid esinevad juuni kolmandal nädalal (keskmine 0,88 mm). Kõigil aastatel erines mai eri nädalate ja juuni esimese nädala üldpikkus statistiliselt juuni kolmanda nädalaga ($p < 0,0002$).

2001. ja 2003-2005. aasta suvel, juunis-juulis, erinevad statistiliselt oluliselt juuni viimase nädala üldpikkus juuli viimaste nädalatega ($p < 0,009$). 2000. aastal erinevad oluliselt juuni ja juuli esimese nädala üldpikkus ($p < 0,01$). 2002. aasta juuni ja juuli nädalate üldpikkus omavahel statistiliselt oluliselt ei erinenud ($p > 0,01$).

4.4. Keskkonnatingimused aastatel 2000-2004

Veetemperatuur Pärnu lahes suureneb seaduspäraselt aprilli algusest (keskmiselt 2,2°C) juuli lõpuni (20,2°C). Suhteliselt madal on veetemperatuur 2001. aastal – aprillis alla 3°C, mais alla 10°C ja juunis alla 15°C (lisa 3). Kõrgem, vastavalt üle 11°C (mais) ja üle 15°C (juunis) on veetemperatuur aastail 2002 ja 2004. Juulis on keskmine veetemperatuur madalaim, alla 18°C 2000. aastal, kõrgem, üle 19°C aga aastail 2001 kuni 2003. Kevad-suvine (aprill-juuli) keskmine veetemperatuur on madalaim, alla 12°C, aastatel 2001 ja 2003, kõrgem, üle 12°C, aga aastatel 2004 ja 2002. Veetemperatuuri tõus mais on suhteliselt järsk aastatel 2000 ja 2003 (vastavalt 4,5 ja 5,9°C), aeglane aga aastal 2004 (ainult 0,8°C).

Kevadel, suurvee ajal, on soolsus mõjutatud lahte suubuvast Pärnu jõest. Peaaegu kõigil uuritud aastatel on soolsus madalaim aprillis-mais, varieerudes keskmiselt 4,3 kuni 4,6 psu, kõrgeim juunis-juulis – 5,1-5,2 psu. Erinevalt teistest aastatest esineb aga 2003. aasta aprillis kõrgeim soolsus – 6,1 psu ning madalaim – 4,9 psu – juuni lõpus (lisa 3). Kuu keskmine soolsus erinevatel aastatel on üldiselt sarnane. Erandina võib jällegi välja tuua 2003. aasta, kus keskmine soolsus erinevatel kuudel varieerub vaid 5,2-5,8 psu, teistel aastatel jääb see 4,4-5,1 psu vahele.

E. affinis toitumistingimused, mida kõige üldisemalt peegeldab klorofüll *a* sisaldus vees, varieeruvad 2,1 mg/m³ vee kohta 2001. aasta juulis kuni 22,5 mg/m³ vee kohta 2004. aasta aprillis. Kõikidel aastatel suureneb klorofüll *a* sisaldus vees järsult alates aprilli teisest nädalast, varieerudes eri aastatel keskmiselt 11,1-17,5 mg/m³ vee kohta. Edasi hakkab kontsentratsioon langema ning on minimaalseim 2001. aasta juunis, keskmiselt 2,9 mg/m³ vee kohta.

4.5. Keskkonnatingimuste mõju *Eurytemora affinis* mõõtudele

4.5.1. Aerjalalise *Eurytemora affinis* emaste isendite mõõtude sõltuvus keskkonnatingimustest aastatel 2000-2004

Keskkonnatingimused erinevatel uuritud aastatel peegelduvad *E. affinis* mõõtudes. Näiteks suuremate veetemperatuuri muutustega aastate 2000 ja 2003 mais kaasnevad suuremad

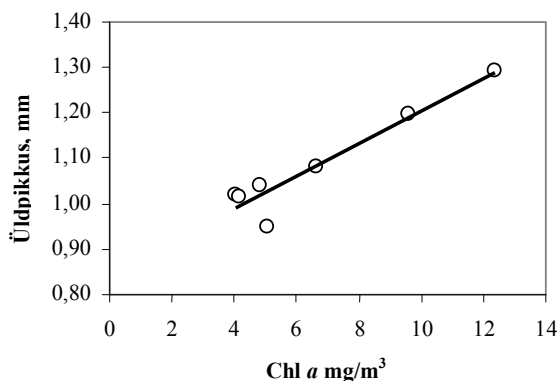
muutused emaste isendite mõõtetes neil aastail. Samuti, *E. affinis* mõõtmel on suuremad kõrgema klorofüll *a* sisalduse juures aastate 2000 ja 2003 mais.

Käesolevas peatükis analüüsitakse detailsemalt keskkonnatingimuste – temperatuur, soolsus ja klorofüll *a* sisaldus – mõju mõõtudele, kusjuures kasutatakse andmeid, mis on kogutud nii zooplanktoni proovidega ühel ajal kui ka *E. affinis* kasvu ja arengu ajal, nädal ja kaks nädalat varem.

Aasta 2000 andmetel *E. affinis* emaste pikkus ei ole seoses proovide kogumise ajal mõõdetud veetemperatuuriga. Kehapikkus on statistiliselt usaldusväärse seoses ($p < 0,01$) nädal ja kaks nädalat varem mõõdetud veetemperatuuriga, vastavalt $r^2 = 0,56$ ja $r^2 = 0,62$. Kehapikkuse seos soolsusega on statistiliselt usaldusväärne ainult nädal varem mõõdetud soolsuse puhul ($r^2 = 0,59$; $p < 0,002$). Klorofüll *a* sisaldusega on pikkus statistiliselt usaldusväärse seoses vaid samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega ($r^2 = 0,91$; $p < 0,001$; joon 6) ning vastavat seost kirjeldab lineaarse regressiooni võrrand:

$$y = 0,8447 + 0,0359 x,$$

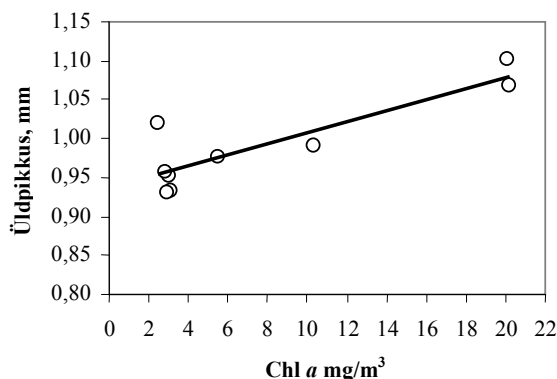
kus y on isendite pikkus (mm) ja x keskmine klorofüll *a* sisaldus vees (mg/m^3).



Joonis 6. *Eurytemora affinis* emaste loomade üldpikkuse seos samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega.

2001. aastal on *E. affinis* pikkus statistiliselt usaldusväärse seoses erineval ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega. Tugevam on seos üks nädal ($r^2 = 0,76$; $p < 0,003$) ja kaks nädalat enne proovide kogumist mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega ($r^2 = 0,76$; $p < 0,002$; joon 7). Samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega on seos mõnevõrra nõrgem ($r^2 = 0,64$). Keskmise temperatuuri ja soolsuse puhul pole seos statistiliselt usaldusväärne ($p > 0,01$),

determinatsioonikordaja jääb suurimaks kaks nädalat enne proovide kogumist mõõdetud temperatuuri ($r^2 = 0,46$) ja samal ajal mõõdetud soolsuse puhul ($r^2 = 0,32$).



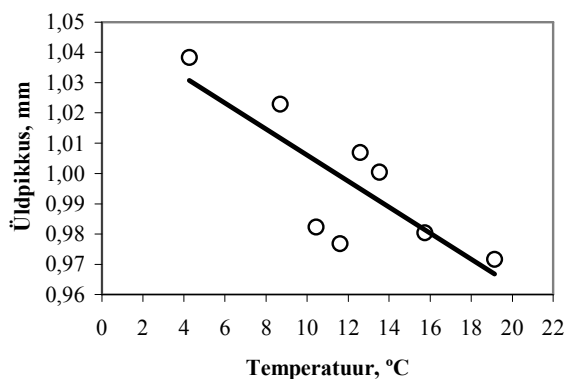
Joonis 7. *Eurytemora affinis* emaste loomade üldpikkuse seos kaks nädalat varem mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega.

2002. aastal avaldub emaste isendite pikkuse seos keskkonnatingimustega kõige paremini kaks nädalat varem mõõdetud temperatuuriga ($r^2 = 0,65$; $p < 0,01$; joon 8). Nädal varem ja samal ajal mõõdetud temperatuuriga pole seos statistiliselt usaldusväärne ($p > 0,01$), kuid jääb suhteliselt tugevaks – vastavalt $r^2 = 0,62$ ja $r^2 = 0,59$.

Üldpikkuse seost kaks nädalat varem mõõdetud veetemperatuuriga kirjeldab lineaarse regressiooni võrrand:

$$y = 1,0491 - 0,0043 x,$$

kus y on isendite pikkus (mm) ja x keskmine veetemperatuur ($^{\circ}\text{C}$).



Joonis 8. *Eurytemora affinis* emaste loomade üldpikkuse seos kaks nädalat varem mõõdetud temperatuuriga.

E. affinis pikkus ei ole 2002. aastal statistiliselt usaldusväärses seoses klorofüll *a* sisaldusega, determinatsioonikordaja jääb suurimaks nädal ja kaks nädalat varem

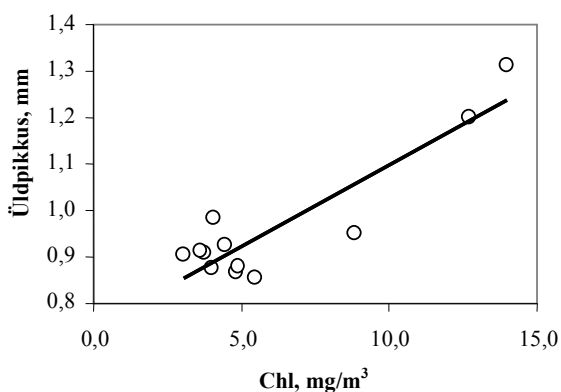
mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega, vastavalt $r^2 = 0,51$ ja $r^2 = 0,54$. Pikkuse seos soolusega ei ole 2002. aastal statistiliselt usaldusväärne ($p > 0,01$).

2003. aastal on pikkuse seos kõige tugevam proovide kogumisega samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega ($r^2 = 0,81$; $p < 0,0001$; joon 9) ja seda kirjeldab lineaarse regressiooni võrrand:

$$y = 0,7486 + 0,035 x,$$

kus y on isendite pikkus (mm) ja x keskmine klorofüll *a* sisaldus vees (mg/m^3).

Statistiliselt usaldusväärne ning suhteliselt tugev on seos ka kaks nädalat varem mõõdetud soolusega ($r^2 = 0,63$), nädal varem ja samal ajal mõõdetud sooluse puhul on seos suhteliselt nõrk. Pikkuse seos on usaldusväärne ($p < 0,008$) kõigil eri aegadel mõõdetud temperatuuriga, tugevaim on seos nädal varem mõõdetud veetemperatuuri puhul ($r^2 = 0,57$).



Joonis 9. *Eurytemora affinis* emaste loomade üldpikkuse seos samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega.

2004. aastal ei ole *E. affinis* pikkus statistiliselt usaldusväärses seoses ühegi keskkonnaparameetriga, kõikidel juhtudel $p > 0,01$. Kõige tugevamini avaldub seos kaks nädalat enne proovide kogumist mõõdetud sooluse puhul ($r^2 = 0,46$). Temperatuuri ja klorofüll *a* sisalduse puhul jääb ka suurim determinatsioonikordaja madalaks, vastavalt $r^2 = 0,1$ ja $r^2 = 0,27$.

Kõigi aastate (2000-2004) põhjal teostatud regressioonanalüüs näitab emaste *E. affinis* isendite pikkuse statistiliselt usaldusväärset seost nii klorofüll *a* sisalduse kui ka veetemperatuuriga. Kõige tugevamini avaldub pikkuse seos samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisalduse puhul ($r^2 = 0,49$; $p = 0,00000$; joon 10), mida kinnitab ka mitmeses regressioonanalüüsis saadud tugevaim seos (suurim koefitsient) klorofüll *a* sisalduse ja

üldpikkuse vahel (tabel 2). Temperatuuri puhul on pikkuse seos kõige tugevam nädal varem mõõdetud temperatuuriga ($r^2 = 0,31$; $p < 0,00006$). Kõigi aastate põhjal ei ole pikkuse seos soolusega usaldusväärne ($p > 0,01$), tugavaimaks jääb seos samal ajal mõõdetud soolusega ($r^2 = 0,3$).

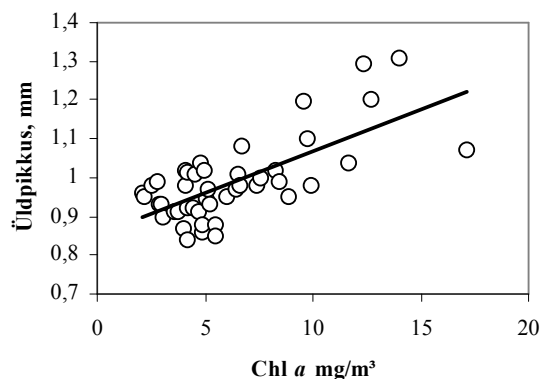
Tabel 2. *Eurytemora affinis* mõõtude seos proovide kogumisega samal ajal (1) ning isendite kasvamise ja arenemise ajal, nädal (2) ja kaks nädalat varem (3) mõõdetud klorofüll *a* sisalduse, temperatuuri ja soolusega. cChl, cT ja cS – koefitsiendid vastavate parameetrite puhul mitmeses regressioonis.

Parameetri mõõtmise aeg	Koefitsiendid			r^2	Isendite arv
	cChl	cT	cS		
1	0,018 $p < 0,0000$	0,002 $p > 0,01$	-0,009 $p > 0,01$	0,54	1619
2	0,009 $p > 0,01$	-0,006 $p > 0,01$	-0,005 $p > 0,01$	0,39	
3	0,008 $p > 0,01$	-0,006 $p > 0,01$	-0,002 $p > 0,01$	0,35	

Üldpikkuse seost samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega kirjeldab lineaarse regressiooni võrrand:

$$y = 0,8538 - 0,0215 x,$$

kus *y* on isendite pikkus (mm) ja *x* keskmine klorofüll *a* sisaldus (mg/m^3).



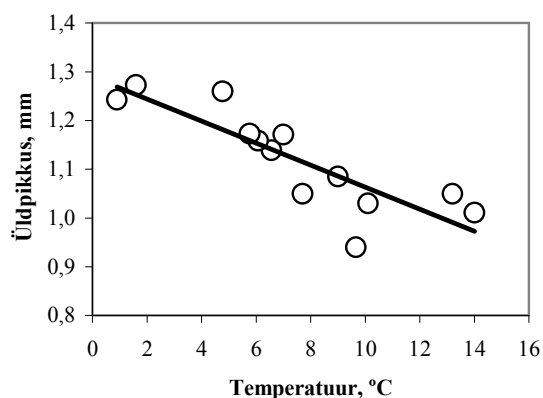
Joonis 10. *Eurytemora affinis* emaste loomade üldpikkuse seos samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega aastatel 2000-2004.

4.5.2. Aerjalalise *Eurytemora affinis* isaste isendite mõõtude sõltuvus keskkonnatingimustest aastal 2000

E. affinis täiskasvanud isaste loomade üldpikkust võrreldakse keskmise veetemperatuuriga proovide kogumise ajal ning nädal ja kaks nädalat enne proovide kogumist. Nii samal ajal ($r^2 = 0,58$) kui ka nädal varem mõõdetud veetemperatuuri puhul ($r^2 = 0,58$) on seos pikkusega statistiliselt usaldusväärne ($p < 0,01$). Loomade pikkuse ja veetemperatuuri vaheline seos avaldub kõige paremini kaks nädalat enne proovide kogumist mõõdetud veetemperatuuri puhul ($r^2 = 0,72$; $p < 0,0003$; joon 11). Vastavat sõltuvust kirjeldab lineaarse regressiooni võrrand:

$$y = 1,290 - 0,023 x,$$

kus y on isendite keskmine pikkus (mm) ja x keskmine veetemperatuur ($^{\circ}\text{C}$).



Joonis 11. *Eurytemora affinis* isaste loomade üldpikkuse seos kaks nädalat varem mõõdetud veetemperatuuriga.

Isaste üldpikkuse seos soolsusega avaldub kõige paremini nädal enne proovide kogumist mõõdetud soolsuse puhul, vastavalt $r^2 = 0,52$ ($p < 0,01$). Pikkuse seos samal ajal ja kaks nädalat varem mõõdetud soolsusega ei ole usaldusväärne ($p > 0,01$).

Regressioonanalüüs ei näita *E. affinis* täiskasvanud isaste isendite üldpikkuse usaldusväärset seost klorofüll a sisaldusega vees ($p > 0,01$), isegi parimal juhul $r^2 = 0,17$ ja seda proovide võtmisega samal nädalal mõõdetud klorofüll a sisalduse puhul.

4.6. Aerjalalise *Eurytemora affinis* biomass aastatel 2000-2005

Lähtudes lineaarsetest mõõdetest, isendite üldpikkusest, saab arvutada loomade individuaalse massi. Vastavaid valemeid on toodud nii aerjalaliste erinevatele liikidele kui

ka rühmale tervikuna. Käesolevas töös on *E. affinis* puhul kõige õigem kasutada just Pärnu lahe kohta leitud seoseid (Simm, 1980):

$$W = 0,01910 L^{2,2427} \quad \text{emased,}$$

$$W = 0,01695 L^{2,5662} \quad \text{isased,}$$

kus W on isendi märgkaal (mg) ja L on isendi üldpikkus (mm).

Lähtudes nendest valemitest ja kehapiikkuse mõõtmise tulemustest on arvatud *E. affinis* emaste isendite massid maist juulini eri aastatel (tabel 3). Ühe *E. affinis* emase isendi mass varieerub suurtes piirides (0,013 kuni 0,033 mg).

Tabel 3. Aerjalalise *Eurytemora affinis* emaste isendite märgmass (mg) kevad-suvel aastatel 2000-2005.

Kuu	Nädal	Aasta					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Mai	1	0,033	0,023	0,021	0,033	0,019	0,020
	2	0,031	0,023	0,020	0,027	0,019	0,020
	3	0,028	0,021	0,020	0,019	0,017	0,017
	4	0,023	0,019	0,019	0,016	0,017	0,013
Juuni	1	0,019	0,018	0,018	0,015	0,018	0,013
	2	0,020	0,017	0,019	0,015	0,016	0,014
	3	0,020	0,016	0,019	0,014	0,014	0,014
	4	0,020	0,016	0,019	0,014	0,014	0,013
Juuli	1	0,020	0,017	0,018	0,014	0,015	0,013
	2	0,020	0,018	0,018	0,014	0,016	0,013
	3	0,021	0,019	0,018	0,016	0,017	0,013
	4	0,022	0,020	0,018	0,017	0,017	0,014

Korrutades isendite massid nende arvukusega (ind/m^3) (lisa 5) saame *E. affinis* emaste biomassi (mg/m^3) (tabel 4).

Tabel 4. Aerjalalise *Eurytemora affinis* emaste isendite keskmine biomass kevad-suvel aastatel 2000-2005.

Kuu	Nädal	Aasta					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Mai	1	187,51	1,88	16,72	1,74	3,96	7,29
	2	99,79	1,27	74,90	1,80	6,18	9,64
	3	152,80	31,98	143,08	5,90	8,88	19,28
	4	233,24	73,95	130,66	22,12	24,20	30,98
Juuni	1	152,81	63,65	116,75	54,68	40,02	67,07
	2	58,56	32,89	101,39	402,63	27,25	100,91
	3	22,61	55,41	52,21	692,12	41,03	59,56
	4	6,59	87,28	21,83	360,36	64,46	19,93
Juuli	1	0,17	64,14	8,60	25,73	33,67	11,49
	2	0,44	34,11	1,61	10,26	3,86	6,93
	3	0,37	17,26	0,31	17,04	3,09	5,88
	4	0,10	2,97	0,61	10,56	1,55	2,39
Keskmine		76	39	56	134	22	28

Mai algusest kuni juuli lõpuni varieerub *E. affinis* emaste loomade biomass eri aastatel piirides 0,10 (juuli viimasel nädalal aastal 2000) kuni 692,12 (juuni kolmandal nädalal aastal 2003) mg/m³. Biomassid eri nädalatel on madalaimad aastatel 2001 ja 2004, jäädes alla 90 mg/m³. Aasta keskmised biomassid uuritud perioodil erinevad oluliselt – 22 mg/m³ 2004. aastal kuni 134 mg/m³ 2003. aastal.

5. ARUTELU

5.1. Fikseerimise mõju mõõtmetele

Formaliini mõju aerjalaliste keha massile on uurinud mitmed autorid (Omori, 1970; Durbin & Durbin, 1978; Landry, 1978; Champalbert & Kerambrun, 1979; Böttger, 1984; Kapiris et al., 1997, Wetzel et al., 2005), kuid vähe on andmeid formaliiniga fikseerimise mõjust lineaarsetele mõõdetele. Formaliini vähest mõju mõõtmetele on näidanud Landry (1978) ja Durbin et. al. (1978). Vastupidiselt on Kapiris jt. (1997) täheldanud, et formaliinis fikseerimine vähendab oluliselt kõiki keha mõõtmeid, kusjuures kahanemine on suurem tagakeha kui pearindmiku või üldpikkuse puhul. Käesoleva töö tulemused näitavad, et elusate ja formaliinis fikseeritud aerjalalise, *Acartia bifilosa*, täiskasvanute ja naupliuste keha pikkus oluliselt ei erine. Järjestikustel mõõtmistel pikkus loomulikult varieerub, kuid enamikel juhtudel, nii täiskasvanute kui naupliuste puhul, jäävad need muutused mõõtmistäpsuse piiridesse, s.t. pikkuse muutus ei ületa 0,01 mm. Võib järeldada, et tõenäoliselt aerjalaliste tugevast kitiinkestast tingituna formaliin ei mõjuta mõõtmistulemusi antud mõõtmistäpsuse juures. Sellest tulenevalt, aerjalaliste individuaalsed massid, arvatud fikseeritud materjali põhjal pikkus-massi suhte alusel, on usaldusväärsed ning annavad piisavalt õige biomassi hinnangu.

5.2. Aerjalalise *Eurytemora affinis* mõõtmete sesoonne ja pikaajaline varieeruvus

E. affinis isendite üldpikkuse sesoonses varieeruvuses 2000. aastal Pärnu lahes soolist spetsiifikat ei täheldatud. Suurima kehapikkusega emased ja isased *E. affinis* isendid esinevad mai alguses ning suhteliselt suured on mõõdnud ka täiskasvanute taasilmumisel planktonisse hilissügisel. Väikseimad kehamõõdnud esinevad emastel kui ka isastel juunis. Samale tulemusele on jõutud ka Soome lahe erinevate rannikualade uurimisel (Viitasalo et al., 1995). Seevastu Botnia lahes esinevad suurimate mõõtudega emased isendid keskmiselt kuu aega hiljem, juunis (Viitasalo et al., 1995). Isaste maksimaalne pikkus ületab emaste oma ning see saavutatakse erinevatel aegadel – isaste puhul sügisel, novembri esimesel nädalal, emaste puhul kevadel, mai esimesel nädalal. Minimaalse pikkusega emased ja isased esinevad zooplanktonis üheaegselt – juuni esimesel nädalal. Reeglina on isased väiksemad kui emased.

Üldiselt toimuvad nii emastel kui isastel muutused pearindmiku ja tagakeha pikkuses samaaegselt üldpikkusega. Keskmiselt on pearindmiku pikkus suurem *E. affinis* emastel, tagakeha pikkus aga isastel.

E. affinis mõõtmete sesoonne varieerumine on oluline mitmes aspektis. Esiteks, emaste pikkuse muutumine mõjutab nende viljakust, kuigi ka veetemperatuur ja toidu kättesaadavus määravad munade produtseerimise tempot (Kiørboe & Nielsen, 1994). Paljude aerjalaliste liikide puhul, nagu *Pseudocalanus* sp. (McLaren, 1969) ja *E. affinis* (Hirche, 1992; Ban & Minoda, 1994), on suurematel emastel kõrgem viljakus, munade arv munakotis on suurem. Sellest tulenevalt võib kevadel, kui algne emaste tihedus vees on madal, aerjalaliste populatsioon järsult suurened. Teiseks, suuremad individid on võimelised toituma suurematest toiduosakestest (suuremad fütoplankterid, bakterid, orgaaniline pude) kui väiksemad isendid. Näiteks suuremad fütoplanktoni rakud domineerivad kevadise õitsengu ajal, ja see võib anda eelise suurematele zooplanktoni isenditele.

Kolmandaks võivad röövluse surve sesoonsed muutused samuti mõjutada *E. affinis* keskmist suurust. Läänemeres on räime röövellus suvekuudel intensiivsem kui kevadel (Rudstam et al., 1992) ning kuna räim toitub selektiivselt enim silmatorkavatest objektidest (Flinkman et al., 1992), võib röövellus mõjutada saakloomade keskmist suurust. Seega, kuigi käesolevas töös avaldub selgesti isendite mõõtmete sesoonse varieeruvuse seos erinevate keskkonnateguritega, võib osaliselt siiski avalduda ka röövelluse negatiivne mõju.

5.3. Mõõtude sõltuvus keskkonnatingimustest

Pärnu lahes avaldub nii isaste kui emaste *E. affinis* isendite mõõtude ja veetemperatuuri vahel negatiivne seos – kõrgema veetemperatuuri juures esinevad väiksemad isendid ning madalama temperatuuriga vees on loomade mõõdud suuremad. Aerjalaliste mõõtmete negatiivset seost veetemperatuuriga on näidatud ka eksperimentaalselt (McLaren, 1969; Mauchline, 1998). Kui veetemperatuur tõuseb, siis hingamine ja üldine ainevahetuslik vajadus kasvab võrreldes assimilatsiooniga järsemalt (Lehman, 1988), mis seab keha suurusele ülempiiri erinevate veetemperatuuride puhul. Aerjalalised võivad saavutada suuremad mõõdud külmas vees ka seetõttu, et arengujärgkude kestus on madalamate temperatuuride puhul märgatavalt pikem (Vidal, 1980).

Deevey (1960) on oletanud, et sesoonne veetemperatuuri varieeruvus määrab ära, kumb faktor on olulisem, kas veetemperatuur või toit. Kui aasta jooksul vee keskmine temperatuur varieerub 14°C või rohkem, siis on aerjaliste suurus pöördvõrdelises seoses temperatuuriga; kui veetemperatuuri muutus on alla 14°C, siis on olulisem fütoplanktoni kontsentratsioon. Seega rõhutatakse keskkonnategurite suhtelise muutlikkuse tähtsust. Samuti märkis Deevey (1960), et analüüsides vaid ühte aastat, siis enamasti selgitab aerjalaliste suuruse muutlikkust kõige paremini veetemperatuur, uurides pikaajalisi andmeid, võivad aga teised muutujad, eelkõige toitumistingimused, osutada olulisemaks. Seda väidet kinnitavad ka käesoleva töö tulemused. Aastate 2000-2004 andmete põhjal näitab regressioonanalüüs *E. affinis* mõõtude oluliselt tugevamat seost klorofüll *a* sisaldusega vees võrreldes temperatuuri ja soolsusega.

Eri aastatel varieerub *E. affinis* üldpikkuse seos keskkonnatingimustega oluliselt. Emaste *E. affinis* loomade puhul on seos toiduga, väljendatuna klorofüll *a* sisaldusena, positiivne - mida rohkem on süüa, seda suurem on loom. Kõigil aastatel on seos klorofülliga tugevaim proovide kogumisega samal ajal mõõdetud klorofüll *a* sisaldusega. Kuid osadel aastatel võib seos isendite üldpikkuse ja temperatuuri vahel osutada suhteliselt tugevamaks. Temperatuuriga on seos tugevaim kaks nädalat enne proovide kogumist, järelikult isendite arenemise ajal, mõõdetud temperatuuriga. Tuleb ka ära märkida emaste isendite mõõtude kahanemist oktoobri lõpus ja novembri alguses 2000. aastal. Erinevalt isastest, kelle mõõdud taasilmumisel planktonisse sügisel kasvavad lineaarselt, on emaste isendite pikkused märkimisväärselt väiksemad. Mõõdud suurenevad jällegi novembri lõpus. Võib oletada, et väikesemõõduliste emaste isendite esinemine hilissügisel on arvatavasti põhjustatud toidu nappusest.

Erinevalt emastest ei ole isaste loomade mõõtmed usaldusväärses seoses klorofüll *a* sisaldusega. Võib järeldada, et *E. affinis* isaste mõõdud sõltuvad eelkõige veetemperatuurist.

Viitasalo jt. (1995) on järeldanud, et aerjaliste mõõtmete seos nii veetemperatuuri kui ka fütoplanktoni kontsentratsiooniga oleneb uurimisalast. Botnia lahe avaosas on *E. affinis* mõõdud seoses peamiselt toitumistingimustega, kuid Soome lahe edelaosa suhteliselt avatud ja saarestikuga alal veetemperatuuriga. Samuti on mitmed teadlased kirjutanud, et veetemperatuur on peamiseks faktoriks, mis määrab ära mereliste aerjalaliste suuruse, seda vähemalt toitainete külluse tingimustes (McLaren, 1969; Hirche, 1992).

Võib järeldada, et suhteliselt madalas ja eutrofeerunud Pärnu lahes on *E. affinis* isendite mõõtmete vähenemine iga konkreetse aasta kevad-suvel määratud peamiselt veetemperatuuriga, kuid koondandmed erinevate aastate kohta toovad esile toitumistingimused.

5.4. Aerjalalise *Eurytemora affinis* biomass Pärnu lahes

E. affinis isendite keskmised individuaalsed massid on toodud mitmetes artiklites (Bitjukov et al., 1971; Melvasalo et al., 1973; Ojaveer, 1997). Läänemeres, eriti varasematel aastatel, on kasutatud isendite standardseid masse – üks kindel mass iga liigi kohta, aerjalaliste puhul ka eraldi arengustaadiumite kaupa. Näiteks *E. affinis* emaste isendite massiks on võetud 0,030 mg ja isastel 0,025 mg (Lumberg, 1976; Lumberg, Ojaveer, 1991; Simm, 1995; Ojaveer, 1997).

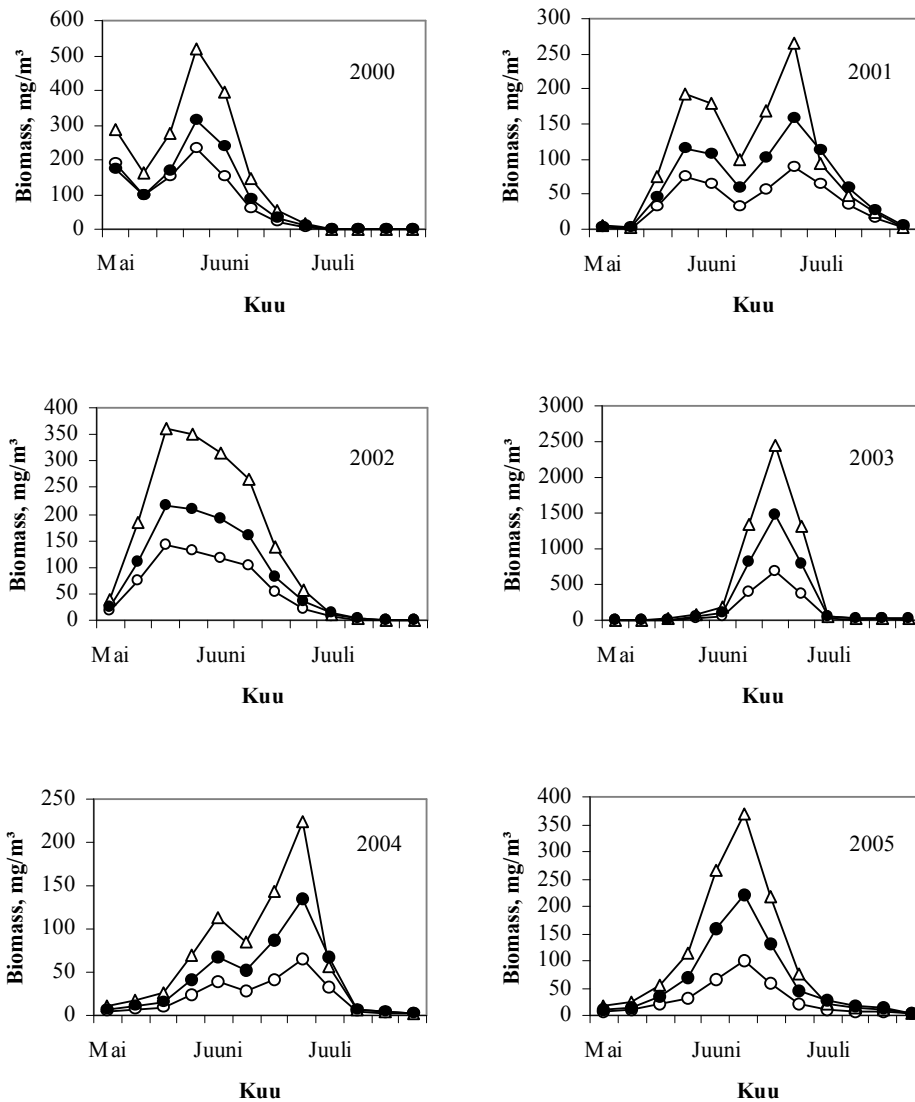
Täpsemad andmed (erinevad massid eri sesoonidel) on toodud BMB käsiraamatus (Hernroth, 1985). *E. affinis* emaste ja isaste isendite individuaalsed massid on vastavalt jaanuar-märts 0,025 ja 0,020 mg; aprill-juuni 0,050 ja 0,040 mg ; juuli-detsember 0,025 ja 0,020 mg.

HELCOM COMBINE programmis on ette nähtud loomade pikkuse määramine igas proovis.

Võrreldi *E. affinis* biomassi Pärnu lahes, mis saadi kolmel viisil:

- 1) käesoleva töö andmetel
- 2) Hernroth (1985) soovitude järgi
- 3) standardmasside kasutamisel

Arvutades erinevate individuaalsete masside alusel *E. affinis* täiskasvanud emaste isendite biomassi Pärnu lahes 2000-2005. aasta kevad-suvel (joon 12), näeme, et konkreetsete pikkuste alusel arvutatud biomass on tunduvalt madalam kui BMB soovitude kohaselt.



Joonis 12. *E. affinis* biomass Pärnu lahes kevad-suvel aastatel 2000-2005. (—○—) käesolev töö; (—△—) Hernroth, 1985; (—●—) standardmass

Järelikult, HELCOM COMBINE soovitus – mõõta loomi igas proovis – on hädavajalik, et saada usaldusväärne biomassi hinnang.

KOKKUVÕTE

Magistritöö uurimisobjektiks on Pärnu lahe ühe arvukaima aerjalalise *Eurytemora affinis* mõõtude sesoonne ja pikaajaline varieeruvus. Mõõtude alusel on arvatud zooplankterite individuaalsed massid, mis omakorda on muuhulgas vajalikud zooplanktoni biomassi, erinevate põlvkondade suuruse ja mereökosüsteemi toiduahela kõrgemate lülide toidubaasi suuruse hindamisel. Traditsiooniliselt on zooplanktoni biomass määratud formaliinis fikseeritud materjali põhjal. Antud töös on hinnatud formaliiniga fikseerimise mõju aerjalalise *Acartia bifilosa* täiskasvanutele ja naupliusvastsetele. Samas on antud ülevaade veetemperatuuri, soolsuse ja toitumistingimuste ning kirjanduse alusel ka teiste keskkonnatingimuste mõjust mõõtudele. Selgitati kas konkreetsete pikkuste järgi määratud masside alusel leitud biomass erineb oluliselt standardmasside alusel saadud biomassist. Eraldi on analüüsitud aerjalalise *E. affinis* pearindmiku, tagakeha ja keha üldpikkuse varieeruvust sõltuvalt isendi soost. Töös on kasutatud autori poolt ajavahemikul 2000-2005 Pärnu lahest kogutud ja analüüsitud materjali.

Ilmselt tugevast kitiinkestast tingituna ei mõjuta formaliinis fikseerimine oluliselt aerjalalise, *A. bifilosa*, täiskasvanute ja naupliusvasete kehapiikkust antud mõõtmistäpsuse (0,01 mm) juures. Aerjalaliste individuaalsed massid, arvatud fikseeritud materjali põhjal pikkus-massi suhte alusel, on usaldusväärsed ning annavad piisavalt õige biomassi hinnangu.

E. affinis emaste ja isaste isendite üldpikkuse sesoonne varieeruvus Pärnu lahes on sarnane – suurima pikkusega isendid esinevad mai alguses ja ka liigi taasilmumisel planktonisse sügisel; isendite mõõdud on väikseimad juunis. Nii emas- kui ka isasisenditel toimuvad muutused pearindmiku ja tagakeha pikkuses samaaegselt üldpikkusega. Keskmiselt on pearindmiku pikkus suurem emastel, tagakeha pikkus aga isastel.

Pärnu lahes avaldub nii isas- kui emasisendite mõõtude ja veetemperatuuri vahel negatiivne seos. Kõrgemal veetemperatuuril arenenud loomad on statistiliselt oluliselt väiksemad kui madalamal temperatuuril arenenud isendid.

Eri aastatel varieerub *E. affinis* üldpikkuse seos keskkonnatingimustega oluliselt. Emasisendite puhul on seos toiduga, klorofüll *a* sisaldusega vees, positiivne – mida suurem on toidubaas, seda suurem on loom. Mõnel aastal osutub seevastu seos isendi üldpikkuse ja

veetemperatuuri vahel suhteliselt tugevamaks. Tuleb ära märkida emasisendite mõõtude kahanemist oktoobri lõpus ja novembri alguses. Erinevalt isastest, kelle mõõdud sügisel kasvavad lineaarselt, on emaste isendite pikkused märkimisväärselt väiksemad. Mõõdud suurenevad jälle novembri lõpus. Võib oletada, et väikesemõõduliste emasisendite esinemine hilissügisel on põhjustatud toidu nappusest. Erinevalt emastest ei ole isaste loomade mõõtmed usaldusväärses seoses klorofüll *a* sisaldusega. Seetõttu tuleb et *E. affinis* isasloomade lineaarmõõte seostada pigem veetemperatuuri kui toitumistingimustega.

Pikaajaliste andmete põhjal näitab regressioonanalüüs emaste *E. affinis* isendite mõõtude oluliselt tugevamat seost klorofüll *a* sisaldusega vees võrreldes temperatuuri ja soolsusega.

Kokkuvõtlikult, suhteliselt madalas ja eutrofeerunud Pärnu lahes on *E. affinis* isendite mõõtmete vähenemine iga aasta kevad-suvel määratud peamiselt veetemperatuuriga, kuid koondandmed erinevate aastate kohta toovad esile toitumistingimused. Konkreetsetest pikkustest lähtudes arvatud individuaalsete masside alusel leitud *E. affinis* täiskasvanud isendite biomass on tunduvalt madalam kui BMB soovitude alusel arvatatu. HELCOM COMBINE soovitus – mõõta loomi igas proovis – on vajalik, sest annab usaldusväärsema biomassi hinnangu.

SUMMARY

Seasonal and long-term variations in the body size of the copepod *Eurytemora affinis* in Pärnu Bay

Maria Põllupüü

The current MSc thesis describes the seasonal and long-term variations in the body size of *Eurytemora affinis* in Pärnu Bay, Gulf of Riga. On the basis of the length measurements is calculated the individual body weight of the copepod which, in turn, is important, amongst others, for assessing both the overall and generation's biomass of this copepod species together with estimations of the food resource of the upper trophic levels of the marine ecosystem. Usually, copepod measurements are made by using formaline-preserved animals but not the fresh material. In the present study, two life stages of the copepod *Acartia bifilosa* – adults and nauplii – were examined for the effect of preservation with 4 % (v/v) formalin solution on their total body length. The thesis gives an overview on the influence of the water temperature, salinity and feeding conditions on the body size of *E. affinis*. The body size of *E. affinis* is analyzed separately for adult females and males to determine whether there is a sex-dependent differences in body dimensions. Separate measurements were performed on the cephalosoma, urosoma and the total body length of the copepod species. One of the most important questions to answer within the current work was to clarify whether there is a difference in copepod biomass calculated on the basis of individual length measurements and by applying the standard individual body weight.

The material of the current study is collected from Pärnu Bay in during the years of 2000-2005 by the author of the thesis. Zooplankton samples were collected by vertical hauls through the whole water column with a Juday net (mouth surface area 0,1 m², mesh size 90 µm). Samples were preserved in 4% formaline solution and the analysis are based on the methodology approved and suggested by the HELCOM COMBINE program.

Results of the present study show that there are no statistically significant difference in alive and formaline-preserved copepod *Acartia bifilosa* body length both in case of adults and nauplii. Therefore it is suggested here that the body length of copepods, drawn from preserved samples, can be used as an unbiased measure for the copepod biomass calculation from the length-weight relationship.

The total body length of both the females and males of the copepod *E. affinis* exhibits substantial seasonal variation: individuals with maximum average body length are present in the zooplankton community in the beginning of May. In addition, relatively large body size was also recorded in autumn when they appear again in pelagic zooplankton community. In contrast, the body size of the copepod appears to be small in June. Generally, changes in the length of cephalosoma and urosoma, both for females and males, takes place at the same time with the total body length. On an average, the length of cephalosoma is larger for females and the length of urosoma for males.

The relationship between *E. affinis* body length and selected environmental factors (water temperature, salinity and food density) varies by different years. There appears negative relationship between the water temperature and copepod body dimensions. The copepod individuals developed at higher water temperatures are statistically significantly smaller than those developed at lower water temperatures. The relationship between feeding conditions and linear body measurement is different for females and males. For *E. affinis* females, the relation with food (chlorophyll *a* content in water) correlated positively with body length: the more there is available food, the larger the animals are. However, in some years, the relationship with water temperature turn out to be relatively stronger. Here it should be mentioned that females' linear body dimensions decrease in the late October and beginning of November. Unlike for males, whose body measurements show linear increase in autumn when the species appears again in the zooplankton community, females body length is significantly smaller. The body length of females increases again in late November. Thus, appearance of small sized females in late autumn is probably caused by food limitations.

For *E. affinis* males the relationship with chlorophyll *a* content in water is not statistically significant. Therefore it can be concluded that body dimensions of *E. affinis* males is not affected by feeding conditions but is rather determined by water temperature.

On the basis of the long-term data, the relationship between the body length of *E. affinis* and chlorophyll *a* content appears to be significantly stronger than that with the water temperature or salinity.

In conclusion, in the relatively shallow and eutrophied Pärnu Bay, the spring-summer decline in the body size of the copepod *E. affinis* is mainly determined by water

temperature. However, in the long-term perspective, phytoplankton concentration appears to be an important factor.

Biomass of the adult *E. affinis*, which is calculated by using the individual weight obtained from the concrete length measurements, is significantly lower than those calculated by the Baltic Marine Biologists' Association (BMB) recommendations. Thus, HELCOM COMBINE recommendation to measure mesozooplankters in every sample is inevitable because it gives more reliable evaluation of the mesozooplankton biomass.

KIRJANDUS

- Ackefors, H. 1969. Ecological zooplankton investigations in the Baltic proper 1963-1965. *Rept. Inst. Mar. Res. Lysekil. Fish. Board Swed. Ser. Biol.*, **18**, 1-139.
- Ban, S. & Minoda, T. 1989. Seasonal distribution of *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880) (Copepoda; Calanoida) in freshwater Lake Ohnuma, Hokkaido. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, **40**, 147-153.
- Ban, S. & Minoda, T. 1994. Induction of diapause egg production in *Eurytemora affinis* by their own metabolites. *Hydrobiol.*, **292/293**, 185 – 189.
- Bityukov, E. P., Greze, V. N. & Petrovskaya, M. V. 1971. The zooplankton of the Gulf of Finland. *Izv. GosNIORH*, **76**, 46 – 64 (vene k.).
- Bogorov, V. G., Preobrazenskaya, E. N. 1934. Barentsi mere plankterite kaalu iseloomustus. *Bulletyn VNIRO*, **2**, 1 – 26. (vene k.)
- Borutcky, E. V. 1934. Põhjafauna kvantitatiivse uurimise küsimused. *Trudy Limnol. St. Kosino*, **17**, 1 – 36. (vene k.).
- Borutcky, E. V. 1958. Kalade toiduks olevate selgrootute organismide mõõdulis-vanuselise iseloomu määramise metoodikast. *Voprosy Ichthyology*, **2**, 181 – 187. (vene k.).
- Böttger, R. 1984. The effect of formalin fixation on the dry weight of copepods, with special reference to *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880). *Biol. Oceanogr. Comm. ICES C.M.1984/L:24*.
- Busch, A. & Brenning, U. 1992. Studies on the status of *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880) (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, **62**, 13 - 38.
- Castel, J. & Feurtet, A. 1989. Dynamics of the copepod *Eurytemora affinis hirundoides* in the Gironde Estuary: Origin and fate of its production. *Scientia marina*, **53**, 577-584.

- Champalbert, G. & Kerambrun, P. 1979. Influence du mode de conservation sur la composition chimique elementaire de *Pontella mediterranea* (Copepoda : Pontellidae). *Mar. Biol.* **51**, 357-360.
- Chojnacki, J., Ciszewski, P., Witek, Z. 1980. The body weight of more important copepods in the Southern Baltic.
- Coker, R. E. 1933. Influence of temperature on size of freshwater copepods (*Cyclops*). *Int. Rev. ges. Hydrobiologia*, **29**, 406-436.
- Comita, G. W., Anderson, G. C. 1959. The seasonal development of a population of *Diaptomus ashlandi* Marsh, and related phytoplankton cycles in Lake Washington. *Limnol. Oceanogr.* **4**, 37-52.
- Conway, D.V.P., McFadzen, I.R.B. & Tranter, P.R.G. 1994. Digestion of copepod eggs by larval turbot *Scophthalmus maximus* and egg viability following gut passage. *Marine ecology progress series*, **106**, 303-309.
- Deevey, G. B. 1960. Relative effects of temperature and food on seasonal variation in length of marine copepods in some eastern American and western European waters. *Bull. Bingham Oceanogr. Colls.* **17**, 54-84.
- Dermott, R.M., Paterson, C. G. 1973. Determing dry weight and percentage dry matter of chironomid larvae. *Can. J. Zool.*, **52**, 1243 – 1250.
- Durbin, E.G. & Durbin, A.G. 1978. Length and weight relationship of *Acartia clausii* from Narragansett Bay, R.I. *Limnol. Oceanogr.*, **23**, 958-969.
- Eriksson, S. 1973. Abundance and composition of zooplankton on the west coast of Sweden. *Zoon*, **1**, 113-123.
- Flinkman, J., Vuorinen, I. & Christiansen, M. 1994. Calanoid copepod eggs survive the passage through fish digestive tract. *ICES J. Mar. Sci.* **51**, 127-129.
- Flinkman, J., Vuorinen, I., & Aro, E. 1992. Planktivorous Baltic herring (*Clupea harengus*) prey selectively on reproducing copepods and cladocerans. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **49**, 73-77.

- Gaston, G. R., Barlett, J. H. W., Mcallister, A. P., Heard, R. W. 1996. Biomass variations of estuarine macrozoobenthos preserved in ethanol and formalin. *Estuaries*, **19**, 674 – 679.
- Giguere, L.A., St-Pierre, J.F., Bernier, B., Vezina, A., Rondeau, J.G. 1989. Can we estimate the true weight of zooplankton samples after chemical preservation? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **46**, 522 – 527.
- Grice, G. D. 1971. The developmental stages of *E. affinis americana* Williams, 1906, and *E. affinis herdmani* Thompson & Scott, 1897 (*Copepoda, Calanoida*). *International Journal of crustacean research*, **20**, 146-158.
- Gurney, R. 1931. British Freshwater *Copepoda*. 1. General part, *Calanoida*. The Ray Soc., London, 1-238.
- Halme, E. 1958. Planktologische Untersuchungen in der Pojo-Bucht und angrenzenden Gewässern. IV. Zooplankton. *Ann. Zool. Soc. 'Vanamo'*, **19**, 1-62.
- Heerkloss, R., Adamkiewicz-Chojnacka, B. Schnese, W. 1985. Biomasse der planktischen Copepoden in inneren Küstengewässern der südlichen Ostsee.
- HELCOM COMBINE, 2005. *Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM*. <http://www.helcom.fi/ec.html> (vaadatud 05.02.2005)
- Hernroth, L. 1985. Mesozooplankton biomass assesment. *Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea*.
- Hernroth, L. 1985. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Mesozooplankton biomass assessment, *BMB Publication*, **10**, 1-32.
- Hirche, H.-J. 1974. Die Copepoden *E. affinis affinis* Poppe und *Acartia tonsa* Dana und ihre Besiedlung durch *Myoschiston centropagidarum* Precht (Peritricha) in der Schlei. *Kieler Meeresf.*, **30**, 43-64.
- Hirche, H.-J. 1992. Egg production of *Eurytemora affinis* - effect of k-strategy. *Estuar. Costl. Shelf. Sci.*, **35**, 395 - 407.

- Hopkins, T. L. 1968. Carbon and nitrogen content of fresh and preserved *Nematocelis difficilis*, a euphausiid crustacean. – *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, **31**, 300-304
- Howmiller, R. P. 1972. Effects of preservatives on weight of some common macrobenthic invertebrates. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **101**, 743-746.
- Kamshilov, M. M. 1951. *Calanus finmarchicus* Gunner massi määramine keha pikkuse mõõtmise alusel. *Dokl. ANSSSR*, LXXVI, 945 – 948 (vene k.).
- Kankaala, P. 1987. Structure, dynamics and production of mesozooplankton community in the Bothnian Bay, related to environmental factors. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, **72**, 121-146.
- Kapiris, K., Miliou, H. & Moraitou-Apostolopoulou, M. 1997. Effects of formaldehyde preservation on biometrical characters, biomass and biochemical composition of *Acartia clausi* (Copepoda, Calanoida). *Helgol. Meeres.*, **51**, 95-106.
- Katona, S. K. 1970. Growth characteristics of the copepods *Eurytemora affinis* and *E. herdmani* in laboratory cultures. *Biol. Lab. Harvard Univ.*, **20**, 373-384.
- Kiõrobe, T. & Nielsen, T. G. 1994. Regulation of zooplankton biomass and production in a temperate, coastal ecosystem. 1. Copepods. *Limnol. Oceanogr.* **39**, 493-507.
- Kos, M., S. 1977. Species of the genus *Eurytemora* (Copepoda, Calanoida) in northern part of the Pacific Ocean: systematics, distribution, variability. *Explorations of the fauna of the seas*, **20 (28)**, 20-53 (vene k.).
- Kotta, J., Simm, M., Kotta, I., Kanocina, I., Kallaste, K. & Raid, T. 2004. Factors controlling the long-term changes of eutrophicated ecosystem of Pärnu Bay, the Gulf of Riga. *Hydrobiol.*, **514**, 259 – 268.
- Kovalev, A.V. 1964. Mõningate Musta mere pelaagiliste Copepoda mõõtude sesoonsed muutused. *Zool. J.*, XLVII, 133 – 136 (vene k.).
- Kovalev, A.V. 1968. Aerjalaliste massi sesoonsed muutused ja biomassi määramise probleem. *Gidrobiol. J.*, 5, 91 – 94 (vene k.).

- Laganovska, R. 1974. Seasonal changes in the distribution of biomass of zooplankton organisms in the southern part of the Gulf of Riga. In: Biology of the Baltic Sea. I. Hydrochemistry and hydrobiology of the Gulf of Riga. Eds. G. Andrushaitis, R. Laganovska, A. Kumsare, M. Matisone. Riga, 218 - 243 (vene k.).
- Landahl, C.-C., Nagell, B. 1978. Influence of the season and the preservation methods on wet- and dry weights of larvae of *Chironomus plumosus* L. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, **63**, 405 – 410.
- Landry, M.R. 1978. Population dynamics and production of a planctonic marine copepod, *Acartia clausi*, in a small temperate lagoon on San Juan island, Washington. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* **63**, 77-119.
- Lee, C. E. & Bruce W. Frost, B. W., 2002. Morphological stasis in the *Eurytemora affinis* species complex (Copepoda: Temoridae). *Hydrobiol.*, **480**: 111–128.
- Lee, C. E., 1999. Rapid and repeated invasions of fresh water by the copepod *Eurytemora affinis*. *Evolution*, **53(5)**, pp. 1423-1434.
- Lee, C. E., 2000. Global phylogeography of a cryptic copepod species complex and reproductive isolation between genetically proximate ‘populations’. *Evolution*, **54(6)**, pp. 2014–2027.
- Lehman, J. T. 1988. Ecological principles affecting community structure and secondary production by zooplankton in marine and freshwater environments. *Limnol. Oceanogr.*, **33(4)**, 931-945.
- Leuwen, S.E.W., Brock, C.M., Druten, H.A.M. 1985. Effects of preservation on dry-free and ash-free dry weight biomass of some common aquatic macro-invertebrates. *Hydrobiol.*, **127**, 151 – 159.
- Lumberg, A. & Ojaveer, E. 1991. On the environment and zooplankton dynamics in the Gulf of Finland in 1961 – 1990. *Proc. Estonian Acad. Sci Ecol.*, **1**, 131 – 140.
- Lumberg, A. J. 1976. On zooplankton in the Gulf of Finland. *Rybkoz. issled. bass. Balt. Morya*, **12**, 10 -28 (vene k.).

- Mäemets, A. & Veldre, I. 1956. *Eesti NSV vabaltelavad aerjalalised (Eucopepoda) I. Hormikulised (Calanoida)*. ENSV Teaduste Akad. Toimetused, Tartu. 1-86.
- Marcus, N. H., Lutz, R., Burnett, W. & Cable, P. 1994. Age, viability, and vertical distribution of zooplankton resting eggs from an anoxic basin: evidence of an egg bank. *Limnol. Oceanogr.* **39**, 154-158, 175-219.
- Mason, W.T., Lewis, P. A., Weber, C.I. 1983. An evaluation of benthic macroinvertebrate biomass methodology. *Environ. Monit. Assess.*, **3**, 29 – 44.
- Mauchline, J. 1998. The biology of calanoid copepods. *Marine Biology*, **33**, 1 – 710.
- McLaren, I.A. 1969. Population and production ecology of zooplankton in Ogac Lake, a landlocked fjord on Baffin Island. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **26**, 1485 - 1559.
- Melvasalo, T., Viljamaa, H. & Huttunen, M. 1973. Planktonanalyysimenetelmät vuosina 1966 – 1972. *Vesisuojeulaboratorion tiedonantoja*, **5**, 1 – 21.
- Moraitou-Apostolopoulou, M. 1975. Seasonal variations in length of three copepods in Saronic Bay (Greece). *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **30**, 93 – 101.
- Morris, R. 1972. The preservation of some oceanic animals for lipid analysis. *J. Fish. Bd. Can.*, **29**, 1303-1307.
- Ojaveer, H. 1997. Environmentally induced changes in the distribution of fish aggregations on the coastal slope in the Gulf of Riga. *Proc. of the 14th BMB Symp.*, **14**, 170 - 183.
- Omori, M. 1970. Variations of length, weight, respiratory rate and chemical composition *Calanus cristatus* in relation to its food and feeding. In Steele, J. H. (ed.): Marine food chains. Oliver & Boyd, Edinburgh, 113-126.
- Omori, M. 1978. Some factors affecting on dry weight, organic weight and concentrations of carbon and nitrogen in freshly prepared and in preserved zooplankton. *Int. Revue. ges. Hydrobiol.*, **63(2)**, 261-269.
- Rudstam, L.G., Hansson, S., Johansson, S. & Larsson, U. 1992. Dynamics of planktivory in a coastal area of the northern Baltic Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **80**, 159-173.

- Ruhmor, H. 1990. Soft bottom macrofauna: collection and treatment of samples. *ICES Tech. Mar. Environ. Sci.*, **8**, 18.
- Salonen, K., Sarvala, J. 1985. Combination of freezing and aldehyde fixation, a superior preservation method for biomass determination of aquatic invertebrates. *Arch. Hydrobiol.*, **103**, 217 – 230.
- Simm, M. & Ojaveer, E. 2000. Dynamics of copepods and fish larvae in Pärnu Bay (NE part of the Gulf of Riga) in the spring-summer period. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, **49**, **4**, 317 – 326.
- Simm, M. 1976. Pärnu lahe zooplanktoni ökoloogiast. *Rybokoz. issled. bass. Balt. Morya*, **12**, 29 - 43 (vene k.).
- Simm, M. 1995. Zooplankton in the northeastern part of the Gulf of Riga. - In: "Ecosystem of the Gulf of Riga between 1920 and 1990". Ed. E. Ojaveer, *Estonian Academy Publishers*, Tallinn, 169 - 175.
- Simm, M., Kukk, H. & Viitasalo, M. 2003. Pelagic larvae of the invader *Marenzelleria viridis* (Polychaeta; Spionidae) in the plankton community of the NE part of the Gulf of Riga, Baltic Sea. *Proc. of the Estonian Acad. of Sci., Biology, Ecology*, **4**, 394 – 406.
- Stoecker, D.K., Gifford, D.J., Putt, M. 1994. Preservation of marine planktonic ciliates: losses and cell shrinkage during fixation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **110**, 293 – 299.
- Suursaar, Ü. & Tenson, J. 1998. Hydrochemical Regime And Productivity Of The Pärnu Bay In 1968-1996. EMI Report Series, **9**, 91-117.
- Vidal, J. 1980. Physioecology of zooplankton. I. Effects of phytoplankton concentration, temperature, and body size on the net production efficiency of *Calanus pacificus* and *Pseudocalanus sp.* *Mar. Biol.* **56**, 111-134.
- Viitasalo, M., Koski, M., Pellika, K. & Johansson, S. 1995. Seasonal and long-term variations in the body size of plankton copepods in the northern Baltic Sea. *Marine biol.*, **123**, 241 - 250.

- Viitasalo, M., Katajisto, T. & Vuorinen, I. 1994. Seasonal dynamics of *Acartia bifilosa* and *Eurytemora affinis* (Copepoda: Calanoida) in relation to abiotic factors in the northern Baltic Sea. *Hydrobiol.*, **292/293**, 415 – 422.
- Vuorinen, I. 1987. Vertical migration of *Eurytemora* (Crustacea, Copepeoda): a compromise between the risk of predation and decreased fecundity. *J. Pl. Res.*, **9**, 1037-1046.
- Wetzel, M. A., Leuchs, H. & Koop, J. H. E. 2005. Preservation effects on wety weight, dry weight and ash-free dry weight biomass estimates of four common estuarine macro-invertebrates: no differencebetween ethanol and formalin. *Helgol. Mar. Res.* (2005), **59**, 206-213.
- Wiederholm, T., Eriksson, L. 1977. Effects of alcohol-preservation on the weight of some benthic invertebrates. *Zoon*, **5**, 29 – 31.
- Wilson, M. S. & Tash, J. C. 1966. The eurychaline copepod genus *Eurytemora* in fresh and brackish waters of the Cape Thompson region, Chukchi Sea, Alaska. *Proc. Unit. States Nat. Mus., Smithsonian Inst.*, **118**, 553-576.
- Winberg, G.G. 1971. Methods for the estimation of production of aquatic animals. *Academic Press*, London, 1-175.
- Working Group 5, 2000 BERNET – Baltic Eutrophication Regional Network. Aquatic Monitoring and Assessment. Country of Funen. Denmark.

LISAD

LISA 1

Aerjalalise *Eurytemora affinis* emasloom munadega (pikkus 1,5 mm)

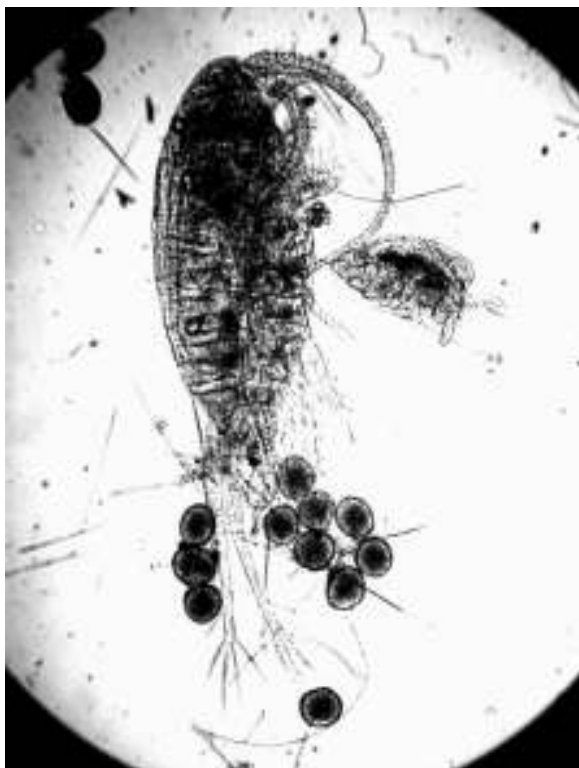


Foto. Mart Simm

LISA 2

Aerjalalise *Eurytemora affinis* isasloom (pikkus 1,4 mm)



Foto: Mart Simm

LISA 3

Keskmine veetemperatuur (°C) aastatel 2000-2004

Kuu	Nädal	Aasta				
		2000	2001	2002	2003	2004
Aprill	1	3,4	1,8	2,5	2,3	2,9
	2	4,0	2,1	3,0	2,8	4,3
	3	5,6	2,8	3,8	3,2	5,3
	4	7,5	4,0	6,1	4,2	7,5
Mai	1	8,2	6,2	9,2	6,1	10,7
	2	9,1	8,8	10,8	8,4	12,4
	3	10,8	10,3	11,3	10,1	11,7
	4	12,3	11,1	12,7	11,4	11,0
Juuni	1	13,6	12,0	13,8	12,5	12,2
	2	14,8	13,0	14,1	13,5	14,2
	3	15,7	13,9	15,9	14,4	15,7
	4	16,3	14,5	17,2	15,8	16,7
Juuli	1	16,6	15,3	17,8	16,6	17,2
	2	17,0	16,7	19,3	16,2	17,7
	3	17,6	18,9	20,4	17,5	18,5
	4	18,4	20,4	20,7	19,0	19,3

Keskmine veesoolsus (psu) aastatel 2000-2004

Kuu	Nädal	Aasta				
		2000	2001	2002	2003	2004
Aprill	1	4,3	4,4	4,7	5,7	4,4
	2	4,4	4,6	5,0	6,1	4,5
	3	4,4	4,6	4,9	5,9	4,5
	4	4,5	4,5	4,7	5,5	4,5
Mai	1	4,6	4,4	4,6	5,1	4,5
	2	4,8	4,3	4,7	5,1	4,7
	3	4,9	4,5	4,8	5,3	4,9
	4	4,9	4,7	4,9	5,4	5,1
Juuni	1	4,9	4,7	5,1	5,4	5,2
	2	4,9	4,8	5,1	5,2	5,2
	3	4,9	4,8	5,1	4,9	5,1
	4	4,9	4,9	5,0	5,2	5,0
Juuli	1	5,0	5,1	4,9	5,6	4,9
	2	5,1	5,1	5,0	5,6	4,9
	3	5,1	5,1	5,1	5,6	4,9
	4	5,1	5,1	5,1	5,5	5,0

Klorofüll *a* keskmine sisaldus (mg/m³) aastatel 2000-2004

Kuu	Nädal	Aasta				
		2000	2001	2002	2003	2004
Aprill	1	6,3	9,1	7,1	5,8	7,1
	2	12,1	17,5	13,6	11,2	15,7
	3	14,0	22,0	17,5	14,4	22,5
	4	12,2	21,2	15,9	14,5	20,5
Mai	1	12,4	17,1	11,7	14,0	13,8
	2	12,3	9,7	9,2	12,7	8,5
	3	9,6	4,1	8,3	8,9	6,1
	4	6,7	2,7	7,4	4,5	5,3
Juuni	1	5,1	2,5	6,6	3,1	4,6
	2	4,8	2,9	6,5	3,8	4,1
	3	4,5	3,3	7,5	4,9	4,2
	4	4,1	3,0	9,2	5,5	4,7
Juuli	1	4,2	2,2	9,9	4,9	5,5
	2	4,2	2,1	9,0	4,0	6,2
	3	4,1	3,2	7,1	3,6	6,4
	4	3,9	4,9	5,1	4,1	6,0

LISA 4

Eurytemora affinis emaste ja isaste isendite pearindmiku ja tagakeha keskmine pikkus
(mm; keskmine \pm SE ja piirid)

Kuu	Nädal	Isendite arv	Emased		Isased	
			Pearindmik	Tagakeha	Pearindmik	Tagakeha
Aprill	4	30	0,71 \pm 0,01 0,63 - 0,80	0,49 \pm 0,01 0,42 - 0,59	0,73 \pm 0,01 0,69 - 0,78	0,52 \pm 0,01 0,46 - 0,59
Mai	1	30	0,75 \pm 0,01 0,69 - 0,84	0,53 \pm 0,01 0,42 - 0,59	0,73 \pm 0,01 0,67 - 0,80	0,54 \pm 0,01 0,49 - 0,62
	3	30	0,70 \pm 0,01 0,63 - 0,78	0,49 \pm 0,01 0,39 - 0,62	0,68 \pm 0,01 0,64 - 0,80	0,49 \pm 0,01 0,42 - 0,62
	4	60	0,64 \pm 0,00 0,59 - 0,76	0,43 \pm 0,01 0,35 - 0,54	0,64 \pm 0,04 0,56 - 0,70	0,45 \pm 0,01 0,39 - 0,56
Juuni	1	30	0,56 \pm 0,01 0,52 - 0,64	0,38 \pm 0,01 0,32 - 0,49	0,56 \pm 0,01 0,49 - 0,62	0,39 \pm 0,01 0,32 - 0,49
	2	30	0,61 \pm 0,01 0,56 - 0,69	0,43 \pm 0,01 0,38 - 0,55	0,61 \pm 0,01 0,56 - 0,69	0,43 \pm 0,00 0,36 - 0,49
	4	10	0,61 \pm 0,01 0,59 - 0,66	0,40 \pm 0,01 0,38 - 0,42	0,62 \pm 0,01 0,60 - 0,64	0,43 \pm 0,01 0,41 - 0,46
Juuli	1	11	0,62 \pm 0,01 0,59 - 0,66	0,38 \pm 0,02 0,32 - 0,46	0,62 \pm 0,01 0,57 - 0,66	0,39 \pm 0,01 0,36 - 0,45
Okt	1	10	0,65 \pm 0,01 0,56 - 0,76	0,41 \pm 0,01 0,36 - 0,49	0,62 \pm 0,01 0,52 - 0,69	0,43 \pm 0,01 0,38 - 0,49
	3	3	0,70 \pm 0,05 0,63 - 0,78	0,44 \pm 0,06 0,36 - 0,56	0,69 \pm 0,01 0,66 - 0,70	0,45 \pm 0,05 0,36 - 0,50
Nov	1	17	0,67 \pm 0,01 0,57 - 0,81	0,42 \pm 0,01 0,32 - 0,54	0,69 \pm 0,01 0,59 - 0,77	0,47 \pm 0,01 0,38 - 0,56
	2	4	0,65 \pm 0,01 0,62 - 0,73	0,38 \pm 0,01 0,35 - 0,49	0,71 \pm 0,03 0,63 - 0,76	0,47 \pm 0,04 0,38 - 0,55
	4	3	0,70 \pm 0,01 0,62 - 0,84	0,42 \pm 0,11 0,35 - 0,56	0,76 \pm 0,07 0,67 - 0,90	0,50 \pm 0,05 0,42 - 0,59

LISA 5

Eurytemora affinis emaste isendite keskmine arvukus (ind/m³) aastatel 2000-2005

Kuu	Nädal	Aasta					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Mai	1	5680	83	809	53	206	368
	2	3202	56	3665	67	333	486
	3	5533	1513	7250	305	510	1122
	4	10362	3866	6979	1377	1401	2298
Juuni	1	7932	3577	6313	3536	2260	5287
	2	2970	1960	5335	26975	1708	7402
	3	1109	3394	2736	49153	2891	4377
	4	330	5290	1168	26256	4459	1496
Juuli	1	9	3780	469	1837	2233	880
	2	22	1938	89	708	239	545
	3	18	927	17	1074	178	438
	4	4	149	34	605	89	166

LISA 6