

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
HÜDROBIOLOOGIA ÕPPETOOL

Toomas Jõgisu

LITORAALIKALADE ARVUKUSE JA
TOITUMISE ÖÖPÄEVANE DÜNAAMIKA
SAARNAKI LAIUL (KAGU-HIIUMAA
RANNIK, VÄINAMERI)

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Arno Põllumäe, Ph.D.

Tartu 2013

Sisukord

Sisukord	2
1. Sissejuhatus	3
2. Kalarühmade leidumine ja toitumine ning neid parameetreid mõjutada võivad tegurid ..	4
3. Materjal ja metoodika.....	16
3.1 Uurimisala.....	16
3.2 Noodapüügid.....	18
3.3 Kalade analüüs	19
3.4 Planktoniproovide kogumine ja analüüs	20
3.5 Toitumise uurimine.....	20
3.6 Andmeanalüüs	21
4. Tulemused	22
4.1 Noodapüükide liigilise koosseisu, kalade arvukuse ja biomassi ööpäevane dünaamika	22
4.2 Zooplanktoni arvukuse ööpäevane dünaamika.....	25
4.3 Litoraalkalade toitumise ööpäevane dünaamika.....	27
5. Arutelu	33
Kokkuvõte	46
Summary.....	47
Tänuavaldus.....	49
Töös kasutatud kirjandus	50
Lisa	55
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	64

1. Sissejuhatus

Käesolev töö on teostatud eesmärgiga anda ülevaade litoraalkalade leidumise ja toitumise ööpäevasesest dünaamikast Kagu-Hiiumaa rannikul ning on teostatud rannikumere kalastiku seire käigus. Kuna probleem on seni pigem vähe uuritud, siis pea-aegu puudub võrreldav kirjandus sellel teemal. Esitatud on selle töö püügi tulemused ja võrreldud lähedaste töödega peamiselt toitumise osas. Kuna töö planeerimisel üheks aluseks olnud Magnhageni doktoritöö (1984) järgi toitunud uuritud mudillased Rootsi läänerannikul peamiselt bentosest, siis oli eesmärgiks selgitada, kas nende toidus leidub ka zooplanktonit, mis osutus ettenägelikuks sammuks. Rannikumere kalastiku seiret püsiuurimisaladel Eesti rannikumeres teostatakse alates 1992. aastast kaheksal püsiuurimisalal, sealhulgas Väinameres Saarnaki uurimisalal – Saarnaki laiü lääneranniku ning Sarve poolsaare rannavetes.

Rannikumere seiret teostatakse standardsete nakkevõrkudega. Kõrge selektiivsuse tõttu ei sobi nakkevõrgud kõigi kalaliikide püüdmiseks. Seirepüükiel kasutatavad nakkevõrgud (silmasammuga alates 17 mm) ei püüa väikesi kalu – väikesi liike ja suuremate liikide noorjärke, mistõttu ei õnnestu saada terviklikku ülevaadet kalakooslusest. Selle puuduse kõrvaldamiseks on alates 2002. a uuritud võimalusi maimunootade kasutamiseks seiretöödel. Käesolev töö oli sellel alal esimene katsetus ja töö teoreetilise osa valmimiseni ei ole seda autorile teadaolevalt kasutatud. Töö autori jaoks on see töö huvipakkuv, kuna on võimaldanud hüdrobioloogia eriala valinul tutvuda liikidega, mis kasutavad toiduks zooplanktonit, mille uurimine oli keskastme töö teema.

Töö eesmärkideks olid:

- 1) selgitada välja noodapüükide liigiline koosseis, arvukus, liikide pikkuseline ja sooline jaotumine saagis,
- 2) selgitada välja liigilise koosseisu ja arvukuse ööpäevane dünaamika,
- 3) uurida valitud liikide zooplanktonist toitumise ööpäevast dünaamikat
- 4) selgitada, kas kalad eelistavad ühte või teist plankterit toiduobjektina; selleks koguti kvantitatiivsed planktoniproovid ööpäevaringselt.

Litoraalkalade dünaamika uurimine on oluline mõistmaks paremini troofilisi seoseid litoraaliaalal, mis võimaldaks hinnata võimalikke kitsaskohti ka kõrgemate kiskjate toitumisel, kellest osa on olulised inimesele töenduslikult ja kes kasutavad uuritavaid rühmi toiduks (tõsi, viimane ei ole selles töös tähelepanu all). Püütakse anda ülevaade litoraaliaala kalade dünaamikast kui koosluse osast, osana Eesti loodusest.

2. Kalarühmade leidumine ja toitumine ning neid parameetreid mõjutada võivad tegurid

Ei litoraalkalade arvukuse ega toitumise ööpäevase dünaamika kohta uuritud alal kirjanduses otseselt võrreldavaid andmeid ei leidu. Leidub võrdlemisi vähe andmeid lähedastel aladel teostatud uurimuste kohta ja need on varasemast ajajärgust ning sageli ei puuduta ööpäevaseid rütme. Seega, töö autor võib anda ülevaate probleemistiku laiemast ringist nii lähedal töö teemale, kui on võrreldavaid uurimusi arvestades võimalik.

Eestis seni dokumenteeritud kalastiku arvukusest lähtudes oli oodata mitmete liikide esindatust ka valitud uurimisalal. Näiteks oli oodata luukaritsa (*Pungitius pungitius*), kes on riimvees tavaline ja elupaiga valikul generalist, esinemist tema kudemisaja lõpupoole (augustikuu). Veel palju suuremal arvul oli oodata kogu rannikuriba ulatuses laialt levinud ogaliku (*Gasterosteus aculeatus*) enamiku elust merega seotud vormi esinemist kudemisaja viimastel päevadel (juuli). Ogalik on levinud kohati väga arvukalt (Pihu ja Turovski, 2001) ja ta on oluline ranniku ökosüsteemi toiduahelates, samuti kasutatakse teda tööstuslikult. Mudillastest (*Gobiidae*) oli oodata uurimisalal musta mudilat (*Gobius niger*), kes on Väinameres tavaline, eelistab jõgede suudmealasid ja väiksema soolasusega vesi, millele vastab Läänemere Eesti aladel kõige paremini Väinameri. Samuti leidis merekala väikest mudilakest (*Pomatoschistus minutus*), kes esineb meie merevetes kõikjal, eelistades liivast põhja, millele viitab ka tema ingliskeelne nimi "sand goby", ja meie vete kõige väiksemat (mere)kala pisimudilakest (*P. microps*), kes on samuti tavaline pea kõikjal sobivates kohtades kuni Prangli saareni Soome lahes; eelistab mudast põhja. Seevastu meil haruldast kirjumudilat (*Coryphopterus flavescens*), kes on tavaline Saksamaa rannikul, leidub selle töö uurimisalal tõenäoliselt harva või ei leidu üldse. Alates 1990ndatest on Läänemeres kirjeldatud ka ümarmudilat (*Neogobius melanostomus*), kes on saabunud arvatavasti ballastvetega; Eestis leiti esimest korda Pärnu lahes 23. aprillil 2002. a (Ojaveer *et al*, 2003). Alates 2005. aastast on teda leitud Soome lahest, ümarmudila populatsioon on eksponentsiaalse kasvu faasis. 2009. aastaks oli selle agressiivse liigi biomassi proportsioon 42,8% Muuga lahe ranniku kalakooslusest (Ojaveer *et al*, 2011). Saarnakil peaks leiduma lepamaimu (*Phoxinus phoxinus*), kes esineb meie rannikuvetes kõikjal, kohati massiliselt, ja viidikat (*Alburnus alburnus*), kelle tavalisele esinemisele Väinameres leidub viide kirjanduses (Mikelsaar, 1984). Seni avaldatud kirjandusest ei ole uurimuse autoril õnnestunud leida andmeid loetletud litoraalkalade

ööpäevase arvukuse kõikumise kohta. Seda nii Eesti vetes kui ka välismaal. Arvatavasti mõjutab ka selle koosluse väikekalade arvukust litoraaliveendises ööpäevaselt rida tegureid nagu eelistatavama toidu rohkem leidumine ja vee kihtide valgustatus, millega seoses ööpäevased ränded sügavamasse vette ja tagasi (Lorke *et al*, 2008). Samuti kiskluse eest hoidumine, mille tõttu peaks litoraaliveendises väikekalu arvukamalt kui pelagiaalis, kus leidub rohkem suuri kõrgemaid kiskjaid. Selle kohta kahjuks Eestis andmestik puudub kuna pelagiaali püükidel kasutatakse suuremasilmalisi püügivahendeid, mis on kalade suuruse suhtes selektiivsed nagu ülal selgitatud.

Ojaveer *et al* (2003) andmetel on luukarits valimatu kiskja, kelle põhitoiduses on zooplankton (vesikirbulised, *Cladocera*, ja aerjalalised, *Copepoda*) ja -bentos, mõnikord ka alla 10 mm kalamaimud (Pihu ja Turovski, 2001) ja kalamari. Ogalike toidulaud on suuresti võrreldav, esikohal zooplankton. Autorid toovad ära, et see väikekala toitub intensiivselt aastaringiselt – sügiseti ja talviti on registreeritud seedus puudunud 10–33% kalade maos, kevadel ja suvel on dokumenteeritud toidus koguni üle 90% varasemates töödes uuritud isendite maos. Suvisel temperatuuril on ogalike toiduvajadus kuni 16,9% keha kogumassist (Tw). Ogalik on arvatavasti tõsine toidukonkurent töenduslikele liikidele. Dukowzka *et al* (2003) leidsid ogaliku seedusest veel surusääkslasi (*Chironomidae*), kihulasi (*Simuliidae*), ühepäevikulisi (*Ephemeroptera*), liblikalisi (*Lepidoptera*), lutikalisi (*Heteroptera*) ja orgaanilise aine osakesi. Samas uurimuses tõdetakse, et pärishüdra perekonna, *Hydra sp.* (kõrveraksed, *Cnidaria*) ja väheharjasusside (*Oligochaeta*) esindajate puudumise põhjus võis olla ogalike kiire seedimine või ka *Hydra* liikide efektiivne kaitsemehhanism. Pihu ja Turovski (2001) on toonud luukaritsate toiduna veel karikkerilase, *Keratella sp.* (keriloomad, *Rotifera*) ning ogaliklaste juures karpvähi, *Heterocyprideis sp.* (karpvähilised, *Ostracoda*), kuulmiksaba, *Neomysis sp.* (müsiidilised, *Mysidacea*), põlvikvähi, *Bathyporeia sp.* (kirpvähilised, *Amphipoda*) ja sõudikkerilase (*Filinia sp.*). Mudillaste toiduses on märgitud esikohale vähid (*Crustacea*), sealhulgas kakandilised (*Isopoda*), *Ostracoda*, *Copepoda* ja *Cladocera*, kirpvähklased *Gammaridae* (*Amphipoda*), kootvähklased *Corophiidae* (*Amphipoda*), suur tähnikmüsiid *Praunus flexuosus* (*Mysidacea*); valgelaup-kakand (*Jaera albifrons*), lehtsarv (*Idothea sp.*) ja merikilk (*Saduria entomon*) ning rõngussid, *Nereidae* (hulkharjasussid, *Polychaeta*), limused (*Mollusca*), *Rotifera* (hõimkond) ja *Chironomidae* larvid (Mikelsaar, 1984 ja Ojaveer *et al*, 2003 ning vähemal määral Magnhagen ja Wiederholm, 1982a). Zloch *et al* (2005) leidsid samuti *Mysidacea* esindajaid nagu harilik uuskuulmiksaba (*Neomysis integer*). Lisaks olid ussikesed (teised *Polychaeta* esindajad, *Chironomidae* vastsed),

limused, *Mollusca* (rannakarp, *Mytilus sp.*) ja noored kalad ning kalamari. Nende 2005. aasta töös on toodud, et mudillaste toidus oli oluliselt rohkem bentilisi kui planktilisi liike, kuid viimased olid siiski olulised, eriti väikese mudilakese toidus. Ööpäevase toitumise dünaamika kohta Eesti vetes siin uuritavate kalarühmade kohta andmed puuduvad (autor ei ole leidnud). Nende rühmade ööpäevase toitumise dünaamika kohta välismaal andmed samuti pea-aegu puuduvad või on väga vähesed. Ööpäevaselt mõjutavad kalade toitumist zooplanktoni osas viimase ööpäevased ränded, päevaks sügavamatesse kihtidesse (Lorke *et al*, 2008). Öösel on zooplankton kõrgema energeetilise väärtusega, kuid halvemini tabatav nähtavuse tõttu. Ööpäevaselt mõjutab kalade toitumist ka avatus kõrgematele kiskjatele ja nende eest varjumise aktiivsus, mis muudab öise toitumise ahvatlevamaks hoolimata halvemast nähtavusest omakorda. Oluline on valguse-pimeduse vaheldumine, millest sõltub kalade eksponeeritus nende toiduobjektidele ja viimaste kiskluse vältimise eelised eri päeva aegadel. Päevast toitumise aktiivsust võib mõjutada pilvisus, muutes kalad nende söödale halvemini märgatavateks.

Eesti merevete suguküpsete luukaritsate pikkus (TL) kõigub 3,3-st kuni 5,3 cm-ni. Ogalike keskmine pikkus on 4,7–5,9 cm; emased on veidi, kuid oluliselt pikemad (Ojaveer *et al*, 2003). Väinamere väikese mudilakese pikkusena toob Mikelsaar (1984) 4,3–4,4 cm, kaal 0,5–0,7 g ja pisimudilakese vastavate andmetena 2,1–3,4 cm ja 0,25 g ning mustal mudilal 2,6–8,9 cm ja 0,3–8,4 g. Pärnu lahe väikese mudila Fultoni indeks oli 1996. aasta sügisel $0,69 \pm 0,11$ (Ojaveer *et al*, 2003). Magenhagen (1984) esitab väikese ja pisimudila pikkustena 3,1–4,8 cm, pisimudila suurimad pikkused esinesid juulis.

Kuigi mudillased on Eestis valdavalt pigem nn prügikala (kirjumudil kaasa arvatud, kuigi Eesti rannikuvetes haruldane), leidub maailmas alasid, kus mudillaste esindaja on arvatud kriitilises seisus liikide hulka. Algselt 87 Vaikse ookeani idalaguuni leiualal kirjeldatud lootevee mudil (ing k „tidewater goby”, *Eucyclogobius newberryi*) on jäänud haruldaseks Rodeo laguunis, mis on veel tema ainus leiukoht suuremas San Francisco lahe piirkonnas. Ta on kantud ohustatud liikide nimekirja. Kuigi Rodeo laguunis on inimtekkeliste toitainete koormus vähene, on näha eutrofeerumise tunnuseid. Seal on täheldatud liikide väljasuremist alates 1980ndatest ja on märgatud ka mürgiseid fütoplanktereid, hiljutisemalt sinivetikaid, *Microcystis aeruginosa* – sinikud (*Cyanophyta*). Lahte on uuritud ka seoses selle tunnistamisega oluliseks alaks seal eluneva mudillase tõttu (Drake *et al*, 2010 ja Internet 1). Alates 2005. aasta juunist on Narva veehoidlast avastatud ka kaugida unimudilat (*Perccottus glenii*), kes kujutab röövkalana tõsist ohtu väiksematele

kaladele ja konnadele (Käärt, 2007). Eestis varem leitud ja tavalised mudillased ei kujuta ohtu litoraalkooslustele ja on Eesti looduse lahutamatu osa.

Ka Läänemeres ja Väinameres on eutrofeerumine tuntud probleem, mis avaldab mõju kalade arvukusele ja toitumisele; rohkem zoobentost ja kalu on halokliinist ülal- ja vähem allpool (Rönnberg ja Bonsdorff, 2004). Uuritavaid kalaliike Väinamere litoraalkoosluses mõjutab eutrofeerumine tõenäoliselt toidu hulga (zooplankton ja -bentos) ja elupaikade muutuste kaudu (makrovegetatsiooni olemasolu), kuid täpsemaid uuringuid selle töö autori andmetel siin uuritavate kalaliikide kohta samast piirkonnast ei leidu. Tuntud probleem seoses eutrofeerumisega on fütobentose indikaatorliigi põisadru (*Fucus vesiculosus*) vähesem leidumine ja sügavuslevik (Berger *et al*, 2004). Kuigi Torn ja Martin (2012) leidsid, et Väinameres (ja Pärnu lahes) puudub korrelatsioon põisadru sügavusleviku (Väinameres kuni 6 m) ja eutrofeerumise otseste näitajate vahel (korrelatsioon on olemas mujal Kirde-Läänemere rannikul), siis Andersen *et al* (2011) leidsid, et Väinameri on nende töös eutrofeerumise kõige halvema seisundi keskmisel astmel (muude näitajate põhjal). Nende kõige halvemale seisundile vastab enamik Läänemere alast. Väinameres on eutrofeerumine avaldanud otsest halba mõju eelkõige merisiia (*Coregonus lavaretus*) ja meritindi (*Osmerus eperlanus*) elutegevusele; see on toimunud koelmualade mudastumise ja vee põhjakihtide hapnikusisalduse languse kaudu, mis halvendab demersaalselt (veekogu põhjas) arenevate loodetega liikide tingimusi (Saat ja Eschbaum, 2002). Siia kuuluvad ka ogaliklased ja mudillased.

Magnhagen (1984) toob esile, et väike mudilake on elupaiga valiku poolest generalist, aga pisimudilakese leiud jäid mudase põhjaga varjatud lahtedesse. Väike mudil on kasvult suurem ja seega tõenäoliselt (toidu)konkurentsivõime domineeriv. Elupaiga ja toidu erinevused ei ole nii suured, et olla tingitud tugevast selektiivsest survest, kuid võivad olla mingil määral põhjustanud vastastikuse eraldumise toiduniši osas vastavalt konkurentsiväljastamise reeglile (Gause reegel). Kolmas oluline nišiparameeter, mis võib kooselutsevatel liikidel erineda, on ajastusega seonduv. Gause reegli kohaselt ei või kaks täpselt sama nišši täitvat liiki eksisteerida üheskoos, teine tõrjutakse kõrvale. Toidukonkurentsi vähendavad omakorda kiskluse all olek või ka toidu küllus. Kooseksisteerimine Rootsi läänerannikul mõnel vaatlusaastal võrreldes teistega on olnud mõjutatud pigem paljunemise õnnestumisest ja hoovustest. Akvaariumis toitusid nii väike mudil kui pisimudil sarnaselt seni, kuni neid hoiti lahus. Samas akvaariumis inkubeerides oli nende toidueelistus erinev, kusjuures pisimudilake toitus vähem (Edlund ja Magnhagen, 1981); sarnane muster iseloomustas ka välitööde tulemusi, mis õigustab toidukonkurentsi

seletust. Erineva toiduniši kasutamine ei pruugi tagada liigile konkurentsi olukorras püsijäämist ja ei ole seega piisav seletus kahe liigi kooselunemise võimalikkusele. Elupaiga niši erinevus on nende kahe mudillase kooseksisteerimise võimalikkuse seletusena natukene olulisem kui toidueelistused. Elupaigana eelistas pisimudilake pigem taimestikuga ala akvaariumis ja avatud vett looduslikus keskkonnas, seevastu väike mudilake ei teinud vahet; võib arvata, et pisimudilakest häiris suurem teiste kalade arvukus looduslikus taimestikus ja muud sellega kaasnevad tegurid (Magnhagen ja Wiederholm, 1982b). Erinevused saadavalolevate toiduosakeste (objektide) hulga ja söödud toidu konsistentsi vahel on tingitud aktiivsest toiduvalikust ja ka muudest teguritest, nagu kalade aktiivsus; näiteks kudemise ajal on sugude toitumus erinev, vähemliikuvad isased söövad vähem ja vähem valikuliselt kui emased (vähem liikudes on vähem võimalusi toidu erinevate rühmade tabamiseks). Saadavalolevate toiduseorganismide hulk ja ka söödudsaamise sagedus sõltub nende esinemissagedusest, aktiivsusest, väljapaistvusest ja söödudsaamise vältimise osavusest. Et hinnata, kas kiskja on aktiivse toiduvalikuga või on toitunud lihtsalt enamsaadaolevatest rühmadest, selleks tuleb võtta arvesse neid tegureid. Peaaegu võimatu on täpselt loendada toiduobjektide tabamise arvu looduslikus keskkonnas, mis on oluline, hindamaks optimaalse toitumise teooria (OFT – “optimal foraging theory”) kohaste eelduste paikapidavust. Optimaalse toitumise teooria selgitab, kuidas liik peaks valima toitu, et tagada parim vorm vastavalt nišile ja toidu saadavusele selle raames. On tõenäoline, et eri liikidel on toitumise osas erinevad eesmärgid või kaalutlused, nagu kiskluse alususe vältimine või suguline käitumine, mida võivad mõjutada aastaaeg, vanus, sugu. Toidueelistuse ja strateegia uurimiseks kasutas Magnhagen mõnes laboris läbiviidud vaatluses suurusjärkudesse jaotatud amfipod *Corophium volutator*-it, tavalist kootvähki, ja *Chironomus sp.* vastseid, surusääsklasi, mis oli nende kalade kõige sagedasem toidus looduses Rootsi läänerannikul. Neli kala (liigi kaupa või mõlemad liigid koos) olid korraga akvaariumis toitumas 8 h jooksul, mille järel tehti soolesisaldise analüüs (Edlund ja Magnhagen, 1981). Uurija leidis, et ka kalad, pisimudilakesed, võivad eelistada toidu mitmekesisust (nagu näiteks kuldhamstrik, *Mesocricetus auratus*, eelistab toidus vaheldumisi erinevaid teravilju), samuti näiteks punajalg tilder (*Tringa totanus*) võib valida toitu ka pigem ainelise konsistentsi kui ainult energeetilise kasuteguri alusel (Goss-Custard, 1977). Kui pisimudilakesed olid saanud akvaariumis neli nädalat ainult *Corophium*it ja seejärel said valida sama toidu ja *Ch.* vastsete vahel, siis eelistasid nad süüa *Chironomus*t kaks korda rohkem kui kootvähke; kontrollrühm söi mõlemaid rühmi võrdses koguses (Magnhagen ja Wiederholm, 1982a). Looduses eelistas pisimudilake süüa

*Corophium*it ka siis, kui see polnud parasjagu kõige arvukam toiduse liik; see võib olla tingitud harjumusest, kuna tavaline kootvähk on üldiselt arvukalt saadaval. Teine põhjus võib olla *Corophiumi* suurem aktiivsus settepinnal, millega kaasneb parem eksponeeritus. Akvaariumis tuli esile, et oluline on ka saakisendi märgatavus keskkonnas. Katsekalana kasutati ka lesta (*Platichthys flesus*), kes sõi laboris pigem suuremaid toitloomakesi, nagu ka väike mudilake. See toetab OFT-d, kuna suuremate toiduosakeste söömine on energeetiliselt soodsam; sama trendi järgis pisimudilake, kuni kolmeks suurusklassiks jaotatud *Corophiumi* kõiki suurusklasse oli võrdselt. Kui väikesi suurusklasse oli rohkem, siis ei esinenud suuremaid loomakesi pisimudilakese toiduses suuremal määral, mis jätab võimaluse selgituseks, et saaklooma tabatavusel on toidueelistuses oluline roll. Laboris oli nii väikese mudilakese kui lesta pikkuse ja keskmise toiduobjekti suuruse vahel positiivne korrelatsioon. Looduses seost ei esinenud, kuna väikesed suurusklassid olid väga arvukad ja neid leidis igas suuruses kiskjate seeduses. Pisimudilakese suuruserinevus on sedavõrd väike, et ei tuvastatud tema toiduobjekti eelistust suurusklassi alusel (Magnhagen, 1984b). Paljunemishooaja lõpuks juulis olid emased kalad toitumise iseärasuste tõttu kudemisajal suuremad kui isased (lõimetishooldega hõivatud isastel on toitumiseks vähem võimalusi ja aega). Emaste suurem mass on oluline ka paljunemisel, kuna kala suuruse ja marjaterade arvu vahel on positiivne korrelatsioon. Enamik pisimudilakesi soost sõltumata teist talve ei näe, kuna nende eluiga on tavaliselt kõigest 1,5 aastat. Kõik mudillased on sügise poole keskmiselt väiksemad kui suvel, kudemisajal; sama aasta isendid jõuavad kudemisaja mõõttudesse alles järgmisel suvel (Magnhagen, 1984a). Magnhagen püüdis siin vaadeldavad ja katsealused kalad käsinoodega $u \leq 1$ m sügavusest veest, võrgu tihedus oli 2 mm (Magnhagen, 1984).

Uurides lähemalt, leidsid Magnhagen ja Wiederholm (1982a), et *Corophiumi* oli põhjasetetes kõige arvukamalt juunis, mille järel langes arvukus madalaimale tasemele septembris ja seejärel tõusis taas. Paralleelselt looduses leidumise arvukusega kõikus kootvähi arvukus mudillaste toidus. *Chironomus*t oli kõige arvukamalt settes ja seeduses oktoobris. Juulis ja augustis oli liikide esinemine looduses ja toidus proportsionaalne. Juunis ja septembrist novembrini oli erinevus märgatav, *Corophiumi* rohkema tarbimise kasuks. Mõnikord võib toitumise efektiivsus sõltuda ka kiskja kogemustest ja otsingu kujutluse loomisest, viimane võis kujuneda suvise ohtra kootvähkide arvukuse ajal, kuid sellise kohastumuse kujunemist ei kinnita akvaariumikatse tulemused (kirjeldatud ülal), mis näitasid, et pärast pikka kootvähi söömist eelistas pisimudilake toiduvaheldust surusääsklaste näol. Saakloomakestest olid *Corophiumi* esindajad aktiivsed

ööpäevaringselt, kuid aktiivsemad hommikupoole, mis vastab ka mudillaste ööpäevasele käitumisele aktiivsuse tipuga koidikul. *Corophiumi* esindajate esinemistiheduse ja aktiivsuse vahel oli märgatav positiivne korrelatsioon. *Chironomuse* vastsed olid vaatluse ajal settepinnal vähem aktiivsed kui kootvähid, olles nähtaval harva. *P. microps* toitus selle uurimuse akvaariumikatses alati valimatult, süües kõige lähemal asuva objekti, mida ta märkas tänu selle liigutamisele, olles ise lamavas ja saaki ootavas kiskja asendis. Laboris toitus pisimudilake võrdselt nii kootvähkidest kui surusääsklastest, vastavalt sellele, kas ühte oli keskkonnas rohkem või oli neid võrdselt. Juhul kui toiduratsioonis oli *Corophiumit* viis korda rohkem, toitus kala surusääsklastest arvukamalt, kui oleks olnud oodata. Uuritud on ka saaklooma käsitlemisele kuluvat aega alates saagi tabamisest kuni neelamiseni. *Chironomuse* vastsete ja väiksemate kootvähkide neelamiseks kulus kaladel ca 2–3 sekundit. Suuremate *Corophiumi* esindajate peale kulus ca 4–9 sekundit ja mõnikord tuli ka loomake välja sülitada ja kootvähkide erilise kaitsekohastumuse tõttu alustada otsast peale. Seega suuremad „suutäied” kulutavad neelamiseni rohkem energiat, aga annavad rohkem ka tagasi. Uurija tunnistab, et pisimudil haarab põhjale kõige lähemal asuvama ja liikuvama saaklooma (sõltumata liigist ja suurusest) alates teatud esinemissagedusest, ja hindab samas, et sama liik ei taba saakloomi proportsionaalselt nende hulga põhjal. Tõendeid selektiivse kiskluse kohta ei leitud. Uurija mainib ka, et eri varasemate tööde autorid on leidnud vastanduvaid andmeid akvaariumikala päikeseahvena (*Lepomis macrochirus*) toitumise kohta. Ühed on leidnud, et see kala valib toiduks suuremaid saakloomi vastavalt lihtsale OFT-le, teine aga on toonud esile täiesti vastupidise, kuna suurematel aerjalalistel on parem kõrvale põikamise võime kiskluse eest, mistõttu on väiksemate vesikirbuliste tabamine päikeseahvenale energeetiliselt kasulik (tegelikult samuti OFT) (Magnhagen ja Wiederholm, 1982a, Magnhagen, 1984b).

Nagu võib näha Magnhageni töös (1984, eriti Magnhagen ja Wiederholm, 1982a), ei ole andmed ja järeldused mudillaste kohta 100% ühesed, mis võib olla tingitud ka juhusest vaatluste ja katsete korraldamisel, ja seega võib olla õigustatud selle kalade rühma täiendav uurimine tulevikus. Oleks huvitav teada, milles seisneb *Corophiumi* võlu, kuna ka *Tringa totanus* eelistab just seda toiduobjekti (hulkharjasusside *Nereis sp.* ja karpide ees, just selles järjekorras; sama järjekord ka mudillastel – Magnhagen, 1984), isegi kui see pole energeetiliselt kõige kasulik (Goss-Custard, 1977). Teadlased arvavad, et üks põhjus võib olla selle suurem aktiivsus (parem tabatavus), kuid sama Goss-Custard (1977) leiab ka, et tabatavusest hoolimata on kootvähk eelistatum (arvutades saagi energeetilist netotulu linnu sammude arvu ja sammu pikkuse abil, mis kulub iga üksiku toidupalani

jõudmiseks kuni neelamiseni). Magnhagen (1984) jääb pigem aktiivsuse teooria poolele, viidates ka Gibsonile (1980) (selle töö autorile kättesaamatu), kes märgib ogalike toitumusliku eelistusena just energeetilist eelist, kui neid sööta zooplanktoniga. Magnhagen ja Wiederholm (1982a) toovad ära *Corophium* energeetilise väärtusena 0,76 cal is⁻¹ ja 0,88 cal is⁻¹ *Chironomus* kohta.

Kalade ja saakloomade suhetes on oluline ka kairomoonide ning allo- ja synomoonide olemasolu ja mõned talitlused. Näiteks ahvena (*Perca fluviatilis*) ja ogaliku kairomoonid põhjustasid vesikirbu ehk kiivriku *Daphnia galeata* populatsiooni kasvukiiruse suurenemise, kusjuures „ogaliku aine” mõju oli intensiivsem (Weber, 2003). Samas katses tuvastati ka muid samade kairomoonide mõjusid samale zooplankterile, mis kõik polnud sugugi positiivsed. See viib mõttele, et nende kairomoonide põhjustatud mõju võis olla ka ainult kaudne ja toimida negatiivse mõju ja *Daphnia* suutlikkuse kaudu sellele vastu seista. Tõsi, mõju võib olla ka otsene, petlikkuse ja kiskluse vältimise hüpoteetilise suutlikkuse kaudu, kuna kalad on huvitatud suuremast saaklooma populatsioonist ja loomse hõljumi esindaja enda arvukuse kasvust ja heolust, nagu kõik liigid. Kairomoonide juuresolek põhjustab ilmseid muutusi zooplanktoni elustrateegiates, mis ei ole kooskõlas kiskluse suuruse järgi valikulisuse teooriaga (Weber, 2003). Kas võib olla, et kalad eelistavad toiduks pigem neid zooplanktoni esindajaid, kes on kairomoonide poolt rohkem mõjutatud (vähemalt subjektiivselt näilise kasu saamise lootuses), arvestades, et „kala ainete” kontsentratsioon ei ole ajas kõikjal ühtlane ja et kõik zooplankterid ei ole selle suhtes samavõrra tundlikud? Nähtust võiks olla võimalik käsitleda ka ekstrasomaatilise seedimisena ja juba „paremini seeditud” isendid peaksid selle hüpoteesi kohaselt olema kaladele „maitsvamad”, eelistatavamad teistele plankteritele. Niisugust seletust toetaks Weberi (2003) arvamus, et kõik parameetrid peaksid muutuma heterogeenselt samas suunas (kui üks neist muutub), ning samas töös olev demonstratsioon, mille järgi kõik näitajad ei ole muutunud samas suunas. Näiteks suurus esimesel sigimisel mõlema kala kairomoonide juuresolekul ja somaatilise kasvu kiirus ahvena kairomoonide juuresolekul langesid (seega, mida rohkem muutunud parameetreid, seda eelistatavam). Olgu ka mainitud, et samas töös avaldatakse arvamust, mille kohaselt ei ole olemas ühest/ühte “kala ainet”, vaid on tegemist pigem “kala ainete kokteiliga” ehk seguga ning kairomoonid on liigierised(liigi spetsiifilised), ehkki see ei pruugi pidada paika kõigi kalaliikide lõikes. Selle kohta on olemas ka vastukäivaid töid (tutvustatud artiklis). Alal oleks tööd, kui Weberi hüpotees peaks osutama tõeseks (Weber, 2003). Slusarczyk (1997) on tõdenud, et kisklusealustes katsekooslustes oli väikse nokiku

(*Bosmina longirostris*, vesikirbulised) emaste esimese sigimise suurus väiksem kui ilma kiskjate juuresolekuta. Mainitud tähelepaneku põhjustajana on teadlane toonud küll otsese kiskluse mõjuteguri. Slusarczyki töö tulemustest võib järeldada, et zooplanktoni arvukust mõjutab kisklus liigiti mitmel viisil; näiteks võivad kalad eelistada ühte liiki toiduks ja teise liigi või ka rühma arvukus võib sõltuda plankterite omavahelisest kisklusest, mille määr võib olla erinev kalade poolse kiskluse mõjudes. Kalade juuresolekuta kordustes oli suuremaid zooplanktereid suhteliselt sagedamini. *Bosmina* keha pikkus oli planktivoorsete kalade juuresolekul selgelt väiksem kui kalavabades kordustes, mis võib selle töö autori arvates osutada, et kalad eelistasid toiduks suuremaid isendeid (energeetilise kasu pärast, OFT), ja samuti, plankterite suurema tarbimise korral võib kujuneda defitsiit. Slusarczyk kirjeldab, et planktoniloomad kasvavad planktonitoiduliste kalade juuresolekul aeglasemalt (kas seda protsessi juhib visuaalne tähelepanek, kemoretseptioon või mõni muu keerukam mehhanism, on selle töö autorile teadmata), paljunevad esmakordselt väiksemate kehamõõtmetega ning on suurema suhtelise viljakusega kui ilma kaladeta keskkonnas. Kas võib olla tõenäoline, et ka kõrgem organism, mudillane, valib looduses laboritingimustega võrreldes väiksemat ja vähema energeetilise kasuteguriga toitu, selleks et mitte kasvada suurematele kiskjatele enamahvatlevasse suurusesse (vähemalt enne paljunemist)? Teadaolevalt ei ole tehtud pikemaajalist katset (kahes osas, akvaarium kõrgemate kiskjatega ja akvaarium ainult mudillastega kõrgeima kiskjana), mis oleks võinud näidata mudillaste kehamõõtmete suurenemist ja suhtelise viljakuse langust akvaariumis ilma neid ohustavate kiskjateta. Näitega kairomoonidest soovib autor demonstreerida, et kalade toitumist mõjutavad tegurid võivad erineda oluliselt igasuguse OFT-ga määratavatest tingimustest, ning osutada, et lisaks kisklusele on ka muid ülalt alla toimivaid mõjusid kiskluse ahelates.

Magnhagen (1984a) demonstreeris, et suurema saakloomade tihedusega akvaariumis olid mudillased väiksema aktiivsusega, valides saaki juhuslikumalt ja pigem ligemal olevaid loomakesi, mis toob kaasa ka parema varjumise kõrgemate kiskjate eest ja aitab säästa energiat liikumise arvelt. See on aga vastuolus lihtsama OFT-ga, mis eeldaks igal juhul suuremate söödaobjektide eelistamist ja suurema valiku korral seda rangemalt. Aktiivsuse erinevust on pakutud välja ka varem, aga on vastolusid aktiivsuse muutuse suuna osas. Kui muutus on samasuunaline saagi esinemissageduse muutusega, siis peaks optimaalne jahipidamise kiirus (OHS – „optimal hunting speed”) tõusma teatud tasemeni ja seejärel langema, vastupidisel juhul peaks saakloomade esinemissageduse kasvades OHS igal juhul vastavalt langema. Teistelgi kalaliikidel peale mudilate on täheldatud vähemalt

reproduktiivse funktsiooniga seoses toitumise erinevust sugude kaupa, sel juhul on emaslooma toitumine parem või aktiivsem ja põhjustab ka suurema keha kui isastel. Augustis olid mõlemast soost mudillased Kilvikeni lahes sarnase toitumusega, aga vähem valivad, mis polnud ootuspärane. Oleks olnud alust arvata, et isasedki muutuvad pärast lõimetishooldeaja lõppu valivamaks nagu emased selle ajal, aga osutus hoopis vastupidine. Sellise käitumise põhjuseks võib olla soov hoiduda kõrgemate kiskjate eest ise vähem liikudes ja olles seega vähem märgatav, tõsi, toitumiskäitumise hinnaga. Uuriija jagab kalad energiasaagise maksimeerijateks ja energiakulu või aktiivsuse minimeerijateks. Esimesed püüavad vähendada aja- või energiakulu, aktiivsust või suremise riski, et saavutada teatud tasemele vastav energiasaagis. Teised, sh pisimudilake, vähendavad igal juhul aktiivsust, ka siis, kui toiduse esinemissagedus suureneb (Magnhagen, 1984a).

Väitekirja IV artiklis toob Magnhagen (1984b) ära ka *Corophiumi* keskmise tiheduse põhjasettes Gullmari fjordis Kilvikeni lahes Rootsi läänerannikul. Juulis on see 8800 is m⁻² ja augustis 26200 is m⁻². 35–44 mm suurusklassi mudillaste toitumuse võrdlemisel selgus, et väike mudilake toitus väiksematest saakloomakestest sagedamini kui pisimudilake, kuigi viimane oli keskmiselt lühem. Laboratooriumis märkas pisimudilake *Corophiumit* lineaarselt seda kaugemalt, mida suurem oli saakloom. Keskmise reaktiivne kaugus oli 9,2 (±3,5) kuni 27,5 (±5,2) cm väikeste kuni suurte kootvähkide puhul. Arvutuslikult leiti, et 100 suure kootvähi isendi kohta peaks katseakvaariumis olema 150 keskmise suurusega ja 385 väikest kootvähki, et kaladel oleks võrdne võimalus tabada kõigi suurusklasside isendeid võrdse sagedusega. Võib olla huvitav märkida, et suuremad kootvähid olid Magnhageni katseanumas väiksema aktiivsusega (mõõdeti liigutuste arvu järgi ajas) kui väiksemad, kelle hulgast iga üksiku looma aktiivsus vähenes tiheduse kasvades. Väiksematel kaladel oli raskusi suuremate saakloomakeste ründamisel ja ainult 50% pisimudilakese rünnakutest keskmise suurusklassi (3–4 mm) kootvähkide vastu lõppes edukalt saagi neelamisega. Väikese mudilakese seeduses leidis artikli katses alati vähem keskmise suurusega isendeid ja rohkem suuri, kui *Corophiumi* tihedus kasvas. Looduses puudus seos kala pikkuse ja partikli suuruse vahel, kuid akvaariumis esines positiivne korrelatsioon lesta ja väikese mudilakese puhul. Pisimudilake rakendas erinevaid toitumisrutiine, kui tal oli võimalik akvaariumis valida erineva suurusega partikleid. Kui kõiki osakeste suurusklasse oli võrdselt, siis toitus pisimudilake enam suurematest kootvähkidest. Kui väikesi vähke oli rohkem, siis selektiivsus puudus, ja kui üldine saagi tihedus oli suurem, siis tarbitud energia koguhulk oli väiksem kui väiksema saaklooma arvukuse juures. Vaba looduse ja labori toitumise andmete erinevuse üks põhjuseid

Magnhageni töös võib olla kõrgemate kiskjate puudumine akvaariumis. Kas 24-tunnine aklimatsioonieag enne katse algust on mudillaste jaoks piisav ja kas akvaariumi tingimused on piisavalt sarnased looduslikele, isegi kui mudillastest toituvate kiskjate puudumine välja arvata? Oluline võib olla esiletoodud katsekalade näljutamine 24 h jooksul enne katse algust. Magnhagen toob ka esile, et väiksemate objektide valik looduses võib olla tingitud ka väiksemast ajakulust nende neelamiseni, mis on oluline, olemaks paremini valvel suuremate kiskjate eest hoidumiseks. Sellisel juhul peaksid olema olemas visuaalsed või kemosensoorsed meetodid kiskjate läheduse hindamiseks. Suuruse valik võib sõltuda kalade suutlikkusest suuremate saakloomakestega toime tulla. Selle töö autor peab võimalikuks, et suuremate saakloomakeste valik akvaariumis peale 24-tunnist näljutamist võib olla tingitud esialgu ka aplusest tühja kõhu tõttu ja seejärel ettenägelikkusest järgmise kardetava näljutamise suhtes (inimese käes, võõras olukorras olles vähemalt kõht korralikult täis süüa) ning lõpuks kujunenud harjumusest („search image”) süüa eelkõige suuremaid partikleid ja kaalutletud ettevaatlikkusest tulevikule mõeldes (Magnhagen, 1984b).

Lorke *et al* (2008) leidsid, et Konstantsi järves (Saksamaa, 536 km², litoraali ala 10%) oli sama aasta noorte ahvenate toitumine piiratud mõnele tunnile päikese tõusul ja loojumisel zooplanktoni ööpäevase vastupidise vertikaalse migratsiooni tõttu. Teadlased uurisid lühemaajalisi rändeid akustiliste meetoditega, mille abil tuvastati kalade leidumine piirkonnas ja zooplanktoni kontsentratsioon. Noored ahvenad rändasid vertikaalselt ööpäeva lõikes kogu vaatluse aja. Vesikirbu *Daphnia hyalina* puhul registreeriti järves ööpäevane u 50 m vertikaalne ränne maist novembrini suunaga päevaks sügavamatesse kihtidesse, mis tähendas ka ligikaudu 500 m horisontaalrännet. Tulemuseks oli *D.hyalina* suurem kontsentratsioon vaatluspiirkonnas öösel, mil noored ahvenad, näe-ja-püüa-tüüpi visuaalse orientatsiooniga kiskjad, ei ole aktiivsed. Ka kalad kasutavad ööpäevast migratsiooni, leidmaks kompromissi toitumise ja kõrgemate kiskjate eest hoidumise vahel. Lühema- ja pikemaajalised ränded mõjutavad kalade ja zooplanktoni kokkupuudete sagedust ning kalade toitumist (Lorke *et al*, 2008). Maes *et al* (2005) uurisid Põhjamere heeringa (*Clupea harengus*) ja kilu (*Sprattus sprattus*) juveniilsete isendite toitumise mõju jõgede suudmealade zooplanktonile. Nad leidsid, et kevadel ja suvel on aerjalaliste produktsioon suurem ja sügisel ning talvel väiksem kui selle kaladerühma tarbimine, mistõttu pakuti välja, et pelaagiliste kalade poolne ülalt-alla kontroll võib olla oluline jõgede suudmeala aerjalaliste populatsiooni kujundav jõud. Selle kaladerühma esindajad (heeringlased, *Clupeidae*), kes suudavad lülituda ümber aktiivselt visuaalkiskluselt

passiivsemale filtreerivale toitumisele, eelistavad talveti eluneda jõgede suudmealal. Toodud näitega soovib selle töö autor demonstreerida, et kisklusel võib olla zooplanktoni arvukust ja rühmalist mitmekesisust kujundav osa.

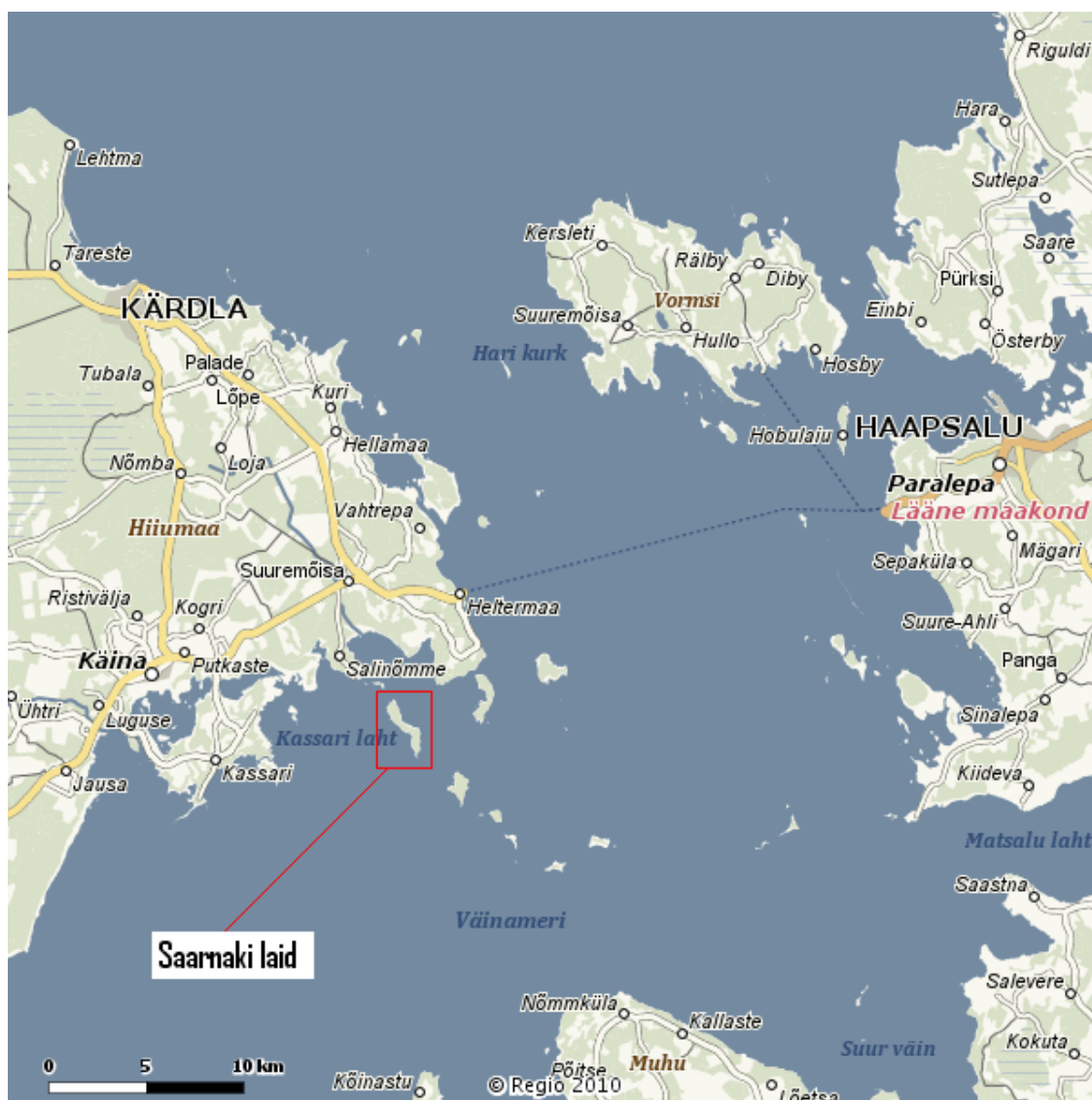
Teaduskirjanduses on loetletud arvukalt eri kalaparasite, kes asustavad selles töös lähema vaatluse all olevaid rühmi ja kala üldist konditsiooni halvendades mõjutavad nii arvukust, biomassi kui ka „isukust” toitumisel. Ogaliklastel mainitakse leiduvat Eesti vetes 47 liiki parasite, kellest 30% on ripsloomad (*Ciliata*) ja 45% nugiussid (*Helminthes*). Nendest 30% on omased ogalikele ja üle 91% (43 liiki) langeb kokku luukaritsa parasitidega. Luukaritsatel esineb Eestis 51 liiki parasite, kellest 27,5% on ripsloomad ja 47% nugiussid. Nendest üle 25% on omased ogaliklastele ja üle 84% on ühised ogalikega. Mudillaste parasitidid Eesti vetes on vähem uuritud; kõige lähemalt on andmeid väikese mudila koormatusest Riia lahes, 11 liiki parasite. Lübecki lahes on kõigist mudillastest väikesel mudilakesel kõige arvukamalt erinevaid parasite, kuid kõige väiksem parasitidega koormatus (40 %) uuritud viie mudillase esindaja kohta. Keskmine koormatus on 2 parasitidid ühe kala kohta (Ojaveer *et al*, 2003).

Kalarühmade leidumine ja arvukus sõltub uurimisala sobivusest elupaigaks (vee soolus, põhjataimestiku olemasolu, kisklus, kalastamine, kudedes põhja iseloom) ja toidu saadavusest (zooplankton ja -bentos). Selle töö tulemusena oli oodata paljude kalarühmade rohkearvulist leidumist ka Saarnaki püügiialal ning korralikku ülevaadet toitumise hulgast ja toiduse koostisest, samuti võimalikest määravatest teguritest toiduvalikul.

3. Materjal ja metoodika

3.1 Uurimisala

Praktiline töö käesoleva uurimuse raames hõlmab välitööd Saarnaki laiul (joonis 1) Kagu-Hiiumaa rannikul Väinameres 2002. aasta suvel ja sellele järgneva õppeaasta jooksul välitöö proovide laboratoorse analüüsi teostamist Tallinnas, TÜ Eesti Mereinstituudi laboratooriumis. Püügikohaks valitud Saarnaki läänelaht (joonis 2) jaguneb põhja tüübi järgi kaheks osaks: lahe sisemine osa või lahesopp ja põhjapoolne serv on liivase põhjaga,



JOONIS 1 – Saarnaki laiul asukoht Väinameres.

seega meeldiv ujumiseks ja suplemiseks, ning merepoolsem osa on mõlemal kaldal või lahe servas kiviklibuse põhjaga. Kivide peal leidub lintsmuda ja põisadru kasve ning kivide vahel vähesel määral meretaimestikku, näiteks meriheina (*Zostera marina*).



JOONIS 2 – Püügikoha asupaik Saarnaki laiul (märgitud kaardile punase rõngakesega suuremas sõõris).

3.2 Noodapüügid

Veekogu ääres tehtud praktiline töö hõlmab kalade – eelkõige perekonna mudilakesed (*Pomatoschistus sp.*), must mudil (*Gobius niger*) ja kirju mudil (*Coryphopterus flavescens*), ning ogalik (*Gasterosteus aculeatus*) ja luukarits (*Pungitius pungitius*) – ja noorjärkude noodapüüki ja planktoniproovide võtmist Kagu-Hiiumaal Saarnaki laiu läänepoolse lahe kaldavees 2002. aasta 28.–30. juulil.

Kalapüügil kasutati teaduspüügiks valmistatud väikest käsinoota, mille lina pikkus on 50 m, kõrgus vees 0,5 m ja nooda koti suudmeava 0,5 m kõrge ning 2 m lai. Noodakott on koonusjas ja ligikaudu 1,5 m pikkune. Nooda lina ja kott on õmmeldud kahekordsest tihedast marlist. Nooda ülemisele selisele on kinnitatud korkmaterjalist ujukid. Alumisele selisele on seotud raskuseks terasest kett, mille raskus on piisav, et suruda nooda lina ja kott kogu pikkuses ühtlaselt vastu põhja, kui lina ülemine serv ulatub selise ja ujukitega veesamba pinnale. Nooda vedamiseks on nooda lina kummassegi otsa kinnitatud kaks köit või ühe köie kaks otsa, millest üks on kinnitatud alumise ja teine ülemise selise otsa külge kummaski otsas või on jäetud selise pikendusteks; need otsad moodustavad paarisköied nooda vedamiseks kummaski nooda otsas. Selle töö materjalide kogumiseks kasutatud noodal on linast üle ulatuva köie pikkus 30–50 m, mis tagab sujuva tõmbe kummaski otsas ning lina kaardumise püügist nooda kotti juhtides.

Noota tuleb soovitatavalt vedada vähemalt kahe (ja kuni nelja) inimesega, et tagada lina sujuv libisemine mööda põhja. Seejuures tõmbamiseks piisab kahest inimesest ja teised kõnnivad nooda järel, et vajadusel aidata nooda alumist selist ja raskust kividest üle.

Allpool toodud materjali kogumiseks sooritati kahe ööpäeva (48 h) jooksul 12 noodatõmmet alates 28. juuli kella 18-st kuni 30. juuli kella 14-ni, s.o iga nelja tunni järel. Püük teostati Saarnaki laiu läänepoolse lahesopi paadisadama küljel; esimene pool püügist, kuus tõmmet 28. juuli kella 18-st kuni 29. juuli kella 14-ni, teostati kivise põhjaga laheosal ja teine pool püügist, kuus tõmmet 29. juuli kella 18-st kuni 30. juuli kella 14-ni, teostati liivaga kaetud põhjal. Püüki alustati ca 0,5 m sügavusest veest ja läbi püüti ala kuni kaldani.

Iga nelja tunni järel sooritati üks tõmme. Noodatõmbe järel korjati nooda kotist ja linalt kõik püütud kalad ja koguti anumasse. Osa keskmise suurusega kaladest loendati ja kaaluti kohapeal. Kõik väiksemad kalad, sh kõik mudillased, ogalikud ning luukaritsad, koguti säilitusanumatesse ja fikseeriti formaliinilahusega. Tabelis 1 on toodud andmed püügingimuste kohta.

TABEL 1 – Proovide kogumise aeg, põhja iseloom, tuule tugevus ja suund ning vee temperatuur.

proovid 1 – 6						
Proovi nr, aeg	I 28.07, kell 18	II, kell 22	III, 29.07, kell 02	IV, kell 06	V, kell 10	VI, kell 14
Põhi	Kivine	kivine	kivine	kivine	kivine	kivine
tuule tugevus, m s ⁻¹ ja suund	1-3, edel	8-14, edel	6-10, lõuna	5-8, lõuna-kagu	2-5, kagu	3-5, kagu
Vee temperatuur, °C	23,9	20,5	21	19	20	24
proovid 7 – 12						
Proovi nr, aeg	VII, kell 18 (29.07)	VIII, kell 22	IX, 30.07, kell 02	X, kell 06	XI, kell 10	XII, kell 14 (30.07)
Põhi	liivane	liivane	liivane	liivane	liivane	liivane
tuule tugevus, m s ⁻¹ ja suund	3-5, kagu	2-5, kagu	2-4, edel	4-7, edel	3-6, edel	3-6, edel
Vee temperatuur, °C	24	25	23	22	23	23,5

3.3 Kalade analüüs

Praktilise töö laboratoorse osa jooksul vaatas töö autor juhendaja dr Toomas Saati juhendamisel proovid läbi. Laboratoorne töö jagunes kaheks osaks; umbes kolmandiku sellest moodustas välitööl kogutud loomse planktoni proovide analüüs. Ülejäänud osa moodustas eri kalaliikide ja -rühmade esindajate loendamine vaatluse korduste ehk proovide kaupa, isendite mõõtmine ja kaalumine tulemuste lugemisel ning kalade soolestiku sisaldise uurimine vastavalt liikidele ja rühmadele. Viimase käigus loendati seeduses sisalduvad zooplankterid.

Kõigi noota püütud väikekalade ja lähema uurimise all olevate rühmade kaalumisel kasutati väikest laborikaalu. Kõigi sama liigi isendite arvukus proovis arvutati loetud isendite ja kõigi isendite massi järgi, kasutades valemit $N = m / m_1 * N_{m1}$, kus N – kõigi kalade arv, m – kõigi kalde mass, m₁ – loetud kalade mass ja N_{m1} – loetud kalade arv. Ehkki kalu polnud nii palju, et ükshaaval poleks jõudnud loendada, siis statistiline loendamine tundus huvitav ja on kasulik selle poolest, et võimaldab hinnata keskmist arvukust täpsemalt. Laboritöö raames oli soolesisaldise ja isendite soo määramisel abiks binokulaarmikroskoop väiksema ja keskmise suurendusega (2 ja 4,5 * 10 korda). Isendite pikkuse mõõtmisel kasutati tavalist joonlauda. Kalade pikkused, mida mõõdeti, olid väikesed (alla 100 mm).

3.4 Planktoniproovide kogumine ja analüüs

Koos iga noodaprooviga koguti ka planktoniproov; selleks valati läbi 90-mikromeetrise silmasäärega planktonivõrgu 100 l merevett umbes 0,5 m sügavusest veest vee ülemisest ja keskmisest kihist. Kogumiskambrit valati iga proov koos plankteritega säilitusanumasse ja kinnitati formaliinilahusega.

Laboris võeti zooplanktoni proovidest pärast proovi segamist ühtlase "planktonisuspensiooni" saamiseks 50-milliliitrine näide igast proovist ja valati Bogorovi kambrile, mille "käikudes" määrati ja loendati planktoniloomakeste esindajad taksonite kaupa. Töö toimus binokulaarmikroskoobi suurenduste ja tavalise laborimikroskoobi väikseima suurenduse 10 * 10 abil. Loendamisel on kasutatud isendite lahutamisel teineteisest prepareerimisnõela. Zooplanktoni määramisel toetus uurimistöö autor kursuse keskastme harjutustöö raames dr Arno Põllumäe juhendamisel (Jõgisu, 2005) omandatud oskustele ja kogemustele, loendamisel kasutati tavalist liitmismeetodit pliitsi ja paberi abil, mis oli võimalik, kuna plankterite arvukus ei ületanud 250 isendit (toodud võrgu silmasuuruse juures, mis sobib paremini planktiliste vähkide ja nendega ligikaudu samas suuruses ja suurema zooplanktoni püügiks) ühegi 50 ml alamproovi kohta. 50 ml alamproovis loendatud isendite arvu järgi on arvatud plankterite arvukus vaatluse kordustes, kasutades valemit $X = 10 * a * n * V / v$, kus a – plankterite arv alamproovis, n – alamproovide arv, milles plankterid loendati, V – proovi ruumala (milles sisaldus 100 l merevee fauna, 200 kuni 300 ml vastavalt mõõtmise tulemustele), v – alamproovi ruumala (50 ml), 10 – võrdetegur, millega avaldis läbi korrutati, et esitada tulemus ühe kuupmeetri kohta. Tulemused on esitatud is m^{-3} ühikutes, nagu toodud tabelites. Kõige väiksem loendatud isendite arv ühes v-mõõdulises alamproovis oli 1 isend neljal korral ning 2 kuni 4 isendit kuuel korral (arvukamalt esindatud taksonite kõrval samas alamproovis) ja kõige suuremad arvud olid 248 ühel ja 173 isendit ühel korral.

3.5 Toitumise uurimine

Toitumise uurimise raames on iga noodatõmbe kordusest valitud loetud arv isendeid – viis kala iga püügikorduse kohta – *Gobiidae* esindajate hulgast, millel on avatud binokulaarmikroskoobi all seedekulgla osa, magu. Mao sisaldisest on loetud seal leiduvad zooplankterid, abiks binokulaarmikroskoop, prepareerimisnõel ja skalpell. Kavas oli teostada sama analüüs ka ogalike ja luukaritsate juveniilsete isenditega, aga paraku puudus

nendel rühmadel soolesisaldises väikese ja keskmise suurusega zooplankton, mistõttu tuli loobuda nende kalarühmade kaasamisest toitumise uurimisesse. Otsus võeti vastu pärast mõne juhusliku püügikorduse viie ogaliku mao läbivaatamist ja veel mitmest proovist juhuslike kalade kontrollimist. Kuna juhuslikult väljavõetud luukaritsate maod olid samuti tühjad, siis analüüsiti kontrolliks juhuslikke kalu veel mitmest püügikordusest, saamaks tulemusele kinnitust. *Gobiidae* esindajaid on käsitletud liikideni määramata, mis kõrgema taseme uurimistöös oleks ilmselt lubamatu.

3.6 Andmeanalüüs

Uurimistöö käigus on kogutud andmed tabelitesse järgmises peatükis „Tulemused” (osa tabelitest kõigi andmetega on peatükis „Lisa”). Need tabelid moodustavad selle töö tulemuste kõige tähtsama osa, koondades uurimistöö materjalid. Lisaks vaatluste leidudele on tabelites arvatud leidude keskmised ja standardhälve (SD). Osa tulemuste analüüsimiseks on kasutatud t-testi, mille abil on võimalik määratleda, kas uurimisel valimid A ja B on statistiliselt samased, ja kontrolliks Mann-Whitney testi, mis on võrreldav t-testiga, aga kasutatakse mitteparameetrilise meetodina mittenormaaljaotusega valimite korral. Selleks on kasutatud MS Exceli funktsiooni “TTEST” ja statistikaprogrammi MedCalc. Kalade toitumuse ja arvukuse ning zooplanktoni keskkonnas leidumise võrdlemisel on kasutatud Pearsoni lineaarse korrelatsiooni koefitsienti r ja (kontrolliks) mitteparameetrilist Spearmani korrelatsiooni testi, MS Exceli funktsioon “PEARSON” ja MedCalc (<http://www.medcalc.org/>). Kõigi erineva statistilise analüüsi läbinud valimite normaaljaotuse määramiseks on eelnevalt kasutatud Kolmogorov-Smirnovi testi (MedCalc). Statistikaprogrammidest valiti MedCalc tänu selle usaldusväärsusele, sobivusele bioloogiliseks uurimistööks, kasutajasõbralikkusele ning kiirusele.

Fultoni indeks K näitab kalade toitumust ja viitab kalade tervislikule seisundile, oletades, et parema toitumusega kalade üldtervislik seisund on parem. Fulton esitas selle näitaja 1904. aastal, arvestades, et kala standardmass on proportsionaalne tema pikkuse kuubiga. K võib arvutada valemist $K = 100 (W / L^3)$, kus W – kala standardmass [g], L – pikkus [cm] ja 100 on faktor, millega avaldis läbi korrutatakse, et K väärtus oleks lähemal üh ele (Internet 2).

4. Tulemused

4.1 Noodapüükide liigilise koosseisu, kalade arvukuse ja biomassi ööpäevane dünaamika

Noodapüügi tulemused on toodud tabelites 2–4. Püügi tulemuste hulgas leidis peale toitumuse uurimises käsitletavate kalade ehk mudillaste (*Gobiidae* ja noorjärgud; määratud sugukonnani, arvatavasti *Pomatoschistus sp.*, *Gobius niger* ja *Coryphopterus flavescens*), ogalike (*Gasterosteus aculeatus* ja noorjärgud) ja luukaritsate (*Pungitius*

TABEL 2 - Kalade keskmine arvukus kivisel ja liivasel põhjal ning keskmiselt (sõltumata põhjatüübist) [is].

Liik, sugukond	Vanusrühm	Tavap. keskmine	SD	Liivap. keskmine	SD	Keskmine	SD
<i>Gobiidae</i>	ad	76	70	615	756	345	389
	juv	24	44	127	156	76	72
	ad + juv	99	50	743	786	421	403
<i>Gasterosteus aculeatus ad.</i>	ad	60	39	11	5	35	18
	juv	291	503	105	163	198	270
	ad + juv	351	502	115	164	233	270
<i>Pungitius pungitius</i>	ad	39	42	6	11	23	21
	juv	10	18	1	2	5	9
	ad + juv	49	36	7	11	28	17
<i>Scophthalmus maximus</i>	juv	0	0	1	1	0.3	0.4
<i>Gobio gobio</i>		0.3	1	1	2	1	1
<i>Alburnus alburnus</i>		15	27	3	4	9	14
<i>Phoxinus phoxinus</i>		23	55	0	0	11	28
<i>Cobitis taenia</i>		2	3	0.67	1	2	1
<i>Perca fluviatilis</i>		0.2	0	0	0	0.1	0.2
Keskmine		60	66	97	84	78	48

pungitius ja noorjärgud) ka 1 ahven (*Perca fluviatilis*) kõige harvema püütud liigina, 3 kammelja noorjärku (*Scophthalmus maximus juv.*), 7 rünti (*Gobio gobio*, väiksed), 18 hinki

(*Cobitis taenia*), 110 viidikat (*Alburnus alburnus*) ning 135 lepamaimu (*Phoxinus phoxinus*).

Kivisel ja liivasel põhjal on kalade arvukus proovides erinev – keskmiselt 60 isendit kivisel ja 97 isendit liivasel põhjal, samuti kellaaajaliselt, nagu võib leida tabelites toodud andmete põhjal (tabel 2 ja lisa, tabelid 2A, 2B ja 2C). Siiski, kui uurida kivise ja liivase põhja kalade arvukuse erinevust keerukama statistilise analüüsi abil, on tulemus erinev. T-testi vastus $p = 0,42$ (kivise ja liivase põhja kalade keskmiste arvukuste lõikes ööpäeva jooksul) näitab, et kivise ja liivase põhja kalade arvukus statistiliselt ei erine; ($p \gg 0,05$). Ehkki valimid on normaaljaotusega, on rakendatud ka mitteparameetrilist Mann-Whitney testi, $p = 0,26$, mis osutab samuti olulise erinevuse puudumisele.

Liivase põhja proovide suurem isendite arvukus püügis keskmiselt tuleneb peamiselt mudillaste, *Gobiidae* suuremast arvukusest, kuid on mõjutatud ka ogalike noorjärkude väiksemast arvust. Borek *et al* (2005) hinnangul mudillased *Pomatoschistus minutus*, väike mudilake, ja *P. microps*, pisimudilake, eelistavadki just avatud liivast põhja, erandlikult ka mudast või veetaimestikuga kaetud põhja. Peale kella 18-st tippu on väikekalade arvukus tavalisel ehk kivisel põhjal ligikaudu muutumatu, kuid väiksem pärastlõunal; liivasel põhjal on arvukuse kõikumine ööpäeva jooksul suurem, väiksem hilishommikul kell 10 ja pärastlõunal kell 14. Kahe päeva koondtabel (2C, lisa) näitab, et kõige arvukamalt on kalu hommikul kell 6, seda mudillaste suurima arvukuse tõttu liivasel põhjal. Kivisel põhjal on kõige arvukamalt ogalike noorjärke, mudillased on teisel kohal ja kolmandal on täiskasvanud ogalikud. Andmed, mis on toodud tabelites 2A ja 2B (lisa), näitavad väikekalade liikide rohkust, leidumisarvukust ja -dünaamikat uurimisaluses koosluses Hiiumaa kaguosa rannikuvetes Saarnaki laiu läänesadamas.

Tabelis 3 on toodud püügi keskmised biomassid tavalisel ja liivasel põhjal ning keskmiselt. Tabelites 3A ja 3B (lisa) on esitatud kõigi püütud kalade biomass rühmiti ja liigiti püügi korduste jaotuses. Tabelis 3C (lisa) on toodud kahe päeva keskmine biomass püügikorduste kaupa, arvestamata põhja tüüpi. Ka biomassis kahe päeva lõikes olulist erinevust ei täheldatud; t-testil $p = 0,55$ (andmed normaaljaotusega).

TABEL 3 – Kalade keskmine biomass kivisel ja liivasel põhjal ning keskmiselt (sõltumata põhjatüübist) [g].

Liik, sugukond	Vanusrühm	Tavap. keskmine	SD	Liivap. keskmine	SD	Keskmine	SD
<i>Gobiidae</i>	Ad	25	23	145	202	85	107
	Juv	7	11	35	44	21	21
	ad + juv	32	15	180	212	106	110
<i>Gasterosteus aculeatus ad.</i>	Ad	91	54	17	8	54	25
	Juv	20	30	11	16	15	18
	ad + juv	111	60	28	19	69	28
<i>Pungitius pungitius</i>	Ad	17	16	3	4	10	8
	Juv	3	5	0,2	0,4	1	3
	ad + juv	20	14	3	4	11	7
<i>Scophthalmus maximus</i>	Juv	0	0	0,3	0,4	0,1	0,2
<i>Gobio gobio</i>		3	7	13	31	8	19
<i>Alburnus alburnus</i>		96	178	17	18	56	91
<i>Phoxinus phoxinus</i>		38	92	0	0	19	46
<i>Cobitis taenia</i>		1	0,6	0,2	0,4	1	0,4
<i>Perca fluviatilis</i>		23	57	0	0	12	29
Keskmine		36	28	27	23	31	15

Ühe isendi keskmine mass on 10,01 g kogupüügi lõikes, 2,48 g väikekalade lõikes ilma ahvenata ja 0,36 g väikekalade lõikes, arvestades liike või rühmi, mille leidude keskmine kehamass on väiksem kui 1 g. Püügikorduste materjali täiendab tabel 4, kus on loetletud kalade isendite keskmine mass vastavalt põhja tüübile ja keskmiselt liikide ja rühmade kaupa.

TABEL 4 - Ühe isendi keskmine mass [g].

Liik, sugukond	Vanusrühm	Tavapõhja isendid	Liivase põhja isendid	Keskmine	SD
<i>Gobiidae</i>	ad	0,33	0,24	0,28	0,07
	juv	0,29	0,27	0,28	0,01
	ad + juv	0,32	0,24	0,28	0,06
<i>Gasterosteus aculeatus ad.</i>	ad	1,52	1,55	1,54	0,02
	juv	0,07	0,11	0,09	0,03
	ad + juv	0,32	0,24	0,28	0,05
<i>Pungitius pungitius</i>	ad	0,44	0,49	0,46	0,03
	juv	0,27	0,17	0,22	0,07
	ad + juv	0,40	0,44	0,42	0,02
<i>Scophthalmus maximus</i>	juv	0,00	0,50	0,25	0,35
<i>Gobio gobio</i>		8,00	15,40	11,70	5,23
<i>Alburnus alburnus</i>		6,34	5,21	5,77	0,80
<i>Phoxinus phoxinus</i>		1,67	0,00	0,83	1,18
<i>Cobitis taenia</i>		0,43	0,25	0,34	0,13
<i>Perca fluviatilis</i>		140,50	0,00	70,25	99,35
Keskmine		17,55	2,48	10,01	10,66

4.2 Zooplanktoni arvukuse ööpäevane dünaamika

Zooplanktonis ehk loomses hõljumis leidis kahe ööpäeva jooksul kogutud proovides vesikirbuliste (*Cladocera*), aerjalaliste (*Copepoda*), aerjalaliste noorjärkude (*Copepoda juv.*) ja aerjalaliste vastsete (*nauplii*, *Copep.*) esindajaid. Kivise põhja proovide korduste lõikes oli kõige rohkem aerjalaliste noorjärke, keskmiselt 2777 is m^{-3} ; liivase põhja proovide korduste lõikes oli kõige rohkem aerjalaliste täiskasvanud isendeid, keskmiselt 5100 is m^{-3} , tabelid 5. Kõigi leitud hõljumiloomakeste keskmine sagedus kahe päeva ja mõlema põhjatüübi lõikes kokku oli 1790 is m^{-3} .

TABELID 5A ja 5B - Zooplanktoni arvukus kivise ja liivase põhja proovides ja keskmine [is m⁻³].

A: Kivine põhi								
Liik, rühm	I, 28.07, kell 18	II, kell 22	III, 29.07, kell 02	IV, kell 06	V, kell 10	VI, kell 14	Kesk mine	SD
<i>Cladocera</i>	3480	240	80	360	40	450	775	1334
<i>Copepoda ad.</i>	480	1620	760	40	0	0	483	638
<i>Copepoda, juv.</i>	4980	7320	2720	240	200	1200	2777	2866
<i>Copepoda nauplii</i>	1080	60	240	40	280	880	430	441
Keskmine	2505	2310	950	170	130	632,5	1116	1047
B: Liivane põhi								
Liik, rühm	VII, kell 18 (29.07)	VIII, kell 22	IX, 30.07, kell 02	X, kell 06	XI, kell 10	XII, kell 14	Kesk mine	SD
<i>Cladocera</i>	2500	720	1020	150	500	1350	1040	826
<i>Copepoda ad.</i>	12500	120	14880	250	1300	1550	5100	6720
<i>Copepoda, juv.</i>	0	3600	0	3300	8650	4650	3367	3234
<i>Copepoda nauplii</i>	500	720	180	250	350	100	350	228
Keskmine	3875	1290	4020	988	2700	1913	2464	1291

Kivise põhja loomse hõljumi arvukus on suurim õhtul kell 18 ja hilisõhtul kell 22 ning öösel kell 2, eriti aerjalaliste noorjärkude osas. Hommikul ja ennelõunal on arvukus väiksem ja pärastlõunal kell 14 kasvab uuesti, eeldatavasti kella 16 paiku ka, kuid sellel ajal proovi ei võetud. Kivise põhja vesikirbuliste arvukuses on tipp kell 18 õhtul ja väike tipp kell 14 pärastlõunal, vahepeal, s.o kell 22, 2 ja 10, on arvukus väiksem, kell 14 aga hakkab uuesti suurenema. Aerjalaliste vastsete arvukus on väiksem kui muidu kell 6 ja kell 10. Täiskasvanud aerjalaliste arvukuse kõver järgib ligikaudu taksoni juveniilide mudelit.

Liivasel põhjal on loomse hõljumi arvukus suurim kell 2 ja kell 18; õhtul, hommikul, pärastlõunal ja hilisõhtul on arvukus väiksem. Leitud rühmade hulgas on rohkem aerjalalisi ja aerjalaliste noorjärke, vesikirbulisi on vähem. Kõigi taksonite arvukuse kõverad järgivad sama, kahe tipuga mudelit, kuid üksikute rühmade tipud on faasi nihkes.

Kuigi kivise ja liivase põhja proovide keskmine zooplanktoni arvukus erineb üle kahe korra, näitab t-test, et arvukuse erinevus ei ole oluline ($p = 0,08$); see on küll lähemal

kriitilisele p väärtusele 0,05, kuid jätab nullhüpoteesi tõeseks. Valimid on normaaljaotusega ja lisaks tehtud Mann-Whitney testi $p = 0,052$ kinnitab t-testi tulemust.

Tabelis 5C on esitatud hõljumi keskmine koosseis kivisel ja liivasel põhjal kahe päeva koondlõikes ning üldkeskmised.

TABEL 5C – Zooplanktoni kahe päeva keskmine arvukus ja üldkeskmised [is m^{-3}].

Liik, rühm	kell 18	kell 22	kell 02	kell 06	kell 10	kell 14	Keskmine	SD
<i>Cladocera</i>	2990	480	550	255	270	900	908	1047
<i>Copepoda ad.</i>	6490	870	7820	145	650	775	2792	3415
<i>Copepoda, juv.</i>	2490	5460	1360	1770	4425	2925	3072	1582
<i>Copepoda nauplii</i>	790	390	210	145	315	490	390	232
Keskmine	3190	1800	2485	579	1415	1273	1790	929

Tabelist 5C võib näha, et kahe päeva lõikes on zooplanktoni koguarvukus suurim kell 18 ja 2 ning väikseim kell 6, mis tähendab, et varahommikust kuni õhtu ja ööni loomse hõljumi arvukus suureneb; ebareeglipärane tipp asetseb kella 10 kohal. Vesikirbuliste (*Cladocera*) ja aerjalaliste vastsete (*nauplii*, *Cop.*) arvukuse tipp on varajasem, ca kell 14 ja kell 18; aerjalaliste (*Copepoda*) koguarvukuse tipp ühtib kõigi liikide koguarvukuse mudelil näituvaga, noorjärkude (*Cop.juv.*) arvukus on väiksem öösel ja varahommikul.

4.3 Litoraalikalade toitumise ööpäevane dünaamika

Praktilise töö kogutulemi materjali moodustavad püügi tulemustes leidunud väikekalade hulga ja püütud ning uurimistöö raames uuritavate kalade soolesisaldiste ning loomse hõljumi proovide tulemused. Kuna plankterite arvukuse katsete osatähtsus on selles uurimuses väiksem kui kalade proovide osatähtsus, kuid oluline soolesisaldistes leiduvate planktoninäitudega võrdlemisel, siis praktilise töö materjal on esitatud niisuguses järjekorras: kalade koguhulk püügi tulemustes, loomse hõljumi hulk (arvukuse kaudu) ja lõpuks *Pomatoschistus sp.*, *Gobius niger* ja *Coryphopterus flavescens* ning *Gasterosteus aculeatus* ja *Pungitius pungitius* soolesisaldiste lugemise tulemused. Viimastest on tegelikult toodud rühma ainult *Gobiidae* näitajad, kuna ülejäänud materjalile ei leidunud praktilise uurimistöö tulemusel alust ehk teiste kalarühmade seeduses ei leidunud loomse planktoni esindajaid; leidis detriitset ollust ja üksikud pea-aegu seeditud arvatavasti bentosesse kuuluvad ussikesed. Ogaliklastel esines arvukalt suuri siseparasiite.

Kui püügist lähemalt uurida, siis soolesisaldiste ehk toitumuse osas on *Gobiidae* rühma esindajad eristatud kaheks olemasolevaks sooks; uuritud isenditest 57% isased ja 43% emased. Teiste esmalt uurimisele võetud liikide esindajate puhul soolesisaldistel põhinev toitumuse uurimine ebaõnnestus. Püügi tulemustest loetud soolesisaldiste uurimist käsitlevaid ja teisi tabelites toodud näitajaid (pikkus, keskmine pikkus ja sooline jaotuvus) on käsitletud kokkuvõtvalt põhja tüübist ja isendi soost sõltuvalt ning sõltumatult kahe päeva lõikes püügikorduste järgi, samuti kokkuvõtvalt kahe päeva lõikes ([is. zoopl./is. G.]). Osa andmetest leidub nende parema jälgitavuse huvides töö lisas. Tabelis 6 (lisas, algandmete tabel) on toitumuse liigiline (zooplankton) jaotumine vastavalt põhja tüübile ja *Gobiidae* esindajate soole (ehk G. toitumus põhja tüübi ja soo järgi) ja uuritud kalade pikkused.

Kui jagada kogu vaatlus kahe päeva püügiks tavapõhjal ja liivapõhjal, siis on nii esimesel kui teisel päeval toitumuse kogujaotus emaste kasuks; tavapõhjal on isaste toitumus 1,28 ja emastel 1,92, liivapõhjal vastavalt 0,83 ja 0,84 (zooplanktoni isendit kalade rühma isendile); liivapõhja *Gobiidae* esindajate toitumuse jaotus soolisel alusel on seega eristunud palju vähem kui tavalisel põhjal, märkimisväärsust minetades. Emasloomade soolesisaldiste uurimine kahe päeva lõikes on andnud tulemuse 1,38 [is is⁻¹], isasloomade keskmine toitumus on aga 1,05 (tabelid 9A ja 9B, lisa). Ei kivisel ega liivasel põhjal isas- ja emaskalade toitumus statistiliselt ei erine, $p = 0,53$ (Mann-Whitney $p = 0,34$) ja $p = 0,97$ (Mann-Whitney $p = 0,42$) ning kahe päeva koondlõikeski $p = 0,54$ (Mann-Whitney $p = 0,58$); t-test, andmed normaaljaotusega (tabelid 7A – 9B, lisa). Mõlema päeva keskmine toitumus soost sõltumatult on tavapõhjal 1,6 ja liivasel põhjal 0,83, mis näitab, nagu oleks tava-põhja isendite toitumus olnud märgatavalt parem kui liivapõhja isendite toitumus. Statistilise analüüsi, t-testi tulemus $p = 0,32$ osutab aga, et kiviselt ja liivaselt põhjalt püütud kalade toitumuse statistiline erinevus puudub. Andmed on normaaljaotusega, kontrolliks arvatud ka Mann-Whitney $p = 0,81$.

Tabelis 7 on toodud *Gobiidae* toitumuse koondandmed tavapõhjal (ühikutes zooplankteri isendit ühe mudillase isendi kohta – [is is⁻¹]), samuti kalade keskmine pikkus [mm].

TABEL 7 - Tavapõhja *Gobiidae* toitumus (ilma soolise jaotuseta) [is is⁻¹].

Keskmine pikkus ja mao sisaldiste keskmine	I, 28.07., kell 18	II, kell 22	III, 29.07., kell 02	IV, kell 06	V, kell 10	VI, kell 14	Tavapõhja keskmine	SD
Keskm. pikkus [mm]	31,05	37,50	38,63	35,42	35,80	31,71	35,02	3,05
<i>Cladocera</i>	0,33	0,25	0,17	0,00	0,00	0,00	0,13	0,15
<i>ad. Copepoda</i>	1,33	13,58	2,92	1,42	0,88	0,33	3,41	5,06
<i>juv. Copepoda</i>	14,25	0,00	0,33	1,25	1,00	0,17	2,83	5,61
<i>nauplius (Copepoda)</i>	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,10
Keskmine soolesisaldis	4,04	3,46	0,85	0,67	0,47	0,13	1,60	1,69

Tabelis 8 on toodud *Gobiidae* toitumuse koondandmed liivasel põhjal (ühikutes zooplankteri isendit ühe mudillase isendi kohta – [is is⁻¹]), samuti kalade keskmine pikkus [mm].

TABEL 8 - Liivapõhja *Gobiidae* toitumus (ilma soolise jaotuseta) [is is⁻¹].

Keskmine pikkus ja mao sisaldiste keskmine	VII, kell 18 (29.07.)	VIII, kell 22	IX, 30.07., kell 02	X, kell 06	XI, kell 10	XII, kell 14	Liivapõhja keskmine	SD
Keskm. pikkus [mm]	40,25	33,17	15,85	37,25	32,56	34,19	32,21	8,52
<i>Cladocera</i>	0,17	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,08	0,14
<i>ad. Copepoda</i>	2,08	3,42	3,70	3,75	1,63	2,63	2,87	0,89
<i>juv. Copepoda</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,25	0,21	0,4
<i>nauplius (Copepoda)</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,41
Keskmine soolesisaldis	0,81	0,85	0,93	1,02	0,66	0,72	0,83	0,13

Tabelis 9 on toodud *Gobiidae* toitumuse kahe päeva koondandmed soost ja põhjatiüübist sõltumatult (ühikutes zooplankteri isendit ühe mudillase isendi kohta [is is⁻¹]), samuti kalade keskmine pikkus [mm].

TABEL 9 – *Gobiidae* keskmine toitumus sõltuvalt katse korduse kellaajast (sõltumatult põhjatüübist ja soost) [is is⁻¹] ja keskmine pikkus [mm].

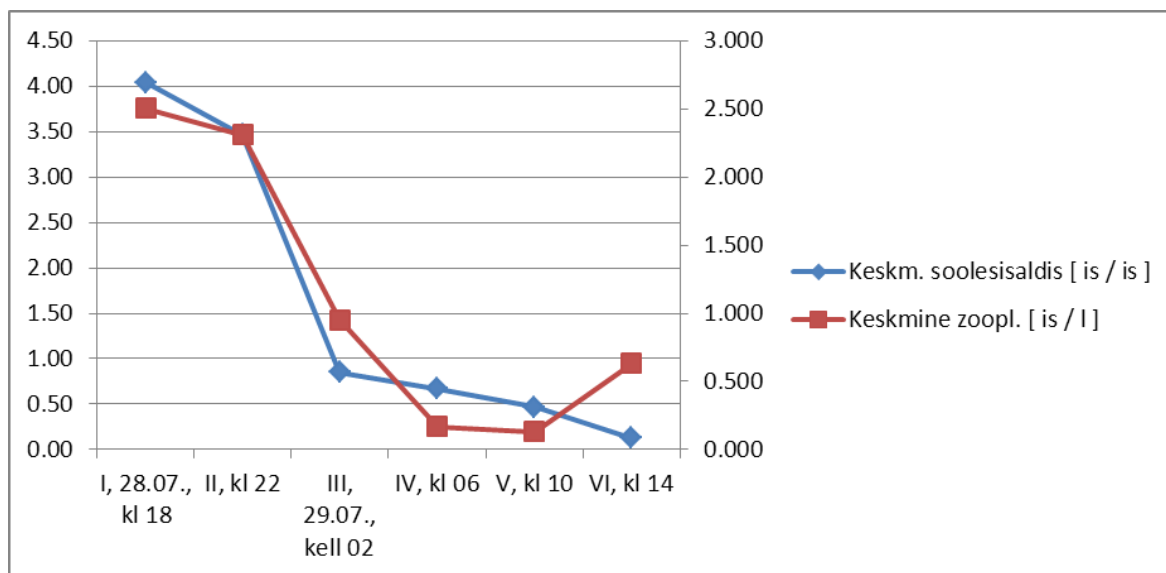
Kahe p. keskm. pikkus ja mao sisaldiste keskmine	kell 18	kell 22	kell 02	kell 06	kell 10	kell 14	Keskmine	SD
Keskm. pikkus [mm]	35,65	35,33	27,24	36,33	34,18	32,95	33,61	3,34
<i>Cladocera</i>	0,25	0,13	0,08	0,17	0,00	0,00	0,10	0,10
<i>ad. Copepoda</i>	1,71	8,50	3,31	2,58	1,25	1,48	3,14	2,74
<i>juv. Copepoda</i>	7,13	0,00	0,17	0,63	1,00	0,21	1,52	2,77
<i>nauplius (Copepoda)</i>	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,26
Keskmine soolesisaldis	2,43	2,16	0,89	0,84	0,56	0,42	1,22	0,85
Soolesisald. SD	3,19	4,23	1,61	1,19	0,66	0,71	1,44	

Nagu näha tabelist 9, on kõige arvukamalt uurimuse *Gobiidae* sugukonna esindajate toitumuses täiskasvanud aerjalaliste (*Copepoda*) seltsi esindajaid, 3,14 (täiskasvanud) zooplankteri isendit ühe mudillase isendi kohta. Algandmed kalade soolesisaldiste kohta päevade, sugude ja püügikohtade kaupa koos keskmiste pikkustega on toodud lisas tabelites 7–9. Lisaks *Copepoda* esindajatele (*adultsed* ja *juveniilsed* vormid) leidis uuritud *Gobiidae* isendite seeduses *Cladocera* esindajaid ja *Copepoda* naupliusvastseid.

Praktilise töö tulemuseks on esiteks litoraalkalade arvukuse ja massi andmed kahe ööpäeva jooksul, teiseks zooplanktoni arvukuse andmed sama aja vältel ja samadel kellaegadel ning kolmandaks *Gobiidae* sugukonna litoraalkalade soolesisaldise andmed zooplankterite osas. Lisaks siin dokumenteeritud zooplankteri leidudele avastati töö autori poolt läbi vaadatud kalade soolestikust veel üksikud määramiskõlbmatuks seeditud väikesed ussikesed, kes võisid olla olnud Magnhageni (1984) määratud ja kasutatud *Corophium volutatorid* või nendelaadsed zoobentose esindajad.

Olles uurinud teaduspüügi tulemusi püügipäevade kaupa eraldi, tõdeb töö autor, et esimese püügipäeva püügis on selge seos uuritud mudillaste rühma toitumuse [is is⁻¹] ja loomse hõljumi arvukuse [is m⁻³] vahel. Jooniselt 3 on näha, et parema toitumuse näitudega 28. juuli õhtul ja hilisõhtul käib kaasa suurem zooplanktoni arvukus samadel

kordustel ning vastupidi, vähesemale ehk kehvemale toitumusele 29. juuli kordustel vastab väiksem zooplanktoni arvukus vastavates kordustes. Pearsoni korrelatsioonikoefitsient $r = 0,95$ osutab olulist tugevat korrelatsiooni; tundlikkuse taseme $p = 0,05$ juures on $n = 6$

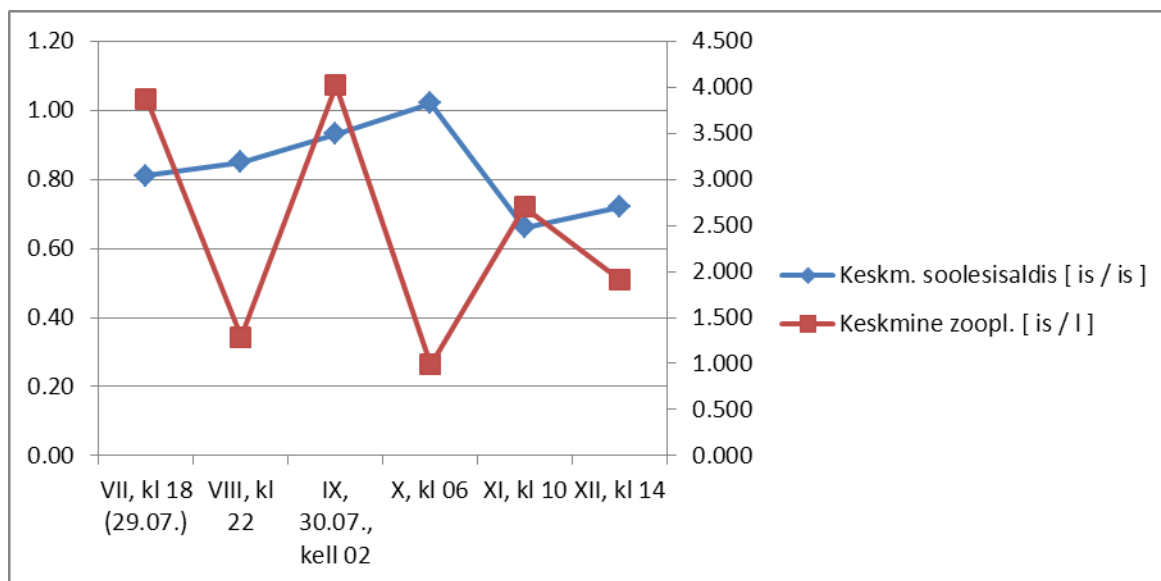


JOONIS 3 – Keskmine soolesisaldis [is is^{-1}] ja zooplanktoni arvukus keskkonnas [is l^{-1}] esimesel püügipäeval, tavalisel ehk kivisel põhjal (keskmised vastavalt 1,6 ja 1,12 ning SD 1,69 ja 1,05).

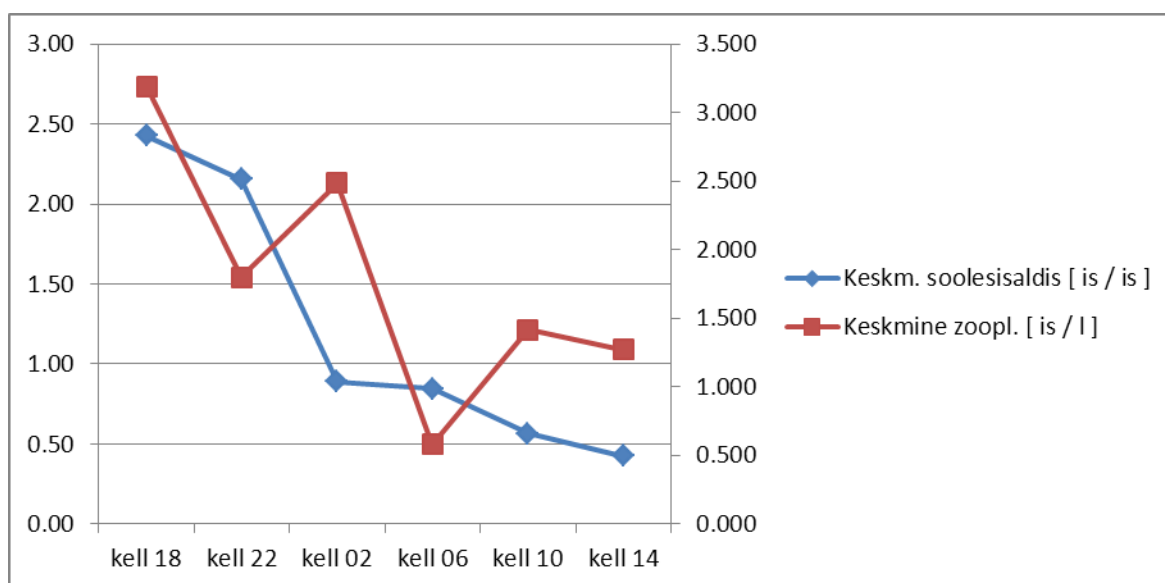
valimi kriitiline r -i absoluutväärtus 0,811 ($0,95 \gg 0,811$). Valimid on normaaljaotusega, kontrolliks arvutatud Spearmani $\rho = 0,83$ näitab ligikaudu sarnast korrelatsiooni.

Teise püügipäeva jooksul joonistub loomse hõljumi arvukuse kõver kahe-kolme tipuga, loogeldes läbi liivapõhja 24 h püügikorduste seeria, kuid mudillaste esindajate toitumus on kogu liivapõhja püügi raames suhteliselt madal ja toitumuse näitaja muut ei vasta loomse hõljumi näitaja muutudele katsete kordustes (vt joonis 4). Pearsoni $r = -0,18$, seega on tegemist ebaolulise väga nõrga negatiivse korrelatsiooniga zooplanktoni arvukuse ja toitumuse vahel sama tundlikkuse ja valimi suuruse juures; korrelatsioon praktiliselt puudub. Andmed on normaaljaotusega, Spearmani $\rho = -0,26$.

Kahe päeva koondlõikes on nii toitumus kui ka zooplanktoni leidumine keskkonnas kõrgeimal tasemel kell 18 õhtul (joonis 5). Seejärel soolesisaldise rohkus väheneb iga prooviga, nii et toitumine on kõige aktiivsem kell 18 ja 22. Ka loomsete plankterite arvukus väheneb, kuid on veel paar väiksemat tippu kell 2 ja kell 10. Kuna toitumise valimi andmed kahe päeva peale kokku ei ole normaaljaotusega, siis on arvutatud



Joonis 4 – Keskmise soolesisaldis [is is⁻¹] ja zooplanktoni arvukus keskkonnas [is l⁻¹] teisel püügipäeval, liivasel põhjal (keskmised vastavalt 0,83 ja 2,46 ning SD 0,13 ja 1,29).



Joonis 5 – Keskmise soolesisaldis [is is⁻¹] ja keskmise zooplanktoni arvukus keskkonnas [is l⁻¹], kahe püügipäeva keskmine (üldkeskmised vastavalt 1,22 ja 1,79 ning SD 0,85 ja 0,93).

Spearmani korrelatsioon $\rho = 0,462$ (mitteparameetrilise meetodina). $P = 0,05$ juures on $n = 12$ kriitiline korrelatsiooni absoluutväärtus 0,576, seega on tegemist ebaolulise korrelatsiooninäiduga ($0,462 < 0,576$).

Kahe päeva kalade arvukuse ja zooplanktoni arvukuse korrelatsioon on väiksem,

$r = 0,14$ (andmed normaaljaotusega), Spearmani $\rho = 0,454$; seega ebaoluline. Kivisel ehk tavapõhjal on sama korrelatsioon $r = 0,74$ ($\rho = 0,66$) ja liivasel põhjal $r = -0,47$ ($\rho = -0,43$), andmed normaaljaotusega. Selle uurimuse *Gobiidae* keskmine pikkus oli 34,97 mm (tabel 6, lisas) ja Fultoni olekutegur $K = 0,66$ keskmise mudillase märgkaalu (0,28 g) ja keskmise pikkuse järgi.

Andmestikust nähtub, et uuritavad *Gobiidae* esindajad kasutavad uuritud zooplanktoni loomakesi toiduks, samuti, et on olemas ööpäevane dünaamika zooplankterite toidus ja keskkonnas leidumise osas.

5. Arutelu

Töö kavandamisel oli eesmärgiks uurida ja võrrelda mudillaste *Pomatoschistus sp.*, *Gobius niger* ja *Coryphopterus flavescens* ning ogalike (*Gasterosteus aculeatus*) ja luukaritsate (*Pungitius pungitius*) toitumist zooplanktoni osas, samuti märkida üles litoraalikalade arvukuse ööpäevane dünaamika. Püügi tulemuste läbivaatamisel selgus aga, et kahe viimase liigi (*Gasterosteus aculeatus* ja *Pungitius pungitius*) soolestik oli praktiliselt tühi ehk puudus eristatav seedus või sisaldas soolestik peamiselt detriitset ollust ja üksikuid määramiskõlbmatuks seeditud bentosesse kuuluvaid väikesi ussikesi ning nii on keskendunud töö peamiselt mudillaste sugukonna esindajate toitumise uurimisele ning võrdlusele varem tehtud sarnase uurimistööga – Magnhagen (1984). Ogaliklaste toitumise ühe mõjutajana võib nimetada arvukalt leidunud suuri siseparasiite. Ogaliklaste sugukonna esindajate seeduses puudusid täielikult loomse planktoni esindajad, kuigi vastavat materjali oleks olnud oodata rohkesti näiteks N. Mikelsaare Eesti kalade käsiraamat-määraja „Eesti NSV kalad“ põhjal, milles on planktonorganismid toodud T. Jakobsoni andmete põhjal Pärnu lahe 1961. ja 1962. aasta suve tulemustes esikohal, 17,7% koguseedusest. Ka Ojaveer *et al*, 2003 nimetab esimesena zooplanktonit, kuid mainib, et ogaliklaste toit sõltub palju aasta-ajast ja paikkonnast.

Kahjuks puuduvad autoril võrreldavad andmed püütud litoraalikalade arvukuse ja biomassi ööpäevase dünaamika kohta selles Väinamere osas varasemast ajast. Mudillaste arvukus oli suurim kell 6 ja teistel rühmadel kell 18. Tavapõhjal suurim arvukus kõigil kell 18 ja liivapõhjal mudillastel kell 6 ning teistel rühmadel hilisõhtul ja öösel (tabelid 2A –

2C). Hilisõhtune ja öine arvukuse tipp võib osutada kalade ööpäevasele toitumisrändele zooplanktoni järel, mille arvukus proovivõtmise piirkonnas oli samuti suurim kell 18 ja kell 2 (Lorke *et al.*, 2008).

Võrreldava materjalina on kasutatud esiteks Carin Magnhageni doktoritööd (1984), mille teema on kahe merelise mudillase liigi, väikse mudilakese (*Pomatoschistus minutus*) ja pisimudilakese (*P. microps*) toitumiskäitumine ja interspetsiifiline interaktsioon (ehk liikidevaheline lävimine). Dr C. Magnhagen on kogunud katseteks elusmaterjali Klubbansi (1979-1983) ja Kristinebergi (1984) bioloogiajaamades (*in situ*). Uuriija märgib olevat kasutanud 2 mm silmasuurusega käsinoota. Uurimispaigad asusid Rootsi läänerannikul Gullmari fjordis (58°15'N ja 11°28'E).

Magnhagen on leidnud, et suurusvalik sõltub suurusjärkude absoluutsest tihedusest, suhtelisest sagedusest ja erinevast nähtavusest ning erinevas suuruses toiduosakeste rühmade söödudsaamise vältimise (kõrvalepõikamise) võimekusest, samuti et kalade aktiivsuse muutus põhjustab toitumise erinevust, näiteks kudemishooajal. Mõlemad uuritud liigid eelistavad asustada pehmepõhjalisi asupaiku; *Pomatoschistus minutus* on elupaiga valikul vähemnõudlik (generalist) ja elutseb nii avatud kui taimestikuga varjatud aladel ning nii liiva- kui ka mudapõhjal, *P. microps* eelistab varjatud lahtesid, millel on mudane põhi. Selle töö tulemustest nähtub, et *Gobiidae* esindajad eelistasid elukohana pigem pehme, liivase põhjaga ala; liivapõhja püügi mudillaste keskmine arvukus oli u seitse korda suurem kui kivisel põhjal. Kuna ka must mudil eelistab taimestikuga kaetud põhja, siis võib oletada, et seekordses püügis oli kõige arvukamalt väikest mudilakest. *P. microps* toitumist mõjutab *P. minutuse* esinemine koosluses, viimane on suurem ja valitseb olelusvõitluses. C. Magnhagen on leidnud katse tulemusena, et *P. microps* eelistab toituda *Corophium volutatorist* (Pallas) isegi siis, kui too ei ole kõige arvukam söödav selgrootu keskkonnas. *Corophium* on keskkonnas rohkesti, kuna ta levib settepinnal aktiivselt (Magnhagen, 1984.). Hiiumaa rannikuvete mudillaste isaskalad eelistasid kahe päeva lõikes aerjalaliste täiskasvanud isendeid ka kell 22, 6, 10 ja 14, ehkki see rühm polnud neil aegadel keskkonnas arvukaim (tabelid 5C ja lisa 9A), ka mitte liivast põhja eraldi vaadates. *Cop. juv.* puuduvad seeduses üldse, ehkki kell 22, 6, 10 ja 14 on neid keskkonnas palju arvukamalt kui täiskasvanud isendeid (tabelid 5B ja lisa 8A). Kahe päeva keskmiste järgi on mudillased pigem eelistanud toituda *Cop. ad.* rühmast, ka kell 22 ja 6, mil see rühm ei ole zooplanktoni hulgas arvukaim. See võib viidata, et kalad eelistavad seda gruppi, mis oleks ka kooskõlas OFT-ga, kuna *Cop. ad.* on kõige suurem saadaolev zooplanktoni rühm. Kell 18 on erandlikult eelistatud toiduks aerjalaliste

noorjärke, kes ei olnud sel kellaajal kõige arvukam rühm (tabelid 5C ja 9). Kivisel põhjal eelistasid emased kalad kell 22 distinktiivselt täiskasvanud aerjalalisi, kuigi sama rühma juveniile oli keskkonnas ca 5 korda rohkem. Sama rühm mudillasi eelistas kell 18 *Cop. juv.* isendeid, kui täiskasvanuid oli keskkonnas ca 10 korda vähem ja nende absoluutne arvukus jäi alla 500 is m⁻³ (tabelid 5A ja lisas 7B). Need andmed võivad viidata suuremate ja toitvamate osakeste eelistusele vähemalt siis, kui neid leidub keskkonnas üle teatud absoluutse või suhtelise hulga. Selle töö andmeil eelistab *Gobiidae* esindajate rühm toitumisel kiviklibulisemat põhjatüüpi. Magnhagen ja Wiederholm (1982a) pöörasid tähelepanu otsingukujutluse (ingl k. „search image“) kujunemisele ja leidsid akvaariumikatse põhjal, et pisimudilakesel ei kujunenud toitumisharjumust süüa ainult ühesugust toitu, kui teisi rühmi pole saadaval. Seega peab konkreetse eelistuse põhjus peituma mujal. Kas võib olla võimalik, et uuritud kalad eelistavad teatud toiduobjekte erineval ajal lisaks energeetilisele kasulikkusele mõne teise aine sisaldamise tõttu?

Tavapõhja loomse hõljumi keskmine arvukus oli väiksem kui liivasel põhjal, mis võib olla osaliselt tingitud uuritud kalade paremast toitumisest ehk sellest, et zooplanktereid süüakse rohkem. Kummalgi päeval ei sadanud vihma, kuid esimesel päeval oli tuulisem kui teisel, tuulisusega kaasnes ka pilvisust. Teisel katsepäeval oli ilm peaaegu tuulevaikne ja pilvkate puudus taevast täielikult 29. juuli õhtust 30. juuli pärastlõunani (tabel 1). Parema toitumuse põhjuseks esimese katsepäeva jooksul võib tõenäoliselt olla ilm, samuti on kivisel põhjal kalakesed plankteritele halvemini nähtavad kui liivasel põhjal. Liivase põhjatüübiga koosluse puhul on toitumuse rohkusel seos valguse-pimeduse vaheldumisega päikesetõusul – siis on toitumus parem. Samas päeval ajal, kui valgustatus on ühtlane ja valgus langeb ülalt otse alla, on toitumus väiksem. Teisalt, valgel ajal peaks olema lihtsam toiduobjekte märgata (Zloch *et al*, 2005). Siin võib olla oluline ka kalade ja zooplankterite vastupidine ööpäevane ränne (Lorke *et al*, 2008), ehkki sügavused, kust püüti, olid väikesed (alla ühe meetri). Joonisel 4 on esitatud liivapõhja mudillaste toitumuse kõver keskmiste soolesisaldiste näitude järgi, mille põhjal on hästi näha toitumuse väike paranemine vahetult pärast päikesetõusu. See võib viidata toitumisstressi puudumisele päeva ülejäänud osadel (erinevalt päikesetõusu pimeduse-valguse vaheldumise aegsest toitumisest) ilmastiku tõttu. Samuti, päevase aja vähesem toitumus võib olla tingitud varjumise võimaluste puudumisest, mis ei anna sama selgelt tunda varahommikul ja päikeseloojangu ajal, kui suurem valgus langeb kuni 1 m sügavusele vette teravama nurga all ja kalade varjud ei reeda neid toiduks kasutatavatele loomse hõljumi esindajatele.

Töö autor jätab üles küsimuse, kas *in vivo* vaatluse tulemused toitumuse näitajate osas rühmiti on olnud ilma poolt negatiivselt mõjutatud esimese katsepäeva jooksul ehk et kas ilm oli liiga selge väikekalade toitumise elavnemiseks. Seda oleks katse tulemustes huvitav jälgida. Samuti puudub kahepäevase katse kohta võrdlev andmestik, mille põhjal oleks võimalik hinnata põhja tüübi mõju uuritud *Gobiidae* rühma esindajate toitumusele ilmastikust sõltumatult. Puudub ka võimalus hinnata kvantitatiivselt ehk mõõta kergelt pilvise ilma mõju toitumuse hulgale esimesel katsepäeval ja selge ilma suhtelist mõju teisel päeval; seda võib küll väita, kuna käesolevas töös ei esitata kinnitatud andmeid, et kergelt või mõõdukalt pilves ilm suurendaks uuritud väikekalade rühma toitumist (seega võib arvestada nullnivoole vastavaks selge, pilvisuseta ilma, mis soodustab välitööde tegemist).

Tavapõhja toitumuse ja zooplanktoni leiduvuse andmete põhjal (Pearsoni $r = 0,95$) on võimalik väita, et vajaliku toitumisstressi olemasolul sõltub toitumuse määr zooplanktoni arvukusest keskkonnas selle koosluse puhul ja antud koosluses olnud kiskjate ja plankterite suhtarvude juures. Kuna kalade toitumuse ja zooplanktoni arvukuse vaheline korrelatsioon on kahe päeva lõikes suurem kui kalade arvukuse ja zooplanktoni arvukuse korrelatsioon (vastavalt $\rho = 0,462$ ja $r = 0,14$), siis võib väita, et mudillaste toitumisel on vaatlusaluses litoraalkoosluses mõningane roll zooplanktoni arvukuse kujundamisel ning zooplanktoni arvukus (või pigem vähesus, ka absoluutarvudes) on kalade toitumist piirav. Sama kehtib ka põhjatüüpide puhul eraldi. Huvitav on täheldada, et kiskjaliste kalade viibimine zooplanktoni elukeskkonnas võib avaldada mõju loomse hõljumi arvukusele ka positiivselt; see mõju võib avalduda kalade eritiste ja nende mõju kaudu taimsele hõljumile taimse hõljumi kasutatavate toitainete ringluse elavdamise kaudu (Slusarczyk, 1997). Sellisele mõttele võib tulla ka, kui arvestada, et loomse hõljumi leidumine keskkonnas võib mõjuda fütoplanktoni kasvu soodustavalt, kuna loomse hõljumi eritised rikastavad keskkonda taimse hõljumi toitainetega (Gonzales, 2000, Gilbert, 1998, Nõges, 1997 ja 1992 ning Jõgisu 2005). Töö autor oletab, et sarnane positiivne mõju võib samuti olla kalade eritistel ja ka Läänemere litoraaliaalal, kusjuures toitelahuse fütoplanktonile kättesaadavuse huvides tuleb arvestada vee segunemise intensiivsusega keskkonnas (Harris *et al*, 2000). Lisaks, hüdrobioloogiaõpikutest ja teadusartiklitest võib leida, et osa kalade eritatavast ekskremendist on kasutuskõlblik zooplankteritele otseselt, loomne hõljum tarvitab toiduks teatud osa vees leiduva orgaanilise aine osakekestest. Selles võib olla osa ka kalade eritatavatel kairomoonidel (Weber, 2003).

Zloch ja Sapota (2010) leidsid, et aerjalaliste esindajad (hormikulised, *Calanoida*) moodustasid 2001. aasta juulis uuritud mudillaste toidust kõige olulisema või vähemalt

väljapaistva osa, mis vastab ka selle töö tulemustele aerjalaliste osas (tabelid 7–9, ka lisas). Paturej ja Kruk (2011) leidsid, et Visla laguunis Poola rannikul oli kõige arvukam zooplanktoni rühm aerjalalised, eriti selts *Calanoida*, keda oli 50% ja rohkem kogu proovist. Niisugune leid vastab selle töö tulemustele, *Copepoda* esindajaid oli mõlemal päeval ja mõlemal põhjal kordades rohkem kui teisi zooplanktoni rühmi (tabelid 5A–5C). See on ka üks arvatav põhjus, miks mudillased neid ohtralt tarvivad.

Borek ja Sapota (2005) Gdanski ülikooli okeanograafia instituudist kasutasid katseliseks püügiks selle töö materjalide kogumisel kasutatud noodaga sarnast püügivahendit (silma suurusega 6 mm, kotis 1 mm ja suuavausega 2 m), püüti ca 1 m sügavuselt. Borek ja Sapota (2005) kinnitasid väikse mudilakese (*P. minutus*) hepatosomaatilise (HSI) ja gonadosomaatilise indeksi (GSI) vahelist seost ning suhtelise viljakuse ja kala pikkuse vahelist seost ning viitasid merevee soojuse olulisusele kalaarvukuse juures. Gdanski lahes on väikse mudilakese kudemisaeg aprillist augustini, leidumine on tavaline juulist oktoobrini (Borek ja Sapota, 2005). Selle uurimistöo andmed kinnitavad, et juulis on *Gobiidae* esinemine tavaline ka Läänemere Gdanski lahest põhjapoolsemas piirkonnas. Boreki ja Sapota (2005) tööks püüti kokku 248 kala (139 isast ja 27 määramata sooga), kes kaaluti ja mõõdeti üksikhaaval. Pikim emane oli 65 ja isane 58 mm. Borek *et al* (2005a) töid oma uurimuse kalade suurima pikkusena 65 ja vähima pikkusena 10 mm. Selles töös mõõdetud pikkused jäävad nende vahele, keskmiselt 34,97 mm (26,5 kuni 45,5 mm; tabel 6 lisas), toitumise analüüsiks otsiti silma järgi keskmise suurusega kalu (äärmuslikult väikesed või suured jäeti välja). Magnhagen (1984) ja Mikelsaar (1984) toovad mudillaste pikkusvahemikuna Rootsi Läänerrannikul ja Väinameres 21–48 mm, mis vastab ligikaudu selles töös uuritud isenditele.

Isaste ja emaste mudillaste toitumus oli kahe päeva lõikes keskmiselt sarnane (tabelid 9A ja 9B lisas; $p = 0,54$, t-test osutab, et puudus erinevus); ainult kell 2 tehtud püügis oli isaste keskmine toitumus faktiliselt parem (0,44 is is⁻¹ võrra). See oli kesköise pimeduse ajal, mis võib olla tingitud sellest, et isasedki söandasid siis pesa valvamast lahkuda, kuid absoluutarvuliselt pigem ka emaste väiksemast öisest aktiivsusest toitumisel. Ilming võib olla tingitud kudemishooaja lõpulejõudmisest mais-juulis (Magnhagen, 1984). Kummalgi päevadest eraldi samuti sugude toitumises erinevus puudus, kivisel põhjal $p = 0,53$ ja liivapõhjal $p = 0,97$, t-test. Siiski, 44 samasuse tõenäosusprotsendiline erinevus võib viidata, et kivisel põhjal on mudillastele paremad kudemise tingimused (kivide peal ja vetikate vahel) ning seega emaste mõningane parem toitumus. Kudemisaeg võib ka olla veel jätkunud, musta mudila ja väikese mudila puhul meil vastavalt augusti või septembrini

(Mikelsaar, 1984), ja seega on isased rohkem hõivatud pesa valvamisega. Liivapõhja väiksem sugupoolte toitumuse erinevus on siiski andnud kahe päeva koondtulemusele juurde ainult ühe protsendi.

Zloch *et al* (2005) leidsid, et kolm uuritud liiki (väike mudilake, pisimudilake ja harilik lest) toituisid vähem öösel, ning järeldasid, et nende liikide esindajad on päevased toitujad. Aastaajaliselt oli toitumine ligikaudu võrreldav, kuid ohtram aprillis, juunis ja augustis ning vähesem septembris. 2001. aasta septembri soolesisalduse vaatluse põhjal oli väikse mudilakese toitumuses hommikuti *Amfipoda* ja *Mysidacea* esindajaid, lõunal *Mysidacea* ning õhtuti *Harpacticoida* (rullikulised) ja muu *Copepoda*. Pisimudilake toituis samal kuul *Bathyporeia pilosast* (*Amphipoda*) kell 8 ja *Harpacticoidast* kell 20 (Zloch *et al*, 2005). Käesoleva uurimuse raames valitses toidus üks rühm, *Copepoda* esindajad (jälgitav tabelites 7 – 9B, ka lisas). Tavapõhjal eelistasid mudillased distinktiivselt juveniilseid aerjalalisi kell 18 ja adultseid kell 22 ning liivapõhjal adultseid *Copepoda* esindajaid kell 22, 2 ja 6, mis osutab energeetiliselt kasumlikuma saagi eelistusele ajal, mil zooplankton on kõrgeima energeetilise väärtusega – viide OFT-le. Liivapõhjal toituisid isased mudillased adultsete *Cop.* rühmast kell 2 selgelt rohkem kui teistel aegadel, mis võib olla seletatav pesahooldusest vabanemisega toitumiseks öösel, kui keskkonnas on vähem pesale ohtlikke kiskjaid. Kahe päeva lõikes eelsitasid emased mudillased toiduks juveniilseid aerjalalisi kell 10, kui neid oli keskkonnas kõige arvukamalt ja seega kõige vähesema energia kuluga tabatav saak, mis vastab keerukama OFT eeldustele. Katse tulemuste järgi ei ole võimalik liigitada mudillasi päeval toitujateks, ehkki öösel oli toitumus väheaktiivne. Võrdlusena toodud töö autorid rõhutavad, et katse jooksul ei täheldatud "tühja kõhuga" uurimisaluste liikide esindajaid, mis on samuti erinev siintoodud töö tulemustest. Zloch *et al* (2005) mainib, et kalade biomass on suurim öösel. Selles töös tuleb ilmsiks, et kalad on toitunud aktiivsemalt õhtul ja öösel ning vähem hommikul, õhtune aktiivsem toitumine kinnitab optimaalse toitumise teooriat ja on seega kooskõlas võrreldava töö tulemustega; zooplanktonil on õhtul ja öösel suurem kaloriline väärtus, mistõttu on ta sellel ajal söögiks eelistatavam. Kuczyńska-Kippen ja Milecka (2009) leidsid, et zooplanktoni arvukus oli suurim päikselojangul. Tõsi, kalade kõrgema energeetilise väärtusega toidu eelistamine ei ole alati seotud kalade eelistusega selliste organismide suhtes, vaid on sageli tingitud paljudest biotilistest ja abiotilistest teguritest (Zloch *et al*, 2005). Sama teadlaste rühm väidab ka, et valgusel on võtmeroll saagi märkamisel, mistõttu kalade toitumus sõltub ööpäevasest valguse tsüklist. Selle väitega on käesoleva töö vaatlus heas kooskõlas – pärast kella 10 õhtul, kui läheb pimedaks, toitumus

halvneb oluliselt (joonised 3 ja 5). Zloch liigitab uuritud mudillased ainult päevasteks toitujateks. Zloch *et al* (2005) tõdevad, et *P. microps* on häirimise suhtes tundlikum kui *P. minutus*, seetõttu väheneb tema söömisele kuluv aeg. Sellega on päri Magnhagen (1984), tuues esile, et pisimudil eelistab taimestikuga varjatud alasid ja allub väikese mudilakese dominantsile. Zloch *et al* (2005) kasutasid püügiks 2 m suuavaga käsinoota, silma suurusega 6 mm ja kotis 1 mm; püük teostati 1 m sügavusel, noota veeti rannajoonega paralleelselt (selle uurimuse püük teostati aga rannajoonega risti). Varem tehtud vaatluse ajal (Malorny, 1990; Zloch *et al* (2005) kaudu) samas piirkonnas (Gdanski lahes) oli hariliku lesta seedetrakt sageli tühi, aga Zlochi meeskonna vaatluse andmeil oli sama liigi toitumus oluliselt parem (Zloch *et al*, 2005) – seega, kui teha uus vaatlus selle tööga samas paikkonnas, siis on lootust leida rohkem seedust ka ogaliklaste maost.

Pociecha ja McCarthy (2011) leidsid Irimaal Lough Dergis zooplanktonit kõige tihedamalt kell 3 (samuti neljatunnise proovivaheaja juures 24 h jooksul), mis on heas kooskõlas selle töö tulemusega, kus kahe päeva peale leidis zooplanktereid kõige arvukamalt kell 2 (tabel 5C). Niisugune jaotus toetab toodud seletust, et kisklus on aktiivsem valgel ajal.

Borek *et al* (2005a) leidsid 2001. ja 2002. aasta vaatluse põhjal, et väikest mudilakest ja pisimudilakest peaks käsitletama mudillasi uurides eraldi, kuna nende erinevused on küllalt suured. Seni on neid liike sageli käsitletud koos ühe rühma esindajatena, nagu käesolevagi uurimistöö korral, kuna neid on raske eristada teineteisest suure sarnasuse tõttu paremini nähtavate määramistunnuste osas. Sama töö andmetel käsitlevad mõned teadlased neid koguni ühe liigina. Siiski, peale keskmise suuruse on veel mõned tunnused, mille poolest need liigid teineteisest erinevad: keha pigmentatsioon, pea kuju ja põrna pigmentatsioon. Nendest kindlaima tunnusena on määramisel abi pea kujust, kuna värvuse tunnused ei ole kindlad pärast kinnitamist formaliinis või alkoholis ega siis, kui kala on kuival hapnikupuuduse tõttu surnud. Uurijad kasutasid püügiks veetavat 2 m suuavaga võrku, mille silma suurus oli 6 mm, võrgu koti sabas 1 mm. Püük teostati 1 m sügavuselt ja kalad fikseeriti 4% puhverdatud formaldehüüdis. Võrreldavas töös tõdeti, et kaks uuritavat liiki erinevad teineteisest veel bioloogiliste näitajate poolest: väikse mudilakese kudemisaeg kestis märtsist septembrini ja pisimudilakese kudemisaeg märtsist augustini ning sugude esindajate vahekord erineb liigiti. Keskmise sugude vahekord oli 2 : 1 (isased : emased). Borek *et al* (2005a) mainivad, et kaks uuritud mudilakest toituvad mõlemad peamiselt aerjalaliste (eriti *Harpacticoida*), kirpvähiliste (*Amphipoda*, eriti perekond *Gammaridae*) ja kakandiliste (*Isopoda*) esindajatest; toidu eelistus võib

paikkonniti erineda. On võimalik hinnata selle uurimuse *Gobiidae* toitumus paremaks kui Boreki rühma töö kaladel (Borek *et al*, 2005a); Boreki *P. micropsi* ja *P. minutuse* (üle 22 ja 25 mm) Fultoni indeks K oli keskmiselt 0,00078, selle uurimuse keskmine oli 0,66. Suur erinevus võib olla tingitud osalt sellest, et Borek on kasutanud arvutustes kalade pikkuse, TL-i mõõduna millimeetreid (mille võimalikkusele viitab teine Interneti allikas, Internet 3) või on jätnud selle faktoriga 100 läbi korrutamata, samuti ümardamisel tekkinud vigadest, kuid erinevus võib viidata ka selle töö kalade paremale toitumusele. Samas, kui Borek *et al* kasutasid arvutuses millimeetreid, siis osutuks olema kehvema toitumusega hoopis selle töö mudillased, kelle K oleks sellisel juhul 0,00066. Tõenäoliselt on tegemist arvutuslike või ümardamisvigade või erinevustega. Viidatud töös kahjuks K valemit esitatud ei ole. Toitumuse olek Borek *et al* töö kasuks võiks olla seletatav parema kliimaga Lõuna-Läänemeres. Ojaveer *et al* (2003) toovad Väinamerele oluliselt lähedasema Pärnu lahe 1996. aasta sügise väikese mudilakese Fultoni K väärtusena $0,69 \pm 0,11$, mis on natuke parem kui selle töö mudillaste seisund; 1996. aasta vaatlus oli toimunud kindlasti pärast kudemisaja lõppu.

Borek *et al* (2005b) püüdsid vaatluse mudillaste näidisisendid kudemise viimasel kuul ja esimesel kudemisjärgsel kuul. Poola rannikuvees oli 2002. aasta andmete järgi väikese mudilakese viimane kudemiskuu august ja pisimudilakesel september. Borek *et al* (2005b) kinnitavad, et kalade toitumuse indeksi keskmine väärtus on pisimudilakesel (ing k “common goby”) viimasel kudemiskuul suurem kui pärast kudemist, samuti väikesel mudilakesel (“sand goby”), kuu aega pärast kudemist on see väiksem kui kudemise ajal. Järeldati, et toidu koostise ja mudillaste olukorra vahel on otsene seos. Kalade toitumine on tavaliselt piiratud toidu leiduvusega. Kui toidu saadavus paraneb, siis kalade toitumus võib paraneda. Samuti, isendid valivad toiduks kõrgema toitvusega osakesi, kui on olnud vaegtoitumuse ajajärk, näiteks pärast kudemist. Seega võib järeldada, et mudillased valivad kõrgema kvaliteediga toitu kudemisajal, kudemisjärgsel ajal ei ole nad aga sedavõrd hoolsad toitvuse järgijad toidu valikul. Käesoleva töö teaduspüügi katse tehti juuli lõpupäeval, mil mudillaste kudemishooaeg peaks kestma, kui arvestada kliima soojuse erinevust ca kaks nädalat võrreldes Lõuna-Läänemerega. Borek *et al* (2005b) vaatluse kalade kõige sagedasemad toiduobjektid olid seltsist hormikulised (*Calanoida*), alamklassi *Copepoda* munad, sugukonnast surusääsklased (*Chironomidae*), mudillaste noorjärgud (kannibalism) ja rullikulised (*Harpacticoida*). Autorid kinnitavad, et kalad valivad toiduks osakesi kõige meelsamini suuruse ja energieetilise kasulikkuse järgi, kuid kui selliste osakeste leidmine ja söömine on liiga töömahukas, siis eelistatakse sellist toitu, mis on

parasjagu kättesaadav väiksema kuluga – selles töös oli selleks täiskasvanud aerjalaliste eelistus mudillaste toidus. Magnhagen (1984) on nõus nende väidetega, kuid lisab, et on veel muid määravaid põhjuseid toiduosakeste valikul, nagu kõrgemate kiskjate leidumine keskkonnas ja nende eest varjatuks jäämine. Samuti võivad ka kalad eelistada toidu mitmekesisust erinevate ainete kättesaadavuse eesmärgil (Magnhagen, 1984 ja Goss-Custard, 1977). Ka see Poola teadlaste kollektiiv kasutas eelnevatega sarnast püügitehnikat ja tõenäoliselt sama püügivahendit.

Dukowska *et al* (2009) tõdevad, et ogalikel oli vesikirbuliste suuremaid esindajaid *Daphnia longispina* ja *D. hyalina* mais 40–70% koguseedusest ja juuni algul kuni 5%. Juulis *Cladocera* esindajaid seeduses ei leidunud, mis vastab selle töö tulemustele. *Copepoda* moodustasid täiendava toidu. Käesoleva uurimuse ogalike seedetrakt oli valdavalt tühi. Dukowska tööühma katse viidi läbi Warta jõel, Poolas. Teadlased kogusid zooplanktoni leidumise andmed 30 l proovidest, mis filtreeriti läbi planktonivõrgu. Ogalikud koguti 40 m pikkusest ja 1,5 m laiusest jõe osast elektripüügi meetodil, kasutades 300 V ja 3 A voolu. Soolesisaldise analüüsiks kasutati 33 isendit (keskmine TL 55 mm) neljast püügikordusest, mis andsid piisaval hulgal materjali; kõigi uuritud kalade seedetrakt oli täidetud.

Hart ja Reynolds (2004) tõdevad kalabioloogia ja -kasvatuse õpikus, et üks võimalus läheneda küsimusele, kuidas kalade toiduks kasutatavate hõljumiliikide esindajate hulga muutumine keskkonnas, koosluses, mõjutab kalastiku ülesehitust, on seostada kalade toitumine koosluse toiduliikide rohkusega. Toitumise mudelid pakuvad, et on mõningane seos saadavaloleva toidu hulga ja kalade kasutatava energiahulga vahel. Autorid viitavad optimaalse toitumise teooriale, millele viitab ka C. Magnhagen (1984) kui juhtivale teooriale kalade toitumuse kujunemise kohta. Mittelbach ja Osenberg (1994, sekundaarne viide Hart ja Reynolds (2004) kaudu) näitasid teoreetiliselt, et saadavalolevate toiduliikide biomass ei ole hea näitaja, et otsustada kalade toitumise või kasvu üle, välja arvatud väga piiratud tingimustes. Seega on vaja mingisugust toitumise teooriat, et selgitada kalade oodatavat toitumust saakplanktoni näitajate järgi (Hart ja Reynolds, 2004). Õpiku tsitaadi põhjal väidab selle uurimuse autor, et käesolevas töös esitatud andmed mudillaste rühma esindajate toitumuse kohta kahe päeva jooksul on paikapidavad, kuna tõepoolest kasutati toiduks enim suurimaid partikleid. Nagu Mittelbach ja Osenberg (1994) väidavad Harti ja Reynoldsi töö põhjal (Hart ja Reynolds, 2004), zooplanktoni suurem leidumine koosluses teise ööpäeva püügi jooksul liivapõhja tingimustes ei ole tinginud mudillaste esindajate soolesisaldiste hulga kordistumist, vaid tuleb arvestada teiste

ökoloogiliste ehk keskkonnateguritega, et selgitada sellegi töö vaatluse toitumuse mudelit optimaalse toitumise teooria raames. Samuti tõdevad Hart ja Reynolds (2004), et vastavalt klassikalisele lähenemisele Brooksi ja Dodsoni 1965. aasta (viidatud Hart ja Reynolds (2004) kaudu) töö järgi on planktivoorsete kalade toitumine zooplanktoni arvukust ja isendi keskmist suurust vähendav. Seejärel Hart ja Reynolds (2004) nendivad, et n-ö klassikalise töö järel on tehtud hulk uurimusi, mis kinnitavad, et kalade kisklusele on kiskluse all olevale zooplanktonile hõljumloomakeste suurust kujundav mõju. Veelgi enam, kalade kiskluse mõjud ulatuvad taimse hõljumi mõjuteguritenigi, nagu väidavad ka Sarvala *et al* (1998). Sarvala *et al* (1998) leidsid, et Pyhäjärvi järves kaasnes planktivoorsete kalade arvukuse suurenemisega vähilaadsete (*Crustacea*) esindajate arvukuse langus, vähenes kalanoidide ja kladotseeride osakaal ning kujunes madal suuremate *Cladocera* esindajate ($l > 0,5$ mm) leidumine ja kõrge klorofüllitase. Köyliönjärvi ning Littoistenjärvi järvedes oli zooplankton sõltuv kalastikust ja taimsest hõljumist; tihedast kalastikust sõltumata kujunes taimse hõljumi kõrgeastal rohke *Crustaceae* biomass, kuid valitsevalt väiksematest loomakestest. Kolme järve kokkuvõttes on esitatud, et klorofüllitase on kõige rohkem sõltuv fosfori kogusest ja *Cladocera* arvukust määrab ülalt kalastik ja alt taimse hõljumi tootlikkus. Autorid toovad esile, et Pyhäjärvi järve andmed toetavad väidet, et tarbijad määravad hilissuve taimhõljumi; klorofüllitase on väike, kui planktivoorsete kalade biomass on alla 15 kg ha^{-1} . Suurtes eutroofsetes järvedes võib osutuda raskeks vähendada kalade biomassi nii madalale tasemele – Köyliönjärves oli kuueaastase väljapüügi järel kalade biomassi tase kõrgem ja muudatused planktoni osas väikesed. Alt üles kontrollmehhanismid on ülalt alla kvantitatiivsetest mehhanismidest olulisemad (Sarvala *et al*, 1998).

Korponai *et al* (1997) leidsid, et pärast kalade hukkamist 1991. aastal kujunesid Kazettas ja Kis-Balaton veehoidla välimises servas erinevad kalakooslused. Veehoidla välisservas oli planktonitoiduliste kalade osatähtsus oluliselt suurem kui Kazetta piirkonnas. Selline erinevus põhjustas vesikirbuliste koosluse ülesehituse ja bioloogia muutuse. Autorid täheldavad, et planktonitoiduliste kalade arvukuse lisandumine võib otsese kiskluse kaudu mõjutada zooplanktoni rohkust negatiivselt. Selle töö tulemustest võib tuua välja, et kivisel põhjal vastab mudillaste väiksemale arvukusele suurem zooplanktoni arvukus, eriti kell 18, 22 ja 14 (tabelid 2A lisas ja 5A). Liivasel põhjal on kõikumine suurem, aga kell 6 olevale tipule mudillaste arvukuses vastab ööpäeva vähim zooplanktoni arvukus (tabelid 2B lisas ja 5B). Kahe päeva peale kokku sama suunda leida ei õnnestu, v.a kell 6, mil mudillaste ja zooplanktoni arvukuses on vastanduvad tipud, ja

kell 10, mil kalade arvukus on oluliselt väiksem võrreldes eelmise prooviajaga ja plankterite arvukus on mõnevõrra kasvanud (tabelid 2C lisas ja 5C). Korponai *et al* (1997) kasutasid zooplanktoni püüdmisel sellest tööst veidi erinevat meetodikat: planktonivõrgu silma suurus oli 65 µm ja ühe proovi ruumala oli 10–20 l, isendid loendati 10% proovis. Proovid koguti 1995. aastal iga kahe nädala tagant kolmest püügikohast. Suurimaks zooplanktoni arvukuseks registreeriti 558 000 is m⁻³, mis on 37,5 korda suurem selle töö suurimast loomse planktoni arvukusest. Suur erinevus võib olla tingitud püügivahendi silmasuuruse erinevusest – selle töö 90 µm silmaga planktonivõrk ei pruukinud püüda sama hästi väiksema kehaga vesikirbulist *Bosmina longirostris*, kuid erinevus võib olla tingitud ka erinevast veekogust ja erinevatest abiootilistest ja biootilistest tingimustest.

Sõltuvalt vee soolsusest annab uurija Kvach (2004) nimekirja seitsmest Musta mere äärsest mudillase liigist Dnestri jõe suudmealal, mille esindajail on täheldatud rida eri metazoa parasiite: neli trematoodi liiki, kolm tsestoodi liiki, viis nematoodi liiki ja üks vähiliste esindaja parasiidiliik. Kvachi väitel on lisaks varem tundutele leitud uusi parasiidiliike. Kokku on selles piirkonnas leitud kümnel mudillase liigil kakskümmend kaks parasiidiliiki (1933–2003). Dnestri jõe suudmealal on vesi muutuva soolsusega, mis avaldab mõju parasiitide levikule, jõesuudmele ligemal on rohkem riimveelist keskkonda eelistavad liigid, merelise trematoodi *Cryptocotyle lingua* metatserkaarid elunevad lõunapoolsemas Mustale merele lähedasemas osas (Kvach, 2004). Ojaveer *et al* (2003) toovad välja arvukalt nii mudillase kui ogaliklaste erinevaid parasiite. Selle uurimuse autor ei täheldanud märkimisväärset koguses mudillaste esindajate silmnähtavaid (sise)parasiite Läänemere Väinamere osas, mis on erinev ogaliklaste silmaga nähtavate parasiitidega koormatusega võrreldes. Sellegipoolest peab autor võimalikuks, et ühe koosluse liigi parasiitidega vaevatus avaldab pärssivat mõju teise lähedase bioloogiaga liigi elutegevusele. Eri parasiitidega nakatumine põhjustab ogalike eluliste funktsioonide häiritust. Väheneda võib saagi märkamise reaktiivne kaugus, rünnaku efektiivsus, konkurentsivõime, riski vältimine ja parve hoidumine. Muutuda võib toiduobjekti valik ja dieet, asetus veesambas, taimestiku eelistus. Paelussi (*Cestoda*) infektsioon suurendab toitumisele kuluvat aega (Hart ja Reynolds, 2004). Parasiitidega koormatus võib olla üks põhjus, miks selle töö püükide ogaliklaste toitumine oli minimaalne, ja ei ole leidnud lähemat kirjeldamist.

Võib küsida, kas on õigustatud käsinooda kasutamise uurimine väikekalade teaduspüügil. Olin ja Malinen (2003) leidsid, et nakkevõrkude püük jätab püsivalt arvestamata väikeste, alla 10 cm kalade osatähtsuse indiviidide suurusjaotuses. Nende

uurimuse väikese nooda püügi kõige arvukam kala, meritint (*Osmerus eperlanus*), oli täielikult puudu nakkevõrkude saagist. Autorid mainivad, et ei oleks õige ka nakkevõrkude kasutamist täielikult hüljata, kuna suuremad kalad, näiteks ahven (*Perca fluviatilis*), särg (*Rutilus rutilus*), nurg (*Blicca bjoerkna*) ja tõugjas (*Aspius aspius*), suudavad ujuda nooda eest minema, kuid ei oska hoiduda võrku sattumast. Ainult võrguga püüdes tulevad suurusjaotuse hinnangud ebatäpsed, sest väikesi kalu püüavad võrgud vähemefektiivselt, kuna väikeste kalade ujumiskiirus on väike ja väikese silmasäärega võrgud on vähem elastsed. Kala nakkevõrguga püütavus suureneb kala ujumiskiiruse ja -raadiuse ning kehajätkete (ogade) suurenedes. Seega, nakkevõrgud on passiivsed ja selektiivsed. Et mingi kalakooslusega õnnestunult tegeleda, on vaja teada selle koosluse omadusi nagu liigirikkus, arvukus ja suurusjaotuvus. Usaldusväärset tulemust saab, kui standardiseerida püügitehnikad ja püügiaeg ning kombineerida erinevaid meetodeid. Õppimaks hindama ühe või teise meetodi sobivust ja kuidas eri meetmed võivad teineteist täiendada, on vajalik uurida võrdlevaid töid, kus püük on teostatud samaaegselt erinevate meetoditega. Liigirikkus, kalade arvukus ja suurusjaotuvus sõltuvad suuresti valitud püügimeetodist ja püügi ajast. Nooda efektiivsus võib olla madal tõmbe alguses, kui noot ei püüa täie efektiivsusega (selle uurimuse autori arvates eriti paadist või laevalt veetava nooda puhul). Nakkevõrgud, kui püügiaeg ei ole liiga pikk, ja noodapüügid annavad ligikaudu võrreldava arvukuse näidu (NPUE), KUI jätta välja väiksemad kalad ja kalade noorjärgud (u alla 5 cm, TL), mis on selles töös vaadeldavad. Viimaste püügiks on soovitatav kasutada noota, mida siin ongi tehtud (Olin ja Malinen, 2003). Vedades noota käsitsi, peaks jälgima vee võimalikult vähese segamise soovitusi enne nooda vettelaskmist, saamaks täpsemaid andmeid kalakoosluse struktuurist.

Woźniak ja Ligeza (2003) on leidnud tõendeid, et peamised biogeokeemilised agendid ammoonium-, kloriid-, ja fosfaationide ning erinevate lämmastikuühendite aineriingetes on rohevetikad ja diatoomid Visla jõe madalaveelises ja väga reostatud veehoidlas, mis saab suurema osa juurdevoolust lähedalasuva väetisetehase reovetest. Leiti ka, et kaaliumi rohkus vees võib soosida tsüanobakterite suuremat tihedust (Woźniak ja Ligeza, 2003). Läänemere reostatus ei ole selle uurimuse teema ega ole ka otsesid tõendeid selle uurimistöö raames, et Läänemere reostatuse aste mängiks rolli uuritavate väikekalade arvukuse ja toitumuse näitajate kujunemisel. Siiski, veeline olukord on oluline üldise toitumuse taseme hindamisel ning seos vee toitainetega rikastatuse ja toitumuse vahel avaldub herbivoorsuse ja kiskluse ahelas otseselt (Sarvala *et al*, 1998). Kõrgema astme organismide eritamise kaudu kandub tagasiside esmatootjatele, kes

märkavad seda rohkem või vähem, vastavalt konkureeriva aine olemasolule (Jõgisu, 2005). On olnud viiteid eutrofeerumise negatiivse mõju kohta merisiia ja meritindi elutegevusele. Need on demersaalselt arenevate loodetega liigid (Saat ja Eschbaum, 2002), samasse jaotusesse kuuluvad ka mudillased ja ogaliklased. Eelpool on mainitud ka eutrofeerumise otsest ohtu mudillase leidumisele ja arvukusele USA läänerannikul. Selle töö autor arvab, et siin käsitletud arvukate väikekalade populatsioonide ei ähvarda Läänemere selles piirkonnas väljasuremine, ehkki võib olla esinenud arvukuse kõikumisi ka seoses eutrofeerumise ja selle lisamõjudega (puudub võrreldav andmestik). Läänemere veeline olukord on võinud otseselt mõjutada selles töös uuritud kalade toitumisstressi ja -tingimusi abiootilise tegurina, seega ka töö tulemusi. Töö tulemustele on võinud avaldada mõju ka raskemetallidega saastatus (näiteks kroomi ja vase osas), millele juhivad tähelepanu Sreedhara Nayaka *et al* (2009). Organismi kumulatiivselt ladestuvate raskemetallide saaste võib vähesel määral omada kalu uimastavat toimet. Läänemere olukorra leevendamiseks on Andersen *et al* (2011) maininud 2007. aasta Läänemere teokava (The Baltic Sea Action Plan), milles on seatud sihiks eutrofeerumisest häirimatut Läänemeri 2021. aastaks. Huvitav oleks seejärel viia läbi uus uurimus.

Käesoleva töö autor kinnitab, et lisaks toidu hulga mõjule kalade toitumisele, mis on ilmne väljaspool optimaalse toitumise teooriat ja ka selle raames, avaldab kalade leidumine koosluses mõju loomse ja taimse hõljumi osakooslusele koosluse piirides. Selle ja sarnaste uurimuste kasu seisneb ka selles, et antakse ülevaade litoraalkalade arvukuse ja toitumise iseärasustest seni sellest aspektist uurimata aladel, näiteks Saarnakil Väinameres, mida oleks hea võrrelda teiste alade ja riikide töödega Läänemere ümbruses või kaugemal. Sellise töö tulemustel võib olla laiemgi ökoloogiline rakendus; näiteks saavad paremini selgeks maimunooda kasutusvõimalused ja rakendamise võimalused seirepüükidel („... tegelikult on tehtud juba uusi töid (pärast 2002. aastat, autor) ja vastav metoodika on juba välja töötatud” – dr. Toomas Saat, TÜ EMI). Täiendavalt võiks uurida samade kalarühmade (liikideni eristatult) leidumise ja biomassi (ka pikkusjaotuvuse) dünaamikat samal püügi alal uuesti, et saada võrreldavat ja täiendavat materjali, ning toiduse rühmi ja liike põhjalikumalt, sh partiklite suurusvalikut ja eristamise põhjuseid ning toitumise sõltuvust ilmastikust. Samuti võiks uurida toitumist ööpäevaselt, põhjatuübiti ja aastaajaliselt (ka kudemise ajal) mõjutavaid tegureid ning toitumist kudemise ajal (ja ka muid kalade bioloogiat puudutavaid parameetreid Eesti vetes). Selle töö autoril oleks huvi uurida täiendavalt zooplanktoni leidumist, arvukust ja zooplanktoni bioloogiat, troofilist asetust ja seostumisi ning vastasmõjusid ökosüsteemis.

„Litoraalkalade arvukuse ja toitumise dünaamika Saarnaki laiul (Kagu-Hiiumaa rannik, Väinameri)”

Toomas Jõgisu

Kokkuvõte

Käesoleva töö raames uuriti litoraalkalade arvukuse ja ogaliklaste (*Gasterosteidae*) ning mudillaste (*Gobiidae*) toitumise dünaamikat Saarnaki laiu läänelahes Kagu-Hiiumaa rannikul Läänemere Väinamere osas. Eesmärgiks oli saada ka ülevaade maimunootade kasutamise sobilikkusest seirepüügiks; uurimuses käsitletud kalad püüti väikese käsinoodaga. Kõige arvukamalt leidus vaatluse andmete põhjal mudillasi, ogalikke (*Gasterosteus aculeatus*) ja luukaritsaid (*Pungitius pungitius*) ning vähemal määral ka lepamaime (*Phoxinus phoxinus*), viidikaid (*Alburnus alburnus*), hinke (*Cobitis taenia*), rünte (*Gobio gobio*), kammelja noorjärke (*Scophthalmus maximus juv.*) ja väike ahven (*Perca fluviatilis*). Kalade arvukus oli suurim kell 6 ja 18; kivisel ja liivasel põhjal kalade arvukus statistiliselt ei erine, liivasel põhjal on keskmiselt umbes poole võrra arvukam, aga kivisel põhjal suurema keskmise biomassiga (eelkõige ahvena leiu tõttu). Mudillaste keskmine biomass oli 0,28 g.

Seoses toitumuse analüüsiga uuriti ka kalade elukeskkonna loomse hõljumi koostist ja arvukust (planktonivõrgu silmasääre pikkus 90 μm). Leiti aerjalaliste (*Copepoda*) ja vesikirbuliste (*Cladocera*) esindajaid, keskmine zooplankterite arvukus oli 1790 is m^{-3} .

Kuna ogaliklaste seedetrakt oli tühi, keskendus toitumuse uurimine mudillaste toitumusele. 57% analüüsitud mudillastest olid isased. Keskmine Fultoni indeks $K = 0,66$. Seeduses leidus täiskasvanud ja juveniilseid aerjalalisi, aerjalaliste vastseid (*nauplii*) ning vesikirbulisi. Keskmine toitumus oli 1,22 is is^{-1} . Kõige arvukam toidus leidunud rühm oli täiskasvanud aerjalalised, keskmiselt 3,14 is is^{-1} . Statistiliselt oli toitumus mõlemal põhjatüübil ilma erinevuseta, keskmiselt u kaks korda parem kivisel põhjal (1,6 is is^{-1}). Emaste toitumus (1,38 is is^{-1}) oli keskmiselt natuke parem (isastel 1,05 is is^{-1}), kuid erinevus ei olnud statistiliselt oluline, seda ka põhjatüübiti eraldi. Uuritud kalade rühma esindajate toitumuse määr on seotud loomse hõljumi arvukusega tavalise kiviklibuse põhjatüübiga koosluse korral, Pearsoni $r = 0,95$. Liivasel põhjal on ebaoluline nõrk negatiivne korrelatsioon, keskmine toitumuse ja zooplanktoni arvukuse korrelatsioon on samuti ebaoluline, $\rho = 0,462$ (Spearman).

Valitud proovides on mudillased eelistanud täiskasvanud aerjalaliste dieeti ka siis,

kui see pole olnud arvukaim zooplanktoni rühm (isased kalad kell 22, 6, 10 ja 14), mis viitab toidulisele eelistusele toiduosakeste suuruse järgi. Toiduvalikul on oluline ka partiklite saadavus, mis võib olla seletuseks aerjalaliste eelistusele uuritud kalade dieedis, kuna ka keskkonnas leidis seda loomse planktoni rühma neil püügiaegadel kordades rohkem. Uurimistöö tulemusel ei ole võimalik liigitada selle koosluse mudillasi päeval toitujateks, vaid pigem õhtul ja öösel, mis viitab toitumisaja valikule toiduosakeste kõrgeima energiasisalduse aja järgi. Teisalt on zooplanktoni arvukus suurim öösel, mis võib viidata ka võimalikule vähesemale kisklusele. Toitumise erinevusi on võinud põhjustada valguse ja pimeduse vaheldumine. Zooplanktoni hulk (või pigem vähesus) on kalade toitumist piirav tegur ja mudillaste toitumine kujundab selles koosluses zooplanktoni populatsiooni (arvukuse osas). Alt üles arvukuse kontrollmehhanismid on üldiselt olulisemad kui kisklus. Erinevast soost mudillaste toitumise andmete võrdlemisest võib leida viite, et kudemisaeg on selle töö katse ajal veel kestnud. Seoses erinevate ilmastikuliste tingimustega mõlema 24-tunnise püügikorduste jada raames ei ole võimalik hinnata pilvisuse mõju toitumisele kummalgi põhjatüübil, mis annab lisavõimaluse temaatika uurimist jätkata. Kalade arvukust ja toitumist on võinud mõjutada mitmed biootilised (aktiivsus, toidupartiklite saadavus ja aineine sisaldus ning valiku strateegia, konkurents) ja abiootilised tegurid (ilmastik), samuti kalaparasitide leidumine ja vesikeskkonna toitelisus ning saastatus (Läänemeri).

“Litoral fish abundance and feeding diurnal dynamics off Saarnaki islet (South-Eastern Hiiumaa, Väinameri)”

Toomas Jõgisu

Summary.

In this study the dynamics of abundance of the litoral fishes and of feeding of sticklebacks (*Gasterosteidae*) and gobies (*Gobiidae*) was investigated on the shore of Saarnaki islet off the South-Eastern coast of Hiiumaa in the Väinameri area (The Strait Sea) of The Baltic Sea. Another objective of the study was to obtain an estimate of the

suitability of larval trawl for survey fishing; the fish in this paper were caught with a small hand-trawl. The most abundant fish groups according to the survey was gobies, three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) and ninespine sticklebacks (*Pungitius pungitius*), followed by less numerous common minnows (*Phoxinus phoxinus*), common bleaks (*Alburnus alburnus*), spined loaches (*Cobitis taenia*), gudgeons (*Gobio gobio*), turbot juveniles (*Scophthalmus maximus juv.*) and a small european perch (*Perca fluviatilis*). Fishes were most numerous at 6 and 18 o'clock. On stony and sandy bottom the abundance was not different statistically (t-test); on sandy bottom the mean abundance was appr. one and a half as much as on stony bottom, however, on stony bottom the mean biomass was greater (firstly because of the finding of the perch). The mean biomass of the gobies was 0,28 g.

Together with feeding analyses a study was carried out on the composition and abundance of zooplankton of the fish community environment (mesh net size 90 μm). Representatives of copepods (*Copepoda*) and water fleas (*Cladocera*) were found with total mean number of 1790 specimen m^{-3} .

Since the stomachs of sticklebacks were empty the investigation of feeding concentrated on that of the gobies. 57 % of the scrutinized gobies were males. Mean Fulton's condition factor $K = 0,66$. In the stomachs adult and juvenile copepods, *nauplii* and cladocerans were found. Mean gut contents was 1,22 specimen of zooplankton per specimen of gobies. Most numerous group found in the food of the fishes was adult copepods, 3,14 sp sp^{-1} on an average. Statistically the feeding on both bottom types was without difference, on an average it was twice the amount on the stony bottom (1,6). The mean feeding of the females (1,38) was slightly better (the males feeding was 1,05 sp sp^{-1}), however, without statistical difference, that also in the case of different bottom types. The volume of feeding of the investigated group is strongly related to the abundance of zooplankton in the stony bottom association, Pearsons $r = 0,95$. On the sandy bottom there is an irrelevant weak negative correlation and the mean correlation of the feeding and the zooplankton abundance is also unimportant, $\rho = 0,462$ (Spearman).

In chosen samples the gobies have preferred the diet of adult copepods even when it hasn't been the most abundant zooplankton group (males at 22, 6, 10 and 14 o'clock), the phenomenon indicating a preference of food particles as regarding the size. While choosing what to eat it is important to consider the availability of the particles, which may provide an explanation for the preference of copepods in the diet of the fish as this zooplankton group was more abundant at times in the environment also. As a result of this

study it is not possible to classify the gobies of this community as day-time feeders, it's rather in the evening and at night; this indicates a choice of feeding time according to the time the prey items are of the highest energetical value. In the other hand, zooplankton was found most abundant at night which may indicate a less intense predation also. The differences in feeding may have been caused by alteration of the light and darkness. The abundance of zooplankton (or rather the lack of it) is a limiting factor to fish feeding and the feeding by the gobies is a structuring force of zooplankton population (as to the abundance) in this biocenoses. Bottom-up abundance control mechanisms are generally more important than predation. Comparing the feeding of gobies of the opposite sexes may indicate that spawning season has been unended at the time of the observation. Due to variations in the weather during both the 24 hour sampling periods there was no chance to evaluate the impact of cloudiness on the feeding on neither bottom-types, which provides for an extra-possibility to carry out further studies of the subject. The abundance and feeding of the fishes might have been influenced by several biotic (activity, food particles availability and consistence and choosing strategy, competition) and abiotic factors (the climate), also the finding of fish parasites and the pollution of the waterenvironment (The Baltic Sea).

Tänuavaldus

Töö autor soovib tänada nõuannete, abi ja juhendamise eest dr Toomas Saati, kes pakkus välja töö ala ja teema, juhendas töö praktilist osa Saarnaki proovivõtukoos ja TÜ EMI laboris ning aitas panna aluse teoreetilisele osale praktiliste nõuannetega. Samuti ja eriti selle töö lõplikku juhendajat dr Arno Põllumäed (TÜ EMI), kes oli lõpuks nõus juhendamise üle võtma ja aitas kaasa töö valmimisele ning viimistlemisele pakkudes väga arendavat kriitikat. Suur tänu dr Taavi Virrole (hüdrobioloogia õppetooli juhataja k.t, TÜ), kes juhendas töö parandamist omapoolsete kommentaaridega ja nõuannetega ning aitas teema registreerida loodus- ja tehnoloogiateaduskonna dekanaadis. Töö autor tänab samuti üldpraktilikal osalenud kaasüliõpilasi füüsilise abi eest nooda vedamisel ja zooplanktoni proovide võtmisel Saarnakil 2002. aasta suvel ning filoloogiatudeng Dage Särge selle uurimuse keelelise toimetamise eest.

Töös kasutatud kirjandus

- Andersen, J.H., Axe, Ph., Backer, H., Carstensen, J., Claussen, U., Fleming-Lehtinen, V., Järvinen, M., Kaartokallio, H., Knuutila, S., Korpinen, S., Kubiliute, A., Laamenen, M., Lysiak-Pastuszak, E., Martin, G., Murray, C., Mohlenberg, F., Nausch, G., Norkko, A., Villnäs, A., 2011, "Getting the measure of eutrophication in the Baltic Sea: towards improved assessment principles and methods"; Biogeochemistry, 106
- Berger, R., Bergström, L., Gran'eli, E. ja Kautsky, L., 2004, "How does eutrophication affect different life stages of *Fucus vesiculosus* in the Baltic Sea? – a conceptual model"; Hydrobiologia 514
- Borek, K.W. ja Sapota, M.R., 2005, "Breeding Characteristics of the Sand Goby (*Pomatoschistus minutus*)- One of the Most Abundant Goby Species in the Coastal Waters of the Gulf of Gdansk Region(Southern Baltic Sea)"; Oceanological and Hydrobiological Studies No. 4
- Borek, K.W., Sapota, M.R. ja Forycka, K., 2005a, "Do Two Similar Looking *Gobiidae* Occurring in the Gulf of Gdansk Differ in Biological Characteristics? Comparison of Two Species- *Pmatoschistus minutus* and *Pomatoschistus microps*"; Oceanological and Hydrobiological Studies No. 3
- Borek, K.W., Zloch, I., Sapota, M.R., Fialkowska, M. ja Forycka, K., 2005b, "Does Food Quality Affect the Conditions of the Sand and Common Gobies From the Gulf of Gdansk, Poland?"; Oceanological and Hydrobiological Studies No. 3
- Drake, J.L., Carpenter, Ed.J., Cousins, M., Nelson, K.L., Guido-Zarate, A. ja Loftin, K., 2010, „Effects of light and nutrients on seasonal phytoplankton succession in a temperate eutrophic coastal lagoon“; Hydrobiologia 654
- Dukowska, M., Grzybkavska, M., Marszal, L. ja Zieba, G., 2009, "The Food Preferences of Three-spined Stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L., Downstream From a Dam Reservoir"; Oceanological and Hydrobiological Studies, vol. 38, no.2
- Edlund, A.-M. ja Magnhagen, C., 1981, "Food segregation and consumption suppression in two coexisting fishes, *Pomatoschistus minutus* and *P. Microps*: an experimental demonstration of competition“; (Oikos, 35) Magnhagen, C., 1984, Reprocenralen HSC, Uppsala Ülikool; "Foraging Behavior and Interspecific Interactions in the Marine Fish Species *Pomatoschistus minutus* and *P. microps*“, Doctoral Dissertation (edaspidi Magnhagen, 1984)

- Gilbert, Patricia M., 1998, "Interactions of top-down and bottom-up control in planktonic nitrogen cycling"; *Hydrobiologia* 363
- Gonzales, Ernesto J., 2000, "Nutrient enrichment and zooplankton effects on the phytoplankton community in microcosms from El Andino reservoir (Venezuela)"; *Hydrobiologia* 434
- Goss-Custard, J.D., 1977, "The energetics of prey selection by redshank, *Tringa totanus* (L.) in relation to prey density"; *Journal of Animal Ecology* 46
- Harris, R.P., Wiebe, P.H., Lenz, J., Skjoldal, H.R. ja Huntley, M., 2000, AP; Zooplankton Methodology Manual
- Hart, Paul J.B. ja Reynolds, John, 2004, Blackwell; Handbook of Fish Biology and Fisheries, vol. 1 Fish Biology
- Korponai, J., Matyas, K., Paulovits, G., Tatrai, I. ja Kovacs, N., 1997, "The effect of different fish communities on the cladoceran plankton assemblages of the Kis-Balaton Reservoir, Hungary"; *Hydrobiologia* 360
- Kuczyńska-Kippen, N. ja Milecka, E., 2009, "The diurnal distribution of the zooplankton community of the littoral zone of Lake Wielkowiejskie (Wielkopolski National Park, Poland)"; *Oceanological and Hydrobiological Studies*, vol. 38, no. 2
- Kvach, Y., 2004, "The Metazoa Parasites of Gobiids in The Dnester Estuary, Black Sea, Depending on Water Salinity"; *Oceanological and Hydrobiological Studies* No.3
- Käärt, U., 2007, „Ohtlikud taimede ja kalade võõrliigid lähevad keelu alla”; „Eesti Päevaleht”, 12. Veebruar, 2007
- Lorke, A., Weber, A., Hofmann, H. ja Peeters, F., 2008, "Opposing diel migration of fish and zooplankton in the littoral zone of a large lake"; *Hydrobiologia* 600
- Maes, J., Tackx, M. ja Soetaert, K., 2005, "The predation impact of juvenile herring *Clupea harengus* and sprat *Sprattus sprattus* on estuarine zooplankton"; *Hydrobiologia* 540 [225-235]
- Magnhagen, C., 1984, Reprocentralen HSC, Uppsala Ülikool; "Foraging Behavior and Interspecific Interactions in the Marine Fish Species *Pomatoschistus minutus* and *P. microps*"; Doctoral Dissertation
- Magnhagen, C., 1984a, "Activity differences influencing the food selection in the marine fish *Pomatoschistus microps*"; (formerly unpublished) Magnhagen, 1984
- Magnhagen, C., 1984b, "Random prey capture or active choice? An experimental study on prey size selection in three marine fish species"; (at the time of publishing the dissertation accepted for publication in *Oikos*) Magnhagen, 1984

- Magnhagen, C., ja Wiederholm, A.-M., 1982a, "Food selectivity versus prey availability: a study using the marine fish *Pomatoschistus microps*"; (Oecologia (Berl), 55)
Magnhagen, 1984
- Magnhagen, C. ja Wiederholm, A.-M., 1982b, "Habitat and food preferences of *Pomatoschistus minutus* and *P. Microps* (Gobiidae) when alone and together: an experimental study"; (Oikos, 39) Magnhagen, 1984
- Mikelsaar, N., 1984, Tallinn „Valgus”; Eesti (NSV) Kalad, Käsiraamat – määraja
- Nõges, T., 1992, "Comparison of Two Methods of Zooplankton Grazing Measurements";
TU
- Nõges, T., 1997, "Zooplankton-phytoplankton interactions in lakes Võrtsjärv, Peipsi (Estonia) and Yaskhan (Turkmenia)"; Hydrobiologia 342/343
- Ojaveer, H., Kotta, J., Põllumäe, A., Põllupüü, M., Jaanus, A. ja Vetemaa M., 2011, "Alien species in a brackish water temperate ecosystem: Annual-scale dynamics in response to environmental variability"; Environmental Research, vol. 111 (7)
- Ojaveer, E., Pihu, E., Saat, T., 2003, Estonian Academy Publishers; Fishes of Estonia
- Olin, M. ja Malinen, T., 2003, "Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling"; Hydrobiologia 506-509 (lk. 443-449)
- Paturej, E. ja Kruk, M., 2011, "The impact of environmental factors on zooplankton communities in the Vistula Lagoon"; Oceanological and Hydrobiological Studies, vol. 40, no. 2
- Pihu, Ervin ja Turovski, Aleksei, 2001, „Kalastaja raamat”; Eesti mageveekalad
- Pociecha, A. ja McCarthy, T., 2011, "Has zooplankton 24 hour vertical distribution pattern in Lough Derg (Ireland) been changed over the period of ~90 years?"; Oceanological and Hydrobiological Studies, vol. 40, no. 3
- Rönneberg, C. ja Bonsdorff, E., 2004, "Baltic Sea eutrophication: area-specific ecological consequences"; Hydrobiologia 514
- Saat, T. ja Eschbaum, R., 2002, „Väinamere kalastik ja selle muutumine viimastel aastakümnetel”; 2002, TÜ Kirjastus, toim. Saat, T., Väinamere kalastik ja kalandus
- Sarvala, J., Nieminen, H., Saarikari, V., Salonen, S. ja Vuorio, K., 1998, "Relations Between Planktivorous Fish Abundance, Zooplankton and Phytoplankton in Three Lakes of Different Productivity"; Hydrobiologia 363
- Slusarczyk, M., 1997, "Impact of fish predation on a small-bodied cladoceran: limitation or stimulation?"; Hydrobiologia 342/343

- Sreedhara Nayaka, B.M., Ramakrishna, S., Jayaprakash ja Delvi, M.R., 2009, "Impact of heavy metals on water, fish (*Cyprinus carpio*) and sediments from a water tank at Tumkur, India"; *Oceanological and Hydrobiological Studies*, vol. 38, no. 2
- Zloch, I. ja Sapota, M.R., 2010, "Trophic interactions between preadult and adult *Pomatoschistus minutus* and *Pomatoschistus microps* and young *Platichthys flesus* occurring in inshore waters of the Gulf of Gdańsk (Southern Baltic)"; *Oceanological and Hydrobiological Studies*, vol. 39, no. 2
- Zlock, I., Sapota, M. ja Fijalkowska, M., 2005, "Diel Food Composition and Changes in the Diel and Seasonal Feeding Activity of Common Goby, Sand Goby and Young Flounder Inhabiting the Inshore Waters of The Gulf of Gdansk, Poland"; *Oceanological and Hydrobiological Studies* No. 3
- Torn, K. ja Martin, G., 2012, "Response of submerged aquatic vegetation to eutrophication-related environment descriptors in coastal waters of the NE Baltic Sea"; *Estonian Journal of Ecology*, 61
- Weber, A., 2003, "More than one 'fish kairomone'? Perch and stickleback kairomones affect *Daphnia* life history traits differently"; *Hydrobiologia* 498
- Woźniak, E.W. ja Ligeza, S., 2003, "Phytoplankton-Nutrient Relationships During the Early Spring and Late Autumn in a Shallow and Polluted Reservoir"; *Oceanological and Hydrobiological Studies* No. 1
- Jõgisu, T., 2005, „Fütoplanktoni klorofüll „a” sisaldus sõltuvalt zooplanktoni leidumisest keskkonnas; katse tulemuste põhjal”; TÜ (keskastme harjutustöö)

Kaudselt viidatud allikad

- Brooks, J.L. ja Dodson, S.J., 1965, "Predation, body size and composition of plankton"; *Science* 150 (28-35) – viidatud Hart ja Reynolds (2004) kaudu
- Gibson, R.M., 1980, "Optimal prey-size selection by three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*): A test of the apparent-size hypothesis"; *Zeit Tierpsychol* 52 – viidatud Magnhagen (1984) kaudu
- Malorny, K., 1990, "Obserwacje narybku storni (*P. flesus* L.) występującego w strefie przybrzeżnej Zatoki Gdanskiej w latach 1982-1983" – *Zeszyty Naukowe Wydziału BiNoZ UG, Oceanografia* 12 – viidatud Zlock *et al* (2005) kaudu
- Mittelbach, G.G. ja Osenberg C.W., 1994, "Using foraging theory to study trophic interactions"; (eds) Stonder, D.J., Fresh, K.L. ja Feller, R.J., "Theory and

Application in Studies of Fish Feeding Ecology”, Columbia, SC: University of South Carolina Press – viidatud Hart ja Reynolds (2004) kaudu

Internetiallikad

Internet 1 – Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/Eucyclogobius_newberryi

Internet 2 - Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Weight_in_Fish

Internet 3 - fishwild.vt.edu/afs/fisheries_techniques/Chap_15.ppt

Lisa

TABELID 2A ja 2B – Kalade arvukus noodatõmmete kaupa A kivisel ja B liivasel põhjal [is].

A: kivine põhi							
Liik, sugukond	Vanus-rühm	I, 28.07, kell 18	II, kell 22	III, 29.07, kell 02	IV, kell 06	V, kell 10	VI, kell 14
<i>Gobiidae</i>	ad	40	135	0	133	146	0
	juv	0	0	109	0	0	33
	ad + juv	40	135	109	133	146	33
<i>Gasterosteus aculeatus ad.</i>	ad	60	36	26	29	127	81
	juv	1300	270	73	10	55	40
	ad + juv	1360	306	99	39	182	121
<i>Pungitius pungitius</i>	ad	120	36	25	15	39	
	juv	0	0	15	0	0	44
	ad + juv	120	36	40	15	39	44
<i>Scophthalmus maximus</i>	juv	0	0	0	0	0	0
<i>Gobio gobio</i>		0	0	2	0	0	0
<i>Alburnus alburnus</i>		65	0	26	0	0	0
<i>Phoxinus phoxinus</i>		135	0	0	0	0	0
<i>Cobitis taenia</i>		8	1	0	2	1	2
<i>Perca fluviatilis</i>		0	0	1	0	0	0
Keskmine		192	53	31	21	41	22
B: liivane põhi							
Liik, sugukond	Vanus-rühm	VII, kell 18 (29.07)	VIII, kell 22	IX, 30.07, kell 02	X, kell 06	XI, kell 10	XII, kell 14
<i>Gobiidae</i>	ad	560	395	690	2046	0	0
	juv	0	0	0	256	365	143
	ad + juv	560	395	690	2302	365	143
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	ad	16	13	6	17	6	6
	juv	70	430	80	5	38	4

		kl 18	kl 22	kl 02	kl 06	kl 10	kl 14
	ad + juv	86	443	86	22	44	10
<i>Pungitius pungitius</i>	ad	0	27	0	2	6	0
	juv	0	0	0	0	6	0
	ad + juv	0	27	0	2	12	0
<i>Scophthalmus maximus</i>	juv	1	0	0	0	0	2
<i>Gobio gobio</i>		0	0	5	0	0	0
<i>Alburnus alburnus</i>		2	8	8	0	0	1
<i>Phoxinus phoxinus</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Cobitis taenia</i>		0	3	1	0	0	0
<i>Perca fluviatilis</i>		0	0	0	0	0	0
Keskmine		72	97	88	258	47	17

TABEL 2C – Kahe päeva keskmine arvukus püügi kella-aja järgi [is].

Liik, sugukond	Vanusrühm	kell 18	kell 22	kell 02	kell 06	kell 10	kell 14
<i>Gobiidae</i>	ad	300	265	345	1090	73	0
	juv	0	0	55	128	183	88
	ad + juv	300	265	400	1218	256	88
<i>Gasterosteus aculeatus ad.</i>	ad	38	25	16	23	67	44
	juv	685	350	77	8	47	22
	ad + juv	723	375	93	31	113	66
<i>Pungitius pungitius</i>	ad	60	32	13	9	23	0
	juv	0	0	8	0	3	22
	ad + juv	60	32	20	9	26	22
<i>Scophthalmus maximus</i>	juv	1	0	0	0	0	1
<i>Gobio gobio</i>		0	0	4	0	0	0
<i>Alburnus alburnus</i>		34	4	17	0	0	1
<i>Phoxinus phoxinus</i>		68	0	0	0	0	0
<i>Cobitis taenia</i>		4	2	1	1	1	1
<i>Perca fluviatilis</i>		0	0	1	0	0	0
Keskmine		132	75	59	140	44	20

TABELID 3A ja 3B – Kalade biomass noodatõmmete kaupa A kivisel ja B liivasel põhjal [g].

A: kivine põhi							
Liik, sugukond	Vanusrühm	I, 28.07, kell 18	II, kell 22	III, 29.07, kell 02	IV, kell 06	V, kell 10	VI, kell 14
<i>Gobiidae</i>	ad	14	47	0	46	44	0
	juv	0	0	23	0	0	18
	ad + juv	14	47	23	46	44	18
<i>Gasterosteus aculeatus ad.</i>	ad	96	58	39	47	174	133
	juv	78	27	6	1	3	3
	ad + juv	174	85	45	48	177	136
<i>Pungitius pungitius</i>	ad	36	14	37	5	11	0
	juv	0	0	3	0	0	13
	ad + juv	36	14	40	5	11	13
<i>Scophthalmus maximus</i>	juv	0	0	0	0	0	0
<i>Gobio gobio</i>		0	0	16	0	0	0
<i>Alburnus alburnus</i>		135	0	441,5	0	0	0
<i>Phoxinus phoxinus</i>		225	0	0	0	0	0
<i>Cobitis taenia</i>		2	1	0	1	1	1
<i>Perca fluviatilis</i>		0	0	140,5	0	0	0
Keskmine		65	16	78	11	26	19
B: liivane põhi							
Liik, sugukond	Vanusrühm	VII, kell 18 (29.07)	VIII, kell 22	IX, 30.07, kell 02	X, kell 06	XI, kell 10	XII, kell 14
<i>Gobiidae</i>	ad	135	125	69	541	0	0
	juv	0	0	0	65	107	38
	ad + juv	135	125	69	606	107	38
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	ad	24	19	13	26	9	8
	juv	6	43	9	5	3	1
	ad + juv	30	62	22	31	12	9

		kl 18	kl 22	kl 02	kl 06	kl 10	kl 14
<i>Pungitius pungitius</i>	Ad	0	7	0	1	9	0
	juv	0	0	0	0	1	0
	ad + juv	0	7	0	1	10	0
<i>Scophthalmus maximus</i>	juv	0.5	0	0	0	0	1
<i>Gobio gobio</i>		0	0	77	0	0	0
<i>Alburnus alburnus</i>		19	48	23	0	0	9
<i>Phoxinus phoxinus</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Cobitis taenia</i>		0	1	0	0	0	0
<i>Perca fluviatilis</i>		0	0	0	0	0	0
Keskmine		21	27	21	71	14	6

TABEL 3C – Kahe päeva keskmine biomass püügi kella-aja järgi [g].

Liik, sugukond	Vanusrühm	kell 18	kell 22	kell 02	kell 06	kell 10	kell 14
<i>Gobiidae</i>	ad	75	86	35	293	22	0
	juv	0	0	12	33	54	28
	ad + juv	75	86	46	326	76	28
<i>Gasterosteus aculeatus ad.</i>	ad	60	39	26	37	92	71
	juv	42	35	8	3	3	2
	ad + juv	102	74	34	40	95	73
<i>Pungitius pungitius</i>	ad	18	11	19	3	10	0
	juv	0	0	2	0	1	7
	ad + juv	18	11	20	3	11	7
<i>Scophthalmus maximus</i>	juv	0	0	0	0	0	1
<i>Gobio gobio</i>		0	0	47	0	0	0
<i>Alburnus alburnus</i>		77	24	232	0	0	5
<i>Phoxinus phoxinus</i>		113	0	0	0	0	0
<i>Cobitis taenia</i>		1	1	0	1	1	1
<i>Perca fluviatilis</i>		0	0	70	0	0	0
Keskmine		43	22	50	41	20	13

TABEL 6 - *Gobiidae* isas- ja emas kalade pikkus ja toitumise algandmed kivisel ja liivasel põhjal.

Kuupäev	Põhi	Kell	Sugu	TL [mm]	Copepoda ad	Copepoda juv	Copepoda nauplii	Cladocera	Mollusca
28-Jul	kivine	18	Isane	30		7			
28-Jul	kivine	18	Isane	27,5	2	20	1		
28-Jul	kivine	18	Emane	41,2	2				
28-Jul	kivine	18	Emane	30	2	15		1	
28-Jul	kivine	18	Emane	29	1	30		1	
28-Jul	kivine	22	Isane	42	4				
28-Jul	kivine	22	Isane	38	16			1	
28-Jul	kivine	22	Isane	28	9				
28-Jul	kivine	22	Emane	40	31				
28-Jul	kivine	22	Emane	38	4				
29-Jul	kivine	2	Isane	39,5	3				
29-Jul	kivine	2	Isane	38					
29-Jul	kivine	2	Emane	41,5	3			1	
29-Jul	kivine	2	Emane	40	4				
29-Jul	kivine	2	Emane	34	6	2			
29-Jul	kivine	6	Isane	38	1				
29-Jul	kivine	6	Isane	35	3				
29-Jul	kivine	6	Isane	30	3				
29-Jul	kivine	6	Emane	39	1	5			
29-Jul	kivine	6	Emane	34					
29-Jul	kivine	10	Isane	43,5	5				
29-Jul	kivine	10	Isane	43					1
29-Jul	kivine	10	Isane	37					
29-Jul	kivine	10	Isane	29	2				1
29-Jul	kivine	10	Emane	33,5		2			
29-Jul	kivine	14	Isane	33,5					
29-Jul	kivine	14	Isane	30					
29-Jul	kivine	14	Emane	40	2	1			1
29-Jul	kivine	14	Emane	28					
29-Jul	kivine	14	Emane	27					
Kuupäev	Põhi	Kell	Sugu	TL [mm]	Copepoda ad	Copepoda juv	Copepoda nauplii	Cladocera	
29-Jul	liivane	18	Isane	45,5				1	
29-Jul	liivane	18	Isane	42	3				
29-Jul	liivane	18	Isane	28	2				
29-Jul	liivane	18	Emane	44	5		1		
29-Jul	liivane	18	Emane	40			3		
29-Jul	liivane	22	Isane	32	2				
29-Jul	liivane	22	Isane	29	5				
29-Jul	liivane	22	Emane	37	5				
29-Jul	liivane	22	Emane	36	3				
29-Jul	liivane	22	Emane	34,5	2				
30-Jul	liivane	2	Isane	39	10				
30-Jul	liivane	2	Isane	36					
30-Jul	liivane	2	Isane	28	10				
30-Jul	liivane	2	Isane	28	10				
30-Jul	liivane	2	Isane	27,5	7				

Kuupäev	Põhi	Kell	Sugu	TL [mm]	Copepoda ad	Copepoda juv	Copepoda nauplii	Cladocera	
30-Jul	liivane	6	Isane	35	2			1	
30-Jul	liivane	6	Isane	33	2			1	
30-Jul	liivane	6	Isane	29,5	5				
30-Jul	liivane	6	Emane	45	7				
30-Jul	liivane	6	Emane	39	2				
30-Jul	liivane	10	Isane	37,5	3				
30-Jul	liivane	10	Isane	36	2				
30-Jul	liivane	10	Isane	36					
30-Jul	liivane	10	Isane	35					
30-Jul	liivane	10	Emane	29	2	2			
30-Jul	liivane	14	Isane	38	2				
30-Jul	liivane	14	Emane	40	3			2	
30-Jul	liivane	14	Emane	28	5				
30-Jul	liivane	14	Emane	27	3				
30-Jul	liivane	14	Emane	26,5	2				

TABEL 7A - Tavapõhja *Gobiidae* isasloomade toitumus [is is⁻¹].

Sooline jaotus, keskmine pikkus ja mao sisaldiste keskmine	I, 28.07., kell 18	II, kell 22	III, 29.07., kell 02	IV, kell 06	V, kell 10	VI, kell 14	Tava- põhja keskmine, isased	SD
Isaste sooline osa korduses [%]	40,00	60,00	40,00	60,00	80,00	80,00	60,00	17,89
Keskm. pikkus [mm]	28,80	36,00	38,75	34,33	38,10	31,75	34,62	3,83
<i>Cladocera</i>	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,20
<i>ad.</i> <i>Copepoda</i>	1,00	9,67	1,50	2,33	1,75	0,00	2,71	3,50
<i>juv. Copepoda</i>	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25	5,51
<i>nauplius</i> (<i>Copepoda</i>)	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,20
Keskmine soolesisaldis	3,75	2,54	0,38	0,58	0,44	0,00	1,28	1,51

TABEL 7B - Tavapõhja *Gobiidae* emasloomade toitumus [is is⁻¹].

Sooline jaotus, keskmine pikkus ja mao sisaldiste keskmine	I, 28.07., kell 18	II, kell 22	III, 29.07., kell 02	IV, kell 06	V, kell 10	VI, kell 14	Tavapõhja keskmine, emased	SD
Emaste sooline osa korduses [%]	60,00	40,00	60,00	40,00	20,00	20,00	40,00	17,89
Keskm. pikkus [mm]	33,30	39,00	38,50	36,50	33,50	31,67	35,41	3,02
<i>Cladocera</i>	0,67	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,17	0,28
<i>ad. Copepoda</i>	1,67	17,50	4,33	0,50	0,00	0,67	4,11	6,74
<i>juv. Copepoda</i>	15,00	0,00	0,67	2,50	2,00	0,33	3,42	5,76
<i>nauplius (Copepoda)</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Keskmine soolesisaldis	4,33	4,38	1,33	0,75	0,50	0,25	1,92	1,92

TABEL 8A - Liivapõhja *Gobiidae* isasloomade toitumus [is is⁻¹].

Sooline jaotus, keskmine pikkus ja mao sisaldiste keskmine	VII, kell 18 (29.07.)	VIII, kell 22	IX, 30.07., kell 02	X, kell 06	XI, kell 10	XII, kell 14	Liivapõhja keskmine, isased	SD
Isaste sooline osa korduses [%]	60,00	40,00	100,0	60,00	80,00	20,00	60,00	28,3
Keskm. pikkus [mm]	38,50	30,50	31,70	32,50	36,13	38,00	34,55	3,43
<i>Cladocera</i>	0,33	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,17	0,28
<i>ad. Copepoda</i>	1,67	3,50	7,40	3,00	1,25	2,00	3,14	2,25
<i>juv. Copepoda</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
<i>nauplius (Copepoda)</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Keskmine soolesisaldis	0,50	0,88	1,85	0,92	0,31	0,50	0,83	0,55

TABEL 8B - Liivapõhja *Gobiidae* emasloomade toitumus [is is⁻¹].

Sooline jaotus, keskmine pikkus ja mao sisaldiste keskmine	VII, kell 18 (29.07.)	VIII, kell 22	IX, 30.07., kell 02	X, kell 06	XI, kell 10	XII, kell 14	Liivapõhja keskmine, emased	SD
Emaste sooline osa korduses [%]	40,00	60,00	0,00	40,00	20,00	80,00	40,00	25,82
Keskm. pikkus [mm]	42,00	35,83	0,00	42,00	29,00	30,38	29,87	14,28
<i>Cladocera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>ad. Copepoda</i>	2,50	3,33	0,00	4,50	2,00	3,25	2,60	1,40
<i>juv. Copepoda</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,50	0,42	0,73
<i>nauplius (Copepoda)</i>	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,75
Keskmine soolesisaldis	1,13	0,83	0,00	1,13	1,00	0,94	0,84	0,39

TABEL 9A – *Gobiidae* isaste keskmine toitumus sõltuvalt katse korduse kellaajast (sõltumatult põhjatüübist) [is is⁻¹], sugupoole osa kogupüügist [%] ja keskmine pikkus [mm].

Kahe p. keskm. isaste osakaal, keskmine pikkus ja mao sisaldiste keskmine	kell 18	kell 22	kell 02	kell 06	kell 10	kell 14	keskmine (isased)	SD
Isased [%]	50,00	50,00	70,00	60,00	80,00	50,00	60,00	12,65
Keskm. pikkus [mm]	33,65	33,25	35,23	33,42	37,11	34,88	34,59	1,48
<i>Cladocera</i>	0,17	0,25	0,00	0,33	0,00	0,00	0,13	0,15
<i>ad. Copepoda</i>	1,33	6,58	4,45	2,67	1,50	1,00	2,92	2,19
<i>juv. Copepoda</i>	6,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	2,76
<i>nauplius (Copepoda)</i>	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,10
Keskmine soolesisaldis	2,13	1,71	1,11	0,75	0,38	0,25	1,05	0,75

TABEL 9B – *Gobiidae* emaste keskmine toitumus sõltuvalt katse korduse kellaajast (sõltumatult põhjatüübigist) [is is^{-1}], sugupoole osa kogupüügist [%] ja keskmine pikkus [mm].

Kahe p. keskm. emaste osakaal, keskm. pikkus ja mao sisaldiste keskmine	kell 18	kell 22	kell 02	kell 06	kell 10	kell 14	Keskmine (emased)	SD
Emased [%]	50,00	50,00	30,00	40,00	20,00	50,00	40,00	12,65
Keskm. pikkus [mm]	37,65	37,42	19,25	39,25	31,25	31,02	32,64	7,42
<i>Cladocera</i>	0,33	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,08	0,14
<i>ad. Copepoda</i>	2,08	10,42	2,17	2,50	1,00	1,96	3,35	3,50
<i>juv. Copepoda</i>	7,50	0,00	0,33	1,25	2,00	0,42	1,92	2,83
<i>nauplius (Copepoda)</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,41
Keskmine soolesisaldis	2,73	2,60	0,67	0,94	0,75	0,59	1,38	1,00

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina _____ Toomas Jõgisu _____
(*autori nimi*)
(sünnikuupäev: _____ 29.07.1978.a _____)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
_____ „Litoraalkalade arvukuse ja toitumise ööpäevane dünaamika Saarnaki laiul (Kagu-
Hiiumaa rannik, Väinameri)“; bakalaureusetöö

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on _____ Arno Põllumäe, PhD _____,
(*juhendaja nimi*)

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus/Tallinnas, 7.05.2013. a (*kuupäev*)