

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
HÜDROBIOLOOGIA ÕPPETOOL

Mariliis Kõuts

**Muuga lahel ja Käsmu lahel talvituvate aulide (*Clangula
hyemalis*) toitumisökoloogia: kaaspüügil põhineva andmestiku
analüüs**

Magistritöö

Juhendajad: PhD Lauri Saks

PhD Markus Vetemaa

TARTU 2013

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	4
2. Kirjanduse ülevaade.....	6
3. Materjal ja meetodika	11
3.1 Leppneeme.....	11
3.2 Lobi neem	13
3.3 Kaaspüügil saadud sukelpartide analüüsi meetodika	14
4. Tulemused.....	17
5. Arutelu	21
6. Kokkuvõte.....	26
7. Summary	28
8. Tänuavaldused	30
9. Kasutatud kirjandus.....	31
10. Lisad	36

1. Sissejuhatus

Merelindude toitumise uurimine on oluline, sest see annab teavet lindude ökoloogiast ning nende rollist mereökosüsteemis (Duffy & Jackson, 1986; Iverson *et al.*, 2007). Kuna merelinnud, s.h. sukelpardid, moodustavad tähtsa osa mereökosüsteemist, saab neid vaadelda indikaatorina merekeskkonnas toimuvatele muutustele (Parsons *et al.*, 2008). Läänemere kui tugeva antropogeense surve all oleva tundliku veekogu seisundi pidev jälgimine eri tasanditel on hädavajalik, et vältida edasist kahju selle haprale ning unikaalsele ökosüsteemile ning kavandada meetmeid, leevendamaks juba olemasolevaid mõjusid (HELCOM, 2010). Käesolevas töös uuritakse arvukaima Läänemerel talvituva linnu, auli (*Clangula hyemalis*), toitumist Põhja-Eesti rannikuvetes, mis on teadaolevalt esimene samalaadne sukelpartide toitumisuuring Eestis.

Talvituvate merelindude koguarvukus Läänemerel on viimastel andmetel vähenenud ligikaudu 40% (Skov *et al.* 2011). Kõige rohkem on langenud avamerel peatuvate ja toituvate linnuliikide arvukus – aule on loenduste andmetel ajavahemikus 1993 – 2000 a. jäänud vähemaks 65% võrra (Skov *et al.*, 2011). Läänemerre kogunevad talvituma nii Siberi kui Põhja-Euroopa aulide pesitsusasukonnad. See on üks olulisemaid aulide talvitumisasasid maailmas ning kogupopulatsiooni kui terviku elujõulisuse tagamise seisukohast tähtis piirkond (Skov *et al.*, 2011). Siinse populatsiooni arvukuse muutuste põhjuste väljaselgitamine on seega ülemaailmse tähtsusega väljakutse. Talvituvad sukelpardid on keskkonnas toimuvate muutuste suhtes väga tundlikud: nad peatuvad merealadel tavaliselt suurte parvedena ning toituvad põhiliselt sessiilsetest toiduobjektidest. Järsud keskkonnatingimuste muutused nagu õhutemperatuuri langus, ulatusliku jääkatte teke või õlikatastroofid mõjutavad toituvaid linnupopulatsioone nii otseselt kui ka toidubaasi kaudu (ICES, 2005; HELCOM, 2010; Skov *et al.*, 2011). Sukelpartide toidubaasiks oleva põhjaloomastikuga toimuvad muutused võivad olla väga kiired ning koosluste taastumine aeganõudev (Hamilton, 2000). Nii on talvituvad sukelpardid tugevalt sõltuvad talvitumisalade bentose biomassist ja arvukusest. Toidubaasi olulisus suureneb karmide talvede korral, kui õhutemperatuur on madal ja lindude energiavajadus suur ning piisavate rasvavarude salvestamine muutub kulukaks. (de Leeuw *et al.*, 1999; Vaitkus & Bubinas, 2001). Seetõttu tekib olukord, kus negatiivsed muutused saakorganismide arvukuses ja biomassis mõjutavad otseselt neist toitujate energiabilanssi (Vaitkus, 2001; Schummer, 2005).

Aul on ka Eesti vetes arvukaim talvituv veelind, peatudes suurearvuliselt Liivi lahes, Loode-Saaremaa ja Põhja-Eesti rannikul. Negatiivne arvukuse tendents on ära märgitud ka neil aladel (EOÜ, 2012). Auli kui Läänemerele väga iseloomuliku linnuliigi arvukuse vähenemine võib viidata mere looduskeskkonna seisundi halvenemisele kas läbi toidubaasi vähenemise või tingituna ebasoodsatest oludest, mille hulgas on kindlasti ka inimtegevus (HELCOM, 2003; Balti Keskkonnafoorum, 2009; Skov *et al.*, 2011). Seetõttu on sukelpartide toitumise uurimine vajalik nii liigi tundmise seisukohast kui ka Läänemere ökosüsteemi kui terviku seisundi hindamiseks.

Käesoleva töö peamine eesmärk on välja selgitada ja analüüsida, millest toituvad Põhja-Eesti lahtedes talvituvad aulid ning kuivõrd erinevad tulemused teistest Läänemeres korraldatud aulide toitumisuuringutest. Selleks määrati kalavõrkudes hukkunud lindude seedetraktis esinenud toiduobjektide liik ja nende sagedus ning hinnati lindude konditsiooni. Seejärel viidi läbi kahe uurimisala, Leppneeme ja Lobi neeme lindude toitumise ning konditsiooniindeksite (mass, rasvakihi ja rinnalihase hinnang) võrdlus, selgitamaks, kas esineb erinevusi nende, suhteliselt lähestikku asuvate alade lindude toiduvalikus ning füüsilises konditsioonis. Lisaks saab selle pilootprojekti tulemusena hinnata ka kaaspüügil kogutavate andmete sobivust lindude ökoloogia-alasteks uuringuteks.

2. Kirjanduse ülevaade

Läänemeri on maailmas unikaalne veekogu, mis on madal, riimveeline (siin elavad nii soolase kui mageda vee liigid), kõrge bioproduktiooniga, kuid liigivaene ning tugevalt inimtegevusest mõjutatud (HELCOM, 2003). Oluline Läänemere ökosüsteemi kujundav tunnus on ka talvel tekkiv jääkate, mille kestus on 5-6 kuud mere põhjaosas, kuigi avamereosa jääb enamasti jäävabaks (Skov *et al.*, 2011). Madalaveeliste lahtede rohkus, äärmuslike õhutemperatuuride harv esinemine ja põhjaloomastiku suur biomass muudavad Läänemere talvituvatele veelindudele sobivaks toitumisalaks (Nilsson, 1972; Vaitkus, 1999) – aule peatub Läänemerel viimaste loenduste andmetel 1,5 miljonit isendit (Skov *et al.*, 2011).

Käesoleva töö uurimisalad, Leppneeme ja Lobi neem, asuvad Soome lahes, mis on Läänemere avaosa otsene laiendus ja mere madalaima soolsusega osa (HELCOM, 2003). Asjaolu, et Soome laht on Läänemere üks reostatam ning tugevalt eutrofeerunum piirkond, suurendab siinse elustiku uurimise vajalikkust (HELCOM, 2010). Kuigi lämmastiku ja fosfori sissevool Läänemerre on viimase 20 aasta jooksul vähenenud, on mõnedes kohtades langenud ka põhjaloomastiku produktiivsus, mis omakorda mõjutab sellest toituvaid sukelparte. (Skov *et al.*, 2011) Soome lahe iseloomuliku jäärežiimi tingib lahe piklik kuju, mistõttu kogu lahte kattev kinnisjää moodustub väga harvadel talvedel. Jääolud kujunevad ning muutuvad peamiselt tuule mõjul. Tavaliselt domineerivad edelatuuled, mis hoiavad lahe lõunaranniku valdavalt jäävaba, kuid olukord võib tuule pöördudes muutuda tundidega. (Kõuts, T., suulised andmed)

Aul (*Clangula hyemalis*) on haneliste (*Anseriformes*) seltsi ja partlaste (*Anatidae*) sugukonda kuuluv sukelpart, kes pesitseb arktilises kliimavöötmes ja talvituma rändab parasvöötme jäävabadele veekogudele. Aul püüab toitu sukeldudes ning sööb peamiselt põhjaloomastikku (karbid), veesambas hõljuvaid organisme (vähilised) ja harvem ka kalu ning kalamarja (Nilsson, 1972; Bustnes & Systad, 2001; Žydelis & Esler, 2005). Aul on teadaolevalt suhteliselt varieeruva toidubaasiga oportunistlik toitaja (Nilsson, 1972; Peterson & Ellarson, 1977; Bustnes & Systad, 2001; Schummer, 2005), kes Läänemerel talvitudes eelistab suuremas osas süüa erinevaid karpe (Nilsson, 1972; Stempniewics, 1995; Žydelis & Ruškyte, 2005). Kuna karpide seedimine on energeetiliselt kulukas protsess (de Leeuw *et al.*, 1999; Nehls & Ketzenberg, 2002), siis tasub see ära vaid olukorras, kus karpide biomass ja arvukus on kõrged – tunnus, mis on iseloomulik Läänemerele (ICES, 2005).

Auli ökoloogia ja toitumisstrateegia sarnaneb üldjoontes teistele, samasse rühma kuuluvatele sukelpartidele nagu sõtkas (*Bucephala clangula*), mustvaeras (*Melanitta nigra*) ja hakk (*Somateria mollissima*). Sel põhjusel on käesolevas töös ära toodud võrdluseid ka nende toitumisuuringutega, kus on vaadeldud teisi sukelpardiliike. Samas on arvestatud auli liigist tulenevate eripäradega – nad on võrreldes teiste sukelpartidega väiksemad, mistõttu peavad energiataseme säilitamiseks tihedamini toituma. Seetõttu avaldub keskkonna surve aulidele ennekõike talvitumisperioodil, kui linnud peavad energiabilanssi tasakaalus hoidma olukorras, kus valget toitumisaega on vähe, õhutemperatuurid on madalad ning tekkida võib toidubaasi kättesaadavust vähendav jääkate (Goudie & Ankney, 1986; Vaitkus & Bubinas, 2001). Seevastu on aul võrreldes mitmete sukelpartidega parem sukelduja, mis väljendub selles, et lind võib vee all ujuda efektiivsemalt ning sügavamale, kasutades, erinevalt teistest sukelpartidest, vee all hoo andmiseks ka tiibu (Schummer, 2005; Sonntag, 2009). Arvatakse, et aul on Läänemeres arvukas just tänu kõrgelt arenenud sukeldumisoskusele, mis võimaldab maksimaalselt ära kasutada lühikesi päevi ning madala rannikumere jäätudes liikuda toituma sügavatele ja jäävabadele avamere aladele, kus suurem osa sukelpardiliikidest enam hakkama ei saa (Nilsson, 1972; Schummer, 2005). Tänu heale sukeldumisoskusele võivad aulid rohkem püüda ka liikuvat saaki nagu kalad. See omakorda laiendab nende toidunišši, mis on heaks eelduseks talviste energiavarude säilitamisel. (Nilsson, 1972) Schummeri (2005) uuringus Ontario järvel on märgitud ka asjaolu, et auli soolestik on võrreldes teiste partidega (sõtkas ja sõnnpea-sõtkas (*Bucephala albeola*)) suhteliselt pikk, viidates sellele, et auli organismis võib toimuda efektiivsem toitainete omastamine. Selline kohastumus võib olla tekkinud just pikkade ja raskete talvede üle elamiseks.

Aulid on pikaealised linnud (keskmine eluiga 15 aastat), kes sigivad vaid kord aastas. See asjaolu võimendab eduka talvitumise tähtsust, sest sellest omakorda sõltub järglaskonna arvukus. Mitu järjestikust ebaõnnestunud talvitumist võib selle liigi puhul kajastuda juba koguarvukuse olulise vähenemisena. (Robertson & Gilchrist, 1998)

Sukelpartide toitumisuuringuid on Läänemeres korraldatud suhteliselt vähe ja kindlates piirkondades nagu Rootsi, Leedu, Poola ja Saksamaa rannikuveed (Nilsson, 1972; Pehrsson, 1976; Stempniewicz, 1995; Larsen & Guillemette, 2000; Vaitkus & Bubinas, 2001; Žydelis & Esler, 2005; Schummer, 2005; Žydelis & Ruškyte, 2005). Et suuremas osas viibivad sukelpardid, sh. aulid, Läänemeres hilissügisest kevadeni, siis on nende uurimine võimalik põhiliselt talviti. Sukelpartide aastaajalises tsüklis on talvitumine pesitsemise kõrval määrava tähtsusega periood, sest talvitumisest sõltub lindude kevadise rände ning pesitsemise edukus

(Lack, 1968). Sarnaselt teiste lindudega on sukelpartidel kõrge metaboolne tase, millest tulenevalt võib kehatemperatuuri säilitamiseks vaja minev energiahulk talvetingimustes olla kuni 70% suurem kui suvel (de Leeuw *et al.*, 1999). Energiabilansi tasakaalus hoidmiseks talvistes oludes peavad linnud oma kehamassi kohta suhteliselt palju sööma (Guillemette, 1998). See muudab talvitujad tugevalt sõltuvaks põhjaloomastikust ning nõuab stabiilse ja piisava toidubaasi olemasolu talvitumisaladel, sest karmides ilmatingimustes uute toitumisalade otsimine on väga energiakulukas (Vaitkus, 2001). Seetõttu on auli jt. sukelpartide puhul talvitumiskoha valikul määravaks teguriks põhjaloomastiku arvukus ja jaotus merepõhjal (Schummer, 2005; Sonntag, 2009). Talve piiratud tingimustes võib väiksempi muutus põhjaloomastikus vähendada lindude tõenäosust elada järgmise kevadeni. Näiteks on paljudes uuringutes kajastatud, et sukelpardid oma talvitumisalal oluliselt vähendada karpide arvukust (Robertson & Gilchrist, 1998; Hamilton, 2000; Nehls & Ketzenberg, 2002; Schummer, 2005; van Nes *et al.*, 2008). Sukelpardid, sh. aul, on teadaolevalt talvitudes mobiilsed ning toitumisalade ammendumisel nad tavaliselt lahkuvad (Lack, 1968; Charnov, 1974; Hamilton *et al.*, 1994; Bartumeus & Catalan, 2009). Enamasti jõuavad kiire kasvuga karbikooslused kevadsuvisel perioodil, mil linde on vähem, ka taastuda ning talvist toidupuudust merel peatuvatel lindudel harilikult ei teki (Hamilton *et al.*, 1994; Nehls & Ketzenberg, 2002).

Kui keskmise õhutemperatuuri ning jääkattega talvedel on olulisemate toitumisalade põhjaloomastik sukelpartidele Läänemeres ligipääsetav ning talvitumiseks enamasti piisav (Nilsson, 1972; Vaitkus, 1999), siis kriitiline olukord võib tekkida karbikoosluste vähenemise ning keskkonningimuste koosmõju (madal õhutemperatuur, jääkate) esinemisel (Vaitkus & Bubinas, 2001; Schummer, 2005). Suurenenud energeetiliste vajadustega sukelpartide intensiivne toitumine kindlal alal, mida omakorda võib piirata merejää, võib kaasa tuua kohaliku põhjaloomastiku ammendumise (Robertson & Gilchrist, 1998; Hamilton, 2000; Hamilton, 2000; Nehls & Ketzenberg, 2002; Schummer, 2005; van Nes *et al.*, 2008). Selle tulemusel peavad linnud sooritama rändeid kvaliteetsemate toitumisalade leidmiseks, millest paljud võivad jääkatte tekkega muutuda ligipääsmatuks (Vaitkus & Bubinas, 2001; Bartumeus & Catalan, 2009). Selline olukord võib halvimal juhul kaasa tuua toidupuuduse ja lindude massilise suremise nälja ja kurnatuse tagajärjel (Suter & van Eerden, 1992; Vaitkus, 2001; Vaitkus & Bubinas, 2001; Camphuysen *et al.*, 2002; Nilsson, 2005; Schummer, 2005). Sel põhjusel hukkunud sukelpartide hilisemal analüüsil on leitud, et nende lindude mass on võrreldes tervete isenditega vähenenud kuni poole võrra, rasvavarud kehas praktiliselt

ammendunud ning suur rinnalihas oluliselt kahanenud, mis omakorda viitab kurnatusest põhjustatud lennuvõime kadumisele (Suter & van Eerden, 1992; Camphuysen *et al.*, 2002). Aul on siinkohal osavama sukeldujana teiste sukelpartidega võrreldes eelisseisus, sest võib vähemalt ajutiselt toituda ka sügavatel ja jäävabadel aladel (maksimaalne sukeldumissügavus 60m) (Schorger, 1947). Püsivalt madalate õhutemperatuuride juures on see siiski raskendatud, sest väikeste kehamõõtmega aul salvestab vähem rasvavarusid ning sügavale sukeldumine muutub energeetiliselt liiga kulukaks – seega ohustavad eelmainitud karmid ilmastikuolud ka seda liiki (Goudie & Ankney, 1986).

Kui aeg-ajalt esinevad külmad talved on looduslik nähtus, siis lindude toidubaasi muutused võivad olla ka inimesest põhjustatud. Aktiivne inimtegevus Läänemerel võib samuti mõjutada lindude talvitumisedukust. Üks suurimaid ohte on tihe laevaliiklus, mis omakorda suurendab õlilekete tõenäosust (HELCOM, 2003). Tihti arvukalt avamerel toituvad aulid on naftareostusest väga ohustatud lindude grupp, kelle suremus „õlikatku“ on sukelpartidest üks suuremaid (Skov *et al.*, 2011). Sadamate arendustegevus vähemalt Eesti mastaabis kohalikke sukelparte, k.a. aulid, oluliselt ei häiri ning sadamatega seoses pole täheldatud lindude arvukuse vähenemist talvitumisaladel (Balti Keskkonnafoorum, 2009). Ka Muuga laht, käesoleva töö üks uurimisala, on tiheda laevaliiklusega mereala, kus sellest hoolimata talvitub arvukalt aule (TÜ EMI, 2006). Samas kinnitavad mitmed uuringud, et toituvate sukelpartide parvesid võivad häirida avamere-tuulepargid, mille tõttu linnud võivad hakata vältima oma tavalisi toitumisasasid (Petersen *et al.*, 2006). Näiteks Liivi lahte, kuhu koondub Põhja-Läänemere üks arvukamaid talvituvate aulide asurkondi, on samuti kavandatud kasutada tuuleenergia tootmiseks (Gorwind). Oluline probleem on ka sukelpartide sattumine kalavõrkudesse, kus nad enamasti hukuvad. Aule peetakse levinumaks linnuliigiks Läänemere kalurite kaaspüügis, mis koos muude teguritega võib samuti osutada märkimisväärseks ohuks populatsiooni arvukusele (Dagys & Žydelis, 2002; Skov *et al.*, 2011) Ka käesolevas töös uuritud aulid olid arvukaim linnuliik Eesti rannikukalurite kaaspüügis.

Tugeva inimõju tõttu on Läänemere looduskeskkonna järjepidev uurimine vajalik, et selgitada välja inimtegevuse negatiivse mõju ulatus looduskeskkonnale ning töötada välja kaitsemeetmeid. Üks uurimise viis on kasutada ökoloogilisi indikaatoreid – need on liigid või organismid, kelle põhjal hinnatakse keskkonna/ökosüsteemi seisundit ja selles toimuvaid muutuseid. Kohalikke merelinde võib samuti vaadelda indikaatorina keskkonnas, millega nad on toidu ja elupaiga kaudu tihedalt seotud. Mitmed uuringud kinnitavad, et merelindude populatsioonidünaamika on seotud keskkonnaparametrite ja kliimamuutusega. (Dale &

Beyeler, 2001; Schummer, 2005; Iverson *et al.*, 2007; Gremillet & Charmantier, 2010;) Selleks peab ära defineerima ja paika panema suhte keskkonna kindlate parameetrite ja lindude vastuse vahel, et oleks võimalik ennustada, milline keskkonnamuutus võib olla lindude konditsiooni, arvukuse vm. muutuse taga (Dale & Beyeler, 2001). Lindude toiduvalik on üks osa sellest, peegeldades kohalikke põhjaloomastikukooslusi (Iverson *et al.*, 2007; Gremillet & Charmantier, 2010), mida näitas ka käesolev uuring. Aul, Läänemere keskkonnas laialt levinud talvituv liik ning kohaliku toiduahela ülemine lüli, kellesse akumuleerub alumiste astmete energia, võiks olla üks siinse ökosüsteemi seisundi indikaatorliike.

3. Materjal ja meetoodika

Töös kasutatud materjal on TÜ Mereinstituudi ja rannakalurite koostöös kogutud sukelpardid, kes hukkusid kalavõrkudes. Kaaspüügist suurema osa moodustasid aulid, keda analüüsitakse antud töös detailsemalt, kuna statistiline kogum sai just selle liigi puhul kõige esinduslikum. Alad, kust uurimisalused aulid kaaspüügina saadi, on Põhja-Eesti ranniku poolsaartel asuvad Leppneeme ja Lobi neem ning nendega piirnevad lahed – Muuga laht ja Käsmu laht. Kahe uurimisala vahemaa on linnulennult u. 60 km. Saamaks parema ülevaate aulide toitumiseelistustest Leppneemel ja Lobi neemel, kõrvutasime toitumisandmeid TÜ Eesti Mereinstituudi iga-aastastel seiretel kogutud põhjaloomastiku andmetega samadelt aladelt.

3.1 Leppneeme

Leppneeme asub Viimsi poolsaare kirdetipus Muuga lahe ääres u. 19 km Tallinna kesklinnast ja seal asub ka väike sadam, kust toimub laevaihendus Prangli saarega. Muuga laht on inimtegevusest tugevalt mõjutatud mereala, mille lõunarannikul asub Muuga kaubasadam, mis on suurima kaubavooga sadam Eestis. (TÜ EMI, 2006)

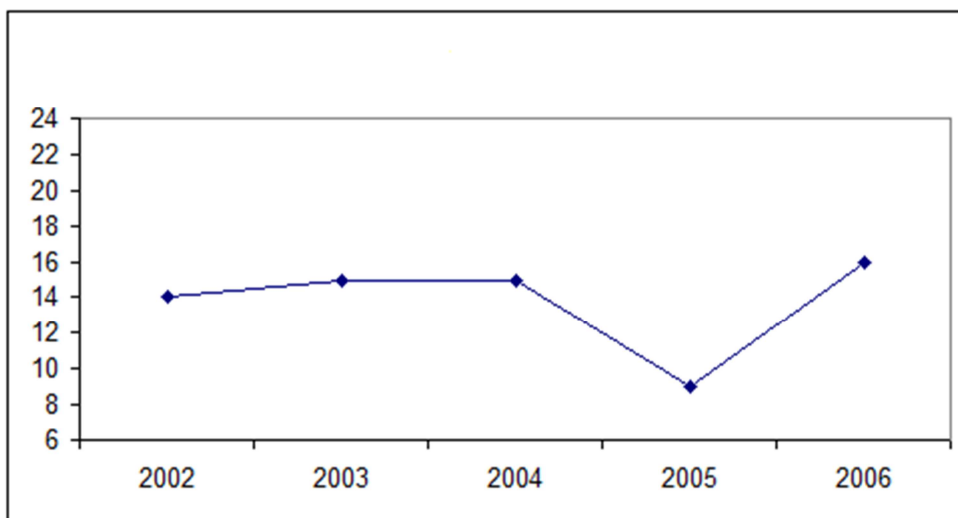
Merepõhja substraadi moodustavad Muuga lahe rannikul kuni 10m sügavuseni valdavalt savi, kruus, liiv ja kivid. 10-20 m sügavusvahemikus on iseloomulikud pehmed, liivaseguse savi või mudastunud saviga kaetud põhjad. 20-50 m sügavusvahemikus domineerib vaid savine põhi, mis on kaetud mõnesentimeetrise mudakihi. (TÜ EMI, 2006)

Tallinna puhastatud heitvee süvalask Paljassaare lahes ning Muuga ja Tallinna sadamates viimastel kümnenditel teostatud ehitus- ja süvendustööd on põhjustanud selles rannikumere piirkonnas kõrge toitainete sisalduse, mis omakorda soosib filtreerivate organismide, karpide, levikut. Selle tulemusel on viimastel aastakümnetel hakanud Muuga lahes domineerima balti lamekarp (*Macoma balthica*) ja söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*). Tänu varieeruvale merepõhja substraadile ja toitainete rohkusele on põhjaloomastiku liigiline mitmekesisus Muuga lahes suur. Näiteks 2006. aasta septembris leiti TÜ Eesti Mereinstituudi põhjaloomastiku seirel kokku 17 liiki, lisaks väheharjasussid (*Oligochaeta*) ja surusääsklased (*Chironomidae*). Muuga lahe põhjaloomastik on liikide koosseisult ning arvukuse ja biomassi tasemelt iseloomulik inimtegevusest mõõdukalt mõjutatud merealadele. (TÜ EMI, 2006; TÜ EMI, 2007) Levinuimad taksonid:

Ussid (*Vermes*): tavaline harjasliimukas (*Hediste diversicolor*), väheharjasussid (*Oligochaeta*), harilik silinderkärslane (*Halicryptus spinulosus*). Vähilaadsed (*Crustacea*):

kirpvähid (*Gammarus zaddachi*), (*G. oceanicus*), roheline lehtsarv (*Idotea chelipes*), balti lehtsarv (*I. balthica*), valgelaup-kakand (*Jaera albifrons*), kootvähk (*Corophium volutator*), tavaline harjaslabalane (*Monoporeia affinis*). Kividel levib tavaline tõruvähk (*Balanus improvisus*). Teod (*Gastropoda*): lamekeermene vesitigu (*Hydrobia ulvae*), ümarkeermene vesitigu (*H. ventrosa*), vesiking (*Theodoxus fluviatilis*). Karbid (*Bivalvia*): söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*), balti lamekarp (*Macoma balthica*), söödav südakarp (*Cerastoderma glaucum*) ja liiva-uurikkarp (*Mya arenaria*). Putukate vastsed: surusääsklased (*Chironomidae*) taimestikurikastes piirkondades. (TÜ EMI, 2006; TÜ EMI, 2007)

Põhjaloostiku arvukus (Joonis 1) ja samuti biomass võib aastati küllalt suures ulatuses varieeruda. Nagu on kujutatud joonisel 1, on Aegna saare juures läbi viidavas TÜ EMI igaaastases seires liikide arvukus olnud suhteliselt stabiilne perioodil 2002 – 2004 ja vähenenud 2005.aastal kuue liigi võrra, taastudes 2006. aastal taas 2004. a tasemele. See on näide põhjaloomastikule iseloomulikust liigilise arvukuse varieerumisest, kus oluline muutus võib tekkida ja kaduda sisuliselt ühe aasta jooksul.



Joonis 1. Leitud põhjaloomastiku liikide arvukus Tallinna lahe Aegna transektil aastatel 2002–2006 (TÜ EMI, 2007).

Leppneeme on olulise tähtsusega linnuala, kus on läbirändel loendatud 33 linnuliiki. Arvukamad neist on aulid, kes peatuvad toitumiseks merel, rannikust eemal. Talveperioodil võib Muuga lahele koguneda kuni sadu või tuhandeid isendeid. (Ratas, 2006) Toitujate talvist peatumist lahel soosib ka Muuga lahe jäärežiim – kinnisjääd lahel tavaliselt ei teki ning lindudele sobilikke jäävabasid laiuke leidub enamasti terve talve jooksul (Kõuts, T., avaldamata andmed).

3.2 Lobi neem

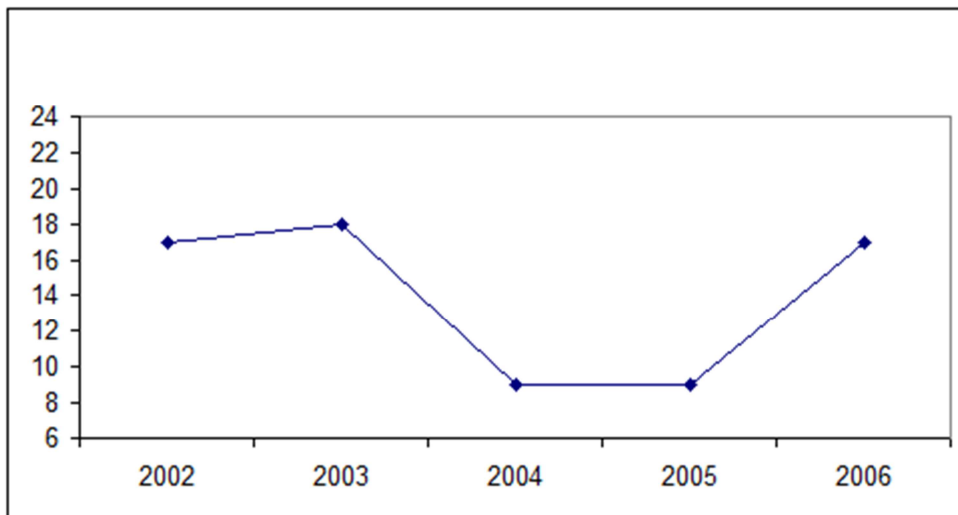
Lobi neem asub Lahemaa rahvuspargis, Vergi poolsaare loodeotsas, Käsmu lahe ääres. Lahe lääneosas asub väike Käsmu sadam ja lõunaosas Võsu linn. Võrdlusena Muuga lahega on Käsmu laht inimtegevusest väga vähe mõjutatud. (TÜ EMI, 2008)

Merepõhja substraadi moodustavad Käsmu lahes 10m sügavuseni valdavalt erineva suurusega kivid vähese liivaga nende vahel, lisaks leidub ka liivapõhjasid. Põhjaloostiku seisund Käsmu lahes on hea, varieerudes siiski lahe piires suhteliselt suurel määral, ilmselt tingituna merepõhja substraadist. Mõõdukat eutrofeerumistaset taluvate liikide (nt. balti lamekarp (*Macoma balthica*), lamekeermene vesitigu (*Hydrobia ulvae*), söödav südakarp (*Cerastoderma glaucum*)) biomass on kõige kõrgem ja erinevate põhjaloomarühmade biomassid varieeruvad küllaltki suurtes piirides. (TÜ EMI, 2008)

Käsmu lahe piirkonnas loendati 2007. Aasta seire raames 8 põhjaloomastiku liiki:

Vähid: balti lehtsarv (*Idotea balthica*), põlvikvähk (*Bathyporeia pilosa*), kirpvähk (*Gammarus salinus*), valgelaup-kakand (*Jaera albifrons*), tavaline harjaslabalane (*Monoporeia affinis*). Teod: lamekeermene vesitigu (*Hydrobia ulvae*) – suure biomassiga söödava rannakarbi (*Mytilus trossulus*) kõrval. Karbid: balti lamekarp (*Macoma balthica*), söödav südakarp (*Cerastoderma glaucum*) – biomassis tavaliselt domineerivad. Piirkonnas leidis suhteliselt arvukalt ka putukate vastseid (*Chironomidae*) ja väheharjasusse (*Oligochaeta*). (TÜ EMI, 2008)

Ka Käsmu lahe piirkonnas on esinenud põhjaloomastiku arvukuse äkilisi muutuseid samal perioodil kui Muuga lahes: 2004-2005. Kui 2003 ja 2006 a. leiti seiretransektil lahest ligi 18 erinevat põhjaloomastiku liiki, siis perioodil 2004-2005 langes see 9 liigini (joonis 2) ja taastus seejärel 2006. aastal. Võib öelda, et sellele piirkonnale on iseloomulik merepõhja elustiku biomassi ja arvukuse suur varieeruvus, olles 2007. aastal vahemikus 329-1833 is. m⁻², biomass 2,1-33,1 g m² (TÜ EMI 2008). Ka Käsmu laht on oluline talvitumisala aulidele, kus selle liigi arvukus talviste loenduste andmetel ulatus mitme tuhande linnuni (EOÜ, 2008 - 2012). Käsmu lahe jäärežiim erineb Muuga lahest selle poolest, et kinnisjää tekkimine on tõenäolisem (Kõuts, T., avaldamata andmed).



Joonis 2. Leitud põhjaloomastiku liikide arv Eru transektil (Eru-Käsmu laht) aastatel 2002–2006. (TÜ EMI, 2007)

3.3 Kaaspüügil saadud sukelpartide analüüsi meetodika

Kokku lahati ja koguti andmed 67-lt kaaspüügina saadud aulilt. Kuna 20 lindu 67st olid üksikisendid erinevatest piirkondadest (piirkonna „alaesindatuse“ piiriks loeti 6 lindu), jäeti nende isendite andmed analüüsist välja. Allesjäänud 47 aulist, kes olid pärit Leppneemelt ja Lobi neemelt, oli 11 isendi seedetrakt tühi, mistõttu need linnud eemaldati samuti analüüsist. Seega kaasati toitumise analüüsi kahelt alalt kokku 36 isendit – Leppneemelt 25 ja Lobi neemelt 11 auli (Tabel 2, Lisad).

Leppneeme isendid on pärit 2008. aastast, Lobi neeme isendid 2006, 2007, 2008 ja 2009 aastatest. Erinevus nii valimi isendite arvus kui aastates tuleb sellest, et tegemist ei ole sihipäraselt võetud valimiga, vaid juhuslikult rannakalurite võrku jäänud lindudega.

Hukkunud linnud pandi pärast võrgust välja harutamist külmakastidesse ning edasi võimalikult kiiresti sügavkülma. Külmutatud linnud sulatati ja lahati hiljem laboris. Lahkamise käigus täideti individuaalsed lahkamisankreedid, kus olid andmed linnu liigi, soo, vanuse ja massi kohta. Lahkamisel vaadati linnu rasvumust naha all ja kehaõõnes ning suure rinnalihase suurust – neid parameetreid hinnati 3-punkti skaalas. Seejärel eraldati mao sisu. Maosisud fikseeriti 96% etanoolis ning analüüsiti hiljem. Analüüsil kasutati mikroskoopi (objektiivi suurendus 4 – 100x; okulaari suurendus 10x). Maos määrati selle koostisosad:

kivide arv ja elusorganismide takson (vähemalt sugukonna tasemel), suurus, hulk, kaal (märgkaal, sest kuivatamise võimalus puudus) ning arv.

Selgitamaks, kas Lobi neeme aulide toit erineb Leppneeme lindude omast, kasutati toitumise tulemuste võrdlemise analüüsi ANOSIM (Clarke & Warwick, 2001). Erinevast soost ja aastatest lindude toitumise statistiline erinevus kontrolliti ANOSIM permutatsioonitestiga. Vaatlemaks, kuidas on seotud üksikute toiduobjektide arvukused aulide toidu struktuuriga erinevates piirkondades kasutati analüüsi SIMPER (Clarke & Warwick, 2001)

Et Lobi neeme linnud olid pärit eri aastatest (10 emast ja 1 isane), siis tehti analüüs, võrdlemaks emaste toitumist erinevatel aastatel. Erinevust ei leitud (ANOSIM: $R=0,074$, $p=0,29$) ning seetõttu koondati edasise andmetöötluse käigus kõigi aastate andmed üheks valimiks.

Kuna Lobi neemelt oli kogutud vaid üks isaslind, siis kasutati aulide toidu liigilise struktuuri sugudevahelisel võrdlusel ainult Leppneeme andmeid. Leiti, et sugudevahelises toitumise liigilises struktuuris erinevusi ei olnud (ANOSIM: $R=0,056$, $p=0,15$). Seega koondati edasiseks analüüsiks emaste ja isaste isendite andmed.

Mann-Whitney U-testiga võrreldi Leppneeme täiskasvanud emaste lindude kehamassi ja konditsiooniindeksit võrreldi Lobi neeme täiskasvanud emaste isendite samade parameetritega, kasutades Mann-Whitney U-testi. Noorlinde võrdlusesse ei kaasatud, sest nende mass ja rasvaprotsent võivad olla nende vanuse tõttu teistsugused (Žydelis & Ruškyte, 2005). Isaslinnud jäid samuti välja, sest füsioloogiliste eripärade tõttu võib ka nende rasvavarude suurus ja kehamass erineda (Žydelis & Ruškyte, 2005). Linnu „konditsiooniindeksi“ all mõeldakse käesolevas uuringus naha-aluse ja kehaõõnes sisalduva rasvakihi ning suure rinnalihase hinnangute summat, sest need on talvitumisel linnu ellujäämise ühed põhilised kriteeriumid (Suter & van Eerden, 1992; Camphuysen *et al.*, 2002).

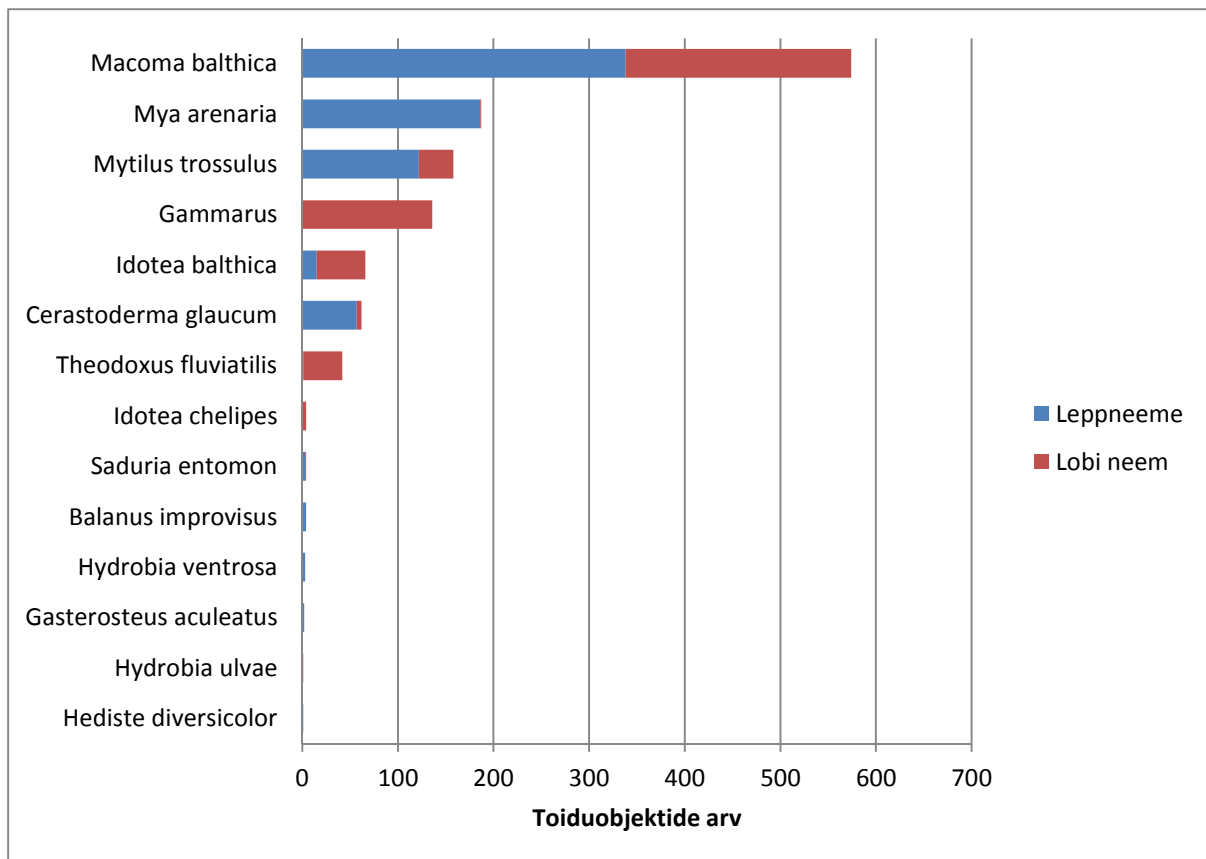
Käesolevas töös kogutud kaaspüügi lindude valim on koostatud üldtunnustatud meetodil, mis on kasutusel olnud mitmetes uuringutes (Pehrsson, 1976; Peterson & Ellarson, 1977; Žydelis & Esler, 2005; Žydelis & Ruškyte, 2005). Kuigi antud meetod on laialdaselt kasutusel, on sellel, nagu igal teisel meetodil, ka oma miinused:

- Valim sõltub rannakalurite püügiaegade ja –paikade eelistustest.
- Võrkudesse jäänud linnud on tihti tühja maoga, st. et tõenäoliselt on nad võrku jäänud juba esimesel sukeldumisel, või pole esimene sukeldumine olnud tulemuslik.
- Emaste ja isaste osakaal on täiesti juhuslik. Mõnel alal jääb võrku vaid mõni üksik isane paljude emaste kõrval. See võib muuta sugudevahelise võrdluse keerukaks.
- Isendid on pärit pikast ajaperioodist, sest korraga ei jää ühel alal kuigi palju isendeid võrku.

Samas räägib taolise andmekogumise meetodi kasuks suhteline odavus ning eetilisus – linde ei pea selleks spetsiaalselt surmama. Saadud andmed on väga väärtuslikud ning kasutatavad teadustöös, nagu kinnitatakse käesolevas uurimuses.

4. Tulemused

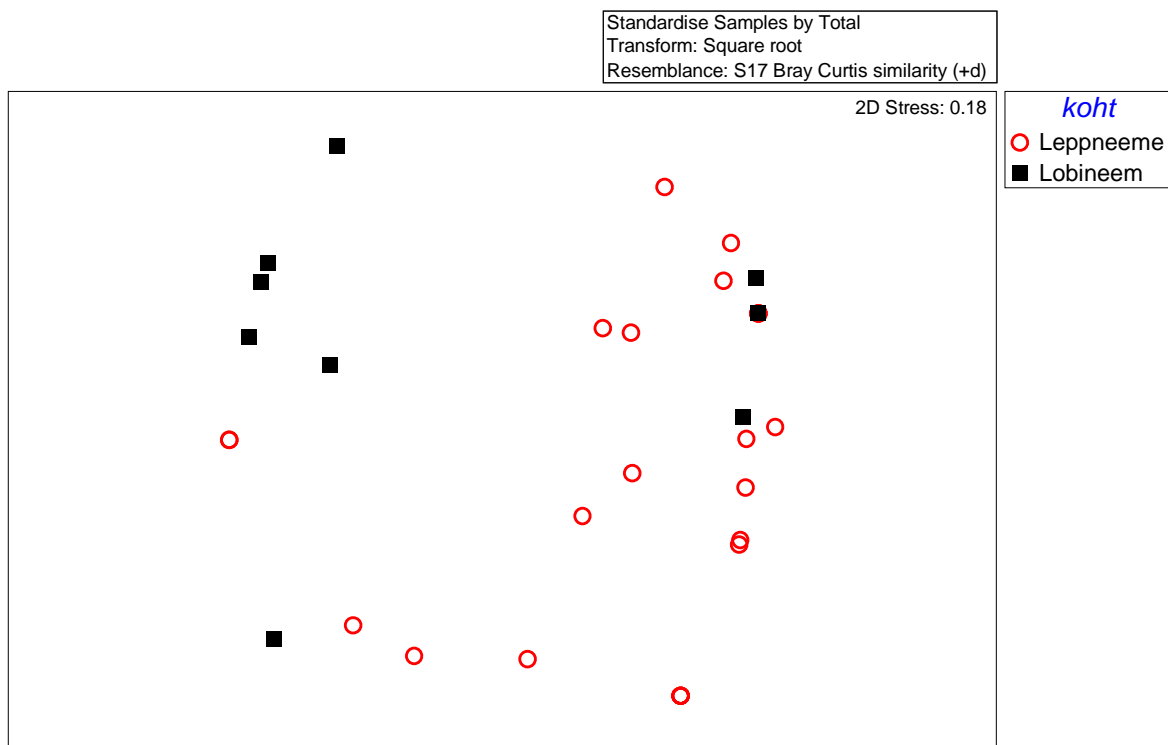
Kokku määrati aulide seedetraktiproovides 12 liiki selgrootute ja ühe kalaliigi esindajad. Maoproovides esinesid ka kirpvähiliste perekonna (*Gammarus*) esindajad, keda liigini ei määratud. Lisaks leiti seedetraktist kive ja taimi. Aulide põhitoiduse moodustas loomne materjal. Kõige sagedamini esines aulide seedetraktis balti lamekarpi (46% kõigi toiduobjektide arvust), liiva-uurikkarpi (14%), söödavat rannakarpi (13%), kirpvähilisi (11%), ja balti lehtsarve (6%) (Joonis 3; Tabel 2, Lisad; joonis 7, Lisad).



Joonis 3. Aulide seedetraktist (36 is.) leitud toiduobjektide arvukus liikide kaupa ja nende jaotumus kahe uurimisala lindude vahel.

Lisaks viiele äratoodud liigile ja rühmale leiti magudes veel järgmised liigid ja liigist laiemad rühmad (joonis 3): söödav südakarpi (*Cerastoderma glaucum*), vesiking (*Theodoxus fluviatilis*), ümarkeermene vesitigu (*Hydrobia ventrosa*), lamekeermene vesitigu (*Hydrobia ulvae*), roheline lehtsarv (*Idotea chelipes*), merikilk (*Saduria entomon*), tavaline tõruvähk (*Balanus improvisus*), ogalik (*Gasterosteus aculeatus*) ja tavaline harjasliimukas (*Hediste diversicolor*).

Lobi neeme ja Leppneeme aulide toidu liigiline struktuur osutus erinevaks (ANOSIM: $R=0,26$, $p=0,001$; Joonis 4). Selle erisuse ilmnemisel oli suurim roll balti lamekarbi (SIMPER: osakaal 24,5% Bray_Curtise erisusindeks 19,66), liiva-uurikkarbi (SIMPER: osakaal 19,2%; Bray_Curtise erisusindeks 15,5) kirpvähkide (SIMPER: osakaal 15,1%; Bray_Curtise erisusindeks 12,1) söödava rannakarbi (SIMPER: osakaal 11,4%; Bray_Curtise erisusindeks 9,1) ja balti lehtsarve (SIMPER: osakaal 10,8%; Bray_Curtise erisusindeks 8,7) esinemisel aulide magudes. Nende liikide erinev esinemine piirkondlikes andmestikes tagas 81% piirkondadevahelisest aulide toidu struktuurierinevustest (SIMPER: keskmine Bray_Curtise erisusindeks 80,3).



Joonis 4. Leppneeme ja Lobi neeme aulide maoproovidest määratud liikide koosluste struktuuri MDS (*Multi dimensional Scaling*) graafikul. Punktide vaheline kaugus iseloomustab proovide liigilise koosluse struktuuride vahelisi erinevusi.

Analüüsis selgus, et mõlemal alal olid linnud kõige rohkem söönud erinevaid karpe. Balti lamekarpi oli Leppneemel söönud 60% lindudest, Lobi neemel 45%. Samas oli Leppneemel lamekarpi söödud keskmiselt linnu kohta 23 isendit, Lobi neemel 47 isendit, ehk üle poole rohkem. Liiva-uurikarpi sõid aulid oluliselt rohkem Leppneemel (52% lindudest), Lobi neemel oli liiva-uurikarpi söönud vaid üks lind. Söödavat rannakarpi söödi rohkem Leppneemel (28% lindudest), kus see oli arvukuselt kolmas toiduobjekt lindude maos, samas

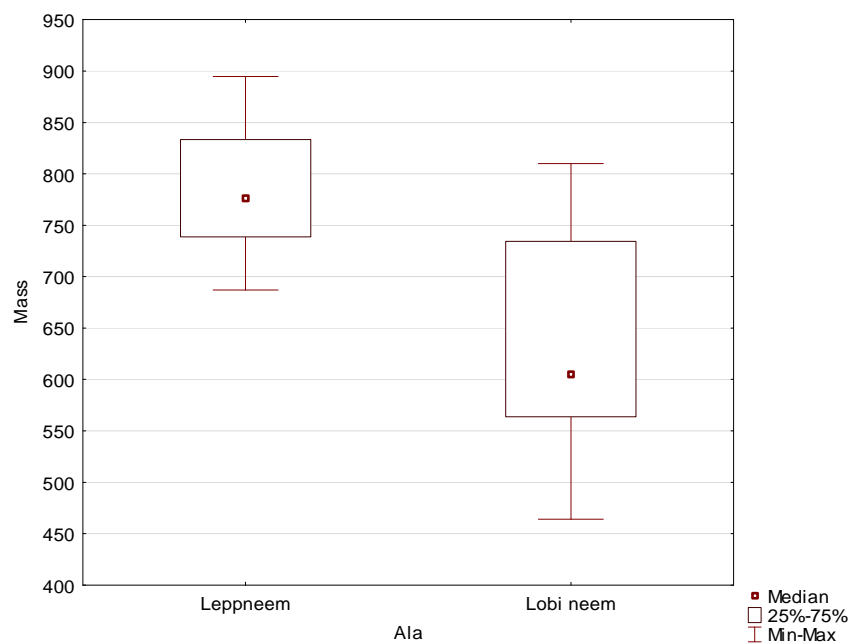
kui Lobi neemel oli seda liiki söönud vaid üks isend. Pehmekehalisi loomi esines rohkem Lobi neeme lindude seedetraktis. Kirpvähilisi tarbisid vaid Lobi neeme aulid (45% lindudest), samas kui Leppneeme linnud polnud neid üldse söönud. Balti lehtsarve söödi Lobi neemel rohkem (36% lindudest) kui Leppneemel (8% lindudest).

Arvukuse järgi saab Leppneeme lindude toiduobjektid järjestada järgmiselt: Balti lamekarp, liiva-uurikkarp, söödav rannakarp, balti lehtsarv. Lobi neemel aga: Balti lamekarp, kirpvähiliste perekond, balti lehtsarv ja söödav rannakarp. (Joonis 7, Lisad)

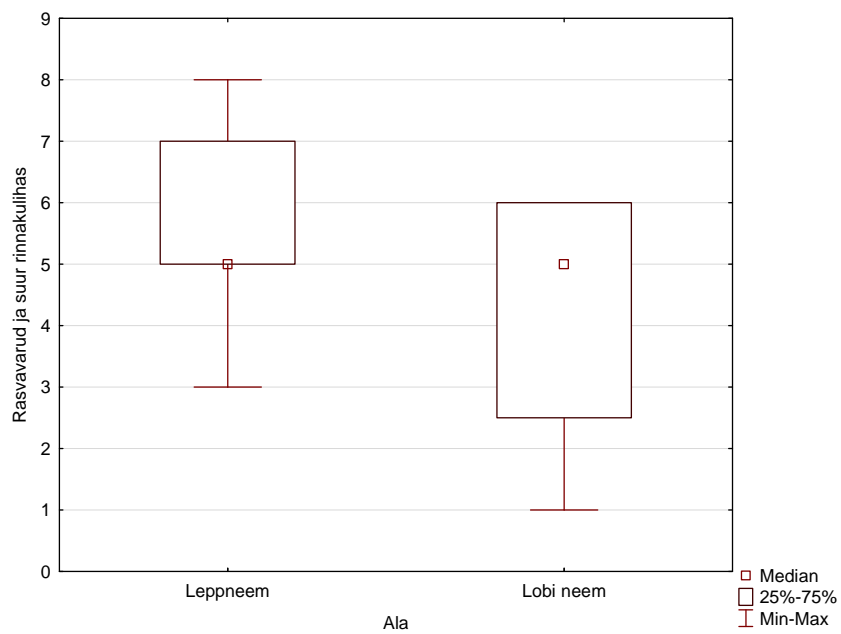
Leppneemel olid linnud söönud 11 eri liiki põhjaloomi. Leppneeme linnud polnud söönud: kirpvähilisi, rohelist lehtsarve ega lamekeermelist vesitigu. Seevastu Lobi neemel olid linnud söönud 10 eri liiki põhjaloomi. Lobi neeme linnud polnud söönud ümarkeermelist vesitigu, tõruvähke, ogalikke ega hulkharjasussi.

Lisaks võrreldi Leppneeme emaste ja isaste lindude toitumist talvitumisperioodil ning see ei erinenud (ANOSIM: $R=0,074$, $p=0,29$). Veel võrreldi Leppneeme ja Lobi neeme vahel emaste lindude keskmist kehamassi ning konditsiooniindeksit. Selgus, et Leppneemel on linnud suurema massiga (Mann-Whitney U-test: $Z = 3,09$; $p = 0,002$; joonis 5) ning nende parameetrite järgi paremas füüsilises konditsioonis (Mann-Whitney U-test: $Z = 1,99$; $p=0,05$; joonis 6).

Isaste ja emaste lindude konditsiooniindeksite võrdlusel Leppneemel ei leitud Mann-Whitney U-testiga statistiliselt olulist erinevust.



Joonis 5. Leppneeme (Ala 1) ja Lobi neeme (Ala 2) emaste aulide kehamassid.



Joonis 6. Leppneeme (Ala 1) ja Lobi neeme (Ala 2) aulide konditsiooniindeksid.

5. Arutelu

Nii Leppneeme kui Lobi neeme linnud olid kõige sagedamini söönud balti lamekarpi, Leppneemel olid seedetraktis arvukad ka kolm ülejäänud karbiliiki. See kinnitab varasemate toitumisuuringute tulemusi, mille kohaselt Läänemeres talvituvad sukelpardid, sh. aul, eelistavad toituda erinevatest karpidest (Nilsson, 1972; Žydelis & Ruškyte, 2005). Selle põhjuseks on tõenäoliselt karpide suur arvukus Läänemeres, mis katab lindude talvised energiavajadused (Nilsson, 1972; Vaitkus, 2001; Schummer, 2005; Žydelis & Ruškyte, 2005). Siiski esines ka erinevusi Leppneeme ja Lobi neeme aulide toidu struktuuris (joonis 4). Leppneeme linnud sõid rohkem karpe, Lobi neeme linnud aga toitusid karpide kõrvalt ka kirpvähilistest ning teistest pehmekehalistest loomadest.

Toitainete rohkusest tulenev karpide domineerimine aktiivse inimtegevusega Muuga lahes (TÜ EMI, 2006) kajastus kohalike aulide toidu struktuuris – söödav rannakarp, balti lamekarp ja liiva-uurikkarp olid Leppneeme lindude seedetraktis arvukaimad toiduobjektid (joonis 3). See näitab, et karbid, eriti balti lamekarp, on tõenäoliselt Muuga lahe aulide eelistatud toiduobjekt, mida seal leidub talvitujate jaoks piisavalt.

Samas ei olnud ükski Leppneeme aulidest söönud kirpvähilisi, mis on selles piirkonnas TÜ EMI iga-aastaste seirete andmetel samuti arvukad (TÜ EMI, 2006; TÜ EMI, 2007; TÜ EMI, 2008). Kirpvähkide puudumine Muuga lahe lindude toidust võib olla tingitud mitmetest, teineteist mitte välistavatest faktoritest. On tõenäoline, et kui lind saab vajaliku energia kätte lihtsamini püütavatest ja stabiilsema arvukusega karpidest, siis ei tarvitse ta kulutada lisaenergiat, et püüda veesambas liikuvaid kirpvähilisi. Samuti võis kirpvähiliste arvukus sel perioodil (2008. a jaanuar-märts) veesambas olla lihtsalt madal, mistõttu linnud eelistasid toituda karpidest – optimaalse toitumise teooria järgi hakatakse toituma väiksema energiasisaldusega liikidest, kui kvaliteetsem toit (antud juhul vähilised) on otsa saanud (MacArthur & Pianka, 1966). Ainult kahe heas konditsioonis Leppneeme emase auli seedetraktis puudusid karbid. Need kaks lindu olid söönud vaid balti lehtsarve, kes samuti on vähilaadne. Sellest järeldub, et osa isendeid võib stabiilse karpide arvukusega toitumisalal ikka otsustada energiarikkama, kuid raskemini püütava saagi kasuks (Goudie & Ankney, 1986).

Lobi neemel, kus, nagu Muuga lahelgi, esineb arvukalt nii balti lamekarpi kui söödavat rannakarpi (TÜ EMI, 2008), on aulid rohkem toitunud esimesest. Võrreldes Leppneemega on aulid balti lamekarpi söönud keskmiselt rohkem, küll aga erines selle toiduobjekti jaotumise struktuur. Kui Leppneemel leiti balti lamekarpi 60% uuritavate aulide seedetraktist, siis Lobi

neemel olid lamekarpi söönud vaid 45% lindudest, aga see-eest suurel hulgal. Kolm lindu viiest oli ainult sellest liigist toitunudki.

Söödavat rannakarpi oli Lobi neemel arvukalt tarbinud vaid üks heas konditsioonis olev emaslind, mis võiks taas olla tõenduseks sellest, et auli toidueelistused on laia spektriga. On teada, et sukelpardid toituvad seltsinguliselt ning olukorras, kus puudub konkurents ja saakloomi jätkub piisavalt, paiknevad toituvate lindude parved merealal üsna juhuslikult, kogunedes tihti sinna, kus on juba liigikaaslased ees (Nilsson, 1972; Sonntag, 2009). See võib ka seletada balti lamekarpide näilist „eelistamist“ võrreldes söödavate rannakarpidega, kuigi mõlemad liigid olid paiguti merepõhjal arvukad ning aul neid mõlemaid ka toiduks tarvitab (Nilsson, 1972; Stempniewicz, 1995; Žydelis & Ruškyte, 2005).

Veesambas hõljuvad kirpvähilised ja vetikate vahel elutsev balti lehtsarv on Lobi neeme aulide seedetraktis arvukuselt balti lamekarbist järgmised. Suurem pehmekehaliste osakaal söödud toidus on üks olulisemaid sisulisi erinevusi kahe ala lindude toitumises. Toitumise struktuuri erinevuse põhjus võib olla erinev aasta-aeg: Leppneeme aulid on pärit kevadtalvisest perioodist (jaanuar – märts), Lobi neeme linnud aga sügisest (oktoober – november) (Tabel 2, Lisad). Esimene seletus, miks Lobi neeme linnud tarbisid rohkem kirpvähilisi, võib olla see, et kirpvähilised olid sel perioodil veesambas arvukad ning lindudel oli neid lihtsam püüda. Seda kinnitab Pehrssoni (1976) uuring, kus teiste sukelpartide, sõtkaste toitumine varieerus eri aasta-aegadel vastavalt aastaringsetele muutustele bentose koosseisus. Teine võimalus on, et sügisel sõid linnud sihilikult energiarikkamat toitu (vähilaadsed jt. pehmekehalised liigid), et valmistuda talveks (Lima, 1986; Goudie & Ankney, 1986) – sarnast toitumismustrit täheldati Rootsi rannikul (Nilsson, 1972). Sellele viitavad ka teised tööd, kus on näidatud, et madalamate õhutemperatuuride korral, kui energiat kulub rohkem, võib kasvada energiarikkama, pehmekehalise toidu söömine (Nilsson, 1972; Jamieson *et al.*, 2001). 2006, 2007, 2008 ja 2009 a. sügised ja talved olid aga Eestis paljuaastase keskmisega võrreldes harilikud või kuni 8 kraadi soojema õhutemperatuuriga (EMHI). Samuti ei esinenud uurimisalustel perioodidel Muuga lahes ega Käsmu lahes jääkatet (TÜ MSI satelliitpildid 2007-2009). Seega võib käesolevas uuringus leitud karpide rohkust lindude toidus seostada pigem uurimisperiodil valitsenud keskmiste sügiseste ja talviste ilmastikuoludega, kui puudusid madalate õhutemperatuuride ning ulatusliku jääkatte mõju toitumiskäitumisele.

Kalad kuuluvad samuti vahel Läänemere aulide toiduvalikusse (Nilsson, 1972; Žydelis & Ruškyte, 2005). Siiski ei moodusta kalad enamasti aulide toidus olulist osa, võimalik, et aulil

neid on keerulisem püüda ja nad pole toiduallikana nii stabiilsed kui sessiilne põhjaelustik. Seda kinnitab ka käesolev uuring, kus koguvalimist oli vaid üks lind (Leppneemel) söönud ära kaks ogalikku.

Erinevus kahe ala lindude toitumise vahel võib tuleneda aastaajaliste erinevuste kõrval ka piirkonna eripäradest, kuigi põhjaloomastiku seiretest see põhjus otseselt ei selgu. Võrreldes kahe uurimisala põhjaloomastiku andmeid, ei ole märgata suuri erinevusi ei kirpvähiliste ega balti lehtsarve arvukuses, mille tarbimine kahe ala lindude vahel aga erineb. Teades, et balti lehtsarv ja kirpvähiliste perekond on reostuse suhtes tundlikud organismid (TÜ EMI, 2006), võib eeldada, et nende arvukus inimtegevusest vähe mõjutatud Käsma lahes võiks olla suurem kui märksa reostatumas Muuga lahes. Sel juhul oleks seletatav, miks on oportunistlikult toituvad linnud neid liike just Käsma lahes rohkem söönud (Peterson & Ellarson, 1977).

Kolmas ja vähetõenäoline seletus sellele, miks erinesid kahe ala lindude toitumise tulemused, on seotud bentose produktiivsusega. Leedu rannikul läbi viidud toitumise uuringus seostati arvukat vähiliste söömist bentose vähese arvukusega merepõhjal (Žydelis & Ruškyte, 2005). Seireandmete järgi peaks aga Lobi neeme põhjaloomastik olema arvukas ja selle seisund hea, mistõttu see teooria käesolevas uuringus tõenäoliselt ei kehti.

Mitmes varasemas uuringus on ära märgitud isaste ja emaste sukelpartide toitumise ja toitumisstrateegia erinevus (Stempniewicz, 1995; Schummer, 2005; Žydelis & Ruškyte, 2005). Põhjus on füsioloogiline – isased on suuremad, kaaluvad rohkem, on efektiivsemad sukeldujad ning võivad kauem vee all viibida (Schummer, 2005; Žydelis & Ruškyte, 2005). Seetõttu saavad isased linnud vajaduse korral valida ka teistsuguseid toiduobjekte. Käesolevas uuringus toitusid emased ja isased linnud Leppneemel samadest toiduobjektidest, mis võib olla tõenduseks sellest, et sobivates talvistes oludes ei kuluta isaslinnud pikemale sukeldumisele ning keerukamatele toiduotsingutele lisaenergiat ning toituvad sarnaselt emastele. Samas oli üks isaslind söönud ogalikku, mille võib kanda isaste parema sukeldumisoskuse alla, kuid tegu võib olla ka juhusega.

Võrreldi ka kahe uurimisala emaste aulide keskmist kehamassi ja rasvavarude ning suure rinnalihase hinnangut ning leiti, et Lobi neeme aulide keskmine kehamass oli väiksem kui Leppneemel (Joonis 5). Samuti oli Lobi neeme lindudel väiksem rinnalihase ning õhem rasvakihi paksus naha all ja kehaõõnes (Joonis 6). Need näitajad iseloomustavad linna füüsilist konditsiooni ning nendest sõltub suure osas linna tõenäosus talv üle elada (Suter & van Erden, 1992; Camphuysen *et al.*, 2002). Kõige tõenäolisem kahe ala lindude füüsiliste

parameetrite erinevuse põhjus on, et sügiseks ei olnud linnud jõudnud veel piisavalt toituda, et koguda küllaldane rasvavaru talve üle elamiseks (Lima, 1986). Võimalik, et selleks, et saavutada hea talvine konditsioon, tarbisid linnud Lobi neemel suuremal hulgal vähilisi. Kevadtalvised linnud Leppneemelt aga olid juba saavutanud optimaalse rasvaprotsendi talvel vastu pidamiseks ning toitusid seetõttu eelistatult stabiilsest energiaallikast – karpidest. Leppneeme talviste lindude kõrge konditsiooniindeks viitab tõenäoliselt ka sellele, et keskmise talve tingimustes on aulid Eesti vetes hästi kohastunud ning sinne toidubaas vastab lindude energeetilistele vajadustele (Žydelis & Ruškyte, 2005). Külmematel talvedel, kui toitumisotsingutele kulub rohkem energiat, võib ka lindude rasvaprotsent olla madalam, nagu täheldati aulide toitumisuuringus Michigani järvel (Peterson & Ellarson, 1977).

14 liiki põhjaloomi auli menüüs on Läänemere suhtelisel liigivaeses süsteemis piisavalt suur arv kinnitamaks, et selle liigi toidulaud võib varieeruda suures ulatuses ning tavaliselt eelistab aul toituda oma keskkonnas sagedamini esinevatest bentoseliikidest. Sarnased järeldused saadi Pommeri lahes Poolas ja Leedu ning Rootsi rannikuvetes korraldatud aulide uuringutes, kus need linnud toitusid põhiliselt balti lamekarpist, mis oli neil aladel kõige arvukam bentoseliik (Nilsson, 1972; Stempniewicz, 1995; Vaitkus, 2001; Piesik *et al.* 2003; Žydelis & Ruškyte, 2005). Muuga ja Käsmu lahe lindude seedetraktist kogutud toiduobjektide võrdlemine bentose koosseisuga näitas, et ka käesoleva uuringu lindude maaproovid esindavad valdavalt nende piirkondade põhjaloomastiku liikide arvukuse struktuuri.

Käesoleva töö tulemusi saab võrrelda ka teiste sukelpartide, näiteks vaeraste (*Melanitta sp.*), toitumisuuringutega, sest sarnaste morfoloogiliste tunnustega sukelpartide toitumisstrateegiad on omavahel mõnevõrra sarnased. Läänemeres ja Põhjameres vaeraste toitumist uurides leiti, et linna toiduvalikus domineerisid kindlad bentoseliigid, mis periooditi vaheldusid. Samuti leiti, et vaerad võivad mingi perioodi toituda vähem eelistatud toiduobjektist, kui see on alal piisavalt arvukas. Võib eeldada, et ka aul optimeerib oma toitumiseelistusi vastavalt bentose arvukuse muutustele ning kõige tihedamini tarbitav liik ei pea tingimata olema kõige energiarikkam (Schummer, 2005).

Kui üldjoontes sarnanevad antud töö tulemused teiste Läänemere uuringutega, saab siiski välja tuua ka väikese erinevuse toiduobjektide valikus. Nilssoni (1972) ja Žydelis & Ruškyte (2005) uuringutes toitusid aulid Rootsi ja Leedu rannikul eelistatult söödavast rannakarpist. Suurem osa linde viibis kivistel põhjadel, kus rannakarpi oli palju. Liigivaestel liivapõhjadel, kus levis balti lamekarp, toitus vähem linde. Erinevalt sellest toitusid Eesti aulid pigem

lamekarbist, kuigi toitumisaladel leidus suurtes kogustes ka söödavat rannakarpi. Tõenäoliselt tuleb erinevus sellest, et lamekarbi osakaal meie uurimisaladel on lihtsalt suurem, mistõttu linnud söövad esmajoones neid, sest muus osas pole lamekarbil olulisi eeliseid rannakarbi ees. Mõlema karbiliigi püüdmine on lindudele raskendatud. Lamekarp elab mudasse kaevunult ning linnud peavad need „välja kaevama“ (Järvekülg & Veldre, 1963; ICES, 2005). Arvatakse, et sukelpardid võivad lamekarpe otsida nende põhjasubstraadist välja ulatuvate sifoonide järgi. Seevastu söödav rannakarp on küll vees paremini leitav, kuid kinnitub põhjasubstraadile klompidena ja tugevate niidikestega, mistõttu lind peab kulutama lisaenergiat, et neid sealt lahti rebida (Järvekülg & Veldre, 1963).

Antud töö eesmärk oli uurida talvituvate aulide toitumist Eesti vetes. Selgus, et kuigi laias laastus sarnanevad tulemused teiste uurimustega Läänemerel, on olemas ka kohalikud eripärad, mida edasises teaduslikus töös arvesse võtta. Selgus, et eri aastaegadel ja lähedal asetsevates piirkondades võib selle liigi toitumine varieeruda. Kuna kahe uurimisala valimid on väiksed ning pärit eri aastatest, siis ei olnud käesolevas töös võimalik potentsiaalsete faktorite (piirkond, kuu, õhutemperatuur) mõju kvantitatiivselt hinnata ning hinnangute koostamisel kasutati põhiliselt varasemate uuringute andmeid. Antud töö väärtus seisneb selles, et tegemist on teadaolevalt esimese taolise uuringuga Eestis ning saadud andmed annavad vajaliku baasinfo järgmistele, juba põhjalikumate uuringute läbiviimiseks. Tõestati, et kaaspüügina saadud linde on võimalik kasutada talvituvate lindude toitumisuuringus. Edaspidi sarnast meetodit kasutades võiks plaanitav uurimus olla juba toitumisest laiem. Lisaks seedetrakti proovidele saab lindudel võtta näiteks rasvkoeproovid, et uurida raskemetallide ning muude toksiliste ainete sisaldust organismis. Selline kompleksne uuring annaks lisaks lisateadmistele erinevate sukelpardi liikide kohta ka vajalikku infot ökosüsteemi seisundist. Teine oluline uurimisteema võiks olla talvituvate sukelpartide toitumisstrateegia külmal talvel, kui toitumisaladele tekib jääkate ning esinevad väga madalad õhutemperatuurid. Kuna mitmes uuringus on leitud, et jää tõttu võib sukelpartide talvitumisstrateegia oluliselt muutuda (Jamieson *et al.*, 2001; Vaitkus, 2001; Vaitkus & Bubinas, 2001), siis oleks selle uurimine väga informatiivne ka Soome lahe kohta, mille pidevalt muutuvad jääolud võivad toituvate sukelpartide paiknemist merel ning nende toiduvalikuid oluliselt mõjutada (Kõuts, T., avaldamata andmed). Vältimaks laialivalguva valimi probleemi, mis tekkis käesolevas uuringus, on võimalik kaaspüügi kogumisel keskenduda näiteks ainult paarile piirkonnale ning sõlmida seal koostöölepped mitmete kaluritega korraga.

6. Kokkuvõte

Merelindude toitumise uurimine annab vajalikku infot nende rollist ökosüsteemis (Iverson *et al.*, 2007). Kuna toit on organismi ellujäämise põhilisi kriteeriumeid, siis on toitumisuuringud oluliseks osaks liigikaitsest. Uuringutel saadav väärtuslik info võimaldab toidubaasiga seotud riske välja selgitada ning antud linnurühma paremini kaitsta. Merelindude ja ökosüsteemi vahelistest seoste tundmine on vajalik ka selleks, et eristada keskkonnas toimuvad looduslikud protsessid inimõjust põhjustatud muutustest (Gremillet & Charmantier, 2010). Läänemeres kui inimesest tugevalt mõjutatud süsteemis (eutrofeerumine, saastumine toksiliste ainetega, aktiivne liiklus ning ehitustegevus) on antropogeensete mõjude jätkuv välja selgitamine ning ühtse looduskeskkonna kaitsestrateegia välja töötamine oluline eesmärk, taastamiseks ja tagamiseks mere hea seisundi tulevikus. (Gremillet & Charmantier, 2010; HELCOM, 2010)

Aul on Läänemere aladele väga iseloomulik linnuliik, kes on selles piirkonnas, ka Eesti rannikuvetes, arvukaim talvituja (Luigujõe 2008 – 2011; Skov *et al.*, 2011). Viimase 20 aasta jooksul on Põhja-Euroopa linnuloendustel hakatud täheldama talvituva auli arvukuse kiiret langustendentsi, mille põhjuste välja selgitamine on oluline ülesanne nii liigi kui Läänemere ökosüsteemi seisukohast (Skov *et al.*, 2011).

Aulid viibivad Läänemeres vaid pool aastat – sügisest kevadeni. Samas on talvitumine auli ja teiste sukelpartide aastaajalises tsüklis määrava tähtsusega periood, mil linnud peavad madalate õhutemperatuuride juures säilitama tasakaalus energiabilansi, olles seega tugevalt sõltuvad toidubaasist (de Leeuw *et al.*, 1999; Vaitkus, 2001; Vaitkus & Bubinas, 2001). Karbipopulatsioonid, sukelpartide peamine toidubaas talvel, on keskkonnamõjude suhtes väga tundlikud, mistõttu nende arvukus võib väheneda üsna ootamatult (ICES, 2005). Kuigi aul on oportunistlik toitaja, kelle toidubaas varieerub üsna suures ulatuses ka Läänemeres, võib siiski tekkida olukord, kus põhjaelustik mingil põhjusel ammendub või muutub näiteks jää tõttu ligipääsmatuks, mis toob kaasa suuri sukelpartide talviseid rändeid sobivamatele aladele (Bengtson, 1972; ICES, 2005; Schummer, 2005). Keskmistel talvedel pole selline olukord ohtlik, kuid äärmuslikes ilmastikuoludes võib kaasa tuua sukelpartide massilise suremise (Vaitkus & Bubinas, 2001). Karmide talvede kordumine aga võib populatsiooni arvukust kahandada juba dramaatiliselt (Robertson & Gilchrist, 1998).

Talvituva auli toitumisökoloogiat on Läänemerel siiani uuritud suhteliselt vähe, Eestis taolised uuringud veel puuduvad. Käesolevas töös sai täidetud eesmärk selgitada välja, millest toitub aul Põhja-Eesti rannikuvetes. Kahe uurimisala, Leppneeme ja Lobi neeme lindude toitumise analüüsil selgusid üldjooneliselt kohalike lindude talvised toitumiseelistused, mis ei erinenud võrdlusel kirjandusega oluliselt teistest Läänemerel läbi viidud uuringute tulemustest. Töö tulemused kinnitasid, et aul on suhteliselt laia toiduspektriga oportunistlik toituja ka eesti vetes. Leppneeme ja Lobi neeme võrdlusel leiti, et kahe üsna lähestikku paikneva uurimisala linnud toitusid erinevalt. Sellel erinevusel võib olla mitu, üksteist mitte välistavat seletust nagu erinev aastaaeg või erinevused uurimisala põhjaloomastiku koosseisus. Samuti erinesid kahe uurimisala emaste lindude kehamass ning konditsiooniindeks, mis näitab tõenäoliselt seda, et talveperioodil on lindude rasvaprotsent ja mass madalate õhutemperatuuridega vastu pidamiseks sügisega võrreldes suuremad. Suur rasvaprotsent ning mass viitavad sellele, et keskmistes talvistes tingimustes on Eesti rannikuvetes toituv aul hästi kohastunud ning ei esine toidupuudust. Isaste ja emaste lindude toitumine ega konditsiooniindeks samal uurimisalal oluliselt ei erinenud, mis samuti viitab keskkonnatingimuste surve puudumisele (Schummer, 2005). Käesolev uuringu tulemused on tõenäoliselt iseloomulikud keskmistele ja keskmisest soojematele talvedele, kui linnud toitusid vabalt kätte saadavast põhjaloomastikust ning puudus madala õhutemperatuuri ning jääkatte mõju, mis on ühed olulisemad aulide talvitumise edukust määravad tegurid. Selgitamaks välja, milline on aulide toitumisstrateegia külmadel talvedel ning kas see erineb käesoleva töö tulemustest, võib samu meetodeid kasutades läbi viia täiendava uuringu karmimate kliimatingimustega talvitumisperioodil.

Antud töö on potentsiaalseks pilootprojektiks järgmistele, juba põhjalikumatele uurimustele. Kuna kaaspüügina kogutud linnud on pidevalt juurde tulev hinnaline materjal, siis võiks edaspidi lisaks toitumisele tähelepanu alla võtta ka toksilised ained lindude rasvkoos – aulid ja teised sukelpardid on kiskjad, kes toituvad põhjaloomastikust ja teistest veeorganismidest (Gremillet & Charmantier, 2010) ning neisse võivad seeläbi akumulereeruda keskkonnas leiduvad kahjulikud ained. Lisaks liigipõhiste teadmiste jaoks selline uurimus väärtuslikku infot keskkonna seisundist tervikuna.

7. Summary

Studying seabird diets is important for the understanding of their role and importance in the marine ecosystem (Iverson *et al.*, 2007). The valuable information obtained from these studies enables us to sort out the risks associated with food-stocks and helps to protect the group of birds under study. Understanding the associations between seabirds and their ecosystem is important to distinct natural processes in the environment from harmful human impact (Gremillet & Charmantier, 2010). The Baltic Sea is heavily affected by human activities, with eutrophication, pollution of toxic substances, intensive traffic and marine construction being important problems. This makes continuous detection of anthropogenic effects essential to work out a natural environment conservation strategy and to assure the good condition of the Baltic Sea in the future. (Gremillet D. & Charmantier A., 2010; HELCOM, 2010)

Long-tailed duck, the most abundant wintering seabird in the Baltic Sea region, including Estonia, is a very characteristic species to this area (Luigujõe 2008 – 2011; Skov *et al.*, 2011). During the last 20 years a steep decline has been detected in the numbers of North-European long-tailed duck wintering populations. Finding the cause is an important mission regarding the species, as well as the whole Baltic Sea ecosystem (Skov *et al.*, 2011).

Long-tailed ducks stay on the Baltic for only half a year – from autumn to spring. Nevertheless, wintering is a decisive period of the diving ducks' annual cycle as the birds have to maintain stable energy-reserves during harsh conditions. This makes the very dependent on the food stocks (de Leeuw *et al.*, 1999; Vaitkus, 2001; Vaitkus & Bubinas, 2001). Mussel populations, the main food source for wintering long-tailed ducks, are very sensitive to environmental effects and change in their abundance and biomass can occur considerably fast (ICES, 2005). Despite being opportunistic feeders with quite a variable diet range even on the Baltic Sea, long-tailed ducks may still be affected by food depletion due to ice-cover or other factors, which will cause them to migrate to more sufficient food-patches in the middle of the winter (Bengtson, 1972; ICES, 2005; Schummer, 2005). This kind of situation doesn't pose a risk on ordinary winters, but may result in mass-mortality on very cold winters (Vaitkus & Bubinas, 2001). When similar harsh conditions occur for several consecutive winters, the population decline can be dramatic (Robertson & Gilchrist, 1998).

Diet-studies of wintering long-tailed ducks on the Baltic Sea are few, and none have been carried out in Estonia, that we know of. The aim of this thesis was to study the diet of Long-tailed Ducks on the coastal waters of North-Estonia. Overall the winter diet of Long-tailed Ducks in the two study areas, Leppneeme and Lobi neem, did not differ much from the data of previous similar studies on the Baltic. Our results confirmed the opportunistic nature of Long-tailed Duck's feeding strategy and quite wide species range in this species' diet. Food sample ingredients differed between the birds from Leppneeme and Lobi neem, areas, which are situated quite close. This dissimilarity could be a result of several non-exclusive explanations, e.g. different season or differences in the benthic populations of the study areas. Body weight and condition index of the female Long-tailed Ducks from the two areas also differed. Birds from Leppneeme (winter) appear to be in better physical condition (regarding fat reserves and breast muscle size), which probably indicates, that they are well adapted to the (normal) winter conditions in North-Estonian waters and there is no food shortage. Birds collected in autumn have poorer condition index, because they may still be in the process of acquiring sufficient fat reserves and weight to survive the winter. Food habits and condition index did not differ between the male and female birds in one study area, which also indicates, that there probably was no environmental pressure. The results of this study are probably distinctive for ordinary and warm winters, when birds fed on the easily accessible benthic prey and there was no temperature and ice-cover pressure, which are generally the most important factors affecting wintering Long-tailed Ducks. An additional study would be necessary to acquire more information about the feeding and survival strategy of Long-tailed Ducks during cold and severe winters, and whether there is a difference from normal winters.

This thesis is a potential pilot for subsequent and more detailed studies. Seabird by-catch is almost inevitable and considered a very valuable study material, which could be used for diet studies, but also for tracing toxic elements in the ducks' fatty tissue. Since diving ducks are predators and feed on benthic prey and other water organisms (Gremillet & Charmantier, 2010), they also accumulate hazardous substances from the environment. A study combining diet and toxic elements could be very useful for species-specific knowledge, as well as being an indicator of the health of the whole ecosystem.

8. Tänuavaldused

Sooviksin tänada oma töö juhendajaid Lauri Saksa ja Markus Vetemaad juhendamise, ideede ja nõuannete eest töö kirjutamisel. Veel tänan TÜ Mereinstituuti ja rannakalureid, kes olid abiks töö materjali kogumisel ja transpordil. Lisaks tänud Natalja Kolesovale TTÜ Meresüsteemide instituudist laboratoorse abi eest ning Tarmo Kõutsile TTÜ MSI-st jääolude andmete jagamise eest.

9. Kasutatud kirjandus

- Balti Keskkonnafoorum** (2009) Merekaitsealad Läänemere idaosas (2005 – 2009). Projekti lühikokkuvõte. Projekti nr. LIFE05NAT/LV/000100
- Bartumeus F. & Catalan J.** (2009) Optimal search behavior and classic foraging theory. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, Vol. 42:12.
- Bengtson S.A.** (1972) Reproduction and fluctuations in the size of duck populations at Lake Myvatn, Iceland. *Oikos*, Vol. 23: 35-58.
- Bustnes J. O. & Systad G. H.** (2001) Comparative feeding ecology of Steller's Eiders and Long-Tailed Ducks in winter. *Waterbirds*, Vol. 24:407–412.
- Camphuysen C. J., Berrevoets C. M., Cremers H. J. W. M., Dekinga A., Dekker R., Ens B. J., van der Have T. M., Kats R. K. H., Kuiken T., Leopold M. F., van der Meer J., Piersma T.** (2002) Mass mortality of common eiders (*Somateria mollissima*) in the Dutch Wadden Sea, winter 1999/2000: starvation in a commercially exploited wetland of international importance. *Biological Conservation*, Vol. 106:303–317.
- Charnov L. E.** (1974) Optimal Foraging, the Marginal Value Theorem. *Theoretical Population biology*, Vol. 9:2
- Clarke K. R. & Warwick R. M.** (2001) Change in Marine Communities. An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2nd Edition. Primer E. Plymouth.
- Dagys M. & Žydelis R.** (2002) Bird Bycatch in Fishing Nets in Lithuanian Coastal Waters in Wintering Season 2001–2002. *Acta Zoologica Lituanica*, Vol. 12:276-282
- Dale V. H. & Beyeler S. C.** (2001) Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, Vol. 1:3–10.
- De Leeuw J. J., van Eerden M. R., Visser G. H.** (1999) Wintering Tufted Ducks *Aythya fuligula* Diving for Zebra Mussels *Dreissena polymorpha* Balance Feeding Costs within Narrow Margins of Their Energy Budget. *Journal of Avian Biology*, Vol. 30:182-192.

- Duffy D. C. & Jackson S.** (1986) Diet Studies of Seabirds: A Review of Methods. Colonial Waterbirds, Vol. 9:1-17
- Eesti Ornitoloogiaühing** (2012) Eesti riikliku keskkonnaseire kesktalvise veelinnuloenduse 2012.a. aastaaruanne.
- Goudie R. I. & Ankney C. D.** (1986) Body Size, Activity Budgets, and Diets of Sea Ducks Wintering in Newfoundland. Ecology, Vol. 67:1475-1482.
- Gremillet D. & Charmantier, A.** (2010) Shifts in phenotypic plasticity constrain the value of seabirds as ecological indicators of marine ecosystems. Ecological Applications, Vol. 20:1498–1503.
- Guillemette M.** (1998) The effect of time and digestion constraints in Common Eiders while feeding and diving over Blue Mussel beds. Functional Ecology, Vol. 12:123–131.
- Hamilton D. J., Ankney C. D. & Bailey R. C.** (1994) Predation on zebra mussels by diving ducks: An enclosure study. Ecology, Vol. 75:521-531.
- Hamilton D. J.** (2000) Direct and indirect effects of predation by common eiders and abiotic disturbance in an intertidal community. Ecological Monographs, Vol. 70:21–43.
- HELCOM** (2003) The Baltic Marine Environment 1999 – 2002. Baltic Sea Environment Proceedings No. 87
- HELCOM** (2010) Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003–2007: HELCOM Initial Holistic Assessment. Baltic Sea Environment Proceedings No. 122.
- ICES** (2005) Report of the Working Group on Seabird Ecology (WGSE), 29 March - 1 April 2005, Texel, The Netherlands. ICES CM 2005/G:07: 49.
- Iverson S. J., Springer A. M. & Kitaysky A. S.** (2007) Seabirds as indicators of food web structure and ecosystem variability: qualitative and quantitative diet analyses using fatty acids. Marine Ecology Progress series, Vol. 352:235–244.
- Jamieson S. E., Robertson G. J. & Gilchrist H.G.** (2001) Autumn and winter diet of Long-tailed Duck in the Belcher Islands, Nunavut, Canada. Waterbirds, Vol. 24:129–132.
- Järvekülg A. & Veldre I.** (1963) Elu Läänemeres.

- Lack D.** (1968) Bird Migration and Natural Selection. *Oikos*, Vol.19:1-9.
- Larsen J. K. & Guillemette M.** (2000) Influence of annual variation in food supply on abundance of wintering common eiders (*Somateria mollissima*). *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 201:301–309.
- Lima S. L.** (1986) Predation risk and unpredictable feeding conditions: determinants of body mass in birds. *Ecology*, Vol. 67:377-385.
- Luigujõe L.** (2008) Kesktalvine veelindude loendus. Aruanne. Eesti Ornitoloogiaühing.
- Luigujõe L.** (2009) Kesktalvine veelindude loendus. Aruanne. Eesti Ornitoloogiaühing.
- Luigujõe L.** (2010) Kesktalvine veelindude loendus. Aruanne. Eesti Ornitoloogiaühing.
- Luigujõe L.** (2011) Kesktalvine veelindude loendus. Aruanne. Eesti Ornitoloogiaühing.
- MacArthur R. H. & Pianka E. R.** (1966) On optimal use of a patchy environment. *American Naturalist*, Vol. 100:603–609.
- Nehls G. & Ketzenberg C.** (2002) Do common Eiders *Somateria mollissima* exhaust their food resources? A study on natural mussel *Mytilus edulis* beds in the Wadden Sea. *Danish Review of Game Biology*, Vol. 16:47–61.
- Nilsson L.** (1972) Habitat Selection, Food Choice, and Feeding Habits of Diving Ducks in Coastal Waters of South Sweden during the Non-Breeding Season. *Ornis Scandinavica*, Vol. 3:55-78
- Nilsson L.** (2005) Wintering diving duck populations in the Öresund, southern Sweden, in relation to available food resources. *Wildfowl*, Vol. 55:61-76
- Parsons M., Mitchell I., Butler A., Ratcliffe N., Frederiksen M., Foster S. & Reid J. B.** (2008) Seabirds as indicators of the marine environment. – *ICES Journal of Marine Science*, Vol. 65:1520–1526.
- Pehrsson O.** (1976) Food and Feeding Grounds of the Goldeneye *Bucephala clangula* (L.) on the Swedish West Coast. *Ornis Scandinavica*, Vol. 7:91-112.

- Petersen I. K., Christensen T. K., Kahlert J., Desholm M. & Fox A. D.** (2006) Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. *NERI Report*. National Environmental Research Institute, Denmark.
- Peterson S. R. & Ellarson R. S.** (1977) Food Habits of Oldsquaws Wintering on Lake Michigan. *Wilson Bulletin*, Vol. 89:81–91.
- Piesik Z., Kempter J., Glowedel E.-W.** (2003) Distribution and the role of *Macoma balthica* (L.) in the Polish Baltic Sea coast. *Baltic Coastal Zone*, Vol. 6:79–97
- Ratas R.** (2006) Muuga sadama idaosa laiendamise keskkonnamõju hindamine. Aruanne.
- Schorger A. W.** (1947) The deep diving of the loon and the old-squaw and its mechanism. *Wilson Bulletin*, Vol. 59:151-159.
- Schummer M. L.** (2005) Comparisons of Resource Use by Diving Ducks on Lake Ontario. PhD Thesis. The University of Western Ontario London, Ontario.
- Skov H., Heinänen S., Žydelis R., Bellebaum J., Bzoma S., Dagys M., Durinck J., Garthe S., Grishanov G., Hario M., Kieckbusch J. J., Kube J., Kuresoo A., Larsson K., Luigujoe L., Meissner W., Nehls H.W., Nilsson L., Petersen I. K., Roos M. M., Pihl S., Sonntag N., Stock A., Stipniece A. & Wahl J.** (2011). Waterbird populations and pressures in the Baltic Sea. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Sonntag N.** (2009) Investigating a seabird hotspot: factors influencing the distribution of birds in the southern Baltic Sea. Ph.D dissertation, Kiel.
- Stempniewicz L.** (1995) Feeding ecology of the Long-tailed Duck *Clangula hyemalis* wintering in the Gulf of Gdansk (southern Baltic Sea). *Ornis Svecica*, Vol. 5:133–142.
- Suter W. & van Erden M., R.** (1992) Simultaneous mass starvation of wintering diving ducks in Switzerland and the Netherlands: A wrong decision in the right strategy? *Ardea*, Vol. 80:229–242.
- Žydelis R. & Esler D.** (2005) Response of wintering Steller's Eiders to herring spawn. *Waterbirds*, Vol. 28:344–350.

- Žydelis R. & Ruškyte D.** (2005) Winter foraging of Long-Tailed Ducks (*Clangula hyemalis*) exploiting different benthic communities in the Baltic Sea. *Wilson Bulletin*, Vol. 117:133–141.
- TÜ Eesti Mereinstituut** (2006) Muuga sadama merekeskkonna seire 2006. Aruanne.
- TÜ Eesti Mereinstituut** (2007) Põhjataimestiku seire ja uuringud. Aruanne. 2006.
- TÜ Eesti Mereinstituut** (2008) Rannikumere ülevaateseire 2007. Aruanne.
- Vaitkus G.** (2001) Ecological adaptations of seabirds to the gradient of winter climatic conditions in the Baltic Sea region. *Acta Zoologica Lituanica*, Vol. 11:280-287.
- Vaitkus G.** (1999) Spatial dynamics of wintering seabird populations in the Baltic Proper: a review of factors and adaptations. *Acta Zoologica Lituanica*, Vol. 9:126–141.
- Vaitkus G. & Bubinas A.** (2001) Modelling of sea duck spatial distribution in relation to food resources in Lithuanian offshore waters under the gradient of winter climatic conditions. *Acta Zoologica Lituanica*, Vol. 11:1392-1657.
- Van Nes E. H., Noordhuis R., Lammens E. H. H. R., Portielje R., Reeze B., Peeters E. T. H. M.** (2008) Modelling the effects of diving ducks on zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in lakes. *Ecological Modelling*, Vol. 211:481-490.

10. Lisad

Tabel 1. Töös kasutatud valim: auli sugu, leiuaasta, -kuu ja –koht.

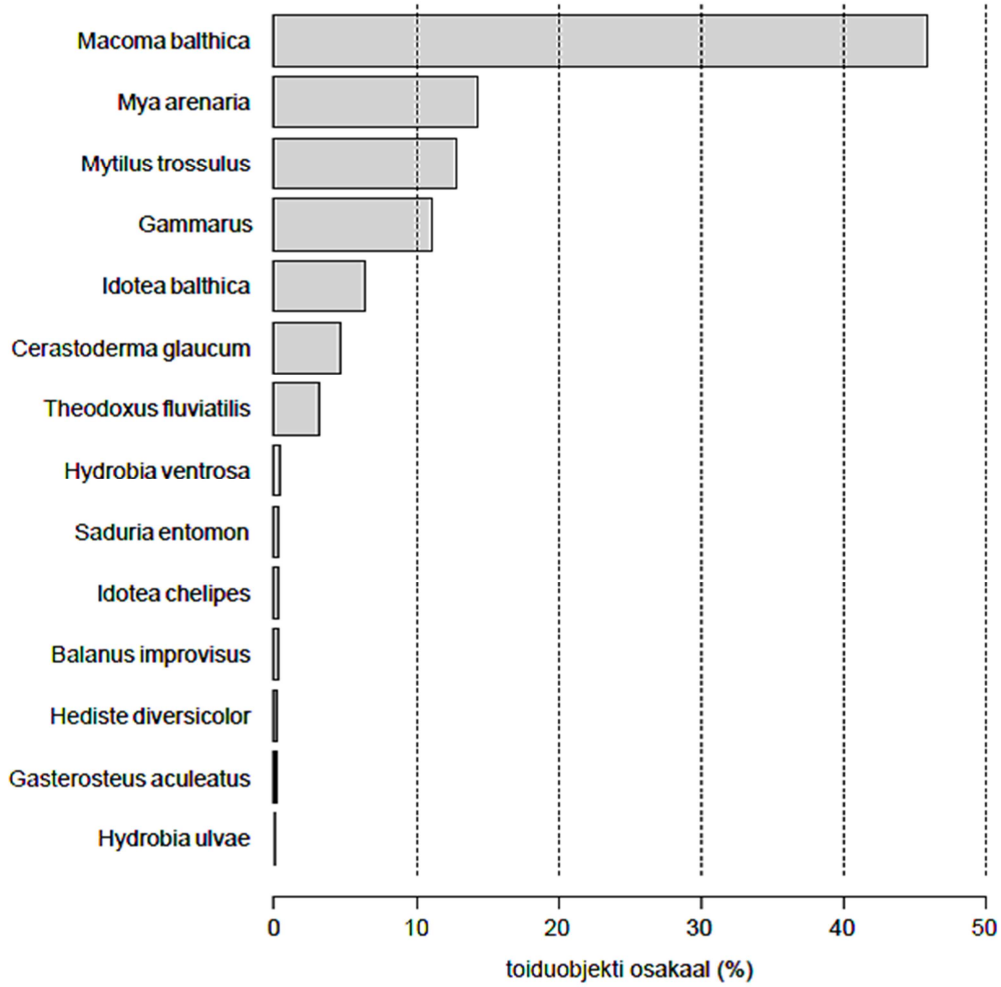
ID	Sugu	Aasta	Kuu	Koht
1	Emane	2008	1	Leppneeme
2	Isane	2008	1	Leppneeme
3	Isane	2008	1	Leppneeme
4	Isane	2008	1	Leppneeme
5	Isane	2008	1	Leppneeme
6	Isane	2008	1	Leppneeme
7	Isane	2008	2	Leppneeme
9	Isane	2008	2	Leppneeme
10	Emane	2008	2	Leppneeme
11	Emane	2008	2	Leppneeme
12	Isane	2008	3	Leppneeme
14	Emane	2008	3	Leppneeme
15	Isane	2008	3	Leppneeme
16	Emane	2008	3	Leppneeme
17	Isane	2008	3	Leppneeme
18	Emane	2008	3	Leppneeme
19	Isane	2008	3	Leppneeme
20	Isane	2008	3	Leppneeme
22	Isane	2008	3	Leppneeme
23	Emane	2008	3	Leppneeme
24	Isane	2008	1	Leppneeme
25	Emane	2008	3	Leppneeme
26	Emane	2008	3	Leppneeme
27	Emane	2008	3	Leppneeme
28	Emane	2008	3	Leppneeme
30	Emane	2009	5	Lobineem
31	Emane	2008	10	Lobineem
32	Isane	2009	10	Lobineem
33	Emane	2009	10	Lobineem
34	Emane	2009	10	Lobineem
35	Emane	2009	10	Lobineem
37	Emane	2006	10	Lobineem
39	Emane	2007	10	Lobineem
40	Emane	2007	10	Lobineem
46	Emane	2007	11	Lobineem
48	Emane	2009	10	Lobineem

Tabel 2. Töös kasutatud aulide seedetraktide proovides esinenud liigid ja nende arvukus.

ID	<i>Myt tro</i>	<i>Mac bal</i>	<i>Mya are</i>	<i>Cer gla</i>	<i>The flu</i>	<i>Hyd ven</i>	<i>Hyd ulv</i>	<i>Ido che</i>	<i>Ido bal</i>	<i>Mes ent</i>	<i>Bal imp</i>	<i>Gas acu</i>	<i>Gam</i>	<i>Hed div</i>
1		40												
2		31								1				
3			1											
4		6	24											
5	8	5	3	6										
6		2		12										
7		40												
9	32		11											
10	15	23												
11	32				1						3			
12			10											
14			3											
15			56											
16		7	35											
17		38	5	24										1
18	22	2	3			3					1			
19		37	10											
20			20											
22		60		15								2		
23		32												
24	10	10								2				
25									3					
26		5	5											

Tabel 2.(jätkub) Töös kasutatud aulide seedetraktide proovides esinenud liigid ja nende arvukus.

ID	<i>Myt tro</i>	<i>Mac bal</i>	<i>Mya are</i>	<i>Cer gla</i>	<i>The flu</i>	<i>Hyd ven</i>	<i>Hyd ulv</i>	<i>Ido che</i>	<i>Ido bal</i>	<i>Mes ent</i>	<i>Bal imp</i>	<i>Gas acu</i>	<i>Gam</i>	<i>Hed div</i>
27									12					
28	3													
30									6				20	
31	36						1	1	1	1				50
32		57												
33		6	1											
34		69												
35								3						1
37					39									
39						2			23					25
40									21					40
46		58												
48		46		5										



Joonis 7: Aulide seedetraktist leitud toiduobjektide protsentuaalne osakaal.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina _____

(autori nimi)

(sünnikuupäev: _____)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on _____

(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/Narvas/Pärnus/Viljandis, _____ (kuupäev)