TARTU ÜLIKOOL

ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT

ZOOLOOGIA OSAKOND

LOOMAÖKOLOOGIA ÕPPETOOL

Aleksandr Kirillov

Harrastusteaduse kasutusvõimalused vee-elustiku mitmekesisuse ja vee-elupaikade seisundi hindamiseks linnakeskkonnas

Magistritöö (30 EAP)

Juhendajad: Jürgen Karvak MSc,

Tuul Sepp PhD

Tartu 2025

Infoleht

Harrastusteaduse kasutusvõimalused vee-elustiku mitmekesisuse ja vee-elupaikade seisundi hindamiseks linnakeskkonnas

Väikesed veekogud on kodu paljudele veeorganismidele ja pakkuvad olulisi ökosüsteemi hüvesid. Ometi jäävad need veekogud sageli tähelepanuta nii teaduses kui ka looduskaitses. Harrastusteadus pakub võimalust seda lünka täita. Kaasates vabatahtlikke, on võimalik koguda rohkem andmeid ja suurendada keskkonnateadlikkust. Magistritöö keskendus küsimustele: kas ja kuidas saavad kooliõpilased aidata kaasa selliste veekogude seisundi hindamisele?

Töö käigus koostati kooliõpilastele sobiv protokoll veekogude hindamiseks. Selle alusel korraldati Tartus veekogude vaatlusi. Töö autor eksperdi rollis ja õpilasterühmad mõõtsid vee keemiat, vaatlesid elustikku ja hindasid kalda ning veekogu looduslikkust.

Tulemused näitasid, et õpilaste panus oli väärtuslik – nad leidsid loomi, mida ekspert ei märganud, ning nende vaatlused olid suures osas võrreldavad professionaalse hinnanguga. Kõik uuritud veekogud näitasid aga märke eutrofeerumisest. Lisaks näitas töö, et sellised harrastusteaduse algatused aitavad lisaks andmete kogumisele ka kasvatada loodusteadlikkust ja lähendada inimesi loodusele.

Märksõnad: harrastusteadus, väikesed veekogud, linnakeskkond, veekeemia, elurikkus

CERCS: B260 - hüdrobioloogia, mere-bioloogia, veeökoloogia, limnoloogia

The possibilities of using citizen science to assess the diversity of aquatic life and the condition of aquatic habitats in the urban environment

Small waterbodies are home to many aquatic organisms and provide important ecosystem services. Nevertheless, these waterbodies are often overlooked both in scientific research and in nature conservation. Citizen science offers an opportunity to fill this gap. By involving volunteers, it is possible to collect more data and increase environmental awareness. This thesis focused on the questions: can school students contribute to the assessment of the condition of such waterbodies, and if so, how?

During the study, a suitable assessment protocol for school students was developed. Based on this, waterbody observations were carried out in Tartu. In their respective roles, the author as an expert and student groups measured water chemistry, observed aquatic life, and assessed the naturalness of the shoreline and the waterbody itself.

The results showed that the students' contribution was valuable – they discovered animals the expert had missed, and their observations were largely comparable to professional assessments. However, all the studied waterbodies showed signs of eutrophication. Additionally, the study demonstrated that such citizen science initiatives not only support data collection but also help to raise nature awareness and bring people closer to nature.

Keywords: citizen science, small water bodies, urban environment, water chemistry, biodiversity

CERCS: B260 - Hydrobiology, marine biology, aquatic ecology, limnology

Sisukord

Infoleht 3

Sissejuhatus 6

1. Teoreetiline taust 8

1.1 Väikeste veekogude roll elurikkuse toetamisel 8

1.2 Eesti veekogude seisund ja uuritus 11

1.3 Harrastusteadus kui teaduse abivahend 12

2. Materjal ja meetodid 14

2.1 Uurimisobjekti ja -piirkonna iseloomustus 14

2.2 Osalejate kaasamine ja rühmatöö korraldus 15

2.3 Välitööd 16

2.4 Andmetöötlus 17

2.5 Töö autori roll 17

3. Tulemused 18

3.1 Veekogude seisund 18

3.2 Harrastusteaduse panus 20

4. Arutelu 23

Kokkuvõte 26

Summary 27

Tänuavaldused 28

Kasutatud kirjandus 29

Internetiallikad 32

Lisa 1 33

Lisa 2 41

Lisa 3 41

Sissejuhatus

Väikesed veekogud jäävad teadusuuringute, looduskaitseliste tegevuste ja seaduste vaatepunktist sageli tähelepanuta. Säilitamise ja majandamise sihiks on pikka aega olnud pigem järved ja jõed, viimaste puhul on õigustatult fookuses olnud paisude negatiivne mõju ja selle vähendamine (Cuenca-Cambronero *et al.*, 2023; Fehlinger *et al.*, 2023). Samal ajal on Euroopas tiigid elupaigaks umbes 70% mageveelistele liikidele (Oertli *et al.*, 2005). Tiigid pakkuvad erinevaid ökosüsteemi hüvesid: toetavad bioloogilist mitmekesisust, parandavad veekvaliteeti ja puhverdavad suurvee mõju, pakuvad puhkeala ning varustavad inimesi vee (nt tuletõrje veevõtukoht) ja toiduga (nt kalakasvatused) (Fehlinger *et al.*, 2023).

Väikeveekogude väärtuse alahindamine ja nende haavatavus inimtekkelistele surveteguritele on põhjustanud nende ökosüsteemide kahjustamist (Cuenca-Cambronero *et al.*, 2023). Ka väikeste vee-elupaikade mitmekesisus ja üldine seisund peavad olema looduskaitses ja maastiku kujundamisel prioriteetideks, sest need mõjutavad otseselt maastike bioloogilist mitmekesisust ning looduslike protsesside toimimist (Meerhoff & de los Ángeles González-Sagrario, 2022).

Üheks väikeveekogude seisundit mõjutavaks ja indikeerivaks tunnuseks on nende troofsus ehk toitainete sisaldus vees. Erinevad faktorid (nagu klorofüll-*a* tase ja elektrijuhtivus), mis indikeerivad veekogude troofilist seisundit, mõjutavad tugevalt muu hulgas selgrootute kooslusi (Anton-Pardo & Armengol, 2014). Need faktorid määravad eutrofeerumist taluvate zooplanktoni liikide olemasolu. Nende faktorite hindamine võib aidata veekogus olevat seisundit ennustada, kaasates selleks harrastusteadlasi. Antropogeensetel keskkonnamuutustel on suur mõju veeökosüsteemide heterogeensusele. Nende muutuste hulgas on toitainete sissevool, soolsuse suurenemine ning veemahu muutused (Anton-Pardo & Armengol, 2014). On palju võimalusi survetegurite leevendamiseks, kuigi kõige efektiivsem koosluse arengu ning rahakulu mõttes on ennetamine ehk looduskaitse. Siin saab harrastusteadus täita kahekordset rolli – lisaks keskkonnaseisundi hindamisele aitab see kujundada keskkonnateadlikke inimesi. Vabatahtlik tegevus looduse uurimisel tugevdab sidet keskkonnaga ning suurendab mõistmist selle haavatavuse suhtes. Seeläbi toetab harrastusteadus ka keskkonnamuutuste ennetamist, sest teadlikum ühiskond on valmis loodusressursse paremini hoidma.

Selles magistritöös on harrastusteadlased kooliõpilased, keda kaasati väikeste veekogude keskkonnaseisundi hindamiseks. Laste kaasamise eesmärgiks on aidata vähendada noorte seas levivat biofoobiat, mis on põhjustatud inimeste loodusest kaugenemisega (Soga *et al.*, 2023). Globaalne urbaniseerumine, loodusega kontakti vähenemine ja elurikkuse kadu on selle probleemi ühed põhjused. Biofoobia levimine ühiskonnas võib kahjustada nii inimesi kui ka loodust (Soga *et al.*, 2023). Lapsepõlves loodusega kokkupuutumine vähendab selle hirmu tekkimise võimalust, mis võib viia selleni, et looduslähedased haridusviisid omavad suuremat mõju. Harrastusteaduse kampaania koolilaste abil võib olla võimalus tuleviku paremustamiseks – suurendada noorte sidet loodusega ja nii lihtsustada tulevikus looduskaitselise tegevuse vajalikkusest arusaamist. Seega on sellel tööl järgmised hüpoteesid:

1) Harrastusteaduse meetodite rakendamine vee-elustiku mitmekesisuse hindamisesse võimaldab koguda rohkem andmeid ja seega täiendada teadmisi traditsiooniliste uurija-põhiste teadusuuringutega võrreldes.

2) Harrastusteadus võimaldab regulaarseid ja ajakohaseid veekogude seisundi hinnanguid, mis on piisava kvaliteeditasemega.

3) Harrastusteaduse protokollid koolidele võimaldavad suurendada elurikkuse andmebaasidesse jõudvate loodusvaatluste hulka.

Töö koosned neljast sisuosast: esimeses osas antakse probleemi kirjandusliku ülevaade, teises osas tutvustatakse töö uurimisprotsessi, kolmandas osas antakse ülevaade tulemustest ning neljandas osas arutletakse tulemuste üle uurimusküsimuste kontekstis.

1. Teoreetiline taust

1.1 Väikeste veekogude roll elurikkuse toetamisel

Väikesed veekogud, nagu tiigid ja ojad, mängivad olulist rolli ökosüsteemide mitmekesisuse toetamisel ja elupaikade võrgustike sidususe suurendamisel (Moor *et al.*, 2024). Need pakuvad paljudele liikidele ajutisi või püsivaid sigimis- ja toitumisalasid ning toimivad looduslike astmetena ja koridoridena, mis võimaldavad liikide levimist üle maastiku, mis on eriti oluline kahepaiksete ja teiste poolveeliste liikide metapopulatsioonide püsimajäämisel (Moor *et al.*, 2024). Väikesed veekogud, eriti talutiigid, võivad intensiivselt kasutatavas põllumajandusmaastikus mängida olulist rolli liikide leviku toetamisel ja sidususe tagamisel (de Paz *et al.*, 2020). Sellistes süsteemides sõltuvad liigirikkus ja asurkondade stabiilsus nii tiikide enda omadustest (nt pindala, ajutisus, kaldaveetaimestiku katvus) kui ka nendevahelisest kaugusest ja lähimate asustatud tiikide tihedusest (Moor *et al.*, 2024).

Vooluveekogud ja nende lähipiirkonna kaldavöönd on tihedalt seotud kahepoolse selgrootute liikumise kaudu, millel on oluline mõju nii maismaa- kui ka veekeskkonna toiduvõrkudele (Baxter *et al.*, 2005). Maismaalt vette kanduvad selgrootud võivad suvisel perioodil olla kuni pool kalade energiaallikast, eriti lehtpuudega kaetud kaldavööndite korral. Väikeste veekogude vahel või veekogust maismaale liikuvad putukad on toitainete rikkad, näiteks on neis palju polüküllastumata rasvhappeid (Fehlinger *et al.*, 2023). Täiskasvanud putukate massiline veekogudest väljumine kujutab olulist energiaallikat maismaa loomadele, nagu linnud ja ämblikud, eriti kevad- ja suvekuudel. Sellised vastastikused saagivood võivad mõjutada liikide käitumist, arvukust ja ökosüsteemide toimimist, tuues kaasa kaudseid mõjusid kohalikele toiduvõrkudele (Baxter *et al.*, 2005).

Elupaikade keerukus toetab bioloogilist mitmekesisust ja suurendab ökoloogilist vastupidavust (Meerhoff & de los Ángeles González-Sagrario, 2022). Nii voolu- kui ka seisuveekogud on olulised osad sini-rohekoridoride süsteemist, eriti linnades (Krivtsov *et al.*, 2022). Veekogude taastamisel on oluline sini-rohealade omavaheline sidusus ja veekogu hea ühendus kaldaga (Anton-Pardo & Armengol, 2014). Heas seisundis veekogu toetab see, kui maastikus on mitmeid erinevaid veekogusid, mille vahel elustik saab liikuda ja erinevate vajadustega liigid leiavad endale sobiva elupaiga. Näiteks inimeste rajatud kanalite võrgustik tiikide vahel koos veelindudega on loonud tingimused uute tiigikoosluste kiiremaks tekitamiseks (Anton-Pardo & Armengol, 2014). Kuna paljud veeliigid ei suuda iseseisvalt uutesse veekogudesse levida, mängib olulist rolli veelindudega leviste levitamine veekogude vahel liikudes (Figuerola & Green, 2002).

Tiigid on väikesed ja madalad veekogud, mida eristab nende pindala (alla 5 ha), sügavus (alla 5 m) ning piiratud ulatuses esinev kaldataimestik (alla 30% veekogu pindalast) (Richardson *et al.*, 2022). Selline määratlus põhineb veekeemia, gaasivahetuse ja ainevahetusprotsesside analüüsil. Tiik võib olla nii püsiv, aastaringselt veega täidetud, kui ka ajutine, perioodi kuivav. Tiigid asetsevad maastikul eri paikades: madalates lohkudes, vooluveekogude lammialadel, asulate sillutatud pindadel ja mujal (Richardson *et al.*, 2022). Tiikide degradeerumine ja kadumine mõjutab negatiivselt elupaikade seisundit ulatuslikumalt maastikul, võimendab kliimamuutuste mõju ning halvendab veekvaliteeti (Cuenca-Cambronero *et al.*, 2023). Linnastumise tõttu halvenev veekvaliteet ja elupaikade seisund mõjutavad tugevalt kahepaiksete, oluliste keskkonnaseisundi indikaatorliikide kooslusi veekogudes (Calderon *et al.*, 2019).

Kahjustunud seisundis tiigid ei täida oma potentsiaali väärtuslike elupaikadena. Näiteks Argentinas läbi viidud uuring näitas, et kahepaiksete liigirikkus ja arvukus olid negatiivselt seotud fosfaadi ja nitraadi kontsentratsiooniga, samuti veekeskkonna hägususe ja bakteriaalse reostusega (Calderon *et al.*, 2019). Liigirikkus oli positiivselt seotud lahustunud hapniku ja elektrijuhtivusega, mis olid kõrgemad paremas seisundis elupaikades. Peamised tegurid, mis selgitasid kahepaiksete koosluste muutusi, olid toitainete liig ja elupaikade kvaliteet. Argentiina uuringu tulemused rõhutavad vajadust arvestada asukohapõhiselt ja elustikurühmale vastavalt valitud veekvaliteedi näitajatega ning elupaikade kaitse olulisust linnastunud aladel vee-elustiku mitmekesisuse säilitamiseks (Calderon *et al.*, 2019).

Linnastumine on oluliselt kahjustanud linnajõgesid, vähendades nende võimet pakkuda ökosüsteemiteenuseid, mis olid algselt inimeste asustuse aluseks (Everard & Moggridge, 2012). Näiteks pakkusid veekogud algselt inimestele toitu, vett, energiat ning toitainerikkaid ja tasaseid lammialasid (Grimm *et al.*, 2008). Jõgede füüsilise, keemilise ja bioloogilise seisundi halvenemine on põhjustatud veekogude sirgendamisest, valglate kuivendamisest, reostusest ja elupaikade hävitamisest (Everard & Moggridge, 2012).

Lisaks kahepaiksetele mõjutavad veekogude ökoloogiline seisund ja linnastumisega seotud tegurid ka kalade kooslusi. Teine uuring Argentiinast näitas kalakoosluse olulisust järvedes (Quirós, 1995). Oli leitud, et klorofülli sisaldus ja hägusus erinesid oluliselt erinevate kalakooslustega järvede vahel. Hõljumtoiduliste kaladega veekogudes, kus polnud kalatoidulisi kalasid, oli suuremad fütoplanktoni mass ja vee hägusus (Quirós, 1995). Tiikides, kus oli palju kalu, domineerisid keriloomad ja nende mitmekesisus oli suurem (Anton-Pardo & Armengol, 2014). Urbaniseerumisel muutub tihti veekogude temperatuurirežiim. Äärmuslikult soojad temperatuurid võivad kalu kahjustada ning võimendada negatiivset mõju teistele veekvaliteedi näitajatele, näiteks pH-le ja lahustunud hapniku tasemele (Ocen & Mwesigwa, 2021).

Temperatuur avaldab tugevat mõju nii vee keemilistele omadustele kui ka elustikule. Kaladele ja muule vee-elustikule eluohtlik soe vesi suudab siduda vähem lahustunud hapnikku. Lisaks nõrgestab kõrge temperatuur kalade füüsilist seisundit, muutes nad vastuvõtlikumaks nii haigustele kui ka saasteainetele (Ocen & Mwesigwa, 2021).

Tiigid on maastikus olulised elupaiku ühendavad „astmekivid“. Uuring Hispaaniast näitas, et talutiikides oli kiilide liigirikkus ja arvukus suurem kui teistes veekogudes ning need tiigid sisaldasid liike, kes esinevad ka jõgedes, ojades ja veehoidlates (de Paz *et al.*, 2020). Väikese pindalaga ajutised veekogud võivad osutuda väärtuslikeks, kuna nad välistavad kalade ja teiste kiskjate olemasolu ning soodustavad mitmete ohustatud liikide, kes ei saa kaladega samas veekogus elada, paljunemist (Moor *et al.*, 2024). Mitmekesised tiigivõrgustikud, mis arvestavad nii liikide ökoloogilisi eelistusi kui ka levimisvõimekust, aitavad tagada elupaikade püsivama kasutuse ja võimaldavad kiiremat koloniseerimist. Seetõttu on väikeste veekogude sidusus maastikus olulise tähtsusega elurikkuse säilitamisel ja taastamisel (Moor *et al.*, 2024). Siis täidavad nad maastikul "*stepping stone*" ehk astmekivi rolli, võimaldades liikidel liikuda killustatud elupaikade vahel ja säilitada sidusaid populatsioone ka aladel, kus püsiveekogusid napib (de Paz *et al.*, 2020).

Linnaelupaigad võivad osutuda looduslikele liikidele „pelgupaikadeks“, kuna inimene on maastikku intensiivselt ümber kujundanud ka väljaspool linnu (Zuñiga-Palacios *et al.*, 2021). Kuigi eelnevalt oli mainutud, et linnastumine põhjustab tavaliselt elupaikade kadu ja elustiku homogeniseerumist, näitas Suurbritannia tiikide uuring, et linnatiikides on suurem selgrootute liigirikkus võrreldes maapiirkonna tiikidega (Hill *et al.*, 2017). Uuringus leiti, et elustiku kooslused olid linnades suurema varieeruvusega. Linnade keerukas ja mitmekesine struktuur võib luua tiikidele erinevaid elupaikade nišše, toetades seeläbi kohalikku elurikkust.

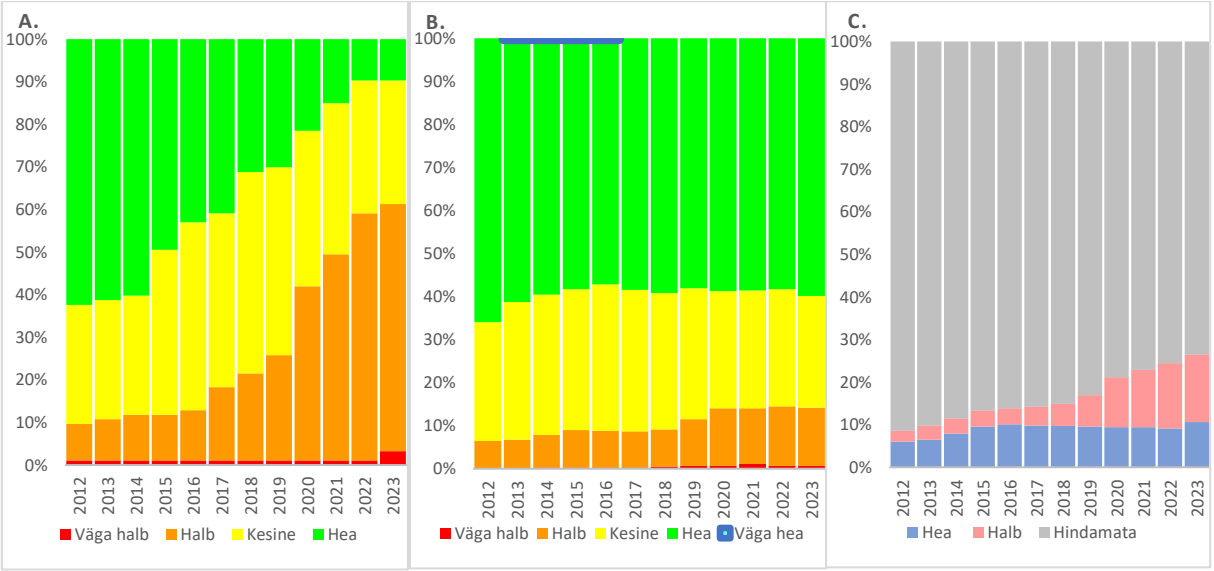
Linnatiigid pakuvad seega olulisi võimalusi magevee elustiku kaitsmiseks ja ökosüsteemiteenuste toetamiseks, kui neis on tagatud elustikule vajalikud looduslähedased tingimused. See võib olla seotud linnatiikide teadliku ja mitmekesise majandamisega. Samas asuvad maatiigid tihti eramaadel, kus neid suures osas ei majandata (Hill *et al.*, 2017). Veel üks põhjus võib olla linnades elavate inimeste arvukus. Hannah Ritchie *et al.*, (2024) järgi elas aastal 2023 linnades rohkem kui 57% inimkonnast. Ligilähedane linnastumise määr tuvastati Eestiski 2021. aasta rahvaloenduse raames (*Internet 1*, 2022). Vaatamata tiikide suurele potentsiaalile, nende tähtsusele elurikkuse jaoks ja kliimamuutustega kohanemiseks, on neid vähe uuritud ja pole looduskaitseliste tegevustesse kaasatud (Cuenca-Cambronero *et al.*, 2023).

1.2 Eesti veekogude seisund ja uuritus

Eestis on 635 voolu- ja 93 seisuveekogumit. Neist 60% ja 10% vastavalt on heas seisundis ning ükski pole väga heas seisundis (*Internet 2*, 2024). Veekogumid on majandatavad üksused, mille seisundit hinnatakse, kuid Eestis on rohkem ojasid, jõgesid ja seisuveekogusid. Nii võib, Loodusveebi andmetel Eestis olla üle 90 000 suuremat kui 20 m^2 seisuveekogu (*Internet 3*, 2024). Tiikide ja lompide koguarvu on keeruline hinnata, sest nad on väiksed ja kohati maastikus ajutised. Enamus Eesti veekogudest on mõjutatud erinevatest allikatest tulevatest toitainetest. Heas koondseisundis seisuveekogumite osakaal on kahanenud 62% 2012 a. 10% peale 2023 a. seisundiga (vt joonis 1). Samal perioodil Keskkonnaagentuuri koostatud Eesti pinnaveekogumite vahehinnangu järgi on keemiline seisund hindamata 74% pinnaveekogumitel ja peaaegu 16% on halvas seisundis.

Vahehinnangu tabelist tuleneb, et „hindamata“ veekogude puhul pole üldse ühtegi veekeemia mõõtmist tehtud. Seega paljude hinnatud veekogumite korral on mõõtmine tehtud aastal 2020 (17 veekogumit, mille hinnang on tehtud aastal 2015 või varem, kõige vanem hinnang on aastast 2010). Tabelist tuleneb ka, et kõik veekogud, mille keemiline seisund on „hindamata“, lähevad automaatselt „hea“ seisundi alla. Nende veekogude koondseisund põhineb ainult ökoloogilise seisundi hinnangul. Keskkonnaagentuuri andmetel 2023 a. on Eestis 389 pinnaveekogumit (e 52%) „heas“ koondseisundis. Neist 358-l (e 92%) puudub keemilise seisundi hinnang. Samal ajal on Eestis kokku 168 (e 22%) veekogumit „halvas“ või „väga halvas“ seisundis. Neist on „hindamata“ keemilise seisund on ainult 33-l (ehk 20%). Seega põhinevad praegused Eesti siseveekogude seisundi hinnangud puudulikel andmetel.

Väikeste veekogude, mis on Eesti linnades sagedased, ülekaal maastikul on teaduskirjanduses hästi teadvustatud, samuti ojade ja veelompide mõju valgala elurikkusele ja vee kvaliteedile (Biggs *et al.*, 2017; Riley *et al.*, 2018). Eesti veekogumite üldine halb seisund ja vähene uuritus annavad põhjust mõelda, kuidas saaks olukorda paremaks muuta. Kaks peamist põhjust, miks selline olukord võis tekkida, on autori arvates uuringute läbiviimise kõrge maksumus ja ekspertide puudujääk. See töö pakub võimaliku lahendusena kasutada harrastusteadlaste abi ning käsitleb selle plusse ja miinuseid.



Joonis 1. Eesti pinnaveekogumite koondseisund 2023, Keskkonnaagentuur. a. Seisuveekogumite koondseisundi osakaalud eri klassides. b. Vooluveekogumite koondseisundi osakaalud eri klassides. c. Pinnaveekogumite keemilise seisundi hinnangud.

1.3 Harrastusteadus kui teaduse abivahend

Kodanikuteadus ehk harrastusteadus on inimeste vabatahtlik osalemine teadustegevustes, näiteks kogudes välitöödel andmeid liikide esinemise ja elupaigaomaduste kohta. See mõiste on defineeritud erinevatel viisidel. Üks definitsioonidest on „Harrastusteadus on uurimistehnika, milles mitteteadlased panustavad vabatahtlikult teaduslike andmete korjamisse ja/või töötlemisse“ (Bhattacharjee, 2005). Harrastusteaduse teaduse raamatus ("*The Science of Citizen Science*") on harrastusteaduse identifitseerimise probleemidega peatükk (Haklay *et al.*, 2021), kus on toonud 36 erinevat harrastusteaduse definitsiooni. Kõik need baseeruvad vabatahtlike kaasamisel ja teadusandmestiku loomisel. Harrastusteaduse termin pole seotud ainult keskkonnateadusega, vaid loodusteaduste valdkonnaga laiemalt ning ka teiste valdkondadega.

Harrastusteaduse veemonitooringu projektid omavad suurt potentsiaali andmete korjamiseks. Näiteks üks projektidest, mis algas 2012 a., kogus rohkem kui 27 000 vaatlust (Hegarty *et al.*, 2021). Vabatahtlikud uurisid tavaliselt nende läheduses olevaid veekogusid. Vabatahtlikud kogusid andmeid nitraatide ja fosfaatide sisalduse kohta vees, kasutades selleks kohapealset mõõtmist lihtsate veekeemia testikomplektidega. Lisaks tehti visuaalseid vaatlusi, näiteks vetikate olemasolu, reostusjälgede (vaht, õlilaik, prügijäägid) ja vee elustiku märkamine. Iga proovikoha kohta salvestati ka fotod ja asukoha koordinaadid, mis sisestati digitaalselt andmebaasi. Iga vaatlus oli tehtud sarnaselt, lihtsustades nende analüüsimist (Hegarty *et al.*, 2021). Keemilise seisundi mõõtmisel on tihti piiravaks faktoriks ainult vabatahtlikele jagatud

mõõtmisvahendid, mille arv ja mõõtmisetäpsus sõltuvad tugevalt rahastusest (Kelly-Quinn *et al.*, 2023). Bioloogiliste parameetrite mõõtmine on aga keerulisem. Kui ökoloogilise seisundi hindamiseks piisab tihti üldisematest tunnustest, nagu veekogu seisundit indikeerivad elustikurühmad, siis elurikkuse hindamisel on sageli vajalik organisme määrata liigini. See vajab rohkem koolitusi ja õppimist. Siiski on võimalik piirata liikide arvu ja õppida selgeks ainult indikaatorliigid, mis on optimaalne lahendus efektiivsuse ja lihtsuse suhtes (Kelly-Quinn *et al.*, 2023). Näiteks on kvaliteetseid andmestikke kogutud veelindude kohta (Crowe *et al.*, 2010).

Harrastusteadus omab potentsiaali olla odavamaks ja asjakohaseks alternatiiviks riigiseirete läbiviimiseks või selle toetamiseks, kuna vabatahtlikud teevad vaatlusi oma vabast ajast ja on võimalik kaasata rohkem vaatlejaid, kui Eestis teadlasi on. Samal ajal on selle töö läbiviimiseks tähtis, et enamus inimesi elab linnades (Ritchie *et al.*, 2024). See tähendab, et on rohkem huvilisi linnaveekogusid vaatlema, samuti on linnades rohkem inimesi, keda see puudutab ja keda võib mõjutada.

Lisaks annab harrastusteadus võimalust biofoobia nõiaringi (*vicious cycle of biophobia* (Soga *et al.*, 2023)) lõhkuda. Selle ringi tekkimise üks peamistest põhjustest on inimeste vähene kokkupuude loodusega, eriti lapseeas. Koolilaste kaasamise kaudu veekogude hindamisesse on võimalik neid elurikkusega tuttavaks teha, et neist ei kasvaks looduskartlikud täiskasvanud inimesed.

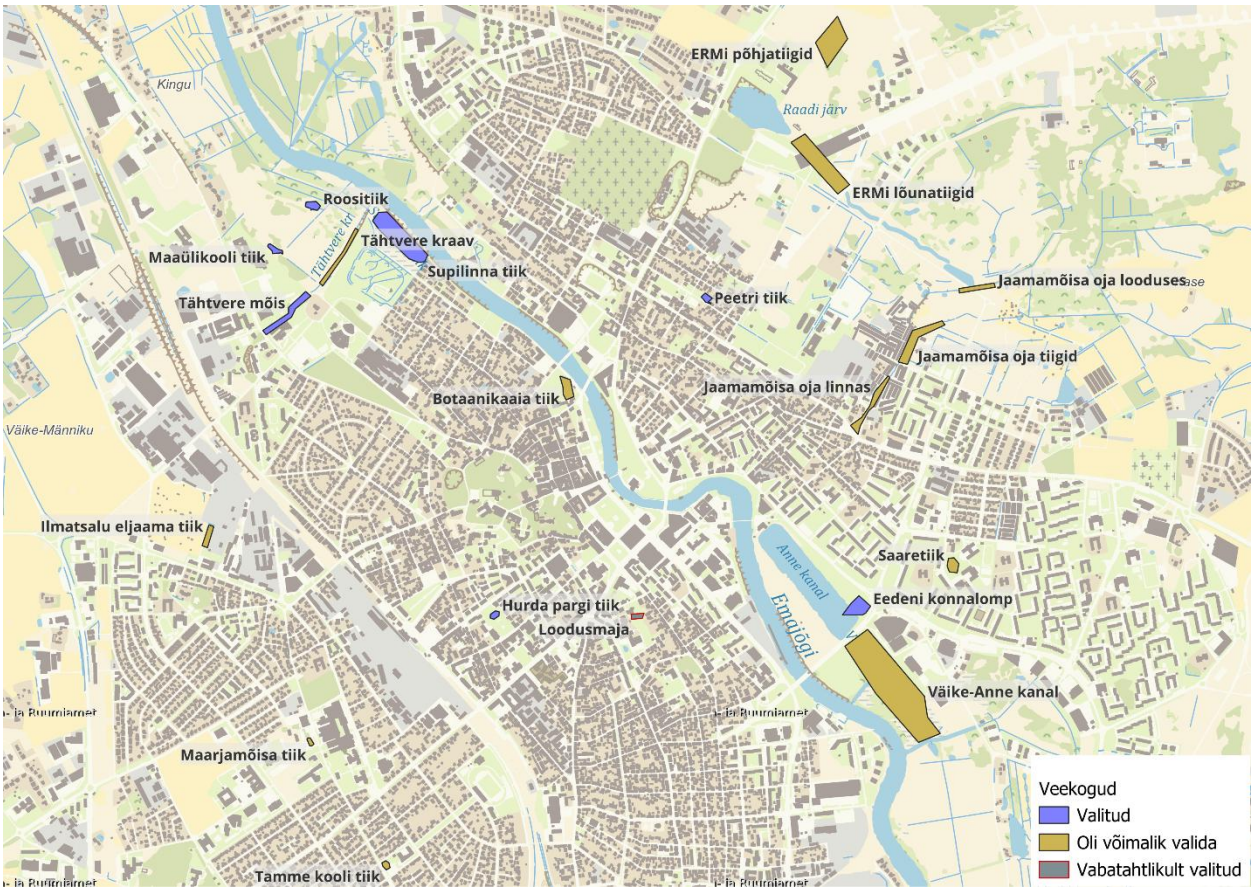
2. Materjal ja meetodid

2.1 Uurimisobjekti ja -piirkonna iseloomustus

Selle töö käigus uuriti väikseid veekogusid erinevates linna piirkondades - nii kesklinnas kui linna servaaladel. Valitud veekogude seas oli nii looduslikuma ilmega kui ka selgelt inimtekkelisi ja korrastatud veekogusid. Esialgne nimikiri oli koostatud lihtsasti uuritavatest veekogudest, mis olid ka autori huviobjektideks. See nimekiri sai jagatud kolmeks osaks - veekogud, mida kindlasti tuleb uurida; veekogud, mida oli soovitatud uurida; ja veekogud, mida võib uurida, kui on soovi neid juurde võtta. Sellest nimekirjast valisid vabatahtlikute rühmad endale vähemalt kaks veekogu iseseisvate vaatluste tegemiseks (vt joonis 2).

Vaatlejate rühmad koosnesid linna- ja huvikoolide õpilastest. Igas rühmas oli 3-4 inimest. Kaks rühma oli gümnaasiumiõpilastega ning neli rühma põhikooli õpilastega. Kokku osalesid projektis üks põhikool, üks gümnaasium ja üks huvikool. Kõik osalejad olid vabatahtlikud.

Kõik uuringus olevad veekogud asuvad Tartu linnas (vt joonis 2), kus on palju haridusasutusi, kust on võimalik huvitatud osalejaid leida. Üks veekogu paikneb Annelinnas, üks Raadi-Kruusamäel, kaks Kesklinnas ja neli Tähtvere linnaosas. Tähtvere veekogud asuvad ühes spordipargis, aga erinevad omavahel piisavalt, et neid üksikuna vaadelda.



Joonis 2. Uurimiseks pakutud veekogud. Aluskaart: Maa-amet, 2024.

2.2 Osalejate kaasamine ja rühmatöö korraldus

Enne kohtumisi koolide ja õpilastega töötasin välja spetsiaalse protokolli (lisa 1), mis oleks kooliõpilaste kasutamiseks sobiv. Protokolli koostamisel lähtusin vajadusest ühendada lihtsus ja usaldusväärsus - see pidi olema jõukohane noortele, ent võimaldama koguda keskkonnaseisundi hindamiseks vajalikku teavet. Inspiratsiooniallikaks olid *Riverfly* programmi vee-elustiku seire juhendid, millel põhineb ka mitmes Euroopa riigis harrastusteadlaste tegevus (*Internet 4*, 2025). Protokolli erinevad osad - kallas, vesi, taimestik ja keemia - kujundati selliselt, et need hõlmaksid olulisemaid veekogu seisundit iseloomustavaid parameetreid. Elustiku määramise infolehed koostasin Tartu Ülikooli Loodusmuuseumi jooniste põhjal (*Internet 5*, 2022), valides liigirühmad, mida on võimalik visuaalselt tuvastada liigimääramise erivarustuseta. Protokolli lõpliku versiooni eesmärk oli toetada iseseisvat töökorraldust, andes rühmadele piisavalt juhiseid, et nad saaksid vaatlusi teha otsese juhendamiseta.

Esimesed kohtumised huvitatud koolide ja inimestega olid aprilli lõpus - mai alguses. Kohtumisel oli ettekanne slaididega, eesmärkide selgitamine, protokolli ülevaatamine ja küsimustele vastamine. Pakkusin ka koolituskohtumise võimalust tiikide ääres, aga seda võimalust ei kasutatud.

Teine kohtumine oli iga rühmaga eraldi enne esimese vaatluse teostamist. Sellel kohtumisel andsin üle töödeks vajalikud vahendid, protokollid ja infolehed. Pakkusin veelkord lühikoolituse võimalust. Peale vaatluste lõppemist kohtusin mõne rühmaga kolmandat korda, et varustust tagasi saada ja nende mõtteid ning tagasisidet kuulata.

2.3 Välitööd

Välitööd toimusid perioodil 22.05.2024-30.05.2024. On üks rühm, mis tegi vaatlused juuni alguses, aga nendelt protokolli tagasi saada ei õnnestunud. See aeg sai valitud kahel põhjusel. Esimene on vee-elustiku tavalisest kõrgem aktiivsus sel ajal ja teine põhjus on osalejate valmisolek, arvestades kooli lõppu enne suvevaheaja algust.

Välitööde teostamiseks olid kasutusel protokollid ja liikide määramiseks autori koostatud infolehed (lisa 1). Välitöö ülesehitus oli jaotatud viieks osaks, millest neli on vastused protokollis ja viimase osana on loomade vaatluste sisestamine PlutoF-i keskkonda. PlutoF-i keskkonna kasutamine võimaldas rühmadel sisestada oma liigilised vaatlused ühtsesse digitaalsesse andmebaasi, mis aitab tagada andmete standardiseerituse ja korrastatuse. Lisaks soodustab selline lahendus pikaajaliste andmeridade kujunemist ning annab ka teistele huvilistele juurdepääsu kogutud andmetele. Samuti aitab see tagada kvaliteedikontrolli, sest vaatluse kontrollib üle loodusekspert. Käesoleva pilootprojekti puhul ei pidanud harrastusteadlased vaatlustest pilte sisestama, kuid tulevikus võimaldaks see lahendus paremat liigirühma tuvastuse kontrolli.

Protokolli osadeks olid kallas, vesi, keemia ja taimestik (lisa 1). Keemia osas oli vaja mõõta veekeemiat *JBL Proscan* testribade ja rakenduse abil. Veekvaliteedi üheks indikaatoriks oli veetemperatuuri mõõtmine, kuigi tuleb arvestada, et väikeveekogude veetemperatuur muutub ajas kiiresti olenevalt õhutemperatuurist ja päiksele avatusest. See oli protokollis vaba punktina ning temperatuuri mõõtmise vajadus oli edastatud igale rühmale enne esimese vaatluse tegemist.

JBL Proscan testribad olid kasutatud mitmes uurimisprojektides. Neid nimetatakse lihtsaks ja kiireks võimaluseks veekeemiat hinnata (Ocen & Mwesigwa, 2021). Testribad annavad kuus parameetrit ning tulemuse saab teada skaneerides telefoniga (võrreldakse indikaatorruutude värvide erinevust värvikaardiga). Mõõtmine võtab ühe minuti, mis on harrastusteaduse kontekstis hea omadus. Ühes artiklis soovitatakse kasutada *JBL Proscan* komplekti veekogu tasemel mõõtmiseks ning elektroonilist andurit täpsemate punkt-mõõtmiste teostamiseks (Rufalco-Moutinho *et al.*, 2021b, 2021a).

2.4 Andmetöötlus

Viies välitöö osa oli loomade vaatluste sisestamine PlutoF-i keskkonda (*Internet 6*, 2025). See tagas vaatluste analüüsimise lihtsuse ja andmete veebist kättesaadavuse. Andmetabelit oli võimalik alla laadida ning korrigeerida, lisades vaatlused protokollidest ning veekogude ja rühmade nimed. Peale seda kustutasin üleliigsed vaatlused, näiteks linnud. See oli tehtud, kuna uurimistöö keskendus veekeskkonna liikidele - huvi pakkusid vaid loomad, kes olid ka määramislehtedel kujutatud. Seejärel arvutasin unikaalsete vaatluste numbrid iga veekogu kohta, eraldades spetsialisti ja vabatahtlike rühmade vaatlused.

Muude protokolli osade tulemused olid sisestatud *Excell*-i tabelisse (lisa 2). Kõik küsimused numbriliste vastustega olid ühest viieni hindamised, kus üks on linnastunud ja viis on looduslik. Küsimustel 1.4, 1.5, 2.3 oli skaala tagurpidi, millega on töötlemisel arvestatud. Analüüsi kaasasin ainult need veekogud, kus oli läbi viidud rohkem kui üks vaatlus. Sellepärast on töödeldud 10 protokolli kogutud 13 asemele.

Töötlemine toimus *Rstudio* keskkonnas (lisa 3). Vastuseid analüüsisin kas eraldi või koos teiste küsimustega, sõltuvalt nende kokkusobivusest, et suurendada vaatluste arvu testi võimsuse tõstmiseks. Kasutasin lineaarregressiooni analüüsi. Keemia osa vastused olid muudetud Jah/Ei vormiks Hii-ruut testimiseks, kuigi andmete vähesuse tõttu polnud sellest kasu eksperti ja õpilaste vastuste võrdlemise kontekstis.

2.5 Töö autori roll

Selle töö juhendajatega koostöös said valmis veekogude hindamise protokoll, elustiku määramisjuhend. Enne välitöid tegelesin koolidega suhtlemisega, pidasin ettekandeid ja lühikoolitusi. Välitööde ajal oli vaja kõigepealt varustust rühmadele viia ja pärast tagasi kätte saada. Kuna selle töö eesmärk on hinnata ja võrrelda õpilaste tehtud vaatluseid eksperthinnangutega, valitööde teostamise ajal olin eksperdi rollis. Uurisin kõiki rühmade valitud veekogusid.

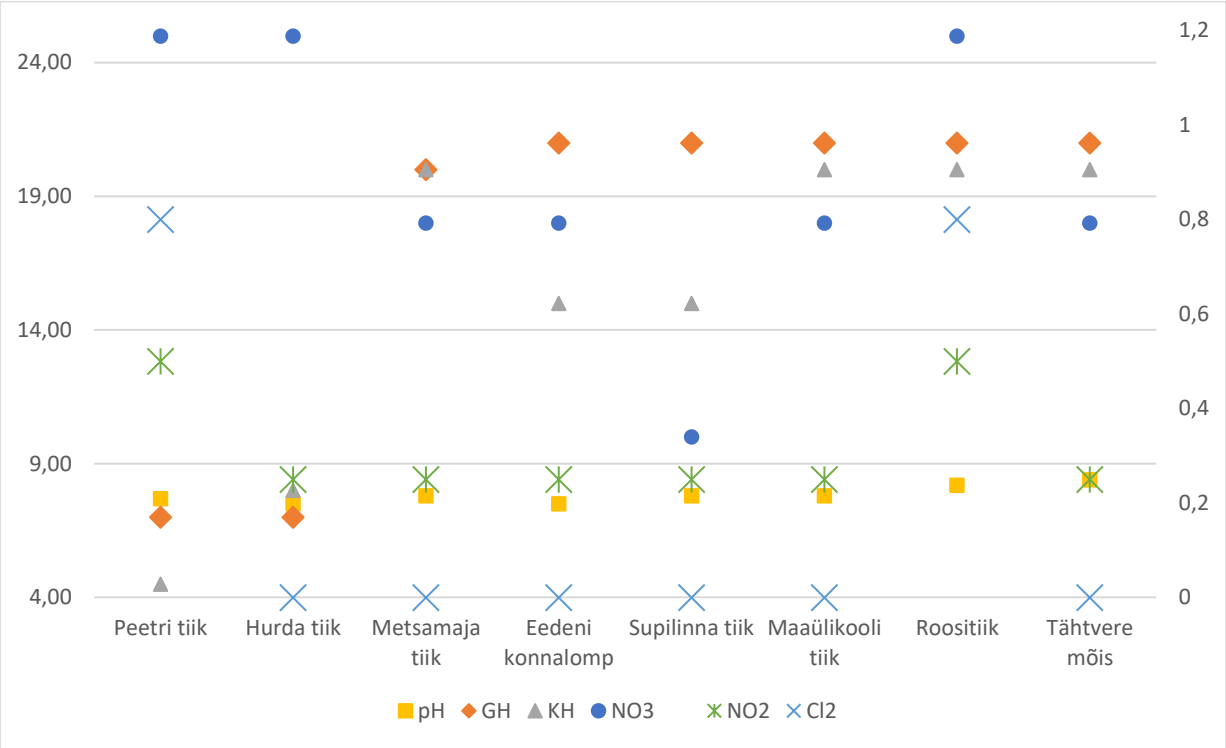
Kui välitööd said tehtud, olen pidanud mõnele rühmadele kirjutama ja helistama, et varustust ja protokolle tagasi saada. See kahjuks ei õnnestunud alati. Saadud paberil protokollid sisestasin arvutis tabelisse.

3. Tulemused

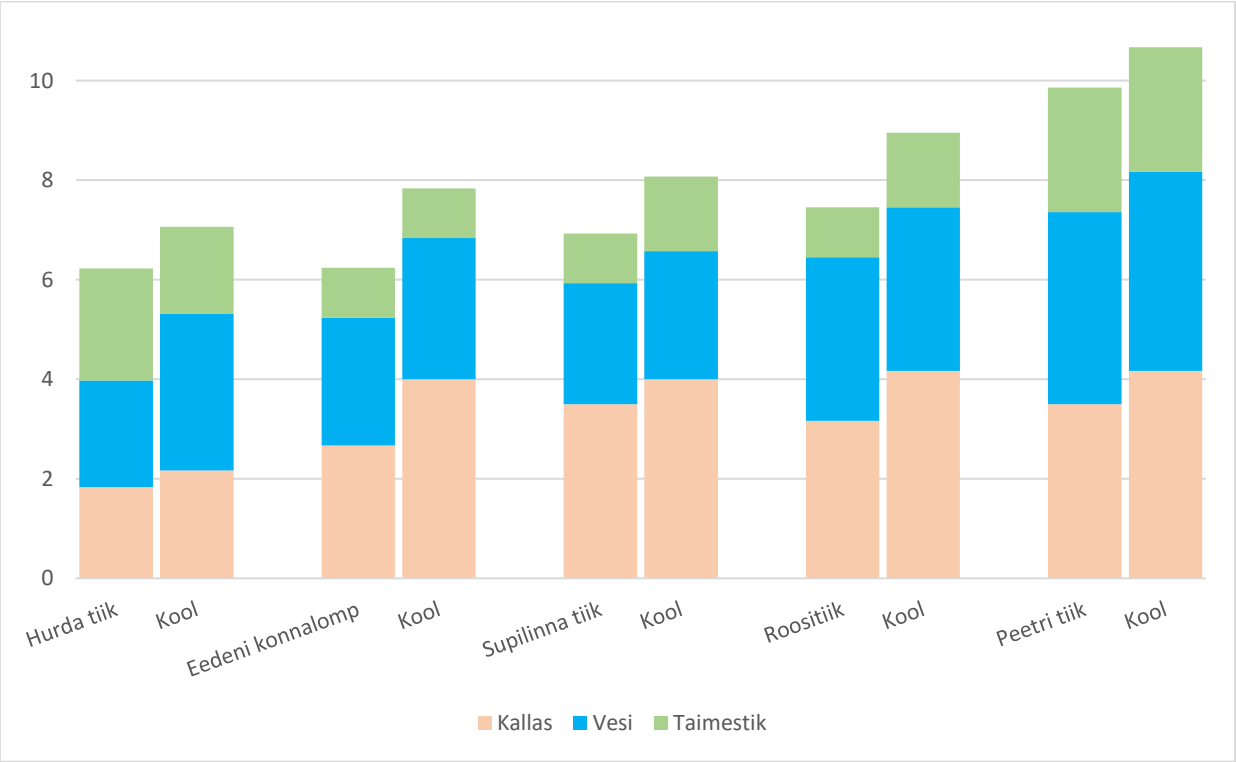
3.1 Veekogude seisund

Kõikides uuritud veekogudes ületas nitraatide (NO_3) sisaldus piirnormi (vt joonis 3). Kõrgeim nitraadisisaldus registreeriti Roosi, Peetri ja Hurda tiikides (25,0 mg/l) ja madalaim Supilinna tiigis (10,0 mg/l). Kloori (Cl_2) esinemine tuvastati vaid Roosi- ja Peetri tiikides, kusjuures mõlemas mõõdeti väärtuseks 0,8 mg/l. Karbonaatne karedus (KH) oli normist kõrgem Tähtvere dendropargi piirkonnas ja Tartu loodusmaja Metsamaja tiigis (20,00 mg/l), kuid Peetri tiigis jäi see alla soovitusliku vahemiku (4,50 mg/l). Veekogude veekeemia näitajate detailsemad tulemused on esitatud joonisel 3.

Protokolli keskmiste hinnangute järgi on kõige linnastunum uuritud veekogu Hurda tiik (vt joonis 4). Järgnesid Eedeni konnalomp, Supilinna tiik, Roositiik. Peetri tiik on kõige looduslikum. Teiste uuritud tiikidega võrreldes paremas seisundis on ka Tähtvere mõisa veekogu, kuigi see oli samuti tugevasti eutrofeerunud ning sealt puudus teine vaatlus. Metsamaja (ühe rühma vaatlus) ja Peetri tiigid olid hinnangute järgi eutrofeerumisel. Kalda seisundi hinnangud olid enamasti kõrgemad kui kolm viiepallisel skaalal - seega peeti enamikke veekogude kaldaid pigem looduslähedasteks aladeks. Veesisene veekogude seisund on keskmine. Taimestiku on kas palju ja veekogu on peaaegu kinnikasvanud või vähe (pole veel kasvanud). Keemilised näitajad viitavad sellele, et ka taimestikuvaestel veekogudel on suur eutrofeerumise oht.



Joonis 3. Veekogude veekeemia parameetrite mõõtmistulemused (mg/l): nitridi (NO_2) ja kloori (Cl_2) väärtused on esitatud parempoolsel skaalal. Vasakul on näidatud pH, üldkareduse (GH), karbonaatse kareduse (KH) ja nitraadi (NO_3) kontsentratsioonid uuritud veekogudes.



Joonis 4. Veekogude hindamine erinevate küsimuste lõikes: Veekogu nime all on eksperdi hinnang, kõrval olevas tulbas õpilaste rühma hinnang.

3.2 Harrastusteaduse panus

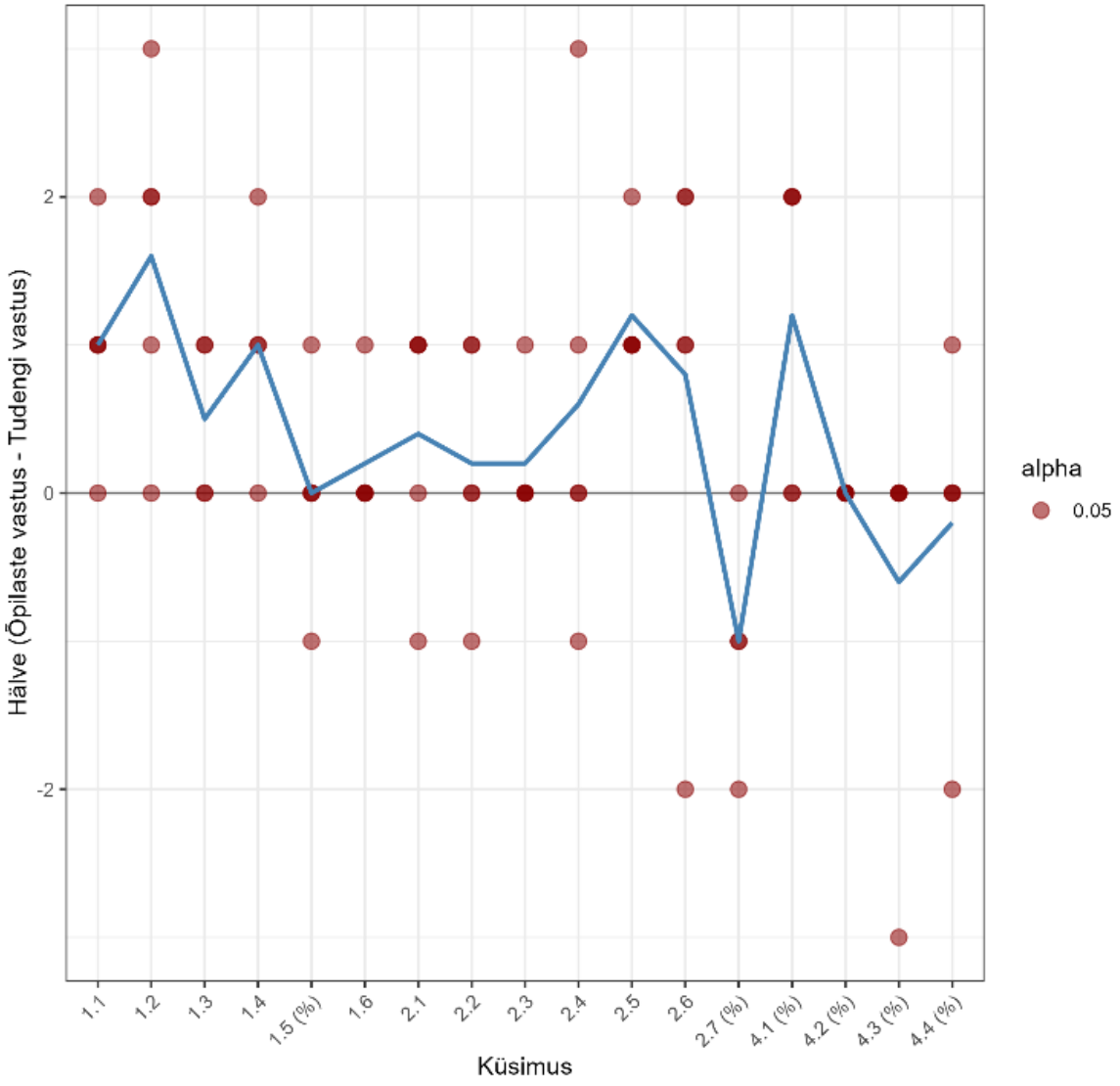
Harrastusteadlaste kaasamine andmekogumisse osutus keerukaks: osa algselt nõustunud osalema rühmadest ei esitanud vaatlusprotokolle ning ignoreerisid järelpärimisi. Kokku viidi läbi vaatlusi viies veekogus kahel korral ja kolmes veekogus ühel korral. Harrastusteadlaste kaasamise kaudu õnnestus koguda mitmekesisemaid vaatlusi. Iga individuaalse grupi vaatlused tõid esile unikaalseid tähelepanekuid ja täpsustusi, mis aitasid tuvastada veekogude seisundit. Rohkemate vaatluste ja vaatlejate olemasolu võimaldas paremat ülevaadet vaadeldavate parameetrite varieeruvusest.

Vaatluste läbiviimise aeg erines märgatavalt: eksperdi enda keskmine vaatlus kestis 51,4 minutit (vahemikus 40–65 minutit), samas kui õpilasrühmade keskmine vaatlemise aeg oli 84,6 minutit (vahemikus 45–130 minutit) (lisa 1). Mitmes protokollis esines täitmata osi: Eedeni konnalombi vaatluses puudusid kolm vastust ja temperatuuri mõõtmine, Hurda tiigi vaatlusel puudusid kaks vastust, Metsamaja tiigi vaatlusel kolm vastust ning Peetri tiigi vaatlusel puudus temperatuurimõõtmine.

Võrdlus ekspertide ja õpilasrühmade hinnangute vahel (vt joonis 5) näitas, et üldiselt hindasid õpilased veekogude looduslikkust kõrgemaks kui ekspert. Kõige suurem vastavus esines ümbritseva läbilaskmatu pinna ja ujulehtedega taimestiku hindamisel, suurim lahknevus ilmnes veepiiri looduslikkuse hindamises.

Lineaarse regressioonanalüüsi tulemused (vt tabel 1) näitavad, et kõige tugevam seos veekogu üldhinnanguga ilmnes veekogu looduslikkuse (küsimused 2.1–2.4) ja kalda-ala looduslikkuse (küsimused 1.1–1.6) kombineeritud hinnangutes. Mõlemal juhul olid t- ja F-väärtused kõrged ning $p < 0{,}001$, viidates statistiliselt olulisele mõjule. Samuti osutus oluliseks kogu taimestikku koondav kombinatsioon (küsimused 4.1–4.4), mille puhul oli $p = 0{,}042$. Seevastu vee hägususe ja veesisese taimestiku mõju oli statistiliselt piiripealne, kuid siiski mitte oluline (vastavalt $p = 0{,}056$ ja $p = 0{,}111$), ning sisse- ja väljavoolude looduslikkuse ning kaldaveetaimestiku hinnangud ei osutunud oluliseks. Kokkuvõttes toetavad tulemused protokolli ülesehitust, milles veekogu üldhinnangut mõjutavad eelkõige mitme seotud parameetri koondhinnangud, mitte üksikud vaatlused.

Selle projekti raames sisestasid õpilaste rühmad vaatlusi veeloomade kohta PlutoF andmebaasi. Andmete puhastamisel eristati kolme kategooriat: vaatlused, mis olid unikaalsed ainult eksperdile, vaatlused, mis olid unikaalsed ainult rühmadele, ning vaatlused, mis olid mõlemas andmekogumis ühised. Tulemused näitasid, et Hurda pargi tiigis leiti kaks unikaalset liiki mõlema vaatlejarühma ning kaks ühist liiki. Eedeni konnalombis leiti vastavalt kaks eksperdi unikaalset ja neli kooli unikaalset liiki, kolme ühisvaatlustega. Peetri tiigis registreeriti neli eksperdi unikaalset ja kuus koolirühma unikaalset liiki, nelja ühise liigiga (vt joonis 6).

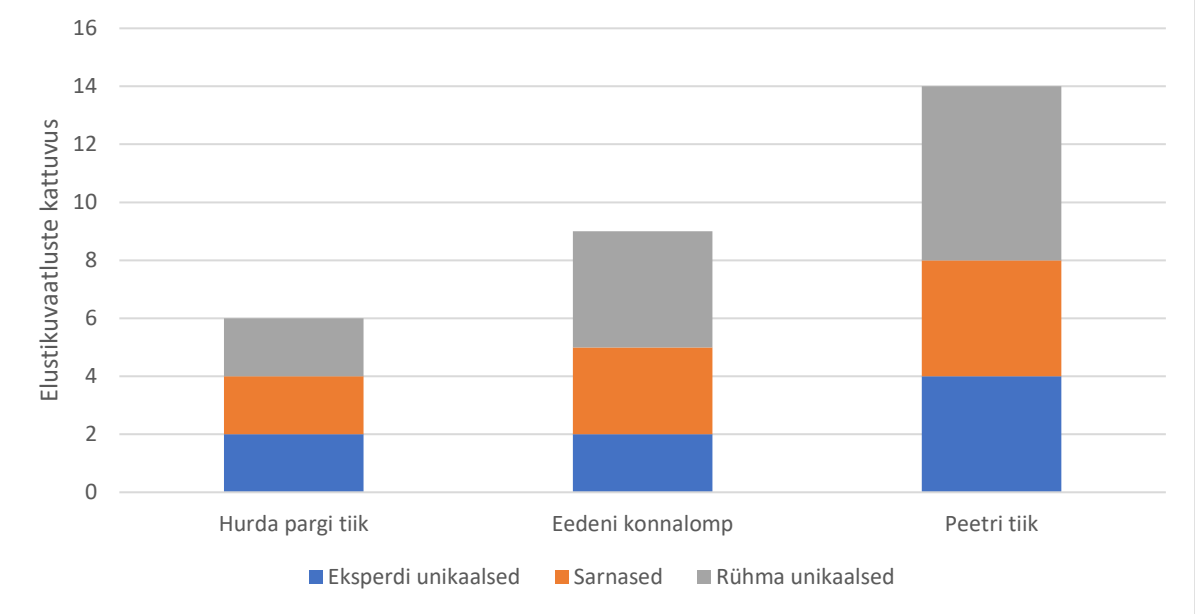


Joonis 5. Õpilaste vastuste erinevus eksperdi (töö autor) hinnangutest eri küsimuste lõikes. Iga punkt tähistab ühe rühma vastuse ja eksperdi hinnangu erinevust konkreetse küsimuse kohta ühes veekogus. Sinine joon näitab kõigi vastuste keskmist hälvet iga küsimuse kohta. Nulljoon tähistab olukorda, kus õpilaste ja eksperdi hinnangud langevad kokku; sellest ülespoole jäävad positiivsed hälbed (õpilaste hinnang kõrgem) ja allapoole negatiivsed hälbed (eksperdi hinnang kõrgem).

Tabel 1. Lineaarse regressioonanalüüsi tulemused, mille eesmärk oli hinnata erinevate küsimuste kombinatsioonide seletavat mõju veekogu üldhinnangule (sõltuv muutuja). Analüüs viidi läbi vaatluspõhiste vastuste põhjal, kus iga rida kajastab ühe osa (nt kallas, vesi, taimestik) küsimuste kombinatsiooni. Tabelis on toodud vabadusastmed (df), t-statistika, F-statistika ja olulisuse tõenäosus (p). Tähised „1.1“, „2.5“ jne viitavad küsimuse koodile protokollis.

Kombinatsioon	df	t	F	P
Kalda-ala looduslikkus (1.1_1.2_1.3_1.4_1.5 (%)_1.6)	26	4,566	20,85	<0,001
Vee hägusus (2.5)	3	3,036	9,218	0,056
Sisse- ja väljavoolude looduslikkus (2.6)	3	0,657	0,4315	0,558
Veekogu looduslikkus (2.1_2.2_2.3_2.4)	18	5,032	25,32	<0,001
Veekogu looduslikkus (2.1_2.2_2.3_2.4_2.6)	23	4,362	19,03	<0,001
Kaldaveetaimestik (4.1)	3	1,549	2,4	0,219
Ujulehtedega taimestik (4.2)	3	*Inf**	*Inf**	<0,001
Veesisene taimestik (4.4)	3	2,236	5	0,111
Taimestik (4.1 (%)_4.2 (%)_4.3 (%)_4.4 (%))	18	2,182	4,763	0,042

** lõpmatult suur väärtus.*



Joonis 6. Unikaalsed ja kattuvad veeloomade liigilised vaatlused kolmes Tartu linnatiigis (Hurda pargi tiik, Eedeni konnalomp, Peetri tiik), pärinevad PlutoF andmekogust. Andmestik sisaldab filtreeritud vaatlusi, kus arvesse on võetud ainult veeloomade vaatlused. Sinine osa tähistab loomi, mida täheldas ainult ekspert; hall – ainult kooliõpilaste rühm; oranž – loomad, mida mõlema grupi vaatlejad täheldasid.

4. Arutelu

Projekti käigus õnnestus kaasata mitmest koolist õpilasi, kes viisid läbi sisukaid vaatlusi ja sisestasid oma tulemused teaduslikku andmebaasi. Õpilased näitasid üles suurt huvi ja panustasid oma vaatlusaegade ja põhjalikkuse poolest rohkem, kui algselt oodata oskasin – nende keskmine vaatlus kestis kauem kui eksperdil. Kogutud andmed olid mitmekesised, sisaldades nii visuaalseid hinnanguid kui ka keemilisi ja bioloogilisi mõõtmisi. Õpilasrühmade panus aitas tuvastada liike, mida ekspert üksi ei oleks märganud. Erinevate vaatlejate unikaalsed tähelepanekud täiendasid üksteist ning näitasid harrastusteaduse potentsiaali andmekogumise mitmekesistamisel.

Samas oli projektiga mitmeid väljakutseid. Vaatlejate leidmine ja nende püsiv motiveerimine osutus keerukaks. Kuigi algselt nõustus osalema rohkem rühmi, ei esitanud osa neist lõplikult vaatlusi ega reageerinud järelpäringutele. Mõnes protokollis esines puudulikke vastuseid, näiteks jäi mõõtmata veetemperatuur või jäeti mõni küsimus tühjaks. PlutoF-i keskkonda elustiku vaatlusi sisestasid ainult kolm rühma, mis viitab parema platvormi kasutamise koolituse vajadusele. Nende probleemide tõttu jäi osa andmestikust ebatäielikuks või vajasin hilisemat andmete puhastamist. Protokollide mittetäieliku täitmise tõttu tasub edaspidi kaaluda kas parema eelneva selgitustöö tegemist või protokollide lihtsustamist. Samuti oli iga veekogu puhul vaatlusi ainult ühelt rühmalt, mistõttu oli keeruline hinnata tulemuste usaldusväärsust. Magistritöö planeerimisel oli soov, et iga veekogu hindaks lisaks eksperdile vähemalt kaks erinevat kooliõpilaste rühma.

Sellest kogemusest õppisin, et edukaks harrastusteaduse projektiks on vaja rohkem aega, järjepidevat suhtlust ja tugevat juhendamist. Projekti periood võiks olla pikem kui üks aasta. Mitmeaastased projektid võimaldavad ajapikku kaasata rohkem vaatlejaid, tekitada vabatahtlike võrgustik ja koguda rohkem vaatlusi ehk koguda kokku kvaliteetsem andmestik (Kelly-Quinn *et al.*, 2023). Elurikkuse seisukohalt on oluline viia mõõtmisi ja vaatlusi läbi mitu korda aastas – see on eriliselt tähtis selgrootute hindamisel (Anton-Pardo & Armengol, 2014). Veekogusid monitoorivale harrastusteaduse projektile tuleb läheneda süsteemselt, korraldades koolitusi ning andes õpilastele ka võimalusi iseseisvalt vaatlusi teha. Tuleks rakendada mitmetasandilist lähenemist, kus algajad saaksid lihtsamad ülesanded ning edasijõudnutele pakutakse täpsemat koolitust ja keerukamaid mõõtmisvahendeid, et korjata veelgi täpsemaid andmeid. Selle uurimistöö protokollide mittetäieliku täitmise tõttu tasub edaspidi kaaluda parema eelneva selgitustöö tegemist. Samuti on oluline varustada osalejad paremate töövahenditega ja pakkuda

regulaarset tagasisidet. Tõhus koostöö juba olemasolevate platvormidega, nagu Veestik.info, aitaks jõuda laiema publikuni ning ühendada eri projektide andmed ühtseks süsteemiks.

Mitme päevaga koguti andmeid kaheksa veekogu kohta, hinnates nende ökoloogilist ja keemilist seisundit. Selline andmekogu sai võimalikuks mitme ühe linna piires tegutseva vaatlejate rühmaga. Joonis 6 illustreerib rühmade panustamise erinevusi ja nende võimalikku täiendavust linnatiikide elustiku kaardistamisel. Andmekogumise kvaliteeti toetas suuremalt jaolt õnnestunult koostatud protokoll, mis võimaldas erinevate küsimuste ühendamist analüüsi etapis – see oli eriti kasulik olukorras, kus rühmi ja vaatlusi oli piiratud arv. Samas ilmnes, et paberprotokollide puhul oli probleemiks mitte niivõrd arusaamatus, vaid nende tagastamata jätmine. Tõhusam lahendus oleks täidetud andmete kohest salvestamist ja kättesaadavust võimaldav elektrooniline protokoll. Lisaks looks see võimaluse teha osa küsimusi kohustuslikuks ja keerukamad küsimused vabatahtlikuks või pakkuda paralleelselt kahte erineva detailsusastmega protokolli. Edaspidi võiks protokolli ülesehitust veelgi paremini kohandada vastavalt osalejate kogemusele ja soovitud andmekvaliteedile, et koguda mitmekesisemat ja usaldusväärsemat infot ka siis, kui vaatlejate arv on väike.

Kogutud andmed näitavad, et kooliõpilastest koosnevad harrastusteadlaste rühmad on võimelised linna veekogude uurimisesse panustama. Kui täiendada riigiseirete süsteemi koordineeritult harrastusteadlastelt saadud infoga, võiks kaasata harrastusteadlasi lihtsamate seireandmiste kogumiseks ja rohkem tähelepanu vajavate veekogude kontrollimiseks. Kaaluda tasub ka kohalikel omavalitsustel harrastusteadlaste abi kasutamist, et omavalitsusel oleks parem ülevaade oma piirkonna väikeveekogude seisundist ning vähendada niigi ülekoormatud omavalitsuste keskkonnaspetsialistide tööd. Siis on elukutselistel ekspertidel rohkem aega keerukamate kohtade põhjalikumaks ülevaatamiseks ning kodanike loodusteadlikkus suureneb.

Protokollide hinnangute järgi, Tartu veekogud pole tohutult halvas seisundis, kuid kõigil uuritud veekogudel on probleemid. Need on inimtegevuse põhjustatud probleemid. Inimeste käitumisharjumuste muutmine on aeganõudev protsess, aga meil on võimalus aidata rohkematel inimestel loodust ja ökosüsteemi hüvesid märgata ja hinnata. Suurim potentsiaal on lastega suhtlemisel, kuna neil on värsked kooliteadmised peas ning tahe maailma paremaks muuta. Samas on tähtis ka täiskasvanute loodusalane harimine, mis on sageli suuresti puudu. Kooliõpilaste harrastusteadusesse kaasamine aitab teavitamistööga jõuda ka nende vanemateni.

Supilinna tiigi madalaim nitraatide sisalduse tase näitab, et hiljuti toimunud taastamine oli kasulik. Samas võib aga kõrgeima NO_3 sisaldusega Roosi tiik, mis oli rajatud mitu aastat tagasi, võib näidata, kui tähtis on korrektne majandamine ja mitte ainult ilust lähtumine. Tuleb ka

meeles pidada, et väikse veekogu ja selle kaldaala elurikkust mõjutavad selle vanus ja taimestik (Krivtsov *et al.*, 2022).

Ökoloogiline seisund näitab selgelt veekogu tüübi ja vanuse tähtsust. Kõige madalama hinnanguga Hurda pargi tiik on purskkaev sillutatud platsil. Kõrgeima hinnanguga veekogu on üheksa aastat tagasi korrastatud Peetri tiik, millel on lauged ja mitmekesised kaldad. Nende kahe vahel on üheaastane Eedeni konnalomp (vaatluste hetkel pooleaastane), kevadel 2024 puhastatud Supilinna tiik ning aastal 2018 korrastatud Roositiik.

Viimaste aastate jooksul on Eestis ja mujal tekkinud harrastusteaduse projektid nagu „Eesti otsib nurmenukke“, „Tähelepanu! Valmis olla! Samblikud!“, „Loodusvaatluste maraton“ ning allikate kaardistamine (*Internet 7*, 2025; *Internet 8*, 2025; *Internet 9*, 2025; *Internet 10*, 2025). Need projektid kogusid tuhandeid inimesi vaatlusi tegema. Sellest aastast on olemas ka Tallinna Ülikooli Ökoloogia keskuse juhendamisel Veestik.info veebilehekülg, kus vabatahtlikel on võimalus veekogude vaatlusi teha (*Internet 11*, 2025). Platvormil on kasutajasõbralik liides, võimalus määrata nii ökoloogilisi, morfoloogilisi kui ka keemilisi omadusi, samas on võimalik iseseisvalt luua uus vaatluskoht. Veebilehe formaat võimaldab salvestatud vaatlusi koheselt vaadata, nii oma kui ka teiste omi, mis aitab tugevdada osalejate seotust ja motiveeritust - ei pea ootama, kuni teadlased hiljem tulemusi jagavad. See lahendab probleemi, mis tihti esineb harrastusteaduse algatuses, kus osalejad ei näe oma sisestatud vaatlusi ega saa ligipääsu teiste omadele. Sellise tagasiside puudumine võib vähendada tunnet, et nende panusel on tegelik väärtus. Platvormil pole aga võimalik teha elustikuvaatlusi. Veestik.info võiks olla koostööpartner, et kaasata rohkem inimesi veekogudega seotud harrastusteaduse projektidesse ning pakkuda osalejatele paremat kogemust ja rahuldustunnet. Oma magistritöö koostamise ajal olen Veestik.info eestvedajaga ühendust võtnud.

Väikeste veekogude parem mõistmine aitab nii loodust kui ka inimesi (Hill *et al.*, 2021). Need veekogud toimivad mitmetel juhtudel looduslike puhvritena, aidates reguleerida üleujutusi, puhastada toitaineid ja toetada elurikkust ka tugevalt muudetud linnakeskkonnas. Tänu oma hajutatusele ja ligipääsetavusele on neil potentsiaal olla looduspõhisteks lahendusteks, mis aitavad leevendada eutrofeerumist, linnastumise mõju ja kliimamuutuste tagajärgi (Cuenca-Cambronero *et al.*, 2023). Samas on nad tundlikud ja sageli tähelepanuta jäetud. Seetõttu on oluline neid paremini kaardistada ja jälgida. Käesolev töö näitas pilootprojektina, et harrastusteadus võimaldab teha seda odavamalt ja laiemas ulatuses, kompenseerides ekspertide nappust ning kaasates ühiskonda keskkonnahoiu ja -uurimise protsessi. Kokkuvõttes on harrastusteadusel potentsiaal täiendada ametlikku seiresüsteemi, suurendada loodusteadlikkust ning tugevdada inimeste sidet kohaliku elukeskkonnaga.

Kokkuvõte

Magistritöö eesmärk oli uurida, millised on harrastusteaduse rakendusvõimalused vee-elustiku mitmekesisuse ja vee-elupaikade seisundi hindamisel linnakeskkonnas. Töö keskendus sellele, kas ja kuidas saavad vabatahtlikud - eelkõige kooliõpilased - anda panuse väikeste linna veekogude ökoloogilise ja keemilise seisundi hindamisse. Lisaks uuriti, kuivõrd saab harrastusteadust kasutada täiendusena eksperthinnangutele ning millised on selle tugevused ja kitsaskohad linnaveekogude kontekstis.

Uuring viidi läbi Tartu linnas kaheksa väikese veekogu juures, kus tehti vaatlusi nii eksperdi kui ka viie õpilasrühma poolt. Õpilased kasutasid spetsiaalselt koostatud protokolle ja infolehti, mille alusel hinnati kalda- ja vee-elupaikade seisundit ning mõõdeti keemilisi näitajaid *JBL ProScan* testribade abil. Elustiku mitmekesisuse hindamiseks koguti ja määrati veeloomi ning sisestati vaatlused PlutoF andmebaasi.

Tulemused näitasid, et harrastusteadlaste panus suurendas andmete mitmekesisust ning aitas avastada liike ja seisundi aspekte, mida ekspert üksinda poleks märganud. Kuigi osa vaatlusi jäi protokollidena esitamata või esines puudujääke, näitas võrdlus, et mitmetes parameetrites (nt taimestik ja kaldaala looduslikkus) langesid hinnangud kokku eksperdi omadest. Samas hindasid õpilased veekogude looduslikkust üldiselt kõrgemaks. Vee keemilised näitajad viitasid laialdasele eutrofeerumisele - kõikides veekogudes ületas nitraatide tase lubatud piirnorme, kusjuures kõrgeim kontsentratsioon (25 mg/l) tuvastati kolmes tiigis.

Vaatlused näitasid, et kooliõpilaste rühmad suudavad iseseisvalt läbi viia sisukaid välitöid ning sisestada ka elurikkuse andmebaasidesse usaldusväärseid andmeid. Harrastusteaduse kaasamise positiivsed mõjud ulatuvad aga kaugemale – lisaks andmekogumisele suurendab see keskkonnateadlikkust ja võib leevendada biofoobiat, tuues lapsi loodusega vahetusse kontakti. Erinevate vaatlejate unikaalsed tähelepanekud rõhutasid kodanikuteaduse potentsiaali täiendada eksperdihinnanguid.

Kokkuvõtteks võib järeldada, et harrastusteadusel on suur rakendusvõimalus linnaveekogude seire täiustamisel, eeldusel et andmekogumine toimub metoodiliselt ja regulaarse juhendamise toel. Kodanikuteaduse kaasamine ei asenda eksperthinnanguid, kuid on tõhus täiendus, võimaldades hõlmata rohkem veekogusid ja pakkuda ajakohasemat infot. Töö soovitab kasutada õpilaste panustamist linnaelupaikade jälgimisel süsteemselt ka tulevikus, sidudes hariduse, loodusteaduse ja kogukondliku kaasatuse.

Summary

The aim of this master's thesis was to explore the applicability of citizen science in assessing the biodiversity of aquatic life and the ecological status of aquatic habitats in urban environments. The focus was on whether and how citizens - particularly school students - can contribute to evaluating the ecological and chemical condition of small urban water bodies. In addition, the study examined to what extent citizen science can complement expert assessments and what its strengths and limitations are in the context of urban aquatic ecosystems.

The research was conducted in the city of Tartu, at eight small water bodies where observations were carried out both by an expert and five student groups. The students used specially designed protocols and identification guides to assess the condition of shoreline and aquatic habitats and measured chemical parameters using JBL ProScan test strips. To assess biodiversity, aquatic invertebrates were collected, identified, and uploaded to the PlutoF database.

The results showed that citizen scientists enhanced data diversity and helped detect species and habitat conditions that the expert alone might not have observed. Although some observation protocols were not submitted or had incomplete data, the comparison revealed that in several parameters (e.g., vegetation, surrounding impermeable surface), the assessments matched those of the expert. However, students generally rated the naturalness of the water bodies higher than the expert did. Water chemistry data indicated widespread eutrophication - nitrate levels exceeded the permissible threshold in all water bodies, with the highest concentration (25 mg/l) recorded in three ponds.

The observations demonstrated that school student groups are capable of conducting meaningful fieldwork independently and submitting reliable data. The benefits of involving citizen science extend beyond data collection - such engagement raises environmental awareness and may help mitigate biophobia by connecting children with nature. The unique findings of different observer groups highlighted the potential of citizen science to supplement expert evaluations.

In conclusion, citizen science holds substantial potential for improving the monitoring of urban water bodies, provided that data collection is conducted methodically and with regular guidance. While it does not replace expert assessments, it is a valuable complement, enabling broader spatial coverage and more timely information. The study recommends systematically involving students in the monitoring of urban aquatic habitats, thereby integrating education, natural sciences, and community engagement.

Tänuavaldused

Soovin südamest tänada oma juhendajaid Jürgen Karvakut ja Tuul Seppa, kelle toetavad nõuanded, asjalik tagasiside ja julgustavad sõnad aitasid mul selle töö valmimiseni jõuda. Teie teadmised ja kannatlikkus olid mulle suureks toeks kogu uurimisprotsessi vältel. Tänan ka Tartu Ülikooli ökoloogia- ja maateaduste instituuti inspireeriva õpikeskkonna eest. Olen väga tänulik Sihtasutusele, kelle Raefondi stipendium kevadel 2023 tunnustas mu varasemat tööd ja aitas kaasa ka magistritöö valmimisele.

Kasutatud kirjandus

Anton-Pardo, M., & Armengol, X. (2014). Aquatic invertebrate assemblages in ponds from coastal Mediterranean wetlands. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, *50*(3), Article 3. https://doi.org/10.1051/limn/2014089

Baxter, C. V., Fausch, K. D., & Carl Saunders, W. (2005). Tangled webs: Reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshwater Biology*, *50*(2), Article 2. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01328.x

Bhattacharjee, Y. (2005). Citizen Scientists Supplement Work of Cornell Researchers. *Science*, *308*(5727), 1402–1403. https://doi.org/10.1126/science.308.5727.1402

Biggs, J., von Fumetti, S., & Kelly-Quinn, M. (2017). The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: Implications for policy makers. *Hydrobiologia*, *793*(1), 3–39. https://doi.org/10.1007/s10750-016-3007-0

Calderon, M. R., Almeida, C. A., González, P., & Jofré, M. B. (2019). Influence of water quality and habitat conditions on amphibian community metrics in rivers affected by urban activity. *Urban Ecosystems*, *22*(4), 743–755. https://doi.org/10.1007/s11252-019-00862-w Company: SpringerDistributor: SpringerInstitution: SpringerLabel: Springernumber: 4publisher: Springer US

Crowe, O., Coombes ,Richard H., Lysaght ,Liam, O'Brien ,Cliona, Choudhury ,Kingshuk Roy, Walsh ,Alyn J., Wilson ,John H., & and O'Halloran, J. (2010). Population trends of widespread breeding birds in the Republic of Ireland 1998–2008. *Bird Study*, *57*(3), 267–280. https://doi.org/10.1080/00063651003615147

Cuenca-Cambronero, M., Blicharska, M., Perrin, J.-A., Davidson, T. A., Oertli, B., Lago, M., Beklioglu, M., Meerhoff, M., Arim, M., Teixeira, J., De Meester, L., Biggs, J., Robin, J., Martin, B., Greaves, H. M., Sayer, C. D., Lemmens, P., Boix, D., Mehner, T., … Brucet, S. (2023). Challenges and opportunities in the use of ponds and pondscapes as Nature-based Solutions. *Hydrobiologia*, *850*(15), 3257–3271. https://doi.org/10.1007/s10750-023-05149-y

de Paz, V., Baños-Picón ,Laura, Rosas-Ramos ,Natalia, Tobajas ,Estefanía, Tormos ,José, & and Asís, J. D. (2020). The role of artificial ponds in maintaining dragonfly populations in an intensified farmland landscape. A case of study in Zamora, Spain. *Journal of Natural History*, *54*(37–38), 2439–2454. https://doi.org/10.1080/00222933.2020.1850901

Everard, M., & Moggridge, H. L. (2012). Rediscovering the value of urban rivers. *Urban Ecosystems*, *15*(2), Article 2. https://doi.org/10.1007/s11252-011-0174-7

Fehlinger, L., Misteli ,Benjamin, Morant ,Daniel, Juvigny-Khenafou ,Noël, Cunillera-Montcusí ,David, Chaguaceda ,Fernando, Stamenković ,Olivera, Fahy ,Julie, Kolář ,Vojtěch, Halabowski ,Dariusz, Nash ,Liam N., Jakobsson ,Ellinor, Nava ,Veronica, Tirozzi ,Pietro, Cordero ,Pablo Urrutia, Mocq ,Julien, Santamans ,Alba Camacho, Zamora-Marín ,Jose Manuel, Marle ,Pierre, … and Rimcheska, B. (2023). The ecological role of permanent ponds

in Europe: A review of dietary linkages to terrestrial ecosystems via emerging insects. *Inland Waters*, *13*(1), 30–46. https://doi.org/10.1080/20442041.2022.2111180

Figuerola, J., & Green, A. J. (2002). Dispersal of aquatic organisms by waterbirds: A review of past research and priorities for future studies. *Freshwater Biology*, *47*(3), 483–494. https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00829.x

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global Change and the Ecology of Cities. *Science*, *319*(5864), 756–760. https://doi.org/10.1126/science.1150195

Haklay, M. (Muki), Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., & Vohland, K. (2021). What Is Citizen Science? The Challenges of Definition. K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Toim), *The Science of Citizen Science* (lk 13–33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_2

Hegarty, S., Hayes, A., Regan, F., Bishop, I., & Clinton, R. (2021). Using citizen science to understand river water quality while filling data gaps to meet United Nations Sustainable Development Goal 6 objectives. *Science of The Total Environment*, *783*, 146953. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146953

Hill, M. J., Biggs, J., Thornhill, I., Briers, R. A., Gledhill, D. G., White, J. C., Wood, P. J., & Hassall, C. (2017). Urban ponds as an aquatic biodiversity resource in modified landscapes. *Global Change Biology*, *23*(3), Article 3. https://doi.org/10.1111/gcb.13401

Hill, M. J., Greaves, H. M., Sayer, C. D., Hassall, C., Milin, M., Milner, V. S., Marazzi, L., Hall, R., Harper, L. R., Thornhill, I., Walton, R., Biggs, J., Ewald, N., Law, A., Willby, N., White, J. C., Briers, R. A., Mathers, K. L., Jeffries, M. J., & Wood, P. J. (2021). Pond ecology and conservation: Research priorities and knowledge gaps. *Ecosphere*, *12*(12), e03853. https://doi.org/10.1002/ecs2.3853

Kelly-Quinn, M., Biggs, J. N., Brooks, S., Fortuño, P., Hegarty, S., Jones, J. I., & Regan, F. (2023). Opportunities, approaches and challenges to the engagement of citizens in filling small water body data gaps. *Hydrobiologia*, *850*(15), 3419–3439. https://doi.org/10.1007/s10750-022-04973-y

Krivtsov, V., Forbes, H., Birkinshaw, S., Olive, V., Chamberlain, D., Buckman, J., Yahr, R., Arthur, S., Christie, D., Monteiro, Y., & Diekonigin, C. (2022). Ecosystem services provided by urban ponds and green spaces: A detailed study of a semi-natural site with global importance for research. *Blue-Green Systems*, *4*(1), 1–23. https://doi.org/10.2166/bgs.2022.021

Meerhoff, M., & de los Ángeles González-Sagrario, M. (2022). Habitat complexity in shallow lakes and ponds: Importance, threats, and potential for restoration. *Hydrobiologia*, *849*(17), 3737–3760. https://doi.org/10.1007/s10750-021-04771-y

Moor, H., Bergamini, A., Vorburger, C., Holderegger, R., Bühler, C., Bircher, N., & Schmidt, B. R. (2024). Building pondscapes for amphibian metapopulations. *Conservation Biology*, *38*(6), e14165. https://doi.org/10.1111/cobi.14281

Ocen, P., & Mwesigwa, D. (2021). *“One-step at a time”: Adopting fish Farming technologies as a smart farming initiative among smallholder farmers in Oyam district, Uganda*. *9*(2).

Oertli, B., Biggs, J., Céréghino, R., Grillas, P., Joly, P., & Lachavanne, J.-B. (2005). Conservation and monitoring of pond biodiversity: Introduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *15*(6), 535–540. https://doi.org/10.1002/aqc.752

Quirós, R. (1995). The Effects of Fish Assemblage Composition on Lake Water Quality. *Lake and Reservoir Management*, *11*(4), 291–298. https://doi.org/10.1080/07438149509354210

Richardson, D. C., Holgerson, M. A., Farragher, M. J., Hoffman, K. K., King, K. B. S., Alfonso, M. B., Andersen, M. R., Cheruveil, K. S., Coleman, K. A., Farruggia, M. J., Fernandez, R. L., Hondula, K. L., López Moreira Mazacotte, G. A., Paul, K., Peierls, B. L., Rabaey, J. S., Sadro, S., Sánchez, M. L., Smyth, R. L., & Sweetman, J. N. (2022). A functional definition to distinguish ponds from lakes and wetlands. *Scientific Reports*, *12*(1), 10472. https://doi.org/10.1038/s41598-022-14569-0

Riley, W. D., Potter, E. C. E., Biggs, J., Collins, A. L., Jarvie, H. P., Jones, J. I., Kelly-Quinn, M., Ormerod, S. J., Sear, D. A., Wilby, R. L., Broadmeadow, S., Brown, C. D., Chanin, P., Copp, G. H., Cowx, I. G., Grogan, A., Hornby, D. D., Huggett, D., Kelly, M. G., … Siriwardena, G. M. (2018). Small Water Bodies in Great Britain and Ireland: Ecosystem function, human-generated degradation, and options for restorative action. *Science of The Total Environment*, *645*, 1598–1616. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.243

Ritchie, H., Samborska, V., & Roser, M. (2024). Urbanization. *Our World in Data*. https://ourworldindata.org/urbanization

Rufalco-Moutinho, P., Kadri, S. M., Alonso, D. P., Moreno, M., Carrasco-Escobar, G., Prussing, C., Gamboa, D., Vinetz, J. M., Sallum, M. A. M., Conn, J. E., & Ribolla, P. E. M. (2021a). Ecology and larval population dynamics of the primary malaria vector Nyssorhynchus darlingi in a high transmission setting dominated by fish farming in western Amazonian Brazil. *PLOS ONE*, *16*(4), e0246215. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246215

Rufalco-Moutinho, P., Kadri, S. M., Alonso, D. P., Moreno, M., Carrasco-Escobar, G., Prussing, C., Gamboa, D., Vinetz, J. M., Sallum, M. A. M., Conn, J. E., & Ribolla, P. E. M. (2021b). *Population dynamics of the primary malaria vector Nyssorhynchus darlingi in a high transmission setting dominated by fish farming in western Amazonian Brazil* (lk 2021.01.20.427434). bioRxiv. https://doi.org/10.1101/2021.01.20.427434

Soga, M., Gaston, K. J., Fukano, Y., & Evans, M. J. (2023). The vicious cycle of biophobia. *Trends in Ecology & Evolution*, *38*(6), 512–520. https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.12.012

Zuñiga-Palacios, J., Zuria, I., Castellanos, I., Lara, C., & Sánchez-Rojas, G. (2021). What do we know (and need to know) about the role of urban habitats as ecological traps? Systematic review and meta-analysis. *Science of The Total Environment*, *780*, 146559. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146559

Internetiallikad

Internet 1. (2022). Linnastumisest, valglinnastumisest ja vastulinnastumisest kolme viimase rahvaloenduse näitel | Statistikaamet. https://stat.ee/et/uudised/linnastumisest-valglinnastumisest-ja-vastulinnastumisest-kolme-viimase-rahvaloenduse-naitel

Internet 2. (2024). Pinnavesi | Kliimaministeerium. https://kliimaministeerium.ee/merendus-veekeskkond/vesi/pinnavesi

Internet 3. (2024, november 15). Siseveekogude levik | loodusveeb. https://loodusveeb.ee/et/themes/siseveekogud/siseveekogude-levik

Internet 4. (2025). The Riverfly Partnership. https://www.riverflies.org/riverflies-overview

Internet 5. (2022, november 9). Õppematerjalid | Tartu Ülikool. https://natmuseum.ut.ee/sites/default/files/2022-11/Vee-elustiku%20mapp.pdf

Internet 6. (2025). Tartu veekogud, Kirillov 2024 | PlutoF elurikkuse platvorm. https://app.plutof.ut.ee/study/view/108992

Internet 7. (2025). Elfond, Eesti otsib nurmenukke. https://elfond.ee/naturallyest/tegevused/eesti-otsib-nurmenukke

Internet 8. (2025). Elfond, Tähelepanu! Valmis olla! Samblikud! https://elfond.ee/naturallyest/tegevused/tahelepanu-valmis-olla-samblikud

Internet 9. (2025). eElurikkus | Üle-eestiline loodusvaatluste maraton. https://elurikkus.ee/lvm

Internet 10. (2025). Allikad.info. https://allikad.info

Internet 11. (2025). Veestik.info. https://veestik.info/dashboard

Lisa 1

Tartu veekogude uurimise protokoll

Ala: _____ Kuupäev: pp/kk/aaaa Vaatluse aeg: tt:mm-tt:mm
Rühm: _____ Rühma kirjeldus: _____

1. Kallas

1.1 Kas kaldaala (10 m veekogust) on looduslik või linnastunud? 1 - Linnastunud
1 2 3 4 5 5 - Looduslik

1.2 Kas veepiir on looduslik või linnastunud? 1 - Linnastunud
1 2 3 4 5 5 - Looduslik

1.3 Kas veekogu juures on loodislikke objekte? Mis? 1 - Ei ole
1 2 3 4 5 5 - On väga palju
Kasvav puu, Puutüvi, Puukänd, Kivi, Põõsas, Kõrge muru, Muu

1.4 Kas veekogu juures on inimtekkelisi objekte? Mis? 1 - Ei ole
1 2 3 4 5 5 - On väga palju
Pais, Rehv, Asfalt, Kivised/Plaadilised struktuurid, Ehitis, Prügi, Muu

1.5 Lähimaal (kuni 100m) vett läbilaskmatu pinna %
<20% 20-40% 40-60% 60-80% >80%

1.6 Kui mitmekesine on kaldaala? 1 - Täiesti ühtlane
1 2 3 4 5 5 - Väga mitmekesine

2. Vesi

2.1 Kas veekogu põhi on looduslik või inimtekkeline? 1 - Linnastunud
1 2 3 4 5 5 - Looduslik

2.2 Kas veekogu sees on looduslikke objekte? Mis? 1 - Ei ole
1 2 3 4 5 5 - On väga palju
Kasvav puu, Puutüvi, Puukänd, Kivi, Põõsas, Veetaimed, Vetikad, Muu

2.3 Kas veekogu sees on inimtekkelisi objekte? Mis? 1 - Ei ole
1 2 3 4 5 5 - On väga palju
Pais, Rehv, Kivised/Plaadilised struktuurid, Purskkaev, Prügi, Muu

2.4 Kui mitmekesine on veekogu ja põhi? 1 - Täiesti ühtlane
1 2 3 4 5 5 - Väga mitmekesine

2.5 Kas vesi on selge või hägune? 1 - Selge
1 2 3 4 5 5 - hägune

2.6 Kas sisse- ja väljavoolud on inimtekkelised või looduslikud? 1 - Inimtekkeline
1 2 3 4 5 5 - Looduslik

2.7 Kui suur osa veekogust sai uuritud?
<20% 20-40% 40-60% 60-80% >80%

3. Keemia

3.1 NO_2 _____ 3.2 NO_3 _____ 3.3 GH _____ 3.4 KH _____

3.5 pH _____ 3.6 Cl_2 _____ 3.7 CO_2 _____

Juhend:

1. Tee JBL PROSCAN äpp lahti
2. Vali äpis "Pond"
3. Võta testpaberi kätte ja pane purk kinni
4. Pane taimerit käima (vajuta nuppu äpis)
5. Pane testpaberit 2-3ks sekundiks vette
6. Raputa üleliigset vett (hoia horisontaalses asendis)
7. Pane testpaberit ootama värvikaardi peale
8. Oota 1 min. Sel ajal kontrolli, et oleks ühtlane valgustus
9. Skänni
10. Pane tulemused kirja

4. Taimestik

Kui suur osa uuritavast kohast on kaetud taimedega:

Kaldaveetaimestik
<20% 20-40% 40-60% 60-80% >80%

Kasvavad poolest saadik vees.

Ujulehtedega taimestik
<20% 20-40% 40-60% 60-80% >80%

Ulatuvad veest välja vaid lehed ja õied, juurtega kinnituvad nad veekogu põhja.

Ujutaimestik
<20% 20-40% 40-60% 60-80% >80%

Ujuvad vabalt veepinnal.

Veesisene taimestik
<20% 20-40% 40-60% 60-80% >80%

Kasvavad sügavamas vees.
Nad on üleni vee all või sirutavad õied veepinnale.

Muu elustik _____

_____

Märkmed _____

_____

5.1 PlutoF

Iga sisestatav kirje - vaatlus, loodusheli, eksemplar, proov - koosneb kolmest olulisest osast: asukoht, aeg, takson.

PlutoF GO rakendus võimaldab salvestada pildi-, video-, helifaile., või kasutada olemasolevaid meediafaile.

Täiendavat teavet saab sisestada, valides sobiva taksoni esinemise vormi.

Meediafail -- Asukoht -- Aeg, Vorm, Takson

Kui vaatlused on tehtud tuleb neid ülese laadida

Kasulikud seaded:

Luba taksonite tavanimetused - võimaldab taksonite otsimist taksonite tavanimetuste järgi.

Luba taksonoomia ilma internetiühenduseta- salvestab taksonoomia seadmesse taksoni nime otsimise võimaldamiseks internetiühenduseta.

Piirake taksonite valikut (taseme järgi)- seadke kõrgeim taksoni tase taksonite otsimiseks. Liigi asemel vali perekond või sugukond.

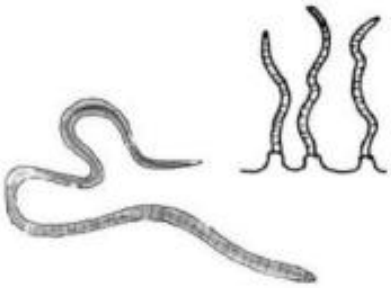
5.2 Kahvapüügi juhend

	Püük vooluvees (ojas)	**Püük seisuvees (tiigis)**
1	Valida kolm kohta üksteisest 10-20 m vahega.	Valida kolm kohta üksteisest u 5 m vahega
2	Igas kohas püüa kogu oja laiuses.	Igas kohas püüa eri sügavusest veest (5-50 cm) ja võimaluse korral tõmba kahvaga läbi taimedest ning ka põhjamudast või põhjaliivast.
3	Aseta kahva sirge äär vastu ojapõhja.	Tee kahvaga umbes 7 püügiliigutust. Selleks liiguta kahva kord ühte pidi ja siis samas kohas teist pidi. Nii liigutad põhjast osakesi ja putukaid lahti ja järgmiste tõmmetega saad nad kinni püüda.
4	Songi kummikuga (või väikse kühvliga) 5 korda tugevasti ojapõhja. Alusta kahvast eemalt ja liigu kahvale lähemale. Tee seda kahvast 5-40 cm kauguselt, nii et vool kannab sinu lahti lükatud materjali (ja veeputukad) kahva suunas.	Veeputukad on tavaliselt taimedel, tiigi põhjas, okstel, kividel ja osad ujuvad ka vabalt ringi. Tasub tõmmata kahvaga julgelt mööda põhja ja taimi.
5	Korda eelmist kogu oja laiuses.	Kõigis kolmes püügikohas tee 7 kahvatõmmet.
6	Tõsta kahv ülesse, kuid jäta kahvasaba vette ja liiguta seda, nii et üleliigne muda läheks läbi võrgu kahvast välja. Vajadusel võid rohkem puhastada, kuid ära vahepeal püütud putukaid välja lase.	
7	Vala kahva sisu kandikule, kuhu varem olid u 1-2 cm kõrguseni vett pannud.	
8	Määra putukad ja lase nad ojasse tagasi	Määra putukad ja lase nad tiiki tagasi

5.3 Loomade spikker (Kasuta PlutoF sisestamiseks)

RÕNGUSSID *Väheharjasussid*

Kaanid



Mudatuplane

Tunnused: peenike, punakas, otstest teritunud, peata; pikkus 40–50 mm

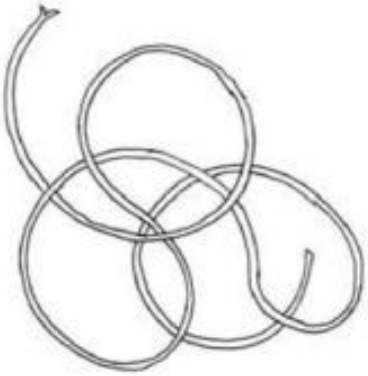
Klaasliimuklane

Tunnused: poolläbipaistev, harjastega; pikkus kuni 15 mm

Hobukaan

Tunnused: keha lapik, iminapad; pikkus kuni 15 cm

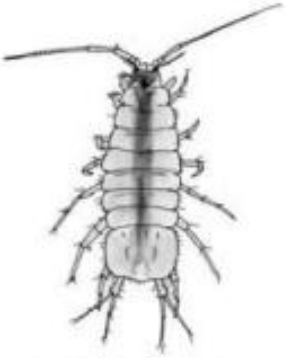
JÕHVUSSID



Jõhvuss

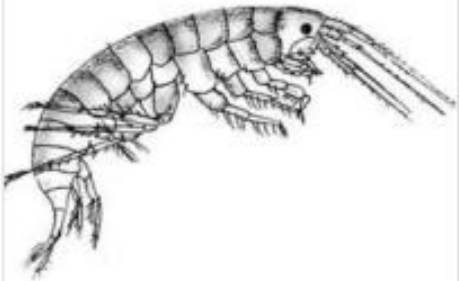
Tunnused: pikk, peenike; pikkus kuni 1,5 m

VÄHILAADSED: *viis ja rohkem paari jalgu*



Vesikakand

Tunnused: lapik, piklik; pikkus 12–20 mm



Kirpvähk

Tunnused: lapik, külgedelt kokkusurutud kõverdunud keha; pikkus kuni 20 mm

LAMEUSSID

Ripsussid

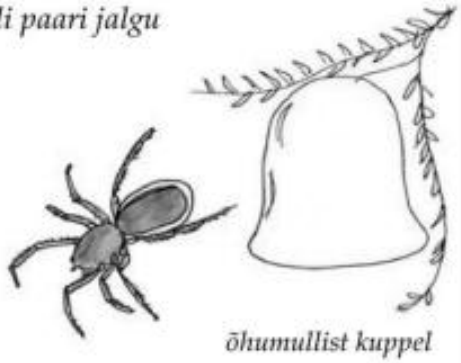
Lamelane

Tunnused: lapik lülideta keha; pikkus kuni 25 mm

ÄMBLIKULAADSED: *neli paari jalgu*

Vesiämblik

Tunnused: elab vee all, tagakeha kaetud õhukihiga; pikkus 8–12 (15) mm (emane suurem)



õhumullist kuppel

Putukad *(kolm paari lülilisi jalgu)*

HOOGHÄNNALISED

Hooghännaline
Tunnused: hüppab veepinnal; pikkus 1 mm

ÜHEPÄEVIKULISED

Ühepäevik
Tunnused: 2–3 pikka sabajätket

Ühepäeviku vastne
Tunnused: kolm sabajätket, tagakehal lõpusjätked; pikkus kuni 34 mm, enamasti 10–20 mm

KIILILISED

Liidriku tüüpi vastne
Tunnused: peenikese tagakehaga, 3 lehtjat sabajätket; pikkus kuni 32 mm

Vesineitsik
Tunnused: isastel sinised tiivad, tiibade siruulatus kuni 72 mm; pikkus kuni 48 mm

Tondihobu
Tunnused: suured, tagakeha pikk, tiibade siruulatus kuni 104 mm; pikkus kuni 76 mm

Tondihobu tüüpi vastne
Tunnused: jässakas, pikliku tagakehaga; pikkus kuni 47 mm

Vesikiili tüüpi vastne
Tunnused: ümara tagakehaga; pikkus kuni 26 mm

LUTIKALISED: *lüliline iminokk, kattetiibade tagumised otsad asetsevad üksteise peal*

Selgsõudur
Tunnused: ujub selili; pikkus kuni 17 mm

Ujurlutikas
Tunnused: ovaalne, haardejalgadega; pikkus kuni 15 mm

Sõudur
Tunnused: pikkus kuni 16 mm

Liuskur (vesijooksik)
Tunnused: liigub veepinnal, pikkade jalgadega; pikkus kuni 18 mm

Vesihark
Tunnused: lapik, tugevate haardejalgadega, hingamisputk; pikkus kuni 25 mm

KEVIKULISED

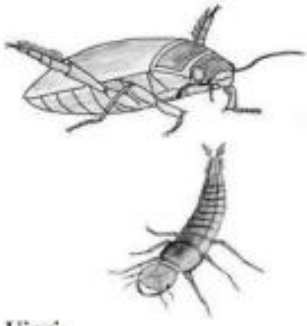
Kevikulise valmik ja vastne
Tunnused: valmikul pikad tundlad, tiivad lamedalt keha peal; vastse tagakehal 2 sabaniiti; vastse pikkus kuni 25 mm

SUURTIIVALISED

Loidtiiva valmik ja vastne

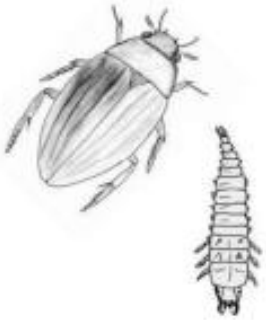
Tunnused: vastse tagakehal lülistunud lõpusjätked; vastse pikkus kuni 25 mm

MARDIKALISED



Ujuri valmik ja vastne

Tunnused: valmik voolujooneline, ujujalad, pikad niitjad tundlad; vastsel sirpjad lõuad, pikad jalad; valmiku pikkus kuni 45 mm



Vesimardika valmik ja vastne

Tunnused: valmik ronib taimedel, tundlad nupuga; valmiku pikkus kuni 50 mm

Roomardikas

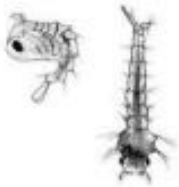
Tunnused: elutseb taimedel veest väljas; pikkus kuni 13 mm

Kukrik

Tunnused: liigub veepinnal; pikkus 6–7 mm

KAHETIIVALISED *vastsetel lülilised jalad puuduvad*

Sääselised



Pistesääse vastne ja nukk

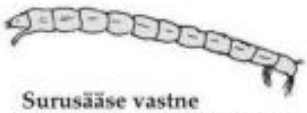
Tunnused: vastne liigub loogeldes; nukk liikuv; vastse pikkus kuni 9 mm

Klaasiksääse vastne

Tunnused: läbipaistev, püsib vees horisontaalselt; pikkus 10–13 mm

Habesääse vastne

Tunnused: peenike; pikkus kuni 10 mm



Surusääse vastne

Tunnused: punane või valkjas; pikkus kuni 30 mm

Kärbselised

Mudasirelase vastne

Tunnused: kotitaoline keha, pikk hingamisputk; pikkus kuni 20 mm

Ogakärblase vastne

Tunnused: väheliikuv, tagumises otsas ripsmetest pärg; pikkus 60 mm

EHMESTIIVALISED

Ehmestiivalise valmik

Tunnused: valmiku tiivapind karvane; pikkus kuni 40 mm

Ehmestiivalise vastne (puruvana)

Tunnused: vastsed elavad ensamasti kojas; pikkus koos kojaga kuni 50 mm

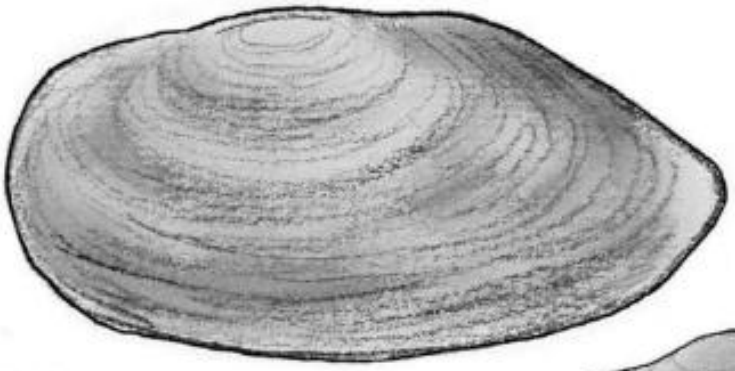
LIBLIKALISED

Vesileedik

Tunnused: vastsed elutsevad taimede ujulehtedel lehetükkidest tuppedes; pikkus 20 mm

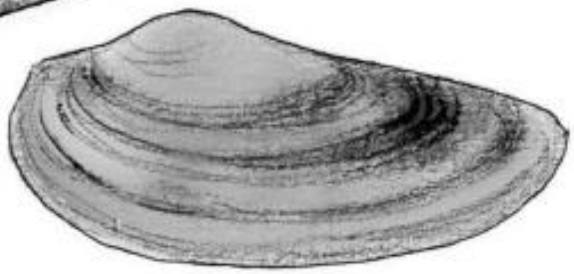
Limused

KARBID



Keraskarp
Tunnused: kupp asub keskel; pikkus kuni 1,5 cm

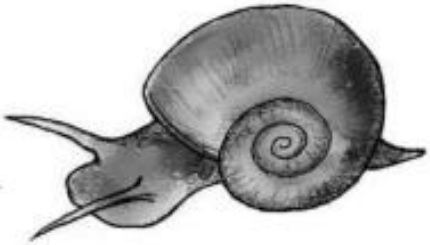
Järvekarp
Tunnused: karbi sees lukuhambad puuduvad; pikkus kuni 20 cm



Rändkarp
Tunnused: kolmnurkne koda; pikkus kuni 3 cm

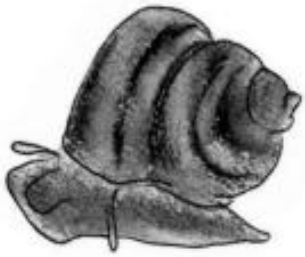
Jõekarp
Tunnused: karbi sees lukuhambad; pikkus kuni 10 cm

TEOD



Sarvtigu
Tunnused: lapik keermeline koda; koja laius 3,7 cm

Punntigu
Tunnused: keermeline koda, viimane keere lai; koja kõrgus kuni 2 cm



Mudatigu
Tunnused: terava tipuga keermeline koda; koja kõrgus kuni 6 cm

Ematigu
Tunnused: lai keermeline koda; koja kõrgus kuni 5 cm

Sabakonnalised

VESILIKUD

Tähnikvesilik

Tunnused: pulmarüüs isase seljal pidev hari, pruuni värvi; pikkus kuni 9,3 cm

Harivesilik

Tunnused: pulmarüüs isase hari seljal katkeb saba kohal, mustja krobelise nahaga; pikkus kuni 18 cm

Vesiliku vastne

Tunnused: välislõpused

Päriskonnalised

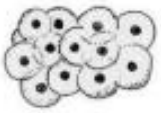
PRUUNID KONNAD: pruunid, silma taga tumedam laik

Rabakonn

Tunnused: kõhu alt hele, mustrita, ninamik terav, põiaköbruke suur; pikkus kuni 8 cm

Rohukonn

Tunnused: kõhu alt hele, kirju mustriga, ninamik ümar, põiaköbruke väike; pikkus kuni 11 cm



Kudupall

Konnakulles

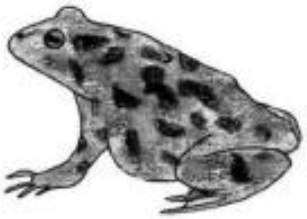
ROHELISED KONNAD

Tunnused: veelise eluviisiga, häälitsedes paisuvad isastel pea kõrval kõlapõied; rohekat või rohekaspruunikat värvi, tumedate täppidega; pikkus kuni 8-15 cm

KÄRNKONNAD

Juttselg-kärnkonn e kõre

Tunnused: elutseb peamiselt Lääne-Eestis; seljal helekollane pikitriip; pikkus kuni 10 cm



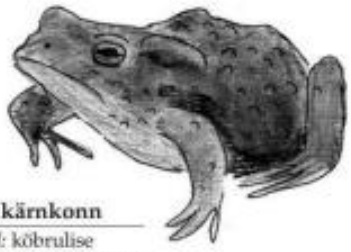
Rohekärnkonn

Tunnused: elutseb peamiselt Kagu-Eestis; helehall tumedate roheliste laikudega; pikkus kuni 10 cm

MUDAKONNAD

Mudakonn

Tunnused: silmapupill püstine; pikkus kuni 8 cm



Harilik kärnkonn

Tunnused: kõbrulise nahaga, pruunikat värvi; pikkus kuni 15 cm

Kärnkonna kudunöör

Lisa 2

Excel tabel mis oli kasutatud protokolli koostamisel ning täidetud protokollide sisestamisel ja analüüsimisel. On leitav magistritöö veebiversioonis Tartu Ülikooli DSpace keskkonnas.

Lisa 3

R skript mis oli kirjutatud veekogude hinnangute analüüsimisel. On leitav magistritöö veebiversioonis Tartu Ülikooli DSpace keskkonnas.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Aleksandr Kirillov ,

(autori nimi)

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

   Harrastusteaduse kasutusvõimalused vee-elustiku mitmekesisuse ja vee-elupaikade seisundi hindamiseks linnakeskkonnas ,

   (lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on Jürgen Karvak ja Tuul Sepp ,

(juhendaja nimi)

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada Tartu Ülikooli digitaalarhiivi kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;

2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi kaudu Creative Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
3. olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Aleksandr Kirillov

27.05.2025