

PÄRNU SÜTEVAKA HUMANITAARGÜMNAASIUM

KEVIN POST, MIHKEL ANNUSVER, HENDRIICO MERILA

PRIMA ASTE

PÄRNU JÕE ÖKOLOOGILISE SEISUNDI HINNANG SUURSELGROOTUTE ALUSEL

JUHENDAJA: ALLAN LORENTS

SISSEJUHATUS

Puhtad, reostamata jõed on eluks vajalikud loodusressursid tervetele ökosüsteemidele ja miljarditele inimestele. Nad on elupaigaks lugematutele organismidele, aidates kaasa loodusliku mitmekesisuse säilitamisele. Kui jõgede puhtust ei kontrollita, siis võib see endaga kaasa tuua liigirohkuse vähenemise. Jõe reostumisel võivad veeringe kaudu saasteained jõuda ka joogiveevarudesse. Käesolevas töös vaatluse all olev Pärnu jõgi on väga suure tähtsusega ümbritsevale piirkonnale ning selle korrashoid on oluline väga paljude elusorganismide heaolu tarbeks, mistõttu on oluline jõe puhtust kontrollida.

Antud töö eesmärgiks on hinnata suurselgrootute järgi Pärnu jõe ökoloogilist seisundit. Töös kasutatakse hinnangu andmisel mitmesuguseid bioloogilisi indekseid. Leitud tulemused annavad aimu võimalikest probleemidest Pärnu jõe erinevates lõikudes. Lisaks saab võrrelda tulemusi teistes Eesti jõgedes tehtud uuringute tulemustega. Võrdluse põhjal saab anda hinnangu Pärnu jõe seisundile.

Töö on jaotatud kaheks suuremaks osaks. Töö esimene osa on teoreetiline, kus käsitletakse vee kvaliteedi definitsiooni ja komponente. Samuti tuuakse välja erinevaid indekseid kasutamise meetodeid, mille abil teostatakse Eestis pinnavee seisundi uuringuid.

Töö teine osa on praktiline, kus esmalt kirjeldatakse uurimismetoodikat - proovide võtmist ja nende analüüsimist. Kirjeldatud on kõik proovivõtukohad koos põhjendustega, miks just antud kohad valiti. Seejärel analüüsitakse saadud andmeid. Uuritakse ja kirjeldatakse proovides leidunud taksoneid. Lõpuks leitakse väärtus erinevatele bioloogilistele indeksitele, mille järgi saab teha järelduse Pärnu jõe puhtuse kohta. Saadud tulemust võrreldakse teiste Eesti jõgede tulemustega ning tehakse järeldus Pärnu jõe suhtelise puhtuse kohta. Kõige selle põhjal tehakse lõpuks järeldus, kas kasutatud meetod on sobilik Pärnu jõe puhtuse hindamiseks või mitte.

Töö koostamiseks kasutati uurimismaterjali, mis on saadud varasematest uuringutest ning erinevatest struktureeritud ja poolstruktureeritud materjalidest. Peamiste allikadena kasutati Henn Timmi ja Sirje Vilbaste „Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise meetodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiiliste ränivetikate kooslus jões. Suurselgrootute põhjaloomade kooslus jões ja järves.“ ja Janice L. Metcalfe-Smith „8: Biological Water-Quality Assessment of Rivers: Use of Macroinvertebrate Communities“.

SISUKORD

LÜHENDID JA MÕISTED	4
1. BIOLOOGILISED KVALITEEDIELEMENDID	5
1.1. Vee kvaliteet	5
1.2. Jõe puhtuse hindamise meetodid	6
1.3. Suurselgrootud	7
1.3.1. Taksonirikkus	8
1.3.2. Bioloogilise mitmekesisuse indeksid ja Shannoni erisus	8
1.3.3. EPT	9
1.3.4. ASPT	10
1.3.5. Taani indeks	10
2. PÄRNU JÕE ÖKOLOOGILISE SEISUNDI ANALÜÜS JA HINNANG	12
2.1. Uurimisala	12
2.2. Proovivõtumeetodid	24
2.3. Proovide analüüs	24
2.3.1. Tulemused	25
2.3.2. Suurselgrootute määramine	28
2.3.3. Indeksite leidmine	33
3. JÄRELDUSED	37
KOKKUVÕTE	39
KASUTATUD KIRJANDUS	40
SUMMARY	44
Assessment of the ecological status of River Pärnu using macroinvertebrates	44
LISAD	45
Lisa 1. Vooluveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid bioloogiliste näitajate väärtuste järgi	45
Lisa 2. Briti loomarühmade tolerantsusväärtused	47
Lisa 3. Taani vooluvete fauna indeksi (DSFI) arvutamine	48
Lisa 4. Töö käigus tuvastatud liigid	50

LÜHENDID JA MÕISTED

ASPT – taksoni keskmine tundlikkus (*Average Score per Taxon*)

DSFI – Taani vooluveekogude fauna indeks (*Danish Stream Fauna Index*)

EPT – tundlike suurselgrootute taksonite arv (*Ephemeroptera, Plecopetra, Trichoptera*)

eutrofeerumine – veekogu rikastumine toitainetega (nitraatidega, fosfaatidega), mis toob kaasa veeditsengu, mille tagajärjel võib tekkida veekogus hapnikupuudus

hajureostus – keskkonnareostus kindla asukohata allikaist

hübriidiseerumine – kahe erineva liigi esindajate ristumine, mille tulemusel saadud järglasi nimetatakse hübriidideks

hüdromorfoloogia – veekogusid uuriv teadus

indeks ehk kvaliteedinäitaja – numbriline väärtus, mille eesmärk on anda hinnang keskkonna seisundile

invasiivsed liigid – sissetungivad võõrliigid, kes levivad inimese tahtlikul või tahtmatul kaasabil ning kinnistuvad uue levikuala elupaikades

isepuhastumisvõime – reoained vees muutuvad järk-järgult kahjutuks organismide elutegevuse ning füüsikalise-keemiliste protsesside tulemustena

kantserogeensed ained – keemilised ühendid, mis soodustavad halvaloomuliste kasvajate teket

keemiline seisund – mõiste, mis näitab ohtlike ainete ja muude saasteainete sisaldust pinnavees

oligotroofne järv – vähetoitelised, suure läbipaistvusega, puhta ja väga pehme veega seisuveekogud

orgaaniline reostus – reostus, mis on põhjustatud teatud püsivatest orgaanilistest saasteainetest ehk POP-ühenditest

pehme vesi – väikese karedusega vesi

pinnavee seisund – üldmõiste, mis tähistab pinnaveekogu seisundit, mis määratakse kindlaks selle ökoloogilise või keemilise seisundi põhjal, olenevalt sellest, kumb on halvem

prooviaala – laiem piirkond, kus toimusid proovide võtmised

proovikoht – konkreetne punkt jõel, kust võeti üks proov

punktreostus – kindla asukohaga seotud reostus, nt tööstusettevõttest, loomafarmist vms

suurselgrootud – selgrootud (alamhõimkond *Invertebrata*) läbimõõduga üle 0,5 mm

takson – ühte süstemaatika kategooriasse kuuluvate organismide rühm, nt liik, perekond, sugukond, selts, klass, hõimkond ja riik.

vee karedus – mineraalide sisaldus vees (mida rohkem mineraale, seda karedam)

ökoloogiline seisund – mõiste, mis tähistab vee ökosüsteemide struktuuri ja funktsioneerimise kvaliteeti

ÖKS – ökoloogiline kvaliteedisuhe

1. BIOLOOGILISED KVALITEEDIELEMENTID

1.1. Vee kvaliteet

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ (veepoliitika raamdirektiiv) defineerib „pinnavee seisundi“ kui üldmõiste, mis tähistab pinnaveekogu seisundit, mis määratakse kindlaks selle ökoloogilise või keemilise seisundi põhjal, olenevalt sellest, kumb on halvem. Hinnang ökoloogilisele seisundile antakse sõltuvalt inimtegevuse mõjust veekogu seisundile viie palli skaalal: „väga hea“, „hea“, „keskmine“, „mitterahuldav“ ja „halb“. Hinnang keemilisele seisundile antakse sõltuvalt erinevate keemiliste ühendite sisaldusele veekogus kahe palli skaalal: „hea“ ja „halb“.

Raamdirektiiv nimetab mõningaid konkreetseid tegureid, mis mõjutavad keemilist seisundit ja ökoloogilist seisundit. Keemiline seisund sõltub teatud keemiliste ühendite hulgast veekogus (nt halogeenid, kantserogeensed ained ja eutrofeerumist soodustavad ained). Ökoloogiline seisund on laiem mõiste, see sõltub mitmetest kvaliteedielementidest:

- 1) bioloogilised elemendid
 - a) veetaimestiku koosseis ja arvukus
 - b) selgrootute põhjaloomade koosseis ja arvukus
 - c) kalastiku koosseis, arvukus ning ealine struktuur
- 2) bioloogilisi elemente toetavad hüdro-morfoloogilised elemendid
 - a) hüdroloogiline režiim
 - i) vee vooluhulk ja -dünaamika
 - ii) ühendus põhjaveekogumitega
 - b) jõevoolu tõkestamatus
 - c) morfoloogilised tingimused
 - i) jõe sügavuse ja laiuse vahelduvus
 - ii) jõesärgi struktuur ja aluspõhi
 - iii) kaldavööndi struktuur
- 3) bioloogilisi elemente toetavad keemilised ja füüsikalised-keemilised elemendid
 - a) üldtingimused

- i) temperatuuriolud
 - ii) hapnikusisaldus
 - iii) soolsus
 - iv) hapestumus
 - v) toitainete sisaldus
- b) konkreetsed saasteained
 - i) reostus, mis on tingitud kõigist prioriteetsetest ainetest, mille veekokku juhtimine on kindlaks tehtud
 - ii) reostus, mis on tingitud muudest ainetest, mille olulises koguses veekokku juhtimine on kindlaks tehtud

Pinnavee seisundi hindamisel on oluline eristada ökoloogilist seisundit ja keemilist seisundit. Samas on mõlema näitaja tulemused tihedalt seotud – keemilise seisundi kvaliteedielemendid mõjutavad veekogu ökoloogilist seisundit.

1.2. Jõe puhtuse hindamise meetodid

Vee puhtuse hindamiseks on erinevaid võimalusi. Lisaks keemilise koostise hindamisele põhinevale analüüsile on võimalik vee puhtust hinnata ka bioloogilisi indikaatorliike kasutades. Indikaatorliike kasutatakse mõõdupuuna keskkonnatingimuste suhtes. Näiteks kui on teada, et üks liik ei suuda elada keskkonnas, mis on happeline, siis võib järeldada, et piirkond, kus selline liik elab, ei saa olla happeline.

Üks bioloogilise meetodi eeliseid on see, et seda saab alati kasutada, sõltumata vee hetkereostusest. Keemiline analüüs võimaldab uurida vaid vett, kus reostus on ka uuringute hetkel olemas. See tähendab, et erinevalt hüdrokeemilistest mõõtmistest on suurselgrootute seisundihinnangud tagasiulatuva mõjuga ning on võimalik anda hinnang ka siis, kui reostus on eemaldatud, sest uuritavad taimed ja muud organismid antud veekogus annavad ka tagasiulatuva ülevaate vee seisust (Pratt *et al* 1976: 1019). Tundlike taksonite (liikide või suuremate süstemaatiliste rühmade) leidmine näitab, et mitte ainult kogumishetkel, vaid vähemalt nende senise eluaja jooksul pole veekogus olulisi kahjustusi toimunud. Suurselgrootud esinevad igal aastaajal ning reageerivad inimtegevusele tugevalt ja sageli ennustatavalt. Nad võimaldavad jälgida nii lühi- kui pikaajalist reostust. (Timm 2014: 2)

Teine bioloogilise meetodi eelis on see, et keskmine näitaja on võimalik saada juba ühe prooviga, samas kui keemilise meetodi puhul tuleb võtta mitmeid proove ja pidevalt. Selle põhjuseks on tõsiasi, et keemiline analüüs uurib üksikuid reostuse parameetreid (nt halogeniidide sisaldus ja nitraatide sisaldus), mistõttu on hinnangu langetamiseks vaja sooritada mitmeid erinevaid mõõtmisi ja sellegi juures tuleb teha pidevalt kordusmõõtmisi välistamaks ajutise reostuse (või reostuse ajutise puudumise) mõju andmetele. (De Pauw *et al* 1983: 164).

Bioloogiline meetod sobib väga hästi hajureostuse (KKS 2004) tuvastamiseks (Pratt *et al* 1976: 1019). Kuna keemilise analüüsi tulemused näitavad meile üksnes valitud ainete sisaldust vees ning ei kajasta otseselt vee mõju organismidele (sealhulgas veeressurssidest sõltuval inimesele), siis tõenäoliselt ei kajastu teatud muutused bioloogilistes struktuurides, mis oleksid varajased indikaatorid alles tekkivast probleemist (Howmiller *et al* 1977: 809). Lisaks peab arvestama, et keemiline analüüs ei võta arvesse ka hüdmorfoloogilisi näitajaid, mis mõjutavad selliseid olulisi näitajaid nagu vee isepuhastusvõime ning elukoosluse bioloogiline tasakaal. (Metcalf 1994: 144)

Kui on eelkõige soov hinnata vee koostise mõju keskkonnale, siis tuleks eelistada bioloogilist uuringut. Samas kui on soov leida reostumise või kahjulikkuse põhjust, siis üldiselt on keemiline analüüs parem (Campbell 2002: 1), kuna sellega on võimalik määrata kindel allikas. Ehkki on üritatud leida seoseid konkreetsete parameetrite ja indeksite väärtustele (Cook 1976: 268-288), on senised üritused olnud tulemusteta (Pallottini *et al* 2015: 511- 520).

Bioloogiline analüüs sobib hästi määramaks kui suur on vee reostuse ulatus ning tuvastamaks probleemseid kohti. Lisaks sellele on võimalik bioloogilise analüüsiga määrata ära vee isepuhastusvõime, mis keemilise analüüsiga ei ole võimalik.

1.3. Suurselgrootud

Üks võimalus ökoloogilise seisundi määramisel kasutades bioloogilisi kvaliteedielemente on suurselgrootutel põhinev uuring (VRD 2000). Suurselgrootute all mõeldakse selgrootuid (alamhõimkond *Invertebrata*) läbimõõduga üle 0,5 mm. Nende hulka kuuluvad peamiselt põhjaelulised olendid: putukad, ämblikulaadsed, vähid, limused, ümarloomad, lame- ja rõngussid, käsnad ning sammalloomad. Hõljumiloomadega võrreldes on nende eelisteks lai levik, suur liigiline ja toitumistüüpide mitmekesisus; kaladega võrreldes vähene liikuvus, pisikutega võrreldes pikk eluiga. Erinevalt taimedest leidub suurselgrootuid ka pimedas (võrade varjus või sildade all). Neid on kerge koguda ja lihtne määrata. Sellest ka põhjus, miks valiti suurselgrootud töö teostamiseks. (Timm 2014: 2)

Lisaks sellele asustavad suurselgrootud veekogusid arvestataval hulgal igal aastaajal, küll aga välditakse kogumisajana suve, sest enamik putukaliike sigib suvel, viibides sel ajal hoopis valmikutena maismaal. Sobivaim proovivõtmisaeg on kevad kuni 30. aprillini ja sügis alates 1. oktoobrist, seejuures peab veetemperatuur olema alla 10 °C . (Timm *et al* 2010: 49)

Suurselgrootute põhjal antakse jõe hinnang lähtuvalt viiest näitajast: taksonirikkus (T), Shannoni erisus (H'), EPT näitaja (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera*), ASPT indeks (*Average Score per Taxon* ehk taksoni keskmine tundlikkus) ja DSFI indeks (Taani indeks ehk Danish Stream Fauna Index). Hinnangu andmiseks määratakse kvaliteedinäitaja väärtusele vastav ökoloogiline seisundiklass, mille juures lähtutakse konkreetse vooluveekogu tüübist,

mis on määratud lähtuvalt karedusest, magneesiumiindeksi KHT_{Mn} väärtusest ja valgala suuruselt (lisa 1). Kvaliteedinäitajale antakse hindepunkt skaalal 0–5 järgmiselt:

5 – väga hea – pinnaveekogum on looduslikus seisundis;

4 – hea – pinnaveekogum on looduslähedases seisundis;

3 – kesine – inimõju pinnaveekogumile on mõõdukas;

2 – halb – pinnaveekogum on reostunud;

1–0 – väga halb – pinnaveekogum on tugevasti reostunud.

Suurselgrootute määranguks on kvaliteedinäitajatele antud hindepunktide summa. (RT 2009)

1.3.1. Taksonirikkus

Taksonirikkus (T) ehk tundlike taksonite koguarv proovikohas proovis leidunud taksonite koguarvu järgi, sõltumata isendite arvust. Kõrgem taksonirikkus näitab reeglina paremat seisundit. Erandiks on looduslikult kehvade tingimustega veekogud (näiteks pehmeveelised järved, allikad, laukad), kus taksonirikkus võib mõõduka inimõju tagajärjel hoopis suurened. (Timm 2010: 81).

1.3.2. Bioloogilise mitmekesisuse indeksid ja Shannoni erisus

Üks kasutatumaid indekseid on Shannon-Wieneri indeks (H'), kuna see on stabiilne kõikide ruumiliste jaotumiste korral ja seda ei mõjuta haruldased liigid. Shannoni erisuse arvutamisel võetakse arvesse kõik leitud liigid. (Cairns *et al* 1986: 173)

$$H' = - \sum \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N}$$

Valem 1. Shannoni erisus (Shannon 1948: 414)

Shannoni erisust arvutatakse valem 1 põhjal, kus H' on indeksi väärtus, N kõikide liikide isendite koguarv ja N_i i-ndasse liiki kuuluvate isendite arv (Cairns *et al* 1986: 173). H' on seda kõrgem, mida rohkem on proovis taksoneid ja mida väiksem osakaal on igal taksonil eraldi (Timm *et al* 2010: 81). Mida kõrgem H' väärtus, seda suurem on liigirikkus ja seda puhtam on arvatavasti ka keskkond.

Shannoni erisus kuulub bioloogilise mitmekesisuse indeksite hulka. Bioloogilise mitmekesisuse indeksid on avaldised, mis, andmaks hinnangut koosluse struktuurile võtavad arvesse kolme näitajat: leiduvate liikide arv, ühtlus isendite jaotumises liikide vahel ja organismide koguarv. Puutumatu keskkondi iseloomustab suur liigirikkus, ühtlane isendite jaotumine liikide vahel ja

keskmise kuni kõrge isendite arv. (Ghetti *et al* 1977: 821). Orgaaniline reostus põhjustab a) liigirikkuse vähenemist, sest tundlikud organismid kaovad, b) vähetundlike organismide arvukuse suurenemise, mis on põhjustatud toitainete küllusest, ja c) võrdsuse vähenemist. Teistpidi, mürgine või happeline reostus võib põhjustada nii liigirikkuse kui ka isendite koguarvu vähenemise, kuna tundlikud organismid kaovad ja vähetundlikel isenditel puudub täiendav toiduallikas, ja võrdsuse suurenemise (Kovalak 1981: 256–259).

Shannoni erisuse põhilisteks eelisteks peetakse järgnevaid:

- Nad on puhtalt kvantitatiivsed, dimensioonitud ja statistilised (Cook 1976: 270, 274)
- Üldiselt ei sõltu oluliselt proovi suurusest (Wilhm *et al* 1968: 478)
- Iga liigi suhtelise tundlikkuse kohta ei tehta mingisuguseid potentsiaalselt subjektiivseid oletusi. (Pinder *et al* 1987: 207–226)

Shannoni erisuse suurim probleem on see, et ta taandab ühe liigi numbriteks, mis ei arvesta nende keskkondlike kohastumistega. See võib teoreetiliselt põhjustada olukorra, kus reostuse suhtes vähetundlike liikide kogukond võrdsustatakse reostuse suhtes tundlike liikide kogukonnaga, mis toob kaasa vee puhtuse ebaadekvaatse hindamise. (France 1990: 180)

Peale selle ei ole kõikidel puutumatutel kogukondadel loomupäraselt kõrget mitmekesisust ja seega ei ole alati võimalik seostada kindlaid väärtusi ökoloogilise kahjustusega (Jones *et al* 1981). Näiteks suurte järvede oligotroofsed rannaäärsed alad (Howmiller *et al* 1977: 810–812) ja jõgede ülemjooksud, mida toidab toitainetevaene põhjavesi (Pinder *et al* 1987a: 619–637), on loomult madala produktiivsusega. Kuna suur hulk indekseid on esitatud reostamata tingimuste kohta, ei ole väärtuste tõlgendamise standardid universaalselt rakendatavad (Cook 1976: 270–272).

Shannoni erisus võib teatud olukordades anda ka valenegatiivse tulemuse. Mõõdukas reostus võib põhjustada isendite arvu kasvu, mis toob kaasa indeksi väärtuse suurenemise (Cook 1976: 282–286). Kuna Shannoni erisus on tundlikum muutustele isendite jaotumise ühtluses liikide vahel, võib selle väärtus olla kõrge ka kohtades, mis on tugevalt saastatud (Kovalak 1981: 256–259).

1.3.3. EPT

EPT on kolme putukaseltsi (ühapäevikulised – *Ephemeroptera*, kevikulised – *Plecoptera*, ehimestiivalised – *Trichoptera*) liikide arv proovis, sõltumata isendite arvust. EPT on samuti seisundiga võrdeline: mida rohkem liike on proovis, seda parem vee seisund (Lenat 1988: 226–227). EPT indeks sobib antud suurselgrootute omaduste tõttu mitmeks otstarbeks. Enamik EPT seltside taksoneid on tundlikud nii loodusliku kui ka inimtekkelise reostuse suhtes. Kui midagi keskkonnas muutub, siis nende populatsioon muutub, mis toob kaasa kahjustatud või

ebavõrdse koosluse. Selle järgi saab varakult ennustada võimalikku kahju veekogule. Kuna paljud liigid elavad terve elu vesikeskkonnas, peegeldavad nad nii füüsilisi muutusi, punkt- ja hajureostust kui ka kogu nende eluajal kuhjunud reostust. (Watershed... 2017: 6–7) EPT liikide kasutamise eelised on järgnevad:

- neid leidub kõikides vesikeskkondades;
- nad on mitmekesised ja väga tundlikud reostusele;
- nad reageerivad reostusele väga mitmekesiselt;
- nad on paljudest teistest organismidest (nt kaladest) palju vähem liikuvad;
- neid on tavaliselt lihtne koguda.

Nagu ka teiste bioloogiliste indeksite puhul, saab EPT-d kasutada siis, kui keemiline analüüs oleks saasteainete rohkuse tõttu liiga keeruline. Peale selle reageerivad EPT putukaliigid mitmetele saasteainetele ja on tundlikud nii lühi- kui ka pikaajalistele vee puhtust mõjutavatele teguritele. (Watershed... 2017: 7)

1.3.4. ASPT

ASPT (*Average Score Per Taxon*) (Armitage *et al* 1983: 333–347) indeks on jagatis, mille lugejas on BMWP indeks (*Biological Monitoring Working Party*) ja nimetajas sugukondade arv proovis. Mida suurem tulemus, seda parem on seisund. BMWP võtab arvesse erinevate indikaatorliikide tundlikkust reostusele ja annab erinevatele sugukondadele selle põhjal tundlikkusväärtuse skaalal 1–10. BMWP indeks on kõikide leitud sugukondade tundlikkusväärtuste summa. (Zeybek *et al* 2014: 603) Kui samast sugukonnast leidub proovis rohkem kui üks perekond või liik, siis läheb arvesse ainult üks neist. Erandina kasutatakse väheharjasusside klassi selles süsteemis sugukonna tähenduses, sest väheharjasusside tegelikke sugukondi pole alati lihtne ära tunda, samas on kogu rühm tervikuna seisundi hindamisel siiski oluline. (Timm *et al* 2010: 81–82) BMWP indeksit on kasutatud ka iseseisva indeksina, aga kuna ASPT on mitmekülgsem, sest ei sõltu nii suurel määral proovi suurusest, kasutatakse seda rohkem. (Zeybek *et al* 2014: 603)

Indeksi moodustamisel lähevad arvesse ainult need rühmad, millele on lisas 2 omistatud indikaatorväärtus. (Timm *et al*: 81–82)

1.3.5. Taani indeks

Taani indeks DSFI (*Danish Stream Fauna Index*) on mõeldud orgaanilise reostuse hindamiseks väikestes ja keskmistes vooluvetes. Kuigi DSFI tundlikkus mitmete stressorite suhtes (nt hüdro-morfoloogilised muutused, madal pH jne) on tõestatud, on DSFI põhiliselt mõeldud orgaanilise reostuse avastamiseks. Kõik suurselgrootute taksonid, mida DSFI puhul

kasutatakse, on indikaatorliigid, olles tolerantseid või vastupidi – tundlikud vee madala hapnikusisalduse suhtes. Seega on DSFI tundlikkus kõige kõrgem orgaanilise reostuse suhtes. (Skriver *et al* 2000: 1823–1827)

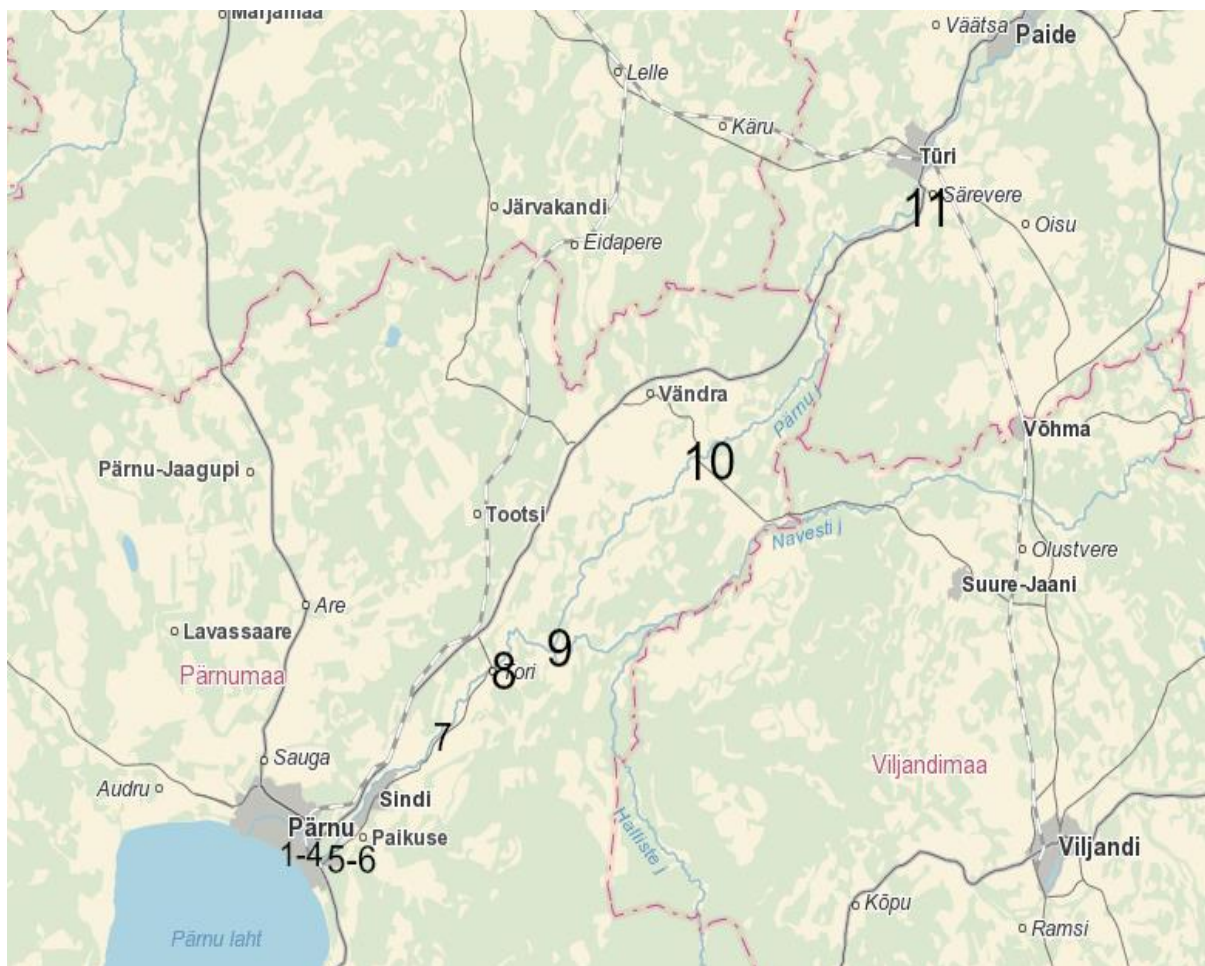
DSFI väärtus on reostustasemega pöördvõrdeline: mida suurem indeksi väärtus, seda madalam reostus. Indeksi arvutamiseks on lisa 3 järgi vaja määrata õige klass, rida ja veerg. Klassi leiab, kui tuvastada õiged võtmerühmad. Rida näitab leitud taksonite arvu. Õige veeru leidmiseks tuleb liita positiivsete ja negatiivsete rühmade arv (iga rühm annab vastavalt +1 või -1 punkti). Saadud tulemus annab õige veeru, mille järgi saab leida indeksi väärtuse. Erinevalt ASPT-st tuleb DSFI puhul mõne rühma puhul (*Asellus*, *Chironomus*, *Oligochaeta*) lugeda kokku isendite arv. (Timm *et al* 2010: 84; Skriver *et al* 2000: 1825–1827)

2. PÄRNU JÕE ÖKOLOOGILISE SEISUNDI ANALÜÜS JA HINNANG

2.1. Uurimisala

Uuritud kohad paiknesid Pärnu jõe alamjooksul. Proovialasid oli 11. Proovid 1, 2, 3 ja 4 võeti Pärnu linnas, proovid 5 ja 6 Tammiste rajoonis, proov 7 Urumarja küla juures, proov 8 Toris, proov 9 Jõesuus, proov 10 Suurejõesel ning proov 11 Türil. Allpool asuval joonisel on näha kõikide nimetatud proovialade asukohad kaardil.

Proovialad valiti lähtuvalt tähtsusest piirkonnale, ligipääsetavusest ning kaugusest võrreldes teiste punktidega. Proovikoha valikul lähtuti juhuslikkuse printsibist, küll aga välditi suuremaid kive, vette langenuid puid, tehisrajatisi, mudaseid süvikuid jms. Lisaks sellele peeti silmas, et vee sügavus proovikohas ei ületaks ühte meetrit (Timm *et al* 2010: 54).



Joonis 1. Proovialad (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Esimesest proovialast allavoolu jääb Vanasild ning Pärnu jõe ja Pärnu lahe piir, ülesvoolu jääb Pärnu linakombinaadi endine pumpla. Kallas on ohtralt roostikuga kaetud. Veēs oli palju prahti: töö käigus märgati mitmeid plekkpurke, plastpakendeid jms.

Koht: Pärnu, Vanasilla ja sõudebaasi vahel

Proovivõtuaeg: 18. märts 2017, kell 10:50

Õhutemperatuur: 4,5 °C

Veetemperatuur: 0,7 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 70 cm

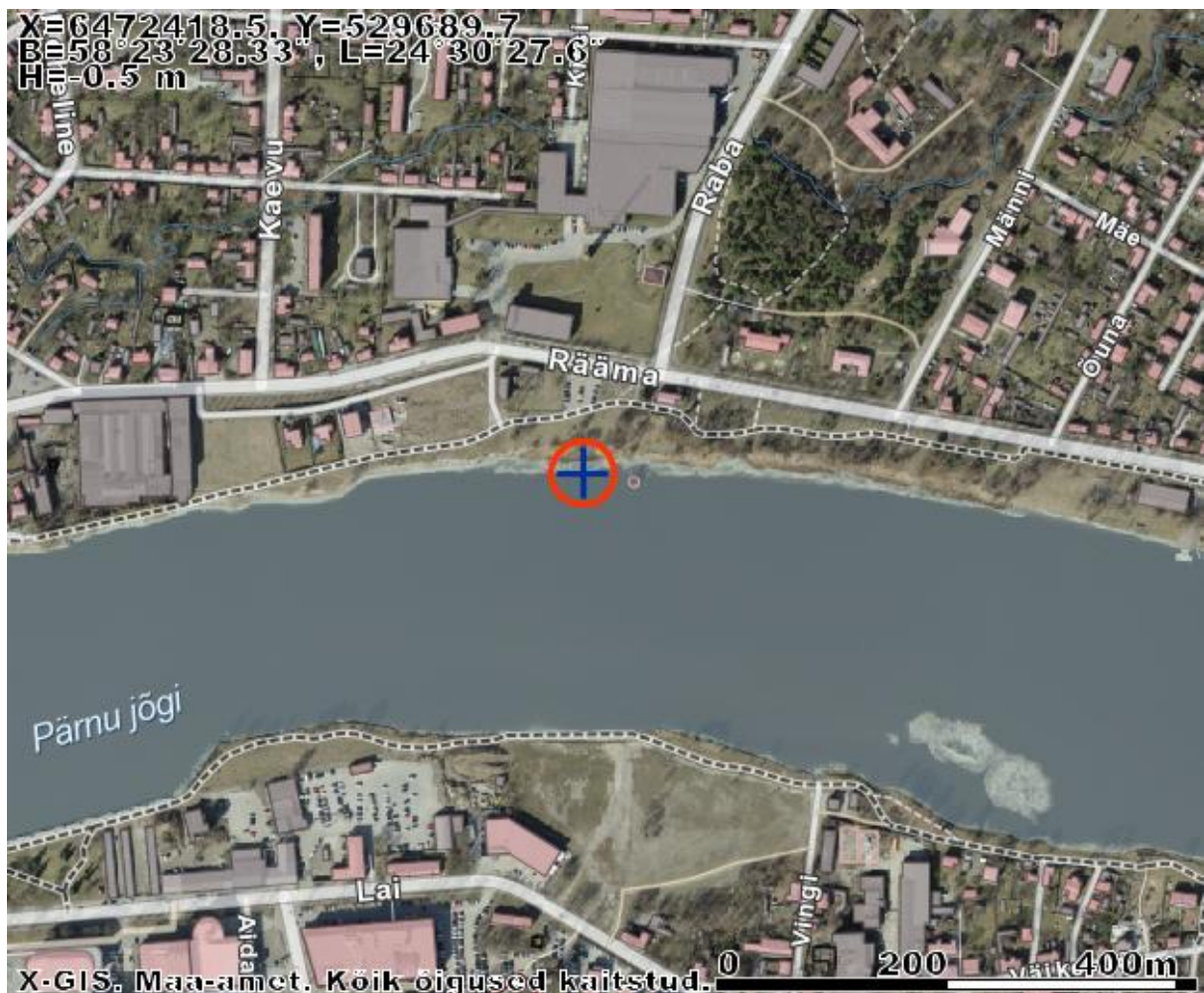
Voolukiirus: aeglane (seisev)

Aluspõhi: suhteliselt kõva, liivakivi

Kaldataimestik: ohtralt roostikuline

Koht valiti järgnevatel põhjustel:

- Piirkond on aastaringsest populaarne kalastuskoht.
- Proov kajastab endise pumpla mõju vee ökoloogilisele seisundile.



Joonis 2. Prooviala 1 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Teisest proovialast ülesvoolu jääb Pärnu Sõudeklubi. Kallas on ohtralt roostikuga kaetud. Vees oli palju prahiti: töö käigus märgati mitmeid plekkpurke, plastpakendeid jms.

Koht: Pärnu, Pärnu Sõudeklubi juures

Proovivõtuaeg: 18. märts 2017, kell 11:30

Õhutemperatuur: 4,5 °C

Veetemperatuur: 0,7 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 70 cm

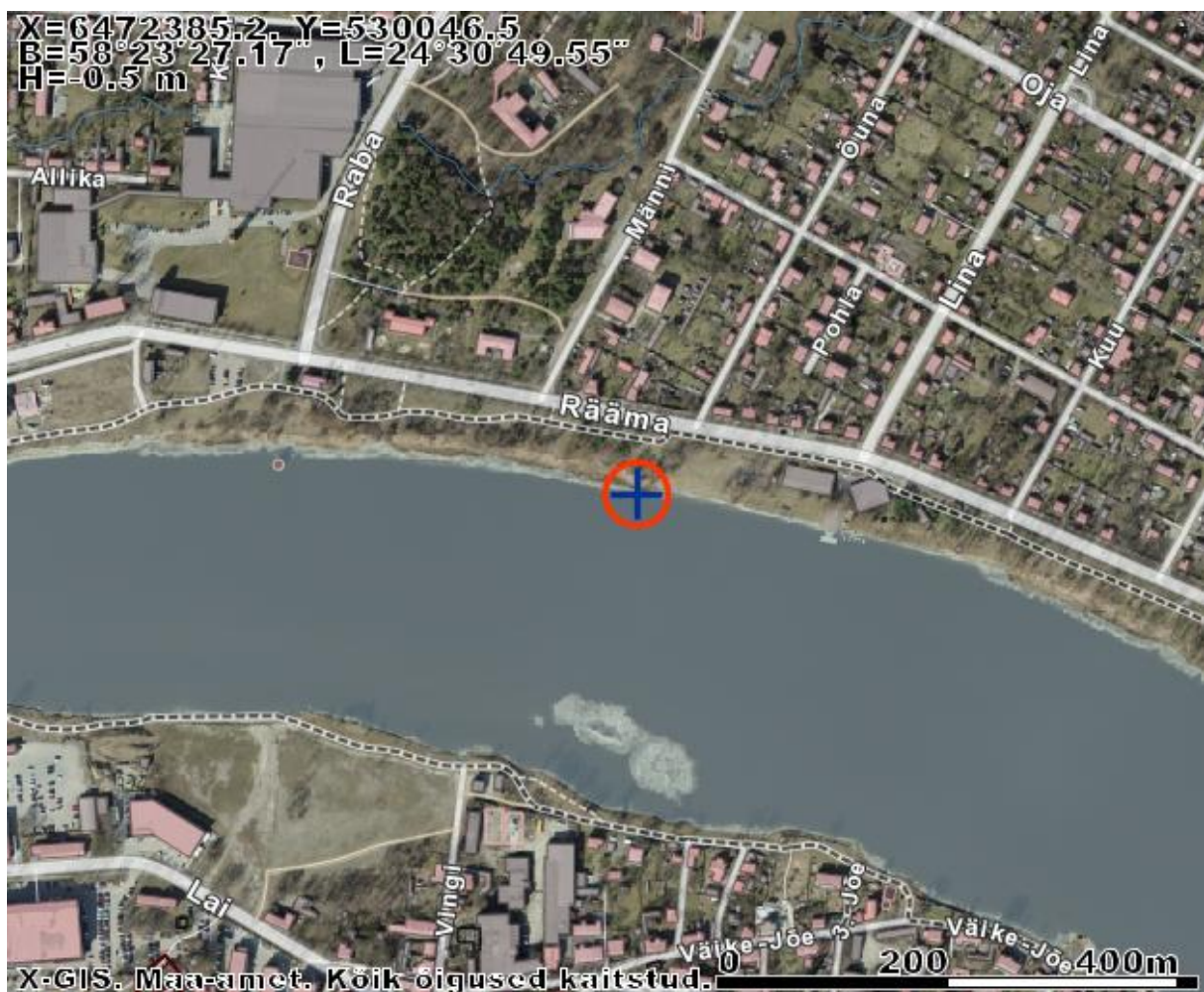
Voolukiirus: aeglane

Aluspõhi: muda

Kaldataimestik: ohtralt roostikune

Koht valiti järgnevatel põhjustel:

- a) Piirkond on populaarne supluskoht.
- b) Proov kajastab endise suusavabriku mõju vee ökoloogilisele seisundile.



Joonis 3. Prooviala 2 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Kolmanda prooviala läheduses on tööstusettevõtte. Prooviala juures suubub Pärnu jõkke oja. Veepinnal oli näha tuvastamata keemilise ühendi jälgi.

Koht: Pärnu, endise suusavabriku juures

Proovivõtuaeg: 18. märts 2017, kell 12:00

Õhutemperatuur: 4,5 °C

Veetemperatuur: 0,8 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 60 cm

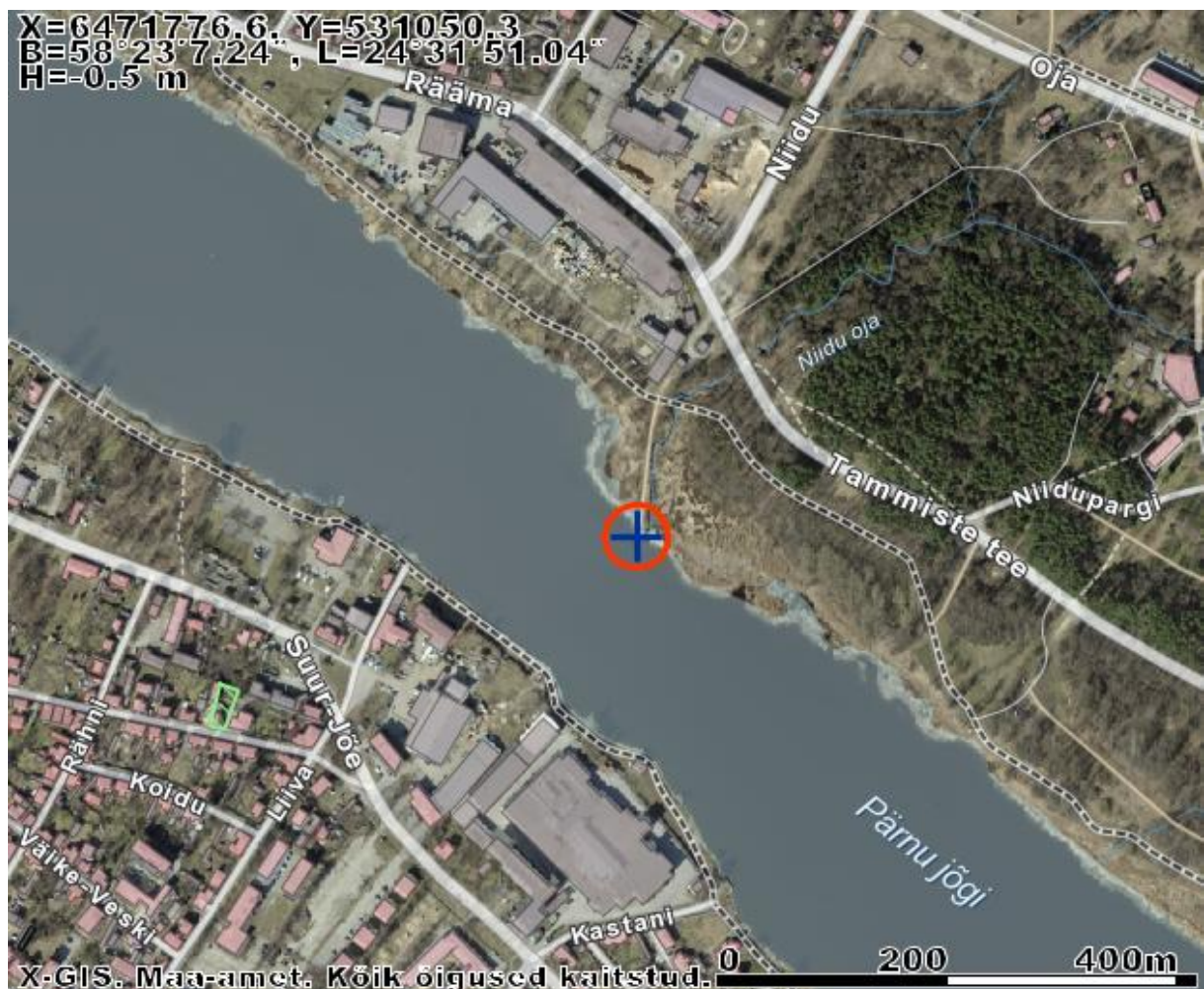
Voolukiirus: aeglane

Aluspõhi: kivi-libu, savi

Kaldataimestik: hõre, puudulik

Koht valiti järgnevatel põhjustel:

- Piirkond on populaarne kalastuskoht.
- Proov kajastab endise tööstusettevõtte vahetu läheduse mõju vee ökoloogilisele seisundile.



Joonis 4. Prooviala 3 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Neljanda prooviala läheduses on tööstusettevõtte, mille heitveetorud suubuvad jõeni proovivõtukoha juures. Taimestik puudub. Piirkond on aastaringelt populaarne kalastuskoht.

Koht: Pärnu, endise suusavabriku vastaskaldal

Proovivõtuaeg: 18. märts 2017, kell 12:25

Õhutemperatuur: 5,5 °C

Veetemperatuur: 0,8 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 60 cm

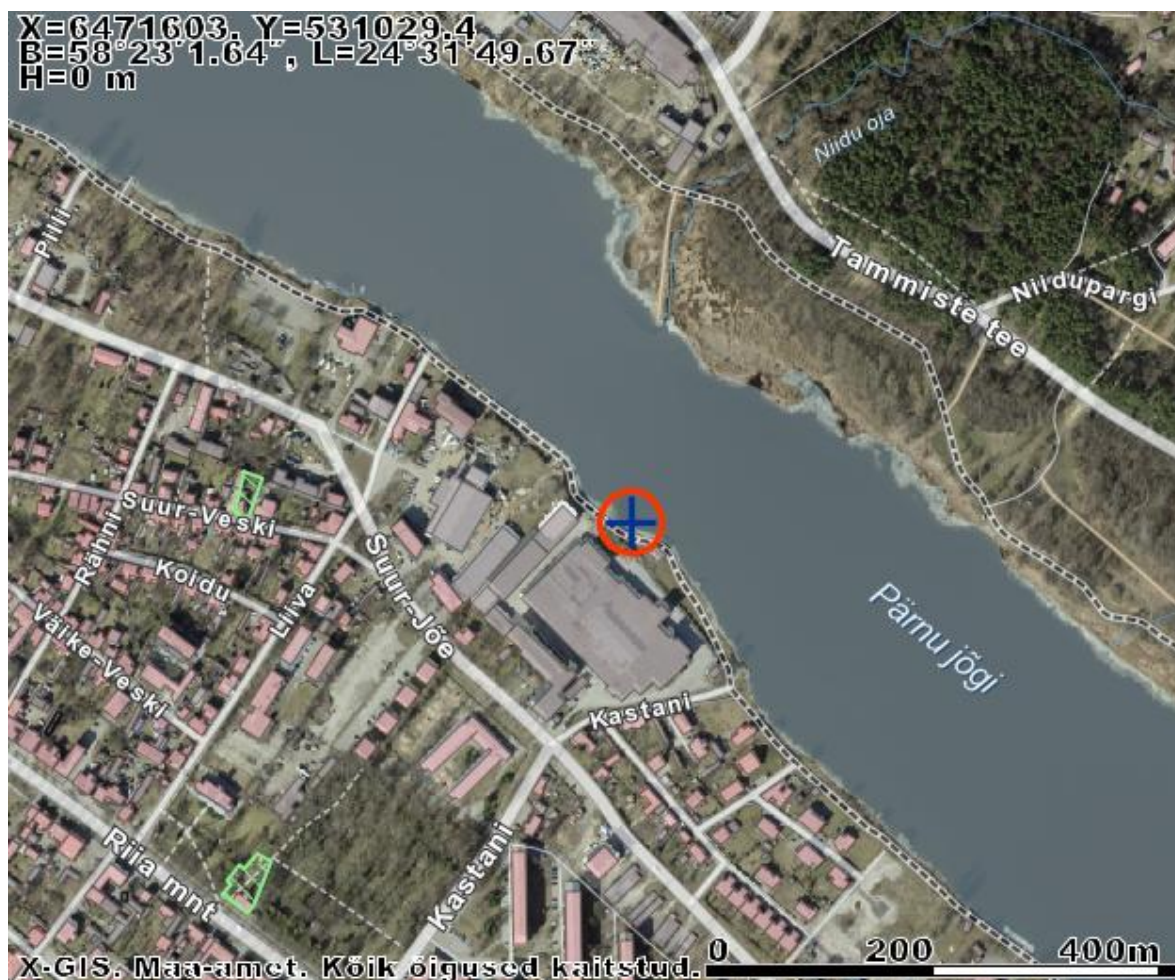
Voolukiirus: aeglane

Aluspõhi: kruus, kiviakili

Kaldataimestik: puudulik

Koht valiti järgnevatel põhjustel:

- Piirkond on aastaringselt populaarne kalastuskoht.
- Proov kajastab endise tööstusettevõtte vahetu läheduse mõju vee ökoloogilisele seisundile.
- Proov võimaldab uurida, kui suurt mõju omab see, kummalt kaldalt mõõta.



Joonis 5. Prooviala 4 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Viiendast proovialast ülesvoolu jääb Tammiste rajoon. Kallas on ohtralt roostikuga kaetud.

Koht: Tammiste rajoonist allavoolu

Proovivõtuaeg: 18. märts 2017, kell 13:20

Õhutemperatuur: 5,0 °C

Veetemperatuur: 0,8 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 60 cm

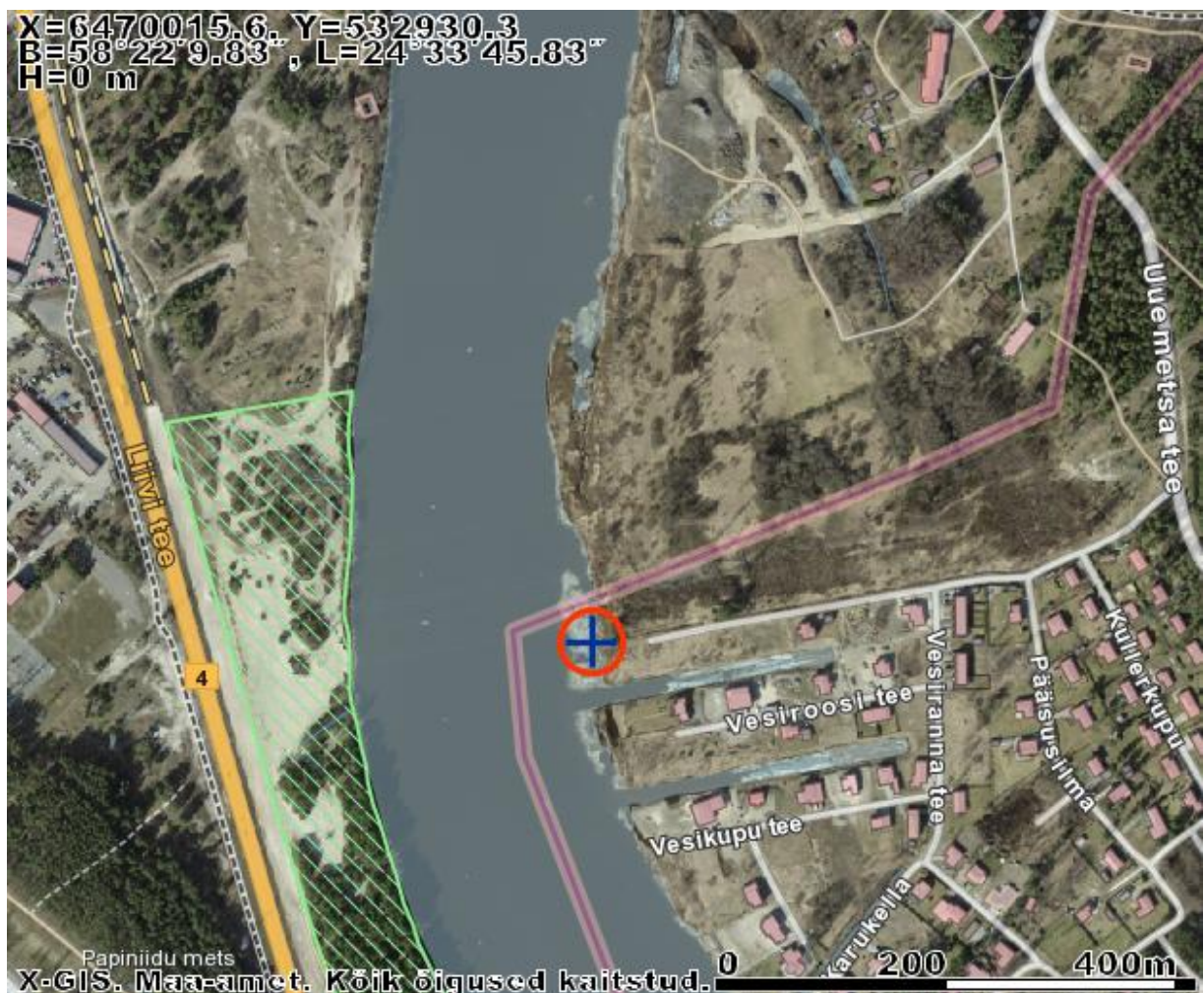
Voolukiirus: aeglane

Aluspõhi: muda

Kaldataimestik: ohtralt roostikuline

Koht valiti järgneval põhjusel:

- a) Proov võimaldab uurida Tammiste rajooni mõju vee ökoloogilisele seisundile.



Joonis 6. Prooviala 5 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Kuuendast proovialast allavoolu jääb Tammiste rajoon. Proovivõtu ajal toimusid piirkonnas ehitused, mille mõju oli näha ka veekogus: veepinnal oli näha tuvastamata keemilise ühendi jälgi.

Koht: Tammiste rajoonist ülesvoolu

Proovivõtuaeg: 18. märts 2017, kell 13:40

Õhutemperatuur: 5,5 °C

Veetemperatuur: 0,9 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 60 cm

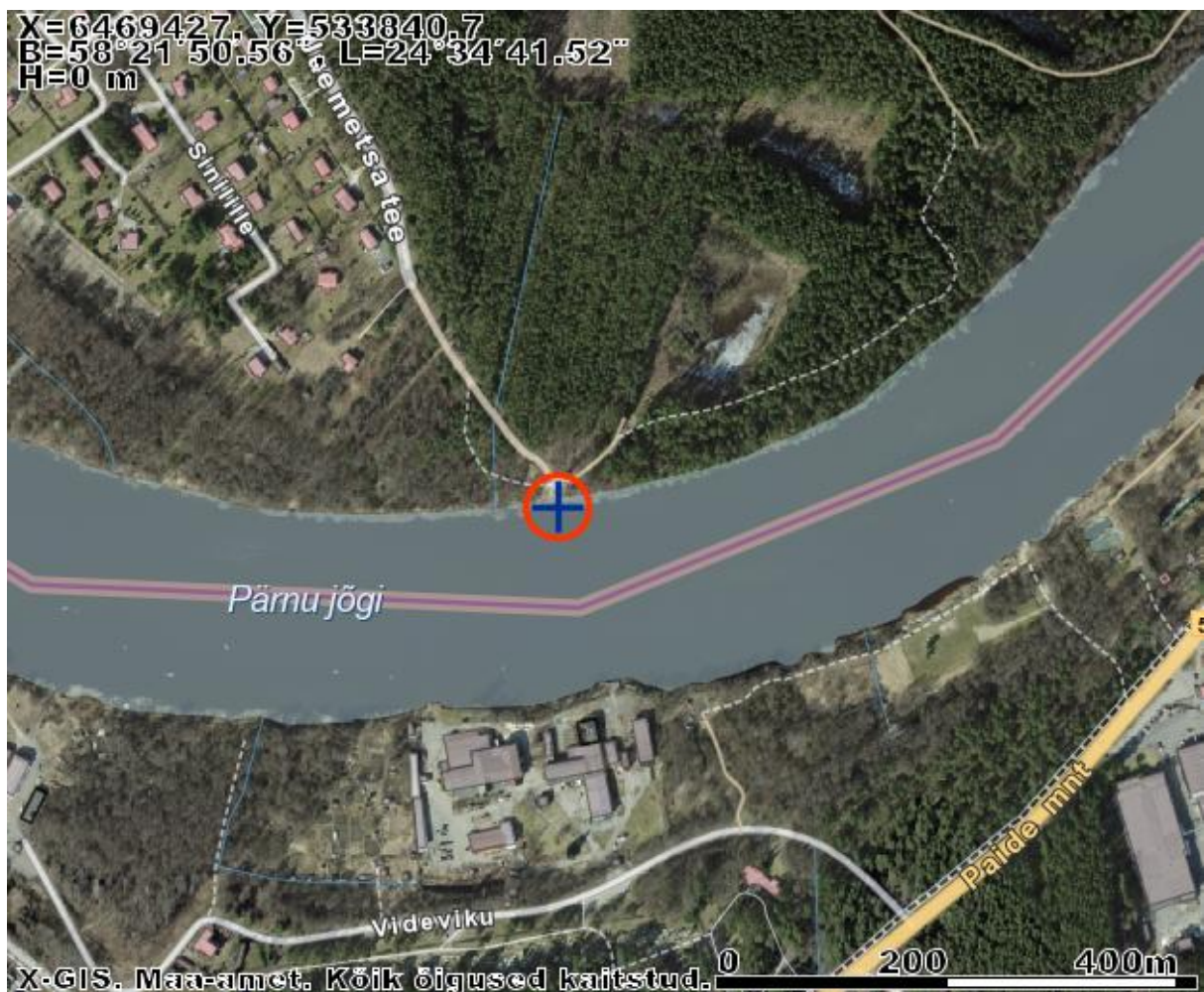
Voolukiirus: aeglane

Aluspõhi: liivane

Kaldataimestik: puudulik

Koht valiti järgneval põhjusel:

- a) Proov võimaldab uurida ajutise reostuse mõju vee ökoloogilisele seisundile.



Joonis 7. Prooviala 6 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Seitsmenda prooviala juures asub Urumarja Noortelaager. Muud märkimisväärsed tunnused puuduvad. Piirkond on suviti populaarne puhkekeskus.

Koht: Urumarja

Proovivõtuaeg: 18. märts 2017, kell 14:55

Õhutemperatuur: 6,0 °C

Veetemperatuur: 0,9 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 60 cm

Voolukiirus: mõõdukas

Aluspõhi: muda

Kaldataimestik: vähene

Koht valiti järgnevatel põhjustel:

- a) Piirkonnas toimuvad tihti noortelaagrid - see on populaarne supluskoht.
- b) Prooviala jäi parajalt kaugemale eelmisest ja järgmisest proovist.
- c) Proovis kajastub ka Sindi paisu mõju vee ökoloogilisele seisundile.
- d) Proovialale pääses kergelt ligi.



Joonis 8. Prooviala 7 (Allikas: Maa-ameti kaariserver)

Kaheksanda prooviala juurde jääb Tori asula. Muud märkimisväärsed tunnused puuduvad. Piirkonda jääb tuntud vaatamisväärsus Tori põrgu.

Koht: Tori

Proovivõtuaeg: 22. märts 2017, kell 9:10

Õhutemperatuur: 5,5 °C

Veetemperatuur: 2,1 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 80 cm

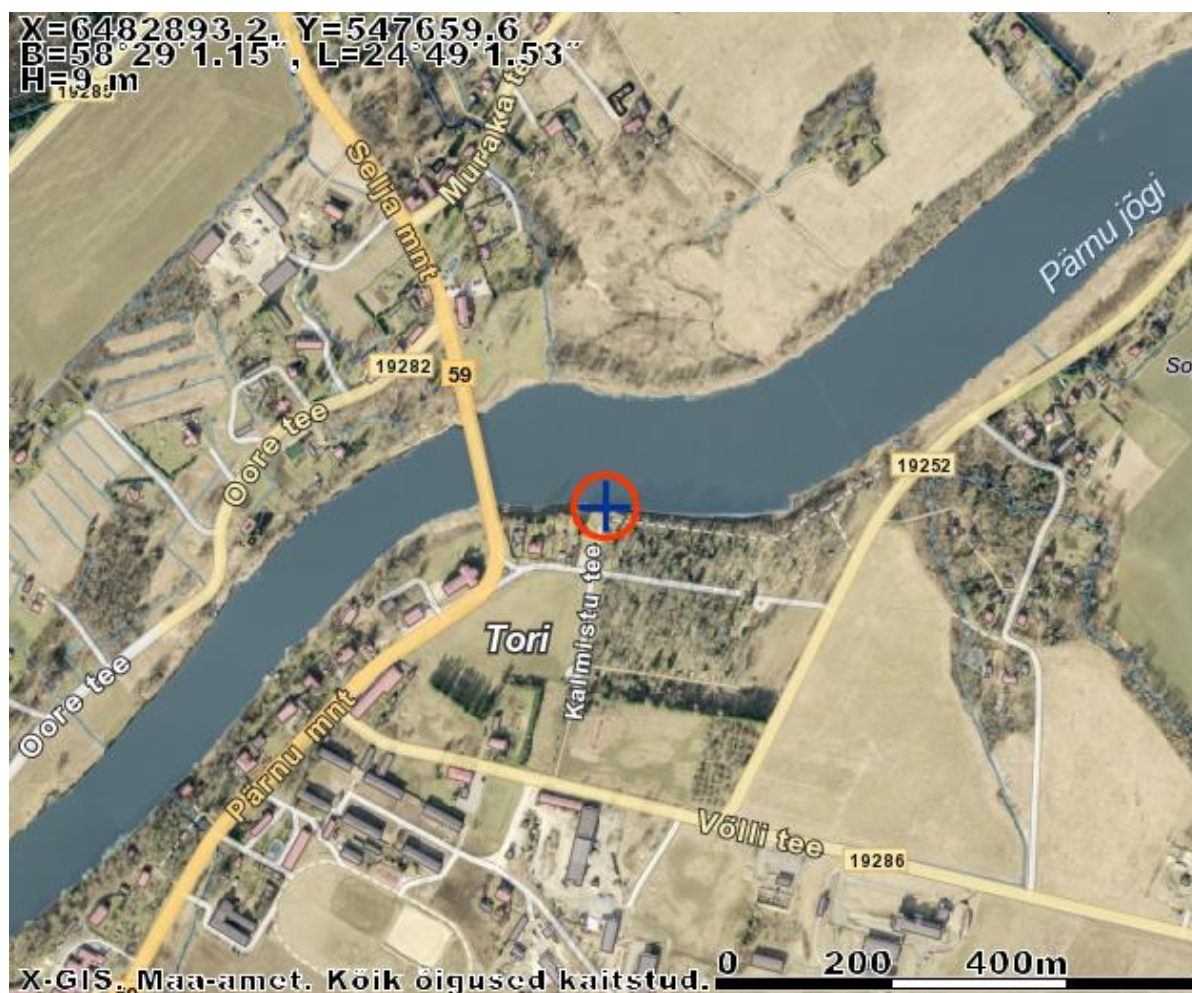
Voolukiirus: mõõdukas

Aluspõhi: muda

Kaldataimestik: vähe

Koht valiti järgneval põhjusel:

- a) Kuna Tori põrgu on oluline looduslik vaatamisväärsus Pärnumaal, siis on tähtis olla varakult teadlik igasugusest reostusest selles piirkonnas, vältimaks piirkonna pöördumatut saastumist.



Joonis 9. Prooviala 8 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Üheksandast proovialast ülesvoolu jääb Jõesuu asula ning Navesti jõe suudmekoht. Proovikohas väga kiire vool ja kallas on järsk.

Koht: Jõesuu

Proovivõtuaeg: 22. märts 2017, kell 9:33

Õhutemperatuur: 6,0 °C

Veetemperatuur: 2,1 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: III B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 90 cm

Voolukiirus: kiire

Aluspõhi: muda

Kaldataimestik: roostik

Koht valiti järgnevatel põhjustel:

- Proov võimaldab uurida Jõesuu asula mõju vee ökoloogilisele seisundile.
- Proov võimaldab uurida Navesti jõe mõju vee ökoloogilisele seisundile.
- Proovialale pääses kergelt ligi.



Joonis 10. Prooviala 9 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Kümnest proovialast allavoolu jääb Suurejõe asula, ülesvoolu jäävad erinevad metsamaad. Muud märkimisväärsed tunnused puuduvad.

Koht: Suurejõe

Proovivõtuaeg: 22. märts 2017, kell 10:27

Õhutemperatuur: 6,0 °C

Veetemperatuur: 2,1 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: II B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 60 cm

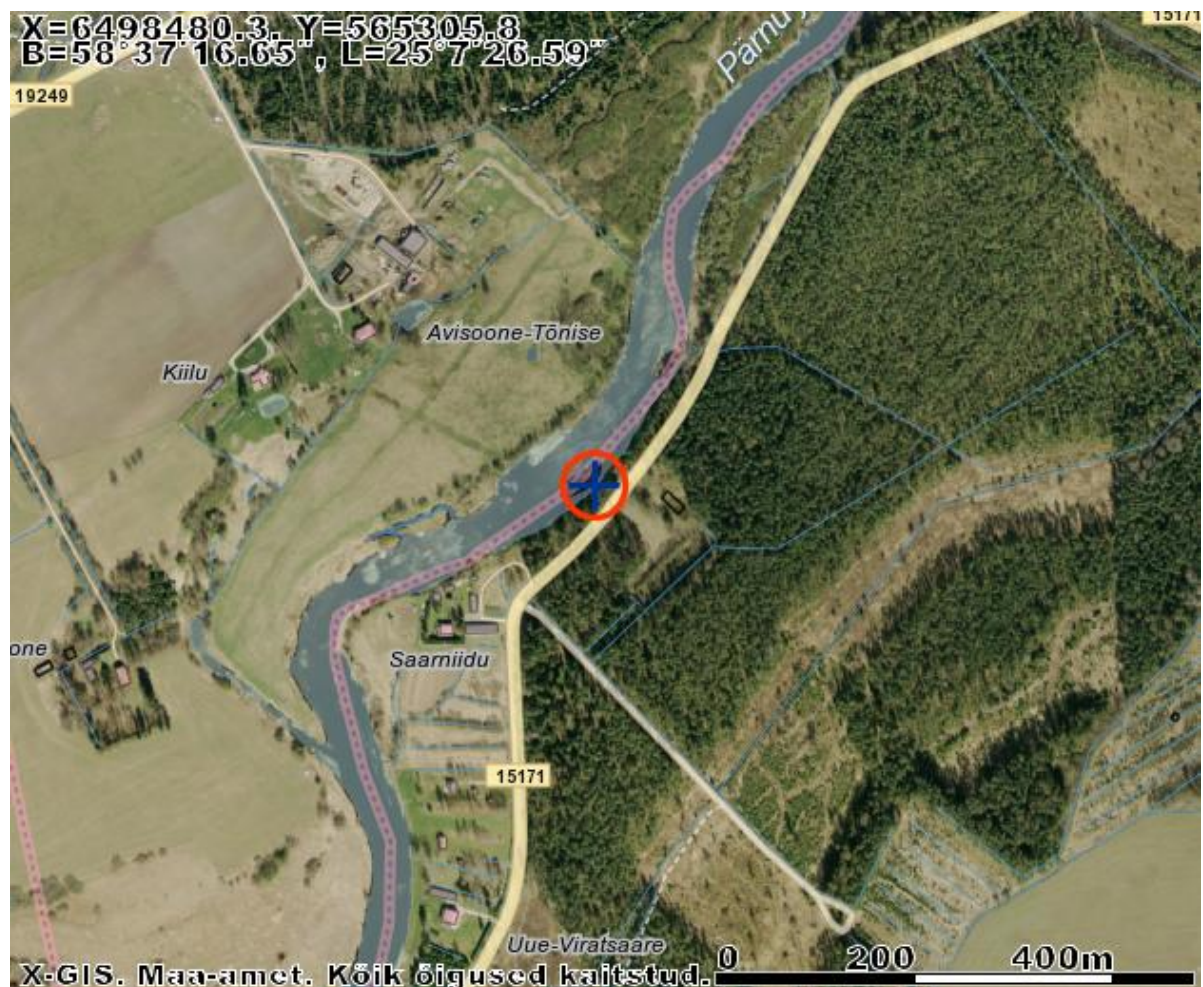
Voolukiirus: kiire

Aluspõhi: muda

Kaldataimestik: puudulik

Koht valiti järgnevatel põhjustel:

- Prooviala jäi parajalt kaugemale eelmisest ja järgmisest proovist.
- Proovialale pääses kergelt ligi.



Joonis 11. Prooviala 10 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

Üheteistkümnendast proovialast ülesvoolu jäi Türi jäätmejaam. Piirkonnas oli tunda teatud spetsiifilist õhusaastet. Vee pinnal oli näha tuvastamata õlilaadse keemilise ühendi jälgi.

Koht: Türi jäätmejaamast allavoolu

Proovivõtuaeg: 22. märts 2017, kell 11:15

Õhutemperatuur: 6,5 °C

Veetemperatuur: 2,9 °C (RI 2017)

Veekogu tüüp: II B (RT 2009)

Vee läbinähtavus: läbipaistmatu, sogane

Vee sügavus proovikohas: 100 cm

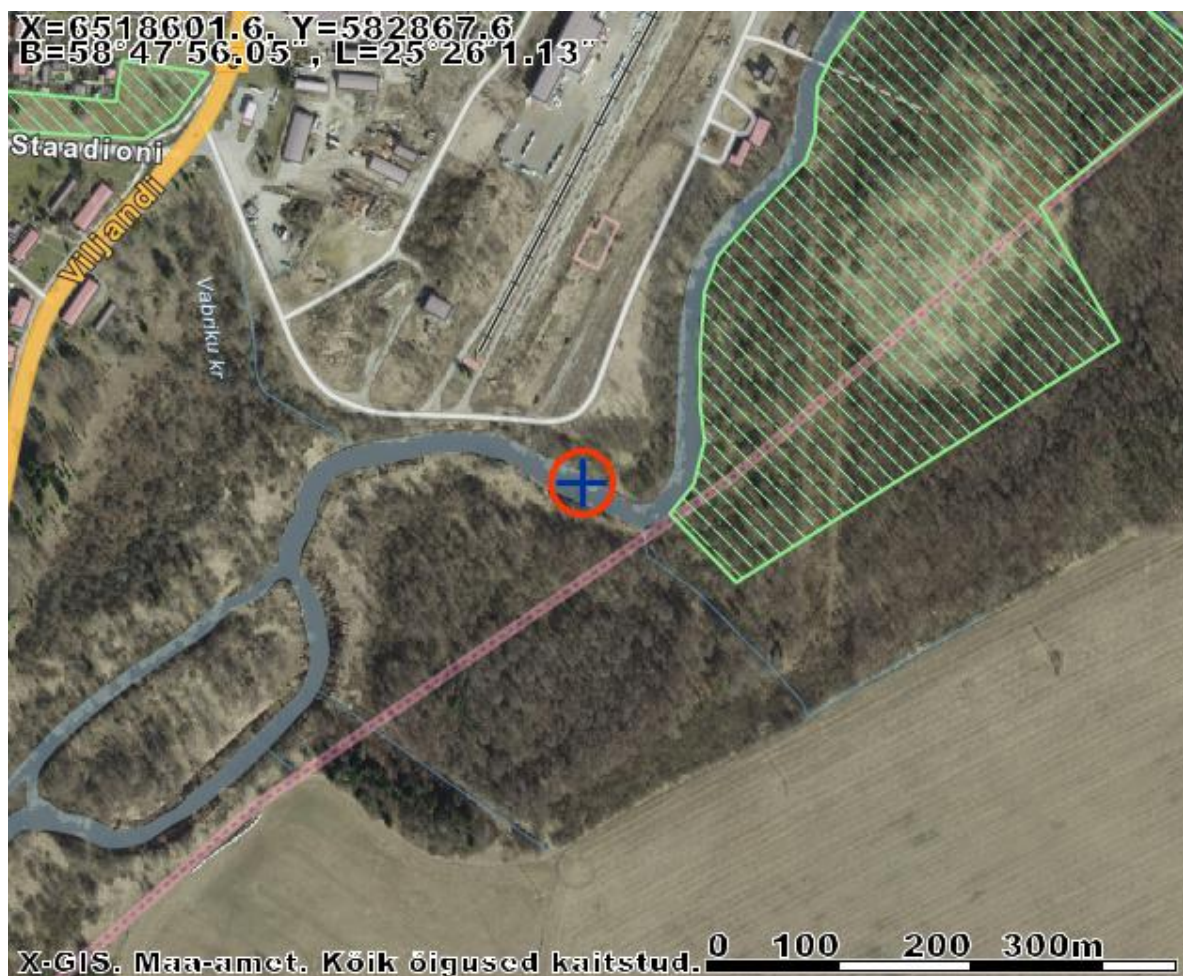
Voolukiirus: mõõdukas

Aluspõhi: muda

Kaldataimestik: puudulik

Koht valiti järgnevatel põhjustel:

- Proov võimaldab uurida Türi jäätmejaama mõju vee ökoloogilisele seisundile.
- Proov võimaldab uurida Türi asula mõju vee ökoloogilisele seisundile.
- Proovialale pääses kergelt ligi.
- Proovidega kaetud Pärnu jõe lõigu pikkus oli juba selleks hetkeks rahuldav.



Joonis 12. Prooviala 11 (Allikas: Maa-ameti kaardiserver)

2.2. Proovivõtumeetodid

Proovid võeti vastavalt Euroopa standardile EN 27828, kasutades suurselgrootute püüdmise kahva. Kahv oli 25 × 25 cm suuruse raamiga ja 0,5 mm sõelaavaga. Lisaks kuulusid varustusse purgid, kuhu paigutati proovid, suurem plastikust anum, veekindlad kummipüksid, mille abil sai proovi võtta, jäädes samaaegselt ise kuivaks. Veel oli kasutusel mõõdulint, mõõtmaks vee sügavust proovikohas, GPS ning kaamera, millega tehti proovikohtadest pilte.

Kõigepealt leiti proovialal sobiv proovikoht. Seejärel tehti proovikohast pildid ning salvestati GPS süsteemi abil proovikoha geograafilised koordinaadid. Seejärel mõõdeti vee sügavus proovikohas.

Kahv asetati vette nii, et kahva alumine osa oli sirgelt vastu põhja ning et kahva avaus oleks risti ja suunatud vastuvoolu. Seejärel löödi jalaga kahva avause ees vastu põhja (nn jalaproov), ning lasti voolul kõik setted kahva võrku kanda. Kui voolukiirus oli selleks liiga väike, kasutati teistsugust lähenemisviisi: pärast jalalööki liigutati kahva mööda põhja umbes 1 meeter vastuvoolu, et kompenseerida voolu puudumist.

Peale proovi võtmist tõsteti kahv veest välja ja valati sisu ettevaatlikult suuremasse plastikust anumasse. Koos suurselgrootutega kaasnes igas proovis muud materjali, millest suuremad tükid eraldati koha peal. Küll aga pidi seejuures olema äärmiselt ettevaatlik, sest kogutud materjali peal võis olla ka väiksemaid suurselgrootuid. Seejärel korraldati protseduuri viis korda, mille järel valati kogu plastikanumas olev sisu purki, mis märgistati prooviaala numbriga ja suleti kindlalt. Kõikide protseduuride taustal oli vaja tegeleda ka proovikoha andmete üles kirjutamisega.

2.3. Proovide analüüs

Kokku võeti üksteist proovi, iga proov hoiustati eraldi liitristesse purkidesse. Selleks et proovides olevad elusorganismid kätte saada, tuli esmalt eraldada suurem praht, kasutades pintsette. Pintsettidega püüti kinni pinnal ujuvad putukad. Suuremaid tükke eraldades tuli olla hoolas, sest sageli olid erinevad selgrootud just kokku koondunud vetikapundardes ja isegi kõrkjate varte sees. Kui see sai tehtud, siis kallati purgi sisu läbi sõela teise, laiemasse anumasse, et oleks lihtsam selle sisu kätte saad.

Ülejäänud materjali läbitöötamiseks oli mitmeid meetodeid ning see, millist kasutada, olenes muda ja muu materjali hulgast proovis. Üldiselt oli esimeseks sammuks korjata välja suuremad tükid ning erinevad eluvormid, mis nähtaval olid. Kui muda oli palju, siis nõrutati vesi anumast välja ning nii sai muda läbi uurida. Kui muda oli vähem, polnud see vajalik. Järjest veehulka vähendades uuriti läbi terve proov.

Tööks kasutatud vahendid olid erinevad anumad, sõel, pikem pulk ja lusikas. Viimased kaks on kasulikud muda laiali ajamiseks ja kätte saamiseks. Anumatesse sai vett ja muud materjali ümber paigutada ning hoiustada. Sõel oli abiks vee valamisel, sest aitas vältida võimalust, et mõni elusorganism satub vee valamise käigus uude kohta ning jääb märkamata.

Kõik elusorganismid või elusorganismide jäänused eraldati uude purki, kuhu oli valatud natuke sama proovi vett. See tagas nende elukeskkonnale sarnaste tingimuste säilimise. Erinevates proovides leidis erinev hulk elusorganisme. Kui üks purk oli läbi vaadatud, siis suleti putk ning sildistati see vastavalt. Sedelile märgiti lisaks proovi numbrile ja andmetele ka arvatavad eluvormid, mis ja kui palju purgis leidis. Ühes proovis leidis ka olend, kes esimesel vaatlusel tundus röövtoidulise eluviisiga, ning tema eraldati igaks juhuks eraldi purki.

2.3.1. Tulemused

Alljärgnev alapeatükk annab kiire ülevaate proovide sisust (andmed on kantud tabelisse 1). Suurselgrootud loetakse üle ja tehakse esialgsed määramised. Leitud taksonite illustratiivne materjal on lisas 4. Seejärel toimub põhjalikum taksonite määramine, mis tehakse nii täpselt, kui saadaolevad allikad ja vahendid seda lubavad, otsitud tulemused saab kätte ka siis, kui liigini määrata ei ole võimalik. (Timm *et al* 2010: 76–77)

Proov 1 oli suhteliselt tühi, leidis paar erinevat elanikuta karpi. Üks neist oli väiksemat kasvu rändkarp (*Dreissena polymorpha*), kes arvatavasti on sinna sattunud mõne paadi küljest. Teine oli hästi väikest kasvu jõekarp (*Unio*).

Proov 2 ei olnud eelmisest palju rikkalikum, see sisaldas ühte tühja karbi koda ja kahte tühja teo koda. Karp kuulus koonusjale sulgteole (*Valvata piscinalis*). Teo kojad olid ülespoole spiraalis ning suure tõenäosusega väikesed hariliku keeristeo kojad (*Bithynia tentaculata*).

Proovi 3 esmavaatlusel võis täheldada bensiini-/õliplekki selle pinnal ning lõhna reostuse järele. Proov ise sisaldas surnud keraskarpi (perekond *Sphaerium*) ning surnud ühepäevikulise vastset (selts *Ephemeroptera*).

Proovis 4 puudusid otsitavad elusorganismid.

Proov 5 oli rikkalik, esimesel vaatlusel oli veepinnal näha maismaaputukat (tõenäoliselt siklane, sugukond *Cerambycidae*), samuti leiti selle proovi uurimisel üks elanikuta ehmeistiivalise vastse koda (ehmeistiivaliste vastsete rahvapärane nimetus on puruvana). Hiljem leiti ka elus ehmeistiivalise vastne, kes oli oma kojaks valinud ühe pilliroo varre. See oli hea märk, sest enamik ehmeistiivalise vastseid väldib reostunud vett, ehkki mõõdukas kogus orgaanilist ainet võib mõnede filtreerijate (sugukond *Hydropsychidae*) arvukust tunduvalt suurendada. (Timm 1996). Ehmeistiivalise vastne eraldati teistest, sest nagu hilisemal uurimisel kinnitust leidis, on nad segatoidulised, eelistades võimalusel olla röövtoidulised.

Sellest proovist leiti ka neli vesikakandit (*Asellus aquaticus*), üks pisikaan (*Helobdella stagnalis*) ja kokku kuus punast värvi kuni 1 cm pikkuseid ussikesi, kes hilisemal uurimisel osutusid sääsevastseteks (alamseits *Nematocera*). Lisaks kõigele muule oli proovis ka üks valget värvi nukkunud vastne.

Proov 6 oli spetsiifilise lõhnaga, sisaldades üht väikest tühja keraskarpi ja üht eriti aktiivselt ringi liikuvat elusolendit, kes lähemal uurimisel osutus ühepäevikulise vastseks.

Proov 7 sisaldas surnud ühepäevikulise vastset ja surnud väikesekasvulist vesikakandit.

Proov 8 sisaldas vesikakandit, rihmteo (*Bathyomphalus contortus*) tühja koda ja kevikulise vastset (seits *Plecoptera*).

Proov 9 sisaldas vesikakandit, kolme ühepäevikulise vastset ja ühte ehmeistiivalise vastset.

Proov 10 oli elurikas, see sisaldas tühja keraskarpi, elusat punntigu (perekond *Radix*), üht väiksemat vähilaadset (klass *Crustacea*), ühte kevikulise vastset, kahte loidtiivalise vastset ja 12 ühepäevikulise vastset suuruses 2 cm kuni 3 mm.

Proov 11 sisaldas surnud vesikakandit, suurt (~2 cm) ühepäevikulise vastset ja kahte väiksemat sääsevastset. Lisaks kõigele muule ka üks tühi keraskarp.

Kõik proovid sisaldasid ka purunenud karpide tükke. Proovides 1, 2, 3, 5, 6, 7 ja 9 oli ka palju pisikesi rihmteokarpide jäänuseid. Proovis 5 oli üks veelgi suurem rihmteokarbi jäänus ja üks, mis oli kinnitunud puruvana kojale. Laialdaselt oli esindatud ka keeristigu.

Tabel 1. Leitud taksonid

Takson	Isendite arv proovides										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>BIVALVIA</i>											
<i>Dreissena polymorpha</i>	1										
<i>Sphaerium sp.</i>			1			1				1	1
<i>GASTROPADA</i>											
<i>Bathyomphalus contortus</i>								1			
<i>Unio sp.</i>	1										
<i>Radix sp.</i>										1	
<i>Bithynia tentaculata</i>		2									
<i>Valvata piscinalis</i>		1									
<i>EPHEMEROPTERA Gen. sp.</i>			1			1	1		3	12	1
<i>TRICHOPTERA Gen. Sp.</i>					1				1		
<i>Hydropsychidae sp.</i>											
<i>RHYNCHOBDELLIDA</i>											
<i>Helobdella stagnalis</i>					1						
<i>DIPTERA</i>											
<i>Nematocera Gen sp.</i>					6						2
<i>CRUSTACEA</i>											
<i>Amphipoda Gen. Sp.</i>											
<i>Asellus aquaticus</i>					4		1	1	1		1
<i>PLECOPTERA Gen. Sp.</i>								1		1	
<i>MEGALOPTERA</i>											
<i>Sialis sp.</i>										2	

2.3.2. Suurselgrootute määramine

Rändkarp

Rändkarp (*Dreissena polymorpha*) on rändkarplaste sugukonda kuuluv väike mageveekarp. Kirjanduses on teda nimetatud ka harilikuks rändkarbiks, tavaliseks rändkarbiks ja muutlikuks rändkarbiks. Rändkarbi algupärane levila oli Kagu-Venemaa järved, kuid inimese kaasabil on neid sattunud ka paljudesse teistesse maailma veekogudesse, kus nad on muutunud invasiivseks (Rändkarp 2015).

Rändkarbi koja eesots on teravnenud ja tagaosa laienenud. Rändkarpide eelistatav elupaik on kuni kümme meetrit vee all, kusjuures sageli moodustab ta kobaraid. Sagedasti leiab teda kividelt, veesolevatelt vaiadelt ja mitmesugustelt veetaimedelt. Rändkarbi vastupidavus ebasoodsatele tingimustele ja tema tohutu suur viljakus tähendavad seda, et paiguti tuleb tema arvukust piirata. (Birštein *et al* 1982: 100–101)

Jõekarp

Jõekarp (*Unio*) on jõekarplaste sugukonda kuuluv limuste perekond. Eesti veekogudes on nad üsnagi tavalised. Jõekarbil on tugev koda ning hästiarenenud koja lukk. Mantli servad liituvad teineteisega vaid ülemise (väljavoolu-) sifooni kohal, ülemine ja alumine (sissevoolu-) sifoon on teineteisest vaheseinaga eraldatud. Kõige sobivamaks elupaigaks jõekarbile on muda ja liivasegune põhi. Jõekarplased on ülitundlikud hapnikuvaeguse suhtes vees, kui hapniku hulk vees on ebapiisav, siis nad puuduvad (*Ibid*: 98–99).

Keeristigu

Järvedes ja aeglase vooluga jõgedes on üldlevinud harilik keeristigu (*Bithynia tentaculata*) (KKA 2017). Sageli võib neid leida veekogude kaldavetes olevatel kividel, mudas või veetaimedel. Nad on väikesed, 10–12 mm suurused, kuid hästi märgatavad oma tornikujulise koja tõttu. Nagu teistelgi mageveetigudel, puudub ka keeristeo arengus vabaltujuva vastse staadium. Noorte keeristigude eluviis on sarnane täiskasvanute omaga. (Birštein *et al* 1982: 26)

Sulgtigu

Järvedes ja aeglasevoolulistest jõgedes on üldlevinud ketasjas sulgtigu (*Valvata cristata*) (KKA 2017). Eesti mageveekogudes on üsna tavalised ka sulgteod, kes elavad jõgedes, järvedes ning tiikides mudasel põhjal ja veetaimedel. Sulgteod on väikesed teod, nende koja kõrgus ei

ületa 8 mm. Ketasjal sulgteol asetsevad koja keermed peaaegu ühel tasapinnal. (Birštein *et al* 1982: 26–27)

Ühepäevikulise vastsed

Ühepäevikulised (*Ephemeroptera*) kuuluvad koos kiilidega ürgtiibsete rühma (selts *Ephemeridea*). Kui valmikute eluiga kestab vaid mõne tunni, siis vastsed elavad vees kaks kuni kolm aastat, vahetades selle aja jooksul paarikümnel korral kesta. Viimane vastsejärg – eelvalmik ehk neidis – ronib veest välja ning tõuseb lendu, et mõne minuti pärast uuesti kestuda, nüüd juba päris suguküpseks valmikuks (KKA 2017). Vastsetel (nagu valmikutelgi) on sale keha, mis lõpeb kolme pika peenikese sabaniidiga, pikkust on kuni 3 cm. Ühepäevikulise vastne elab mudas, eelistades savisemat põhja, ta on porikarva (KKA 2017). Vastsetel on tugevad eesjalad, mis võimaldavad tal mutta kaevuda, mudast väljub vastne tagajalgade abil. Vastsed hingavad tagakehal paiknevate lõpuste abil. Vastsed on kõdutoidulised või kiskjad (McGavin 2005: 21).

Teistest veeputukatest on neid võimalik eristada pikkade sabaniitide põhjal, mida üldiselt on kolm. Põhiline ühepäevikuvastsete iseärasus on see, et neil on esimesel seitsmel tagakehalülil trahheelõpused. Sabaniidid aitavad vastsetel ujuda, liikudes vertikaaltasapinnal, samal põhimõttel nagu delfiini saba. Toitumine ja elupaigad erinevad liigiti. Liikide suhtes, kes proovides esinesid, on raske midagi kindlat väita, sest neid on omavahel väga raske eristada (Giljarov *et al* 1969: 187-188). Üldiselt on leida ka väga vähe kirjeldusi ja pildimaterjali, mille põhjal minna sugukonnast täpsemaks, kuid trahheelõpuste erineva kuju järgi võib oletada, et proovis 10 oli liike kaks, vastavalt neli ja kaheksa isendit.

Puruvanad ehk ehmesiivalise vastsed

Järgnevad lõigud, mis kirjeldavad ehmesiivalise vastseid, põhinevad H. Timmi artiklil 1996. „Puruvanad, omaette olijad“.

„Puruvanade“ teaduslik nimetus on ehmesiivaliste vastsed. Ehmesiivaliste hallikad või kollakad liblikataolised valmikud munevad kas veepinnale, veealustele kividele (vee alla sukeldudes) või vee kohal asuvatele taimeosadele (ka puudele), kust vihmasadu munakogumid vette uhub. Kui vesi ilmub, hakkavad munad arenema. Ehmesiivalistel on mõnikümmend kuni mõnisada muna.

Vastsestaadium koosneb enamasti viiest vanusejärgust, mida eristavad kestumised. Nukkumiseks kinnitab vastne maja (kui see on kaasaskantav) substraadi külge, sulgeb väljapääsu detriidist või vetikatest tropiga ja ümbritseb end kitiinist nukukestaga. 7–28 päeva

pärast närib nukk kesta ja majaseina läbi; vastavalt asupaigale kas ujub kaldale või ronib taimi pidi õhu kätte ja valmikuelu võib alata.

On võimalik, et kookon, mis leiti proovist 5, kuulub samuti ehimestiivalise vastsele.

Majast ulatuvad vastsel välja enamasti ainult pea ja rindmik, need on kaetud tugeva kattega. Suised on tugevad, kuid tundlad enamikul liikidel taandarenenud. Oma kuue jala abil võivad puruванad kas kõndida, roomata, hüpata või ujuda.

Lisaks pärisjalgadele asub keha tagaosas veel kaks konksjat jätket – analjalad. Ohu korral tõmbab vastne end nende jõul varju ja suleb ukseava oma kõva sileda pealaega. Edasilikumisel kindlustavad analjalad, et maja keha ümbert ära ei kaoks. Mõnede sugukondade esindajatel asub kurgu all veel üks kõver konks, mis raskendab peremehe kättesaamist majast.

Reostunud vett enamik puruванasid väldib, ehkki mõõdukas kogus orgaanilist ainet võib mõnede filtreerijate (sugukond *Hydropsychidae*) arvukust tunduvalt suurendada. Suurbritannias on kasutusel vooluvee kvaliteedi hindamise süsteem (BMWP scoring – British monitoring Working Party), mille järgi kuulub kõige reostustundlikumate rühmade hulka (10 palli) üheksa ehimestiivaliste sugukonda; kahe sugukonna tundlikkus on 8 palli, kolmel 7 palli ning ühel 5 palli. Seega, mida mitmekesisem on ehimestiivaliste fauna, seda puhtam on vesi.

Kõik need sugukonnad on esindatud ka Eesti vooluveses. Peale otsese reostuse on voolulembesed puruванad pidanud kodusid maha jätma tammide ehitamise tõttu, eriti suurtes jõgedes. Proovidest leitud puruванade kodade erinevuste alusel võib oletada, et kokku leiti kaks eri liiki, kuid liikides kindel olla ei saa.

Vesikakandid

Harilik vesikakand ehk tavaline vesikakand (*Asellus aquaticus*) on kakandiliste seltsi kuuluv vähilaadne. Vesikakand on Euroopas üsna tavaline, teda leidub erinevates vooluveekogudes, aga ka seisuveekogudes. Eriti meelepärased on talle kohad, kus on palju kive, mille alla peituda. Nad on omnivoorid. (Urbas 2017)

Harilik vesikakand on üsna tolerantne vee reostuse suhtes ja teda kasutatakse vee puhtuse hindamisel. Vesikakandid paljunevad aastaringselt, kui temperatuur on piisavalt kõrge. Täiskasvanuks saavad isendid mõne kuuga, eriti soojadel suvedel, aga pidevalt külmades tingimustes võib see võtta aega ka kuni kaks aastat. Eluiga varieerub üheksast kuust Lõuna-Aafrikas kuni kahekümne kuuni Põhja-Euroopas (AA 2017). Vesikakandid moodustavad olulise osa paljude mageveekalade toidus. (Urbas 2017)

Pisikaan

Pisikaan (*Helobdella stagnalis*) on lamekaanlaste (*Glossiphoniidae*) sugukonda kuuluv röövtoiduline kaaniliik. Eesti veekogudes on ta sagedasti kohatav liik ning üldiselt on ta üks kõige laialdasema levialaga kaaniliike üldse. Pisikaan on 5–6 mm pikkune, kreemjas või tuhmkollane ja lameda kehaga. Tema eraldustunnuseks on kollakas või pruunikas läätsekujuline plaadike seljal, ees-iminapp on nõrgalt arenenud ja pisikaanil on kaks silma. Erinevalt paljudest teistest kaanidest on pisikaan hästi liikuv ja see võimaldab tal rünnata putukavastseid, väikesi vähilisi ja muid selgrootuid, kelle ta sageli täiesti tühjaks imeb. Oma liikuvuse tõttu satub ta ka rohkem kalade toiduks. Pisikaani eluiga on ainult üks aasta. (Zenkevitsch *et al* 1981: 336–337; 355)

Sääsevastsed

Siin võis kindlalt väita, et tegemist oli alamseltsiga sääselised (*Nematocera*). Edasine määramine muutus raskeks, kuna puudub ulatuslik pildi- või kirjeldav materjal. Vastsed, kes leiti, olid kõikides proovides punased ning kuni 1 cm pikkused. Üks suurimaid sugukondi säärik-, piste-, ja hallasääskede kõrval Eestis on surusääsklased. *Chironomidae* sugukonnas on üle 3000 liigi. Pistes läbi sõela portsu veepõhjast võetud muda võib peaaegu alati leida surusääskede vastseid. Nad ei vaja atmosfäärset õhku nagu paljud teised. Vees lahustunud hapniku hingamine toimub neil trahheelõpuste ja osalt kehapiinna kaudu (Giljarov *et al* 1969: 364–368). Kuna ka peale proovide analüüsimist oli näha, et vastsed ei pidanud hingamiseks veepinnale minema, muudab see surusääsklased väga võimalikuks leitud sugukonnaks. Samuti meenutab surusääskede kohta leiduv pildimaterjal enim proovides leitud olendeid, kuid kindel olla ei saa.

Keviklase vastsed

Keviklased (*Nemouridae*) on kevikuliste seltsi kuuluv putukate sugukond, kes on vooluveekogudes üsna tavalised. Ühepäevikulise vastsetest eristab neid see, et neil on kaks lühemat sabajätket. Üldiselt on nad pehme ja lapiku kehaga tagasihoidlikult värvunud putukad. Vastsed sarnanevad kehakujult valmikule, kuid tiivad puuduvad. Erinevalt valmikutest on vastsetel tugevad, hambulised lõuad. Vees lahustunud hapniku hingamine toimub trahheelõpuste kaudu, mis on harva lehtjad. Vastsete jalad on pikad ja haakuvad, nad kinnituvad nii põhjakonarustele ja liiguvad seetõttu kiiresti. Lisaks on nad head ujujad. Enamiku aega veedavad nad saaki varitsedes. Areng kestab aasta kuni neli aastat (Giljarov *et al* 1969: 183). Vastsed eelistavad üldiselt jahedat vooluvett, millele lisaks sobivad ka kivised kaldad (Chinery 2005: 36, 296). Mõned vastsed on kõdu- või taimetoidulised, kuid enamik on röövtoidulised, toitudes erinevatest teiste putukate vastsetest (McGavin 2005: 30).

Punntigu

Eesti siseveekogudes on üsna tavaline ka punntigu (*Radix*), kes kuulub tigude perekonda ja mudatigulaste (*Lymnaeoaide*) sugukonda. Punnteod elavad põhjapoolkera mageveekogudes ja eelistavad seisuveekogusid või aeglase vooluga veekogusid. Selles perekonnas on mitmeid liike, kuid liikide eristamine on keerukas ja malakoloogid pole punntigude liikide tasandilises taksonoomias üksmeelel (Birštein et al 1982: 55).

Vähilaadsed

Oletuste kohaselt võiks proovist leitud suurselgrootu puhul olla tegu ülemvähkide hulka kuuluva kirpvähilisega. Kirpvähilised on kakandilistega üsna sarnased, kuid erinevalt nendest külgedelt kokkusurutud ning seetõttu küljelt vaadatuna veidi küürus (komakujulised) kehaga vähid. Neid on väga arvukalt veekogude põhjal, eriti kaldapiirkonnas. Tavalisemad liigid mageveekogudes on järve kirpvähk (*Gammarus lacustris*) ja jõe kirpvähk (*Gammarus pulex*), kes moodustavad olulise osa kalade toidus (KV 2017). Täpsemaks on siinkohal raske minna.

Enamik kirpvähilisi on kõigesööjad. Enamik magevees elavaid kirpvähilisi söövad nii elusaid kui ka surnud taimi, põhjaseteid, korjuseid ja võimalusel ka väikseid loomi. Kirpvähiliste seas on ka filtreerijaid. (Birštein et al 1982: 304–305; 360)

On täheldatud ka juhtumeid, kus näiteks Kaspia merest pärinevad kirpvähilised tõrjuvad oma uutes elupaikades välja seal eelnevalt elanud ürgseid mageveeliike. Mil viisil väljatõrjumine toimub, ei ole veel selge, kuid üksikutel juhtumitel on täheldatud hübriidiseerumist. (Birštein et al 1982: 363)

Loidtiiblase vastsed

Loidtiiblased kuuluvad suurtiivaliste seltsi (*Megaloptera*). Sugukond loidtiiblased (*Sialide*) on Eestis esindatud ühe perekonnaga – *Sialis*. Vastsed on röövtoidulised ja ise toiduks paljudele kaladele. Vastsete elu kestab kaks aastat, kolmanda aasta kevadel ronib vastne veest välja, kaevub kaldapinnasesse ja nukkub (Giljarov et al 1969: 223; Keskkonnaagentuur 2017).

2.3.3. Indeksite leidmine

Saadud proovide põhjal arvutatakse indeksid, kasutades alapeatükkides 1.3.1. kuni 1.3.5. toodut.

Proov 1

Proovis leidis kaks erinevat liiki, siis on taksonirikkuse väärtus $T = 2$

Shannoni erisuse väärtuseks on $H' = -(\frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2}) + \frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2})) = 1$

Kuna EPT jaoks ühtegi liiki proovis ei olnud, siis on $EPT = 0$

Indikaatorväärtus oli esitatud ainult jõekarbile ja ASPT ongi jõekarbi tolerantusväärtus ehk $ASPT = 6$

DSFI arvutamiseks puudusid vajalikud indikaatorliigid.

Proov 2

Proov sarnaneb eelmisega, ka selle taksonirikkuse väärtus on $T = 2$

Shannoni erisuse väärtuseks on $H' = -(\frac{1}{3} \log_2(\frac{1}{3}) + \frac{2}{3} \log_2(\frac{2}{3})) = 0,92$

EPT määramiseks puuduvad jällegi proovis vajalikud liigid ja $EPT = 0$

Indikaatorväärtus oli esitatud ainult koonusjale sulgteole (*Valvata piscinalis*) ning $ASPT = 3$

DSFI arvutamiseks puudusid vajalikud indikaatorliigid.

Proov 3

Sisaldab kahte eri liiki ja taksonirikkuse väärtus $T = 2$

Shannoni erisuse väärtus on sama mis esimesel ehk $H' = -(\frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2}) + \frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2})) = 1$

EPT jaoks oli ainult üks ühepäevikuliste liik ja $EPT = 1$

ASPT jaoks on indikaatorväärtus nii ühepäevikulisel (10) kui ka keraskarbil (3) ja $ASPT = \frac{10+3}{2} = 6,5$

DSFI puhul on 1. klassi võtmerühmadest ühepäevikuline esindatud, saab jätkata 1. klassi 2. real. Õige veeru leidmiseks tuleb kokku liita positiivsete ja negatiivsete rühmade arv. Positiivseid (*Ephemeroptera*) ja negatiivseid rühmi (*Sphaerium*) oli mõlemaid üks ehk siis tulemuseks on $1 - 1 = 0$, mis annab indeksi väärtuseks $DSFI = 4$

Proov 4

Proov oli tühi, indekseid määrata ei saa. Taksonirikkus, Shannoni erisus ning EPT on automaatselt 0. ASPT ja Taani indeksil väärtused puuduvad.

Proov 5

Proovis oli kokku neli erinevat liiki (sest sääsevastsed olid väga suure tõenäosusega kõik samast liigist) ja taksonirikkus $T = 4$

Shannoni erisus on $H' = -(\frac{1}{13} \log_2(\frac{1}{13}) + \frac{4}{13} \log_2(\frac{4}{13}) + \frac{1}{13} \log_2(\frac{1}{13}) + \frac{7}{13} \log_2(\frac{7}{13})) = 1,6$

EPT jaoks oli siin ainult üks ehmeistiivalise vastne ja on $EPT = 1$

ASPT jaoks oli indikaatorväärtus ehmeistiivalisel (7), vesikakandil (3) ja pisikaanil (3), $ASPT = \frac{7+3+3}{3} = 4,3$

DSFI juures vaatame 2. klassi ja liidame kokku positiivsed ja negatiivsed rühmad. Positiivseid on 1 (*Trichoptera*) ja negatiivseid on 2 (*Helobdella*, *Asellus*), tulemuseks on $1 - 2 = -1$ ja indeksi väärtus on $DSFI = 4$

Proov 6

Taksonirikkuse väärtus on $T = 2$

Shannoni erisus on $H' = -(\frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2}) + \frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2})) = 1$

EPT jaoks oli ainult üks ühepäevikuliste liik ja $EPT = 1$

ASPT jaoks on indikaatorväärtus nii ühepäevikulisel (10) kui ka keraskarbil (3) ja $ASPT = \frac{10+3}{2} = 6,5$

DSFI puhul on 1. klassi võtmerühmadest ühepäevikuline esindatud, saab jätkata 1. klassi 2. real. Õige veeru leidmiseks tuleb kokku liita positiivsete ja negatiivsete rühmade arv. Positiivseid (*Ephemeroptera*) ja negatiivseid rühmi (*Sphaerium*) oli mõlemaid üks, tulemus on $1 - 1 = 0$, mis annab indeksi väärtuseks $DSFI = 4$

Proov 7

Taksonirikkus on $T = 2$

Shannoni erisus on $H' = -(\frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2}) + \frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2})) = 1$

EPT leidmiseks on üks ühepäevikulise vastne ja indeks on $EPT = 1$

ASPT jaoks on nii ühepäevikulisel (10) kui ka vesikakandil (3) olemas indikaatorväärtus ja sealt

$$ASPT = \frac{10+3}{2} = 6,5$$

DSFI puhul vaatame 1. klassi 2. rida. Positiivseid (*Ephemeroptera*) ja negatiivseid (*Asellus*) rühmi on mõlemad üks ja tulemuseks on $1 - 1 = 0$ ja indeksi väärtus $DSFI = 4$

Proov 8

Taksonirikkus on $T = 3$

Shannoni erisus on $H' = -(\frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3}) = 1,6$

EPT jaoks on ainult üks kevikuline, indeksi väärtus $EPT = 1$.

ASPT jaoks on indikaatorväärtus vesikakandil (3), rihmteol (3) ja keviklasel (7). $ASPT = \frac{7+3+3}{3} = 4,3$

DSFI puhul tuleb vaadata 4. klassi 2. rida. Positiivseid (*Plecoptera*) ja negatiivseid (*Asellus*) rühmi oli mõlemad üks, tulemus on $1 - 1 = 0$ ja indeksi väärtus $DSFI = 3$

Proov 9

Taksonirikkus on $T = 3$

Shannoni erisus on $H' = -(\frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5} + \frac{3}{5} \log_2 \frac{3}{5} + \frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}) = 1,4$

EPT jaoks on üks ühepäevikuliste liik ja üks ehmesiivaliste liik ehk siis $EPT = 2$

ASPT jaoks on indikaatorväärtus vesikakandil (3), ühepäevikulisel (10) ja puruvanal (7). Sealt

$$ASPT = \frac{3+10+7}{3} = 6,7$$

DSFI puhul tuleb vaadata 1. klassi 2. rida. Positiivseid rühmi on kaks (*Ephemeroptera* ja *Trichoptera*) ning negatiivseid rühmi üks (*Asellus*). Tulemus sealt $2 - 1 = 1$ ja indeksi väärtus $DSFI = 4$

Proov 10

Proov sisaldas ühepäevikulistest kokku kahte liiki, taksonirikkuse indeksi väärtuseks on $T = 7$

Shannoni erisus on:

$$H' = -\left(\frac{1}{18} \log_2 \frac{1}{18} + \frac{1}{18} \log_2 \frac{1}{18} + \frac{1}{18} \log_2 \frac{1}{18} + \frac{1}{18} \log_2 \frac{1}{18} + \frac{1}{9} \log_2 \frac{1}{9} + \frac{2}{9} \log_2 \frac{2}{9} + \frac{4}{9} \log_2 \frac{4}{9}\right) = 2,3$$

EPT jaoks on meil kaks ühepäevikulise liiki ja üks kevikuline. Kokku on $EPT = 3$

ASPT jaoks on indikaatorväärtus keraskarbil (3), punnteol (3), kevikulisel (7),

loidtiivalisel (4) ja mõlemal ühepäevikulisel (10). $ASPT = \frac{3+3+7+4+10+10}{6} = 6,2$

DSFI puhul tuleb tänu kahele ühepäevikulise liigile vaadata 1. klassi 1. rida. Positiivseid rühmi oli kolm (*Plecoptera* ja mõlemad *Ephemeroptera* liigid) ja negatiivseid rühmi oli samuti kolm (*Sphaerium*, *Lymnaeidae*, *Sialidae*). Tulemus on sealt $3 - 3 = 0$ ja indeksi väärtuseks DSFI = 5

Proov 11

Proovi taksonirikkus oli $T = 4$

$$H' = -\left(\frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5} + \frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5} + \frac{2}{5} \log_2 \frac{2}{5} + \frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}\right) = 1,9$$

EPT jaoks on ainult üks ühepäevikuline ja indeksi väärtuseks on $EPT = 1$

ASPT jaoks on indikaatorväärtus vesikakandil (3), ühepäevikulisel (10) ja keraskarbil (3). Sealt

$$ASPT = \frac{3+10+3}{3} = 5,3$$

DSFI puhul tuleb vaadata 1. klassi 2. rida. Positiivseid rühmi on 1 (*Ephemeroptera*) ja negatiivseid 2 (*Asellus* ja *Sphaerium*). Tulemus on $1 - 2 = -1$ ja indeksi väärtuseks DSFI = 4

Tabel 2. Proovide tulemused

Proovi number	Lõigu tüüp	Taksoni-rikkus	H'	EPT	ASPT	DSFI
1	III B	2	1	0	6	-
2	III B	2	0.92	0	3	-
3	III B	2	1	1	6.5	4
4	III B	0	0	0	-	-
5	III B	4	1.6	1	4.3	4
6	III B	2	1	1	6.5	4
7	III B	2	1	1	6.5	4
8	III B	3	1.6	1	4.3	3
9	III B	3	1.4	2	6.7	4
10	II B	7	2.3	3	6.2	5
11	II B	4	1.9	1	5.3	4

Punane tähendab halb/väga halb klass, kollane tähendab keskine klass, roheline tähendab hea klass ning sinine tähendab väga hea klass. (RT 2009)

3. JÄRELDUSED

Võib öelda, et erinevate indeksite järgi oli Pärnu jõe seisund väga erinev. Esimesed kolm indeksit (taksonirikkus, Shannoni erisus ja EPT) näitasid, et vee seisund on „halb“. Shannoni erisus näitas paaris kohas ka natuke helgemat seisu ja oli üleüldiselt natuke parem kui eelnevalt mainitud indeksid. Seevastu viimased indeksid (ASPT ja Taani indeks) näitasid, et jõe olukord on pigem „hea“. Seda näitas eriti ASPT, kus 60% tulemustest oli kas „hea“ või koguni „väga hea“. Põhjused selleks on üsna lihtsad.

EPT ja taksonirikkus on puhtalt kvantitatiivsed näitajad ehk nad arvestavad ainult seda, kui palju erinevaid liike veest leiti, mis Pärnu jõe puhul oli üsna väike. Ka Shannoni erisus arvestas suurel määral seda, kui palju oli erinevaid liike, aga ta võttis arvesse ka seda, kui ühtlaselt olid isendid liikide vahel jaotunud ning sealt ka mõnevõrra täpsemad tulemused.

Seevastu ASPT ei arvestanud leitud liikide arvu, vaid võttis arvesse ainult leitud liikide tundlikkuse reostusele. Kuna Pärnu jõest leiti liike, kes olid üpris tundlikud reostuse suhtes, saadigi kõrged ASPT väärtused.

Ka Taani indeks võttis arvesse leitud liikide tundlikkuse reostuse suhtes, aga lisaks sellele oli oluline ka nende liikide arv. Kuna liike oli vähe, aga leitud liikide hulgas oli küllaltki

reostustundlike taksoneid, olid Taani indeksi tulemused püsivalt paremad kui kolme esimese indeksi puhul, aga kehvemad tulemused kui ASPT puhul.

Võttes arvesse kõiki saadud indekseid, siis uuritud alale võib panna üldise hinde „kesine“. Võrreldes teiste samas vesikonnas olevate vooluveekogudega on tulemus kehv, kuid mitte oluliselt: Pärnu alamvesikonna keskmine tulemus jääb „hea“ ja „kesise“ vahele (21 mõõdetud ala, millest 15 puhul on tulemus „hea“, 5 puhul tulemus „kesine“ ja 1 tulemusega „halb“. Võrreldes teiste III B ja II B vooluveekogudega, on tulemus kehv: Peetri jõe seisund on „väga hea“, Emajõe seisund on „hea“, Sae-Paunküla kanal seisund on „hea“ ning Kohtla jõe seisund on „halb“. (RT 2009)

Pärnu jõe kesise seisundi potentsiaalseteks põhjustajateks võivad olla lisaks üldisele argisest tegevusest tulenevale reostusele (praht, kütuselekked jne) ka ümbruskonna tootmistegevused (ER027 2017). Kõige halvem olukord oli proovil 4 (vt peatükk 2.3.3.), kus puudusid täielikult elusorganismid, mis tähendab äärmiselt kõrget saastetaset. Eriti halb oli olukord proovil 2, mille kõikide indeksite väärtused olid teistest proovidest madalamad (muidugi välja arvatud proovist 4). Tulemus võib lisaks kõigele olla tingitud sellest, et vees oli palju prahti (plekkpurgid, plastpakendid jne). Olukord on eriti märkimisväärne põhjusel, et tegu on populaarse ujumiskohaga ning seega satuvad paljud inimesed reostusega otsesesse kontakti.

Proovis 10 saavutati parimad tulemused kõikides indeksites (välja arvatud ASPT, kus oldi täpselt väga hea klassi piiri peal). See oli ilmselt tingitud sellest, et proovikoht asub Pärnust ja Türist ning seega ka nimetatud tootmistegevusest ja tihedamast asustusest üsna kaugel ning enne seda suubuvad Pärnu jõkke ka mitmed lisajõed, mis mõningal määral neutraliseerivad Türist tulnud reostuse. Kõige üllatavam oli aga vahest proovi 8 ehk Tori põrgu keskmisest nigelam seis. Põhjus võib olla selles, et tegemist on populaarse vaatamisväärsusega ja suurema külastajate arvu tagajärjel suureneb inim mõju jõelõigul.

KOKKUVÕTE

Antud töö eesmärk oli koguda esialgseid andmeid Pärnu jõe vee ökoloogilise seisundi kohta ning saada aimu Pärnu jõe üleüldisest seisundist, kasutades selleks suurselgrootute põhist analüüsi. Lisaks püstitati eesmärgiks tutvuda nimetatud meetodi protseduuridega. Mõlemad eesmärgid said täidetud.

Esimese osa raames käsitleti vee kvaliteedi hindamise võimalusi, võrreldi bioloogilise analüüsi ja keemilise analüüsi tugevusi ja nõrkusi. Seejärel käsitleti põgusalt töös kasutatavate indeksite tagamaad.

Töö teine osa oli praktiline. Esmalt määratleti sobivad proovivõtukohad, lähtudes tähtsusest piirkonnale, ligipääsetavusest ning kaugusest võrreldes teiste punktidega. Kokku võeti üksteist proovi. Seejärel määrati leitud suurselgrootud ning kasutati saadud andmeid arvutamaks taksonirikkuse, Shannoni erisuse, EPT, ASPT ja DSFI. Nende väärtuste põhjal hinnatigi Pärnu jõe seisundit.

Töö tegemist raskendasid kaks asjaolu. Esiteks kaasnes tööga küllaltki suur ressursikulu. Alguses oli vaja soetada töövahendid (või esemed, millest hiljem töövahendid valmistati). Seejärel tekkisid seoses ühest proovivõtukohast teise liikumisega transpordikulud. Teine raskendav asjaolu oli see, et proovivõtukoha valikul tuli arvestada sellega, kui ligipääsetav see koht on. Aja mõttes oleks ebapraktiline olnud valida selline proovivõtukoht, mis jääb autoga läbitavatest teedest oluliselt kaugele. Eriti teravaks muutus see probleem Türi lähenedes pärast Suurejõe.

Võrreldes teiste sarnaste Eesti jõgedega näitavad saadud tulemused, et Pärnu jõe seisund on kesine, mille põhjuseks võivad olla argise inimtegevuse (praht, kütuselekked jne) ja/või ümbruskonna tootmisteggevuse kui reostusallikate mõju. Reostusallika kindlamaks määramiseks tasub teha uuringuid veelgi põhjalikumalt. Töö käigus õpituid meetodeid on võimalik rakendada edasiste andmete kogumisel.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Armitage et al** = Armitage, P. D.; Moss, D.; Wright, J. F.; Furse, M. T. 1983. *The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites*. Water Research, nr 17. Oxford: Pergamon Press Ltd, lk 333–347.
- AA** = 2017. *Asellus aquaticus*. https://en.wikipedia.org/wiki/Asellus_aquaticus, (31.05.2017).
- BIO** = 2017. *Bioinvasioon*. <https://et.wikipedia.org/wiki/Bioinvasioon>, (31. mai 2017).
- Birštein et al** = Birštein, J. A.; Vlastov, B. V.; Giljarov, M. S.; Zenkevits, L. A.; Ivanov, A. V.; Matekin, P. V.; Filatova, Z. A.; Akimuškin, I. I.; Beljajev, G. M.; Baranova, Z. I.; Vinogradova, N. G.; Zatsepin, V. I. 1982. *Loomade elu: 2. köide. Selgrootud II*. Tallinn: Valgus.
- Cairns et al** = Cairns J. Jr.; Pratt J. R. 1986. *Developing a sampling strategy*. Rationale for Sampling and Interpretation of Ecological Data in the Assessment of Freshwater Ecosystems. Lääne-Conshohocken, Pennsylvania: Astm Intl, lk 169–186.
- Campbell I. B.** 2002. *5. Biological monitoring and assessment using invertebrates*. Environmental Monitoring Handbook. New York: McGraw-Hill Professional, lk 1–16.
- Chinery, M.** 2005. *Euroopa putukad*. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus.
- Cook, S. E. K.** 1976. *Quest for an index of community structure sensitive to water pollution*. Environmental Pollution, nr 11. Amsterdam: Elsevier Ltd, lk 269–288.
- De Pauw et al** = De Paut, N.; Vanhooren, G. 1983. *Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium*. Hydrobiologica, nr 100. Haag: Dr W Junk, lk 153–168.
- EN 27828 = European Committee for Standardization.** 1994. *Water quality. Methods for biological testing. Methods of biological sampling: guidance on handnet sampling of aquatic benthic macroinvertebrates*. Brüssel: European Committee for Standardization.
- ER027** = 2017. *ER02: Ettevõtted äriregistris, mittetulundusühingud ja sihtasutused mittetulundusühingute ja sihtasutuste registris õigusliku vormi ja maakonna järgi*, 31. detsember. <http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=ER02&lang=2>, (31.05.2017).
- France, R. L.** 1990. *Theoretical framework for developing and operationalizing an index of zoobenthos community integrity: Application to biomonitoring with zoobenthos communities in the Great Lakes*. An Ecosystem Approach to the Integrity of the Great Lakes in Turbulent Times. Ann Arbor, Michigan: Great Lakes Fishery Commission, lk 169–193.

Ghetti et al = Ghetti P. F.; Bonazzi G. 1977. *A comparison between various criteria for the interpretation of biological data in the analysis of the quality of running water.* Water Research 11. Amsterdam: Elsevier Ltd, lk 819-831.

Giljarov et al = Giljarov, M. S.; Kröžanovski, O. L.; Mamajev, B. M.; Pravdin, F. N.; Dlusski, G. M.; Lange, A. B.; Turpajeva, E. P. 1969. *Loomade elu: 3. köide. Selgrootud III.* Tallinn: Valgus.

Howmiller et al = Howmiller R. P.; Scott, M. A. 1977. *An environmental index based on relative abundance of oligochaete species.* Journal (Water Pollution Control Federation), nr 49. Alexandria, Virginia: Water Environment Federation, lk 809–815.

KKA = 2017. *Eesti järvede loomastik.*

<http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/fauna.pdf>, (31.05.2017).

KKS = 2004. *Keskkonnasõnaraamat EnDic2004.*

<https://mot.kielikone.fi/mot/endic/netmot.exe?UI=ened&height=165>, (31.05.2017).

Kovalak W. P. 1981. *Assessment and prediction of impacts of effluents on communities of benthic stream macroinvertebrates.* - Ecological Assessments of Effluent Impacts on Communities of Indigenous Aquatic Organisms. Lääne-Conshohocken, Pennsylvania: Astm Intl, lk 255–263.

KV = 2017. *Kirpvähilised.* <https://et.wikipedia.org/wiki/Kirpv%C3%A4hilised>, (31.05.2017).

Lenat, D. R. 1988. *Water Quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates.* - Journal of North American Benthological Society, nr 7. Chicago: Society for Freshwater Science, lk 222–233.

Maa-ameti kaardiserver = 2017. *Maa-ameti kaardiserver.* xgis.maaamet.ee/xGIS/XGIS, (31. mai 2017).

McGavin, G. C. 2005. *Looduse taskuraamat putukad ja ämblikud.* Tallinn: Varrak.

Medin et al = Medin, M.; Ericsson, U.; Nilsson, C.; Sundberg, I.; Nillson, P.-A. 2001. *Bedömningsgrunder för bottenfaunaundersökningar.* Mölnlycke: Medins Sjö- och Åbiologi AB, viidatud Timm, H.; Vilbaste, S. 2010. *Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise metoodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiliste ränivetikate kooslus jões. Suurselgrootute põhjaloode kooslus jões ja järves.*
https://www.envir.ee/sites/default/files/pinnavee_seisund.pdf, (31.05.2017) järgi.

Metcalfe-Smith J. L. 1994. 8: *Biological Water-Quality Assessment of Rivers: Use of Macroinvertebrate Communities.* The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles. Cambridge: Blackwell Science Ltd, lk 144–171.

- Pallottini et al** = Pallottini, M.; Goretti, E.; Gaino, E.; Selvaqqi, R.; Cappelletti, D.; Céréqhino, R. *Invertebrate diversity in relation to chemical pollution in an Umbrian stream system (Italy)*. Comptes Rendus Biologies, nr 338. Amsterdam: Elsevier Ltd, lk 511–520.
- Pinder et al** = Pinder, L. C. V.; Farr, I. S. 1987. *Biological surveillance of water quality. - 1. A comparison of macroinvertebrate surveillance methods in relation to assessment of water quality, in a chalk stream*. Archiv für Hydrobiologie 109. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, lk 207–226.
- Pinder et al** = Pinder, L. C. V.; Farr, I. S. 1987a. *Biological surveillance of water quality. 2. Temporal and spatial variation in the macroinvertebrate fauna of small chalk stream*. Archiv für Hydrobiologie 109. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, lk 619–637.
- Pratt et al** = Pratt, J. M.; Coler, R. A. 1976. *A procedure for the routine biological evaluation of urban runoff in small rivers*. Water Research, nr 10. Amsterdam: Elsevier Ltd, lk 1019–1025.
- RI** = 2017. Riigi ilmateenistus. Siseveed. Operatiivsed vaatlusandmed. <http://www.imateenistus.ee/siseveed/vaatlusandmed/tabel/>, (31.05. 2017).
- RT** = Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord. 2009. <https://www.riigiteataja.ee/akt/125112010015>, Riigi Teataja. I osa, nr 15, (31.05.2017).
- Rändkarp** = 2015. Rändkarp. <https://et.wikipedia.org/wiki/R%C3%A4ndkarp>, (31.05.2017).
- Shannon, C. E.** 1948. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal, nr 27. New York: AT&T, lk 379–423, 623–656.
- Skriver et al** = Skriver, J.; Friberg, N.; Kirkegaard, J. 2000. *Biological assessment of running waters in Denmark: introduction of the Danish Stream Fauna Index (DSFI)*. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, lk 1822–1830
- Sweeting, R. A.** 1994. 2: *River Pollution*. The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles. Cambridge: Blackwell Science Ltd, lk 23–32.
- Zenkevitš et al** = Zenkevitš, L. A.; Lukin, J. I.; Naumov, D. V.; Ošmarin, P. G.; Paramonov, A. A.; Poljanski, J. I.; Rōžikov, K. M.; Abrikossov, G. G.; Bogoslovski, A. S.; Koltun, V. M.; Malevitš, I. I.; Pasternak, F. A.; Svešnikov, V. A. 1981. *Loomade elu: 1. köide. Selgrootud I*. Tallinn: Valgus.
- Zeybek et al** = Zeybek, M.; Kalyoncu, H.; Karakaş, B.; Özgül, S. 2014. *The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in*

Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/135655>, (31.05.2017).

Timm, H. 1996. *Puruvanaad, omaette olijad*.

http://www.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/EL/vanaweb/9607/puruvana.html, Eesti Loodus nr 7, (31.05.2017).

Timm, H. 2014. *Laeva jõe alamjooksu seisund suurselgrootute järgi 2014. a.* Projekti Life Happyriver LIFE12 NAT/EE/000871 raames läbiviidud uuringute aruanne. Eesti Maaülikooli limnoloogiakeskus.

Timm et al = Timm, H.; Vilbaste, S. 2010. *Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise metoodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiliste ränivetikate kooslus jões. Suurselgrootute põhjaloomade kooslus jões ja järves.*

https://www.envir.ee/sites/default/files/pinnavee_seisund.pdf, (31.05.2017).

Urbas, P. 2017 *Vesikakand*. http://www.zbi.ee/satikad/vahid/kaka/kaka_ma.htm, (31.05.2017).

VKST = 2016. *Veekogumite seisundi tabel 2015*.

http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/20161128_pinnaveekogumite_seisund_2015_kaur_kinnitatud_17.11.2016.xlsx, (31.05.2017).

VRD = 2000. *Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ, 23. oktoober 2000, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik*. Eestikeelne eriväljaanne, lk 275-346.

Watershed... = 2017. *Watershed Science Institute Watershed Condition Series Technical Note 3 The EPT Index*.

<https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/strmRest/wshedCondition/EPTIndex.pdf>, (31.05.2017).

Wilhm et al = Wilhm, J. L.; Dorris, T. C. 1968. *Biological parameters for water quality criteria*. - Bio Science, nr 18. Oxford: Oxford University Press, lk 477–481.

SUMMARY

Assessment of the ecological status of River Pärnu using macroinvertebrates

Clean and unpolluted rivers are crucial to uncountable ecosystems and billions of people. They provide habitat to millions of different species all over the world. They also play a vital role in people's lives as pollution of riverwater can lead to pollution of drinking water. That is the reason why it is important to assess the quality of rivers, including the River Pärnu.

The purpose of this paper is to assess the ecological status of River Pärnu, using macroinvertebrates. It is achieved with various biotic indices. With results, gotten from these indices, it is possible to discover possible problems and also find solutions to said problems. What is more, it is possible to compare the results of the River Pärnu with the results other rivers. This enables to make conclusions about the relative quality of River Pärnu.

In the first part of this paper, biotic indices used in this research are introduced. Their positive and negative aspects are analysed and their calculations are explained. In the second part, the sampling procedure is described and the taxa found in these samples is revealed. With data shown, scores to mentioned indices are calculated. With these scores, it is possible to make conclusions about the quality of the River Pärnu.

During research it was found that the overall quality of water in the River Pärnu, according to the used indices, was quite poor. A similar conclusion was reached when comparing the results with other similar rivers. This result could have many explanations. For example, it is probable that different industrial facilities that are found everywhere near the river banks are a cause of the pollution. Additional research is required in that field.

All in all, the purpose of this paper was achieved, but there still remains the possibility to do more profound research using the methods described.

LISAD

Lisa 1. Vooluveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid bioloogiliste näitajate väärtuste järgi

Tüüp I A – tumedaveelised ja humiaineterikkad (KHT_{Mn} 90%-line väärtus üle 25 mg O/l) jõed valgala suurusega 10–100 km²;

Tüüp I B – heledaveelised ja vähese orgaanilise aine sisaldusega (KHT_{Mn} 90%-line väärtus alla 25 mg O/l) jõed valgala suurusega 10–100 km²;

Tüüp II A – tumedaveelised ja humiaineterikkad (KHT_{Mn} 90%-line väärtus üle 25 mg O/l) jõed valgala suurusega >100–1000 km²;

Tüüp II B – heledaveelised ja vähese orgaanilise aine sisaldusega (KHT_{Mn} 90%-line väärtus alla 25 mg O/l) jõed valgala suurusega >100–1000 km²;

Tüüp III A – tumedaveelised ja humiaineterikkad (KHT_{Mn} 90%-line väärtus üle 25 mg O/l) jõed valgala suurusega > 1000–10 000 km²;

Tüüp III B – heledaveelised ja vähese orgaanilise aine sisaldusega (KHT_{Mn} 90%-line väärtus alla 25 mg O/l) jõed valgala suurusega >1000–10 000 km²;

Kvaliteedinäitaja	ÖKS 1–0 vastav väärtus	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
Tüüp II B - valgala suurusega 100–1000 km²						
<i>Kvaliteedielement: suurselgrootud</i>						
Taksonirikkus (kiirevooluline)	29–0	>26	26–23	22–17	<17	<17
Taksonirikkus (aeglasevooluline)	18–0	>16	16–14	13–11	<11	<11
EPT	16,5–0	>12	12–10	9–8	<8	<8
H'	3,0–0	>2,7	2,7–2,4	<2,4–1,8	<1,8	<1,8
ASPT	7–1	>6,2	6,2–5,5	<5,5–4,1	<4,1	<4,1
DSFI	7–1	7–6	5	4	<4	<4

Allikas: RT 2009

Lisa 1 järg

Kvaliteedinäitaja	ÖKS 1–0 vastav väärtus	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
Tüüp III B – valgala suurusega 1000–10000 km²						
<i>Kvaliteedielement: suurselgrootud</i>						
Taksonirikkus	33,5–0	>30	30–27	26–20	<20	<20
EPT	16,5–0	>15	15–13	12–10	<10	<10
H'	3,0–0	>2,7	2,7–2,4	<2,4–1,8	<1,8	<1,8
ASPT	6,9–0	>6,2	6,2–5,5	<5,5–4,1	<4,1	<4,1
DSFI	7,0–0	7–6	5	4	<4	<4

Kuna uurimisalasse jäävad üksnes II B (proovid 10 ja 11) ja III B (proovid 1–9) tüüpidest pinnaveekogumid (RT 2009), siis on ainult nende tüüpide piirväärtused välja toodud.

Allikas: RT 2009

Lisa 2. Briti loomarühmade tolerantusväärtused

10 – *Siphonuridae*, *Heptageniidae*, *Leptophlebiidae*, *Ephemerellidae*, *Potamanthidae*, *Ephemeridae*, *Taeniopterygidae*, *Leuctridae*, *Capniidae*, *Perlodidae*, *Perlidae*, *Chloroperlidae*, *Aphelocheiridae*, *Phryganeidae*, *Molannidae*, *Beraeidae*, *Odontoceridae*, *Leptoceridae*, *Goeridae*, *Lepidostomatidae*, *Brachycentridae*, *Sericostomatidae*

8 – *Astacidae*, *Lestidae*, *Calopterygidae*, *Gomphidae*, *Cordulegasteridae*, *Aeshnidae*, *Corduliidae*, *Libellulidae*, *Psychomyiidae* ja/või *Ecnomidae*, *Philopotamidae*

7 – *Caenidae*, *Nemouridae*, *Rhyacophilidae* ja/või *Glossosomatidae*, *Polycentropodidae*, *Limnephilidae*

6 – *Neritidae*, *Viviparidae*, *Ancylidae* ja/või *Acroloxidae*, *Hydroptilidae*, *Unionidae*, *Corophiidae*, *Gammaridae*, *Platycnemidae*, *Coenagriidae*

5 – *Mesoveliidae*, *Hydrometridae*, *Gerridae*, *Nepidae*, *Naucoridae*, *Notonectidae*, *Pleidae*, *Corixidae*, *Haliplidae*, *Hygrobiiidae*, *Dytiscidae* ja/või *Noteridae*, *Gyrinidae*, *Hydrophilidae*, *Clambidae*, *Scirtidae*, *Dryopidae*, *Elmidae*, *Chrysomelidae*, *Curculionidae*, *Hydropsychidae*, *Tipulidae*, *Simuliidae*, *Planariidae*, *Dendrocoelidae*

4 – *Baetidae*, *Sialidae*, *Piscicolidae*

3 – *Valvatidae*, *Bithyniidae*, *Lymnaeidae*, *Physidae*, *Planorbidae*, *Sphaeriidae* ja/või *Pisidiidae*, *Glossiphoniidae*, *Hirudinidae*, *Erpobdellidae*, *Asellidae*

2 – *Chironomidae*

1 – *Oligochaeta*

ASPT = $\Sigma (t)/n$, kus n on tolerantusväärtust omavate loomarühmade arv proovis.

Allikas: (Armitage et al 1983)

Lisa 3. Taani vooluvete fauna indeksi (DSFI) arvutamine

Taani indeks	Indeksi väärtused				
Klassid ja võtmerühmad	Esineb:	≤(-2)	(-1) kuni (3)	4 kuni 9	>9
Klass 1. <i>Brachyptera, Capnia, Leuctra, Isogenus, Isoperla, Isoptena, Perlodes, Protonemura, Siphonoperla; Ephemeridae, Limnius, Glossosomatidae, Sericostomatidae.</i>	≥2 võtmerühma	-	5	6	7
	ainult 1 võtmerühm	-	4	5	6
Klass 2. <i>Amphinemura, Taeniopteryx, Ametropodidae, Ephemerellidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Siphonuridae; Elmis, Elodes, Rhyacophilidae, Goeridae, Ancylus.</i> Kui <i>Asellus</i> ≥ 5 isendit, => klass 3; kui <i>Chironomus</i> ≥ 5 isendit => klass 4.		4	4	5	5
Klass 3. <i>Gammarus</i> 10 isendit. <i>Caenidae</i> ; <i>Trichoptera</i> sugukonnad (v.a klassides 1 ja 2 nimetatud) ≥ 5 isendit. Kui <i>Chironomus</i> > 5 isendit, => klass 4.		3	4	4	4
Klass 4. <i>Gammarus</i> 10 isendit. <i>Asellus, Caenidae, Sialis</i> või <i>Trichoptera</i> sugukonnad (v.a klassides 1 ja 2 nimetatud).	≥2 võtmerühma	3	3	4	-
	ainult 1 võtmerühm	2	3	3	-
Klass 5. <i>Gammarus</i> < 10 isendit. <i>Baetidae</i> ; või <i>Simuliidae</i> ≥ 25 isendit. Kui <i>Oligochaeta</i> > 100 isendit, => klass 5, 1 võtmerühm. Kui <i>Eristalinae</i> ≥ 2 isendit, => klass 6.	≥2 võtmerühma	2	3	3	-
	ainult 1 võtmerühm	2	2	3	-
Klass 6. <i>Tubificidae, Psychodidae, Chironomidae, Eristalini.</i>		1	1	-	-

Allikas: Skriver et al 2000

Lisa 3 järg

P (positiivsed grupid): *Tricladida*, *Gammarus*, kõik *Plecoptera* perekonnad, kõik *Ephemeroptera* sugukonnad, *Elmis*, *Limnius*, *Elodes*, *Rhyacophila*; kõik kaasaskantava majaga *Trichoptera* sugukonnad; *Ancylus fluviatilis*.

N (negatiivsed grupid): *Oligochaeta* (≥ 100), *Helobdella*, *Erpobdella*, *Asellus*, *Sialis*, *Psychodidae*, *Chironomus*, *Eristalinae*, *Sphaerium*, *Lymnaea* (= *Radix*).

Indeksi arvutamisel leitakse esmalt õige klass, seejärel õige veerg, liites kokku P ja N arvestusega, et iga P annab 1 pluss- ja iga N ühe miinuspunkti.

Lisa 4. Töö käigus tuvastatud liigid

JÄRVEKARP (*Unio*)



Allikas: http://www.animalbase.uni-goettingen.de/animalbaseimage/Unio-pictorum_01.jpg

Lisa 4 järg

KEERISTIGU (*Bithynia tentaculata*)



Allikas: <http://mollusca.sav.sk/malacology/img/bithynia-tentaculata/bithynia-tentaculata-1.jpg>

Lisa 4 järg

SULGTIGU (*Valvata piscinalis*)



Allikas: <http://www.ecosystema.ru/08nature/w-invert/064f1.jpg>

Lisa 4 järg

ÜHEPÄEVIKULISE VASTNE (*Ephemeroptera*)



Allikas: https://farm9.static.flickr.com/8673/15256419883_44704129f9_b.jpg

Lisa 4 järg

PURUVANA EHK EHMESTIIVALISE VASTNE (*Trichoptera*)



Allikas: http://static1.nagi.ee/i/p/00/33/01670033605cd0_m.jpg/1

Lisa 4 järg

VESIKAKAND (*Asellus aquaticus*)



Allikas:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/84/Waterlouse \(Asellus aquaticus\).jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/84/Waterlouse_(Asellus_aquaticus).jpg)

Lisa 4 järg

PISIKAAN (*Helobdella stagnalis*)



Allikas:

https://www.researchgate.net/profile/Irina_Kaygorodova/publication/280534636/figure/fig2/AS:306759244763137@1450148511252/Figure-2-Glossiphonia-sp-1-below-and-Alboglossiphonia-heteroclita-above-from-Kurma.png

Lisa 4 järg

SÄÄSEVASTSED (*Chironomidae*)



Allikas: <http://cdn1.arkive.org/media/5C/5CB8E9DE-95CF-4094-8360-EAC086B4032A/Presentation.Large/Midge-larvae.jpg>

Lisa 4 järg

KEVIKLASE VASTNE (*Nemouridae*)



Allikas:

<http://i970.photobucket.com/albums/ae185/whingeingpom/WillowflyEuleuctrageniculata.jpg>

Lisa 4 järg

PUNNTIGU (*Radix*)



Allikas: <http://www.biolib.cz/IMG/GAL/202175.jpg>

Lisa 4 järg

KIRPVÄHILINE (*Crustacea*)



Allikas: <http://nathistoc.bio.uci.edu/crustacea/Amphipoda/Amphithoe1.jpg>

Lisa 4 järg

LOIDTIIBLASE VASTNE (*Megaloptera*)



Allikas:

<http://www.shl.uiowa.edu/env/limnology/macroinvertebrates/Megaloptera/Sialidae/Sialis%20sp16x12.jpg>