

Võru Gümnaasium

Liilia Varrik

KORELI OJA VEE KVALITEEDINÄITAJAD

Uurimistöö

Juhendaja: Paula Solvak



„Selle väljaande sisu eest vastutab ainuisikuliselt Võru Gümnaasium ning selles kajastatu ei peegelda mingil juhul Eesti-Vene piiriülese koostöö programmi 2014-2020, programmis osalevate riikide ega Euroopa Liidu seisukohti.“

„Eesti-Vene piiriülese koostöö programmi 2014-2020 eesmärk on edendada piiriülest koostööd Eesti Vabariigi ja Vene Föderatsiooni vahel, et soodustada sotsiaalmajanduslikku arengut mõlemal pool ühist piiri. Programmi koduleht on www.estoniarussia.eu.

Võru 2020

Käesolevaga kinnitan, et olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Annan töö positiivsele hindele kaitsmise korral Võru Gümnaasiumile tasuta loa (lihtlitsents) enda koostatud uurimistöo/praktilise töö kirjaliku osa reprodutseerimiseks, säilitamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks õppe- ja kasvatustöö eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni, juhul kui sellega ei riivata kolmandate tööga seotud osapoolte õigusi.

Ülaltoodust tulenevalt kinnitan, et viitan oma töö kasutamisel või esitamisel edaspidi alati Võru Gümnaasiumile kui töö kaasautorile.

24.05.2020. Liilia Varrik

/kuupäev, töö autori nimi/

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1. VEE KVALITEEDINÄITAJAD	5
1.1 pH	5
1.2 Elektrijuhtivus	7
1.3 Temperatuur.....	7
1.4 Lahustunud hapnik	8
1.5 Hägusus	9
2. KORELI OJA JA PROJEKT <i>BIOAWARE</i>	12
3. METOODIKA	14
4. UURINGU TULEMUSED JA ANALÜÜS	16
4.1 Temperatuuri tulemused	16
4.2 pH tulemused.....	17
4.3 Hapnikusisalduse tulemused.....	18
4.4 Elektrijuhtivuse tulemused	20
4.5 Hägususe tulemused	21
5. JÄRELDUSED	22
KOKKUVÕTE.....	23
KASUTATUD KIRJANDUS	24
LISAD	26
Lisa 1. Tabel koos kõigi mõõtmistulemustega	26

SISSEJUHATUS

Töö autor valis antud teema oma uurimistööks, sest keskkonnaga seotud teemad on praegu aktuaalsed ja võimalus teha veemõõtmisi Koreli ojas tundus uus ja huvitav väljakutse. Tööga tahetakse äratada tähelepanu Koreli oja puhtuse säilitamise tähtsusele ning äratada tähelepanu inimeste võimalikule mõjule oja kvaliteedinäitajatele.

Koreli oja voolab läbi Võru linna, mis tähendab, et inimtegevus on mõjutanud oja vee kvaliteeti. Hetkel ei ole infot, millise kvaliteediga oja vesi on. Kõige hilisem allikas Koreli oja heaolu kohta pärineb Võru Linnavalitsuse poolt tellitud „Koreli oja seisundi uuring“ (Vreimann, 2017), mis on tehtud 2017. aastal.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on välja selgitada mõju, mida inimtegevus avaldab Koreli oja, luua uut informatsiooni antud veekogu kvaliteedinäitajate kohta ja anda oma panus projekti „*BioAware*“. Autor tahab saada vastus kahele uurimisküsimusele, milleks on „Kuidas erinevad mõõtmistulemused 5 kuu lõikes?“ ning „Kuidas erinevad mõõtmistulemused enne ja pärast linna ning linnas?“

Selleks, et autor saaks uurimisküsimustele vastused, tegi ta Koreli ojas kuue kuu jooksul 6 mõõtmist enne ja pärast linna ning linnas sees. Uurimistöö meetod on kvantitatiivne ning põhineb Koreli oja viiel kvaliteedinäitaja mõõtmisel, milleks on pH, hägusus, elektijuhtivus, temperatuur ja lahustunud hapnik ning nende analüüsil.

Töö teoreetilises osas tuuakse välja iga uurimistöös välja toodud kvaliteedinäitaja kohta, kuidas nad on tekkinud ja nende tagajärjed. Peale seda õppis autor kasutama Vernieri seadmeid, et hakata läbi viima mõõtmisi Koreli ojas. Peale kvaliteedinäitajate mõõtmisele Koreli ojas otsib autor iga näitaja olulisuse, põhjuse ning tekke kohta informatsiooni ning kirjeldab mõõtmiseks kasutatud seadmete kasutamist.

1. VEE KVALITEEDINÄITAJAD

Veeproove võetakse selle jaoks, et saada ülevaade vee kvaliteedist. Selleks, et vee mõõtmisi teha peab valima selleks veekogu. Samas veekogus erinevad mõõtmised eri punktides, sellepärast peab enne mõõtma asumist otsima kohad veekogu juures, kust tahetakse mõõtmised teha. Selleks, et mõõtmised tuleksid võimalikult erinevad tuleb valida mõõtmispunktideks üksteisest erineva ümbruse ja kaugel asukohaga kohad.

1.1 pH

Vee pH oleneb veekoha asukohast, vees sisalduvatest mineraalidest, taimede tegevusest ja pinnasest. Vesi on happeline kui pH on alla 7 ja aluseline kui pH on üle 7. Lubjakivipinnalisel veekogul on aluseline vesi. Põhja- Eestis on lubjakivipind ning selle tõttu on seal ka pigem aluseline vesi ning Lõuna- Eestis on happeline. Mineraalid nagu sulfiidid põhjustavad vee happelisust. pH võib langeda kuni 5.67ni kui veekogus puuduvad karbonaadid ja vesi on üle küllastunud süsihappegaasiga. Öösel kui taimed hingavad hapniku, langeb pH hingamise tõttu vabanevale CO₂ rohkusele, aga päev kui taimed süsihappegaasi kasutavad fotosünteesiks, siis pH tõuseb, sellepärast võib pH veekogus kõikuda ööpäeva jooksul 2 või rohkem ühikut. Eutroofne ehk rohketoitainelistes veekogus võib pH tõusta üle 10, kui fotosüntees on intensiivne. Turbasammalde tugeva ionivahetusvõime ja humiinainete rohkuse tõttu rabajärvede pH üldiselt 3– 4. Happeline vesi põhjustab korrosiooniprotsesse, lahustades vette erinevaid metalle. (GLOBE, 1998) (Kõiv, Eesti Maaülikool, PKI, & Limnoloogiakeskus, pH ja redokspotentsiaal, 2013)

Üks kergemaid ,aga ebatäpsemaid viise vee pH leidmiseks on indikaatorpaberite abil. Selle jaoks on vaja topsi ja indikaatorpabereid. Topsi peab loputama mitu korda veekogu veega, et katse tulemus õige tuleks. See tuleb täita veekogu veega ning asetada indikaatorpaber täidetud topsi ja lasta sellel seista nii kaua, kui on näha muutusi paberil. Värv muutnud indikaatorpaberit tuleb võrrelda värvuskaardiga, niimoodi saab teada, kas vesi on aluseline või happeline ja kui suur pH võib ligikaudu olla. Teine viis vee pH teadasaamiseks on pH anduri (vt Joonis 1), Vernieri andmekoguja (vt Joonis 2), destilleeritud vee ja kuivatuspaberi abil. Andur tuleb ühendada andmekogujaga, sealt on näha mõõtmiste tulemused. Selleks on vaja destilleeritud vett, pH andurit ja salvrätikuid. Kõige esimene asi, mida peab tegema on masina kalibreerimine, siis saab edasi minna veekogu juurde mõõtma. Mõõtevahend on vaja ühendada andmekogujaga. Seejärel puhastatakse andur destilleeritud veega, et see näitaks neutraalsust ja õiget tulemust.

Seejärel asetatakse andur vette ning hoitakse seda seal nii kaua, kuni tulemus stabiliseerub. Peale pH anduri kasutamist, tuleb see uuesti loputada destilleeritud veega, ära kuivatada ning alles siis kokku panna. (GLOBE, 1998)



Joonis 1. Vernieri pH andur (Vernier, pH Sensor, kuupäev puudub)



Joonis 2. Vernieri andmekoguja (Vernier, kuupäev puudub)

1.2 Elektri juhtivus

Vee elektri juhtivus näitab, kas vees on lahustunud soolad. Mida suurem on elektri juhtivus, seda suurem hulk soolasid on lahustunud veekogus. Suure elektri juhtivuse põhjusteks võivad põllumajanduse, tööstuste ning kanalisatsioonide lekked. Kõrge vee elektri juhtivuse korral suureneb ka vee korrosioonivõime. (GLOBE, 1998) (AS, AP&P Grupi, kuupäev puudub)

Selle mõõtmiseks on vaja elektri juhtivusmõõtitjat (vt Joonis 3), Vernieri andmekogujat (vt Joonis 2), destilleeritud vett ja salvrätikut. Enne mõõtja kasutamist tuleb see kalibreerida, et see näitaks õigeid tulemusi. Juhtivusmõõtja on vaja enne vette asetamist tuleb ühendada Vernieri andmekogujaga, et näha andmeid, mis kogutakse anduri abil, seejärel andur loputada destilleeritud veega, et see näitaks õiget tulemust. Seejärel tuleb seda hoida veekogu vees nii kaua, kuni näitaja stabiliseerub. Peale juhtivusmõõtja kasutamist tuleb see loputada destilleeritud veega, ära kuivatada ja alles siis kokku panna. (GLOBE, 1998)



Joonis 3. Vernieri elektri juhtivusmõõtja (Vernier, Conductivity Probe)

1.3 Temperatuur

Temperatuur näitab, kui hästi neelab veekogu soojusenergiat. Veeloomade ja- taimede kasv ning paljunemine sõltub vee soojusest, iga liik saab elada neile sobivas keskkonnas. Vee temperatuurist oleneb ka hapniku (O_2) sidumine veega. Külma vesi seob rohkem hapnikku kui soe vesi. (GLOBE, 1998)

Mõõtmiseks on vaja temperatuuri andurit (vt Joonis 4) või siis termomeetrit, millega on võimalik vee temperatuuri mõõta. Vernieri temperatuuri anduriga mõõtes on vaja ka Vernieri

andmekogujat (vt Joonis 2), et näha mõõtmiste tulemusi. Enne mõõtmist ei ole soovitatav anduri otsa, mis pantakse vette kättpidi haarata, sest keha soojus ajab näidu kõrgeks ja selle tõttu peab kauem ootama seadme tulemusi. Vernieri andmekogujaga ühendatakse temperatuuri anduriga, andur asetatakse vette nii kauaks, kuni näitaja stabiliseerub. Oluline on mõõta ka õhutemperatuur mõõtmiste tegemiste ajal, seda saab teha samuti temperatuuri anduriga, selleks tuleb seadet hoida õhu käes nii kaua, kuni näitaja stabiliseerub. (GLOBE, 1998)



Joonis 4. Vernieri temperatuuri andur (Vernier, Stainless Steel Temperature Probe)

1.4 Lahustunud hapnik

Vees lahustunud hapniku sisaldus sõltub mitmetest asjaoludest: temperatuurist, veetaimede fotosünteesist ja voolu tugevusest. Kõige rohkem hapniku on vee pealmistes kihtides. Suure voolutugevuse korral seob vesi hapnikku õhust. Kärestikuline veekogu haarab endasse kõige rohkem hapniku. Madala temperatuuriga vesi seob rohkem hapnikku kui kõrge temperatuuriga vesi. Veetaimed toodavad vette hapnikku fotosünteesi käigus. Kõik elus organismid kasutavad vees olevat hapniku hingamiseks ka taimed. Suur osa hapnikku kulub surnud organismide lagundamiseks. Hapnikusisaldus annab meile ülevaate veekogus olevate taimede ja loomade rohkusest, sest mida vähema hapnikusisaldusega on vesi, seda vähem taimi ja kalu seal elab. Kalad on pikemat aega vastupidavad madala hapnikusisaldusega 1– 1.5mg/l vees, kuid kalad kes eelistavad külmas veekogus elamist, vajavad vähemalt 2.3– 3.5mg/l hapnikusisaldusega vett. Vee loomad ja taimed on tundlikumad haigustele ja arenevad aeglasemalt kui vesi on liiga kaua hapnikuvaene. (GLOBE, 1998) (Kõiv, Eesti Maaülikool, PKI, & Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool, Hapniku lahustumine ja hulk vees, 2012) (Keskkonnaagentuur)

Selleks, et mõõta lahustunud hapniku sisaldust vees on vaja lahustunud hapniku andurit (vt Joonis 5), Vernieri andmekogujat (vt Joonis 2), destilleeritud vett ja paberit. Kõige pealt tuleb andur kalibreerida, et kindlustada tulemuste õigsus. Lahustunud hapniku andur ühendatakse Vernieri andmekogujaga, et näha andmeid, mida kogutakse anduriga, seejärel loputatakse destilleeritud veega ning pannakse vette, milles hakatakse antud seadmega segama, seda tuleb teha nii kaua, kuni näit stabiliseerub. Peale kasutamist puhastatakse andur destilleeritud veega, kuivatatakse ära ning pannakse kokku. (GLOBE, 1998)



Joonis 5. Vernieri lahustunud hapniku andur (Vernier, Dissolved Oxygen Probe)

1.5 Hägusus

Vee läbipaistvusest ehk hägususest sõltub veekogu põhjataimestik. Kui vesi on läbipaistev, siis valgus paistab läbi vee ja taimed saavad valgusenergiat fotosünteesimiseks, aga kui vesi ei ole läbipaistev, siis taimed ei saa elamiseks vajalikku valgust. Vee hägusus tuleneb veest leitavatest mittelahustuvatest ainetest. Osa neist satub vette juba veeallikast. Hägu tekib, kui vesi puutub kokku õhuga (rauaühendid, lahustunud lubjakivi välja sadenemine) või kui vette satuvad põllumajandusväetised, ehitusjäätised, samuti on põhjuseks üleskeerutatud pori ning üleskerkinud setted. Hägusus näitab kui sügaval vees saavad taimed kasvada. (GLOBE, 1998) (AA Aqua OÜ, kuupäev puudub) (AS, AP&P Grupi, kuupäev puudub)

Selleks, et vee läbipaistvust mõõta on kaks võimalust. Esiteks me võime seda mõõta Secchi ketta (vt Joonis 7) abil, aga sellega ei saa mõõta kaldal, mõõtmiseks on vaja kas purret või paati. Selle mõõtmisviisi jaoks on vaja Secchi ketast, mõõdulinti ja midagi, millega teha märkmeid

mõõtevahendi nõõrile, näiteks marker, nõõr või traat. Soovitav on eelnevalt mingid vahemikud, näiteks meetrid ära märkida nõõrile, et oleks parem ülevaade sellest, kui sügavale ketas läheb. Secchi ketta puudumisel võib selle ise teha, kasutades valget ketast, näiteks valge rauast potikaas või puidust valge ketas, aga sel juhul tuleb kettale raskendus külge panna, et see vee alla vajuks. Ketas lastakse rahulikult vertikaalsihis vette ning lastakse selle piirini, kus see ära kaob. Seejärel vaadatakse nõõril olevaid märkmeid ning nii saab ligikaudu märkida hägususe, täpsema tulemuse saamiseks tuleb see punkt ära märkida ja see mõõdulindiga ära mõõta, nii saame teada vee läbipaistvuse ehk Secchi sügavuse. Teine viis vee hägususe mõõtmiseks on hägususe anduri (vt Joonis 6), Vernieri andmekoguja (vt Joonis 2), spetsiaalse topsi ja destilleeritud vee abil. Kõige esimene asi, mida peab tegema enne seadmega mõõtma asumist on kalibreerimine, et mõõtevahend näitaks õigeid tulemusi. Andur ühendatakse Vernieri andmekogujaga, mõõtmiseks peab spetsiaalset topsi veekogu veega loputama paar korda ning alles siis täitma topsil oleva jooneni. Vett peab loksutama ning siis saab selle topsiga andurisse asetama nii, et spetsiaalse topsi korgil olev nool oleks vastamisi anduril oleva märkega. Seade peab olema tasasel pinnal, muidu see ei näita õigeid tulemusi. Vernieri anduril on hägususe ühikuks NTU, see on valitud Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitse Agentuuri poolt standardiseeritud mõõtmisühikuks, mille tähendus NTU on *Nephelometer Turbidity Unit*. (GLOBE, 1998) (coppershop, 2019)



Joonis 6. Vernieri hägususe andur (Vernier, kaupäev puudub)



Joonis 7. Secchi ketas (U.S. Army Corps of Engineers, 2011)

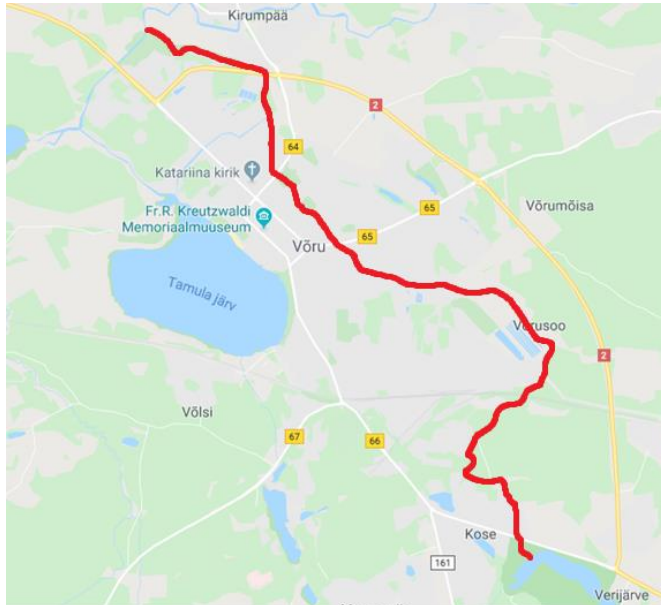
2. KORELI OJA JA PROJEKT *BIOAWARE*

Koreli oja (vt Joonis 8) asub Võru vallas ning voolab läbi Võru linna, selle pikkus koos lisaharudega on 21.8 kilomeetrit. Suur osa selle voolusängist jääb Võru linna piiresse. Jõgi saab alguse Verijärvest ning suubub Võhandu jõkke. Oja ümbruses on palju faktoreid, mis mõjutavad ja on mõjutanud vee kvaliteeti, nendeks on tööstusrajoonid, näiteks Võrusoo katlamaja, Cristella VT OÜ, Juustutehas, sademevee väljalasud. Linnavalitsus lasi teha uuringu „Koreli oja seisundi uuring“ (Vreimann, 2017), milles selgitati välja reostuse allikad ning nende peatamine. Selle töö alusel anti mõista, et illegaalne heitvete suunamine Koreli oja on olnud probleemiks ning muutunud Koreli oja ääres olemise ebameeldivaks selle lõhna ja välimuse pärast. Praeguseks on heitvete oja laskmine kontrolli alla saadud. (Tamre, 2017)

Hiljutisem rikkumine pandi toime ettevõtte Valio Eesti ASi poolt 2018. aasta märtsi kuni septembri ajalisel perioodil kui nad suunasid osa heitvett Koreli oja, see ei jäänud märkamata linnaelanikele, kes kaebasid halva lõhna, surnud kalade ja ebaselge vee pärast ning selle pärast pöörduti ka keskkonnainspeksiooni poole, kes hakkasid seda uurima ja tegid kindlaks, et enne Valio Eesti ASi biotiike oli vesi puhtam kui pärast. Uurimise käigus tuli välja, et Valio Eesti AS lasi heitvett amortiseerunud ehk nõuetele mittevastavatesse biotiikidesse kust edasi juhiti lubatud saasteainete piirväärtustele mittevastavat vett Koreli oja. (Harju, 2019)

Projekt *BioAware* kestus on 15.04.2019– 14.04.2022, selle käigus tehakse korda ning luuakse mitmekülgsed õuesõppe ja rekreatsioonialasid Võrus Koreli oja ning Pihkvas Mirošhka jõe kaldale. Projekti kuuluvad 4 partnerit, milleks on Võru Linnavalitsus, Võru Gümnaasium, Pihkva Administratsioon ja Pihkva Ökoloogia ja Bioloogia Keskus. Kaasatud partneriteks on Keskkonnaamet ning piirkonna koolid nagu Võru Kreutzwaldi kool, Võru Kesklinna Kool, Võru Järve Kool, Pihkva Humanitaarlütseum ja Erivajaduste keskus nr 1. Koolide õpilased on kaasatud programmi viisil, et teha *BioAware*’i jaoks uurimis- ja praktilisi töid, mis on seotud keskkonnaga, töödest valitakse parimad välja ja esitletakse projekti lõpuüritusel ehk noorte teaduskonverentsil, mis toimub 2020. aastal. Koreli oja juurde on valmimas haljastus, mängu-, spordi- ja puhkealad, mille rajamisel on arvestatud erinevate sihtrühmade vajadustega. Projekt on valitud ka osalema Eesti- Vene piiriüleses koostööprogrammis 2014– 2020 *Estonia–Russia Cross-Border Cooperation Programme*, mille suur põhirõhk on keskkonnakaitsel, kliimamuutuste leevendamisel ja kohanemisel. Projekti eesmärk on luua piiriäärsetesse piirkonnakeskustesse atraktiivne bioloogiliselt mitmekesine ja keskkonda hoidev linnaruum

ning suurendada inimeste teadlikkust keskkonnakaitse ja energiasäästliku käitumise vajalikkusest. (Hallimäe, 2019) (Vahtla, 2017)



Joonis 8. Koreli oja tähistatuna punase joonega, aluskaart Google Maps'ist (Koreli oja, 2020)

3. METOODIKA

Peamisteks allikateks uurimistöö teoreetilise osa koostamisel olid Võru linnavalituse poolt tellitud „Koreli oja seisundi uuring“ (Vreimann, 2017), Globe Eesti poolt koostatud „Hüdroloogia uuringud“ juhend (GLOBE, 1998) ja Veefiltri leheküljelt saadud informatsioon vee kvaliteedinäitajate kohta.

Mõõtmistel kasutati Vernieri seadmeid, milleks olid temperatuuri, hägususe, elektrijuhtivuse, pH ja lahustunud hapniku andurid. Neid õppis autor kasutama õpetuste järgi, mis on kättesaadavad Vernieri (Vernier, Vernier) koduleheküljelt.

Uurimistöö meetod on kvantitatiivne – mõõtmine ning seejärel tulemuste analüüs. Mõõtmisi tegi autor Koreli ojal kokku viis korda oktoobrist kuni veebruarini, igal kuul ühe korra kolmes valitud punktil (vt Joonis 9), milleks olid:

- Kase tänaval ehk peale linna;
- Kagukeskuse juures (vt Joonis 10) ehk linnas;
- Pikk tänav ehk enne linna olevas kohas .

Punktid valis autor selle järgi, et tulemused tuleksid võimalikult erinevad ning näha kas enne, pärast ja linna sees tehtud mõõtmised erinevad üksteisest, samuti pidi autor arvestama oma võimalustega nendesse punktidesse jõudmisega. Esimeste mõõtmiste tegemiseks sõidutas töö juhendaja autorit punktist punkti mõõtmisi tegema, teise mõõtmise ajal sai transpordi näol autor abi oma isalt ning alates kolmandast mõõtmisest, sai autor juhiloa kätte ja oli võimeline ise punktide vahel liikuma. Autor koostas ka tabeli (vt Lisa 1), kuhu on peale märgitud kõik arvestuse alla käivad tulemused.



Joonis 9. Mõõtmiskohad Koreli ojal, aluskaart Google Maps'ist (Maps, 2020)



Joonis 10. Töö autor tegemas Kagukeskuse juures purde peal mõõtmisi (Foto autor: Ülo Varrik)

4. UURINGU TULEMUSED JA ANALÜÜS

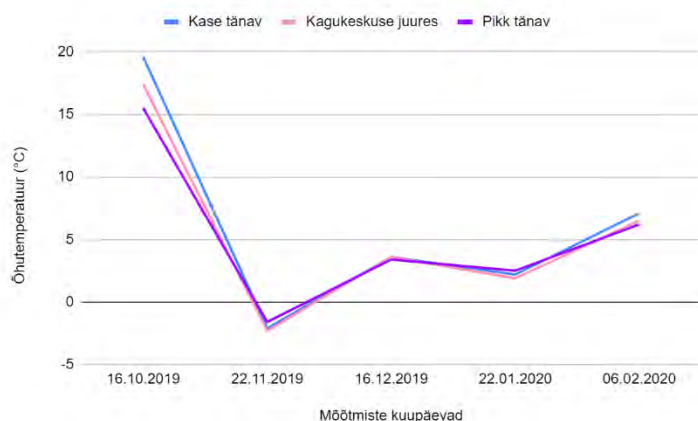
Mõõtmiste analüüs toimub viie mõõtmise kohta, mis on tehtud kolmes erinevas paigas. Autor analüüsib iga kvaliteedinäitaja tulemusi nende proovide võtmise kaupa ning üritab selgitada nende tulemuste põhjuseid.

4.1 Temperatuuri tulemused

Joonisel (vt Joonis 11) ja joonisel (vt Joonis 12) on näha, et vee- ja õhutamperatuur on teinud erinevates punktides samadel kuupäevadel miinimumkõikumisi, see võib tuleneda kellaaja muutusest või mõõtmiskoha asukohast. Kõige kõrgem vee temperatuur oli oktoobris, milleks oli ~ 9 °C. Ülejäänud kuudel püsis temperatuur ~ 3– 4 °C juures. Kõige kõrgem õhutamperatuur oli samuti oktoobris, mis varieerus kolme punkti vahel 19,6°C– 15,5°C. Mõõtmised näitavad, et talvel tehtud mõõtmiste ajal ei küündinud õhutamperatuuri näidud alla 0 °C peale novembri mõõtmiste, kus kõige madalam temperatuur mõõdeti Kagukeskuse juures, milleks oli -2,3°C.



Joonis 11. Kõigi kolme mõõtmiskoha vee temperatuur



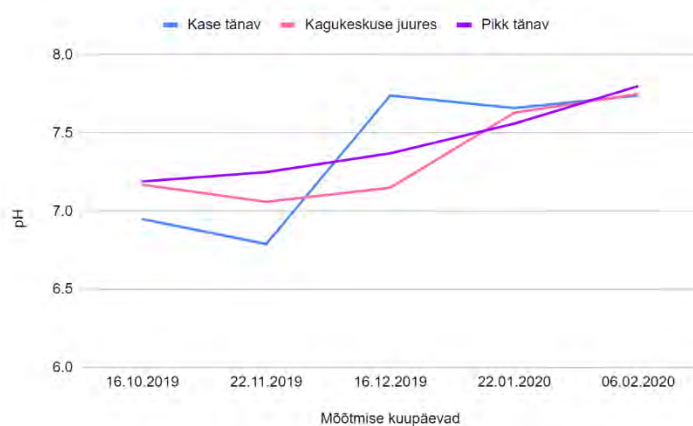
Joonis 12. Kõigi kolme mõõtmiskoha õhutemperatuur

4.2 pH tulemused

Joonisel (vt Joonis 13) on näha, et Pikal tänaval on läbivalt viie mõõtmise ajal vesi olnud aluseline, mille alusel võib väita, et Koreli oja vesi on nõrgalt aluseline. See ei ole omane Lõuna- Eestis olevatele veekogudele, sest aluselisust veekogudes tavaliselt põhjustab lubjakivi pinnas, mis on omane Põhja- Eestile, aga aluselisust võis põhjustada selle Eutroofne ehk rohketoitaimeline olek, sest väga intensiivne fotosüntees tõstab pH taset või karbonaatide vaba ja süsihappegaasist üle küllastunud vesi võis põhjustada vee nõrka happelisust. (Kõiv, Eesti Maaülikool, PKI, & Limnoloogiakeskus, 2013) pH tase on järk- järgult tõusnud aja möödudes. Oktoobris oli pH 7,19 ning veebruaris 7,8, pole toimunud languseid, vaid ainult tõus. Eriti suur pH taseme tõus on toimunud jaanuari ja veebruari vahel, mis on 0.24.

Joonisel (vt Joonis 13) on näha, et kagukeskuse juures on pH püsinud aluselisena. Kõige madalam mõõt on saadud novembris, milleks oli 7,06 ja kõige kõrgeim oli viimase mõõtmise ajal veebruaris saadud, milleks oli 7,75. Väga suuri kõikumisi ei ole kuude vahel, pH kasvas sujuvalt kuude jooksul.

Joonisel (vt Joonis 13) on näha, et Kase tänava juures on pH kõikunud vähe, aga rohkem, kui teistes mõõttekohtades. Suurim kõikumine toimus novembri ja detsembri vahel, milleks oli 0.95. Kõige madalam mõõt on saadud novembril, milleks oli 6,79 ja kõige kõrgem tulemus on saadud veebruaris ja milleks oli 7,74. Vesi oli oktoobris ja novembris happeline, kõige happelisemas seisus oli jõgi novembris, kui pH langes 6,79 peale. Kase tänava oktoobris ja novembris olevat nõrgalt happelist vett võib seostada turvase leidumist vees, mis muudab vett happeliseks.



Joonis 13. Kõigi kolme mõõtmiskoha pH

4.3 Hapnikusisalduse tulemused

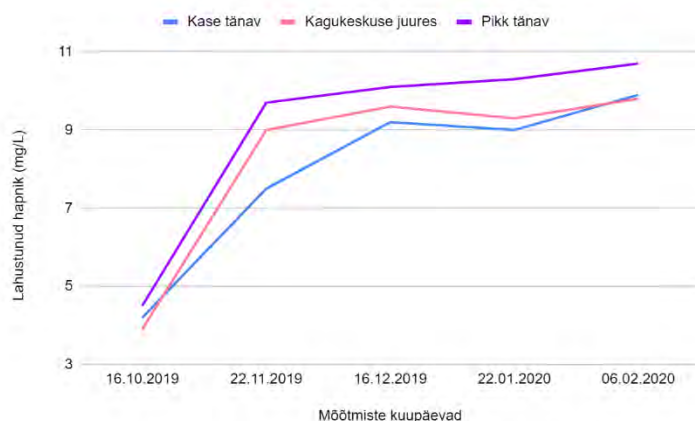
Joonisel (vt Joonis 14) on näha, et lahustunud hapniku sisaldus vees Pikal tänaval on suurenenud võrreldes oktoobri ja veebruari mõõduga. Seal on näha, et oktoobris on madalam hapnikusisaldus kui novembris, detsembris, jaanuaris ning veebruaris, see on tingitud vee temperatuurist ja vee võimest endasse hapnikku siduda. Vee temperatuuri näitavaal joonisel (vt Joonis 11) on näha, et oktoobri mõõtmiste ajal oli veetemperatuur 8,6 °C, mis on tunduvalt soojem kui teistel kuudel. Sellest võib järeldada, et vee võime siduda hapnikku ei olnud oktoobris nii hea kui teistel kuudel ning lahustunud hapnikku vees oli ainult 4,5 mg/l. Vee temperatuuri joonis (vt Joonis 11) näitab veel, et veebruarikuu mõõtmiste ajal oli vee temperatuur soojem kui kolmel eelneval kuul, kuid temperatuur oli parajalt kõrge, et see ei seganud vee võimet siduda hapniku, millest on tingitud ka kõrge lahustunud hapniku sisaldus vees, milleks on 10,7 mg/l. Novembri, detsembri ja jaanuari lahustunud hapnik on ka üle 10 mg/l ja selle põhjuseks võib olla temperatuur.

Joonisel (vt Joonis 14) on näha, et lahustunud hapniku sisaldus vees kagukeskuse juures võetud proovidel oli kasvanud igal kuul peale jaanuari, kus on näha, et detsembri mõõduga 9,6 mg/l on tulemus väiksemaks jäänud võrreldes jaanuari mõõduga 9,3 mg/l. Samuti on näha, et oktoobris on madalam hapnikusisaldus kui novembris, detsembris, jaanuaris ning veebruaris, see on tingitud vee temperatuurist ja vee võimest endasse hapnikku siduda. Vee temperatuuri näitavaal joonisel (vt Joonis 11) on näha, et oktoobri mõõtmiste ajal oli veetemperatuur 8,8 °C, mis on tunduvalt soojem kui teistel kuudel. Sellest võib järeldada, et vee võime siduda hapnikku

ei olnud oktoobris nii hea kui teistel kuudel ning lahustunud hapnikku vees oli ainult 3,9 mg/l. Vee temperatuuri näitav joonis (vt Joonis 11) näitab, et veebruarikuu mõõtmiste aja oli vee temperatuur soojem kui kolmel eelneval kuul, kuid temperatuur ei olnud liiga kõrge, et vähendada vee võimet siduda hapnikku, millest on tingitud ka kõrge lahustunud hapniku sisaldus vees, milleks on 9,8 mg/l. Novembri, detsembri ja jaanuari lahustunud hapniku sisaldusel pole väga suurt kõikumist, hapnikusisaldus jääb 9 mg/l kanti.

Joonisel (vt Joonis 14) on näha, et lahustunud hapniku sisaldus vees Kase tänava juures on kasvanud igal kuul peale jaanuari, kus on näha, et detsembri mõõduga 9,2 mg/l on tulemus väiksemaks jäänud võrreldes jaanuari mõõduga 9 mg/l. Samuti on näha, et oktoobris on madalam hapnikusisaldus kui novembris, detsembris, jaanuaris ning veebruaris, see on tingitud vee temperatuurist ja vee võimest endasse hapnikku siduda. Vee temperatuuri näitaval joonisel (vt Joonis 11) on näha, et oktoobri mõõtmiste ajal oli veetemperatuur 8,8 °C, mis on tunduvalt soojem kui teistel kuudel. Sellest võib järeldada, et vee võime siduda hapniku ei olnud oktoobris nii hea kui teistel kuudel ning lahustunud hapnikku vees oli ainult 4,2 mg/l. Vee temperatuuri näitav joonis (vt Joonis 11) näitab veel, et veebruarikuu mõõtmiste aja oli vee temperatuur soojem kui kolmel eelneval kuul, kuid temperatuur ei olnud liiga suur, et vähendada vee võimet siduda hapniku, millest on tingitud ka kõrge lahustunud hapniku sisaldus vees, milleks on 9,9 mg/l. Novembri, detsembri ja jaanuari lahustunud hapniku sisaldus on ka kõrged, aga külma temperatuuri ja vähese taimede fotosünteesi pärast ei seota nii palju hapniku juurde, kui soojemal veebruari kuul.

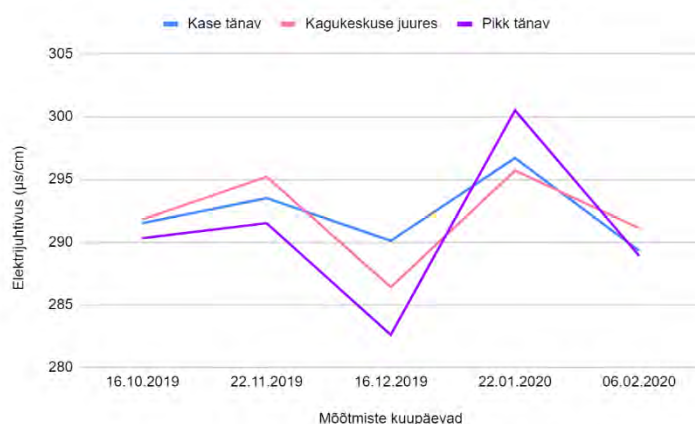
Joonisel (vt Joonis 14), kus on ära märgitud kõik hapnikusisalduse tulemused on näha, et lahustunud hapniku sisaldus vees on kõigis kolmes punktis kõikuvad. Võrreldes kõiki mõõte on näha, et hapnikusisaldus on kogu aeg olnud kõrgem enne linna asuval punktil, milleks on Pikk tänav. Kõige väiksem hapnikusisaldus on kokkuvõttes peale linna asuval punktil, milleks on Kase tänav.



Joonis 14. Kõigi kolme mõõtmiskoha lahustunud hapnik

4.4 Elektri juhtivuse tulemused

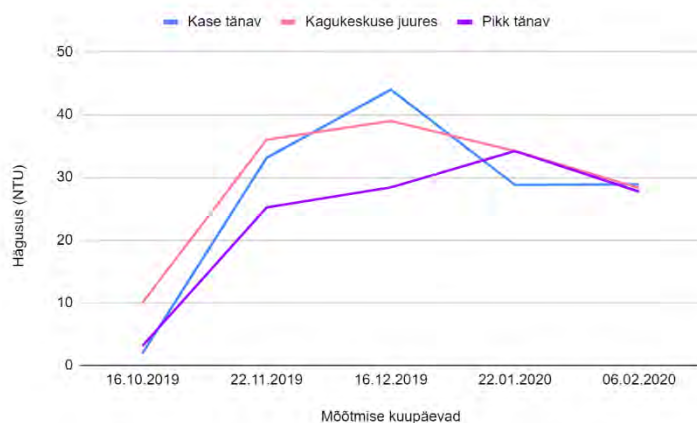
Joonisel (vt Joonis 15), kus on ära märgitud kõik elektri juhtivuse mõõtmiste tulemused on näha, et Pikal tänaval, Kagukeskuses juures ja Kase tänaval on elektri juhtivuse kõikumine olnud madal. Suurim kõikumine toimus Pikal tänaval novembri ja detsembri vahel, milleks oli 17,9 $\mu\text{s/cm}$ ning kõige suurem elektri juhtivus oli jaanuaris. Kagukeskuse juurest võetud mõõtude suurim kõikumine toimus detsembri ja jaanuari vahel, milleks oli 9,3 $\mu\text{s/cm}$ ning kõige suurem elektri juhtivus oli jaanuaris. Suurim kõikumine Kase tänaval toimus jaanuari ja veebruari vahel, milleks oli 7,4 $\mu\text{s/cm}$ ning kõige suurem elektri juhtivus oli jaanuaris. Elektri juhtivus näitab, kui palju soolasid on vees lahustunud, seda võib põhjustada ka põllumajanduse, tööstuste ning kanalisatsioonide lekked. Arvatavasti on seda mõjutanud madala veetasemega Koreli oja kus vesi on pinnast ja pori üles keeranud ning seejärel on veega segunenud igasugused mineraalid



Joonis 15. Kõigi kolme mõõtmiskoha elektri juhtivus

4.5 Hägususe tulemused

Joonisel (vt Joonis 15), kus on ära märgitud kõik hägususe mõõtmiste tulemused on näha, et hägusus oli kõikuv. Pikal tänaval, Kagukeskuse juures ja Kase tänaval oli kõigil kõige suuremat erinevust näha oktoobri ja novembri vahel, Pikal tänaval oli 22,1 NTUd, Kagukeskuse juures 26 NTUd ja Kase tänaval 31,2 NTUd. Kõigis mõõtekohtades oli jaanuaris on kõiges suurem hägusus sellepärast, et talv oli lumevaene ja soe ning ei tekkinud olulisi üleujutusi ning Koreli oja vee tase oli pigem madal ning pori kui ka setted paiskusid paremini ülesse, Pikal tänaval oli 34,2 NTUd, Kagukeskuse juures 39 NTUd ning Kase tänaval 44 NTUd. Kõige madalam mõõt on saadud kõigis punktides oktoobris, selle põhjuseks võib olla normaalne veetase, mis ei paisanud pori ja setteid ülesse või ebatäpne tulemus, mis võis tuleneda sellest, et autor tegi esimesed hägususe mõõtmised ja mingid pisiasjad võisid valessti minna, mida tollel hetkel autor ei märganud. Samuti võib olla hägususe suure näidu põhjuseks turba puru, mida leidub Koreli ojas. Pikal tänaval oli 3,1 NTUd, Kagukeskuse juures 10 NTUd ning Kase tänaval 1.9 NTUd. Võrreldes kolme koha hägusust on näha, et neljal korral viiest on enne linna asuval punktil Pikal tänaval teistega võrreldes väiksem hägusus. Kagukeskust juures võetud mõõtmised ja Kase tänava mõõtmiste kohta ei saa öelda, et ühes kohas oli suurem hägusus kui teisel, sellepärast et nendes punktides oli vahelduvad tulemused, kui Kase tänaval oli madalam, siis Kagukeskuse juures oli kõrge ning nii vastupidi.



Joonis 16. Kõigi kolme mõõtmiskoha hägusus

5. JÄRELDUSED

Edusammudeks oli see, kui leidsime valitud punktides head kohad mõõtmiste tegemiseks, kuhu oli hea ligi pääseda ning ka see, et masinad olid töökorras ning autor sai nende kasutamisega hakkama. Autor oleks soovinud, et õhutemperatuur oleks talvekuudel veelgi madalam olnud, sest siis oleks paremini näinud selle mõju vee kvaliteedinäitajatele. Andmeid analüüsid märkas autor, et Pikal tänaval oli vesi nõrgalt aluseline ja see oli ettearvamatu tulemuste käik, kuna loogiline oleks olnud, kui vesi oleks olnud happeline. Hägusus kõikus kõige rohkem ning seda võiski põhjustada madal Koreli oja veetase.

Probleeme ja takistusi oli päris mitmeid. Mõõtmisi kõige rohkem segas Vernieri andmekogujate aku, mis sai külmakraadidega aeg- ajalt tühjaks ja seejärel oli vajalik järgmine kord uuesti mõõtma tulla, sest aeg oli piiratud. Autoril olid kaasas ka tagavara andmekogujad, aga nendega oli sama probleem. Selleks, et probleemile lahendust leida, pani autori juhendaja Vernieri andmekogujad mitmeks päevaks laadima, et kindlustada nende püsivust. Takistuseks oli talvel madalaks jäänud vesi, mistõttu oli mõõtmiste tegemine raskendatud, kohati oli raske küündida hägususeproovi võtma ja mõõtmisvahendeid vette töötama panna- see probleem oli Kase tänava punktis. Autor oleks kaks korda selle tagajärjel Koreli ojja libisenud, sest ka oja perved olid pehmed ja järsud. Ilmastikuolude pärast ei jätnud töö autor mõõtmisi tegemata ning sattus ka selle tagajärjel viimasel päeval Koreli oja äärde proove võtma. Alguses oli plaanis koguda 6 kuu andmed, aga märtsikuu mõõtmised jäid tegemata COVID-19 viiruse pandeemia pärast, mille tõttu kehtestati koolides distantsõpe ning mõõtmisvahendite kättesaamine ei olnud võimalik.

Mõõtmiste tulemuste võrdlemisel selgus, et mõõtetulemuste kõikumised ei olnud väga suured, millest autor järeldab, et sellel ajal kui autor tegi mõõtmisi, väga suure tõenäosusega mingit märgatavat reostust ei toimunud. Tulemused ei näita kindlasti seda, et Koreli oja vesi on oja kohta just puhas, aga praeguseks võib autor öelda, et mingisugust suurt ja olulist probleemi ei tundunud Koreli oja vee kvaliteedinäitajatega olevat, aga see ei tähenda, et Koreli oja eest ei peaks edaspidi hoolt kandma.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada inimtegevuse mõju Koreli oja vee kvaliteedile, luua uut informatsiooni antud veekogu kvaliteedinäitajate kohta ja anda oma panus projekti „*BioAware*“. Samuti tahtis töö autor saada vastuseid kahele sissejuhatuses püstitatud uurimisküsimusele, „Kuidas erinevad mõõtmistulemused 5 kuu lõikes?“ ning „Kuidas erinevad mõõtmistulemused enne ja pärast linna ning linnas?“

Viie kuu lõikes oli tulemustes näha erinevusi, kuid mitte väga suuri. Erinevusi võib tuua välja näiteks vees lahustunud hapniku tulemustega, kus on näha, et Kase tänaval oli esimeste mõõtmiste ajal näitas 4,2 mg/l, aga viiendal mõõtmisel 9,9 mg/l, Kagukeskuse juures oli esimeste mõõtmiste ajal 3,9 mg/l, aga viienda mõõtmise ajal 9,8 mg/L ning Pikal tänaval oli esimese mõõtmise ajal 4,5 mg/l ning viiendal mõõtmisel 10,7 mg/l, nende mõõtmistulemusi viie kuu lõikes mõjutas peamiselt temperatuur ja taimede fotosünteesimise aktiivsus.

Viie kuu jooksul kogutud mõõtmistulemused näitasid, et Koreli oja vee kvaliteet ei muutunud oluliselt mõõteperioodi jooksul Kase tänaval, Kagukeskuse juures ning Pikal tänaval, kõikide kvaliteedinäitajate kõikumised olid väikesed, näidates, et antud perioodil vee reostust ei toimunud. Kuigi vee hägususe tulemustes oli näha, et hägusus oli üldiselt suurem ikkagi Kase tänaval kui Pikal tänaval, näiteks kõige suurem kõikumine oligi enne ja pärast linna 16 NTU. detsembril, kui Pikal tänaval oli hägusus 28,4 NTU ja Kase tänaval 44 NTU. Samuti võis näha erinevust lahustunud hapniku sisaldusel vees, enne linna oli hapnikusisaldus suurem kui peale linna, näiteks 4.veebruari mõõtmistel oli Pikal tänaval hapnikusisaldus 10,7 mg/l ja Kase tänaval oli 9,9 mg/l.

Uurimistöö käigus sai autor uusi kogemusi Exceli kasutamises, õppis kasutama Vernieri seadmeid ning teab rohkem vee kvaliteedinäitajate olemusest.

KASUTATUD KIRJANDUS

AA Aqua OÜ . (kuupäev puudub). *Hägusus*. Allikas: AA AQUA 2.0 HOBIMAJANDUS:
<https://aaqua.weebly.com/haumlgusus.html>

AS, AP&P Grupi. (kuupäev puudub). *Veefilter*. Allikas: Veefilter:
<http://www.veefilter.ee/probleemid-ja-lahendused?cid=135>

coppershop. (18. oktoober 2019. a.). *Vee läbipaistvus*. Allikas: coppershop:
<https://coppershop.ru/et/makiyazh/prozrachnost-vody-po-disku-sekki-po-krestu-po-shriftu-mutnost-vody-zapah.html>

GLOBE. (1998). *Hüdroloogiauuritud*. Allikas: globe:
http://www.globe.ee/doc/GLOBE_hydroloogia_1.pdf

Hallimäe, T. (1. märts 2019. a.). BioAware projekt saab üsna pea avastardi. *Võru Linna Leht*, lk 3.

Harju, Ü. (7. veebruar 2019. a.). Juustutööstus sai Koreli oja reostamise eest 15 000 eurot trahvi. *Lõunaleht*, lk 3.

Keskkonnaagentuur. (kuupäev puudub). *EESTI JÄRVED, NENDE ELUSTIK JA ELUKOOSLUSED* . Allikas: keskkonnaagentuur:
<https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/lakes.pdf>

Krigul, K. L. (30. juuni 2017. a.). *Vikipeedia*. Allikas: Vikipeedia:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ts%C3%BCanobakteri_proovide_korjamine.jpg

Kõiv, T., Eesti Maaülikool, PKI, & Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool. (2012). *Hapniku lahustumine ja hulk vees*. Allikas: Hapnik järvedes:
<https://hapnikjarvedes.weebly.com/hapniku-lahustumine-vees.html>

Kõiv, T., Eesti Maaülikool, PKI, & Limnoloogiakeskus. (2013). *pH ja redokspotentsiaal*. Allikas: Vesi kui elukeskkond: <http://vesikuielukeskond.weebly.com/ph-ja-redokspotentsiaal.html>

Logo, V. S. (1989). *Dissolved Oxygen Probe*. Allikas: Vernier:
<https://www.vernier.com/products/sensors/dissolved-oxygen-probes/do-bta/>

Maps, G. (2020). *Koreli oja*. Allikas: Google Maps:
<https://www.google.com/maps/place/Koreli+oja/@57.8383103,26.9770979,13z/data=!>

3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x46eafb31b358e08b:0xa69c4bd7bb1163cd!8m2!3d57.838269
4!4d27.0121172

Tamre, R. (28. veebruar 2017. a.). *Koreli oja*. Allikas: Keskkonnaregistri avalik teenus:
[http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?id=VEE1681254316&mount=view#HT
TPzq7ynFCMKx4IGcBFIyPMPdUeVpdLj9](http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?id=VEE1681254316&mount=view#HTTPzq7ynFCMKx4IGcBFIyPMPdUeVpdLj9)

U.S. Army Corps of Engineers. (3. august 2011. a.). *Floating Secchi Disk*. Allikas: Flickr:
<https://www.flickr.com/photos/usacehq/6005616136>

Vahtla, A. (1. september 2017. a.). Koreli oja haljasala arendamine. *Võru Linna Leht*, lk 2.
Allikas: <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=vorulinna20170901.2.7>

Vernier. (kuupäev puudub). *Conductivity Probe*. Allikas: Vernier:
<https://www.vernier.com/product/conductivity-probe/>

Vernier. (kuupäev puudub). *Dissolved Oxygen Probe*. Allikas: Vernier:
<https://www.vernier.com/product/dissolved-oxygen-probe/>

Vernier. (kuupäev puudub). *LabQuest 2*. Allikas: Vernier:
<https://www.vernier.com/product/labquest-2/>

Vernier. (kuupäev puudub). *pH Sensor*. Allikas: Vernier:
<https://www.vernier.com/product/ph-sensor/>

Vernier. (kuupäev puudub). *Stainless Steel Temperature Probe*. Allikas: Vernier:
<https://www.vernier.com/product/stainless-steel-temperature-probe/>

Vernier. (kuupäev puudub). *Turbidity Sensor*. Allikas: Vernier:
<https://www.vernier.com/product/turbidity-sensor/>

Vernier. (kuupäev puudub). *Vernier*. Allikas: Training: <https://www.vernier.com/training/>

Vreimann, T. (oktoober 2017. a.). *Koreli oja seisundi uuring koondaruanne*. Allikas: Võru
linnaalitsus:
[http://www.voru.ee/documents/9602050/14224886/Koreli+oja+seisundi+uuring.pdf/b
a660610-a8f9-4375-8307-196111bb0a4b](http://www.voru.ee/documents/9602050/14224886/Koreli+oja+seisundi+uuring.pdf/ba660610-a8f9-4375-8307-196111bb0a4b)

LISAD

Lisa 1. Tabel koos kõigi mõõtmistulemustega

asukoht	kuupäev	kellaeg	õhutemperatuur (°C)	veetemperatuur (°C)	pH	lahustunud hapnik (mg/L)	elektrijuhtivus (µs/cm)	hägusus (NTU)
Kasetaänav	16.10.2019	15.3	19.6	8.8	6.95	4.2	291.5	1.9
	22.11.2019	15.25	-2.1	3.1	6.79	7.5	293.1	33.1
	16.12.2019	16.23	3.6	3.2	7.74	9.2	290.1	44
	22.01.2020	14.45	2.2	2.8	7.66	9	296.7	28.8
	04.02.2020	14.11	7.1	3.6	7.74	9.9	289.3	28.9
	-	-	-	-	-	-	-	-
Kagakeskuse juures	16.10.2019	16.43	17.4	8.8	7.17	3.9	291.8	10
	22.11.2019	16.15	-2.3	3.2	7.06	9	295.2	36
	16.12.2019	17.14	3.6	3.2	7.15	9.6	286.4	39
	22.01.2020	15.25	1.9	3.1	7.63	9.3	295.7	34.2
	04.02.2020	14.54	6.5	3.7	7.75	9.8	291.1	28.3
	-	-	-	-	-	-	-	-
Pikk tänav	16.10.2019	16.21	15.5	8.6	7.19	4.5	290.3	3.1

	22.11.20 19	15.51	-1.6	3.2	7.2 5	9.7	291.5	25.2
	16.12.20 19	16.54	3.4	3.1	7.3 7	10.1	282.6	28.4
	22.01.20 20	15.1	2.5	3.3	7.5 6	10.3	300.5	34.2
	04.02.20 20	14.36	6.2	3.9	7.8	10.7	288.9	27.7
	-	-	-	-	-	-	-	-