

Kavadi järve ja seonduvate hüdrotehniliste ehitiste uuringud
Köide I-2: Kavadi järve limnoloogiline kirjeldus

Lõpparuanne, august 2020

Eesti Maaülikooli PKI hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool.

Koostajad: Ingmar Ott, Helle Mäemets

Sisukord

Töö koosseis	1
Kavadi järve limnoloogiline iseloomustus.	2
Vee abiootilised omadused	4
Kavadi järve (Saaluse Mäejärve) ja Saaluse Alajärve taimestik, sellest lähtuvad hinnangud seisundile ning ettepanekud edasise tegevuse kohta.....	6
Fütoplankton	11
Zooplankton	12
Põhjaloomastik.....	13
Kalastik (Pihu, 1990).....	13
Edasiste uurimistööde vajadus.....	14
Kokkuvõte.....	16
Kirjandus.....	16

Lisa 1. Kavadi järve taimeandmed

Lisa 2. Saaluse Alajärve taimeandmed

Töö koosseis

Köide I-1 Kavadi järvega seonduvate hüdrotehniliste ehitiste uuring

Köide I-2: Kavadi järve limnoloogiline uuring

Köide II-1 Kavadi järvega seonduvate hüdrotehniliste ehitiste tehnilised lahendused

Kavadi järve limnoloogiline iseloomustus.

Künklikus moreenmaastikus Uue-Saaluse asunduses asetsev väga liigestatud kaldajoonega järv (Foto 1). Järv on moodustatud 1880. a. paisutamise teel, kus enne oli kolm väikest järve. Kaldajoone pikkus on 4725 m (saadud EMÜ PKI hüdrobioloogia ja kalanduse andmebaasist) ja kaldajoon väga liigendatud (indeksi väärtus 2,4 – kaldajoone pikkus jagatud järve pindalaga võrdse ringi übermõõduga). Läänest ulatub kaugele järve pikk pooleldi metsaga kaetud Järvesaare poolsaar. Idakalda lähedal olev Vabrikusaar on kaldaga ühendatud silla abil. Vahepeal oli silla all vee vool takistatud, mis nüüd on uuesti avatud. Veel on järves kolm saart (Väike Hõdsõsaar, Suur Hõdsõsaar, Lehesaar), mida katavad mets ja võsa. Kohalike elanike sõnul on üks saartest, Väike Hõdsõsaar, oma algset kohta muutnud. Järves võib ujuda vahel ka väiksemaid turbasaari.



Foto 1. Kavadi järv kevadel 2020 (Foto: I. Ott).

Järve põhjakallas on järsem, mujal on kaldad enamasti lausad, liivased ja kruusased, paiguti mudased ja turbased, loodekaldal on õõtsikut. Järve ümbritseb kultuurmaastik. Lõunaosas tõuseb kõige kõrgemale 274 m kõrgune Häälimägi. Sealt on 1965. a. avanenud avar vaade järvele (vt. foto 2). Kirdekaldal on põline Uue-Saaluse park. Järve põhjas leidub kände, rampu ja isegi ehituste jäänuseid. Kalda lähedal ja saarte vahel on põhi enamasti liivane, sügaval kaetud kohati kuni 2-3 m paksuse mudakihiga (Pihu, 1990).



Foto 2. Kavadi järv Häälimäelt 20. aug. 1965. Foto: N. Mikelsaar.

Põhiline sissevool on lõuna-edela poolt Vaskna järvest algav Iskna oja. Ajutiselt toovad vett ka mõned kraavid. Kirdekaldal on rohkesti põhjaallikaid, ka Vabrikusaarest loodes. Peamine väljavool on järve põhjasopist üle betoonülevoolu väljuv Iskna jõgi. Teine väljavool on idaküljel üle Uue-Saaluse veski (ka endine meierei) paisu lühikese kanali kaudu Alajärve ja sealt truupide kaudu Voki ojja. Kavadi järve limnoloogilised üldandmed on tabelis 1 (Pihu, 1990; Keskkonnaregister). Eesti limnoloogilise tüpoloogia järgi kuulub järv poolhuumustoiteliste hulka. Sellele tüübile kõige olulisemad keskkonnaomadused on pehme vesi ja keskmise sisaldusega huumusainete sisaldus. Viimane muudab järvevee kollakaks või pruunikaks. EL Veepoliitika Raamdirektiivi järgi on tegemist V tüübiga – pehme, heleda veega järv. Seda tüüpi järved on väga tundlikud mõjutustele. Kavadile on iseloomulik ka veesamba kihistumine, sest tegemist on sügava järvega. Kihistumist soodustab ka suhteliselt tume vesi. Samas vähendab kihistumise ulatust suhteliselt intensiivne veevahetus.

Tabel 1. Kavadi järve limnoloogilised üldnäitajad

Näitaja	Ühik	Väärtus (Pihu, 1990)	Väärtus (Keskkonnaregister)
Kõrgus merepinnast	m	210,4 (BK77)	
Pikkus	m	960	960
Laius	m	440	440
Pindala	ha	27,4	29,5 (veepeegel), 30,9 (saartega)
Keskmine sügavus	m	3,5	3,5

Näitaja	Ühik	Väärtus (Pihu, 1990)	Väärtus (Keskkonnaregister)
-Suurim sügavus	m	8,2	8,2
Veemaht	m ³	959000	959000
Valgala	km ²	11,1	11,1
Veevahetus	korda/a.	3,6	4

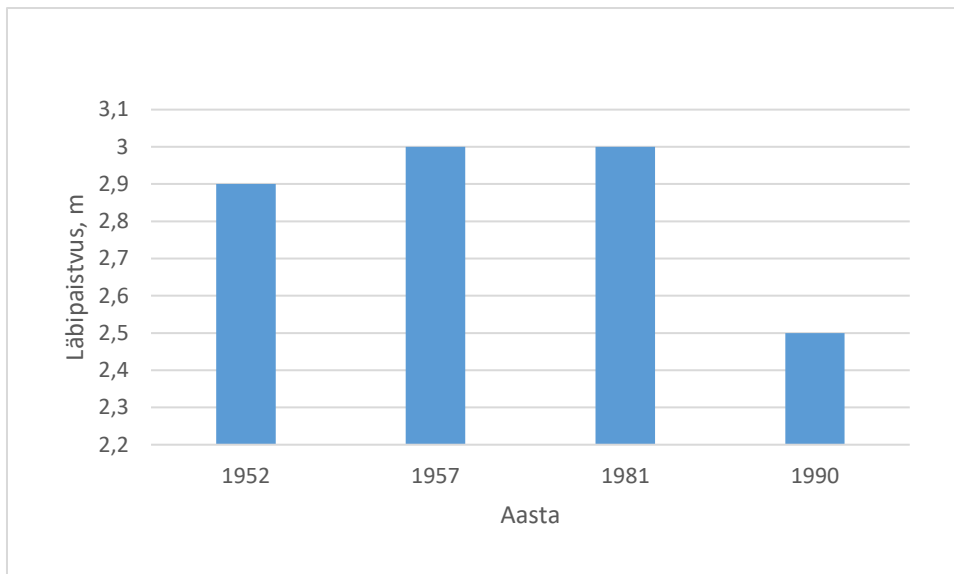
Vee abiootilised omadused

Kuna tegemist on kihistuva järvega, siis on vee pinna- ja põhjakihtides näitajate väärtustes erinevused (tabel 2). Vee pH on pinnal suurem ja põhjas väiksem ning mõlemad väärtused on uuritud ajavahemikul püsinud samal tasemel. On mõistetav, et põhjakihtides valdavad taandavad tingimused ja pH on madalama väärtusega. Järve põhjakihis oli 1990. a. aastal ka vääveldioksiidi, mida varem polnud täheldatud. Mineraalained on vees vähe, mis on iseloomulik semidüstroofsele järvele. Siiski 1990. a. põhjakihis on HCO₃ väärtus juba karedaveelisel tasemel. Uuritud ajal on suurenenud märkimisväärselt lahustunud orgaanilise aine kogus. Kui 1979. ja 1981. a. tehti sesoonseid vaatlusi, siis jäi olulisema toiteaine, fosfori, üldkogus vahemikku 38-57 mg/m³. Sellesse piiri jäi ka 1990. a. pinnavee üld-P väärtus. Põhjalähedases kihis on üld-P väärtus suur, kuid tänu kihistusele on see enamuse aastast primaarprodutsentidele kättesaamatu. Üldlämmastikku on määratud vaid korra 1990. a. ja see on olnud suur, mis näitab kõrget eutrofeerumise taset. Sulfaatide hulk on uurimisaja jooksul suurenenud viis korda.

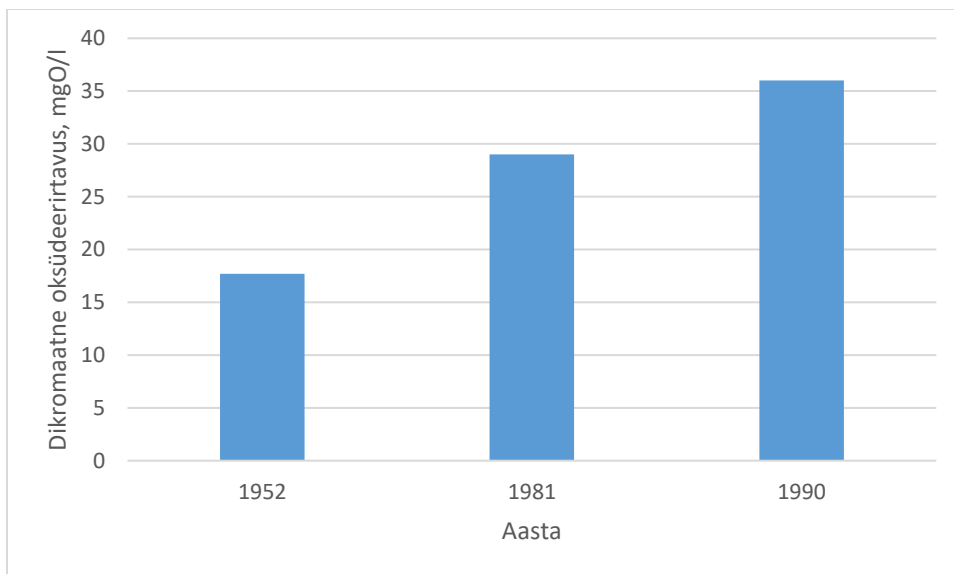
Joonistel 1-3 on illustreeritud vee läbipaistvuse kahanemine ning lahustunud orgaanilise aine ja üldaluselisuse suurenemine. Need annavad tunnistust sel ajavahemikul toimunud muutustest Kavadi järves.

Tabel 2. Kavadi järve vee omaduste näitajate väärtused 1952-1990.

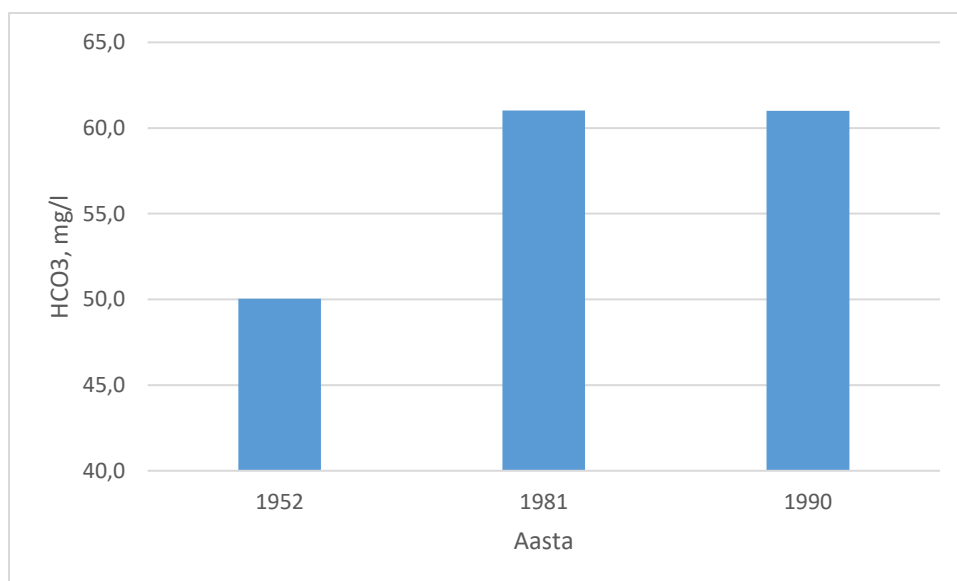
Kuu-päev	Vee-kiht, m	Värvus skaalas 1-10	Värvus	Läbi-paistvus, m	Vee temperatuur, °C	O ₂ , mg/O/l	O ₂ %	pH	Permang a-naatne oksüdeeritavus, mgO/l	Dikro-maatne oksüdeeritavus, mgO/l	HCO ₃ , mg/l	üldN, mgN/m ³	üldP, mgP/m ³
26-juuni-52	0,5	5	Rohekas-kollane	2,9	18,2	9,94	105,6	8	8,2	17,7	50,0		
26-juuni-52	8,5	5	Rohekas-kollane		10,6	0,01	0,1	7	9,1	19,6	52,5		
17-juuli-57	0,5	7	Pruunika s-kollane	3	22,7			8					
17-juuli-57	8,5	7			12,2			7					
01-juuli-81	0,5	7	Pruunika s-kollane	3	21	9	101,1	8		29	61,0		
01-juuli-81	7	7			5,7	0,3	2,4	7		29	76,3		
24-juuli-90	0,5	6	kollane	2,5	18,1	10,2	108,1	8		36	61,0	1400	45
24-juuli-90	7	6			8	0,01	0,1	7		27	92,0		94



Joonis 1. Kavadi järve vee läbipaistvuse näitajate väärtused 1952, 1957, 1981 ja 1990.



Joonis 2. Kavadi järve vee dikromaatse oksüdeeritavuse (lahustunud orgaanilise aine) näitajate väärtused 1952, 1957, 1981 ja 1990.



Joonis 3. Kavadi järve vee üldaluselisuse näitajate väärtused 1952, 1957, 1981 ja 1990.

Kavadi järve (Saaluse Mäejärve) ja Saaluse Alajärve taimestik, sellest lähtuvad hinnangud seisundile ning ettepanekud edasise tegevuse kohta

KAVADI

Uurimisajad ja meetodid

Taimestikku on Kavadis varem uuritud aastail 1952 (Heljo Tuvikene), 1971 ja 1981 (Aime Mäemets) ning 2011 (Helle Mäemets; vaatamata jäi laht Järvesaarest läänes). Uus uuring toimus 20. juulil 2020. Läbisime paadiga kogu järve kaldavööndi, enamasti taimestiku järvepoolset serva pidi. Sügavuslevi määrasime kaheksal transektil mõõtnööri varustatud taimekonksu abil, roostiku maksimaalse laiuse mõõdulindiga. Vee värvus ja läbipaistvus määrati Secchi kettaga. Et teada taimestikust hõivatud veepeegli osatähtsust, kaaluti ära järve trükitud sügavuskaardi taimestiku sügavuspiiriga kattuv osa ja sellest sügavam osa.

Kuna Kavadis oli tänavu erakordsel hulgal niitrohevetikaid ja niitjaid tsüanobaktereid, oli aerutamine raskendatud ning veepiiri poole pääsemine madalamates järveosades peaaegu võimatu, sest iga tõmbe järel tuli aerudelt taimemassi eemaldada. Raske ligipääsu tõttu jäid ülevaattetabelis (lisa 1: aastad 1952, 1971, 1981, 2011 ja 2020) veepiiril kasvavate liikide andmed võrreldes 2011. aastaga mõnevõrra ebatäpsemaks.

Taimestiku üldiseloostus

Kollaka vee läbipaistvus oli 2,8 m. Sellega vastavuses, peaaegu kolme meetri sügavuseni kasvasid põhjast pinnani ujuv penikeel ja/või kollane vesikupp, sõõr-särjesilm, vesikuused

(peamiselt siberi vesikuusk) ning nendega põimunud niitrohevetikad. Eriti paksu veega olid Vabrigusaarest idasse ja Järvesaare poolsaarest läände jääv sopp, kus paadi nina lausa rullis vetikavaipa. Niitvetikatest määras dr. Reet Laugaste perekonnad *Oedogonium*, *Spirogyra* ja *Lyngbya*. Kui 1952. aastal hinnati taimestiku kogukatvuseks 23%, millest 7% moodustas kaldaveetaimestik, 10% ujulehtedega ning 6% veesisene taimestik, siis viimase poole sajandi jooksul on hõivatud ala mitmekordistunud, kattes juba 60% (tabel 1). Kui varem oli veesiseste liikide osa tagasihoidlik, siis nüüd hõivas ülal nimetatud kooslus veepeeglist enam kui poole, ca 55%; kuni 5% võis olla kaldaveetaimestikku, mille vahel oli enamasti ka hüdrofüüte. Veesiseses taimestikus leidis lisaks dominantidele veel sagedasti kanada vesikatku, paiguti ka räni-kardheina. Tähelepanuvääriv on, et esines üheksat liiki (!) vee all kasvavaid penikeeli, nende seas ka punakas penikeel ja teravalehine penikeel (*Potamogeton acutifolius*) või/ja selle hübriid lapiku penikeelega. Kaldaveetaimestiku võõnd oli enamjaolt kitsas ega ületanud paari meetrit. Vaid lõunaosas, järve lähedale ulatuva põllu kohal oli roostiku laius (hõredamat võõndit hulka arvates) kuni 20 m. Lisaks pilliroole oli järves väga palju konnaosja (lisa 1).

Kaitsealused ja karakterliigid

Varem on Kavadist leitud vahelduvaõiest vesikuuske (*Myriophyllum alterniflorum*): 1971 ja 1981. Tema leiukohad on meil ainult Võrumaa järvedes ning massiliselt leidub teda kaasajal vaid Tsoolgo Pikkjärves ja Pullijärves.

Ujuvat jõgitakjat (*Sparganium gramineum*) on leitud alles viimasel ajal: 2011 ja 2020. See liik võib olla tulnud Alajärvest, kus teda oli varem palju. Ujuva jõgitakja enam-vähem liigile vastavaid isendeid (foto 3) oli mõlemal korral vähe, rohkem leiti hübriidi liht-jõgitakjaga ning



Foto 3. Ujuva jõgitakja õisik. Kitsad, 5-6 mm laiused ujulehed võivad olla kuni kolme meetri pikkused (H. Mäemetsa foto).

liht-jõgitakjat. Harulduse tõttu on meil vähe teadmisi ujuva jõgitakja kasvunõuetest, sh tema jaoks kriitilisest veesügavusest. Kavadis leidis teda 2011. aastal 1,2 - 2,5 m sügavusel.

Ujuvat jõgitakjat koos väikese vesikupuga (*Nuphar pumila*) on loetud omasteks Natura 3110 järvedele (Paal, 2007), aga kummagi seis Kavadis pole kiita. Koos tavaliiikidega, liht-jõgitakja ja kollase vesikupuga kasvades osutuvad toitelisuse tõusul edukamaks hübriidid, mis jätkuvalt ristuvad edukama vanemliigiga (introgressioon). Nii surutakse viimaks madalama toitelisusega veekogusid asustavad liigid välja.

Ohulähedane liik punakas penikeel (*Potamogeton rutilus*) kasvas puhastatud lõigul Järvesaare talu juures, kus leidis ka kaartulik (*Ranunculus reptans*) ja nõelalssi (*Eleocharis acicularis*), mis on omased Natura 3130 (vähe- kuni kesktoitelistele mõõdukalt kareda veega) järvedele (Paal, 2007). Kavadi kuuluvust hea seisundi korral pigem sellesse, kesktoitelisse tüüpi (3130) kinnitab ka penikeelte liigirikkus ja jõevähi esinemine, samuti 3110 järvedega (enamasti umb- või lähtejärved) võrreldes märksa kiirem veevahetus, vähemalt 2,5 korda aastas (köide I-1). Edaspidi, Natura elupaikade loendi redigeerimisel võiks Kavadi jääda 3130 alla, kui õnnestub tema olukorda parandada. Praegu valitsev kooslus on omane looduslikult rohketoiteliste järvedele (3150), kuid antud järve puhul ei saa seda pidada looduslikest eeldustest tulenevaks taimestikuks. Kavadi oli 2020. aastal ka kesktoitelist looduslikku tüüpi arvestades vähese esinduslikkusega.

Pikaajalised muutused

Viimase poolsajandi jooksul on järjest lisandunud konnaosja ning laugema kaldaga lõikudele tekkinud õõtsikuviirg; loodeossa isegi väike jõhvikasoo. Taimestiku koosseisu oli juba 1981. aastal lisandunud õõtsikuliike, mille ohtrus on järk-järgult tõusnud: soopihl, ubaleht, laialehine hundinui, soosõnajalg ja mürkputk. Neist kolm viimast on omased rohketoiteliste järvede õõtsikuile. Ujulehtedega taimestikus on eriti viimasel ajal suurenenud ujuva penikeele ohtrus.

Alates 1980ndaist on leitud väikese ja kollase vesikupu hübriidi ning väikest vesiroosi, liht-jõgitakjat alates 2011. a. Kollane vesikupp ja liht-jõgitakjas on meie rohketoiteliste veekogude tavaliiigid. Kui mudastumist taluv räni-kardhein oli järve ilmunud juba 1981, siis viimasel aastakümnel on uuteks liikideks kähar penikeel ja pikk penikeel. Enamik taimestikus toimunud muutusi on tõenäoselt seotud järve toitelisuse tõusuga. Pika penikeele esinemine Eesti järvedes (analüüs Toomas Kõivu poolt 1998) on näidanud selle liigi esinemises positiivset korrelatsiooni vees lahustunud orgaanilise aine sisaldusega. See on kooskõlas Kavadi vees juba 1990. aastal ilmnunud kõrgeenenud orgaanilise aine sisaldusega (vt: Kavadi järve vee abiootilised omadused).

Võrdlus 2011. aastaga

Tähelepanuväärne oli pilliroo ohtruse kasv, mis võrreldes aastaga 2011 on kahekordistunud (lisa 1). Kõige silmatorkavam muutus võrreldes 2011. aastaga oli niitvetikate ja biogeenide suhtes nõudlike taimede (eriti sõõr-särjesilma) erakordne ohtrus sel korral. Niitrohevetikate

massiline esinemine seostub kättesaadavate taimetoiteelementide rohkusega vees/settes, kui on piisavalt valgust, sest nad alustavad enamasti kasvu põhjalähedasest kihist ning kerkivad alles vananedes pinnale. Vee suvine läbipaistvus 2,8 m näitab, et valgust on olnud piisavalt madalamate järveosade täitumiseks niitvetikatega.

Meil pole konkreetseid andmeid veetaseme kohta 2011. aastal, kuid 2012. aastal oli see 211,45 m, seega märksa kõrgem kui praegune (vt aruande köide I-1). Kas see on peamine erinevuste põhjus, oleks antud töö eesmärgi suhtes väga oluline teada, kuid liiga palju on veel selgusetuid asjaolusid. Oleme teiste, sagedamini uuritud järvede puhul kogenud, et pikka aega toimunud troofsuse tõus avaldub märksa tugevamini madalveeperioodidel, põhjustades tugevaid veeõitsenguid ja niitvetikarohkust. Laialt paljanduva madala kalda puhul võib looduslik kõikumine olla samal ajal soodus liigirikkuse seisukohalt, sest seal leiavad teatud perioodiks elupaiga ja annavad seemneid muidu alla surutud väikesekasvulised taimed, mh nõelass ja kaartulikas, kes suure- ja kiirekasvulistega konkureerida ei suuda (Mäemets et al., 2018). Seda positiivset mõju Kavadis loota poleks aga õige – nii järve kõrgete kallaste kui ka soovitatavalt stabiilsena hoitava veetaseme tõttu. Püsivalt madala veetaseme korral hõivavad vabanenud ala tõenäoliselt kiirema kasvuga ja suure biomassiga liigid, kellele toitu paistab jätkuvat.

Me ei tea ka seda, kas järve kõrge toitelisus on pigem pikaajalise muutumise tulemus, mis avaldub madala veega, või lisandub kaasajal veel midagi, näiteks tõuseb (mahe)põllult või mujalt kallastelt lähtuva erosiooni tõttu pidevalt vee karedus. Künkad Kavadi ümber on üsna lubjarikkad, nagu näeme nurmenuku ja teiste lubjalembeste liikide ohtrusest. Välistatud pole ka suuremate sademetega toimuvad sissevoolud kaldail asuvate majapidamiste reoveepuhastitest, kui need pole nõuetekohaselt rajatud.

Kokkuvõtteks

Kuna töö peamiseks eesmärgiks oli kompromissi leidmine kaldal olevate kinnistute omanike huvide ja Kavadi järve kui Natura elupaiga säilimise vahel veetasemest sõltuvalt, tuleb rõhutada, et 2020 aasta kesksuvel oli veetase M. Viirma mõõtmise põhjal vaid 10 cm kõrgem sellest, mis 2020. a. juunis esitatud aruande hüdrotehnilises osas on edaspidiseks pakutud, vastavalt 210,95 ja 210,85 m ü.m.p. Seega oli tänavune suvi kinnituseks, et madalam veetase võib tõepoolest järve (nähtavat) seisundit märgatavalt muuta, sest vee maht väheneb ning tõuseb vee toiteainete kontsentratsioon. Vetikate ja sõõr-särjesilma kasvu võisid hoogustada ka paljandunud muda ja kuivalejäänud veetaimestiku mineraliseerumisel kättesaadavaks muutunud toiteained (Mäemets & Freiberg, 2005). On aga kahtlane, kas madalama veetaseme plaanist loobumine aitaks olukorda parandada, sest põhjused on arvatavasti sügavamal ja nagu eespool oletatud, toob madal vesi pigem muutused selgemini ilmsiks. Just varjatumate põhjustega tuleks kohe tegeleda.

Juba järves olev biogeenide hulk soodustab veelgi suuremat taimekasvu. Protsess võimendub, sest lagunevad taimed ja vetikad on kogunud endasse süsinikku ja teisi vajalikke toiteelemente mitte ainult veest, vaid ka õhust ja setteist. Me võime ennistada 1950ndail olnud veetaseme, kuid vahepeal toimunu tõttu ei ole selle tulemuseks samasugune järv kui varem, sest järve on

kogunenud märksa rohkem orgaanilist ainet, nii looduslike protsesside kui ka inimtegevuse tõttu.

Enne kui asuda veetaseme kõrguse üle otsustama, peaks olema selge:

- a) milline on vee peamiste toitelisuse näitajate tase;
- b) kui suur on muda pindmise kihi toitesoolade sisaldus ja sellise muda hulk järves
- c) kui eelnevad näitajad oleksid madalad - kas ainult kõrgem veetase päästaks olukorra, arvestades, et üle ujutatakse omajagu kaldataimestikku.

Meie varasemate Eesti väikejärvede taimestiku biogeenide sisalduse uuringute põhjal võime oletada, et veesisestest taimedes sisalduvaid kahte peamist toiteelementi on kesksuvel veesisestest soontaimede õhkuivas massis 1 m² kohta 0,1-0,4 g P ja 1-3 g N. Niitrohevetikate andmed on lähedased, kuid nende elutsükkel on kiirem. Arvestades Kavadis umbes poole veepeegli ulatuses (14 ha) nt 0,2 g P ja 2 g N ruutmeetri kohta, saaksime ainuüksi veesisestest soontaimede massi sisalduseks 28 kg fosforit ja 280 kg lämmastikku ning Vallentyne antud proportsioonis (1P : 7N : 40C) vähemalt poolteist tonni süsinikku. Kui arvestame sellist kalkulatsiooni veemahu ühikule, siis see oleks 29,2 mg/m³ fosfori kontsentratsiooni. Tegelikku praegu vees sisalduvat P hulka me ei tea. See taimedest arvutatud väärtus pole suur, kui vees olekski nii palju fosforit. Kui see aga lisanduks vette või ka osaliselt lisanduks, siis näitab see üsna olulist sisekoormust ning ka seda, et taimedel on Kavadi biogeenide aineringes oluline osa. On ka juhtumeid, kus toiteainete rohkusel taimed seda ka varuks talletavad, nt hästi väetatud Verevi järves sisaldus vesikatkus N ja P kordades rohkem. Nimetatud kogustele lisanduks niitvetikates, ujulehtedega ja kaldaveetaimedes sisalduvad põhielemendid. Pehmimate kudede lagunemisel lähevad neis sisalduvad toiteelemendid (sõltuvalt aastaajast) veekogu ökosüsteemi ringesse.

SAALUSE ALAJÄRV

See järv on eelmisest väiksem ning vähem tähelepanu pälvinud – eelmised taimeandmed pärinevad vaid aastaist 1971 (A. Mäemets) ja 2011 (H. Mäemets). Seekord uuriti Saaluse Alajärve 20.07.2020.

Taimestikust hõivatud ala suuruseks hinnati sarnaselt eelmise korraga ligemale 60% veepeeglist. Kollaka vee läbipaistvus oli 2,9 m, sammalde sügavuspiiriks 4,2 m.

Viimase 40 aasta jooksul toimunud muutused kaldaveeliikides on olnud väiksemad kui Kavadis (lisa 2), kuigi 1971. a. ka Alajärves veel puudusid eutroofse õõtsiku liigid laialehine hundinui ja soosõnajalg. Siiski on kalmus, pilliroog ja konnaosi olnud enam-vähem püsiva osatähtsusega. Pärilise veetaimestikus on muutused sarnased: 1971. aastal pole üldse märgitud ujuvat penikeelt, mida praegu leidub massiliselt. 2011. aastaks olid ilmunud ka liht-jõgitakjas ja räni-kardhein. Võrreldes 2011. aastaga oli nüüd uueks liigiks sõõr-särjesilm. Kõik need muutused viitavad eutrofeerumisele.

Alajärves on ujuvat jõgitakjat olnud kogu aeg rohkem kui Kavadis, aga sealgi on toimunud tema ristumine liht-jõgitakjaga. Praeguseks on tüüpiline ujuv jõgitakjas ka Alajärves harv ning valdab hübriidne tüüp. Paremini on väikese vesikupu seisund, keda on kogu aeg olnud palju. Kollast vesikuppu pole Alajärves varem olnudki ning 2020 leidis tema üksikuid taimi. Vähenenud on Võrumaa järvedes varem suhteliselt sagedase punaka penikeele ohtrus, millele ilmselt ei jätku enam lagedama põhjaga kasvualasid 0,5-1,5 m vahemikus. Ka on vähem kaelus-penikeelt, kes samuti eelistab mudastumata põhja.

Võrreldes aastaid 2011 ja 2020 pole muutusi palju, kuid hakkab silma ujuva jõgitakja harva leidmine ja hübriidi rohkus. Võrreldes Alajärve seisundit Kavadiga võib seda pigem paremaks pidada. Sõõr-särjesilma ja niitvetikaid leidis märksa vähem kui Kavadis (lisad 1 ja 2). Sammalde sügavuspiir leiti küll olevat varasemast väiksem ning esines surnud sammalt, kuid siiski oli neid sügavamal kui Kavadis. Kahtlemata on ka selles järves probleemiks eutrofeerumine ning sellega kaasuv haruldasemate liikide väljatõrjumine. Alajärve lähikonnas on varem tegutsenud suur laut, mille mõju võib ulatuda tänasesse, samuti puhkebaas. Praegu on künniterrass ka selle järve ääres veele liiga lähedal ning kalda taimestikuriba ei pruugi põllult tulevat kinni pidada. Hetkel ongi nii Saaluse Alajärve kui ka teiste Haanja järvede ääres peamiseks soovitusena veekaitseribade nõudest kinni pidamine ja reostuse vältimine kaldal asuvatest majapidamistest.

Tänuavaldused

Täname südamest head kolleegi dr. Reet Laugastet niitvetikate määramise eest. Oleme tänulikud maaomanikele Kavadi ja Alajärve äärest, kes meiega suhtlesid, eriti pr. Ellen Kaasikule pikema arutelu eest järvega seotud küsimustes.

Fütoplankton

Fütoplanktoni biomass 1981. a. ja klorofüllisisaldus 1990. a. olid omased mõõdukalt eutroofsetele, biomass viimasel uurimisaastal vähe- või kesktöiteliste järvedele (Tabel 3). Suhteliselt suur klorofüllisisaldus põhjakihi oli ilmselt tingitud rakuvälisest klorofüllist, mis säilib pikemat aega jahedas ja valguse puudumisel. Fotosünteesi ja destruktsiooni intensiivsus oli 1981. a. suvel (1,1 ja 1,8 mgO₂/l ööpäevas) kesktöelise järve tasemel, samasuvine vetikatesti väärtus 36 mg/l aga näitab eutroofsust. Liikide arv oli 1981. a. keskmine (pinnaproovis 30-36, põhjakihist 13). 1990. a. oli liike palju (57-63, põhjakihi 33). Dominandid olid osalt vähe- ja kesktöeliste, osalt mõõdukalt rohketoelise iseloomuga (*Dinobryon sociale*, *D. bavaricum*). *Planktothrix agardhii* on aga liigtoitelisuse indikaator. Kavadi järves olid 1950ndatel aastatel fütoplanktonis suuremate mõõtmetega liigid, kuid hiljem valdavad väikesemõõtmelised, mis on taas eutrofeerumise tunnus. Palju oli väikeserakulisi

algrohevetikaid (proovis 23-26 liiki), neist paljud omased halva hapnikuržiimiga järvedele, samuti mõõdukat eutroofsust eelistavaid koldvetikaid. Suviti toimus nõrk veeõitseng, põhjustajateks sinivetikad. Kõige vähetoitelisema ilmega oli fütoplankton 1981. aastal. Kokkuvõttes on järv mõõdukalt eutroofne, kuid hapniku puudumine põhjakihtides ja H₂S esinemine annavad tunnistust seisundi halvenemisest kuni 1990. aastani.

Tabel 3. Kavadi järve fütoplanktoni andmed.

Kuupäev	Veekiht, m	Biomass, g/m ³	Klorofüll a, mg/m ³	Domineeriv rühm, liik
26.6.52	Pind	Keskmine	-	Räniv.: <i>Asterionella formosa</i> Koldv.: <i>Dinobryon sociale</i> var. <i>stipidatum</i>
17.7.57	Pind	keskmine	-	Siniv.: <i>Dolichospermum lemmermannii</i> Räniv.: <i>Asterionella formosa</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i> Koldv.: <i>Dinobryon divergens</i> Dinof.: <i>Ceratium hirundinella</i>
23.7.71	Pind	keskmine	-	Silmviburv.: <i>Colacium vesiculosum</i> Räniv.: <i>Aulacoseira granulata</i>
1.7.1981	0	5,6	-	Siniv.: <i>Aphanothece clathrata</i> , <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Koldv.: <i>Dinobryon divergens</i>
1.7.1981	1	7	-	Siniv.: <i>Microcystis pulvere</i>
1.7.1981	3	16,7	-	Siniv.: <i>Microcystis pulvere</i>
1.7.1981	9	1,3	-	Siniv.: <i>Microcystis pulvere</i>
24.7.90	0	1,9	9,7	Siniv.: <i>Dolichospermum lemmermannii</i> Koldv.: <i>Dinobryon bavaricum</i> , <i>D. sociale</i> var. <i>americanum</i>
24.7.90	1	2,2	-	Siniv.: <i>Dolichospermum lemmermannii</i> Koldv.: <i>Dinobryon bavaricum</i> , <i>D. sociale</i> var. <i>americanum</i>
24.7.90	4	1,1	-	Siniv.: <i>Dolichospermum lemmermannii</i> Koldv.: <i>Dinobryon bavaricum</i> , <i>D. sociale</i> var. <i>americanum</i>
24.7.90	8	0,7	14,5	Siniv.: <i>Planktothrix agardhii</i>

Zooplankton

Zooplankton oli 1990. a. keskmise liigirikkusega (17 taksonit), varem liigirikkam. Arvukus ja biomass olid väikesed või keskmised, E-indeks mesotroofse järve tasemel (Tabel 4; Pihu, 1990). Koorikloomade, eriti aerjalaliste, osatähtsus oli suhteliselt suur. Neist domineerisid viimasel uurimiskorral *Mesocyclops oithonoides*, *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops crassus* ja sõudikuliste noorjärgud, vesikirbulistest olid arvukamad *Bosmina kessleri* ja *Diaphanosoma brachyurum*, keriloomadest *Kellicottia longispina*. 1990. a. paistis silma, et kõrvuti eutroofse järve liikidega esines mitmeid oligo- ja mesotroofse vee indikaatoreid – *Holopedium gibberum*, *Limnospira frontosa*, *Heterocope appendiculata*, *Daphnia cristata* jt. Otsustades liigilise koosseisu põhjal, võis järv 1952. a. olla isegi eutroofsem, kui 1990. a.

Tabel 4. Zooplanktoni arvukus (1000 ind./m³), rühmade osatähtsus arvukuses (%), biomass (g/m³) ja E-indeks (indeksi skaala: <0,2 oligotroofne; >0,2-1 mesotroofne; >1-4 eutroofne; >4 hüpertroofne).

Kuupäev	Arvukus	% arvukuses			Biomass	E-indeks
		aerjalalised	vesikirbulised	Keriloomad		
26.6.52	123,7	62,3	13,1	24,6	0,8	1
23.7.71	287,4	37,9	32,1	30	1,6	0,8
1.7.81	49,6	25,4	55,9	18,7	0,7	0,6
24.7.90	29	71	19,3	9,7	0,4	0,2

Põhjaloomastik.

Põhjaloomade kohta on andmeid 1952. ja 1981. aastast. Tollasel ajal kasutatud metoodika järgi võeti proove profundaalist, harvem litoraalist, leiti liigid, arvukus ja biomass. Kavadi järves oli 1981. a. arvukus ja biomass väikesed (tabel 5). Profundaalis oli ohtrasti klaasiksääske (*Chaoborus flavicans*), lisaks üksikuid hironomiide ja habesääsklasi. Litoraalis olid peamiselt hironomiidid, lisaks väikesel arvul ühepäevikulisi, väheharjasusse, herneskarpe jm. Suuri karpe ei leitud. Varem, 1952. a. (Eesti järved, 1968) uuritud proovides oli arvukus ja biomass väikesed ning fauna koosseis enamvähem sama. Toona leiti ka järvekarpe.

Tabel 5. Põhiliste põhjaloomade rühmade keskmine arvukus (ind./m²) ja biomass (g/m²) Kavadi järves 1981. a.

Kuupäev	Näitaja	Surusääskede vastsed	Väheharjasussid	Limused	Muu	Kokku
2.7.81	Arvukus	533	21	20	178	752
2.7.81	Biomass	0,46	0,22	0,23	0,87	1,78

Kalastik (Pihu, 1990).

Varasemate andmete alusel (Eesti järved, 1968) oli järves domineerivaks kalaliigiks särg, järgnesid latikas, ahven, haug, koha, linask, roosärg, koger ja luts. Sisse on toodud kaugemas minevikus peipsi siiga, hiljem peledit ja angerjat, neist viimane oli muutunud püügikalaks. Viiekümnendail aastail (Eesti järved, 1968) kasvas särg järves aeglaselt, kuid oli suure tusedusega. Latika kasvutempo oli aga kiire, tusedus keskmine. Haugi kasv oli mõnevõrra alla keskmise, tusedus rahuldav, koha oli kasvanud kiiresti. 1990. a. juulis tehtud katsepüügiga saadi särge, ahvenaid ja latikaid. Särgede kasvutempo oli varasemaga võrreldes kasvanud

keskmiseks, kuid түsedus langenud rahuldavale tasemele. Latika kasv oli endiselt üsna hea ja түsedus keskmine. Ahvena kasvutempo ja түsedus olid rahuldavad. Särjed olid söönud peamiselt taimset toitu, latikad surusääsklaste vastseid ja limuseid, ahvenad särjemaime. Uuritud ahvenatel ja särgedel ei leitud parasiite, latikate nahal oli tinditöbe tekitava imiussi *Posthodiplostomum cuticola* üksikuid tsüste.

1982. a. toodi järve 5000 kohamaimu. Seda tegevust taheti jätkata. Plaaniti ka klaasangerjate ja kahesuviste karpkalade asustamist. Järvel tehti töönduslikku püüki nakkevörkude, elektriagregaadi, mõrdade ja noodaga. 1990. a. oli püügiplaan 1770 kg, st 65 kg/ha. Latikas moodustas plaanist 430 kg, peenkala 430 kg, linask 300 kg, haud, 280 kg, angerjas 140 kg, koha 100 kg ja sordiahven 90 kg. Tegeliku saagi kohta andmed puuduvad.

Kavadi on olnud üks Eesti paremaid vähijärvi. Kuuekümnendail aastail hävisid vähivarud vähikatku tagajärjel (Mäemets, 1977). Viimastel aastakümnetel on asurkond osaliselt taastunud 1995-2001 toimunud asustamiste toel, <https://www.kik.ee/sites/default/files/6333.pdf>.

2018. seires hinnati jõevähi arvukust Kavadis keskmiseks.

https://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=4106:joev_aehk-2018-a&catid=1358:elustiku-mitmekesisuse-seire-2018&Itemid=5872

Edasiste uurimistööde vajadus

Arvestades taimeuuringute käigus nähtut, on kiiresti vaja teha vee abiootiliste omaduste uuring, soovitavalt 2020. a. suve lõpul või varasügisel, mil rohke taime- ja vetikamass hakkab lagunedes vett väetama. Viimased andmed pärinevad 1990. aastast ega ole järve tuleviku suhtes prognooside tegemiseks kuidagi piisavad. Teada on, et juba 1990. a oli fosfori sisaldus põhjalähedases kihis suur, kuid seda loodeti suvel kihistuse tõttu aineringsse mitte jõudvat. Kõrge oli ka vee lämmastikuisaldus ning sulfaatide kogus oli 1990. aastaks kasvanud viis korda (vahearuandes: vee abiootilised omadused). Uus andmestik võimaldaks otsustada, kas üldse on lootust järve paremusele pöörata.

1. Kindlasti tuleb enne veetaseme püsivaks muutmist uute regulaatorite abil selgitada järve hüdrobioloogiline seisund laiemalt. Abiootilised uuringute viimased andmed ja planktoni uuring pärineb ju aastast 1990, s.o. 30 aastat on mööda läinud. Taimeuuring näitas, et Kavadi on isegi hullemas olukorras kui Alajärv.

2. Lisaks järve enda uurimisele peame olema kindlad, et tänavu nähtud, oletuslikult tublisti tõusnud toitelisus on põhjustatud järve endaga toimunust - aastakümnetega kuhjunud biogeenid, hetkel suhteliselt madal veetase - **et pole aktuaalseid reostusallikaid** kallastelt või mujalt valgalalt.

3. Konkreetseid andmeid teadmata on tõenäoline, et veetaset tõsteti ilma vee alla jäävat kaldaosa puhastamata. See aga tähendas lisakoormust hulga roiskuva-mädaneva orgaanilise aine massi tõttu. Ilmselt toimus see ka juba 19. sajandil väikejärvede liitmisel paisutamise teel.

4. Kuna taimede osas Natura järvede seisukohalt pole Kavadis seis hea, võiks kaaluda järvenõo puhastamist, kuid see vajab eelnevaid põhjalikke uuringuid. Selleks, et peamine mass - särjesilma-vesikuuse-vetikate ja ujuva penikeele segu välja saaks, peaks ilmselt vee lausa alla laskma.

5. Kuna järves on kaks Natura 3110 tunnusliiki - mõõduka ohtrusega väike vesikupp (täiendav tunnusliik) ja pisut ujuvat jõgitakjat (peamine tunnusliik) esindatud puhta liigina üsna vähesel määral ning põhiosa moodustavad hübriidid tavalikekidega või tavalikid ise, siis tuleks tervendust pigem kaaluda lähtudes järve enda hüdrobioloogilisest seisundist.

Alljärgnevalt on esitatud uurimistööde programm ja orienteerivad maksumused uurimistöödele, mille tegemine oleks vajalik enne kirdesopis asuva betoonülevoolu rekonstrueerimist. Need tööd on jaotatud kahte ossa – hädavajalikud, ilma milleta ei saa järve funktsioneerimist üldse prognoosida (I) ja teised, mis on pikemaajased, kuid olulised teadmaks välis- ja sisekoormust ning mille alusel saab kavandada võimalikku meetmeprogrammi (II).

I Kõige kiiremat vastust nõudvad uuringud Kavadi järvel

a) Veetaseme kõikumise tagajärjel ökoloogilise seisundi prognoosimiseks on vaja teada veesamba erinevates kihtides sisalduvate peamiste toiteainete (N ja P) koguseid. Kui veetaset alandada alla ökoloogiliselt sobiva taseme, siis võib seisund halveneda, mille põhjuseks on peamiselt toiteainete kontsentratsioonide suurenemine vees veemahu vähenemise tõttu. Samuti on oluline teada temperatuuri- ja hapnikujaotust, mineraalainete ja kollase aine sisaldust, vee pH-d, üldaluselisust. Kuna Kavadi järv on sopiline ja sügav, siis võivad ainete kontsentratsioonid erineda nii veesambas kui ka järve soppides. Seepärast oleks otstarbekas analüüsida nimetatud näitajaid (ka biogeenide vorme) viies kohas, kolmes sügavuses. Töid peaks tegema maksimaalse kihistuse ajal, nt juulis või augustis minimaalselt ühe korra.

Tööde maksumus 1600 €

b) Üldise info jaoks oleks hea ka suvel võtta fütoplanktoni kvalitatiivne ja kvantitatiivsed proovid (minimaalselt ühest kohast, aga kolmest veekihi sõltuvalt kihistusest).

Tööde maksumus 300 €

c) Veemahu muutumisel ei saa analüüsitud ainete kontsentratsioonidest tuletada ainete koguseid ja nende dünaamikat, kui ei ole teada veekogu batümeetriat. Vaja on teada, kui suur on veemaht erinevates veekihtides. Sügavusmõõdistuste aeg on sobivaim kasvuperioodi alguses, kui suurtaimed ei ole veel massiliselt arenenud. Töid saab teha põhimõtteliselt ka muul ajal.

Tööde maksumus 7000 €.

II Pikeamaajased uuringud – koormuste selgitamine ja elustiku inventuur nii Kavadi kui ka Alajärvel.

- a) Valgala koormusallikate kaardistamine ja uuring.
- b) Vee- ja ainebilanss ning koormustaluvuse selgitamine kalenderaasta jooksul.
- c) Sisekoormuse (järve enesereostuse) uuring (peamise toiteaine, fosfori, võimaliku settest veesambasse liikumise selgitamine).
- d) I alajaotuses nimetamata elustikurühmade inventuur – fütobentos, zooplankton, suurselgrootud, kalad. Alajärvel kõik elustikurühmad.

Kokkuvõte

Kavadi järv on suhteliselt haruldast tüüpi pehmeveeline järv. Ta on oluline maastiku ilmestajana, suure kultuuriloolise väärtusega. Sellist tüüpi järves võib eeldada nii haruldasi liike kui ka kooslusi. Tähelepanuväärne on Kavadi järve kuju, sügavuse jaotus. Komplekssetest limnoloogilistest uuringutest on möödas väga palju aega. Järv ei kuulu ka riikliku seireprogrammi. Olulistele küsimustele vastuse andmiseks oleksid tarvilikud tänapäevasel tasemel uuringud. Kui paisutamise teel tekkinud järve võib lugeda looduslikuks elupaigaks, tuleks Kavadi järv kui *Natura* elupaik arvata tüübi 3130 alla: „möödukalt kareda veega vähe- kuni kesktoitelised järved“. Seda elupaigatüüpi on meil eristatud suhteliselt vähe, sest tema kirjeldusele Euroopa kontekstis on Eesti oludes raske olnud vastet leida. Paraku jääb aga ka troofsuselt kõrgemasse tüüpi tõstmisel Kavadi esinduslikkus viimase taimeuuringu põhjal kehvaks, sest järv ilmutab keskmisest tublisti kõrgemat toitelisust. Kui Kavadis hakatakse järvenõgu puhastama, on kindlasti vaja pöörata tähelepanu Alajärve võimalikult stabiilse seisundi säilitamisele, et sealsed ujuva jõgitakja ja väikese vesikupu asurkonnad saaksid anda järelkasvu nende liikide taastumiseks Kavadis.

Kirjandus

Eesti järved. 1968. Kirjastus „Valgus“. 548 lk.

Mäemets, A. 1977. Eesti NSV järved. „Valgus“. 263 lk.

Maemets, H.; Freiberg, L. (2005). Long- and short-term changes of the macrophyte vegetation in strongly stratified hypertrophic Lake Verevi. *Hydrobiologia*, 547, 175–184.

Mäemets, H., Laugaste, R., Palmik, K., Haldna, M. 2018. Response of primary producers to water level fluctuations of Lake Peipsi. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Ecology*, 67 (3), 231–245.10.3176/proc.2018.3.06

Paal, J. (2007). Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamat. Auratrükk, Tallinn, 308 lk.

Pihu, E. (koostaja). 1990. 40 järve seisundi hinnang, muutused ja soovitused nende kasutamiseks. Põlvamaa ja Võrumaa järved. ENSV TA Zooloogia ja Botaanika Instituudi Eesti Kalandusliiduga sõlmitud lepinguline töö Nr. 245-2. 383 lk.

