



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

SANGINJOEN JÄRVIALTAIDEN PINNANKORKEUKSIEN NOSTAMINEN

Kaarle Henrik Valtteri Brotherus

**PROSESSI- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN OSASTO
KANDIDAATINTYÖ 205**

2011



UNIVERSITY of OULU
OULUN YLIOPISTO

RAISING THE WATER LEVEL IN LAKE BASINS OF RIVER SANGINJOKI

Kaarle Henrik Valtteri Brotherus

DEPARTMENT OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR'S THESIS 205

2011



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

SANGINJOEN JÄRVIALTAIDEN PINNANKORKEUKSIEN NOSTAMINEN

Kaarle Henrik Valtteri Brotherus

Ohjaajat: Simo Tammela, Pekka Rossi

PROSESSI- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN OSASTO
KANDIDAATINTYÖ 205

2011

Teknillinen tiedekunta

Osasto Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto		Laboratorio Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio	
Tekijä Brotherus, Kaarle Henrik Valtteri		Työn valvoja Tammela S. DI Rossi P. DI	
Työn nimi Sanginjoen järviältaiden pinnankorkeuden nostaminen			
Oppiaine Vesitekniikka	Työn laji Kandidaatintyö	Aika Marraskuu 2011	Sivumäärä 31 s., 4 s.
<p>Tässä kandidaatintyössä arvioitiin laskennallisesti Sanginjoen merkittävimpien järviältaiden vesitilavuutta ja tilavuuden lisäystä järvien pinnankorkeutta nostettaessa. Työn tarkoituksena oli hankkia lisätietoa Sanginjoen virkistyskäyttöarvon parantaminen ja ekologinen kunnostus -projektia varten (SaKu). Vesitilavuuden lisäyksellä on vaikutusta muun muassa ylivirtaaman (HQ) ja alivirtaaman (NQ) suuruuteen, sekä Sanginjoen tapauksessa erityisesti vesistön puskurikapasiteettiin happamia huuhtoutumia vastaan. Sanginjoen ongelma on tällä hetkellä veden happamuus, joka tulevaisuudessa korostuu entisestään, mikäli kuivat kesät ja runsassateiset syksyt yleistyvät ilmastonmuutoksen seurauksena.</p> <p>Työ tehtiin osittain kirjallisuuskatsauksena, johon liittyi karttamittauksia viidestä Sanginjoen järviältaasta (Sankilampi, Sanginjärvi, Pirttijärvi, Iso-Vuotto ja Iso Karvasjärvi). Edellä mainittujen järvien pinta-alat mitattiin Metsähallituksen web-palvelun (www.retkikartta.fi) avulla. Tarkasteltavien järvien keskisyvyydet saatiin kirjallisuudesta, lukuun ottamatta Sankilampea ja Isoa Karvasjärveä, joiden keskisyvyyksien puuttuessa arvioitiin niiden olevan samaa luokkaa alueen samansuuruisien järvien kanssa. Työn toisessa vaiheessa järvien pinta-alat mitattiin tilanteessa, jossa vedenpintaa on nostettu ensimmäiselle korkeuskäyrälle. Joissakin tapauksissa pinta-alan kasvua rajoitettiin esim. tien kohdalle. Lopputuloksissa arvioitiin myös mahdollisia mittausvirheitä, sekä niiden vaikutusta tuloksiin.</p> <p>Laskelmista havaittiin järvien vesitilavuuden prosentuaalisen muutoksen eroavan toisistaan erittäin paljon. Tämä johtui maastonmuotojen erilaisuudesta järvien ympäristöissä. Toisissa korkeuskäyrä kulki aivan järven rantaviivaa pitkin, ja joissakin korkeuskäyrä jatkui pitkälle, jopa yli 1,5 km päähän rantaviivasta.</p>			
Säilytyspaikka			
Muita tietoja			

UNIVERSITY OF OULU**Abstract of thesis****Faculty of technology**

Department		Laboratory	
Department of Process- And Environmental Engineering		Water Resources And Environmental Engineering Laboratory	
Author		Supervisor	
Brotherus, Kaarle Henrik Valteri		Tammela S. M.Sc. (Tech.) Rossi P M.Sc. (Tech.)	
Name of the thesis			
Raising the water level in lake basins of River Sanginjoki			
Subject	Level of studies	Date	Number of pages
Water resources engineering	Bachelor's degree	November 2011	31 p., 4 p.
<p>Aim of this study was to computationally estimate the increase of water volume in most significant lake basins of River Sanginjoki by raising the water level. The aim of the work was to provide additional information for River Sanginjoki's recreational value improvement and ecological restoration project. Increasing the water volume has an effect e.g. on floodflow (HQ) and baseflow (NQ) and in this case especially on the buffer capacity against acidic loads. The problem of River Sanginjoki's organism population at the moment is the acidity of the water, which will emphasize if dry summers and rainy autumns become more general as the result of climate change.</p> <p>The study was executed partly as a literary research, added by map measurements from five lake basins in River Sanginjoki (Lake Sankilampi, Lake Sanginjärvi, Lake Pirttijärvi, Lake Iso-Vuotto and Lake Iso Karvasjärvi). The areas mentioned above were measured using web service (www.retkikartta.fi) provided by Finnish Forest and Park Service. The average depths of reviewed lakes were found out from literary, except Lake Sankilampi and Lake Iso Karvasjärvi. Since there was no depth information available from these lakes, average depths were assessed to be approximately equal with same sized lakes in the area. In the second step of the study, lake areas were measured in the case where water level has been raised to the first height curve in the map, using some additional limitations (measurement was limited to a road or a path). Also possible measuring errors and their effects to the results were assessed.</p> <p>According to the calculations, the percentual change of each lake's water volume varied significantly. This was due to the variation between the lake environment geographics; some height curves followed strictly lake's shoreline and some of them continued far away, even 1,5 km from the shoreline.</p>			
Library location			
Additional information			

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto.....	7
2 Suomen järivialtaat.....	8
2.1. Yleistä Suomen järvistä	8
2.1.1 Pinnankorkeuden nostaminen	10
2.1.2 Järven tilapäinen kuivattaminen.....	11
2.2 Sanginjoki ja sen järivialtaat.....	11
2.2.1 Sankilampi.....	12
2.2.2 Pirttijärvi	13
2.2.3 Sanginjärvi	14
2.2.4 Iso-Vuotto (Iso-Vuotunki).....	15
2.2.5 Iso Karvasjärvi.....	16
2.3 Sanginjoen virkistyskäyttöarvon parantaminen ja ekologinen kunnostus- projekti	18
3 Mittaukset	20
3.1 Mittaus ensimmäiseltä korkeuskäyrältä.....	20
3.1.1 Sankilampi.....	22
3.1.2. Pirttijärvi	23
3.1.3 Sanginjärvi	24
3.1.4 Iso-Vuotto	25
3.1.5 Iso Karvasjärvi.....	26
3.2. Virhettä aiheuttavat tekijät mittauksissa	27
4 Yhteenveto.....	29
Lähdeluettelo	30
Liitteet	

1 Johdanto

Tämä kandidaatintyö tehtiin Oulun yliopiston Prosessi- ja ympäristötekniikan osaston Vesi- ja ympäristötekniikan laboratoriolle liittyen Euroopan aluekehitysrahaston, valuma-alueen kuntien, Turveruukki Oy:n, Oulun golf Oy:n sekä osakaskuntien rahoittamaan Sanginjoen virkistyskäyttöarvon parantaminen ja ekologinen kunnostus-projektiin (SaKu). Työn tarkoituksena oli arvioida Sanginjoen eräiden järvi-altaiden vesitulavuuksia sekä niiden lisäystä pinnankorkeuden noston seurauksena. Pinnankorkeuden nosto vaikuttaa mm. yli- ja alivirtaamien suuruuteen sekä vesistön puskurikykyyn.

Järvien tarkastelu rajattiin Sanginjoen viiteen merkittävimpään järvi-altaiseen (Sankilampi, Sanginjärvi, Pirttijärvi, Iso-Vuotto ja Iso Karvasjärvi). Järvien pinta-alan mittaamiseen käytettiin Metsähallituksen www.retkikartta.fi-palvelua, ja keskisyvyudet arvioitiin kirjallisuuden perusteella. Sankilammen ja Ison Karvasjärven keskisyvyystietoja ei kirjallisuudesta löytynyt, joten niiden arvioitiin olevan keskisyvyydeltään samaa suuruusluokkaa muiden tarkasteltavien järvien kanssa. Järvitarkastelussa syvennyttiin aluksi koko Suomen järviin, niiden kokojakaumaan ja sijaintiin lyhyesti, sekä myöhemmin erityisesti Sanginjoen alueen järvi-altaisiin.

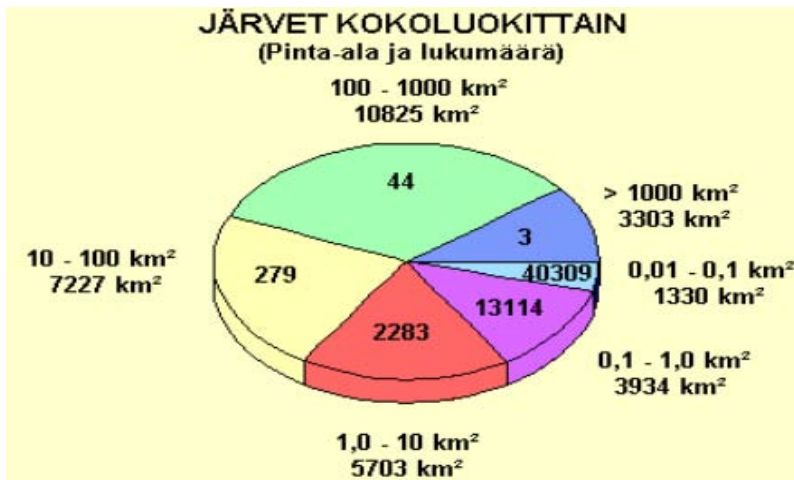
Nykyisen rantaviivan mukaisen pinta-alatarkastelun jälkeen mitattiin pinta-ala myös tilanteessa, jossa järven vesipintaa nostetaan kartta-aineistossa olevalle ensimmäiselle korkeuskäyrälle. Tämän mittauksen tarkoituksena oli selvittää kunkin järven vesitulavuuden muutosta, jolla voitaisiin parantaa järvien puskurikykyä happamia huuhtoutumia vastaan.

2 Suomen järvioltaat

Seuraavissa luvuissa on käsitelty Suomen järvioltaiden tilaa, sekä pinnankorkeuksien keinotekoisien muuttamisen vaikutuksia. Lähtökohtaisesti pinnankorkeuden laskemisella eli järvien kuivattamisella on merkittävä vaikutus jokiuomien tulvimiseen, kun järvissä tapahtuva virtaamavaihteluiden tasaantuminen vähenee tai loppuu. Pinnankorkeuden nostamisen seurauksena järviä ympäröivä mahdollinen viljelypinta-ala pienenee. Molemmilla edellä mainituista pinnankorkeuksien muuttamisella on vaikutus myös järvien ja sitä ympäröivien alueiden ekosysteemeihin.

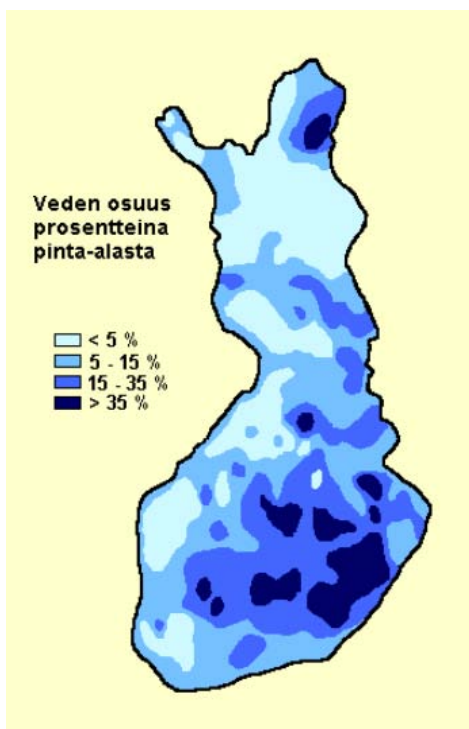
2.1. Yleistä Suomen järvistä

Suomessa on 187 888 yli viiden aarin suuruista järviollasta, joista noin 56 000 ylittää hehtaarin pinta-alan. Lukumääräisesti selvästi eniten on 0,01-0,1 km² järviä (n. 40 000). Pinta-alaltaan suurimman sektorin (100-1000 km²) suhteellinen osuus Suomen järvipinta-alasta on n. 34 %. Kuvassa 1 esitetyn tilastotiedon ulkopuolelle jäävät Suomen kolme suurinta (> 1000 km²) järveä, Saimaa, Inari ja Päijänne, sekä alle hehtaarin järvet, joista ei ole tilastotietoa järvirekisterissä. (Suomen ympäristökeskus 2011)



Kuva 1. Suomen järvet kokoluokittain, kokonaispinta-alat ja järvien lukumäärät eri kokoluokan järvissä (Suomen ympäristökeskus).

Suomen suurin järvi tiheys on Inarin pohjoispuolisessa Lampi-Suomessa (Kuva 2), missä se on suurimmillaan 1000 kpl/100 km². Mainittakoon vertailukohtaksi Järvi-Suomi, missä tiheys on tyypillisesti n. 40 kpl/100 km²) (Suomen ympäristökeskus).



Kuva 2. Järvi tiheys Suomessa (Suomen ympäristökeskus).

2.1.1 Pinnankorkeuden nostaminen

Järvivedenpinnan noston tarkoituksena on joko parantaa järviveden laatua, lisätä sen käyttökelpoisuutta eri tavoin, tai estää vesikasvien leviäminen (Pitkänen 2004, 53). Pinnan nosto on hyvin edullinen tapa verrattuna vaihtoehtoihin kunnostusmenetelmiin, kuten ruoppaukseen (soveltuu lähinnä vain uimarantojen tai veneväylien rakentamiseen) tai vesikasvien poistoon. Erityisen kannattavaa pinnan nosto on järvissä, joissa pintaa on aiemmin laskettu, jolloin kyseessä on järven palauttaminen alkuperäiseen tilaan. Vesikasvien poistoa on tosin usein käytetty vedenpinnan noston lisäksi useissa järvien kunnostushankkeissa. (Ulvi & Lakso 2005, 227–229)

Historiallisesti yleisimmät syyt vedenpinnan nostoon ovat olleet järven mataluus ja sen umpeen kasvaminen. Tätä on monesti edeltänyt kuivatuksen seurauksena tapahtunut vedenpinnan lasku. Vedenpinnan nostoon tarvitaan aina ympäristölupa. Teknisesti vedenpinta nostetaan joko kyseisessä joessa jo olevaa säännöstelypatoa käyttäen, tai luusuaan rakennettavan säännöstely- tai kiinteäharjaisen pohjapadon avulla. (Pitkänen 2004, 53) Esimerkiksi tarkastelussa olleen Sanginjärven luusuassa on pohjapato. SaKu-hankkeen tavoitteena on selvittää, paljonko vesitilavuutta voitaisiin kasvattaa. Vedenpinnan nostolla toteutettava vesitilavuuden kasvattaminen parantaisi vesistön puskurikykyä happamia huuhtoutumia vastaan.

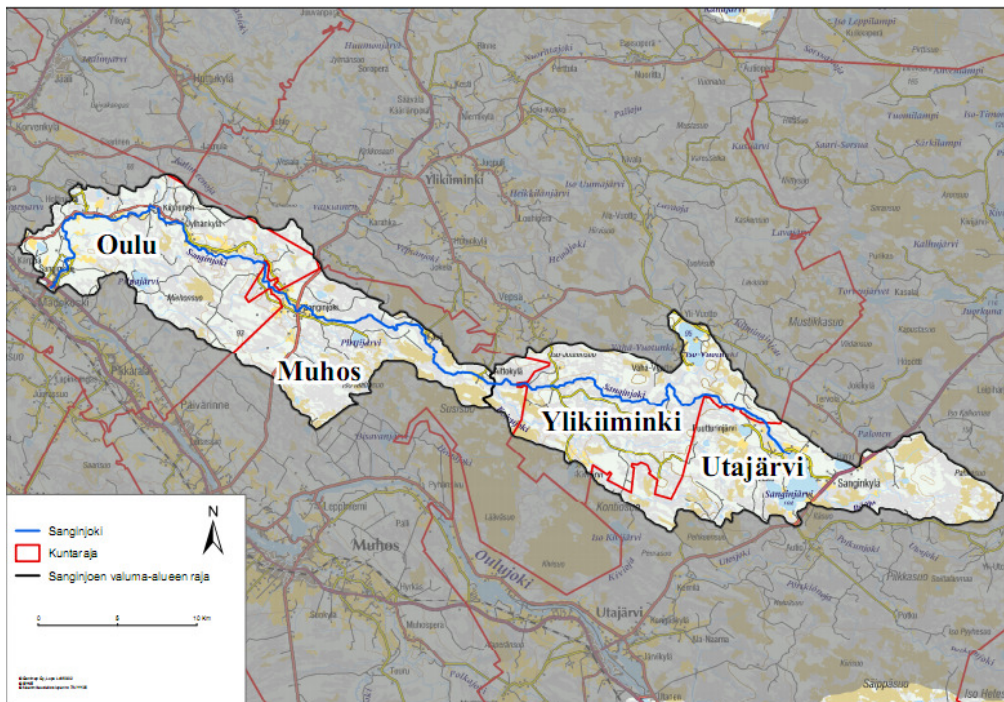
Järvien vedenpinnan noston edellytyksenä on välttää aiemmin vedenpinnan yläpuolella olleiden rantojen peittymistä kesävedenpinnan alle. Lisäksi nostosta aiheutuva etu tulee olla suurempi, kuin ranta-alueille siitä johtuva haitta. Käytännössä haitta tarkoittaa metsien tai rantapeltojen vettymistä. (Ulvi ym. 2005, 229) Tässä työssä ei tarkastella vedenpinnan nostosta mahdollisesti aiheutuvia edellä mainittuja haittoja.

2.1.2 Järven tilapäinen kuivattaminen

Järvien tilapäinen kuivattaminen on eräänlainen järven kunnostustoimenpide, mikä on toistaiseksi melko uusi menetelmä Suomessa. Sen tarkoituksena on tiivistää pehmeää ja helposti veteen sekoittuvaa sedimenttiä. Järven tyhjentäminen voidaan tehdä muun muassa kuivattamalla se vahvan jääpeitteen alla, kuten on tehty Särkijärvelle talvena 2000–2001. (Pitkänen 2004, 53–54). Aiemmin järviä on kuivattu pysyvästi tai niiden pinnankorkeuksia on laskettu uuden viljelysmaan saamiseksi.

2.2 Sanginjoki ja sen järivialtaat

Sanginjoki on Utajärven ja Muhoksen kuntien sekä Oulun kaupungin läpi laskeva sivujoki, joka laskee Oulujokeen Sanginsuun kaupunginosassa. Sen valuma-alue (Kuva 3) sijoittuu Oulun, Muhoksen, Ylikiimingin ja Utajärven kuntien alueelle (Suomen ympäristökeskus 2006). Pitkäsen (2004) mukaan Sanginjoen vesistöalueen virkistyskäyttö on vaikeutunut viime vuosina jokiveden happamuuden (pH alle 5) vuoksi. Alueen käyttäjät ovatkin tehneet useita aloitteita ympäristökeskukseen alueen vesistöjen kunnostamiseksi.



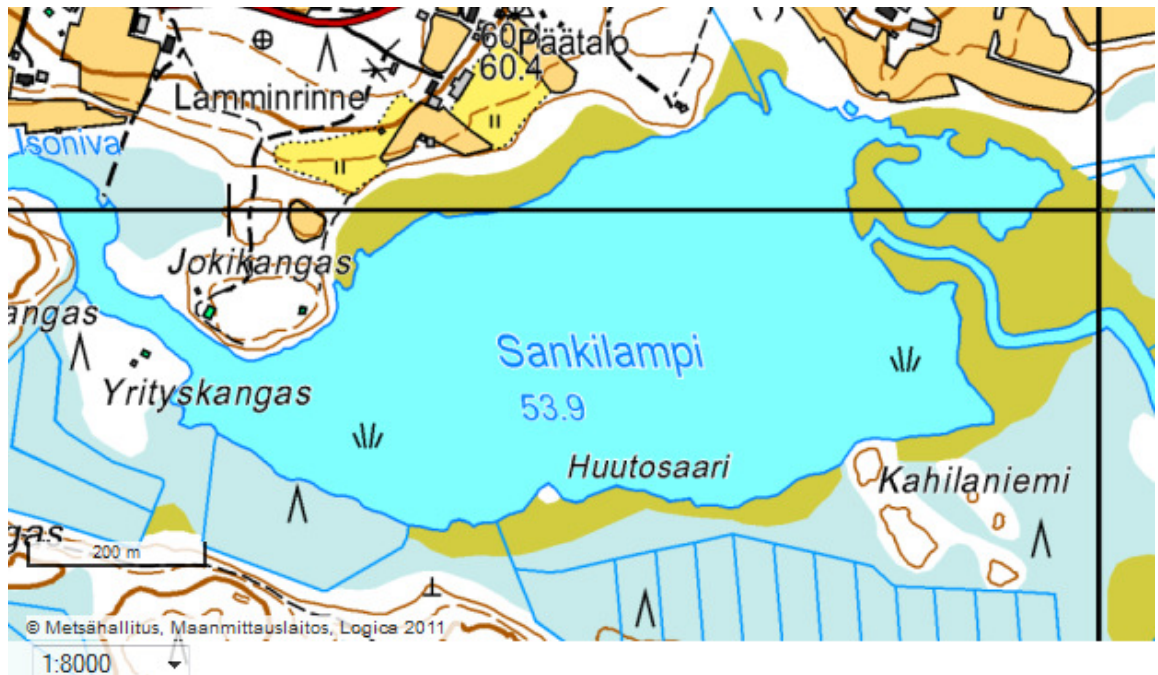
Kuva 3. Sanginjoen valuma-alue (Suomen ympäristökeskus).

Pitkäsen (2004) mukaan Sanginjoen vesistön merkittävimmät kemialliset kuormittajat ovat maa- ja metsätalous. Lisäksi Sanginjoen varteen ja sen järvien läheisyyteen on rakennettu haja- ja loma-asutusta, mikä kuormittaa myös jonkin verran kemiallisesti Sanginjoen vesistöaluetta. Sanginjoella on lisäksi myös tulevaisuudessa jatkuvaa turvetuotantoa, mutta teollisuutta tai vesiliikennettä Sanginjoella ei ole (Pitkänen 2004, 5).

2.2.1 Sankilampi

Sankilampi (Kuva 4) sijaitsee tarkasteltavista järvistä lähimpänä Sanginjoen yhtymäkohtaa Oulujokeen, Sankilammen osavaluma-alueella. Järvellä on hyvin suuri valuma-alue, ja siihen laskee itäpuolelta koko Sanginjoen virtaama, pois lukien Pilpaojan virtaama. Sen tämänhetkinen karttakorkeus on 53,9 metriä

merenpinnan yläpuolella. Asutusta Sankilammen välittömässä läheisyydessä ei kartan mukaan juuri ole.

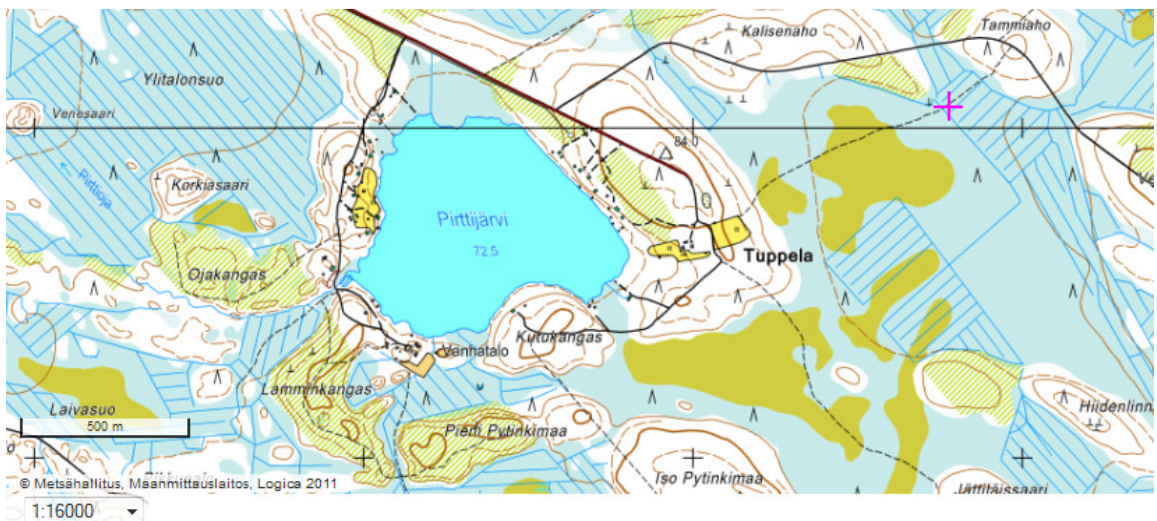


Kuva 4. Sankilampi, mittakaava 1:8000.

2.2.2 Pirttijärvi

Pirttijärvi (Kuva 5) sijaitsee noin 30 kilometriä Sanginjoen jokisuulta ylävirtaan jokiuoman eteläpuolella, Sankilammen osavaluma-alueella. Joulukuussa 2000 tehdyn mittauksen mukaan Pirttijärven keskisyvyys on 1,55 metriä. (Pitkänen 2004) Sankalan (2007) mukaan Pirttijärvi on kuivatettu vuosina 2005 ja 2006 ruoppaamalla Sanginjokeen johtava Pirttioja, jotta järvi pääsi juoksemaan tyhjiin. Vuonna 2007 Pirttijärvi padotettiin settipadolla, jonka jälkeen järvi on täytynyt pohjavedestä ja jonkin verran lisäksi sadevedestä. Padotuksen seurauksena Pirttijärvestä lähtee virtaamaan vettä ojaa pitkin vain silloin, kun pinnankorkeus on padotuskorkeuden yläpuolella. Pitkäsen (2004) mukaan järviveden viipymä onkin

hyvin pitkä (keskivirtaaman 6,5 l/s perusteella laskettuna 2,7 vuotta). Lehtiartikkelin kirjoitushetkellä (17.7.2007) asukkaat arvioivat järven maksimisyvyydeksi paikoittain noin 2 metriä, ja olettavat pinnan nousevan myöhemmin noin 80 senttimetriä lisää. Pirttijärven ympäristössä on runsaasti asutusta.



Kuva 5. Pirttijärvi, mittakaava 1:16000.

2.2.3 Sanginjärvi

Sanginjärvi (Kuva 6) sijaitsee Sanginjärven osavaluma-alueella Sanginkylän luoteispuolella, Utajärven kuntakeskuksesta noin 15 kilometriä koilliseen. (Savolainen M & Vesala E 2000) Sen kaakkoispuolella on myös laajahko Vapon turvetuotantoalue, Itäsuo. Sanginjärven asutus alkoi alun perin muodostua järven kaakkoispuolelle, minkä jälkeen asutusta alkoi kertyä järven vastakkaiselle puolelle, sekä lopulta pohjoisrannalle, jonne Sangin kyläkeskus sittemmin perustettiin. Osasyynä tähän ovat oletettavasti heikot liikenneyhteydet järven etelälaidalla.

Sanginjoen järviältäista se on selvästi suurin, pinta-alaltaan yli kaksinkertainen verrattuna toiseksi suurimpaan (Iso-Vuottoon). Pitkäsen (2004) mukaan Sanginjärven suurin syvyys on 2 metriä ja sen keskisyvyudeksi on arvioitu 1,3 metriä. Se sijaitsee 101,9 metriä merenpinnan yläpuolella. Järven historian aikana pintaa on aluksi laskettu, ja myöhemmin nostettu takaisin pohjapadon avulla.



Kuva 6. Sanginjärvi, mittakaava 1:50000.

2.2.4 Iso-Vuotto (Iso-Vuotunki)

Iso-Vuotto (Kuva 7) sijaitsee osavaluma-alueen koillisosassa entisen Ylikiimingin kunnan alueella sijaitsevalla Iso-Vuotungin osavaluma-alueella. Siihen laskee järven eteläpuolelta hieman alle kilometrin pituinen Kiiskioja, sekä joitain pienempiä oja. Sen keskisyvyudeksi on Pitkäsen (2004) mukaan arvioitu noin 1,5 metriä, eli sitäkin pidetään matalana järvenä. Huomattavaa on, että vaikka Iso-Vuotto on Sanginjoen järviältäista toiseksi suurin, sillä on hyvin pieni valuma-alue. Kiiminkijoki virtaa alle kilometrin päässä järven pohjoispuolella ja viereinen Vähä-

Vuotto laskee Kiiminkijokeen. Iso-Vuoton vedenpinta on kartan mukaan 94,8 metriä merenpinnan yläpuolella. (Metsähallitus) Iso-Vuoton ympäristössä on harvaa asutusta.



Kuva 7. Iso-Vuotto (Iso-Vuotunki) ja osa läheltä järven pohjoispuolella kulkevaa Kiiminkijokea, mittakaava 1:25000.

2.2.5 Iso Karvasjärvi

Iso Karvasjärvi (Kuva 8) sijaitsee noin 4,5 kilometriä Sanginjärvestä länteen Koivujoen osavaluma-alueella (pinta-ala 146 370 m²). Siihen laskee ainoastaan Karvasoja, joten sen laajalla valuma-alueella on suuri merkitys järven täyttämässä uuteen pinnankorkeuteen. Ison Karvasjärven karttakorkeus nykyisellä tasolla on 101,7 metriä. Ison Karvasjärven pohjoispuolella sijaitsee Pikku Karvasjärvi, joka on sen kanssa samalla osavaluma-alueella. Pikku Karvasjärven karttakorkeus on hieman korkeampi, 102,3 metriä. Pinta-alaltaan se on noin kolmasosan Isosta Karvasjärvestä. Karvasjärvien ympäristössä ei ole asutusta tai pelloja.



Kuva 8. Iso Karvasjärvi, mittakaava 1:8000.

2.3 Sanginjoen virkistyskäyttöarvon parantaminen ja ekologinen kunnostus –projekti

Sanginjoen tarkasteltavista järviältäista suurin osa kuului saatujen mittaustulosten perusteella lukumääräisesti toiseksi suurimpaan ryhmään (0,1-1 km²) aiemmin esitetystä järvien kokojaottelussa. Sanginjokea pidetään yhtenä Oulun seudun merkittävimmistä lähivirkistysalueista. Vaelluskalojen näkökulmasta se on tärkeä myös sijaintinsa vuoksi; Sanginjoki on Merikosken kalatiestä katsottuna alin Oulujoen sivuhaara. Näin ollen on katsottu tarpeelliseksi selvittää, onko Sanginjoella edellytyksiä muodostua vaelluskalojen luonnonpoikastuotantoalueeksi. (Oulun yliopisto ym. 2008).

Virkistyskäyttöarvoa alentavana tekijänä on kuitenkin kalakuolemia aiheuttava ajoittain hapan vesi. Ongelma tulee kasvamaan tulevaisuudessa entisestään ilmastonmuutoksen seurauksena, mikäli kuivat kesät ja runsassateiset syksyt yleistyvät ja voimistuvat. Sanginjoen kalakuolemiin edellä mainituista vaikuttaa erityisesti suurten virtaamien aikaiset happamuuspiikit. Veden happamuus vaikuttaa myös alueen vesihuoltoon (talousveden esikäsitteilyn tarve) ja virkistyskäyttöön. Happamuus on yleinen ongelma Perämeren rannikon joissa. (Oulun yliopisto ym. 2008)

Happamoitumista edistää ihmisen toiminta, kuten metsien ojitus ja soiden käyttö turpeen tuotantoon, joiden toteuttamisessa tarvitaan huolellista, ammattitaitoista suunnittelua haittojen minimoimiseksi. Eri syistä tapahtuvaa vesien happamoitumista voidaan ehkäistä ja torjua valtakunnallisillakin asetuksilla ja ohjeistuksella. (Oulun yliopisto ym. 2008).

SaKu-hankkeen tavoitteena on pyrkiä tunnistamaan happamuuspiikkejä aiheuttavia tekijöitä ja niiden aiheuttajia. Tulosten perusteella suunnitellaan erilaisia kunnostusvaihtoehtoja olemassa olevien ojituksen kunnostamiseksi, jotta hapan huuhtouma ei pääsisi vesistöön. Lisäksi pyritään luomaan sellaisia ohjeistuksia tulevaisuudessa tehtäviin ojituksiin, etteivät ne aiheuttaisi happamuusongelmia. (Oulun yliopisto ym. 2008).

3 Mittaukset

Järvien pinta-alaa määritettäessä jokainen tarkasteltava järvi mitattiin Metsähallituksen web-sivuilla olevan Retkikartta-palvelun pinta-alalaskurilla. Jokaisen järven kohdalla mittaus toistettiin viidesti satunnaisen virheen minimoimiseksi. Saaduista arvoista laskettiin aritmeettinen keskiarvo, josta saatua keskimääräistä pinta-alaa käytettiin myöhemmin kunkin järven pinta-alana. Sanginjärveä mitattaessa oli otettava huomioon siinä olevat pienet saaret (Tiironsaari, Lamposaari ja Sairastensaari), joiden pinta-alan määrittämiseen käytettiin edellä mainittua viiden mittauksen aritmeettista keskiarvoa.

3.1 Mittaus ensimmäiseltä korkeuskäyrältä

Ensimmäisen pinta-alamittauksen jälkeen, joka perustui tämänhetkiseen karttakorkeuteen, mitattiin kartasta kunkin järven pinta-ala tilanteissa, joissa vedenpinta on nostettu kartassa olevan ensimmäisen korkeuskäyrän kohdalle. Pinta-alan kasvua rajattiin paikoin esimerkiksi tiehen, polkuun tai muuhun loogiseen rajaan. Saaduista pinta-aloista laskettiin järven tämänhetkinen vesitilavuus V_0 , sen muutos V' ja uusi tilavuus V_1 . Lopuksi järville on laskettu arvio siitä, kuinka kauan niiden pinnankorkeuden nouseminen halutulle tasolle kestäisi. Kunkin järven pinnankorkeuden nostamiseen oletettu menetelmä on mainittu kappaleessa. Sadantamäärinä on käytetty RIL:n esittämiä sadanta-arvoja. Haihdunta Pohjois-Suomessa on RIL:n (2003, 82) mukaan n. 50 % vuosisadannasta. Virtaama-arvoina on käytetty puolet järven sisäänvirtaamasta, koska on oletettu, että täyttymisen aikana ulosvirtaus järvestä on keskimäärin puolet sisäänvirtaamasta.

$$V_0 = h_{av} \cdot A_0 \quad (1)$$

V_0 = Vesitilavuus alkuperäisellä pinnankorkeudella

h_{av} = keskisyyvyys [m]

A_0 = Pinta-ala nykyisellä pinnankorkeudella [m²]

$$\Delta x = x_1 - x_0 \quad (2)$$

x_1 = järven ensimmäisen korkeuskäyrän korkeus [m]

x_0 = järven karttakorkeus [m].

$$A' = A_1 - A_0 \quad (3)$$

A_1 = Järven pinta-ala ensimmäisellä korkeuskäyrällä [m²]

$$V' = \Delta x \cdot A_0 + \frac{1}{2} \cdot \Delta x \cdot A' \quad (4)$$

V' = Vesitilavuuden muutos

$$V_1 = V_0 + V' \quad (5)$$

V_1 = Vesitilavuus uudella pinnankorkeudella

$$\Delta S = A_v \cdot (R - E) \quad (6)$$

ΔS = järven vesikertymä valuma-alueelle tulevan sadeveden ja haihdunnan erotuksesta [m³/a]

A_v = valuma-alueen pinta-ala [m²]

R = vuosittainen sadanta [mm/a] = 550 mm/a

$$E = \text{vuosittainen haihdunta [mm/a]} = 0,50 \cdot 550 \text{ mm/a} = 275 \text{ mm/a}$$

$$t = \text{aika [a]}$$

$$t = V'/\Delta S \tag{7}$$

tai

$$t = V'/(1/2 \cdot Q) \tag{8}$$

Q = järven sisääntulovirtaama

3.1.1 Sankilampi

Sankilampea ympäröivä ensimmäinen korkeuskäyrä levittäytyi kartalla hyvin laajalle alueelle. Mitattavaa aluetta rajattiin joiltain osin mm. Sanginjoentiehen. Pinnankorkeuden nosto rajattiin alavirran puolelta ensimmäiseltä korkeuskäyrältä Jokikankaan polkua pitkin Sankilammen luusuaan, ja joen vastarannalta jatkettiin ensimmäistä korkeuskäyrää kohti kahden kartassa olevan pienen ojan välistä. Ylävirrassa rajaksi asetettiin Kekkosensaari-Murhinoja-akseli. Lisäksi korkeuskäyrä kulki Sankilammen pohjoispuolella Sanginjoentien yli, jossa alue rajattiin tiehen. Samoin tehtiin myös järven itäpuolella Murhinojan kohdalla. Sankilammen kohdalla vedenpinnan nostossa ei tulisi todennäköisesti ongelmia ympäröivän alueen rakennuksista, sillä asutusta ole juurikaan ensimmäisen korkeuskäyrän alapuolella. Vedenpinnan nousu oletettiin tapahtuvan koko Sanginjoen tulovirtaamana vähennettynä Pilpaojan virtaamalla. Laskuissa tarkasteltiin tilannetta, jossa Sankilampi täyttyisi puolikkaalla sisääntulovirtaamalla (puolet sisääntulovirtaamasta virtaa luusuasta alajuoksulle). Virtaama-arvot on laskettu vuosien 2000-2010 simuloituista päivittäisistä keskiarvoista.

$$\begin{aligned}
 (1): V_0 &= h_{av} \cdot A_0 \\
 &= 1,0 \text{ m} \cdot 291620 \text{ m}^2 \\
 &= 291620 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (4): V' &= \Delta x \cdot A_0 + \frac{1}{2} \cdot \Delta x \cdot A' \\
 &= (x_1 - x_0) \cdot A_0 + \frac{1}{2} \cdot (x_1 - x_0) \cdot (A_1 - A_0) \\
 &= (55 \text{ m} - 53,9 \text{ m}) \cdot 291620 \text{ m}^2 + \\
 &\quad \frac{1}{2} \cdot (55 \text{ m} - 53,9 \text{ m}) \cdot (1713200 \text{ m}^2 - 291620 \text{ m}^2) \\
 &= 1102651 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (5): V_1 &= V_0 + V' \\
 &= 291620 \text{ m}^3 + 1102651 \text{ m}^3 \\
 &= 1394271 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (8): t &= V' / (\frac{1}{2} \cdot Q) \\
 &= 1102651 \text{ m}^3 / (\frac{1}{2} \cdot 4,103 \text{ m}^3/\text{s}) \\
 &= 537485,2547 \text{ s} \\
 &= 6 \text{ d}
 \end{aligned}$$

3.1.2. Pirttijärvi

Pirttijärven ensimmäinen korkeuskäyrä leikkasi osittain järven länsipuolella kulkevan tien, joten rajausta tehtiin kyseisiltä osin tien reunaan. Tilavuuden muutosta laskiessa oli tehtävä muutos kartassa ilmoitettuun nykyisen rantaviivan mukaiseen vedenpinnan korkeuteen merenpintaan nähden. Kartan mukaan vedenpinnan korkeus olisi 72,5 m merenpinnasta, mutta kunnostuksena tehty järven väliaikainen kuivatus on tehty karttapinnakorkeuden määrittämisen jälkeen. Laskuissa vedenpinnan karttakorkeudeksi on oletettu 72,3 m. Pirttijärven koillis- ja kaakkoiskulmassa olevat tontit saattaisivat vettyä pinnankorkeutta nostaessa, ellei

maanpintaa ole niiltä kohdin nostettu. Vettymistä ei voi päätellä kartasta, vaan tarkastelu tulisi tehdä paikan päällä. Vedenpinnan nousu oletettiin tapahtuvan sadannan ja haihdunnan erotuksena valuma-alueella. Laskuissa tarkasteltiin tilannetta, jossa Pirttijärvi täyttyisi puolikkaalla sisääntulovirtaamalla (puolet sisääntulovirtaamasta virtaa luusuasta alajuoksulle). Virtaama-arvoiksi on Pitkäsen (2004) mukaan arvioitu 6,5 l/s.

Pirttijärven alkuperäiseksi tilavuudeksi saadaan

$$V_0 = 566456,8 \text{ m}^3$$

Pirttijärven tilavuuden muutokseksi saadaan

$$V' = 82717,4 \text{ m}^3$$

Pirttijärven uudeksi tilavuudeksi saadaan

$$V_1 = 649174,2 \text{ m}^3$$

Pinnankorkeuden nousu uuteen padotuskorkeuteen kestää lähes 10 kuukautta,

$$t = 295 \text{ d}$$

3.1.3 Sanginjärvi

Sanginjärvässä korkeuskäyrä kulkee yläjuoksulla Puolangantien, sekä alajuoksulla jokiuoman ylittävän Puutturintien lävitse, joten pinta-alamittaus rajoitettiin niiltä osin edellä mainittuihin teihin. Vaikka Sanginjärven rannalla (erityisesti itärannalla) on paljon asutusta, ne sijoittuvat ensimmäisen korkeuskäyrän yläpuolelle, eivätkä näin ollen vettyisi, jos pinnankorkeutta nostettaisiin ensimmäiselle korkeuskäyrälle.

Vedenpinnan nousu oletettiin tapahtuvan Sanginjärven sisäänvirtaamalla, josta vähennettiin ulosvirtaama. Ulosvirtaaman suuruudeksi oletettiin puolet sisäänvirtaamasta.

Sanginjärven alkuperäiseksi tilavuudeksi saadaan

$$V_0 = 727 \text{ m}^3$$

Sanginjärven tilavuuden muutokseksi saadaan

$$V' = 3286681,32 \text{ m}^3$$

Sanginjärven uudeksi tilavuudeksi saadaan

$$V_1 = 9595601,08 \text{ m}^3$$

Pinnankorkeuden nousu uuteen padotuskorkeuteen kestää lähes 4 kuukautta,

$$t = 111 \text{ d}$$

3.1.4 Iso-Vuotto

Iso-Vuoton korkeuskäyrämittaus rajattiin kiinteästi ensimmäiseen korkeuskäyrään, lukuunottamatta järven eteläpuolta, jossa mittaus rajattiin osittain järven lounaiskulmaa kiertävään polkuun. Ensimmäinen korkeuskäyrä kulkee hyvin lähellä nykyistä rantaviivaa, eikä asutusta ole sen alapuolella. Vedenpinnan nousun oletettiin tapahtuvan Iso-Vuotungin osavaluma-alueen virtaamalla, josta vähennettiin ulosvirtaama. Ulosvirtaaman suuruudeksi oletettiin puolet sisäänvirtaamasta.

Iso-Vuoton alkuperäiseksi tilavuudeksi saadaan

$$V_0 = 3348000 \text{ m}^3$$

Iso-Vuoton tilavuuden muutokseksi saadaan

$$V' = 678075,7 \text{ m}^3$$

Iso-Vuoton uudeksi tilavuudeksi saadaan

$$V_1 = 4026075,7 \text{ m}^3$$

Pinnankorkeuden nousu uuteen padotuskorkeuteen kestää lähes 3 kuukautta,

$$t = 87 \text{ d}$$

3.1.5 Iso Karvasjärvi

Ison Karvasjärven ensimmäinen korkeuskäyrä kulki pohjoisessa pitkälle, ohittaen myös Pikku Karvasjärven. Lisäksi Pikku Karvasjärven pinta-ala oli hyvin pieni muihin järviin verrattuna, ja tämän takia sen pinta-ala jätettiin mittaamatta, toisin kuin alun perin suunniteltiin. Ison Karvasjärven uusi pohjoisrantaviiva päätettiin piirtää kulkevaksi likimain samalle etäisyydelle vanhasta viivasta, kun järven eteläosaa kiertävä nykyinen rantaviiva. Näillä rajauksilla uuden vedenpinnan alle jäisi ainoastaan ojitettua suota, sekä mahdollisesti myös puustoa, joten vedenpinnan nosto olisi Iso-Vuoton tavoin hyvin ongelmaton. Vedenpinnan nousu oletettiin tapahtuvan sadannan ja haihdunnan erotuksena järven valuma-alueella.

Ison Karvasjärven alkuperäiseksi tilavuudeksi saadaan

$$V_0 = 201474,4 \text{ m}^3$$

Ison Karvasjärven tilavuuden muutokseksi saadaan

$$V' = 386793,36 \text{ m}^3$$

Ison Karvasjärven uudeksi tilavuudeksi saadaan

$$V_1 = 789742,16 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} (6): \Delta S &= 146370 \text{ m}^2 \cdot (0,550 \text{ m/a} - 0,275 \text{ m/a}) \\ &= 588267,76 \text{ m}^3/\text{a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (7): t &= 386793,36 \text{ m}^3 / 588267,76 \text{ m}^3/\text{a} \\ &= 0,657512 \text{ a} \\ &= 240 \text{ d} \end{aligned}$$

3.2. Virhettä aiheuttavat tekijät mittauksissa

Laskuja varten tehdyt pinta-alamittaukset tehtiin karttapalvelussa, joka aiheuttaa tulokseen hieman epätarkkuutta. Tämä virhe pyrittiin minimoimaan toistamalla mittaus kunkin järven kohdalla viisi kertaa, ja laskemalla tästä aritmeettinen keskiarvo. Mitattujen pinta-alojen suhteellinen varianssi oli kaikilla mittauksilla korkeintaan noin 1 % luokkaa, joten satunnaiset virheet ovat jääneet hyvin pieniksi. Tarkkuutta olisi voinut parantaa lisäämällä mittauskertoja, mutta tämäkin olisi parantanut tarkkuutta ainoastaan verrannollisena mittauskertojen neliöjuureen (Valtonen 2010). Merkittävimpinä virheinä voidaan pitää siis systemaattista

virhettä, johon pääasiallisena syynä voidaan pitää inhimillistä epätarkkuutta mittauksissa, sekä karttojen rantaviivan tarkkuutta, joka vaikuttaa suoraan laskujen tarkkuuteen. Mittauksissa käytetyt karttojen mittakaavat on mainittu kunkin järven karttakuvan yhteydessä.

Järvialtaiden syvyystiedot aiheuttavat myös jonkin verran epätarkkuutta tuloksiin. Syvyystiedot selvitettiin kirjallisuudesta, jossa ne oli ilmoitettu kymmenen senttimetrin tarkkuudella (Pirttijärveä lukuun ottamatta). Tämän vuoksi aiheutunut suhteellinen virhe kyseisten järvien syvyyksisarvoissa voi olla luokkaa 1,9–3,8 %, riippuen järven syvyydestä. Lisäksi Sankilammen ja Ison Karvasjärven syvyystietojen puuttuessa syvyydet oli arvioitava muiden järvien syvyyksien perusteella, joten nekin aiheuttavat epätarkkuutta tuloksiin.

Kolmas virhetyyppi Valtosen (2010) mukaan on karkea virhe, mikä voi aiheutua huolimattomasta mittauksesta tai mittalaitteen epäkunnosta. Virhe näkyy mittaustuloksista yksinkertaisesti siten, että arvo eroaa muista mittaustuloksista huomattavan paljon. Tällaisia virheitä tuloksista ei ilmennyt.

4 Yhteenveto

Tässä kandidaatintyössä tutkimuskohteena olivat Sanginjoen merkittävimmät järvaltaat, sekä niiden vesitulavuuden lisäys pinnankorkeutta nostamalla. Pinta-alat mitattiin manuaalisesti Metsähallituksen Retkikartta-web-palvelun avulla. Kyseinen mittaus toistettiin viisi kertaa, jotta minimoitaisiin järkevällä tavalla satunnaisen virheen vaikutus mittaustulokseen.

Mitattujen pinta-alojen aritmeettisia keskiarvoja käytettiin kunkin järven vesitulavuuden laskemiseen kahdessa eri tilanteessa; veden nykyisellä pinnankorkeudella, sekä tilanteessa, jossa pinta on keinotekoisesti nostettu ensimmäiselle korkeuskäyrälle, käyttäen joitain rajoituksia (esimerkiksi järveen laskevaan uomaan, siitä laskevaan uomaan, ja korkeuskäyrän halkaisevaan tiehen tai polun reunaan).

Mittaustuloksen satunnainen virhe vähenee mittauskertoja lisäämällä, mutta tarkkuus paranee vain verrannollisena toistokertojen lukumäärän neliöjuureen, jonka takia mittauksia ei ole mielekästä tehdä tätä useampaa kertaa kandidaatin työn laajuuteen nähden. Lisäksi mittaustulosten varianssi oli korkeimmillaan vain noin 1 % luokkaa kunkin järven kokonaispinta-alasta, eli sen vaikutusta tuloksiin voidaan pitää tarpeeksi pienenä. Tätä suurempi suhteellinen virhe syntyi järvien pinnankorkeuksien kirjallisuusarvoista (syvyydestä riippuen n. 1,9–3,8 %).

Työn tarkoitus oli hankkia lisätietoa Sanginjoen virkistyskäyttöarvon parantaminen ja ekologinen kunnostus-tutkimusprojektia varten (SaKu). Työssä käsiteltyä pinnankorkeutta ei olla käytännössä toteuttamassa, vaan tarkoituksena oli laskennallisesti arvioida vesitulavuuden lisäystä kyseisessä tilanteessa.

Lähdeluettelo

Ollila M (1999) Ylimmät vedenkorkeudet ja sortumariskit ranta-alueille rakennettaessa. Painopaikka Oy Edita Ab Helsinki. ISSN 1238-8602. 39 s. + 15 s. liit.

Oulun yliopisto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, Suomen Ympäristökeskus (2008) Kaupunki ja vesi – Sanginjoen virkistyskäyttöarvon parantaminen ja ekologinen kunnostus SaKu. [verkkodokumentti]. Päivitetty 27.5.2010 [viitattu 22.4.2011]. Saatavissa <http://www oulu.fi/poves/eakr/saku/index.html>

Pitkänen H (2004) Sanginjoen vesiensuojelun yleissuunnitelma. Painotupa Ky. ISSN 1238-8610. 64 s. + 16 s. liit.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry (2003) Vesihuolto I. Vammalan Kirjapaino Oy. ISSN 0356-9403. 315 s.

Sankala K (2007) Pirttijärven ranta-asukkaat tyytyväisiä. Kaleva [verkkolehti]. Julkaistu 17.7.2007 [viitattu 11.5.2011]. Saatavissa: <http://www.kaleva.fi/uutiset/pirttijarven-ranta-asukkaat-tyytyvaisia/668915>

Suomen ympäristökeskus (SYKE) (2006) Haja-asutuksen jätevesien hallinta Sanginjoen ja Muhosjoen ALMA-alueilla. [verkkodokumentti]. Päivitetty 23.4.2008 [viitattu 29.6.2011]. Saatavissa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=15969&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus (SYKE) (kirjoitusajankohta ei tiedossa) Suomen järvet. [verkkodokumentti]. Päivitetty 8.4.2011 [viitattu 22.4.2011]. Saatavissa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8103&lan=fi>

Ulvi T & Lakso E (2005) Järvien kunnostus. Edita Prima Oy. ISSN 1238-8602. 336 s.

Valtonen E (2010) Mittaustulosten käsittelystä ja työturvallisuudesta fysiikan harjoitustöissä [verkkodokumentti]. Turku: syyskuu 2010 [viitattu 20.6.2011]. Turun yliopisto, Fysiikan ja tähtitieteen laitos. 53 s. Saatavissa PDF-tiedostona:
http://www.physics.utu.fi/opiskelu/opetusohjelma/harjosastot/Mitt_Tul_Yhtveto_10.pdf

Taulukko 2. Täydellinen pinta-alataulukko uusilla pinnankorkeuksilla

Järvi	1 [m ²]	2 [m ²]	3 [m ²]	4 [m ²]	5 [m ²]	ka [m ²]
Sankilampi	1713000	1714000	1713000	1712000	1714000	1713200
Pirttijärvi	463436	461822	462509	459979	460844	461718
Iso-Vuotto	2571000	2566000	2568000	2570000	2568000	2568600
Iso Karvasjärvi	456636	462776	455675	473734	467666	463297
Sanginjärvi (saarten ja järvien kanssa)	6121000	6120000	6122000	6127000	6128000	6123600
<i>Tiiroisaari</i>	777	737	807	734	843	779,6
<i>Lamposaari</i>	6739	6753	6666	6653	6810	6724,2
<i>Sairastensaari</i>	2880	3008	2767	2893	2857	2881
<i>Laitisenniemen maki</i>						6451
<i>Orieniemen maki</i>						4175
Sanginjärvi (ilman saaria ja mäkia)						Σ 6102589,2

Taulukko 3. Järvien pinta-alat, keskisyvydet (Pitkänen 2004), ja niistä saadut vesitilavuudet

Järvi	Pinta-ala [m ²]	Keskisyvyys [m ²]	Tilavuus [m ³]
Sankilampi	291620	0,6*	291620
Pirttijärvi	365456	1,55	566456
Sanginjärvi (ilman saaria)	4853015	1,3	6308920
Iso-Vuotto	2232000	1,5	3348000
Iso Karvasjärvi	251843	0,8*	402949

*Arvio

Taulukko 4. Järvien uudet pinta-alat, tilavuuden muutokset, ja niistä saadut uudet vesitilavuudet

Järvi	Uusi pinta-ala [m ²]	Tilavuuden muutos [m ³]	Uusi tilavuus [m ³]
Sankilampi	1713200	1102651	1394271
Pirttijärvi	461718	82717	649174
Sanginjärvi (ilman saaria)	6102590	3286681	9595601
Iso-Vuotto	2568600	678075	3828060
Iso Karvasjärvi	463297	386793	689005

Taulukko 5. Järvien alkuperäiset tilavuudet, tilavuuden absoluuttiset muutokset, uudet tilavuudet ja tilavuuden prosentuaaliset muutokset

Järvi	Alkuperäinen tilavuus [m ³]	Tilavuuden muutos [m ³]	Uusi tilavuus [m ³]	Tilavuuden muutos [%]
Sankilampi	291620	1102651	1394271	378
Pirttijärvi	566457	82717	649174	15
Sanginjärvi	6308920	3286681	9595601	52
Iso-Vuotto	3348000	480060	3828060	14
Iso Karvasjärvi	402949	286056	689005	71

Taulukko 6. Järvien valuma-alueiden keskivirtaamat ja täyttymisaikat eri laskutavoilla

Järvi	Virtaama [m ³ /s]	Täyttymisaika [d]
Sankilampi	4,10	6
Pirttijärvi	-	295
Sanginjärvi	0,68	111
Iso-Vuotto	0,18	87
Iso Karvasjärvi	-	240