

Olli Häkkinen

## **OIJÄRVEN UOMIEN PURKAUTUMISKÄYRIEN TARKASTAMINEN**

# OIJÄRVEN UOMIEN PURKAUTUMISKÄYRIEN TARKASTAMINEN

Olli Häkkinen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2023  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan  
tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Olli Häkkinen

Opinnäytetyön nimi: Oijärven uomien purkautumiskäyrien tarkastaminen

Työn ohjaajat: Vesitalousasiantuntija Riku Eskelinen ELY-keskus ja Jere Kangas Lehtori Oamk

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2023

Sivumäärä: 45 + 2 liitettä

---

Opinnäytetyön aiheena oli Oijärven purkautumiskäyrien tarkastaminen. Oikeita arvoja näyttävä purkautumiskäyrä ilmaisee, kuinka paljon vettä virtaa sekunnissa tietyllä vedenkorkeudella. Virtaamatietoja hyödynnetään Oijärven säännöstelyssä. Opinnäytetyö on osa Pohjois-Pohjanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY) säännöstelykehittämishanketta. Oijärven vesistön säännöstelyä haluttiin kehittää vastaamaan nykyistä tilaa. Purkautumiskäyrä kuvaa vedenkorkeuden ja veden virtaaman suhdetta.

Teoriaosassa tarkasteltiin vesistöjen säännöstelyn kehittämisen tarvetta ja virtaamamittauksen teoriaa. Lisäksi perehdyttiin Oijärven keskeisiin säännöstelyrakenteisiin, erityisesti säännöstely- ja pohjapatoon. Yleisellä tasolla tutustuttiin matemaattisiin laskutoimituksiin perustuviin vesistöennustuksiin eli vesistömallijärjestelmään.

Työssä käytettyjen laajojen kirjallisten lähteiden lisäksi Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen vesitalousasiantuntijoiden kommentit toivat alan asiantuntijoiden näkemykset esille. Keskeisimpiä kirjallisia lähteitä olivat Suomen ympäristökeskuksen laatima hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja ja ELY:n arkisto. Hydrologisia tietojärjestelmiä hyödynnettiin datan hankinnassa.

Tutkimuksen keskiössä olivat keväällä 2023 tehdyt virtaamamittaukset. Mittaustulosten perusteella todettiin purkautumiskäyrien olevan päivityksen tarpeessa. Kevään sääolosuhteet eivät mahdollistaneet riittävää määrää mittauksia uusien purkautumiskäyrien määrittämiseen. Sääolosuhteiden vuoksi vedenkorkeus jäi keskimääräistä matalammalle, eivätkä virtaamat sen vuoksi nousseet tarpeeksi. Mittaustulokset ovat käyttökelpoisia, kun tulevaisuudessa tehdään lisää virtaamamittauksia ja laaditaan uudet purkautumiskäyrät.

---

Asiasanat: Hydrologia, virtaama, virtaamamittaus, valuma-alue, ADCP, säännöstely, purkautumiskäyrä

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

---

Author: Olli Häkkinen

Title of thesis: Checking Discharge Curves of Channels of Lake Oijärvi

Supervisors: Water Resources Specialist Riku Eskelinen ELY Centre and Lecturer Jere Kangas Oamk

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2023

Number of pages: 45 + 2 appendices

---

The purpose of the thesis is to check the discharge curves of Lake Oijärvi. The discharge curve is the relationship between water level and water flow rate. It is possible to estimate the water flow rate based on water level data. Lake Oijärvi is located in the province of Northern Ostrobothnia in Finland. The thesis is a part of the development project on the regulation of the Oijärvi watercourse. The thesis is commissioned by the Centre for Economic Development, Transport, and the Environment for North Ostrobothnia. (Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus)

The theoretical part examines the need to develop regulation of water flow and the theory of flow measurement. During the thesis project, the key regulatory structures in Oijärvi, the regulation dam and bottom dam were explored. At a general level, the thesis focuses on watercourse predictions based on mathematical calculations, i.e., Watershed simulation and forecasting system.

The ELY Centre takes care of water level regulation considering all the users of a water area. The regulation of the Oijärvi watercourse will be developed to correspond to modern times. A part of developing the water regulation was to revise the discharge curve.

In addition to the extensive written sources used in the work, comments by water resources specialist from the Centre for Economic Development, Transport and the Environment highlight the views of experts in the field. The most important written sources are the manual of hydro-logical fieldwork prepared by the Finnish Environment Institute, the archives of the ELY Centre and hydro-logical information systems.

All flow measurements were carried out during the spring and summer of 2023. Based on the measurement results, a significant difference can be observed between the results and the values of the discharge curve. It requires more water flow measurements at different water levels to recast the discharge curve completely. The measurement results will be useful when more flow measurements are made in the future and new discharge curves are drawn up.

---

Keywords: Hydrology, flow rate, flow measurement, watershed, ADCP, regulation of water flow, discharge curve

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	VESISTÖJEN HYDROLOGIA.....	10
2.1	Järvien säännöstely.....	10
2.2	Virtaama.....	11
2.2.1	ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) .....	12
2.2.2	SonTek RiverSurveyor M9.....	13
2.2.3	Purkautumiskäyrä .....	15
2.2.4	Vesistömallijärjestelmä (WSFS-VEMALA) .....	17
2.2.5	Eranto eli magneettinen deklinaatio .....	18
3	OIJÄRVEN VESISTÖALUEEN KUVAUS .....	19
3.1	Oijärven pohjapato .....	21
3.2	Oijärven säännöstelypato.....	22
3.3	Oijärven vesistön säännöstely.....	24
3.4	Purkautumiskäyrien tarkistamisen tarve.....	25
3.5	Oijärven edellinen selvitys säännöstely- ja pohjapadon purkautumiskäyrien kalibroinnista .....	26
4	OIJÄRVEN VIRTAAMAMITTAUKSET 2023.....	27
4.1	Virtaamamittausten kulku.....	27
4.2	Virtaamamittauspaikat.....	30
4.3	Säännöstelyrakenteiden kynnyshöyrykorkeuksien mittaus .....	31
4.4	Mittaustulosten jälkikäsitely .....	32
5	MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	34
5.1	Tulosten luotettavuus .....	39
5.2	Purkautumiskäyrän laadinta .....	40
6	POHDINTA .....	41
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET .....	46

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler eli akustinen Doppler-ilmiötä-hyödyntävä veden virtaamanmittaus
Alivirtaama	virtaama vähäisen veden aikana, esiintyy erityisesti keväällä ennen sulamisvesiä
Alivirtaamaputki	pohjapadon läpi vedetty putki mahdollistaa veden siirtymisen lasku-uomaan myös alhaisilla vedenkorkeuksilla
Bifurkaatiojärvi	järvi, jonka vedet purkautuvat kahteen eri lasku-uomaan
Ekstrapolointi	laskutoimitus, jonka avulla voidaan ennustaa mittausten ulkopuolisia arvoja
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Interpolointi	laskutoimitus, jonka avulla voidaan laskea tunnettujen pisteiden välisiä arvoja
Karkeuskerroin	kerroin, joka kuvaa uoman ominaisuuksien aiheuttamaa virtausvastustusta
Kiitovirtaus	virtausta, joka ei aiheuta häiriötä yläpuoliseen virtaamaan
Purkautumiskäyrä	käyrän avulla saadaan selville vedenvirtaama vedenkorkeushavainnon perusteella, hyödyntäen vedenkorkeuden ja virtaaman suhdetta
SYKE	Suomen ympäristökeskus

Syöksypohja	patorakenteen vahvistettu pohja voimakkaan virtauksen aiheuttamaa eroosiota vastaan
Tulva-aalto	vedenvirtaaman äkillisen kasvamisen aiheuttama aalto. Sen voi aiheuttaa patomurtuma, sadanta tai suuri muutos juoksutuksessa
Valuma-alue	alue, josta pinta- ja pohjavedet laskevat tiettyyn vesistön osaan
Vesistömallijärjestelmä	Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämä malli, jolla ennustetaan mm. vedenkorkeuksia ja virtaamia
Luusua	kohta järvessä, josta alkaa lasku-uoma

# 1 JOHDANTO

Vesistöjen kehittäminen ja kunnostaminen on nykypäivää. Vuosien kuluessa myös vesistöissä tapahtuu muutoksia. Vesistöjen säännöstelyä kehitetään vastaamaan vesistöjen nykyistä tilaa. Vesistöjen kehittämisessä on otettava huomioon kaikki vesistön käyttäjät. Säännöstelyn kehittämisen lopputulos on usein kompromissi.

Oijärven voimassa olevaan säännöstelylupaan päivitetään säännöstelyohjetta Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY) toimesta vuoden 2023 loppuun mennessä. Nykyinen säännöstelyohje on otettu käyttöön vuonna 2012. Säännöstelyn avulla pyritään parantamaan Oijärven tilaa mahdollistamalla optimaalinen kevättulva ja pitämällä vedenpinnan korkeus kesällä riittävän korkealla siten, että virkistyskäyttö otetaan huomioon. Viime vuosina säännöstelyssä on ollut ongelmana kesäsateiden liian korkealle nostama vedenpinta. Korkean vedenpinnan on epäilty olevan vahingollista lintujen pesinnälle.

Vuosien aikana on kuitenkin epäilty myös Oijärven purkautumiskäyrien antavan virheellistä tietoa erityisesti alivirtaamien aikana. Purkautumiskäyrien epäillään näyttävän liian suuria virtaamia erityisesti matalilla vedenkorkeuksilla. Liian suuret virtaamat verrattuna todellisiin virtaamiin vaikeuttavat säännöstelyä. Säännöstelyn kehittäminen vaatii ajantasaiset purkautumiskäyrät. Säännöstelyä tehdään vedenkorkeuden edellyttämällä tavalla ja purkautumiskäyrässä luodaan suhde vedenkorkeuden ja virtaaman välille. Purkautumiskäyrän avulla tiedetään veden virtausmäärät eri vedenkorkeuksilla, ja ne osataan ottaa huomioon säännöstelyssä.

Purkautumiskäyrien tarkastamisesta ja kalibroitujen purkautumiskäyrien laatimisesta on hyötyä säännöstelyn kehittämiseen. Suomen Ympäristökeskus (SYKE) ylläpitää maanlaajuista vesistömallijärjestelmää, ja sen lähtötiedot tulee päivittää Oijärven osalta. Purkautumiskäyrät ovat pohjatietoina säännöstelyn lopettamisen vaihtoehtoja tarkastelevan esiselvityksen valmistelussa. Tulevaisuudessa säännöstelypato voidaan korvata pitkällä aikavälillä säästöjä tuovalla toisella pohjapadolla, jos selvitys osoittaa sen järkeväksi vaihtoehdoksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastaa Oijärven purkautumiskäyrät. Opinnäytetyössä tarkastetaan Oijärven purkautumiskäyrien oikeellisuus ja tarvittaessa laaditaan uudet purkautumiskäyrät mittaustulosten perusteella. Virtaamamittaukset toteutetaan automaattisella lauttaan kiinnitettyllä

ADCP-mittalaitteella. Riittävän tarkkuuden varmistamiseksi mittaustoistoja tehdään riittävä määrä erilaisilla vedenkorkeuksilla. Kevään sää määrittää tarkemmin mahdolliset mitattavissa olevat vedenkorkeudet.

## 2 VESISTÖJEN HYDROLOGIA

Hydrologia on vesitiedettä, ja siinä tutkitaan veden liikettä, esiintymistä ja ominaisuuksia (Fondriest 2023). Keskeisiä suureita ovat lumen vesiarvo, vedenkorkeus, järvien tila, jokien tila, pohjaveden tila ja routa. Lähtökohtaisesti hydrologian perustana on varmistaa makean veden saatavuus ihmisten käyttöön talous-, kastelu- ja teollisuusvesinä. (Hydrologian perusteet 2017, 3.)

Makean veden osuus maapallon kokonaisvesivarjoista on vain kolme prosenttia. Hydrologinen tutkimus on jakautunut alalajeihin yksityiskohtaisemmin tutkittavien kohteiden mukaisesti. Näihin sisältyy maaperän vesivarjojen tutkimusta (geohydrologia), järvien tutkimusta (limnologia), jokien tutkimusta (potamologia), ilmakehän vesitalouden tutkimusta (hydrometeorologia) ja lisäksi veden kiertokulun tutkimusta. (Hydrologian perusteet 2017, 8.)

### 2.1 Järvien säännöstely

Vesistön säännöstelyn avulla säädellään vedenkorkeuksia ja virtaamia. Säännöstelyllä vaikutetaan veden luontaiseen hydrologiseen kiertokulkuun. Tarkoituksena on hallita veden virtausta ja määrää vesistössä eri tavoitteiden ja tarpeiden mukaisesti. Säännöstelyä suoritetaan pato- tai vesivoimalarakenteiden avulla. Säännöstelyn toteuttaminen vaatii vesioikeudellisen luvan. (Säännöstely 2021.)

Lupaehdoissa pysyminen varmistetaan käytännönläheisemmällä säännöstelyohjeella. Ohjeessa otetaan huomioon vesistön erityispiirteet, käyttötarpeet ja vesien hoitoon liittyen vesistön ekologinen tila. Säännöstelyohje lisäksi sisältää vedenkorkeuksille suositusrajoja, joilla lievennetään säännöstelyn vaikutuksia vesioikeudellisen luvan puitteissa. Suomessa säännöstelyä toteutetaan laajasti 240 vesistön säännöstelyhankkeessa, johon sisältyy yli 300 järveä. Suomen järvipinta-alana tämä vastaa kolmannesta, eli kyseessä on todella merkittävä osa järvivesistä. (Säännöstely 2021.)

Säännöstelylupien päätarkoituksena on hallita vesivoiman tuottamista ja ehkäistä tulvia. Säännöstelyllä halutaan myös parantaa olosuhteita vesiliikennöintiin, vedenhankintaan, veden virkistyskäyt-

töön, maankuivatukseen ja vesiensuojeluun. Vesistön säännöstely edellyttää vesilain mukaista lupaa eli säännöstelylupaa, jonka myöntää aluehallintovirasto (AVI). Säännöstelyluvan saaminen edellyttää yksityiskohtaisia perusteita. (Säännöstelyluvut 2020.)

Säännöstelyn tuomat hyödyt, haitat ja erityisesti sen tarve ratkaisevat luvan saamisen. Vesistöjen säännöstelyt suoritetaan vesilain edellyttämällä tavalla. Säännöstelyohjeella varmistetaan lupaehdoissa pysyminen ja sen edellyttämät toimenpiteet. Tämä ohje sisältää vedenkorkeuden ylä- ja alarajat ja virtaaman. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset huolehtivat valtion vastuulla olevista säännöstelyistä ja valvovat alueittain säännöstelyjen lupaehtojen noudattamista. (Säännöstelyluvut 2020.)

Suurin osa säännöstelyistä ja niiden suunnittelusta on aloitettu 1950–1970-luvuilla. Myöhemmin on huomattu osan säännöstelyistä olevan kehittämisen tarpeessa, koska suunnitelmat eivät vastaa nykypäivän tarpeita. Vesistöjen virkistys- ja luontoarvojen merkitys on lisääntynyt viime vuosina. (Korhonen 2007, 21.) Säännöstelyn kielteiset vaikutukset pyritään minimoimaan. Tulva- ja kuivuusriskien hallinnassa on parantamisen varaa, mutta osittain sään armoilla oleminen tuo omat haasteensa. (Säännöstely 2021.)

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) tekemän WaterAdapt-projektin tutkimustulosten perusteella ilmastonmuutoksella on merkittävä vaikutus virtaamien ja vedenkorkeuksien vaihtelun muutoksiin. Ilmastonmuutoksen seurauksena monien järvien voimassa olevat säännöstelyluvut tulevat olemaan puutteellisia. Nykyiset tarkasti kalenteriin sidotut säännöstelyluvut ovat tulevaisuudessa liian joustamattomia ilmaston muuttuessa. (Suomen ympäristökeskus 2012, 6.)

Keskeisiä termejä säännöstelykorkeuksista ovat teknillinen NW, NW, HW ja hätä-HW. Teknillinen NW tarkoittaa padon alimman kynnyksen korkeutta. NW on alin sallittu vedenkorkeus padon yläpuolella, joka on määritetty lupapäätöksessä. HW on taas ylin sallittu vedenkorkeus. Hätä-HW tarkoittaa ylivedenkorkeutta, jonka ylittymisestä voi seurata muutoksia patorakenteisiin. (ELY.)

## **2.2 Virtaama**

Veden virtaaman avulla saadaan tarkkaa tietoa käytettävissä olevien vesivarojen määrästä (Vesihallitus 1984, 38). Virtaamalla kuvataan valitun uoman poikkileikkauksen lävitse kulkevan veden

tilavuutta suhteessa aikaan. Tilastoitavat suureet ilmoitetaan  $\text{m}^3/\text{s}$  -yksikössä, mutta pienissä mittauskohteissa - esimerkiksi puroissa - on selkeämpää käyttää  $\text{l/s}$  -yksikköä. (Vesivarat ryhmä 2022, 36.) Virtaaman mittaaminen on edellytys uuden purkautumiskäyrän laatimiselle ja vanhan purkautumiskäyrän oikeellisuuden tarkistamiselle (Korhonen 2007, 11).

Ihminen on suuri tekijä, joka vaikuttaa hydrologisen kierron ja vedenkorkeuden muutokseen muuttamalla maanpinnan ja ilmakehän oloja. Toinen merkittävä vaikuttaja Suomen vesioloihin on geologinen maankohoaminen. Edellisen jääkauden jälkeen maanpinta on pyrkinyt palautumaan ennalleen kohoamalla. Maankohoaminen on hidastunut, mutta kasvattaa veden virtaamia. (Korhonen 2007, 19.)

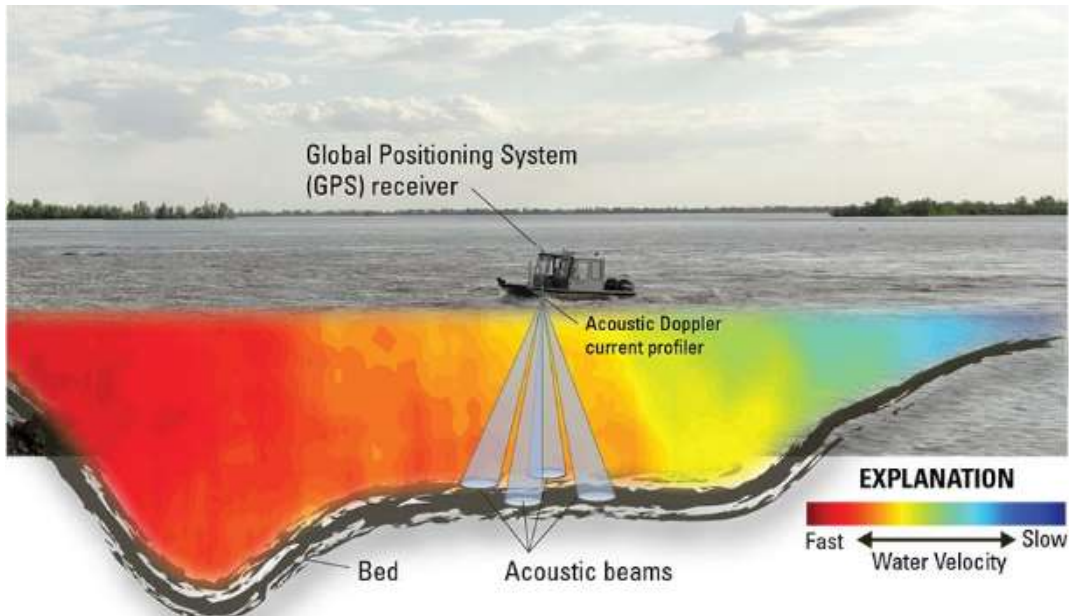
Virtaamanmittausmenetelmän valinnassa on otettava huomioon mittauskohteen vallitsevat olosuhteet. Siksi mittausmenetelmä valitaan olosuhteiden perusteella. Mittauksissa pyritään laadukkaaseen ja helposti toistettavissa olevaan lopputulokseen. Mittauksissa laatu on keskeisessä osassa, ja laadun varmistamiseksi noudatetaan kansainvälisiä standardeja. Keskeinen laatustandardi hydrologisissa mittauksissa on ISO 748:2021. (Toimintakäsikirja 2022, 9.)

Kun halutaan tarkastella ja arvioida kohteen purkautumiskäyrää, on erityisen tärkeää vedenkorkeuden kirjaaminen mittauspöytäkirjaan ennen ja jälkeen virtaaman mittaamisen. Suositeltavaa on lukea vedenkorkeus vähintään kahdelta eri mitta-asteikolta ja näin varmistaa todellinen vedenkorkeus mahdollisten muutosten varalta. Suomessa yleisimpiä virtaaman mittausmenetelmiä ovat perinteinen siivikkomittaus ja modernimpi ADCP-mittaus. Siivikkomittaus on nykyäänkin toimiva ratkaisu erityisesti pienissä mittauskohteissa. ADCP-mittauksessa mitattavat kohteet voivat olla suurempia, ja virtaus voi olla voimakkaampaa. (Korhonen 2007, 12.)

### **2.2.1 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)**

ADCP-virtaamamittausmenetelmän toiminnan perustana on äänen Doppler-siirtymä. Syvyysprofiilin ja veden virtausnopeuden mittaus tapahtuu veteen lähtevien korkeataajuuksisten ultraäänien avulla mittaamalla kaikuja veden pohjasta ja vedessä kulkevista pienistä hiukkasista. Virtausnopeus lasketaan ultraäänipulssien kulkuajojen perusteella. Maastossa mittaus suoritetaan pienellä virtaamamittarilla varustetulla lautalla tai veneellä joen poikkisuunnassa. (Kuva 1.) Mittaus toistetaan

useamman kerran, kunnes tuloksia vertaillaessa voidaan todeta riittävä yhdenvertaisuus. Tuloksien välisen vaihtelun on pysyttävä viiden prosentin rajoissa. (Korhonen 2007, 13.)



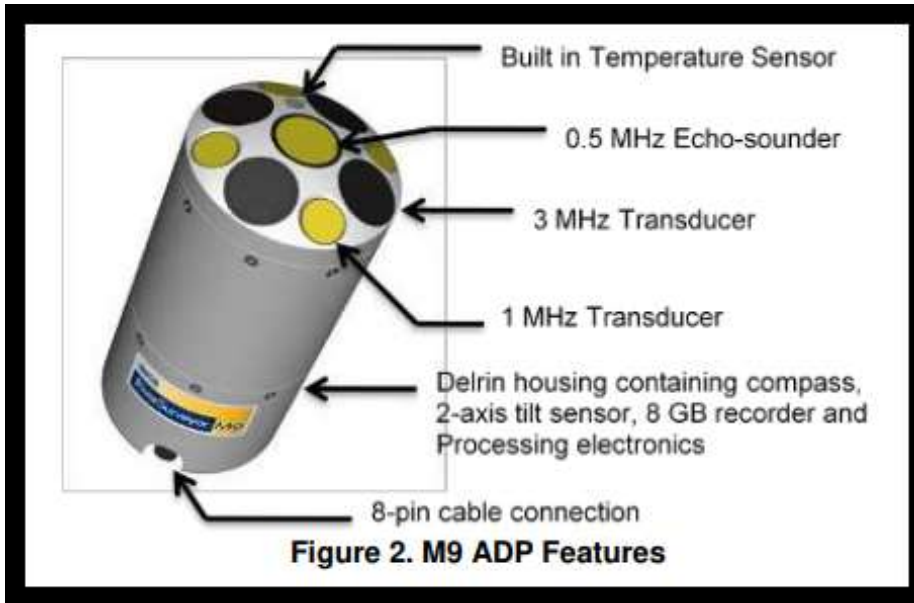
KUVA 1. ADCP-virtaamamittauksen havainnekuva (Fricker)

Mittauskohteeksi on tärkeää valita joesta kohta, jossa poikkileikkaus ja virtaussuunnat ovat tasaisia ja kohteen syvyysuhteet ovat tiedossa mittausprofiilissa. Optimaalinen mittaussyvyys on 0,7–21 metriä, ja pohjanmuotojen on oltava loivia, koska laite rekisteröi syvyydet neljän lähettämänsä säteen keskiarvona. Mittauskohteissa tehtävät suuremmat mittaukset suoritetaan nykyisin käyttämällä ultraäänimenetelmää. Erityisesti mittauksen nopeus, tarkkuus, toistettavuus ja turvallisuus lisäävät laitteen suosiota mittajien keskuudessa. Laitteen käyttöä ei ole sidottu yksioitoiseen purkautumiseen, vaan mittauksia voidaan suorittaa ilman voimassa olevaa purkautumiskäyrrää. (Korhonen 2007, 13.)

### 2.2.2 SonTek RiverSurveyor M9

SonTek on Yhdysvalloissa perustettu johtava ja arvostettu ADCP-tekniikkaa hyödyntävä laitevalmistaja. Vuonna 1992 perustetun yrityksen pääkonttori sijaitsee Kaliforniassa. Yrityksen tavoitteena on aina ollut edistää ympäristötiedettä maailmanlaajuisesti, ja nykyään se toteutuu yli sataan maahan toimitetuilla laitteilla. Kehitetyt versiot sopivat luotettaviin virtaamamittauksiin kaikenlaisissa vesistöissä. Ääniaaltoihin perustuva mittaustapa mahdollistaa veden nopeuden ja sijainnin määrittämisen ilman näkyvää veden liikettä. (SonTek.)

RiverSurveyor M9 julkaistiin vuonna 2009. Mullistavan tästä teki ensimmäistä kertaa yhdeksänteinen lähetin ja monitaajuisuutta hyödyntävä järjestelmä. Järjestelmä hyödyntää kolmea eri lähetystaajuutta. Tässä versiossa yhdistyvät pystykeilaus 0,5 MHz:n kaikuluotauksella, 25°:een kulma-keilaus eri suuntiin kahdeksalla anturilla: neljällä 1 MHz:n anturilla ja neljällä 3 MHz:n anturilla. (Kuva 2.)



KUVA 2. SonTek RiverSurveyor M9 (SonTek)

Kuvassa 3 on mittausvalmiiksi varusteltu M9. Lautta on varustettu GPS-järjestelmällä ja mittalaite yhdistetty virtalähteeseen.



KUVA 3. SonTek RiverSurveyor M9 lauttaan kiinnitettynä

Laadukkaiden mittaustulosten perustana on patentoitu SmartPulseHD-tekniikka. Järjestelmä lähettää samanaikaisesti useita värähdyksiä erilaisilla taajuuksilla. Automattisesti taajuutta vaihtava järjestelmä mahdollistaa jokaisella mittauskerralla optimaalisen mittauksen. Se ottaa huomioon veden nopeuden, syvyyden ja turbulentsisuuden. Kaikujen aikaviiveet ja erilaiset käsittelytekniikat -kuten pohjan seuranta, pohjan tunnistus ja epäkoherenttisuus - ovat laitteen muistissa. Täten yksi suorituskykyinen laite riittää mataliin ja syvempiin vesistöjen osuuksiin. Lisäksi järjestelmä automaattisesti mukauttaa parhaimman mahdollisen akustisen pulssin mukaisesti mittaustuloksen. (SonTek.)

### **2.2.3 Purkautumiskäyrä**

Luonnonuomissa vedenkorkeuden ja virtaaman muodostamaa suhdetta kuvataan purkautumiskäyrällä. Purkautumiskäyrän muotoon vaikuttavat uoman ominaisuudet kuten kaltevuus, syvyys ja pohjan muoto. (Korhonen 2007, 14.) Purkautumiskäyrä laaditaan näyttämään oikeita virtaamia kaikilla mahdollisilla vedenkorkeuksilla. Ihanteellisesti toimivan purkautumiskäyrän pohjatietona on purkautumisessa tapahtuvat muutokset ja niiden tarkat ajankohdat. (Toimintakäsikirja 2022, 42.)

Uomien kynnyksen korkeusasema on tärkeää määrittää. Se on korkeuspiste, jonka alla purkautuminen tyrehtyy. Kynnysalue on muuttumaton ja muodostuu normaalisti kivistä, kalliosta, pohjapadosta tai muusta kiinteästä materiaalista. (Toimintakäsikirja 2022, 42.) (Kuva 4.)



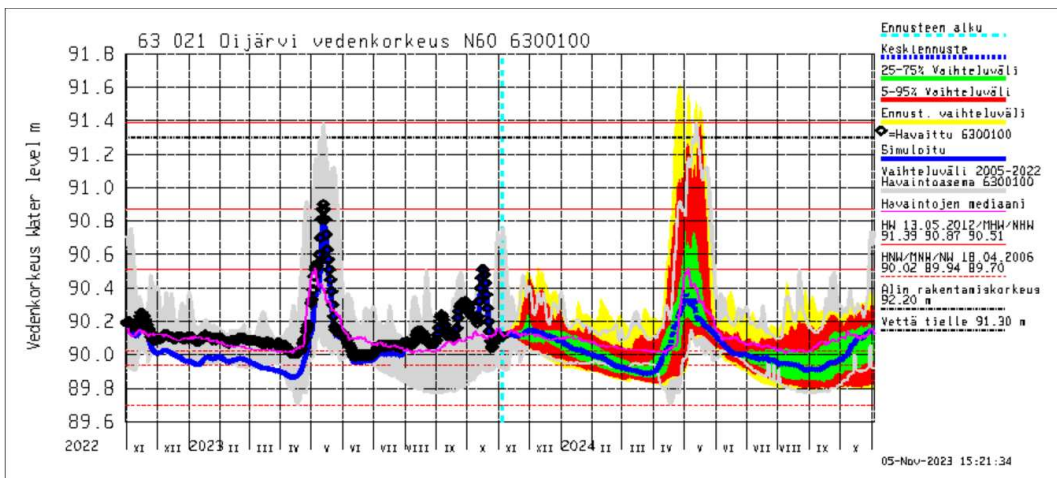
*KUVA 4. Kynnyksen korkeusaseman määrittäminen (ELY)*

Purkautumiskäyrän laatiminen vaatii yksikäsitteisen riippuvuuden vedenkorkeuden ja virtaaman välillä. Tämä tarkoittaa, että kynnyksalueella vallitsee kiitovirtaus eli alapuolisella vesistöosalla ei ole vaikutusta veden purkautumiseen. Ympäristöhallinnon ylläpitämät purkautumiskäyrät pysyvät normaalisti muuttumattomina. Muutokset ovat harvinaisia, ja muutoksien yleisin aiheuttaja on ihmistoiminta. (Toimintakäsikirja 2022, 42.)

Purkautumiskäyrän oikeellisuuden varmistamiseksi virtaamamittauksia pitäisi tehdä jokaisella asemalla vähintään kolmen vuoden välein, mutta suositeltavaa olisi tehdä vuosittain. Mittaukset tehdään säännöllisesti eri vedenkorkeuksilla. Mittauksen poiketessa yli 5 % voimassa olevasta purkautumiskäyrästä on mittaus tehtävä uudelleen. Toistuva poikkeama johtaa purkautumiskäyrän uudelleen määrittämiseen 5–6 mittauksesta saadun tiedon perusteella. (Toimintakäsikirja 2022, 42.)

## 2.2.4 Vesistömallijärjestelmä (WSFS-VEMALA)

Vesistömallijärjestelmän perustana on koko Suomen kattava vesistömalli. Mallin avulla pystytään ennustamaan vesistöjen vedenkorkeuksia, virtaamia ja pohjavedenkorkeuksia. (Kuva 5.) Keväisin mallin tuottamien tietojen perusteella pystytään varoittamaan tulvista ja suurista lumikuormista. Vesistömalli on vesistön hydrologisen kierron ja uomissa/järvissä kulkeutuvan veden muodostama malli. Vesistömallista näkee veden kiertokulun, ja siihen sisältyy sadanta, haihdunta ja valunta mereen. Vesistömallissa on kuvattuna hydrologisen kierron kannalta keskeisimmät muuttujat: aluesadanta, lumipeite, haihdunta maanpinnalta ja vesistöstä, maankosteus, pohjavesi, valunta, järvet ja joet. (Suomen ympäristökeskus.)



KUVA 5. Vesistömallin laskema ennustus Oijärven vedenkorkeudesta 2023–2024 (VESI.fi)

Vesistömalli kuvaa matemaattisesti vesistöä tai osaa siitä. Pyrkimyksenä on kuvata riittävän tarkasti vesistön käyttäytymistä, jotta pystytään arvioimaan laskennallisesti vesistössä tapahtuvia muutoksia. Vesistömallin laatiminen vaatii riittävästi pohjatietoa kohdevesistöstä, kohdevesistön tapahtumasarjoista ja kohdevesistöön vaikuttavista ulkoisista tekijöistä. Luotettava vesistömalli sisältää vesistön geotietoja, luotettavat mittaustulokset ja yleisen mallin soveltamisen. (Lauri 2022, 2.)

Tärkeimmät paikasta riippuvat tiedot ovat esimerkiksi vedenkorkeus, tulo- ja lähtövirtaamat, veden laatu, ekosysteemin kartoitus, kuormitukset ja sää. Veden käyttäytyminen ei ole paikasta riippuvaista eli yleisiä menetelmiä voidaan hyödyntää virtausten ja aineiden kulkeutumisen laskennassa. Tietyn vesistön vesistömalli saadaan, kun yhdistetään paikalliset tiedot yleiseen laskentamalliin. (Lauri 2022, 3.)

### 2.2.5 Eranto eli magneettinen deklinaatio

Kalibroitu kompassi osoittaa kohti magneettista pohjoista, mutta realistinen pohjoissuunta on maantieteellinen pohjoinen. Tämä on otettava huomioon suunnistaessa ja GPS-järjestelmissä. Erannon avulla kuvataan näiden välistä eroa asteina. Virtaamamittauksissa käytettävä mittauskalusto hyödyntää GPS-järjestelmää mittauksessa. Lautta voidaan varustaa GPS antennilla, joka on yhteydessä rannalle pystytettyyn tukiasemaan ja satelliitteihin. Tämän avulla laite ottaa huomioon vain kohtisuorassa uoman väliltä tallennetun datan. (SonTek.)

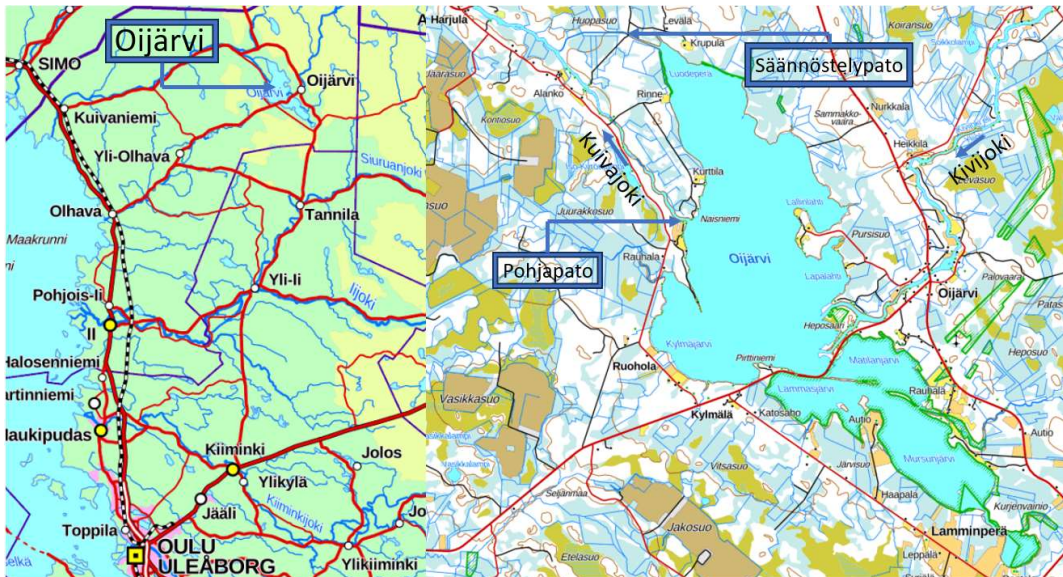
Maanmittauslaitos ylläpitää erantokarttaa. Erantokartasta näkee erannon, napaluvun korjauksen ja kokonaiskorjauksen Suomen laajuisesti. Suomessa eranto on positiivista ja vaihteluväli lännen 6 asteesta idän 14 asteeseen. Nykyään vuotuinen kasvu on noin 0,2 astetta. Erannoissa voi olla suuriakin eroja lyhyillä välimatkoilla, jos maaperä sisältää magneettisia mineraaleja. (Ilmatieteen laitos.)

Eranto on neulaluvun korjausta, mutta tämä ei aina riitä, vaan suunnan tarkka määrittäminen vaatii myös karttapohjoisen ja napapohjoisen välisen eron. Eron aiheuttaa karttaprojektio, ja sitä sanotaan napaluvun korjaukseksi. Neulaluvun korjauksen ja napaluvun korjauksen pohjalta muodostuu kokonaiskorjaus. Oikea suunta saadaan, kun kompassisuunnasta vähennetään kokonaiskorjaus. (Maanmittauslaitos).

### 3 OIJÄRVEN VESISTÖALUEEN KUVAUS

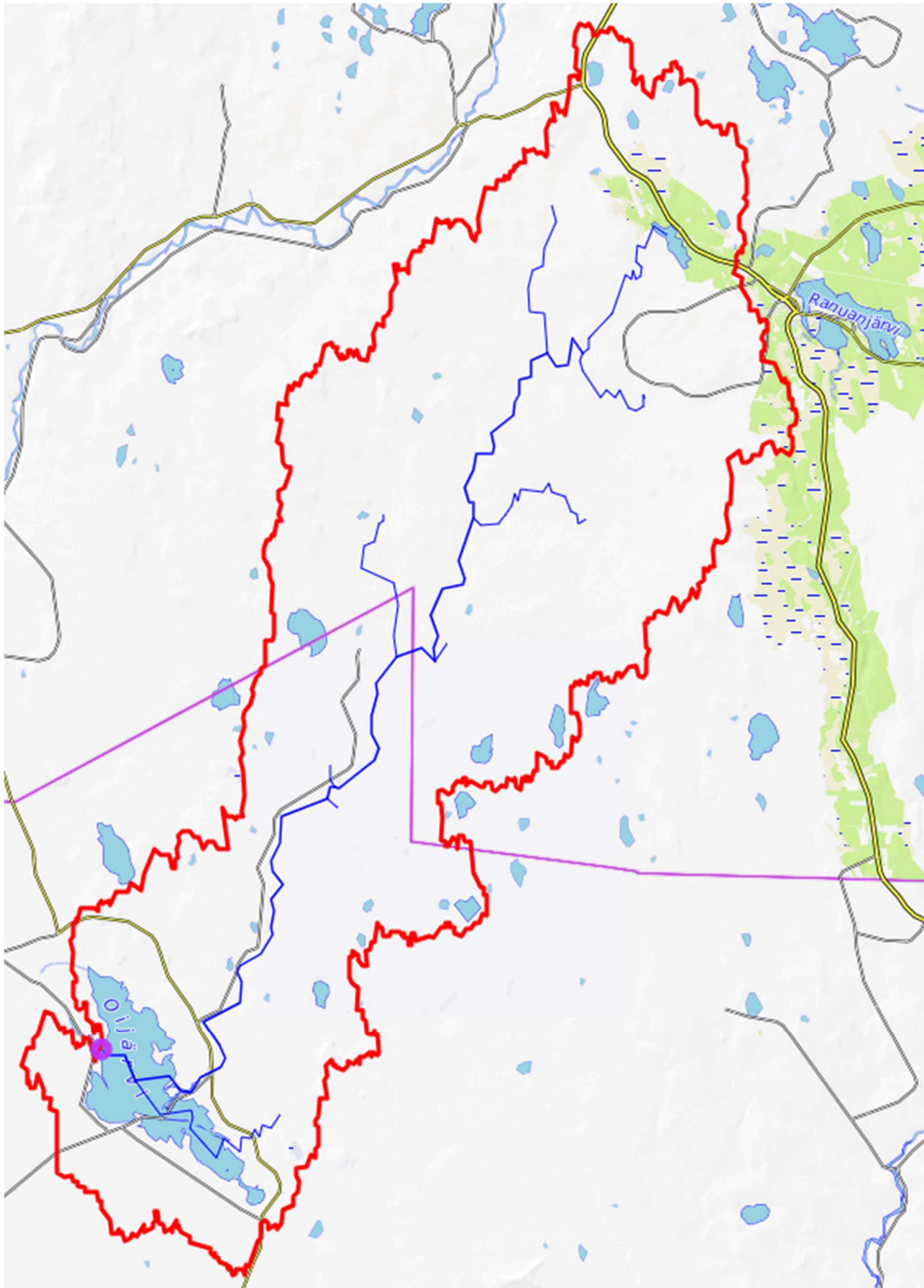
Oijärvi on kylä, joka sijaitsee Iin kunnassa Pohjois-Pohjanmaan maakunnassa. Järvenä Oijärvi kuuluu Kuivajoen vesistöalueeseen. Se on suurehko järvi, ja sen pinta-ala on 2 186 ha. Syvyydeltään järvi on matala: sen keskisyvyys on noin 1,1 m, ja maksimisyvyys on 2,4 m. Runsaat niemet ja saaret jakavat järven viiteen osaan: Oijärvi, Lammasjärvi, Matilanjärvi, Mursunjärvi ja Lamminperä. Oijärvi ei kuulu Natura 2000 -ohjelmaan eikä valtakunnalliseen lintuvesien suojeluohjelmaan, mutta Lammasjärvi, Matilanjärvi, Mursunjärvi ja Lamminperä kuuluvat molempiin. (Järvi-meriwiki 2022.)

Oijärvi luokitellaan bifurkaattiseksi, koska purkautuminen tapahtuu kahden eri lasku-uoman kautta: Kuivajoen pohjapadon kautta ja säännöstelykanavan säännöstelypadon kautta (Kuva 6).



KUVA 6. Oijärven ja patojen sijainti (Karttaselain)

Kuivajoki on pituudeltaan 40 km ja laskee Perämereen. Oijärven valuma-alueen pinta-ala on 711 km<sup>2</sup>, ja järveen laskee yksi suurempi joki, Kivijoki 570 km<sup>2</sup> valuma-alueellaan. Järvisyys on 4,3 % eli järven osuus koko valuma-alueen pinta-alasta. Lisäksi Oijärveen laskee useita pieniä oja. (Kuva 7.)



KUVA 7. Oijärven valuma-alue on merkattu punaisella ja Kivijoki sinisellä värillä (Mghydro)

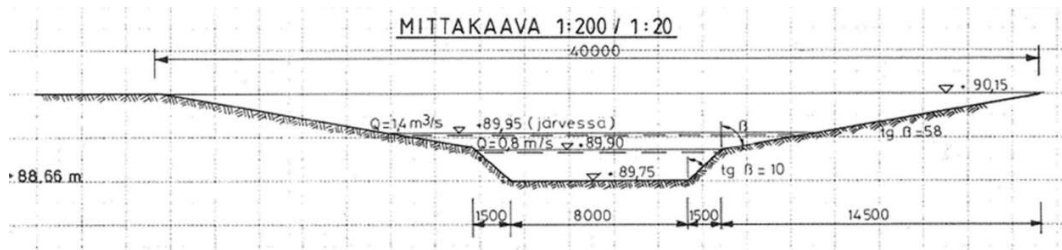
### 3.1 Oijärven pohjapato

Oijärven pohjapato sijaitsee järven luusuassa Kuivajoessa (Kuva 8). Pohjapato valmistui vuonna 2005. Pohjapadon kuntoa tarkkaillaan vuosittain. Pato on merkittävässä asemassa Oijärven sääntelyn kannalta, koska se pitää alivedenkorkeudet riittävän korkealla ja estää järven kuivumisen kesäisin. Pohjapato on edullinen pitkällä aikavälillä, koska siihen ei liity käyttökuluja, ja huoltokulutkin ovat vähäisiä. Rakenteeltaan pohjapato on betonitiivisteellä tiivistettyä moreenia. Harjan perustana on painekyllästetty puupontti, joka on suojattu teräsbetonielementeillä. Padon yläpuoleinen osa on verhoiltu kivilohkareista koostuvalla kiviheitokkeella, ja alapuolinen osa on luiskattu kiviverhouksella.



KUVA 8. Oijärven pohjapato (ELY)

Pohjapadon harjan pituus on 40 m. Harja laskee molemmilta rannoilta joen keskellä sijaitsevaan kahdeksan metrin levyiseen alivirtaama-aukkoon, jonka korkeus on N60+ 89,75 m (Kuva 9). Pohjapadon rakenteessa on otettu huomioon matala vedenpinta patoon asennetulla alivirtaamaputkella, joka estää luonnonuomaa kuivumasta veden pinnan laskettua pohjapadon kynnyksen alapuolelle. Alivirtaamaputki on pituudeltaan 14 m ja halkaisijaltaan 0,3 m. Insinööritoimisto Pekka Leiviskän vuonna 2006 tekemän selvityksen mukaan alivirtaamaputken virtaama on  $0,089 \text{ m}^3/\text{s}$ . Aukinaisen putken vaikutus järven vedenkorkeuteen on hyvin vähäistä, ja siksi selvityksen jälkeen putki on pidetty aukinaisena.



KUVA 9. Oijärven pohjapadon suunnitelmakuva (Insinööritoimisto Voimarakenne Oy 1988)

### 3.2 Oijärven säännöstelypato

Oijärven betonirakenteisen säännöstelypadon on suunnitellut Voimarakenne Oy, ja se on käyttöön otettu 19.10.1989. Säännöstelykanavaan rakennetulla kaksiluukkuisella säännöstelypadolla säännöstellään Oijärven vedenkorkeutta. Sääntelyn käyttövoimana on sähkö tai käsikäyttö. Luukut ovat leveydeltään 6,6 m ja korkeudeltaan 3,1 m. Padon maksimaalinen teoreettinen purkauskyky on  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pakkasella käytön mahdollistaa luukuissa ja pieli- sekä kynnysteräksissä oleva sähkölämmitys. (ELY.)

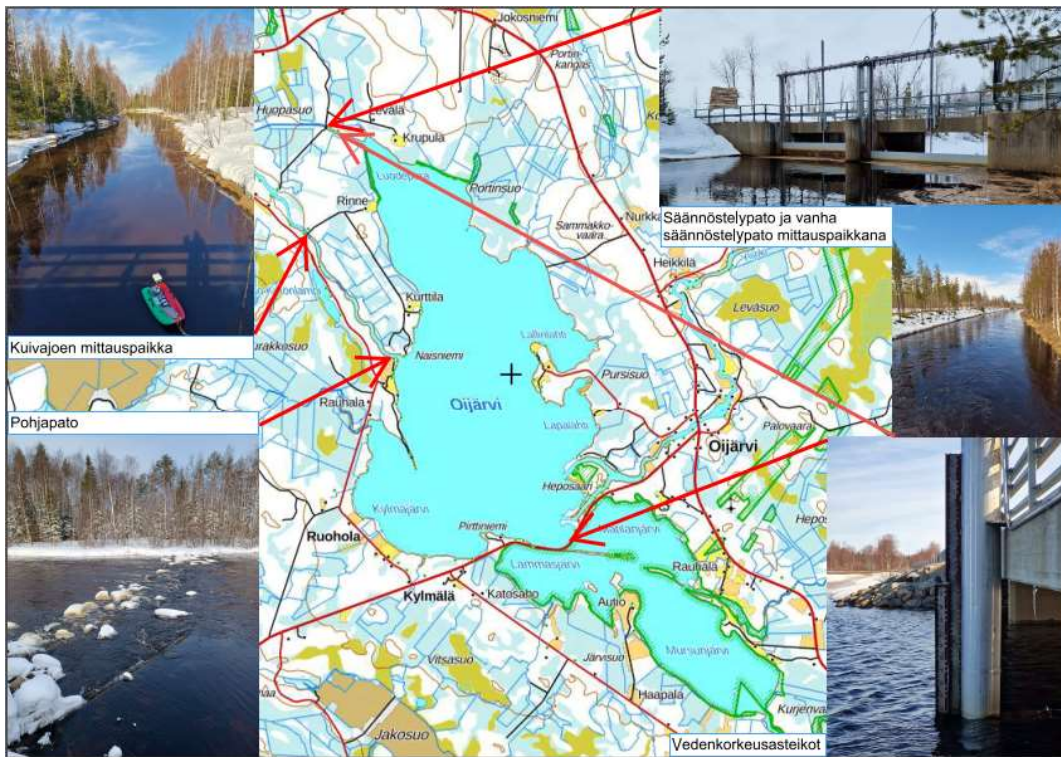


KUVA 10. Oijärven säännöstelypato (ELY)



### 3.3 Oijärven vesistön säännöstely

Oijärven säännöstely on aloitettu 1950-luvulla. Silloin kevättulvat nostivat veden pelloille, ja se vaikutti maanviljelyä. Siksi päädyttiin rakentamaan säännöstelykanava ja säännöstelypato järven pohjoispäähän. (Pakanen & Ränä 1988, 7.) Säännöstelykanava ja -pato ovat tehneet vedenpinnan korkeuden säännöstelemisen mahdolliseksi voimassa olevan säännöstelyohjeen mukaisesti. Säännöstelyn avulla voidaan varastoida sulamisvesiä ja pienentää tulvahuippuja. Säännöstelemällä pidetään vedenpinta riittävän korkealla kesäisin. Oijärven maksimaalinen säännöstelykapasiteetti on 19 miljoonaa kuutiota. (Järvi-meriwiki 2022.) Kuvassa 12 on eritelty Oijärven säännöstelyn kannalta merkittävien rakenteiden sijainnit.



KUVA 12. Oijärven keskeiset rakenteet säännöstelyn kannalta (Karttaselain)

Säännöstelyn kehittämisen yhteydessä rakennettiin uusi säännöstelypato, vanhasta purettiin säännöstelyrakenteet ja purkamaton osa jätettiin sillaksi vuonna 2005. Uuden säännöstelypadon rakentamisen jälkeen luukkujen säätelyä suoritettiin paikanpäältä. Oijärven säännöstelypadon käyttöä haluttiin kehittää ja tehostaa, ja käyttöön otettiin kaukokäyttöjärjestelmä vuonna 2015. Muutos mahdollisti patoluukkujen ohjaamisen etänä. (Hampinen 2023.)

Nykyinen voimassa oleva säännöstelyohje on otettu käyttöön vuonna 2012. Insinööri toimisto Pekka Leiviskä oli kartoittanut säännöstelyvaihtoehtoja säännöstelyn kehittämiseksi. Paikallisten asukkaiden ja vesistön käyttäjien näkemyksiä säännöstelyn kehittämistarpeista kuultiin yleisötilaisuudessa. Suomen ympäristökeskuksen arviossa keskityttiin tutkimaan ekologian vaikutusta säännöstelyn kehittämiseen. Näiden selvitysten perusteella Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus laati vesilain valvojan hyväksymän säännöstelyohjeen. (ELY.)

Voimassa olevan säännöstelyohjeen keskeisimpänä tavoitteena oli tulvavahingoilta välttyminen Oijärven rannoilla ja Kuivajokivarressa. Oijärven tulvakorkeuden maltillinen laskeminen vähentää haitallisia tulva-aaltoja Kuivajoessa. Viime vuosina on havaittu, että edellä mainittua säännöstelyohjetta noudattamalla kesävedenpinta nousee liian korkealle. Havaintojen mukaan siitä on voinut olla haittaa lintujen pesinnälle. Kesä- ja syysateet ovat myös nostaneet vedenpinnan yli tavoitetason. Palautteen perusteella voidaan todeta, että Kuivajokivarren asukkaat ja kalastajat eivät ole olleet tyytyväisiä tapahtuneisiin äkkinäisiin virtaamanvaihteluihin. (ELY.)

ELY-keskus pyrkii selvittämään ratkaisuja säännöstelyyn liittyvien haittojen vähentämiseksi ja nykyjärjestelyn kehittämiseksi. Alustavasti esitettyjä vaihtoehtoja ovat säännöstelypadon korvaaminen pohjapadolla tai säännöstelyn automatisointi. Pohjapato mahdollistaisi säännöstelystä luopumisen, ja se toisi säästöjä pitkällä aikavälillä. Automatisoinnin avulla säännöstelypadon luukkujen säätely olisi tarkempaa ja vesistötilanteen mukaista. Tämä mahdollistaisi luonnollisemmat virtaamat Kuivajokeen. (Eskelinen 2023.)

### **3.4 Purkautumiskäyrien tarkistamisen tarve**

Oijärven luusuassa sijaitsevan pohjapadon sekä säännöstelykanavan säännöstelypadon luukkujen purkautumiskäyrien epäiltiin antavan vääriä tietoja erityisesti alivirtaaman aikana. Purkautumiskäyrien oikeellisuus haluttiin tarkastaa ja tarvittaessa kalibroida purkautumiskäyrät. Säännöstelyn kehittäminen edellyttää riittävän tarkkoja tietoja lähtövirtaamasta, joka tuotetaan järven pinnankorkeuden ja purkautumiskäyrän avulla. (Hampinen 2023.)

### **3.5 Oijärven edellinen selvitys säännöstely- ja pohjapadon purkautumiskäyrien kalibroinnista**

Insinööritoimisto Pekka Leiviskä on laatinut selvityksen Oijärven säännöstely- ja pohjapadon purkautumiskäyrien kalibroinnista 10.8.2005. Virtaamamittaukset toteutettiin siivikolla keväällä 2005, mutta tarkistuksessa käytettiin hyväksi myös 6.5.1992 ja 3.5.1994 saatuja mittaustuloksia. Veden korkeustiedot otettiin järven sillalla sijaitsevalta vedenkorkeuden asteikolta, ja virtaamamittaukset tehtiin siivikolla. (Leiviskä 2005.)

Säännöstelypadon purkautumiskäyrän päivityksessä käytettiin kahta mittaustulosta vuodelta 2005 sekä vuosina 1992 ja 1994 mitattuja tietoja suuremmalla virtaamalla. Karkeuskertoimena käytettiin arvoa 0,05 uoman keskellä, ja reunojen tulva-alueilla käytettiin arvoa 0,055. Purkautumiskäyrän päivittäminen edellytti padon ja järven välisen uoman mallintamista. Uoma laskee merkittävästi järveltä kohti säännöstelypatoa. Tämän selvittämiseksi vedenkorkeuksia mitattiin kahdeksasta eri paikasta. Mittaustulosten perusteella laadittiin pituusleikkaus uomalle. Merkittävä pituuskaltevuus tuo oman haasteensa purkautumiskäyrän laadintaan. Purkautumiskäyrä oli laadittu HEC-RAS 3.1.3 ohjelmistolla. (Leiviskä 2005.)

Pohjapadon purkautumiskäyrän oikeellisuus tarkistettiin kahdella 2005 ja yhdellä 2004 mitatulla tuloksella. Tulokset sijoitettiin 1989 korjatulle teoreettiselle purkautumiskäyrälle, ja niiden todettiin olevan niin lähellä toisiaan, että ei katsottu tarpeelliseksi tehdä muutoksia purkautumiskäyrään. (Leiviskä 2005.)

## 4 OIJÄRVEN VIRTAAMAMITTAUKSET 2023

Virtaamamittaukset suoritettiin kevään 2023 aikana eri vedenkorkeuksilla, ja näin ollen saatiin tietoa mahdollisimman monenlaisista veden virtaamaolosuhteista. Mittausajankohtina olivat huhtikuun loppupuoli ja toukokuun alkupuoli. Kevät oli ihanteellinen Pohjois-Pohjanmaan alueella säännöstelyn näkökulmasta, mutta ei virtaamamittausten. Lumen sulamisen aikana päivät olivat lämpimiä, ja yöpakkaset pitivät sulamisvedet maltillisina. Tulvavahingoilta vältyttiin, mutta mittausten kannalta tulvahuippu jäi keskivertoa pienemmäksi.

Mittausajankohdat ajoitettiin niin, että virtaaman mittauksia saataisiin mahdollisimman erilaisilla vedenkorkeuksilla. Tärkeää oli saada säännöstelypadolta ja pohjapadolta minimi- ja maksimivirtaamat keväältä 2023. Mittauksia johti kokenut vesitalousasiantuntija Timo Hampinen Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta. Hänellä oli laaja käytännön kokemus, ja ADCP-mittalaitteen käyttö oli ammattitaitoista.

Virtaamamittauksia tehtiin neljänä päivänä. Pohjapadolla virtaamamittauksia tehtiin neljänä päivänä, mutta säännöstelypadolla kolmena päivänä. Ensimmäisellä mittauskerralla säännöstelykanava oli vielä jäässä. Mittauspaikkoihin ja -olosuhteisiin käytiin tutustumassa ennakkoon. Paikat valittiin työturvallisuuden, uoman ominaisuuksien ja mittauspaikkojen edustavuuden näkökulmista.

### 4.1 Virtaamamittausten kulku

Ennen mittausten aloittamista oli tehtävä muutamia tärkeitä toimenpiteitä. Veden korkeus tarkistettiin Oijärven sillalla sijaitsevalta asteikolta, jotta sillalla sijaitsevaan, tunnin välein korkeustietoja verkkoon lähettävään automaattiin voitiin luottaa. Tärkeää oli mitata erillisellä mittarilla veden lämpötila, koska ADCP M9 -laitteen sisäinen lämpötilanmittaus ei ole riittävän luotettava. Ennen jokaista mittausta varmistettiin mittauslaitteen komponenttien toimivuus (System test). Siinä laite tarkisti automaattisesti akun jännitteen, kompassin, SD-muistikortin ja lämpötila-anturin toiminnan. Jokaisella tarkistuksella laite toimi moitteettomasti.

Mittauksen aluksi pystytettiin GPS-tukiasema aukealle paikalle (Kuva 13). GPS-paikannuksen avulla saatiin mittausasemien sijainnit ja mittausetäisyydet. Tärkeät asiat GPS-toiminnon luotettavaan käyttöön olivat laitteen kompassin kalibrointi ja RiverSurveyor Live -ohjelmaan syötettävä eranto eli magneettinen deklinaatio.



*KUVA 13. GPS-tukiasema*

Mittausajankohdan vallitsevista olosuhteista kirjattiin ylös mittaustulokseen mahdollisesti vaikuttavat tekijät, esimerkiksi uomassa liikkunut kasvillisuus ja jää. Mittaukset hoidettiin kahden henkilön voimin. Yksi henkilö uitti narun päähän kiinnitettyä RiverSurveyor M9 -laitteella varustettua lauttaa (Kuva 14). Uittaminen suoritettiin tasaisella vedolla, ja nopeus pidettiin vallitsevaa veden virtausta alhaisempana.



*KUVA 14. Virtaaman mittausta säännöstelykanavasta (ELY)*

Toinen henkilö suoritti mittauksen aloittamisen ja lopettamisen virtaamamittaus -ohjelmassa. Rantojen mittaamattomien alueiden leveydet lisättiin ohjelmaan, ja mittauksen etenemistä seurattiin kannettavalta tietokoneelta, joka oli Bluetooth-yhteydessä M9 -mittalaitteeseen. Rantojen mittaamattoman alueen lisääminen itse syöttäen oli tärkeää, koska laitteen kaiut häiriintyvät syvyyden ollessa alle 20 cm. Reaaliaikaisen mittauksen seuraamiseen käytettiin RiverSurveyor Live -ohjelmaa.

Mittauksissa toistoja tehtiin kahdesta viiteen jokaisesta poikkileikkauksesta. Toistojen määrä oli riippuvainen mittaustuloksista, koska niiden ero sai olla vain viisi prosenttia. Ohjelma näytti listattuna mittaustulokset ja niiden prosentuaaliset eroavuudet. Voidaan todeta mittaustaikojen olleen optimaalisia, koska mittaamattomista osista ohjelman suorittamat ekstrapoloinnit jäivät hyvin maltillisiksi.

## 4.2 Virtaamamittauspaikat

Mittauspaikat olivat hyvin saavutettavissa. Näin ollen mittauksiin pystyttiin keskittymään, eikä mitauskaluston kantaminen muodostunut ongelmaksi. Ensimmäinen mittaus tehtiin 17.4.2023. Mittauspaikaksi valittiin silta, joka sijaitsee 2,5 kilometriä pohjapadolta alavirtaan. Mittauspaikan valintaan vaikutti työturvallisuus ja virtaamaolojen yhdenvertaisuus pohjapadolla vallitsevan virtauksen kanssa. Purkautumiskäyrän tarkastelussa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että pohjapadon ja mittauspaikan väliin laskee muutama pienehkö kaivettu ojitusalue. Lisääntyvä vesimäärä kasvattaa virtausta. Ensimmäisellä mittauskerralla säännöstelykanava oli vielä jäässä, joten sitä ei voinut mitata (Kuva 15).



*KUVA 15. Ensimmäisellä mittauskerralla jää esti mittaamisen säännöstelykanavassa*

Säännöstelykanavan mittauspaikaksi valikoitui vanha säännöstelypato. Se sijaitsee näköetäisyydellä uudelta säännöstelypadolta 225 metriä järvelle päin. Mittauspaikka oli toimiva, koska vanha säännöstelypato on jätetty siltarakenteeksi.

### 4.3 Säännöstelyrakenteiden kynnyshököörien mittaus

Maanantaina 24.7.2023 mitattiin säännöstelyrakenteiden korkeuksia pohja- ja säännöstelypadolla. Ne ovat korkeuksia, joista alkaa purkautumiskäyrien määrittäys. Mittaukset suoritettiin Trimblen R8-mittalaitteella, joka hyödyntää satelliittipaikannusta. Korkeustarkkuudessa päästiin keskimäärin kahden senttimetrin tarkkuuteen. Mittauksissa käytettiin ETRS-TM35FIN-tasokoordinaattijärjestelmää ja N60-korkeusjärjestelmää. Vanhoissa suunnitelmissä arvot on esitetty nykyään jo vähemmän käytössä olevassa N60-Korkeusjärjestelmässä. Tulosten vertailun vuoksi oli järkevää tehdä mittaukset samaan korkeusjärjestelmään.

Pohjapadon 40 metriä leveän kynnyksen korkeus mitattiin noin metrin välein koko matkalta. Mittauksia kertyi 44 kappaletta. Kahdeksan metrin levyinen alivirtaama-aukko mitattiin yhdeksällä mittauksella. Tulokset olivat väliltä N60+ 89,772–89,792 m. Alivirtaama-aukon mittausten keskiarvo oli N60+ 89,78 m. Mittaustulokset ovat hyvin linjassa alkuperäisen N60+ 89,75-korkeuden kanssa ottaen huomioon mittalaitteen tarkkuus, joka oli +/- 2 cm. Virhemarginaali huomioon ottaen on järkevää käyttää alkuperäistä korkeutta.

Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että pohjapadon 8 metriä leveä alivirtaama-aukko on pysynyt samassa korkeudessa. Tämän tiedon pohjalta purkautumiskäyrän määrittäys aloitetaan samalta korkeudelta kuin aikaisempikin. Pohjapadon harjan korkeus pitäisi suunnitelman mukaan olla korkeimmillaan N60+ 90,15 m rantojen päätepisteissä. Mittausten perusteella joen eteläpuoli oli pysynyt melko hyvin samalla korkeudella N60+ 90,22 m. Pohjoispuolella nousu oli huomattavaa. Korkeus oli mitattaessa N60+ 90,39 m. Harja oli kohonnut, mutta mittaustulosta selittää myös mittaustarkkuuden heikentyminen. Pohjoispuoli oli todella tiheäkasvuista pusikkoa, ja satelliittiyhteyden saaminen oli ongelmallista.

Säännöstelypadolla syöksypohjan korkeus mitattiin neljästä kohdasta (Kuva 16). Olemassa olevan suunnitelmapiirustuksen mukaan syöksypohjan korkeus on N60+ 87,50 m. Mitatut tulokset eroavat merkittävästi alkuperäisestä korkeudesta. Neljän mittauksen keskiarvo on N60+ 87,31 m. Mittaustulokset ovat keskimäärin 0,19 m alhaisempia kuin suunnitelmapiirroksessa. Syöksypohjan korkeuden määrittämisen tekee haasteelliseksi nykyisen purkautumiskäyrän alkamiskorkeus N60+ 88,35 m. Näin suurta eroavuutta ei voi selittää mittaustarkkuuden eroavaisuudella.



*KUVA 16. Säännöstelypadon syöksypohjan korkeuden mittaaminen*

Rakennelma on voinut painua vuosien aikana. Todennäköisempi vaihtoehto on, että rakennuskorko ja suunnitelmakorko ovat eronneet. Piirustukset padosta on tehty 19.9.1986. Rakentamisvaiheen jälkeisiä mittauksia ei löytynyt, tai niitä ei ole tehty. Edellisen purkautumiskäyrän alkamiskorkeutta on vaikea selittää muulla kuin inhimillisellä virheellä. Koroista ilmenevä suuri eroavuus vaatii jatkoselvityksiä ennen purkautumiskäyrän määrittämistä.

#### **4.4 Mittaustulosten jälkikäsitteily**

Mittausten jälkeen kaikki tulokset käytiin läpi SYKEN suosittelemalla Yhdysvaltain geologian tutkimuskeskuksen (USGS) ylläpitämällä Qrev-ohjelmistolla. Tulostiedostot syötettiin, ja ohjelma suoritti automaattisesti tietojen suodatuksen ja laaduntarkastuksen. Tehtäväksi jäi laadunvarmistus, jotta ohjelman automaattisten korjausten taso oli riittävä. Tarvittaessa paljon keskiarvosta poikkeavia mittaustuloksia jätettiin pois arvioinnista. Laadunvarmistusta helpotti laitteen tekemä arviotulosten epävarmuuden osuudesta.

Jokaisen mittauspaikan tuloksia verrattiin, ja epäonnistuneet ja suuresti keskiarvosta poikkeavat tulokset jätettiin huomioimatta. Vedenlämpötila tarkistettiin laitteen oman mitaaman ja erikseen mitatun tuloksen väliltä. Poikkeamissa valittiin tarkempi käsin mitattu lämpötila. Erityisen tärkeää

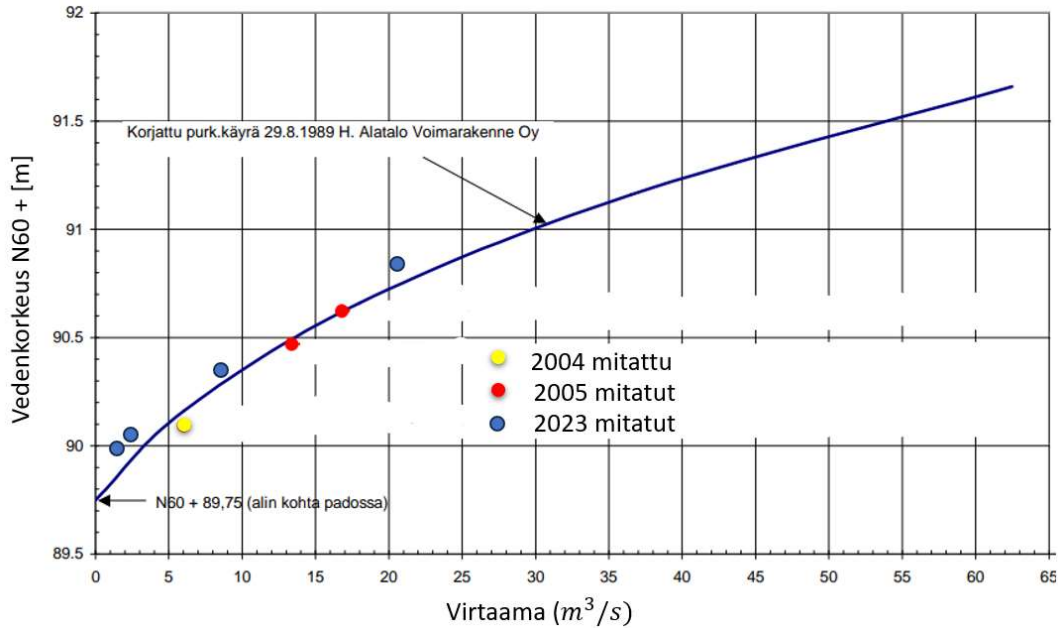
oli valita paras mahdollinen interpolointimenetelmä kuvaamaan rantojen, pinnan ja pohjan mittamattomia alueita.

## 5 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Yleisesti ottaen mittaukset menivät mallikkaasti. Kevät ei ollut ihanteellinen mittausten kannalta. Vedenpinta ei noussut riittävän korkealle, ja näin ollen suurimpia virtaamia ei päästy mittaamaan. Mittauksilla pystytään kuitenkin vertaamaan tuloksia alivirtaamilla, ja niiden tulosten oletettiin olevan eniten vääristyneitä.

Suoritettujen mittausten tuloksia ja vanhojen mittausten tuloksia verrattaessa huomataan tuloksissa eroavuuksia. Prosentuaaliset erot ovat merkittäviä ja jopa yllättävän suuria. Pohjapadon osalta mittaustulosten erot ovat prosentuaalisesti niin merkittäviä, että purkautumiskäyrän korjaaminen on aiheellista, sillä tulokset eroavat toistuvasti yli viisi prosenttia voimassa olevan purkautumiskäyrän arvoista. Hydrologisten kenttätöiden toimintakäsikirjan mukaan tämä edellyttää uuden purkautumiskäyrän laatimista.

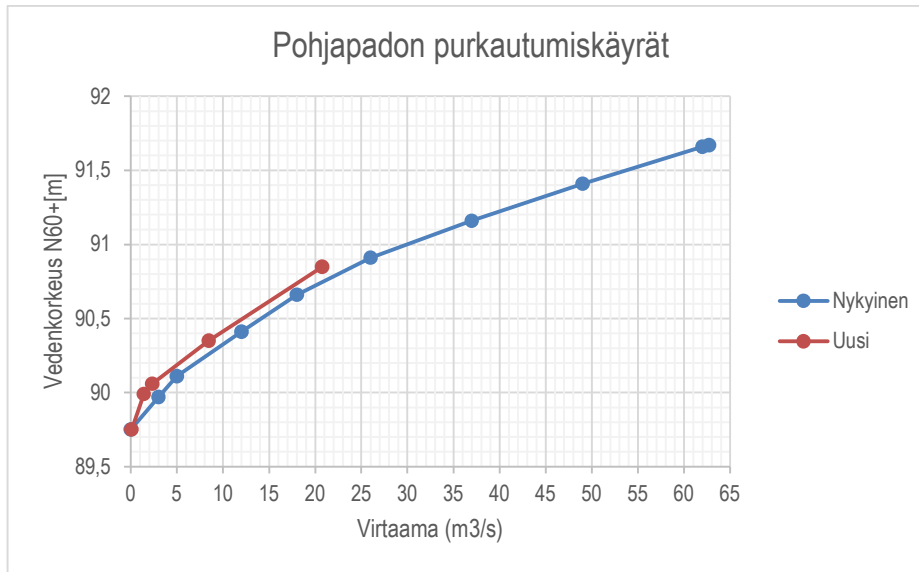
Vedenkorkeustietoja ei ollut riittävän korkealle, jotta olisi voitu laatia luotettava purkautumiskäyrä kaikille mahdollisille vedenkorkeuksille. Verrattaessa purkautumiskäyrien alkua matalilla vedenkorkeuksilla voidaan havaita eroavuutta. Lisäksi uusi purkautumiskäyrä antaa pienempiä virtausnopeuksia kaikilla nähtävissä olevilla vedenkorkeuksilla. Erityisesti alivirtaaman aikaan, kun vesi kulkee vain alivirtaama-aukon ja alivirtaamaputken kautta, voidaan tulkita, että vanha käyrä näyttää liian suurin arvoja. (Kuva 17.)



KUVA 17. Pohjapadon purkautumiskäyrälle sijoitetut mittaustulokset

Virtaamien pienentyminen eri vedenkorkeuksilla on voinut aiheutua vuosien aikana kasvaneesta kasvillisuudesta, joka huonontaa Kuivajoen vedenjohtokykyä. Tämän perusteella pohjapadon alavirran puolella on melko varmasti padotusta, joka voi aiheutua virtausesteistä. Padotuksen voi havaita voimassa olevaltakin purkautumiskäyrältä: N60+ 90,2 korkeammilla vedenkorkeuksilla käyrä alkaa selkeästi taittumaan kohti huonompaa purkautumiskykyä. (Kuva 17.)

Kuvassa 18 on havainnollistettu Oijärven pohjapadon purkautumiskäyrien eroavuutta. Punaisella on piirretty 2023 mittaustulosten perusteella laadittu purkautumiskäyrä. Sininen kuvaa voimassa olevaa purkautumiskäyrää. Piirrettynä purkautumiskäyrien eroavaisuus näyttää pieneltä, mutta käytännössä eroavaisuus on merkittävä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että pohjapadon kautta virtaa vettä noin  $2 m^3/s$  oletettua vähemmän.



KUVA 18. Pohjapadon purkautumiskäyrien vertailu

Veden säännöstelyn kannalta on tärkeää tietää, kuinka paljon voidaan varastoida vettä ja kuinka paljon vettä purkautuu pohjapadon kautta lasku-uomaan. Purkautumiskäyriä tarkasteltaessa huomataan nykyisen purkautumiskäyrän näyttävän liian suuria arvoja.

Säännöstelypadon mittauksiin vaikuttivat merkittävästi sääolosuhteet ja se, että luukkujen kokonaan avaaminen ei ollut mahdollista liian suuren tulva-aaltomuodostuman pelossa. Ensimmäisellä mittauskerralla 17.4. säännöstelykanava oli vielä jäässä, ja se esti mitausten tekemisen. (Kuva 15.) Toisella mittauskerralla 24.4. tuloksia saatiin laajasti eri luukun aukaisuilla. Vedenkorkeus oli N60+ 90,07 m. Tällä kertaa ei kuitenkaan pystytty aukaisemaan luukkuja kokonaan vaarana olleen suuren tulva-aaltomuodostumisen vuoksi.

Kolmannella kerralla 3.5. vedenkorkeuden ollessa N60+ 90,35 m saatiin mitattua tulos, kun luukut olivat kokonaan auki. Tämä oli olennainen tieto purkautumiskäyrän tarkistamisen kannalta. Neljännellä mittauskerralla 12.5. vedenkorkeudella N60+ 90,85 m saatiin mitattua yksi tulos. Kyseisellä kerralla olisi ollut tärkeää saada mitattua virtaama molempien luukkujen ollessa auki, mutta tätä ei pystytty mittaamaan. Kanavassa liikkui runsaasti kasvi- ja jäälauttoja, joiden väistäminen olisi ollut lähes mahdotonta virtaaman noustessa, sillä ne olisivat voineet rikkoa mittalaitteen tai ainakin vaikuttaneet mitaustuloksiin.

Nykyiseen purkautumiskäyrään syötetyt arvot ovat kauttaaltaan suurempia kuin mitatut arvot. Oli epäilty, että purkautumiskäyrä näyttää liian suuria virtaamia matalilla vedenkorkeuksilla. Tämän osoittaa todeksi prosentuaaliset erot tulosten välillä. (Taulukko 1.) Suurimmat eroavuudet ovat matalilla vedenkorkeuksilla, mutta jokaisen mittauksen tulokset eroavat merkittävästi voimassa olevasta purkautumiskäyrästä. Mittaustulosten pohjalta purkautumiskäyrän laatiminen säännöstelypadolle osoittautui mahdottomaksi.

Purkautumiskäyrän laatimisen kannalta olisi tärkeää saada mittauksia, kun molemmat säännöstelypadon luukut ovat kokonaan auki. Keväältä 2023 on vain yksi mitattu tulos, kun luukut ovat kokonaan auki. Yksi mittaustulos ei riitä purkautumiskäyrän määrittämiseen. Virtaamamittauksia on tehtävä tulevina keväinä lisää uuden purkautumiskäyrän määrittämiseksi säännöstelypadolle.

Taulukossa 1 on eritelty kaikki 2023 saadut virtaamamittaustulokset. Taulukosta näkee tarkan mitausajankohdan, järven vedenkorkeuden ja mitatun virtaaman. Taulukossa on maininta molempien luukkujen aukaisusta mitausajankohtana. Lisäksi taulukossa on verrattu säännöstelypadon tietokantaan syötetyn purkautumiskäyrän näyttäviä arvoja mittaustuloksiin. Näiden prosentuaaliset eroavuudet ovat hyvin merkittäviä. Eroavuudet toistavat samaa kaavaa: kaikki 2023 mitatut tulokset ovat merkittävästi voimassa olevan purkautumiskäyrän tuloksia alhaisempia.

*TAULUKKO 1. Virtaamamittaukset Oijärven säännöstelykanavasta*

Mittausajankohta kellonaika	W N60+ [m] järvi	Vas. luukku avaus [m]	Oik. luukku avaus [m]	Q Virtaama nykyinen [m <sup>3</sup> /s]	Q Vir- taama mi- tattu [m <sup>3</sup> /s]	Nykyisen ja mitatun ero (%)
24.4.2023/12:36	90,07	0,00	0,15	4,33	2,23	-48,5
24.4.2023/13:02	90,07	0,00	0,39	8,79	5,21	-40,73
24.4.2023/13:25	90,07	0,39	0,39	17,58	11,12	-36,75
3.5.2023/11:59	90,35	0,86	0,86	31,12	28,86	-7,26
3.5.2023/12:28	90,35	1,2	1,2	37,05	31,15	-15,92
3.5.2023/12:56	90,35	kok.auki	kok.auki	-	35,12	
12.5.2023/15:05	90,85	1,09	1,11	48,54	43,47	-10,44

Taulukossa 2 on tulokset 2023 tehdyistä virtaamamittauksista Oijärven pohjapadolta. Siinä on eritelty järven vedenkorkeutta vastaavat virtaamat. Vedenkorkeuden noustessa myös virtaamat kasvavat.

TAULUKKO 2. Virtaamamittaukset Oijärven pohjapadolta

Mittausajankohta kellonaika	W N60+ [m] järvi	Q Virtaama mitattu [m3/s]
17.4.2023/11:34	89,99	1,42
24.4.2023/11:02	90,06	2,33
3.5.2023/10:37	90,35	8,46
12.5.2023/14:10	90,85	20,77

Taulukossa 3 on verrattu 2023 saatuja mittaustuloksia vesistömallin laskennallisiin tuloksiin. Kokonaisvertailua hankaloittaa se, että Oijärven säännöstelypadolta ei ole kuin yks mittaustulos luukut kokonaan avattuna. Erityisesti 3.5. olevien tulosten välinen eroavuus on vain 0,37 %, mutta ei ole järkevää verrata kovin tarkasti ennen kuin on saatu lisä mittaustuloksia. Tuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita vesistömallin laskennallisten tulosten olevan melko lähellä mitattuja tuloksia.

TAULUKKO 3. Oijärven virtaamia

Mittausajankohta	Säännöstely- kanavan mi- tattu virtaama [m3/s]	Vesistömallin arvio virtaa- masta sään- nöstelykana- vassa	Pohjapadon mitattu virtaama [m3/s]	Vesistömallin arvio virtaa- masta pohja- padolla	Vesistömallin arvio Oijär- ven koko- naislähtövir- taamasta	Vesistömallin ja mittausten ero (%)
17.4.2023		0,58	1,42	2,394	2,974	
24.4.2023		2,43	2,33	3,67	6,1	
3.5.2023	35,12	34,17	8,46	9,251	43,421	0,37
12.5.2023		48,1	20,77	23,047	71,147	

## 5.1 Tulosten luotettavuus

Mittauslaitteena käytetty RiverSurveyor M9 on arvostettu ja yleisesti mitaajien käytössä oleva mitalaite. Valmistaja lupaa laitteen virtaaman erottelutarkkuudeksi 0,001 m/s. Laitteen mittaustarkkuus on parhaimmillaan +/- 0,25 % mitatusta virtausnopeudesta. Virtaamamittaustulosten luotettavuus on riippuvainen mittaustarkkuudesta ja tulosten käsittelyyn liittyvistä epävarmuuksista. (SonTek.)

Jokaisessa mittauksessa toistui sama kaava, virtaamat olivat pienempiä, kuin arvot voimassa olevalla purkautumiskäyrällä. Virheen syy voi olla mittaustekninen, tulosten jälkikäsittely tai virheelliset purkautumiskäyrät. Mittausten virheellisyyden mahdollisuus pyrittiin minimoimaan laadukkailla mittauksilla.

Mittauskäytännöt olivat hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirjan mukaisia. Laitetta on pyritty käyttämään soveltuvalla käyttöalueella mm. virtausnopeuden ja uomageometrian suhteen. Virtaamamittauspaikka valittiin harkiten, kuten hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja ohjeistaa. Mittausajankohdan sää oli hyvin leutoa, eikä haihduntaa ole syytä ottaa huomioon tuloksissa. Merkittäviä vesisateita ei ollut mittausajankohtana.

Oijärven maantiesillalla sijaitsevalle vedenkorkeuden mitta-asteikolle tehdään säännöllisesti tarkistusvaaituksia. Edellinen tarkistusvaaitus on tehty vuonna 2019. Monta vuotta sitten tehty vaaitus voisi olla yksi mahdollinen virhettä aiheuttava tekijä. Tarkasteltaessa edellisten tarkistusvaaitusten tuloksia todetaan, että korjaukset ovat olleet minimaalisia. 2016 ja 2019 vuosina tehtyjen vaaituksen perusteella korjausta oli tehty vain +1 cm. Edes useamman senttimetrin vääristymä ei selittäisi mittaustulosten suurta poikkeamaa vallitsevasta purkautumiskäyrästä.

Olisi tärkeää tarkistaa Oijärven tulovirtaama Kivijoella sijaitsevalta virtaamanmittausasemalta. Aseman purkautumiskäyrä on laadittu 5.11.2005, eikä sen jälkeen ole tehty tarkistusmittauksia. Olisi järkevää tarkistaa tulovirtaaman oikeellisuus.

## 5.2 Purkautumiskäyrän laadinta

Purkautumiskäyrä laadittiin pohjapadolle Excel taulukkolaskentaohjelmalla. Mittaustuloksia oli yhteensä neljä kappaletta (Taulukko 3). Laskenta aloitettiin alivirtaamakynnyksen korkeudelta. Kynnyksen korkeus oli N60+ 89,75 m ja tällöin alivirtaamaputken kautta vettä pääsi virtaamaan 0,089 m<sup>3</sup>/s. Käyrän muoto saatiin, kun mittaustulosten välit interpoloitiin. Riittävän tarkkuuden varmistamiseksi vedenkorkeuksien virtaamat laskettiin senttimetrin tarkkuudella. Excel mahdollisti interpoloinnin hyödyntämisen, ja sen avulla mittaustulosten väliin jäävät alueet pystyttiin ratkaisemaan matemaattisesti.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastaa lissä sijaitsevan Oijärven purkautumiskäyrien oikeellisuus erityisesti pienillä virtaamilla. Opinnäytetyössä tarkastettiin säännöstelypadon sekä pohjapadon purkautumiskäyrät. Tarkastelua varten kohteisiin tehtiin virtaamamittauksia eri vedenkorkeuksilla.

Opinnäytetyötä tehdessä pääsin tutustumaan moderniin virtaamamittaukseen. SonTek RiverSurveyor M9 hyödyntää äänen Doppler-ilmiötä. Laitteen toimintaperiaatteen ymmärtäminen oli edellytys maastomittauksista suoriutumiseen. Tietoa oli paljon saatavilla erityisesti kansainvälisiltä verkosivustoilta. Purkautumiskäyrän tarkistamiseen liittyen perehdyin yleisellä tasolla vesistöjen säännöstelyyn ja veden kiertokulkuun hydrologiassa. Vesistöjen säännöstelyn kehittäminen on ajankohtaista monissa vesistöissä muuttuvan ilmaston ja vanhentuneiden säännöstelykäytäntöjen seurauksena.

Purkautumiskäyrien tarkastamisen yhteydessä mittasin merkittäviä korkotietoja Oijärven säännöstelyrakenteista. Erityisesti säännöstelypadon pohjankorkeudesta selvisi yllättävää eroavuutta verrattuna suunnitelmapiirustukseen. Eroavuus vaatii jatkoselvittelyä.

Haasteellinen kevät hankaloitti virtaamamittauksia, sillä vedenkorkeus ei noussut riittävälle korkeudelle purkautumiskäyrien määrittämiseksi. Mittaustulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että kaikki mitatut virtaamat olivat pienempiä kuin voimassa olevissa purkautumiskäyrissä. Mallin pohjapadon purkautumiskäyrän alkua matalilla vedenkorkeuksilla. Voimassa olevaa ja laatimaani purkautumiskäyrää vertaillen selvisi, että virtaamat ovat todellisuudessa pienempiä kuin voimassa oleva purkautumiskäyrä osoittaa. Virtaaman pientyminen voi selittyä Kuivajoen tukkaisuudesta, jonka on voinut aiheuttaa vuosien aikana kertynyt kasvillisuus.

Tuloksista selvisi purkautumiskäyrien päivittämisen tarve. Opinnäytetyössä kerätyistä mittaustuloksista on tulevaisuudessa hyötyä, kun tehdään lisää virtaamamittauksia purkautumiskäyrien määrittämiseksi. Luotettavien uusien purkautumiskäyrien laatiminen vaatii lisää mittauksia erilaisilla vedenkorkeuksilla. Jatkossa tarvitsee tehdä lisää virtaamamittauksia, jotta purkautumiskäyrät voidaan kalibroida.

Oijärven vedenkorkeuden mitta-asteikolle olisi ajankohtaista tehdä hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirjan mukainen tarkkavaaitus. Vedenkorkeuden oikeellisuus on tärkeä tieto luotettavien purkautumiskäyrien laatimisessa.

Opinnäytetyöni oli osa Pohjois- Pohjanmaan ELY-keskuksen suorittamaa Oijärven säännöstelyn kehittämishanketta. Opinnäytetyö oli haasteellinen, mutta todella mielenkiintoinen: työtä tehdessä opin virtaamamittaamisen teoriaa ja käytäntöä moderneilla mittalaitteilla sekä sain tietoa ja kokemusta veden säännöstelyn käytänteistä.

## LÄHTEET

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. Sisäinen arkisto.

Eskelinen, Riku 2023. Vesitalousasiantuntija. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. Haastattelu 16.3.2023.

Finlex. Patoturvallisuuslaki 494/2009. Hakupäivä 17.8.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090494#L4P16>.

Fondriest. Environmental learning center. Hydrology. Hakupäivä 23.2.2023. <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/hydrology/>.

Fricker, Paul 2014. Technical Articles. Analyzing and Visualizing Flows in Rivers and Lakes with MATLAB. Hakupäivä 29.10.2023. [Analyzing and Visualizing Flows in Rivers and Lakes with MATLAB - MATLAB & Simulink \(mathworks.com\)](#).

Hampinen, Timo 2023. Vesitalousasiantuntija. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. Haastattelu 20.4.2023.

Huttula, Leppäranta & Virta. Helsingin yliopisto, Fysiikan laitos 2017. Hydrologian perusteet. Hakupäivä 11.4.2023. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/241220/Hydrologian%20perusteet.pdf?sequence=12&isAllowed=y>.

Ilmatieteen laitos. Eranto Suomessa. Hakupäivä 4.8.2023. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/eranto-suomessa>.

Järvi-meriwiki 2022. Oijärvi. Hakupäivä 17.2.2023. [Oijärvi \(63.021.1.001\) – Järvi-meriwiki \(jarviwiki.fi\)](#).

Karttaselain. Hakupäivä 14.7.2023. <https://app.karttaselain.fi/>.

Korhonen, Johanna 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Helsinki. Hakupäivä 15.4.2023. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38428/SY\\_45\\_2007.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38428/SY_45_2007.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

Lauri, Hannu 2022. Vesimallit, mallit ja mallinnus. AFRY Finland Oy. Hakupäivä 17.7.2023. [https://vnk.fi/documents/1927382/2158283/vesistomallit\\_esitys\\_022022.pdf/40e3987e-973f-608e-8709-1d58420197da/vesistomallit\\_esitys\\_022022.pdf?t=1644232675157](https://vnk.fi/documents/1927382/2158283/vesistomallit_esitys_022022.pdf/40e3987e-973f-608e-8709-1d58420197da/vesistomallit_esitys_022022.pdf?t=1644232675157).

Maanmittauslaitos. Kartta ja paikkatieto. Erantokartta. Hakupäivä 4.8.2023. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/kartat/erantokartta>.

Mghydro. Global Waterhed. Hakupäivä 12.9.2023. <https://mghydro.com/watersheds/>.

Pakanen, Seppo & Räinen, Pekka 1988. Oijärven eteläosan linnusto. Vesi- ja ympäristöhallitus. Hakupäivä 10.3.2023. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/165226/VYH\\_moniste-sarja\\_71.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/165226/VYH_moniste-sarja_71.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

SonTek. About SonTek. Hakupäivä 16.8.2023. <https://www.ysi.com/sontek-about-us>.

Suomen ympäristökeskus 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. Hakupäivä 13.4.2023. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38789/SY16\\_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38789/SY16_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Suomen ympäristökeskus 2020. Säännöstelyluvut. Hakupäivä 6.3.2023. <https://www.vesi.fi/vesitieto/saannostelyluvut/>.

Suomen ympäristökeskus. Resurssityypit. Ympäristötietojärjestelmät. Vesistömallijärjestelmä. Hakupäivä 22.6.2023. [Vesistömallijärjestelmä \(WSFS-VEMALA\) - Vesistömallijärjestelmä \(WSFS-VEMALA\) - Aineistot - SYKE:n metatietopalvelu \(ymparisto.fi\)](https://www.ymparisto.fi/FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot/Hydrologiset_havainnot(16971)).

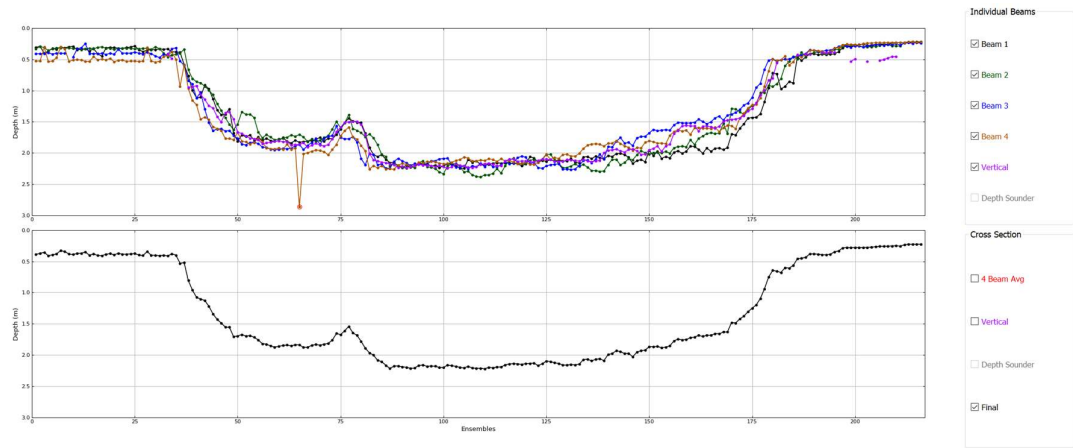
Vesivarat ryhmä, SYKE 2022. Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja. Hakupäivä 20.2.2023. [https://www.ymparisto.fi/FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Hydrologiset\\_havainnot/Hydrologiset\\_havainnot\(16971\)](https://www.ymparisto.fi/FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot/Hydrologiset_havainnot(16971)).

VESI.fi. Vesistöennusteet. Kuivajoen vesistöalue - Oijärvi. Hakupäivä 5.11.2023.  
<https://wwwi2.ymparisto.fi/i2/63/l630211001y/wqfi.html>.

Ympäristö.fi. Säännöstely 2021. Hakupäivä 6.3.2023. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien\\_kaytto/Saannostely](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Saannostely).

# POHJAPADON MITTAUSPAIKAN UOMAPROFIILI

LIITE 1



# SÄÄNNÖSTELYKANAVAN MITTAUSPAIKAN UOMAPROFIILI

Liite 2

