

TUOMIJÄRVEN VALUMA-ALUEEN KUNNOSTUSTARPEEN ARVIOINTI

Maisonvaara Mika-Matti

Opinnäytetyö

Metsätalous
Metsätalousinsinööri (AMK)

2024

Metsätalouden koulutus
Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijä	Mika-Matti Maisonvaara	Vuosi	2024
Ohjaaja	Jussi Soppela		
Toimeksiantaja	Lapin ELY-keskus		
Työn nimi	Tuomijärven valuma-alueen kunnostustarpeen arviointi		
Sivumäärä	43		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada riittävä tietopohja Posion Tuomijärven valuma-alueen tilasta ja tarvittavista kunnostustoimenpiteistä, joiden avulla Tuomijärven ekologinen tila ja monimuotoisuus saataisiin turvattua sekä järven virkistyskäyttömahdollisuudet parantuisivat. Opinnäytetyössä selvitettiin paikkatiedon, maastokäyntien sekä vesistömallijärjestelmä VEMALA:n avulla vesiensuojelun nykytilaa ja vesistökuormitusta aiheuttavia tekijöitä valuma-alueella. Tämän työn toimeksiantajana toimii Lapin ELY-keskus.

Vuonna 2019 tehdyssä tutkimuksessa Tuomijärven ekologinen tila on asiantuntija-arviona arvioitu hyväksi, mutta tilan säilyminen on riskissä vaarantua ilman kuormituksen vähentämiseen ja tilan parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä. Alueella Etelä-Posion vesistöyhdistys on käynnistänyt kunnostushankkeen alueen vesistöjen ekologisen tilan parantamiseksi. Tähän hankealueeseen myös Tuomijärvi kuuluu.

Työn teoriaosuudessa käsitellään miten eri maankäyttömuodot, ravinteet ja kiintoaines vaikuttavat vesistöjen rehevöitymiseen. Pääpaino kohdistuu etenkin metsä- ja maataloudesta aiheutuvaan ulkoiseen vesistökuormitukseen ja siihen, millä toimenpiteillä valuma-alueelta tulevaa kuormitusta voitaisiin vähentää.

Tutkimuksessa selvitettiin VEMALAN:n avulla Tuomijärven tuleva fosfori- ja typikuormituksen määrä sekä onnistuttiin analysoimaan paikkatiedon ja maastokäynnein miltä kohdin valuma-alueella vesistökuormitus on peräisin. Tietojen perusteella pystyttiin kohdentamaan ja esittelemään vesiensuojelutoimenpiteitä etenkin niillä kohteilla, missä kuormitus valuma-alueella oli merkittävintä.

Tulosten perusteella Tuomijärven hyvän ekologisen tilan säilyttämiseksi sekä kuormituksen vähentämiseksi valuma-alueella vesiensuojelua tulisi tehostaa etenkin Tuomijärven lähivaluma-alueella sijaitsevalla Ruonalammella, Aneenjoen osavaluma-alueella jokeen laskevilla ojituksilla sekä monin paikoin Ison Akonjärven osavaluma-alueella.

Avainsanat

valuma-alue, vesiensuojelu, vesistökuormitus

Forestry
Forestry engineer

Author	Mika-Matti Maisonvaara	Year	2024
Supervisor	Jussi Soppela		
Commissioned by	ELY Centre for Lapland		
Subject of thesis	Assessment of the need for restoration of Lake Tuomijärvi catchment area		
Number of pages	43		

The goal of this thesis was to gather sufficient background information on the state of Lake Tuomijärvi catchment area in Posio and the necessary restoration measures to safeguard the ecological condition and biodiversity of Tuomijärvi, as well as to improve the lake's recreational usage opportunities. The thesis assessed the current state of water protection and factors contributing to water-borne pollution in the catchment area using spatial data, field visits, and the VEMALA watershed modeling system. The commission for this work was provided by the ELY Centre for Lapland.

A study conducted in 2019 assessed the ecological status of Tuomijärvi as good, based on expert evaluation. However, the sustainability of this status is at risk without measures aimed at reducing pollution and improving conditions. In the area, the South Posio Watershed Association has initiated a restoration project to improve the ecological status of local water bodies, with Tuomijärvi also included in the project area.

The theoretical section of the thesis addresses how various land use practices, nutrients, and particulate matter affect eutrophication in water bodies. The main focus is on the external water pollution caused by forestry and agriculture, and on the measures that could reduce the pollution load coming from the catchment area.

The study used the VEMALA model to assess the phosphorus and nitrogen load entering Tuomijärvi and successfully analyzed, using spatial data and field visits, which parts of the catchment area contribute to water pollution. Based on the data, water protection measures were targeted and presented, especially in areas where pollution load was most significant.

The results suggest that to maintain the good ecological status of Tuomijärvi and reduce pollution in the catchment area, water protection efforts should be intensified, particularly at Ruonalampi in the immediate catchment area of Tuomijärvi, in the sub-catchment of Aneenjoki with its draining ditches, and in many parts of the sub-catchment of Iso Akonjärvi.

Key words catchment area, water protection, water pollution

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VESISTÖKUORMITUS.....	8
2.1	Vesistön rehevöityminen.....	8
2.2	Hajakuormitus.....	9
2.2.1	Metsätalous	9
2.2.2	Maatalous.....	10
2.2.3	Haja- ja vapaa-ajan asutus.....	10
3	VESIENSUOJELUA EDISTÄVÄT TOIMENPITEET VALUMA-ALUEELLA ..	11
3.1	Kosteikko	11
3.2	Suojavyöhyke	11
3.3	Pintavaluntakenttä	12
3.4	Laskeutusallas.....	13
3.5	Puumateriaali ja rankaniput	14
3.6	Putki- ja pohjapato.....	15
3.7	Kaksitasouoma	16
3.8	Kaivuu- ja perkauskatko	17
3.9	Peitteellisyys.....	17
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	19
4.1	Tutkittavan alueen esittely	19
4.2	Tutkittavan alueen rajaus	20
5	TUTKIMUKSEN TULOKSET	22
5.1	Valuma-alueen maankäyttö	22
5.2	Osavaluma-alueet	24
5.3	Kuormituslähteet.....	27
5.4	Vesistöjen kuormitustulokset	29
5.5	Valuma-alueen kunnostustarpeen arviointi.....	31
5.6	Valuma-aluetoimenpiteet	31
5.6.1	Tuomijärven kalanviljelylaitos	31
5.6.2	Peurolampi	35
5.6.3	Pieni Akonjärvi.....	36
6	POHDINTA	39

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantona oli tehdä Posion Tuomijärven yläpuolisen valuma-alueen kunnostustarpeen arviointi. Tuomijärvi sijaitsee Posion kirkonkylältä noin 37 kilometriä Taivalkosken suuntaan lähellä Anetjärven kylää. Järven rannoilla ei ole vakituista asutusta.

Opinnäytetyön käynnistäjänä on toiminut joulukuussa 2021 perustettu Etelä-Posion Vesistöyhdistys ry, jonka tavoitteena on parantaa ja ylläpitää toiminta-alueensa vesistöjen tilaa erilaisin kunnostustoimenpitein. Toimeksiantajana tässä työssä on Lapin ELY-keskus. Tutkimuksessa keskitytään valuma-alueen haja-kuormituslähteistä erityisesti metsätaloudesta johtuviin kuormitustekijöihin ja vesiensuojeluratkaisuihin, mutta myös muut maankäyttömuodot otetaan huomioon, sillä valuma-alueella esiintyy merkittävästi esimerkiksi maataloutta.

Valuma-alueelta järveen kohdistuva ulkoinen kuormitus on vuosien aikana heikentänyt järven ekologista tilaa ja sen virkistysarvoa esimerkiksi näkösyvyyden pientymisellä, rehevöitymisellä sekä kalakantojen muuttumisella. Mökkiläisten kertomuksen mukaan Tuomijärvessä on ollut hyvä siikakanta, mutta esimerkiksi säynävän sekä särjen osuuden lisääntyminen runsaasti saalismäärissä ja siian osuuden vähentyminen verkkokalastuksessa huolestuttaa heitä. Valuma-alueen kuormitus heijastuu myös järven laskujokena olevaan Tuomijokeen rehevöitymisellä, umpeenkasvamisella sekä kiintoainekuormituksena vaarantamalla näin joessa luontaisesti lisääntyvän harjuskannan.

Työn tarkoituksena on selvittää maastoinventointien, vesinäytteiden, kartta-aineistojen sekä maanomistajien ja mökkiläisten havaintojen perusteella valuma-alueen keskeisimmät ulkoisen kuormituksen aiheuttajat keskittyen hajakuormitukseen. Tässä tutkimuksessa ei tehdä kunnostussuunnitelmaa koko valuma-alueelle, vaan keskitytään löytämään valuma-alueelta kriittisimmät ravinne- ja kiintoainekuormituksen tekijät ja niihin ratkaisut, miten kuormitusta voitaisiin vähentää.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada riittävä tietopohja valuma-alueen tilasta ja tarvittavista kunnostustoimenpiteistä, joiden avulla vesistön ekologinen tila ja mo-

nimuotoisuus turvattaisiin ja virkistyskäyttömahdollisuudet parantuisivat. Kunnostuksilla lisättäisiin rantakiinteistöjen arvoa, vesistön kalataloutta sekä maiseman- ja luonnonsuojelua.

Kuormituspisteiden kartoittaminen päätettiin aloittaa Tuomijärveltä, sillä se sijaitsee Etelä-Posion vesistöyhdistyksen toiminta-alueen järviketjussa valuma-alueella ylimpänä. Näin Tuomijärven valuma-alueella tehtävistä kartoituksista ja kunnostussuunnitelmista hyötyjinä olisivat suoraan myös alempana järviketjussa olevat hankkeen vesistöt.

Työssä tarkasteltavasta valuma-alueesta rajataan Livojärvi ja sen valuma-alue pois Tuomijärven valuma-alueesta alueen maantieteellisen sijainnin ja järven hyvän ekologisen tilan vuoksi. Vesiyhteys Livojärvestä Tuomijärven valuma-alueen vesistöön on aikoinaan ollut, mutta todennäköisesti jo ennen sotia rakennettu tie on padonnut vesiyhteyden. Rakennetussa tiessä ei myöskään ole vesiyhteyttä mahdollistavaa siltaa tai rumpurakennetta.

Tämä opinnäytetyön tarkoituksena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Miltä osavaluma-alueilta Tuomijärveen päätyvä kuormitus on peräisin? Mitkä tekijät aiheuttavat vesistökuormitusta valuma-alueella? Miten valuma-alueelta tulevaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta voitaisiin vähentää?

2 VESISTÖKUORMITUS

Metsä- ja maataloudesta peräisin oleva hajakuormitus on merkittävästi vesistöjä heikentävä tekijä. Erityisesti rehevöityminen, kiintoaineet sekä haitallisten aineiden korkeat pitoisuudet vesistöissä estävät hyvän ekologisen tilan saavuttamista useissa eri vesistöissä. (Suomen ympäristökeskus 2013).

Valuma-alueilta aiheutuva vesistökuormitus johtuu usein maa-aineksen ja sen sisältämien ravinteiden huuhtoutumisesta vesistöön eli eroosiosta. Maanpinnan kaltevuus, kasvipeitteellisyys sekä eri maalaadut ja niiden rakeisuus vaikuttavat siihen, kuinka eroosioherkkää jokin tietty maa-alue on. (Penttinen & Niinimäki 2010, 222.)

2.1 Vesistön rehevöityminen

Rehevöityvässä vesistöissä kasvien tärkeimpien ravinteiden, kuten typen ja fosforin määrä lisääntyy yleensä ihmisen toiminnan takia. Ravinnetitoisuuksien kasvaessa vesi- ja rantakasvillisuus lisääntyy, mutta niiden monimuotoisuus köyhtyy. Myös erilaisten planktonlevien määrä järvestä kasvaa, mikä voi johtaa ihmisellekin haitalliseen sinileväkukintaan. Tyypillisiä rehevän vesistön kasvilajeja ovat esimerkiksi osmankäämi, sarvikarvalehti sekä vesirutto. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 11, 21.)

Ravinnekuormitus heijastuu suoraan myös veden laatuun ja väriin. Viime vuosikymmeninä vesistöt ovat jatkaneet tummenemistaan (Holopainen & Lehikoinen 2022, 4–5). Tummuminen johtuu raudan (Fe) ja liuenneen orgaanisen hiilen, eli humuksen esiintymisestä vesistöissä. Pohjois-Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että erityisesti voimakas rautapitoisuuksien kasvu pintavesissä olisi selitys värin muuttumiselle. (Kritzberg & Ekström 2012, 1468–1469.)

Veden laadun muuttuminen sekä muutokset kasviplanktonissa näkyvät myös järven kalabiomassassa. Särjet hyötyvät runsastuneesta vesikasvillisuudesta ja pystyvät käyttämään sitä myös ravinnokseen, kun taas kirkkaita ja hapekkaampia vesiä suosivat lohikalat, kuten siika ja muikku kärsivät (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 11).

Rehevöityneen ja tummuneen järven kalasto vaikuttaa myös ihmisravintoon. On havaittu, että tummuneissa järvissä kalojen ravintona olevat kasviplanktonit tuottavat huomattavasti vähemmän ihmiselle tärkeitä omega-3-rasvahappoja. Tutkimuksessa havaittiin, että tummuneiden järvien ahventa ihmisen tulisi syödä jopa 1,8 kertaa enemmän kuin niukka- ja keskiravinteisista järvistä. (Taipale ym. 2016, 164–165.)

2.2 Hajakuormitus

Hajakuormituksella tarkoitetaan vesistökuormitusta, jonka lähdettä ei suoraan voida tarkasti määrittää. Hajakuormitusta vesistöön aiheuttavat eniten maa- ja metsätalouden toiminnot sekä haja- ja vapaa-ajanasutus. (Tattari, Puustinen, Koskiahho, Röman & Riihimäki. 2015, 9.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään pääsääntöisesti maa- ja metsätaloudesta aiheutuvaan vesistökuormitukseen, sillä nämä ovat alueen maankäytön perusteella työssä käsiteltävän valuma-alueen keskeisimmät kuormituksen aiheuttajat.

2.2.1 Metsätalous

Metsätalouden toimenpiteistä syntyvä vesistökuormitus luokitellaan hajakuormitukseksi. Kuormitus mitä metsätaloudesta huuhtoutuu vesistöihin, on pääasiassa fosforia ja typpeä sisältämää ravinnekuormitusta sekä maaperästä irtoavaa kiintoainekuormitusta. Lisäksi metsätaloudesta aiheutuu metalli-, humus- ja happamuuskuormitusta.

Metsätalouden toimenpiteistä ojitus, perkaukset sekä hakkuut sekä niiden yhteydessä tehtävät maanmuokkaukset ja lannoitukset aiheuttavat ravinne- ja kiintoainekuormitusta vesistöihin. Toimenpiteet lisäävät valuntaa ja edesauttavat näin ravinteiden ja kiintoaineen huuhtoumista. Lisäksi toimenpiteiden merkittävyyttä kasvattaa niiden pitkäaikaisvaikutukset ja kohdistuminen latvavesistöihin, missä muu kuormitus on vähäistä. (Joensuu, Kauppila, Linden & Tenhola 2013, 11.)

Uusien tutkimustuloksien mukaan metsätalouden osuus ihmistoiminnasta aiheutuvasta vesistökuormituksesta on lähes tuplaantunut fosfori- ja typpikuormituksen

osalta verrattuna aiempiin tuloksiin. Uusissa arvioissa metsätalouden osuus ihmistoiminnasta aiheutuvasta vesistökuormituksesta on typen osalta 12 prosenttia ja fosforin 14 prosenttia. (Finèr ym. 2020, 69.)

2.2.2 Maatalous

Maatalouden peltoviljely ja kotieläintuotanto ovat merkittäviä vesistökuormituksen lähteitä. Maataloudesta aiheutuva hajakuormitus koostuu pääosin pelloilta huuhtoutuvista ravinteista ja kiintoaineesta. Karjanlannan sekä väkilannoitteiden käyttö peltojen lannoitukseen muodostavat pääosan ravinnehuuhtoumasta. Kotieläintuotannon päästöt esimerkiksi karjasuojista sekä lantaloista katsotaan piste-kuormitukseksi. Pelloilta tuleva kuormitus on erityisen voimakasta pellon pinnan ollessa ilman kasvipeitettä. Kasvipeite sitoo ja estää ravinteiden huuhtoumista sekä vähentää pelloilla syntyvää eroosiota. (Suomen Ympäristökeskus 2022.)

Peltojen lukumäärä sekä sijainti valuma-alueella ovat merkittäviä tekijöitä vesistökuormituksen määrään. Kuten metsätaloudessa, myös kaltevuussuhteet sekä maalaji määrittelevät kuormittavuuden syntyä. Lisäksi ravinne- kiintoainepäästöihin vaikuttavat pellon vesitalous sekä käytettävä viljelytekniikka. (Penttinen & Niinimäki 2010, 172–173.)

2.2.3 Haja- ja vapaa-ajan asutus

Haja-asutuksella tarkoitetaan kiinteistöjä, joita ei ole liitetty viemäriverkoston. Tuomijärven valuma-alueella kaikki asutus on haja-asutusta. Haja-asutuksesta tulevien jätevesien käsittelyä säätelee ympäristölaki. Laki velvoittaa, että jätevedet tulee käsitellä ennen niiden johtamista ympäristöön, mikä tarkoittaa, että jokaisella kiinteistöllä tulee olla oma jätevesijärjestelmä. (Kangas 2017, 17.)

Haja- ja vapaa-ajan asutuksen jätevedet voivat vaikuttaa merkittävästi eri vesistöihin. Erityisen ongelmallista on jäteveden sisältämä fosfori, joka on käyttövalmiina liukoisessa muodossa kasveille sekä leville ja voi vesistöön päästyään aiheuttaa rehevöitymistä hyvinkin nopeasti (Ulvi & Lakso 2005, 142). Pääosa jätevesien aiheuttamasta fosforikuormituksesta on peräisin virtsasta sekä ulosteesta (Kangas 2017, 13).

3 VESIENSUOJELUA EDISTÄVÄT TOIMENPITEET VALUMA-ALUEELLA

Vesiensuojelutoimenpiteiden tarkoituksena valuma-alueella on vähentää vesistöihin kohdistuvaa kiintoaine- ja ravinnekuormitusta ja saada näin pysyviä vaikutuksia kohde vesistön vedenlaadun parantamiseksi. Valuma-alueella tehtävillä toimenpiteillä on myönteisiä vaikutuksia vedenlaadun lisäksi eri eliöstöjen elinympäristöihin sekä toimenpiteillä pystytään varautumaan esimerkiksi ilmastomuutoksen tuomiin haasteisiin.

3.1 Kosteikko

Yleisesti kosteikon paikaksi pyritään valitsemaan sellainen maa-alue, joka on luonnostaan märkä tai helposti vettyvä. Hyviä paikkoja kosteikoille ovat esimerkiksi jo kuivatettu, mutta puuntuotannoltaan tai viljeltävyydeltään heikot tai vajaa-tuottoiset alueet, jotka katsotaan olevan joutomaata. Kosteikon tehtävänä on ravinteiden ja kiintoaineen pääsyn vähentäminen vesistöihin, mutta samalla se lisää luonnon monimuotoisuutta sekä parhaimmillaan lisää virkistysarvoa sekä parantaa maisemaa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2024.)

Kosteikon vesiensuojelullinen tehokkuus perustuu sen kokoon suhteessa valuma-alueen kokoon ja sen tulovirtaamaan. Etenkin syksyn ja kevään ylivirtaaman aikaan, jolloin kiintoaineen ja ravinteiden huuhtouma on suurimmillaan, pystytään oikein mitoitettulla kosteikolla tehokkaaseen vesiensuojeluun. Pieneksi mitoitettussa kosteikossa veden virtausnopeus kasvaa usein liian suureksi, jolloin kiintoaines ei ehdi laskeutua kosteikkoaltaan pohjalle, eikä kosteikon muu biomassaa ehdi käyttää vedessä kulkeutuvia ravinteita. (Suomen Riistakeskus 2020.) Jotta kosteikon vesiensuojelu olisi tehokasta, tulisi sen pinta-alan olla vähintään 0,5 prosenttia sen yläpuolisen valuma-alueen koosta (WWF Suomi 2010, 3).

3.2 Suojavyöhyke

Suojavyöhykkeen tehtävänä on sitoa kiintoainesta ja ravinteita. Suojakaistalle jätettävät puut juurineen sekä muu kasvillisuus ehkäisevät eroosiota sekä tehostavat ravinteiden pidättäytymistä. Pienvesien varrella suojavyöhykkeellä on myös varjostava vaikutus veteen, mikä tasaa esimerkiksi veden lämpötilavaihteluita ja

turvaa monimuotoisuutta. Metsätaloudessa vesistöjen, lähteiden, avosoiden sekä ennallistumaan jätettävien soiden reunalla toimittaessa suositellaan jättämään edellä mainittujen ja käsiteltävän alueen väliin riittävän leveä suojakaista, jossa maanpinta pidetään rikkomattomana ja vain poimintahakkuut sallitaan tiettyin kriteerein. (Maa- ja metsätalousministeriö 2023.)

Talouksmetsien PEFC-sertifiointikriteerin mukaisessa metsänkäsittelyssä suojakaistalta voidaan poimia muita puita kuin kriteeristössä mainittuja säästö- ja lahoppuita siten, että suojakaistan kerroksellisuus ja pienikokoinen puusto säilyy muodostaen riistatiheikön (Saaristo & Vanhatalo 2016, 129). PEFC:n mukaisella suojakaistalla ei kuitenkaan tehdä maan muokkausta, kantojen korjuuta, pensaskeroksen kasvillisuuden raivausta, eikä myöskään käyttää lannoitteita tai kasvien suojeleaineita. PEFC-sertifiointissa suojavyöhykkeen leveyden tulee olla vähintään keskimäärin 10 metriä, mutta kaikkialla vähintään viisi metriä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2023.)

Tiukemmassa FSC-metsäsertifiointissa suojakaistan tulee olla vähintään 10–30 metriä, riippuen vesistöstä, jonka rannalla hakkuu tehdään. FSC-standardi edellyttää myös, että suojavyöhykkeellä ei saa ajaa koneella, eikä muutenkaan käsitellä maan pintakerrosta. Lisäksi lannoittamattoman vyöhykkeen tulee olla suojavyöhykettä leveämpi. (Saaristo & Vanhatalo 2016, 129.)

Maataloudessa suojavyöhykkeitä käytetään peltoaloilla, jotka rajautuvat vesistöön tai valtaojaan. Suojavyöhykkeelle jätettävä kasvillisuus vähentää pelloilta vesistöön tulevaa ravinne- ja kiintoainehuuhtoumaa. Suojavyöhykkeen merkitys korostuu etenkin veteen päin kallellaan olevilla rantapelloilla sekä eroosio- ja tulvaherkillä alueilla. (Pakkanen & Myllyoja 2009, 25).

3.3 Pintavaluntakenttä

Pintavaluntakentäksi kutsutaan aluetta, jolla valumavesi suodatetaan pintakasvillisuuden läpi. Hyviä pintavaluntakentäksi soveltuvia alueita ovat esimerkiksi kitumaan suot tai ojituksen vaikutuksesta kuivuneet suot, joiden ennallistamisessa pintavaluntakenttä voi olla edesauttavana tekijänä. (Saaristo & Vanhatalo 2016, 130–133.)

Metsätaloudessa pintavalutusta voidaan hyödyntää myös uudistusaloilla, joissa uudistusala rajoittuu vesistöön. Tehdyt ojat päätetään uudistusalan ja vesistön väliin jätettävään suojavyöhykkeeseen (kuvio 1), jolloin valumavesien ravinteet ja kiintoaines pidättäytyvät suojavyöhykkeen puustoon ja kasvillisuuteen.



Kuvio 1. Metsäoja päätetty ennen vesistöä suojavyöhykkeeseen

3.4 Laskeutusallas

Laskeutusaltaan (kuvio 2) tarkoituksena on hidastaa veden virtaamaa ja saada näin kiintoaines ja siihen sitoutuneet ravinteet laskeutumaan altaan pohjalle. Laskeutusallasta suunniteltaessa täytyy tietää riittävän hyvin alueen maalaji, vesimäärä sekä virtausnopeus, jotta allas saadaan mitoitettua oikein tehokkaaseen vesiensuojeluun. Oikeanlaisella mitoituksella saavutetaan laskeutusaltalle riittävä vähimmäispinta-ala, jolloin kiintoaines ehtii laskeutua altaan pohjalle myös virtausnopeuden ja vesimäärän kasvaessa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022.)



Kuvio 2. Kiintoaineksestä täyttynyt laskeutusallas

Liiallinen altaan täyttyminen voi muodostua myös vesistöä kuormittavaksi lähteeksi. Laskeutusallasta ja sen täyttymistä kiintoaineesta tulee myös seurata sekä tarvittaessa pystyä tyhjentämään säännöllisesti, mikä tulisikin ottaa huomioon allasta sijoittaessa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2024.)

3.5 Puumateriaali ja rankaniput

Puuainesta esiintyy kaikissa metsäisissä luonnontilaisissa vesistöissä, mutta sen määrä on vähentynyt metsätalouden toimenpiteistä johtuen, kun puu ehditään korjata ennen sen päätymistä vesistöön. Luonnontilaisissa vesistöissä puuaines ehtii kaatua tai muuten lahota osaksi vesistöä, jolloin se muodostuu merkittäväksi osaksi virtavesien ekosysteemiä. Virtaavassa vedessä puuaines pidättää kiintoainesta ja ravinteita ja samalla säätelee veden virtausnopeutta patoamalla ja lisäämällä virran mutkittelua. Vesistöissä puuaines toimii myös monien hyönteisten ja kalojen ravinto- ja suojapaikkana. (Eloranta 2010, 140–141.)

Puuaineksen lisäämistä voidaan hyödyntää myös ihmisen kaivamissa uomissa sen vaikutuksen ollessa samankaltainen kuin luonnontilaisissa vesistöissä. Puuainesta voidaan lisätä esimerkiksi maa- ja metsätalouden tarpeisiin kaivettuihin ojiin (kuvio 3) sekä laskeutusaltaisiin ja tehostaa näin niiden ravinteiden ja kiintoaineen pidätyskykyä. (Vuori ym. 2021, 21–22.)



Kuvio 3. Ojaan lisättyjä rankapuunippuja

3.6 Putki- ja pohjapato

Putkipadon tehtävänä on veden virtausnopeuden sekä tulvahuippujen pienentäminen sekä veden hetkellinen pidättäminen. Putkipato voidaan asentaa laskeutusaltaan metsä- tai pelto-ojaan, jolloin padon yläpuolella ojastossa voidaan pidättää vettä. Padotuksen aiheuttama veden virtausnopeuden lasku vähentää ojassa tapahtuvaa eroosiota sekä kiintoaineen liikkumista. Putkipadon mitoituksessa täytyy huomioida, ettei veden padottaminen aiheuta vettymishaittoja padon yläpuolella maa- ja metsätaloudelle. Putkipato voidaan asentaa myös laskeutusaltaan yhteyteen, jolloin se tehostaa altaan toimintaa (kuvio 4). (Maa- ja metsätalousministeriö 2022.)



Kuvio 4. Laskeutusallas putkipadolla

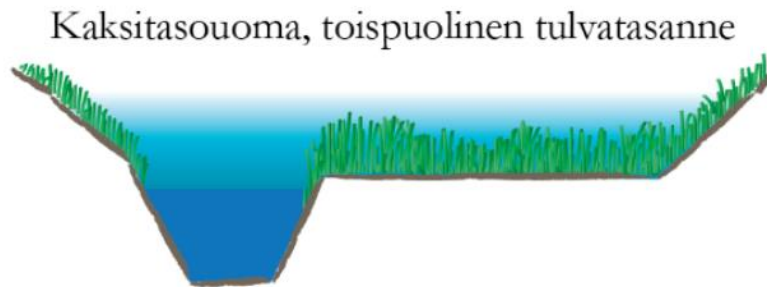
Pohjapadon periaate on sama kuin putkipadon eli veden virtausnopeuden hidastaminen sekä kiintoaineksen pidättäminen. Pohjapato voidaan rakentaa kivistä sekä puuaineksesta. Usein se suojataan eroosiolta suodatinkankaalla sekä kankaan päälle laitettavalla kiviverhouksella. Pohjapatoja voidaan myös sijoittaa ojaan peräkkäin, jolloin puhutaan pohjapatoketjusta. Pohjapatojen ketjuja käytetään yleisimmin kohteilla, joissa ojan virtausnopeus on suuri sekä maalajin takia ojassa on todettu syöpymisriski. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022.)

3.7 Kaksitasouoma

Kaksitasouomaa käytetään yleisimmin maataloudessa, mutta on myös sovellettavissa esimerkiksi metsätalouden vesiensuojelussa. Kaksitasouoma voidaan muokata olemassa olevaan uomaan tai ottaa huomioon uutta ojaa suunniteltaessa. (Ollila 2021, 15.)

Kaksitasouoma kaivetaan kahteen eri tasoon, alivesitasoon sekä tulvatasoon. Tarkoituksena on, että alivedelle vesi virtaa vain uoman pohjalla alivesitasolla ja

tulvahuipulla taas vesi pääsee nousemaan tulvatasanteelle (kuvio 5). Tulvatasanne sitoo virtaamahuipulla kiintoaineita sekä ravinteita ja alivedellä sen ollessa kuivana tasanteelle muodostuu kiintoainesta ja ravinteita sitovaa kasvillisuutta (Ollila 2021, 2–3). Kaksitasouomat lisäävät myös luonnonmonimuotoisuutta rakennetuissa ojissa muodostamalla monipuolisia elinympäristöjä kasveille ja hyönteisille.



Kuvio 5. Kaksitasouoma tulvatasanteella (Maa- ja metsätalousministeriö 2024)

3.8 Kaivuu- ja perkauskatko

Kaivuukatkoja tehdään metsätaloudessa ojiin sekä naveroihin. Kaivuukatko on osuus ojassa, joka jätetään kaivamatta ojaa tai naveroa tehdessä, jolloin maanpinta säilyy koskemattomana. Kaivuukatko toimii kuin pintavalutuskenttä, mutta pienemmässä mittakaavassa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022.)

Perkauskatkoja jätetään, kun perataan vanhoja ojia. Vanhaa ojaa perattaessa ojaan jätetään muutaman metrin pituisia perkaamattomia kohtia, jolloin ojaan muodostunut kasvusto hidastaa veden virtausnopeutta sekä suodattaa siitä ravinteita. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022.)

3.9 Peitteellisyys

Kasvipeitteellisyttä voidaan hyödyntää niin maa- kuin metsätalouden vesiensuojelussa. Metsätaloudessa kasvipeitteellisyttä hyödynnetään vesistöjen suojavyöhykkeissä, mutta myös jatkuva peitteellisestä metsänkasvatuksesta on hyötyä vesiensuojelamisessa. Jatkuvasa kasvatuksessa metsää ei uudisteta kerralla, vaan pyrkimyksenä on kasvattaa eri-ikäisiä ja -kokoisia puita. Jatkuvalle kasvatuksella vältetään avohakkuista ja maanmuokkauksesta vapautuvaa suurta

ravinne- ja kiintoainehuuhtoumaa sekä voidaan välttää ojien kunnostustarve, sillä maa pysyy hakkuissa puuston peittämänä ja jäävä puusto pystyy haihdunnalla säätelemään pohjaveden nousua (Tapio Oy 2019).

Maataloudessa peitteellisyyttä voidaan hyödyntää peltoviljelyssä. Kiintoaine- ja ravinnekuormitusta voidaan pelloilla vähentää siirtymällä talviaikaiseen sänkeen tai suorakylvöön. Tällöin maanmuokkauksen, sulamisvesien ja kovien sateiden aiheuttama kuormitus pellolta vähenee pellon pysyessä peitteellisenä ympäri vuoden. (Tattari ym. 2015, 41.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tietoa Tuomijärven valuma-alueen nykytilasta sekä löytää keskeisimmät vesistökuormitusta aiheuttavat tekijät valuma-alueelta. Tutkimuksen pohjaksi tutustuttiin metsätalouden vesiensuojeluun, valuma-aluesuunnitteluun sekä vesienhoitoon liittyvään kirjallisuuteen sekä aiempiin aiheeseen liittyviin tutkimustuloksiin.

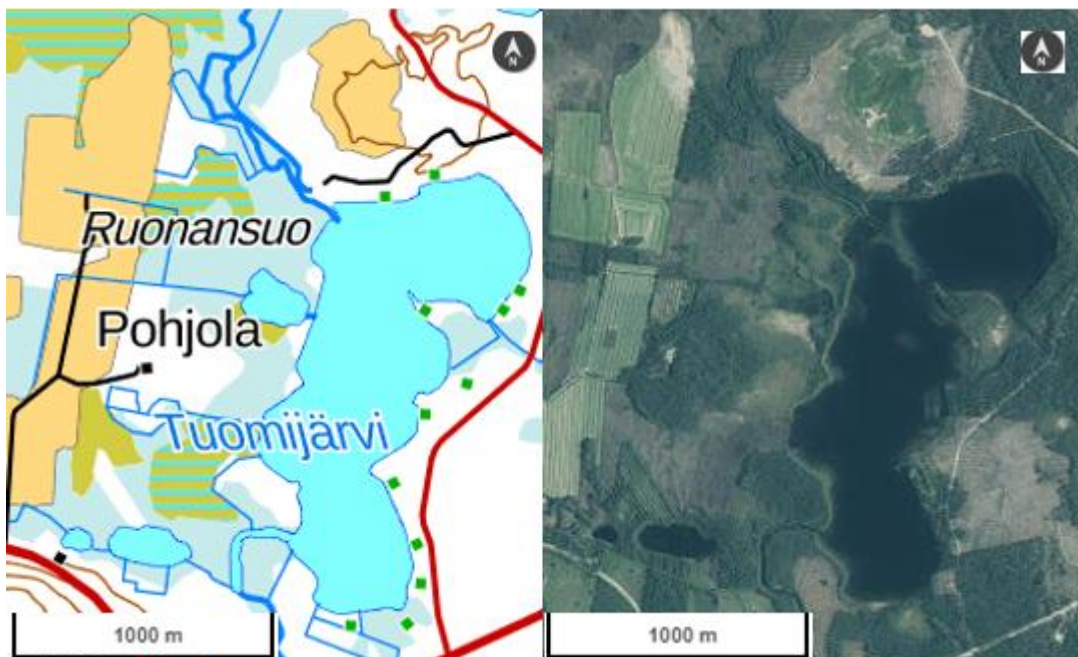
Tutkimusta jatkettiin määrittämällä Tuomijärven valuma-alue Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) valuma-alueen määrittämisohjelmalla sekä jakamalla valuma-alue pienempiin osavaluma-alueisiin ArcGIS-paikkatietosovelluksen avulla. Valuma-alueen määrittämisen jälkeen hyödynnettiin Corine maanpeite 2012-aineistoa sekä soiden ojitustilanne -aineistoa, joiden avulla saatiin käsitys maankäytön paineista eri valuma-alueen eri osilla sekä ojitettujen ja ojitamattomien turvemaiden pinta-aloista sekä sijoittumisesta. Tämän jälkeen simuloitiin vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmäksi kehitetyllä VEMALA-mallilla jokaisella osavaluma-alueelle typpi- ja fosforikuormituksen tulo- sekä lähtökuormituksen määrä lähteittäin.

Valuma-alueen maankäytön paineiden sekä kuormituksen määrittämisen jälkeen tutkittavalta alueelta kartoitettiin avoimen paikkatiedon karttatasojen avulla mahdollisia vesistökuormitusta aiheuttavia yksittäisiä kohteita. Aineistoina käytettiin avoimia metsävaratietoja, eri vuosien ilmakuvia, maastokarttoja, vinovalovarjostetta sekä hyödynnettiin pintavesien virtausmallia ja RUSLE-eroosiomallia. Aineistoilla tuotettiin kuva Tuomijärven valuma-alueen kaivettujen ojien valuma-alueen koosta, ojasyvyyksistä, vesimääristä sekä eroosioherkistä alueista. Paikkatietoanalyysillä saatiin tuotettua tietoa, miltä osavaluma-alueilta Tuomijärveen päätyy eniten kuormitusta ja näin kohdentamaan maastoinventoinnit ennakkoon valituille paikoille.

4.1 Tutkittavan alueen esittely

Tuomijärvi (61.652.1.007) sijaitsee lijoen vesistöalueeseen kuuluvalla Laijonjoen vesistöalueella (61.652) Etelä-Posiolla. Tuomijärvi (kuvio 6) on kooltaan keski-suurijärvi ja järven pinta-ala on 87,5 hehtaaria. Järven keskisyvyys on 1,3 metriä

suurimman syvyyden ollessa 2,6 metriä. (Ympäristöhallinto 2022). Luoteessa järveen tuo vetensä Hietajoki ja lounaassa järvi laskee vetensä Tuomijokea pitkin Laijonjärveen. Vesistömallijärjestelmän mukaan järven keskimääräinen teoreettinen viipymä on kuusi vuorokautta. Vesienhoidon suunnittelussa järvi on tyypitelty hyvin lyhyt viipymäiseksi järveksi (Lv). Järven rannoilla on neljätoista vapaa-ajan asuntoa, vakituista asumista ei ole. (Ympäristöhallinto 2022.) Vuonna 2019 tehdyssä tutkimuksessa Tuomijärven tila on asiantuntija-arviona arvioitu hyväksi, mutta tilan säilyminen on riskissä vaarantua ilman kuormituksen vähentämiseen ja tilan parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä (Puro-Tahvanainen 2022).



Kuvio 6. Kartta- ja ilmakuva Tuomijärvestä (Maanmittauslaitos 2022)

Järven pohjois-, itä- sekä etelärannan maaperä on maalajiltaan pääosin karkearakenteista kivennäismaata (KY) RT ja lännen puoleinen ranta on pääosin maalajiltaan paksua turvekerrosta (Tvp) RT (Geologian tutkimuskeskus 2022). Tarkkaa maalajin päälajitetta ei ole selvitetty järven ympäriltä.

4.2 Tutkittavan alueen rajaus

Työssä tarkasteltavasta valuma-alueesta rajataan Livojärvi ja sen valuma-alue pois Tuomijärven valuma-alueesta alueen maantieteellisen sijainnin ja järven hyvän ekologisen tilan vuoksi. Livojärvi sijaitsee vedenjakajalla ja sen valuma-alueella ei ole esimerkiksi merkittävästi maataloutta. Loma-asutusta järven rannoilla

on paikoitellen sekä metsätaloutta ranta-alueella on harjoitettu lievästi, ulkoisen kuormituksen ollessa kuitenkin vähäistä. (Ympäristöhallinto 2022.)

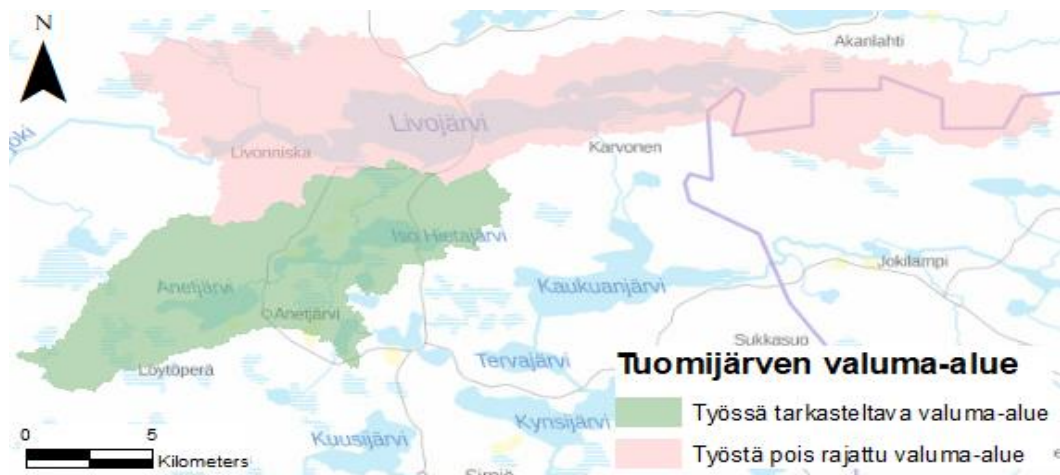
Livojärvi on täysin säännöstelemätön ja sen ekologinen tila luokitellaan lähes luonnonkaltaiseksi. Vesiyhteys Livojärvestä Tuomijärven valuma-alueen vesistöön on aikoinaan ollut, mutta todennäköisesti jo ennen sotia rakennettu tie on padonnut vesiyhteyden. Rakennetussa tiessä ei myöskään ole vesiyhteyttä mahdollistavaa siltaa tai rumpurakennetta.

Suomen ympäristökeskuksen valuma-alueen rajaustyökalu määrittää Livojärven vesistön kuuluvaksi Tuomijärven valuma-alueeseen, mutta ylempänä olevin perustein katsottiin järkeväksi rajata se pois tutkimuksen aihepiiristä.

5 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tuomijärven valuma-alue (kuvio 7) on kooltaan Livojärven osuuden rajaamisen jälkeen noin 9300 hehtaaria. Valuma-alueen suurimmat järvet ovat Iso Hietajärvi (208 ha), Anetjärvi (368 ha) sekä Iso Akonjärvi (97 ha). Tuomijärven valuma-alueen vesistöt ovat osa Kostonjoen ensimmäisen jakovaiheen valuma-alueita, jonka läpi vedet laskevat edelleen Iijoen kautta Perämereen.

Valuma-alueen järvet, joista järven tila-arvio on tehty ovat luokiteltu asiantuntija-arvioina ekologiselta tilaltaan hyväksi, mutta tilan säilyminen on uhattuna ilman toimenpiteitä. Poikkeuksena on Iso Hietajärvi, jonka tila-arviointi on muuttunut uudelleen arvioinneissa erinomaisesta hyväksi. (Laine ym. 2022, 75, 95.)



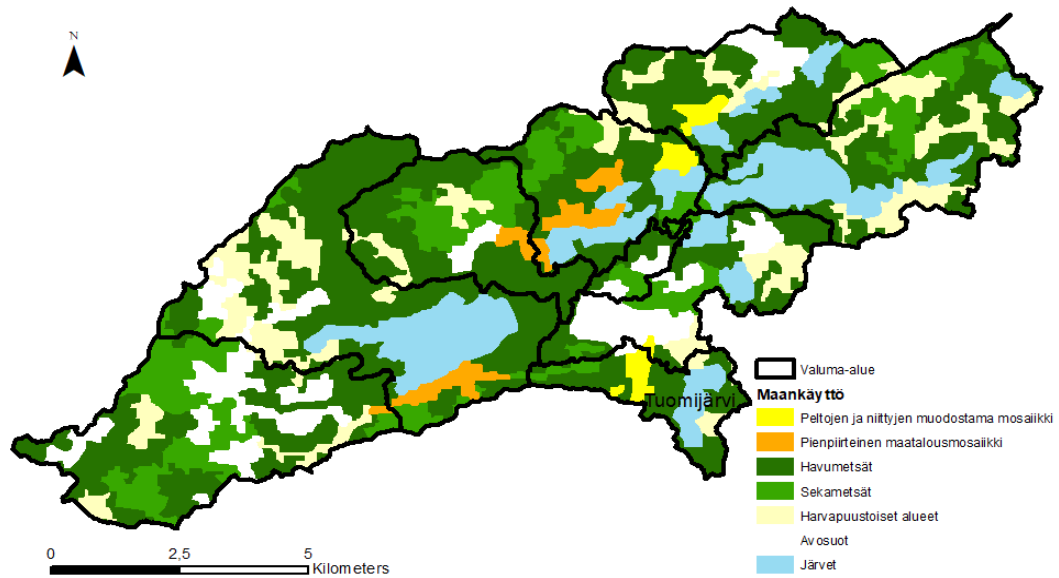
Kuvio 7. Tuomijärven valuma-alue (Maanmittauslaitos 2022)

5.1 Valuma-alueen maankäyttö

Valuma-alueen maankäyttömuotoja selvitettiin Corine Land Cover 2012 -aineiston perusteella (kuvio 3). Lisäksi analysoitiin paikkatiedon avulla ojitettujen ja ojitamattomien turvemaiden jakautumista alueen eri osiin (kuvio 8).

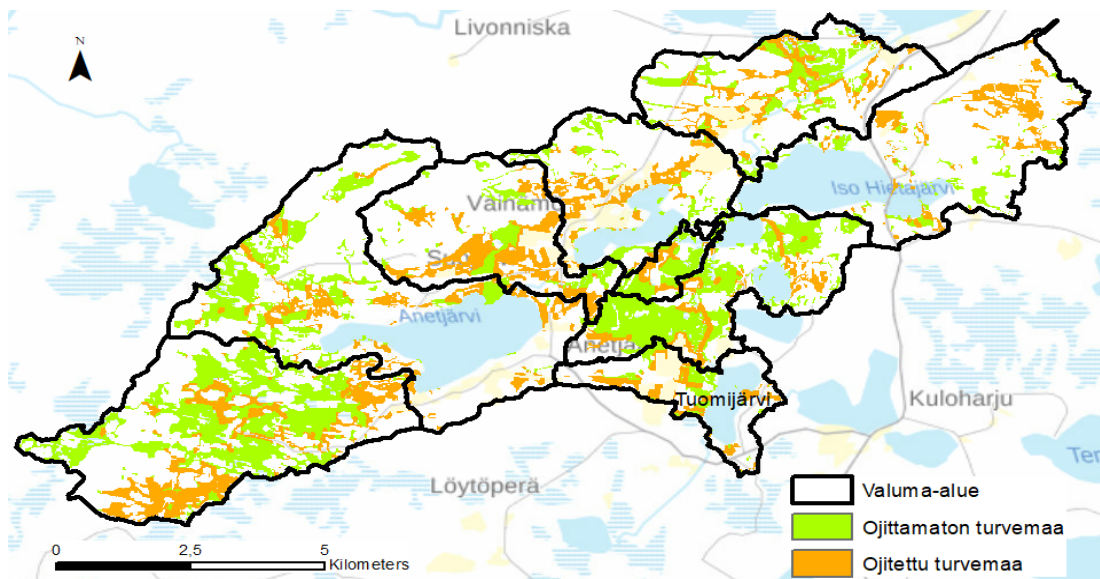
Valuma-alueen pinta-alasta suurin osa on metsätaloukskäytössä olevaa kangas- ja turvemaata. Valuma-alueen vakituinen asutus on keskittynyt pääosin Anetjärven sekä Ison Akonjärven ja Pienen Akonjärven ranta-alueille, mihin myös alueen maatalous painottuu. Kaikki asutus alueella on haja-asutusta. Lisäksi peltoviljelyä on Tuomijärven lähivaluma-alueella sekä Torviojan osavaluma-alueella. Peltojen osuus maankäytöstä koko valuma-alue huomioiden on varsin pieni, mutta niiden

keskittyminen vesistöjen ääreen on merkityksellistä tarkasteltaessa eri kuormituslähteitä.



Kuvio 8. Valuma-alueen maankäytön jakautuminen (Maanmittauslaitos 2022)

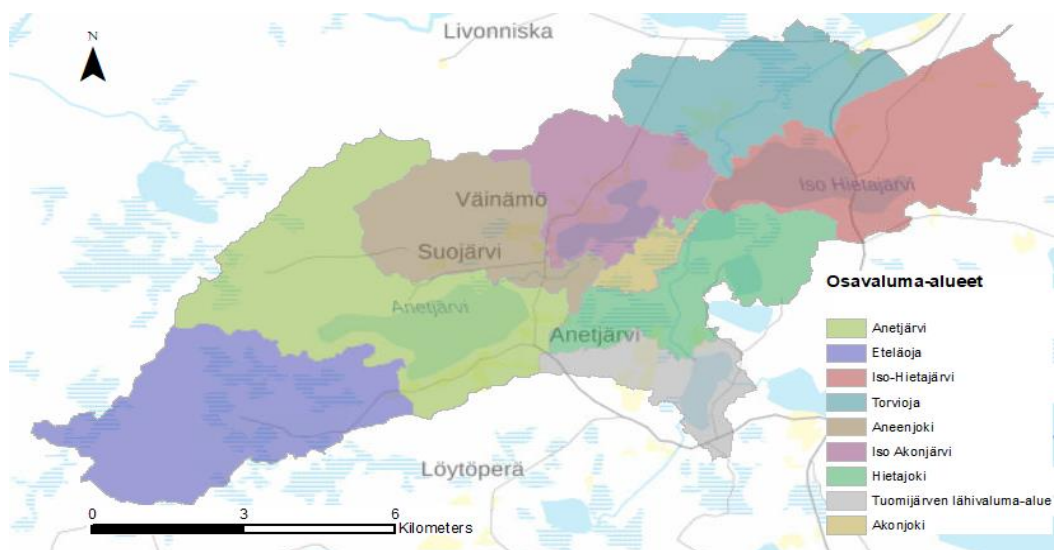
Turvemaita valuma-alueen pinta-alasta on lähes 30 prosenttia, josta ojittettua turvemaata on vajaa 1200 hehtaaria. Ojittamattoman turvemaan osuus valuma-alueella on ojittettua turvemaata hieman suurempi, sillä alueella on laajoja luonnon-tilaisia rimpinevoja, joiden ojittamista ei ole katsottu puuntuotannollisesti järkeväksi. Eniten turvemaita sijoittuu alueen keski- ja länsiosiin (kuvio 9).



Kuvio 9. Soiden ojitustilanne valuma-alueella (Maanmittauslaitos 2022)

5.2 Osavaluma-alueet

Tässä työssä tarkasteltava valuma-alue on jaettu yhdeksään pienempään osavaluma-alueeseen ArcGIS-paikkatieto-ohjelmalla (kuvio 10). Jaottelu auttaa hahmottamaan paremmin, miten maankäyttö ja valuma-alueelta tuleva kuormitus jakautuvat alueen eri osiin. Alueet on nimetty kunkin valuma-alueen vesistön purkupisteen perusteella.



Kuvio 10. Osavaluma-alueet (Maanmittauslaitos 2022)

Suurimmat osavaluma-alueet ovat Anetjärven osavaluma-alue sekä siihen laskeva Eteläojan osavaluma-alue, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on yli 3500 hehtaaria, mikä on yli kolmannes koko valuma-alueen pinta-alasta.

Eteläojan osavaluma-alue on kooltaan 1500 hehtaaria ja se laskee vetensä Anetjärveen. Suurin osa alueesta on suota sekä ojitettua turvemaata. Eteläojan latvahaaroista osa on voimakkaasti ojitettua, myös ojan loppuosa ennen Anetjärveä on voimakkaasti ojitettu, lisäksi ojan uomaa on suoristettu tällä alueella. Metsäkeskuksen paikkatietoaineiston perusteella osavaluma-alueen ojitetuille turvemaan kohteille on tehty vuosina 2010–2020 runsaasti ensiharvennuksia sekä avohakkuita.

Anetjärvi on osavaluma-alueista suurin sen pinta-alan ollessa yli 2000 hehtaaria. Anetjärvi saa vetensä kahdesta tulouomasta, Pohjoisojasta sekä Eteläojasta. Li-

säksi karttatarkastelun perusteella järveen laskee lähes 30 muuta oja- tai pu-rouomaa, joista suurin osa on metsien ja peltojen kuivatusvesiä. Koko valuma-alue huomioiden alueelle keskittyy eniten vakituista asutusta sekä maataloutta.

Järven eteläranta, johon myös maatalous keskittyy viettää suhteellisen jyrkästi rantaan päin ja on paikkatiedon mukaan osittain eroosioherkkää aluetta. Osa pelloista sijoittuu osittain tälle alueelle, mutta paikkatiedon perusteella niiden suojavaikute sekä kasvipeitteellisyys on riittävää eroosion ehkäisemiseksi.

Peltojen sijainti ja maanpinnan kaltevuus aiheuttavat kuitenkin järveen päätyvän pintavalunnan kasvua sekä peltojen kuivatusojien virtaamaan kiihtymistä. Järven etelärantaan päätyvistä pelto-ojista valuma-alueeltaan ja virtausnopeudeltaan suurimpaan on tehty noin 6 metriä kertaa 14 metriä mitoiltaan oleva lasketusallas.

Aneenjoen osavaluma-alue on kooltaan 900 hehtaaria. Aneenjoki saa vetensä Anetjärvestä sekä laskee vetensä Iso Akonjärveen. Lisäksi Aneenjokeen laskee pohjoispuolelta Syrjäoja, johon johdetaan peltojen kuivatusvesiä sekä useita metsäoja, joihin on tehty kunnostusojitus. Aneenjoen osavaluma-alueella on eniten ojitettua turvemaata suhteutettuna alueen pinta-alaan.

Iso Akonjärven järven alue on osavaluma-alueista toinen, johon valuma-alueen vakituinen asutus ja maatalous keskittyy. Osavaluma-alueen pinta-ala on vajaa 900 hehtaaria, josta maatalouskäytössä on lähes 20 prosenttia. Iso Akonjärven tulouoma on Aneenjoki ja lasku-uomana Akonjoki. Muita vesistöjä Iso Akonjärven osavaluma-alueella ovat Pieni Akonjärvi sekä Peuralampi, joiden ranta-alueella on myös maataloutta runsaasti.

Pienen Akonjärven pohjoisen puolen ranta-alue on suurilta osin turvemaata, jossa järveen laskee kymmenen eri kaivettua ojaa. Yksi pohjoisrannalla olevista peltolohkoista rajoittuu hyvin lähelle järven rantaviivaa, mutta pellon ja rannan väliin on kuitenkin jätetty hieman suojavaikuteita. Paikkatietotarkastelun perusteella pellon kuivatusojat jatkavat kuitenkin ainakin osittain suoraan järveen.

Akonjoki on osavaluma-alueista pienin pinta-alan ollessa alle 150 hehtaaria. Osavaluma-alueesta yli puolet on luonnontilaista avosuota. Akonjoki laskee vetensä Pienen Hietajärven ja Hietajoen risteymään.

Joen lounaispuolella on tehty metsätie osittain turvemaalle, jonka ojaston vesi ohjataan Akonjokeen laskuojaa pitkin. Laskuojan ja joen väliin on jätetty kymmenen metriä pitkä kaivuukatko, josta vesi jatkaa osittain pintavaluntana jokeen. Muita ojitusalueita tai yksittäisen ulkoisenkuormituksen lähteitä ei osavaluma-alueella ole.

Torviojan osavaluma-alue muodostuu kolmesta lammesta sekä niitä yhdistävistä ojista. Alueen yhteenlaskettu pinta-ala on vajaa tuhat hehtaaria. Lampiketjussa ylimpänä oleva Alimmainen Kellinlampi on aikoinaan muodostanut vesiyhteyden Livojärveen, mutta vanhan uoman yli on rakennettu tie ilman rumpua ja näin padottu vesiyhteys.

Alueella on maataloutta Torvilammen ja Alimmaisen Kellinlammen rannoilla ja peltojen kuivatusvedet johdetaan osittain suoraan lampiin. Alueella on myös runsaasti metsäojitusta, mutta niiden vedet on useassa kohtaan johdettu avosoille, joita osavaluma-alueesta on lähes kolmas osa.

Iso Hietajärven osavaluma-alueella maa- ja metsätalouden aiheuttama ulkoinen kuormitus on vähäistä. Alue on suurilta osin kuivaa moreenimaata. Suurin kuormitus alueella kohdistuu Ylimmäiseen Hangaslampeen laskevaan Murto-ojaan, johon on ohjattu vesiä usealta ojitusalueelta. Lisäksi Alimmaisen Hangaslammen eteläpuolella kulkevan tien ojien vedet ohjataan osin lampeen kaivettua leveää ojaa pitkin.

Hietajoen osavaluma-alue yhdistää kaikkien osavaluma-alueiden vedet ennen niiden laskemista Tuomijärveen. Hietajokea ympäröivät laajat suoalueet, joista suurin osa on vesitaloudeltaan luonnontilaisia. Suurin kuormitus kohdistuu osavaluma-alueen loppuosaan, jossa molemmin puolin Hietajokea on peltoviljelykäyttöön raivattua maata. Hietajoen länsipuolella turvemaalla olevalta pellolta johdetaan osa kuivatusvesistä ojaa pitkin jokeen. Joen itäpuolella vielä kuivatusvaiheessa olevalta pellolta kuivatusvedet johdetaan kanavaan, joka on kaivettu entisen kalankasvatustaloksen tulovedeksi. Kanavasta vedet jatkavat kalankasvatustalouden altaiden lietealtaan kautta takaisin Hietajokisuuhun Tuomijärveen.

Kalankasvattamon toiminta on loppunut vuonna 1994, silloisten tutkimusten mukaan kalankasvatus ja kalojen ravinnoksi käyttämä rehuon kasvattanut Tuomijärven fosforipitoisuuksia etenkin tuotannon alkuvaiheessa, jolloin kasvattamon vedet johdettiin suoraan Tuomijärveen. Myöhemmin kasvattamon vedet ohjattiin lie-tealtaan ja mutkittelevan kanavan kautta Hietajokeen, jolloin kuormitusmäärät vähenivät oleellisesti.

Tuomijärven lähivaluma-alueen koko on noin 500 hehtaaria. Tuomijärven päätyvä ulkoinen kuormitus tulee enimmäkseen itse järveen Hietajoen kautta. Suurin yksittäinen kuormitus lähivaluma-alueella tulee järven länsipuolelta Ruonalamesta laskevan ojan kautta.

Ruonalampi kerää vedet yli 200 hehtaarin alueelta. Alueen sisällä on runsaasti turvemaalle raivattua viljelypeltoa mistä ojaston vedet ohjataan Ruonalampeen. Lampi on toiminut luonnollisena kosteikkona ja pidättänyt kiinto- ja ravinneaineita sekä ollut erityisen tärkeää aluetta vesilinnuille.

Viime vuosikymmeninä lampi on kasvanut lähes umpeen lisääntyneen ravinne- ja kiintoainehuuhtouman johdosta ja sen avovesi pinta-ala on pienentynyt runsaasti haitaten etenkin vesilintuja. Kiintoainekuorman kasvu on myös mataloittanut lampea, jolloin syvänteiden puuttuessa veden läpivirtaus on todennäköisesti voimistunut ja viipymä lyhentynyt aiheuttaen kuormituksen nopeampaa siirtymistä Tuomijärveen.

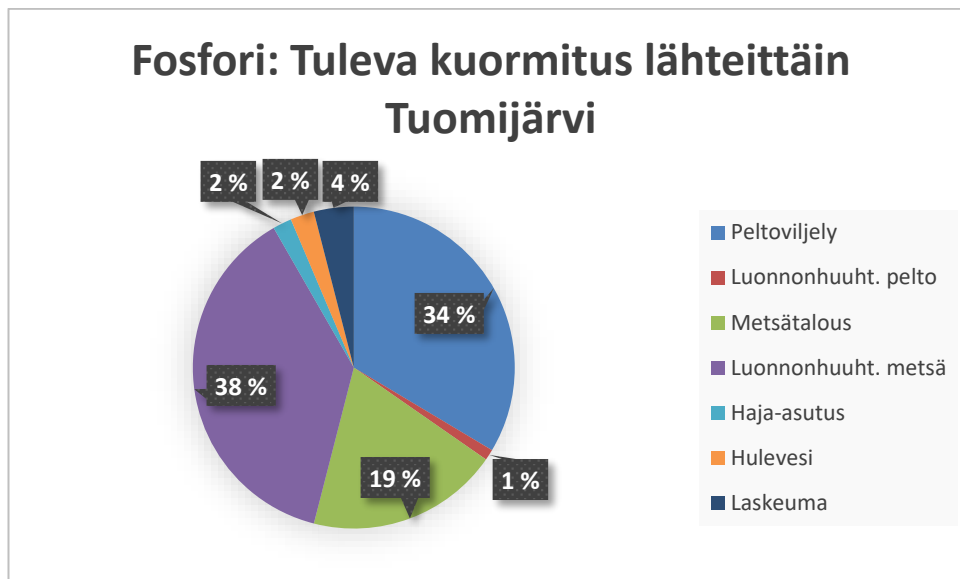
5.3 Kuormituslähteet

Opinnäytetyössä laskettiin vesistömallijärjestelmän eli VEMALAN:n avulla Tuomijärveen sekä muihin valuma-alueen eri vesistöihin vuosittain tulevien ja lähtevien fosfori- ja typpikuormituksen määriä sekä niiden jakautumista lähteittäin. Taulukoissa esitetyt tulokset ovat typpi- ja fosforikuormituksen keskiarvoja vuosilta 2012–2021.

Saaduilla tuloksilla pystyttiin analysoimaan miltä osavaluma-alueilta Tuomijärveen päätyy eniten kuormitusta ja näin kohdentamaan yhdessä paikkatiedon sekä maastokäyntien avulla alueet, joihin vesiensuojelun tehostamiselle olisi eri-

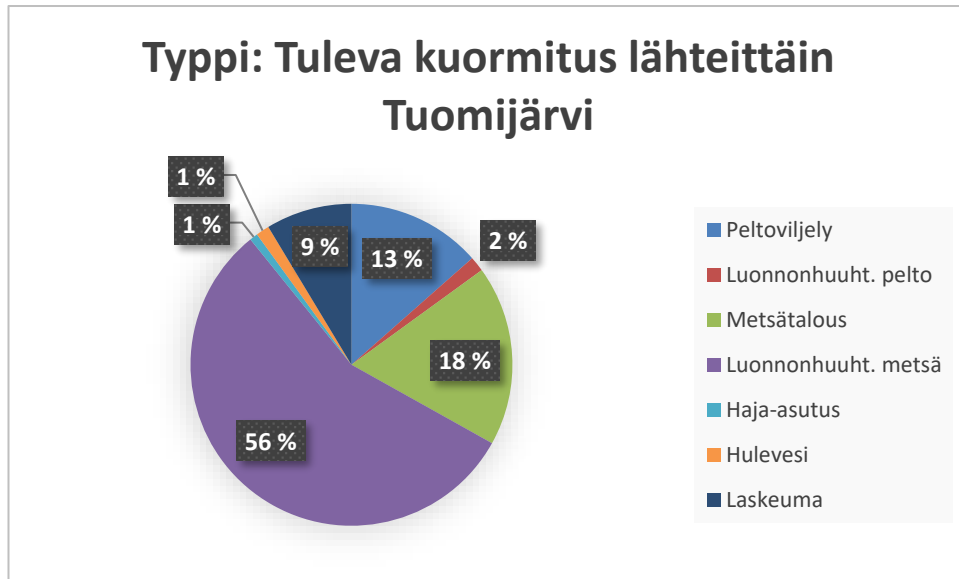
tyistä tarvetta. Laskelmien mukaan vuosittain Tuomijärveen päätyy noin 1190 kilogrammaa fosforia (kuvio 11). Suurin yksittäinen ulkoinen kuormittaja on peltoviljely, joka muodostaa 34 prosenttia tulevasta fosforikuormasta. Metsätalouden aiheuttama fosforikuormitus on hieman yli 200 kilogrammaa vuodessa, joka vastaa 19 prosenttia koko fosforikuormituksen määrästä. Metsätalouden osuus sisältää uudet arviot metsien ja soiden vesistökuormituksista sekä ojitettujen soiden pitkäaikaisvaikutuksista (Finèr ym. 2020, 61–69).

Ihmistoiminnasta suoraan aiheutuva ulkoinen kuormitus Tuomijärveen muodostaa laskelmien mukaan 57 prosenttia koko valuma-alueen fosforikuormituksesta, loput 43 prosenttia ovat peräisin laskeumasta sekä luonnonhuuhtoumasta. Metsien luonnonhuuhtouman varsin suurta osuutta selittää se, että valuma-alueella on huomattavan paljon soita, jotka vesistömallijärjestelmä huomioi osaksi metsämaiden luonnonhuuhtoumaa.



Kuvio 11. Tuomijärveen tulevan fosforikuormituksen keskiarvo vuosilta 2012–2021

Tuomijärveen tulevan typpikuormituksen keskiarvo on yhteensä noin 24 500 kilogrammaa vuodessa (kuvio 12). Soiden ja metsämaiden suuri osuus valuma-alueella näkyy selvästi myös typen luonnonhuuhtoumassa, jonka osuus koko kuormituksesta on lähes 60 prosenttia. Peltoviljely sekä metsätalous muodostavat yhdessä lähes kolmanneksen koko kuormituksesta. Peltoviljelyn kokonaiskuorma on 3300 kilogrammaa vuodessa. Metsätaloudesta järveen kohdistuva typpikuormitus on noin 4400 kilogrammaa.



Kuvio 12. Tuomijärveen tulevan typpi-kuormituksen keskiarvo vuosilta 2012–2021

5.4 Vesistöjen kuormitustulokset

Osavaluma-alueiden vesistöjen tulo- ja lähtökuormituksia tarkasteltiin VEMALAN:n avulla fosforin sekä typen osalta. Huomiota tuloksissa (taulukko 1) herättävät etenkin Ruonalammen kuormitusmäärät suhteutettuna vesistön pinta-alaan ja valuma-alueen pieneen kokoon sekä Tuomijärveen kohdistuvat suuret kuormitusmäärät.

Taulukko 1. Valuma-alueen vesistöt, joihin kohdistuu suurin kuormitus

Vesistöt	Fosfori	Fosfori2	Typpi	Typpi2
	Tulo kuormitus kg/v	Lähtö kuormitus kg/v	Tulo kuormitus 1000 kg/v	Lähtö kuormitus 1000 kg/v
Tuomijärvi	1189,6	1182,3	24,5	24,1
Pieni Hietajärvi	575,4	569,7	11,6	11,5
Iso Akonjärvi	512,2	492,4	10,3	9,8
Anetjärvi	321,9	216,6	7,2	5,4
Ruonalampi	94,5	84,2	1,2	1,1
Pieni Akonjärvi	85,8	77,0	1,2	1,1
Iso Hietajärvi	81,1	60,6	1,9	1,2

Tuomijärven kuormitusmäärien selittävä tekijänä on luonnollisesti sen valuma-alueen koko verrattuna muihin järviin. Järveen laskeva Hietajoki yhdistää koko ympäröivän valuma-alueen vedet ja kuljettaa näin ravinteita Tuomijärveen. Lisäksi Hietajokea ympäröivät laajat suoalueet, joiden kautta ravinteet kulkeutuvat oijen ja pintavalunnan kautta jokeen ja edelleen Tuomijärveen.

Ruonalammen valuma-alueen koko on vain 200 hehtaaria. Kuormitusmäärät johtuvat siitä, että suurin osa valuma-alueen pinta-alasta on ojitettua turvemaata sekä viljelypeltoa, joiden kuivatusvedet johdetaan laskuojaa pitkin Ruonalampeen. VEMALA:n kuormitustietojen perusteella lähes 80 prosenttia lampeen päätyvästä fosforikuormituksesta on peräisin peltoviljelystä. Ruonalammen lähtökuormitus muodostaa noin seitsemän prosenttia kaikesta Tuomijärveen päätyvästä kuormituksesta

Lähtökuormituksista voi myös päätellä, miltä osavaluma-alueilta kohdistuu suurin kuormitus Tuomijärveen. Iso Hietajärvi sekä Iso Akonjärvi laskevat molemmat vetensä Pieneen Hietajärveen, jonka tulokuormitus fosforin osalta on noin 575 kilogrammaa/vuosi ja typen 11600 kilogrammaa/vuosi. Iso Hietajärven lähtökuormitus esimerkiksi fosforin osalta on vain 60,6 kilogrammaa/vuosi, kun taas Ison Akonjärven fosforin lähtökuormitus on yli 490 kilogrammaa/vuosi.

Tuloksista voi siis päätellä, että vaikka Pienen Hietajärven tulo- ja lähtökuormitus on Tuomijärven jälkeen vesistöistä toiseksi suurin, niin vesistömallijärjestelmän perusteella varsinaista kuormitusta ei järvellä syntynyt. Tulosten mukaan kuormitus järveen tulee pääasiassa Iso Akonjärven osavaluma-alueen vesistöistä.

Anetjärven fosforin tulokuormitus on noin 300 kilogrammaa/vuosi ja lähtökuormitus noin 200 kilogrammaa/vuosi. On todennäköistä, että Anetjärven tulo- ja lähtökuormituksen suuri ero johtuu järven pitkästä viipymästä, joka on 270 vuorokautta, jolloin ravinteet ehtivät sitoutua järven kasvibiomassaan sekä myös laskeutua järven syvänteihin. Yli kolmasosa Anetjärven osavaluma-alueen kuormituksesta tulee järveen laskevasta Eteläojasta ja sen osavaluma-alueelta, missä on paljon ojitettua turvemaata.

Huomattavasti merkittävämpi on Anetjärvestä lähtevän ja Iso Akonjärveen laskevan Aneenjoen fosforin lähtökuormitus, joka on yli 350 kilogrammaa/vuosi. Aneenjoen kuormitukseen vaikuttaa Anetjärvestä tulevan kuormituksen lisäksi jokeen laskeva Syrjäoja, johon ohjataan useita turvemaiden ojitusalueiden ja peltojen kuivatusvesiä sekä kaksi Aneenjoen eteläpuolella sijaitsevaa jokeen laskevaa laskuojaa.

5.5 Valuma-alueen kunnostustarpeen arviointi

Tuomijärven hyvän ekologisen tilan säilyttämiseksi sekä kuormituksen vähentämiseksi valuma-alueella vesiensuojelua tulisi parantaa etenkin Tuomijärven lähi-valuma-alueella sijaitsevalla Ruonalammella, Aneenjoen osavaluma-alueella jokeen laskevilla ojilla sekä monin paikoin Ison Akonjärven osavaluma-alueella.

Kuormituksen vähentämiseksi tulisi Iso Akonjärveen laskevien ojien vesiensuojelua tehostettava sekä kohdentaa osavaluma-alueen vesistöistä Pieneen Akonjärveen sekä järveen laskevaan Peurolammen alueille, jossa molemmissa fosforikuormituksesta lähes 70 prosenttia on peräisin peltoviljelystä.

5.6 Valuma-alueiden toimenpiteet

Maastoinventoinnit alueelle suoritettiin kevään 2022 ja syksyn 2022 välillä. Maastokohteet valittiin paikkatiedon ja vesistömallijärjestelmästä saatujen kuormitustietojen perusteella. Inventoinneissa kartoitettiin jo olemassa olevia vesiensuojeluratkaisuita sekä kohteita, mihin vesiensuojelua voitaisiin tehostaa ja mahdollisesti rakentaa uusia vesiensuojelurakenteita.

Esitetyt suunnitelmat eivät sellaisinaan vielä mahdollista itse rakennustöiden aloittamista, vaan vaativat myös maanomistajien suostumuksen. Vesiensuojelurakenteita suunniteltaessa on hyvä pyytää myös lausunto paikalliselta ELY-keskukselta vesilain mukaisesta luvantarpeesta. Kosteikkaa perustaessa on toimijan hyvä kartoittaa alueen kasvillisuus tarkemmin sekä määrittää vaatimuksella kohteen tarkat korkeuserot vettymishaittojen arvioimiseksi sekä mahdollisten pengerten rakentamiseksi. Koko valuma-aluetta käsittävä raportti kunnostustarpeessa oleville kohteille on listattuna erilliseen valuma-aluetta koskevaan raporttiin.

5.6.1 Tuomijärven kalanviljelylaitos

Tuomijärvellä on toiminut kalanviljelylaitos 1990-luvun alussa. Viljelyaltaita on kaksi, ja ne sijoittuvat Hietajoen purkupisteen kohdalle järven pohjoisosaan. Altaiiin on johdettu vesi kaivamalla kanava (kuvio 13) Hietajoesta altaille. Altaiden

vettä on säännöstely tekemällä patoluukku kuvassa alempana olevaan altaaseen. Kalanviljelylaitoksen lopetettua ja maanomistussuhteiden vaihtuessa viljelyalaiden vettä ei enää säännöstellä virtaaman tai vedenpinnan korkeuden mukaan vaan, patoluukku on todennäköisesti asetettu vain tietylle virtaamalle.

Kaivettuun kanavaan johdetaan kuivatusvesiä myös kahdelta vuonna 2010 peltoviljelykäyttöön raivatulta alueelta. Alueen koko on noin 20 hehtaaria. Toinen vielä kuivatusvaiheessa oleva kohde sijoittuu osittain turvemaalle ja sen pinta-ala on noin kahdeksan hehtaaria. Toinen noin 12 hehtaarin ala on muokattu kivennäismaalle ja on jo otettu viljelykäyttöön.



Kuvio 13. Kalanviljelylaitoksen altaat ja rakenteet kartalla (Maanmittauslaitos 2022, Metsäkeskus 2022)

Patorakenteen toimintaan vaikuttavat merkittävästi myös majavat. Kaivetun kanavan sekä altaan 1 varressa on ainakin kaksi majavan asuttua pesää keväällä 2022 tehdyissä maastoinventoinneissa. Majavan ravinnokseen ja pesänrakennustarpeiksi katkomat puuainekset kerääntyvät patorakenteen eteen tukkien ainakin osittain patorakenteen eteisaltaan (kuvio 14). Myöhemmin kesällä aliveden aikaan tehdyllä maastokäynnillä majavan rakentama pato esti veden virtauksen kokonaan padon läpi.



Kuvio 14. Majavan katkoma puuainesta patoluukun edessä

Keväällä 2022 tehdyissä maastotarkasteluissa havaittiin, että patoluukun alapuolella oleva kalanviljelylaitoksen entinen lieteallas oli yliveden aikaan lähes täynnä (kuvio 15). Korkea vesi sekä jatkuva virtaus yhdessä eroosioherkän maaperän kanssa ovat aiheuttaneet laajoja sortumia lietealtaan reunoilla. Sortumista irtoava kiintoaines kulkeutuu lietealtaasta aina Tuomijärveen saakka.



Kuvio 15. Maansortumaa lietealtaalla kesäkuussa 2022

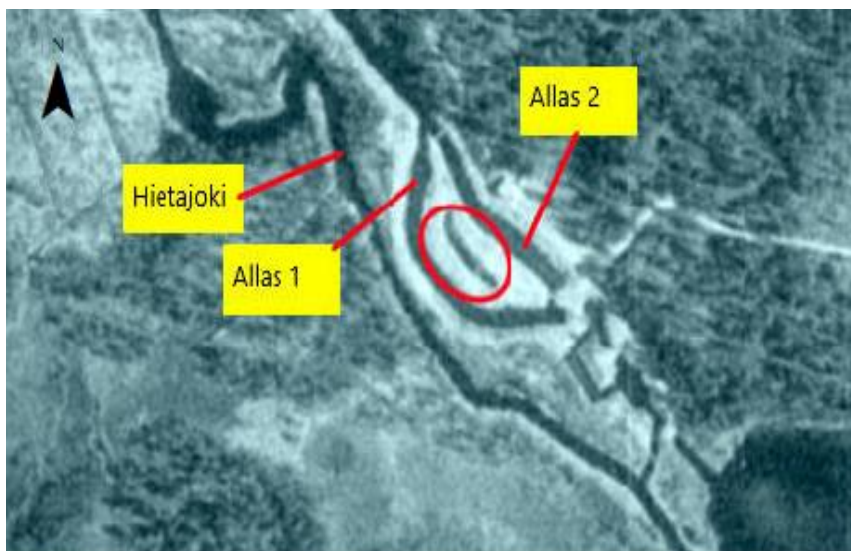
Nykytilanteessa kalanviljelylaitos jatkaa edelleen Tuomijärven kuormittamista etenkin lietealtaasta irtoavan kiintoaineksen osalta, vaikka viljelytoiminta on lopetettu lähes kolmekymmentä vuotta sitten. Altaiden voimakas läpivirtaus aiheuttaa, että altaisiin tuleva kiintoaines ei ehdi laskeutua altaiden pohjalle.

Lisäksi liika syvyys ja virtaus estävät esimerkiksi kosteikolle ominaisten vesikasvien muodostumisen sekä ravinteiden sidonnan.

Toimenpide-ehdotuksena olisi Hietajoesta kalanviljelylaitokselle lähtevän kanavan tukkiminen. Tuloveden pääsyn estäminen viljelylaitokselle sekä vanhan uoman eli Hietajoen vesittäminen olisi vesienhoidollisesti kustannustehokkain ratkaisu. Veden läpivirtauksen päättyessä kiintoaineen irtoaminen sekä kulkeutuminen altaista Tuomijärveen loppuisi.

Vaihtoehtoisena toimenpide-ehdotuksena olisi altaiden muuttaminen kosteikoksi. Kosteikko lisäisi alueen monimuotoisuutta merkittävästi etenkin lintuvetenä sekä sitoisi järveen päätyvää ulkoista kuormitusta.

Allas 1 sekä Hietajoen välinen kannas tulisi korottaa sekä vahvistaa suodatinkankaalla sekä kivetyksellä. Kannas on maalajiltaan hyvin karkearakenteinen, jolloin virtaava vesi sekä majavat ovat muodostaneet altaasta 1 vettä virtaavia onteloita kannaksen läpi Hietajokeen. Lisäksi altaan 1 ja altaan 2 väliseltä kannakselta poistettaisiin kasvustoa ja puustoa sekä kannasta tasoitettaisiin matalammaksi vesikasvillisuuden muodostumisen edistämiseksi. Vuoden 1996 ilmakuvassa näkyy punaisella ympyröitynä altaiden 1 ja 2 väliin jäävä allas, jota tulisi hyödyntää kosteikossa ja sen muotoilussa (kuvio 16).



Kuvio 16. Vuoden 1996 ilmakuva kalanviljelylaitokselta (Maanmittauslaitos 2022)

Altaat ovat rakennettu alun perin kalanviljely tarkoitukseen jolloin niiden syvyys on kauttaaltaan kosteikoksi liian suuri. Kiintoaineen pidättämiseksi altaisiin tulisi

muokata lisää matalan veden alueita syvänteiden lisäksi, jotta virtaamaa saadaan hidastetuksi (Saaristo & Vanhatalo 2016, 137).

Valuma-alueeseen nähden kosteikon pinta-ala jää todella pieneksi tehokkaaseen vesiensuojeluun. Kosteikon tulouomaan (kanava) tulisi rakentaa pohjapato, lisätä kanavan mutkittelua sekä rakentaa useamman laskeutusaltaan ketju hidastamaan virtausta ja lisäämään kosteikon viipymää. Näin saataisiin kompensoitua kosteikon pientä pinta-alaa verrattuna valuma-alueen kokoon.

5.6.2 Peurolampi

Peurolampi sijaitsee Iso Akonjärven osavaluma-alueen latvavesillä. Lampeen laskee pohjoisesta oja, joka yhdistää pinta-alaltaan 28 hehtaarin kokoisen viljelypeltoalueen peruskuivatusvedet sekä pienemmän ojitetun metsämaan vedet. Maastokäynneillä havaittiin, että oja kuljettaa humusta sekä kiintoainesta, pääasiassa hiekkaa ja hietaa Peurolampeen (kuvio 17). Vesistömallijärjestelmän ja maastokäyntien perusteella muuta ihmistoiminnasta aiheutuvaa kuormitusta ei lampeen tule.



Kuvio 17. Peurolampeen laskevan ojan vesi voimakkaasti humuksen värjäämää

Kevät- ja syystulvien virtaamapiikkien aiheuttamaa kiintoaine- ja ravinnekuormitus voitaisiin vähentää muokkaamalla peltojen kokoojajoihin sekä järveen menevään laskuojaan kaksitasouomat. Peltojen ojasto on valmiiksi

perattu varsin syviksi sekä leveiksi, jolloin tulvatasanteiden muokkaus nykyisiin uomiin ei todennäköisesti vaikuttaisi itse viljeltävän peltopinta-alan vähenemiseen (kuvio 18).

Peurolampeen kulkeutuvan kiintoainekuorman vähentämiseksi laskuojaan tulisi rakentaa myös lietekuoppia sekä hidastaa veden virtausta. Ojien suoruuden ja mutkittelun puuttuessa virtaamaa voitaisiin hidastaa esimerkiksi kivistä tai puuaineksesta tehtävillä pohjakynnyksillä.



Kuvio 18. Kokoojaojat olisi mahdollista muokata kaksitasouomiksi

5.6.3 Pieni Akonjärvi

Pienen Akonjärven luoteiskulmassa järveen laskeva kaivettu oja kuljettaa merkittävästi kiintoainetta järveen (kuvio 19). Ojaa ei ole kaivettu suoraan järveen saakka, vaan vesi on alun perin siirtynyt pintavalunnan kautta järveen. Ojan yläpuolisen valuma-alueen vesimäärä on kuitenkin kasvanut merkittävästi alkupe-
räisestä lisääntyneen yläpuolisen ojituksen sekä ojien perkauksen kautta aiheuttaen merkittävää kiintoaineen irtoamista etenkin ojan loppuvaiheessa. Irtoava kiintoaine on pääosin hienoa hietaa. Virtaaman kasvu on aiheuttanut uuden uoman syntymisen ojan loppupäähän, jolloin kuormitus kulkeutuu suoraan järveen.



Kuvio 19. Ojasta irtoava hieno hieta kulkeutunut järveen saakka

Ojan valuma-alue on yli 200 hehtaaria ja viettää voimakkaasti järveen päin aiheuttaen veden virtausnopeuden kiihtymistä. Ojan latvavedet tulevat metsäojituksista ja alempana ojaan yhtyy tie- ja pelto-ojien vesiä. Voimakas virtaus aiheuttaa kiintoaineen irtoamisen, jolloin toimenpiteitä tulisi tehdä virtaamaan hidastamiseksi (kuvio 20).



Kuvio 20. Voimakas virtaus ojassa saa aikaan kiintoaineen irtoamisen

Toimenpiteenä laskuojaan suositellaan luonnonmukaista karkeasta sorasta ja/tai puuaineksesta tehtyä pohjapatojen ketjua hidastamaan ylivirtaamien aikaista virtausnopeutta ja sen aiheuttamaa uomaeroosiota (kuvio 21). Pohjapatojen alaosa tulisi verhoilla suodatinkankaalla eroosion estämiseksi. Veden jatkuva

virtaus mahdollistaa, että kivi- sekä puuaineksen lisäys tukisi myös puroeliöstön syntyä ojaan. Laskuojan syvyys vaihtelee 110 senttimetrin ja 150 senttimetrin välillä leveyden ollessa yli 150 senttimetriä. Laskuojan hyvä pidätystilavuus mahdollistaa sen, että ojan vedenpinnan nousu ei aiheuta kuivatustehon heikkenemistä ylemmillä osilla.



Kuvio 21. Laskuojaan rakennettava pohjapatoketju

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tärkeimpänä tavoitteena oli luoda paikkatietoanalyysin sekä maastoinventointien avulla lisätietoa Tuomijärven valuma-alueen tilasta sekä selvittää vesistökuormituksen syyt, joiden avulla Tuomijärven kohdistuvaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta voitaisiin vähentää. Työn avulla pystyttiin löytämään suurimmat kuormitusta aiheuttavat alueet sekä selvittämään, mistä kuormitus kullakin alueella on peräisin.

Paikkatietoaineistoista etenkin vinovalovarjoste sekä pintavesien virtausmalli osoittautuivat varsin hyödyllisiksi työkaluiksi valuma-alue suunnittelun avuksi. Tasoja yhdistelemällä pystyi ennen maastoon menoa tarkastelemaan ojien syvyyksiä, havainnoimaan mahdollisia eroosiokohteita sekä tarkastelemaan esimerkiksi veden kulkureittejä, vesimääriä sekä veden virtausnopeutta uomissa mikä mahdollisti tehokkaamman maastosuunnittelun. Pintavesien virtausmalli sopii erinomaisesti myös vesiensuojelurakenteiden mitoittamiseen sekä sijoittamiseen uomassa, sillä tason avulla pystyy arvioimaan veden virtausnopeuden tietylle alueelle sekä uoman valuma-alueen koon.

Paikkatietoaineistot eivät kuitenkaan poista maastossa tapahtuvaa suunnittelua, vaan ovat enemmän tukiaineistoja, joilla saadaan tehostettua maastossa tapahtuvaa suunnittelua ja suuntamaan maastoinventoinnit vesiensuojelun kannalta tärkeille kohteille. Maastosuunnittelun perusteella esimerkiksi paikkatiedon määrittämät veden virtausreitit eivät aina vastanneet todellisia vesien kulkureittejä esimerkiksi ojitusalueilla. Lisäksi paikkatiedon perusteella ei voida aina tarkasti määrittää kohteiden maalajia, joka on avainasemassa arvioitaessa vesistökuormituksen olomuotoa sekä mahdollisten vesiensuojelurakenteiden toimivuutta.

Työn tulokset antavat hyvän pohjan kunnostustoimenpiteille, mikäli Tuomijärven valuma-alueella niitä ryhdytään toteuttamaan. Työn tulokset menevät suoraan Etelä-Posion Vesistöyhdistys Ry:n käyttöön. Yhdistystoiminnan kautta vesistö kunnostushankkeiden rahoitus on huomattavasti helpompaa toteuttaa ja hakea sekä saada aikaan mittaviakin vesistökunnostustoimenpiteitä. Yhdistyksellä on

käytettävissä paljon talkooporukkaa ja vesialueen omistajia myös itse kunnostustoimenpiteiden tekemiseen, sekä hankkeen kautta asiantuntija-apua on helpommin saatavilla.

Työlle voisi myös olla jatkotarvetta seuraavalle opinnäytetyöntekijälle kontaktoimalla maanomistajia ja saada sieltä suostumuksia yksityiskohtaisempien vesien-suojelurakenteiden suunnitteluun sekä niiden kustannuslaskelmiin tässä opinnäytetyössä löydetyille kohteille. Maanomistajien suostumuksilla sekä tarkempien rakenteiden suunnittelun ja kustannusarvioiden avulla hankerahoituksen hakeminen vesistöyhdistyksen kautta on yksinkertaisempaa.

Hyvien ja pitkäaikaisten tulosten saamisen edellytyksenä Tuomijärven hyvän ekologisen tilan ylläpitämiseksi on, että Tuomijärven valuma-alueella vesien-suojelutoimenpiteitä tehtäisiin useilla eri kohteilla kohdistuen mahdolliset hankerahoitukset sinne, missä valuma-aluekuormitusta eniten muodostuu. Tuomijärvelle on suunniteltu tehtäväksi vesikasvien niittoa sekä hoitokalastusta tulevana vuosina, mutta niiden vaikuttavuus ilman valuma-alueella tehtäviä toimenpiteitä voi jäädä lyhytaikaiseksi.

Tuomijärven veden väriin valuma-alueella mahdollisesti tehtävillä kunnostustoimenpiteillä tuskin tulisi olemaan suurta merkitystä, sillä Tuomijärvellä, että sen valuma-alueella turvemaiden runsaus ja niiltä liukeneva orgaaninen hiili ja rautakuormitus ovat aina tuoneet rusehtavan värin veteen jo ennen metsä- ja pelto-ojituksia. Valuma-alueella ja järvellä tehtävillä toimenpiteillä voidaan kuitenkin merkittävästi vaikuttaa Tuomijärven rehevöitymisen pysäyttämiseksi.

Työn tarkoituksena oli löytää keinot Tuomijärven hyvän ekologisen tilan säilyttämiseksi sen valuma-alueella tehtävillä toimenpiteillä. Kunnostustoimenpiteiden toteutuessa hyötyjinä olisivat koko Tuomijärven valuma-alueen vesistöjen lisäksi myös Tuomijärven alapuolella sijaitsevat vesistöt, kuten Tuomijoki sekä Kuusijärvi.

LÄHTEET

Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Helsinki: Kalatalouden keskusliitto.

Finèr, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T. & Ukonmaanaho, L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6. Viitattu 10.6.2022 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-826-7>.

Geologian tutkimuskeskus 2022. Maankamara. Viitattu 5.5.2022 <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>.

Holopainen, S. & Lehikoinen, A. 2022. Role of Forest ditching and agriculture on water quality: Connecting the long-term physico-chemical subsurface state of lakes with landscape and habitat structure information. *Science of The Total Environment* 806:151477, 4-5. Viitattu 6.5.2022 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151477>.

Joensuu, S., Kauppila, M., Linden, M. & Tenhola, T. 2013. Hyvän metsänhoidon suositukset – Vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Kangas, A. (toim.) 2017. Haja-asutuksen jätevedet – Lainsäädäntö ja käytännöt. Ympäristöopas 2017. Ympäristöministeriö. Viitattu 17.8.2022 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4740-1>.

Kritzberg, E.S. & Ekström, S.M. 2012. Increasing iron concentrations in surface waters – a factor behind brownification? *Biogeosciences*, 9, 1468-1469. Viitattu 9.5.2022 <https://doi.org/10.5194/bg-9-1465-2012>.

Laine, A. (toim.), Aronsuu, K. (toim.), Ekholm-Peltonen, M., Heikkinen, M., Heliin, M., Hentilä, H., Rintala, J., Tertsunen, J., Tuohino, J. & Virtanen, J. 2022. Oulujoen-lijojen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 Osa 1. Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 2022:8. Viitattu 11.7.2022 <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-398-003-7>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2024. Kaksitasouoma. Viitattu 5.11.2024 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/sanasto/kaksitasouoma>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2024. Rakennetun kosteikon perustaminen. Viitattu 13.11.2024 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/rakennetun-kosteikon-perustaminen>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2023. Suojavyöhykkeen suunnittelu metsänkäsitelyssä. Viitattu 14.11.2023 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/suojavyohykkeet-ja-rantametsat/toteutus>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2024. Vesiensuojelurakenteet ja -ratkaisut. Viitattu 2.11.2024 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/vesiensuojelurakenteet-ja-ratkaisut/toteutus>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2022. Virtaamanhallinta ja patorakenteet vesien-suojelussa. Viitattu 17.8.2022 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/virtaamanhallinta-ja-patorakenteet-vesiensuojelussa/toteutus>.

Maanmittauslaitos 2022. Paikkatietoikkuna. Viitattu 4.5.2022 <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>.

Metsäkeskus 2022. Rusle_eroosiomalli. Viitattu 16.5.2022 <https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=7780901202ba492ba347a2f8d663fe0b>

Ollila, K. 2021. Luonnonmukaisen vesirakentamisen malliverkosto – Kaksitasoumat Länsi-Suomen alueella. Etelä-Pohjanmaan elinkeino, liikenne- ja ympäristökeskus. Viitattu 30.8. 2022 https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/182319/Nakymia_lokakuu_2021_Etela-Pohjanmaan_ELY-keskus.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Pakkanen, T. & Myllyoja, I. 2009. Maatalousalueiden suojavyöhykkeet ja kosteikot. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2009:1. Viitattu 8.8.2022 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-3352-7>.

Penttinen, K. & Niinimäki, J. 2010. Vesiensuojelun perusteet ja vesistöjen kunnostus. Opetushallitus. Helsinki: Tampereen Yliopistopaino Oy.

Puro-Tahvanainen, A. 2022. Tuomijärvi. Yksityinen sähköpostiviesti 17.5.2022. Viestin saaja: Mika-Matti Maisonvaara

Saaristo, L. & Vanhatalo, K. (toim.) 2016. Hyvän metsänhoidon suositukset – Talousmetsien luonnonhoito, työopas. Tapion julkaisuja.

Sarvilinna, A. & Sammalkorpi, I. 2010. Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito. Suomen Ympäristökeskus. Viitattu 4.5.2022 <http://hdl.handle.net/10138/38819>.

Suomen Riistakeskus 2020. Sotka-kosteikot. Viitattu 29.7.2022 <https://kosteikko.fi/kosteikkojen-hyodyt/vesiensuojelu-ja-tulvien-hillinta/>.

Suomen Ympäristökeskus 2022. Maatalouden vesiensuojelu. Viitattu 8.11.2024 <https://www.vesi.fi/vesitieto/maatalouden-vesiensuojelu/>.

Suomen Ympäristökeskus 2013. Maa- ja metsätalouden kuormituksen ja sen vesistövaikutusten seuranta. Viitattu 13.11.2024 https://www.syke.fi/fi-fi/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Maa_ja_metsatalouden_kuormituksen_ja_sen_vesistovaikutusten_seuranta.

Taipale, S. J., Vuorio, K., Stranberg, U., Kahilainen, K. K., Jarvinen, M., Hiltunen, M., Peltomaa, E. & Kankaala, P. 2016. Lake eutrophication and brownification downgrade availability and transfer of essential fatty acids for human consumption. *Environment International*, 96, 156–166. Viitattu 13.5.2022 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.08.018>.

Tapio Oy 2019. Jatkuva kasvatus tarjoaa kiinnostavan vaihtoehdon metsänomistajalle - Metsänhoidon suositukset 2019. Viitattu 30.8.2022 <https://tapio.fi/tiedotteet/jatkuva-kasvatus-tarjoaa-kiinnostavan-vaihtoehdon-metsanomistajalle-metsanhoidon-suositukset-2>

Tattari, S., Puustinen, M., Koskiahho, J., Röman, E. & Riihimäki, J. 2015. Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35. Viitattu 30.8.2022 <http://hdl.handle.net/10138/159464>

Ulvi, T. & Lakso, E. 2005. Järvien kunnostus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Vuori, K-M., Leppänen, M., Koljonen, S., Jämsen, J., Vaso, A., Keskinen, E., Hämäläinen H., Nieminen, M., Huotari, E. & Soimasuo, J. 2021. Puumavesi-hankkeen loppuraportti. SYKE. Viitattu 12.8.2022 [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_tehoa_metsatalouden_Vesiensuojeluun_ja_vesistokunnostuksiin_Puumavesi/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_te\(47841](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_tehoa_metsatalouden_Vesiensuojeluun_ja_vesistokunnostuksiin_Puumavesi/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_te(47841)

WWF Suomi 2010. Kosteikot vesiensuojelun apuvälineenä. Helsinki: WWF Suomi. Viitattu 29.7.2022 https://wwf.fi/app/uploads/c/3/a/6gmpfhngkxdvokvsomq4rx/kosteikko_vesiensuojelun_apuvalineena.pdf.

Ympäristöhallinto 2022. Vesistömallijärjestelmä. Sisäinen arkisto.