

JOLOSJOEN VESISTÖKUORMITUKSEN VAIKUTUKSET VESIELIÖSTÖÖN

KUORMITUSLÄHTEET JA RATKAISUJA HAITTAVAKUTUKSIEN VÄHENTÄMISEKSI

KIIMINKIJOKI RY



Ympäristöpalvelut

Latvasilmu osk

Kestävän kehityksen tuottajat

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Jolosjoki ja -järvi	4
2.1	Nykytila	4
2.2	Vedenlaatuaineistot 2010 – 2020.....	5
2.2.1	Jolosjoen ja Haaraojan vedenlaatu	6
2.2.2	Jolosjärven vedenlaatu	7
2.3	Vedenlaadun ja vesistökuormituksen vaikutukset vesieliöstiin.....	8
2.3.1	Pohjaeläimistö, päällyslevät ja vesikasvit - nykytila	9
2.3.2	Kalasto ja ravut - nykytila	10
3	Kuormituslähteet.....	12
3.1	VEMALA-malli	12
3.2	Jolosjoen sivuojien vesinäytteenotto vuonna 2021	12
3.2.1	Jolosjärven yläpuolella sijaitsevat kohteet	13
3.2.2	Jolosjärven alapuolella sijaitsevat kohteet	14
3.2.3	Sivuoja.....	15
4	Vesien suojeleminen toimenpide-ehdotukset valuma-alueelle.....	16
4.1	Happamat sulfaattimaat ja metsäojien happamat huuhtoumat.....	16
4.2	Metsä- ja maatalous	17
4.3	Vesitase	20
4.4	Jolosjärvi.....	21
4.5	Uomakunnostus	22
5	Tiivistelmä.....	22
6	Viitteet.....	24

Liitteet:

Liite 1	Vuoden 2021 Jolosjoen sivuojien vesinäytteenottopaikkojen sijainnit
Liite 2.	Vuoden 2021 Jolosjoen sivuojien vesinäytteenottojen tulokset
Liite 3.	Happamat sulfaattimaat Jolosjoen valuma-alueella
Liite 4.	Esimerkki Jolosjoen valuma-alueen peltolohkojen ojituksista
Liite 5	Esimerkki ojitusintensiteetin muutoksesta ajan saatossa sekä sen haittavaikutuksista Jolosjoen valuma-alueella
Liite 6	Valokuvia Jolosjoen sivuoja sivuavilta peltolohkoilta

Selvityksen laatija: FM Pekka Majuri, Ympäristöpalvelut, Latvasilmu osk

Yhteystiedot: pekka.majuri@latvasilmu.fi & ymparisto.latvasilmu.fi

Työn tilaaja: Kiiminkijoki ry

Raportin päiväys: 29.10.2021

Kannen kuva: © Pekka Majuri ; Jolosjoen Väliojan yläosa 3.5.2021

1 Johdanto

Valuma-alueiden ominaisuudet ja maankäyttö vaikuttavat merkittävästi jokiuomiin sekä niiden eliöstöön (mm. Sedell ym. 1989, Allan ym. 2007). Virtavesien ja niiden valuma-alueiden voimakkaiden riippuvuussuhteiden takia uomaverkostoja sekä niiden valuma-alueita pitää tarkastella yhtenä kokonaisuutena.

Tässä työssä keskitytään tarkastelemaan Oulussa sijaitsevan Jolosjoen nykyistä tilaa, sen vedenlaatua sekä nykyisen vedenlaadun vaikutuksia Jolosjoen vesieliöyhteisöihin. Lisäksi työssä käsitellään Jolosjokeen valuma-alueelta kohdistuvia kuormitustekijöitä ja -lähteitä. Työssä ei käsitellä perinteisten kuormitusselvitysten tapaan erilaisia ravinnevirtaamataseiden tarkkoja määriä, sillä työssä keskitytään joen eliöyhteisöihin ja niiden nykytilaan.

Tämä selvitys koostuu kahdesta eri osasta. Ensimmäisessä osiossa käsitellään Jolosjoen nykyistä tilaa, joen viimeaikaista vedenlaatua sekä sen merkitystä joen vesieliöyhteisöille. Toisessa osiossa arvioidaan karkeasti eri kuormitustekijöiden merkitystä ja lähteitä, sekä esitetään esimerkkejä toimenpide-ehdotuksista, joilla vesistökuormitusta voidaan pyrkiä vähentämään. Työ liittyy kiinteästi Jolosjoelle suunniteltuihin kalataloudellisiin kunnostustoimenpiteisiin (Kiiminkijoki ry 2021).

2 Jolosjoki ja -järvi

Jolosjoki [60.013] on Kiiminkijoen [60.011] toiseksi suurin sivuhaara. Jolosjoen valuma-alueen [F] koko on 171 km² ja sen uoman pituus on noin 32,5 km. Pudotuskorkeutta Jolosjoella on, tietolähteestä riippuen, karkeasti ottaen noin 30 - 40 metriä (ks. Ympäristöhallinto 2021b, Tuohino 2018). Joki on tyyppitelty kuuluvaksi keskisuuret turvemaan joet -tyyppiin (Kt). Merkittävimmät kauttakulkujärvet Jolosjoella ovat Mannisen- ja Jolosjärvi. Jolosjärven pinta-ala on noin 110 km² ja se kuuluu hyvin lyhytviipymäiset järvet -tyyppiin (Lv)(Ympäristöhallinto 2021a & 2021b). Vesistöjatkumossa, Jolos- ja Mannisenjärven välillä sijaitseva Keskimmäisenjärvi, ei ole nykyään enää järvi. Alue on kuivunut suomaiseksi kosteikoksi Jolosjoen uomaperkauksista johtuen (Tuohino 2008).

2.1 Nykytila

Jolosjokea kuormittavat etenkin maa- ja metsätalous sekä laskeumasta johtuva kuorma (Ympäristöhallinto 2021a & 2021c). Myös haja-asutuksen kuormitus on arvioitu merkitseväksi tekijäksi (Torvinen & Laine 2016). Rakenteellisesti Jolosjoen uoma ei ole enää suurimmalta osaltaan luonnontilainen, eikä luonnontilaisen kaltainen (Ympäristöhallinto 2021a). Jolosjoen uomasta on noin 75 % perattu (Tuohino 2018). Tuohinon (2018) laatiman Jolosjoen kunnostustarvekartoituksen perusteella Jolosjoen uomaa on aikoinaan perattu etenkin kuivaustarkoituksissa. Joella on aikoinaan uitettu jossain määrin myös puutavaraa. Kunnostustarvekartoituksen perusteella koskialueiden perkaukset ovat yksipuolistaneet Jolosjoen jokiuomaa voimakkaasti ja sen hydro-morfologiset ominaisuudet ovat heikentyneet merkittävästi. Perkauksien takia jokiuoma on nykyään monin paikoin yksipuolinen, rännimäinen veden juoksutuskanava. Tämän lisäksi uomassa on myös eliöiden liikkumista haittaavia rakenteellisia esteitä. Myös Jolosjoen luontainen virtausdynamiikka on muuttunut mm. valuma-alueen maankäytön seurauksena. Esimerkiksi kriittisten alivirtaamakausiensa yleisyys on lisääntynyt ($\leq 10\%$) (Ympäristöhallinto 2021a).

Ympäristöviranomaiset ovat määritelleet Jolosjoen kokonaisvaltaisen ekologisen tilan olevan nykyään hyvä ja Jolosjoen ekologinen tavoitetila on saavutettu (Ympäristöhallinto 2021a). Vesistön ekologinen tila määritellään hydrologisen muuttuneisuuden, fysikaalis-kemiallisten sekä biologisten tekijöiden perusteella. On arvioitu, että on olemassa riski, että Jolosjoen tila voi heikentyä vuosien 2016–2021 aikana ilman vesienhoidonsuunnitelmassa toteutettavien toimenpiteiden tehostamista (Torvinen & Laine 2016, Ympäristöhallinto 2021a).

Myös Jolosjärveä kuormittavat etenkin maa- ja metsätalous. Lisäksi järveä rasittaa ns. sisäinen kuormitus (Ympäristöhallinto 2021a & 2021c). Kuten Jolosjoella, myös Jolosjärvellä haja-asutuksen kuormitus on arvioitu huomattavaksi tekijäksi (Torvinen & Laine 2016). Jolosjärven läpi kulkee penkkatie, joka on muuttanut järven luontaista rakennetta sekä sen virtausdynamiikkaa. Tiepenger jakaa järven kahteen eri osaan. Järven pintaa on laskettu 1950-luvulla, ja 1990-luvulla järven pintaa on puolestaan nostettu. Järvennoston yhteydessä rakennetun pohjapadon vaikutuksista eliöiden liikkumiseen ei ole varmaa tietoa. Ympäristöviranomaiset ovat määritelleet Jolosjärven olevan nykyään tyydyttävässä ekologisessa tilassa. Viranomaisten mukaan Jolosjärven ekologinen tavoitetila on saavutettavissa vasta vuonna 2027 (Ympäristöhallinto 2021a). Jolosjärven tila on viimeaikoina kuitenkin hieman parantunut (POPELY ym. 2020).

Jolosjokea ja -järveä kuormittavat myös Varpasuon turvetuotantoalue, vaikka sen viimeaikaiset vesistövaikutukset on arvioitu vähäisiksi (Eurofins Ahma Oy 2020). Varpasuon turvetuotantoalueen vaikutustarkkaillussa ei ole kuitenkaan jatkuvaa vedenlaadun mittausta, vaan vedenlaadun tarkkailua toteutetaan harvalukuisin vesinäytteenotoin. Turvetuotantoalueilta tulevalle kuormitukselle on ominaista sykäyksellisyys. Esimerkiksi turvetuotantoalueiden kiintoainepäästöt saattavat olla erityisen suuria rankkasateiden tai tulvakauden aikana (mm. Sallantaus 1987), jolloin nopeasti ohimenevät turvetuotantoalueen kuormituspiikit voivat jäädä harvaan toteutetun näytteenoton takia havaitsematta (Högmander & Pehkonen 2013). Kiiminkijoen alueen turvetuotantotarkkailuissa on havaittu, että Varpasuon turvetuotantoalueen vesistönsuojelutarkoituksiin rakennettu pintavalutuskenttä ei ole aina toiminut odotusten mukaisesti. Esimerkiksi vuoden 2018 sulanmaan aikaan pintavalutuskentältä Jolosjokeen lähtevät ravinnepitoisuudet olivat Kiiminkijoen muihin turvetuotantoalueisiin nähden korkeat ja myös kiintoainepitoisuudet olivat tuolloin keskimääräistä korkeampia (Pöyry Finland Oy 2019). Varpasuon turvetuotantoalueelta lähtevä kuormitus kohdistuu etenkin Jolosjoen yläosiin sekä Jolosjärveen. Varpasuon turvetuotannon aikana päättyessä, alueen jälkikäytöstä vastaa maanomistaja. Turvetuotannon päättyessä, Varpasuon tuotantoalueen pintavalutuskentät voidaan jättää käyttöön maanomistajan niin halutessaan (Väyrynen, Turveruukki Oy, tiedoksi).

2.2 Vedenlaatuaineistot 2010 – 2020

Tässä selvityksessä keskitytään vain tärkeimpiin vedenlaatu tekijöihin, jotka vaikuttavat vesieliöistöön, erityisesti pohjaeläimistöön ja kalastoon. Kattavammat vedenlaatu tiedot vuosilta 2010 – 2020 ovat tarkasteltavissa ympäristöhallinnon avoimen tietokannan vedenlaaturekisteristä (Vesla) (Ympäristöhallinto 2021f). Vedenlaaturekisterin tietojen lisäksi, selvitystyötä tukevin aineistoina

käytettiin viimeisimpiä Kiiminkijoen valuma-alueen turvetuotantoon liittyviä tarkkailuraporttitietoja (Pöyry Finland Oy 2018, Pöyry Finland Oy 2019 & Eurofins Ahma Oy 2020). Jolosjärven valuma-alueelta [60.013] ei ole saatavissa hydrologisia havaintotietoja, kuten esimerkiksi virtaama- tai valuntatietoja (ks. Ympäristöhallinto 2021a).

Vedenlaatutuloksia tarkastellessa, sekä niistä johtopäätöksiä tehtäessä, on ehdottomasti otettava huomioon, että yhdelläkään kohteella vedenlaatua ei seurata jatkuvatoimisin mittauksin, vaan vedenlaadunseuranta perustuu harvakseltaan toteutettavaan näytteenottoon. Näin esimerkiksi matalimmat pH-arvot ja korkeimmat kuormituspiikit ovat voineet jäädä havaitsematta. Lisäksi on huomioitava, että vedenlaatutietoja on saatavissa joltain kohteilta vain satunnaisesti, ja paikoin tietoja on saatavilla vain joistain yksittäisistä vedenlaatuparametreista.

2.2.1 Jolosjoen ja Haaraojan vedenlaatu

Jolosjoki luokituu fysikaalis-kemiallisin perustein tyydyttävään tilaluokkaan (Ympäristöhallinto 2021a). Jolosjoen vedenlaatutietoja on saatavilla eniten joen alaosilta. Vedenlaatutietoja on saatavissa vain hajanasesti, harvakseltaan toteutetuista näytteenotoista.

Jolosjoen vesi on tummaa ja humuspitoista, veden värilukujen keskiarvojen ollessa näytteenottopaikoilla yli 200 mg Pt/l. Humusvesille tyypillisesti myös veden kemiallisen hapenkulutuksen [COD_{Mn}] keskimääräiset arvot ovat olleet korkeita (n. 28 mg/l O_2). Myös keskimääräisiä kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuksia voidaan pitää melko suurina (P_{kok} : n. 40 μ g/l & N_{kok} : > 700 μ g/l). Havaitut ravinnearvot ilmaisevat vesistön rehevyyttä. Etenkin Jolosjoen yläosilla vesi on ajoittain ravinnerikasta. Jolosjoki kärsii myös maa- ja metsätaloudesta sekä haja-asutuksesta lähtöisin olevasta orgaanisen kiintoaineen kuormituksesta. Hienojakoisen [0,4 μ m] kiintoaineen määrä Jolosjoen vedessä on keskimäärin yli 10 mg/l. Kiintoaineen määrää tarkasteltaessa on otettava huomioon, että jokivesitöissä kiintoaineen määrä vaihtelee runsaasti ja ajoittain hyvinkin nopeasti. Näin kiintoainekuormituksen maksimimäärät eivät ole välttämättä tulleet esille harvaan toteutetuissa näytteenotoissa.

Suomen vesistöissä pH on yleensä lievästi happamalla tasolla vesien luontaisesta humuskuormituksesta johtuen. Näin on myös Jolosjoella. Pienimmät havaitut happamuusarvot joen alaosalla ovat olleet keskimäärin kuitenkin ajoittain jopa 5,5 -tasolla. Jolosjoen veden kyky vastustaa happamuuden muutoksia, eli veden puskurikyky [alkaliniteetti], on vedenlaatumittauksien perusteella kuitenkin pääosin hyvä. Esimerkiksi vuosien 2011 – 2016 joen alaosan alkaliniteetin keskiarvo on ollut yli 0,3 mmol/l. Samalla ajanjaksolla havaittua hapen kyllästysasteen keskimääräistä arvoa (< 80 %) voidaan pitää puolestaan tyydyttävänä.

Laskeuman mukanaan tuoma kuormitus on arvioitu Jolosjoella huomionarvoiseksi tekijäksi. Lisäksi asiantuntija-arvion perusteella esimerkiksi veden bromattujen difenyylietterien (PBDE-yhdisteet) raja-arvot ovat Jolosjoen vedessä ylittyneet. PBDE-yhdisteet hajoavat hitaasti ympäristössä ja rasvaliukoisina yhdisteinä ne rikastuvat ravintoketjussa ja varastoituvat elimistön rasvakudokseen. PBDE-yhdisteitä käytetään mm. palonestoaineissa.

Jolosjoen yksi merkittävimmistä sivuhaaroista on Haaraoja. Haaraojan ekologista tilaa ei ole määritelty. Haaraojasta ja -järvestä on saatavissa vain hajanaisia vesikemiatietoja vuodelta 2004. Näiden tietojen perusteella myös Haaraojan vesi on sameaa, ravinnerikasta sekä hapanta. Yhden mittaustuloksen perusteella Haaraojan veden puskurikyky happamuutta vastaan [alkaliniteetti] on ollut välttävä.

2.2.2 Jolosjärven vedenlaatu

Jolosjärvi on niin sanottu läpivirtausjärvi, joten sen vesimassa vaihtuu suhteellisen nopeasti. Järvi onkin tyypitelty kuuluvaksi hyvin lyhytviipymäiset järvet -tyyppiin (Lv). Jolosjärvi luokituu fysikaalis-kemiallisin perustein tyydyttävään tilaluokkaan (Ympäristöhallinto 2021a).

Jolosjärvi on toiminut, ja toimii edelleen, uomajatkumossa tavallaan luonnollisesti sijaitsevana laskutusaltaana. Näin Jolosjärvi on altistunut, ja altistuu edelleen, sen yläpuolelta peräisin olevalle vesistökuormitukselle. Vesistökuormituksen vaikutukset näkyvät järven rehevöitymis- ja liettymiskehityksenä. Jolosjärven vesi on rehevää, tummaa ja humuspitoista, veden värilukujen keskiarvojen ollessa noin 220 mg Pt/l. Havaitut kiintoainepitoisuudet ovat olleet ajoittain korkeita. Veden sameudesta johtuen näkösyvyys järvellä on keskimäärin vain noin 0,5 metriä. Keskimääräisiä kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuksia voidaan pitää suurina (P_{kok} : n. 70 $\mu\text{g/l}$ & N_{kok} : > 800 $\mu\text{g/l}$). Nämä ravinnearvot ilmaisevat vesistön rehevyyttä. Vesistökuormituksen lisäksi, järveä rasittaa merkittävästi myös ns. sisäinen kuormitus. Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan ravinteiden kiertokehää, jossa pohjasedimenttiin varastoituneet ravinteet vapautuvat takaisin veteen happipitoisuuden vähetessä. Tämä kiihdyttää entisestään rehevöitymiskehitystä. Sisäinen kuormitus on usein seurausta kauan jatkuneesta ulkoisesta kuormituksesta. Jolosjärven kokonaisfosforin vähennystarpeen on arvioitu olevan 30-50 %, ja vastaavasti kokonaistyyppien osalta yli 50 % (Torvinen & Laine 2016). Järven vesi on hapanta, pH-mittausten keskiarvo on noin 6,5. Happamin Jolosjärveltä havaittu pH-arvon on ollut jopa 5,3. Kuten Jolosjoella, myös Jolosjärven veden bromattujen difenyylietterien (PBDE-yhdisteet) raja-arvot ovat ylittyneet.

2.3 Vedenlaadun ja vesistökuormituksen vaikutukset vesieliöistöön

Eliöyhteisöjen katsotaan usein ilmaisevan vesialueen kuntoa paremmin kuin kemialliset tai fysikaaliset mittaukset, sillä ne reagoivat usealla tavalla eriasteisiin biokemiallisiin ja fyysisiin häiriöihin elinympäristössään (mm. Karr & Chu 2000). Jolosjoen ja -järven vesieliöistöön on vaikuttanut haitallisesti mm. valuma-alueelta lähtöisin oleva happamuus-, kiintoaine- ja ravinnekuormitus. Jo jokaisesta yksittäisestä tekijästä on todennäköisesti ollut haittaa joen eliöstölle. Kuormituksen negatiiviset vaikutukset eliöyhteisöihin korostuvat, kun huomioidaan kaikkien kuormitustekijöiden haitalliset yhteisvaikutukset.

Jolosjoen vesi on ajoittain hyvin hapanta. Happamoituneissa vesistöissä yksi keskeisistä eliöstöön kohdistuvista ympäristöpaineista on sateiden ja kevään sulamisvesien aikana esiintyvät happaman veden pulssit (Christophersen ym. 1984, Davies ym. 1999). Happamuuden myötä vedessä olevat eri metallit voivat esiintyä eliöille myrkyllisessä muodossa. Mitä matalampi veden pH-taso on, sitä todennäköisemmin mm. alumiini on eliöstölle myrkyllisessä epäorgaanisessa muodossa (mm. Leivestad ym. 1987). Esimerkiksi lohen (*Salmo salar*) poikaset ovat hyvin herkkiä jopa hyvin pienille veden epäorgaanisen alumiinin pitoisuuksille (mm. Clair & Hindar 2005). Happamuus, sekä metallien myrkyllisten olomuotojen runsastuminen, voivat aiheuttaa muutoksia mm. kalastossa, pohjaeläimistössä ja vesikasvillisuudessa. Happamuudelle ja metalleille altistuminen haittaavat mm. kalojen lisääntymistä. Happamista vesistöistä tietyt vesieliöistöön kuuluvat lajiryhmät saattavat puuttua kokonaan. Virtavesien kalalajeista happamuudelle herkkiä ovat esimerkiksi kivisimppu, made ja taimen (Ympäristö 2021). Happamat olosuhteet voivat olla monille eliöille myös tappavia.

Jolosjoella ja sen sivuhaaroissa happamuuspiikit ajoittuvat yleensä keväälle tai alkukesälle, jolloin esimerkiksi usean eri kalalajin elinkierrossa on menossa herkin mäti-, ruskuaispussi- tai poikasvaihe. Veden happamuus, yhdistettynä mm. suureen kiintoainekuormitukseen, haittaa todennäköisesti merkittävästi lähes joka vuosi mm. taimenen ja lohen luontaista lisääntymistä Jolosjoella. Veden happamuudesta aiheutuvien ongelmien arvioidaan korostuvan entisestään tulevaisuudessa, kun kuivat kesät ja runsassateiset syksyt yleistyvät ilmastonmuutoksen seurauksena (Tertsunen ym. 2012).

Happamuutta kuvaavia pH-arvoja tarkasteltaessa on aina otettava huomioon se, että pH-asteikko on logaritminen, joten asteikossa kahden peräkkäisen pH-luvun ero on aina kymmenkertainen. Näin esimerkiksi yhden pH-yksikön lasku voi vaikuttaa mm. vesieliöistöön merkittävästi, sillä se vaatii eliöstöltä tuolloin selviytymistä kymmenkertaisesti happamammissa elinolosuhteissa.

Jolosjoen vesi on myös kiintoainepitoista. Kiintoainekuormitus muokkaa ajan myötä virtavesiuoman pohjan rakennetta (mm. Wood & Armitage 1997, Owens ym. 2005). Etenkin Jolosjoen hitaamman virtauksen alueilla, sekä Jolosjärvellä, kiintoaine sedimentoituu pohjalle. Kiintoaine voi esimerkiksi tukkia pohjan karkeampien partikkeleiden välejä ja peittää pohjan kasvillisuutta. Tämä heikentää mm. pohjaeläinten sekä kalojen elinolosuhteita (mm. Olsson & Petterson 1986, Rask 1993, Rubin 1996, Vuori & Joensuu 1996). Kiintoainepitoisuuden kasvu voi lisätä suoraan myös lohikalojen kuolleisuutta häiritsemällä niiden kidusten toimintaa (Redding & Schreck 1987). Vaikka kiintoainekuormitus vaikuttaa Jolosjoella etenkin hidasvirtaisiin jokiosuuksiin, kiintoainekuormitus on liettänyt, ja liettää edelleen, myös Jolosjoen koskialueita sekä Jolosjärven pohjaa. Kiintoainekuormituksesta johtuvien rakenteellisten muutosten lisäksi vesistöjen pohjalle kertyvä kiintoaine kuluttaa hajotessaan vesistöistä myös happea (mm. Harper 1992, Pitkänen 1994).

2.3.1 Pohjaeläimistö, päällykslevät ja vesikasvit - nykytila

Jolosjoen vesieliöstiin tilaa arvioitiin ympäristöhallinnon aineistojen avulla (Ympäristöhallinto 2021a, 2021c & Pohjaeläinrekisteri 2021). Arvioinnissa käytettiin tukena myös Kiiminkijoen turvetuotantoalueiden tarkkailuraporttien (Pöyry Finland Oy 2018, Pöyry Finland Oy 2019, AFRY Finland Oy 2020 & Eurofins Ahma Oy 2020) aineistoja.

Pohjaeläin- ja päällyksleväanalyysit ovat yleisesti käytetty tapa arvioida vesistöihin kohdistuvien paineiden ekologisia vaikutuksia. Niitä esiintyy käytännössä kaikissa vesistöissä, ja suhteellisen pitkäikäisinä ja paikallaan pysyvinä ne ilmaisevat elinympäristönsä hitaita muutoksia pidemmällä aikavälillä kuin vain kyseisellä näytteenottohetkellä (mm. Koskenniemi & Ruoppa 2004). Esimerkiksi vesistökuormituksen kasvaessa, yhteisöistä voi hävitä kuormitukselle herkkiä lajeja tai yhteisöjen rakenteessa voi tapahtua muutoksia. Pohjaeläimiä ja päällyksleviä käytetään biologisina osatekijöinä vesistöjen ekologisessa tila-arvioinnissa.

Jolosjoelta on saatavissa vain vuosien 2014 ja 2020 pohjaeläin- ja piileväaineistot, joen alaosan yhdeltä selvitysalueelta. Vuoden 2014 Jolosjoen pohjaeläinaineiston perusteella joen alaosalla sijaitseva alue luokitui kaikkien kolmen virtavesien tilaluokittelussa käytetyn pohjaeläinmittarin perusteella erinomaiseen ekologiseen tilaan. Vuoden 2020 pohjaeläinaineisosta ei ole saatavilla tällä hetkellä ekologisen tilan luokitteluarvoja (POPELY; Heikkinen: tiedoksi). Jolosjoen alaosalta otetuista pohjaeläinnäytteistä ei ole havaittu uhanalaisia lajeja (ks. Hyvärinen ym. 2019, Pohjaeläinrekisteri 2021).

Samana selvitysalueen päällykslevästä perustuvissa, vuoden 2014 ja 2020 tilaluokittelumittareissa on enemmän hajontaa. Niiden perusteella Jolosjoki oli, mittarista riippuen, joko välttävässä, hyvässä tai

erinomaisessa tilassa (Ympäristöhallinto 2021a & Miettinen 2021). Päälyslävänälyysien heikkouksina vedenlaadun vaikutusten arvioinnissa on kuitenkin pidetty mm. yhteisöissä esiintyvää suurta vaihtelua ja sitä, että ei olla täysin varmoja, ovatko eri levälajien ympäristövaatimukset kaikkialla samat (mm. Eloranta ym. 2007). Näin mm. vuoden 2020 päälyslävästään perustuvat veden laadun ja Jolosjoen ekologisen tilan arviot ovatkin tavallista epätarkempia (Miettinen 2021). Jolosjoen vuoden 2014 pohjaeläin- ja piileväaineistosta on laskettu ainoastaan yleiset, vesistöjen ekologisessa tila-arvioinnissa käytetyt tunnusluvut (POPELY; Heikkinen: tiedoksiänto). Aineistoista ei ole arvioitu tarkemmin mm. Jolosjoen vedenlaadun, vesistökuormituksen tai uomarakenne- ja virtaamamuutosten haitallisia vaikutuksia eri yhteisöihin.

Jolosjärveltä ei ole saatavissa pohjaeläinaineistoja (Ympäristöhallinto 2021a). Samoin Jolosjärveltä, sekä -joelta, ei ole saatavissa lainkaan vesikasvillisuusaineistoja (POPELY; Heikkinen: tiedoksiänto). Näin näiden eliöyhteisöjen nykytilaa ei voida arvioida.

Kiiminkijoessa, ja sen useammassa sivuhaarassa, esiintyy sudenkorentoihin (Odonata) kuuluvaa kirjojokikorentoa (*Ophiogomphus cecilia*)(Majuri, julkaisematon). Lajia esiintyy todennäköisesti myös Jolosjoella. Lajin esiintymistä Jolosjoen alueella ei ole kuitenkaan koskaan selvitetty (POPELY; Heikkinen, tiedoksiänto). Kirjojokikorento on rauhoitettu luonnonsuojelulain nojalla (LSA 714/2009). Lisäksi laji kuuluu EU:n Luontodirektiivin liitteiden IV(a) ja II lajeihin. Liitteen IV(a) lajit edellyttävät tiukkaa suojelua ja niiden lisääntymis-, lepo- ja ruokailuympäristöjen hävittäminen tai heikentäminen on kiellettyä (ks. Suomen lajitietokeskus 2021). Lajin erittäin todennäköinen esiintyminen myös Jolosjoella on otettava huomioon mahdollisesti mm. kaikkia uomarakenteita ja virtaamaolosuhteita muuttavia kunnostustoimenpiteitä suunniteltaessa.

2.3.2 Kalasto ja ravut - nykytila

Jolosjoella on tehty koekalastuksia vuosina 2004, 2008, 2013 sekä 2019. Kalastukset on toteutettu pääosin joen alajuoksulla sijaitsevalla koealalla. Myös vuonna 2021 Jolosjoen pääuoman ala- ja keskiosilla toteutettiin sähkökoekalastuksia, kahdella eri koealalla. Lisäksi vuonna 2021 Keskimmäisenojasta kalastettiin yksi koeala.

Eri vuosien sähkökoekalastukset on toteutettu ns. yhden poistopyynnin menetelmällä (Muurimäki, Kainuun kalatalouskeskus; tiedoksiänto), joten aineistoja voidaan käyttää ainoastaan ns. havaittu - ei havaittu - arviointeihin. Aineistojen avulla ei voida laskea esimerkiksi pyydettävyyskertoimia, tai eri kalalajien tiheyksiä pinta-alaa kohden. Sähkökoekalastuksissa Jolosjoelta on havaittu ahven, harjus, hauki, kivenuoliainen, kivisimppu, kolmipiikki, lohi, made, mutu, seipi, särki ja taimen (mm. Koekalastusrekisteri 2021).

Lohenpoikasia on havaittu koekalastuksissa Jolosjoen alaosalta ainoastaan vuonna 2013 [3 kpl]. Poikasten on arvioitu olevan peräisin luonnollisesta lisääntymisestä (Ympäristöhallinto 2021d). Vastaavasti koekalastuksissa on havaittu vain yksi taimenen poikanen vuonna 2008 (Ympäristöhallinto 2021), mutta tämä havainto on todennäköisesti peräisin 2008 Jolosjokeen istutetuista taimenen poikasista (Muurimäki 2021). Pelkkiin sähkökoekalastusaineistoihin pohjautuen ei voida todeta, että taimenen luontainen lisääntyminen onnistuisi nykyisin Jolosjoen pääuomassa, ainakaan sen alaosilla. Jolosjoen yläosilta ei ole saatavissa koekalastusaineistoja (Ympäristöhallinto 2021d). Joen alaosilla esiintyy luontainen harjuskanta (AFRY Finland Oy 2020).

Virtavesien ekologisessa tilaluokittelussa käytetyn ns. kalaindeksin perusteella Jolosjoki luokituu hyvään ekologiseen tilaan. Luokittelu on kuitenkin tehty ainoastaan yhden vuoden koekalastusaineistoon pohjautuen (Ympäristöhallinto 2021a). Jolosjoen sivu-uomilta, ei ole saatavilla koekalastusaineistoja (ks. Ympäristöhallinto 2021d). Kalaistutusrekisteritietojen mukaan Jolos- ja Mannisenjärveen on istutettu 1990-luvun loppupuolella kuhaa. Istutusrekisteritietojen perusteella Jolosjokeen ei olisi tehty kalaistutuksia (LAPELY; Marttila, tiedoksianto). Jolosjokeen on kuitenkin istutettu ainakin vuonna 2008 yli 30 000 vastakuoriutunutta meritaimenen poikasta. Vastakuoriutuneita harjuksen poikasia jokeen on puolestaan istutettu vuosina 2011, 2012 ja 2014 yli 60 000 (Kiiminkijoki Ry; Lindström, tiedoksiannot). Jolosjärven kalalajistoon kuuluvat ainakin: särki, lahna, ahven, hauki, pasuri ja kiiski (Kiiminkijoki Ry; Haapala, tiedoksianto).

Jolosjoessa on hyvä jokirapukanta (*Astacus astacus*)(Kiiminkijoki Ry; Lindström, tiedoksianto). Vuoden 2021 sähkökoekalastuksien yhteydessä Vesankosken alueelta havaittiin yksi jokirapu (Kiiminkijoki Ry; Haapala, tiedoksianto). Haitalliseksi vieraslajiksi luokitellun täpläravun (*Pacifastacus leniusculus*) esiintymisestä Jolosjoessa, tai lajin mahdollisista istutuksista Jolosjokeen koskeviin tiedusteluihin ei saatu Luonnonvarakeskukselta (Luke) vastauksia. Kainuun kalatalouskeskus tulee toteuttamaan vuonna 2021 Jolosjoella kalasto- ja rapukantaselvitykset (Kiiminkijoki Ry; Lindström, tiedoksianto).

3 Kuormituslähteet

Tarkempien Jolosjoen kuormituslähteiden ja -tyyppien selvittämiseen hyödynnettiin ympäristöhallinnon käyttämää VEMALA-mallia. Lisäksi Jolosjoen kuormituslähteitä sekä valuma-alueelta peräisin olevaa kuormitusjakaumaa pyrittiin arvioimaan tarkemmin vuoden 2021 Jolosjoen sivuojien vesinäytteenottojen avulla.

3.1 VEMALA-malli

VEMALA-malli on koko Suomen kattava ravinnekuormitusmalli vesistöille. Malli jäljittelee ravinteiden huuhtoutumista ja kulkeutumista maalla, jokijatkumoissa ja järvissä. Mallilla pystytään arvioimaan mm. eri kuormituslähteiden osuutta, kokonaisravinteiden määrää, tai eliöstölle käyttökelpoisten ravinteiden määrää (SYKE 2021a). VEMALA-tarkastelussa fosfori- ja typpikuormituksen suhteellisia osuuksia verrataan luonnonhuuhtoumaan suhteutettuna virtaamaan. Mallin tulosten tarkasteluissa on muistettava, että ne perustuvat mallinnukseen. Mallinnukset sisältävät aina epävarmuustekijöitä.

VEMALA-malli tuottaa mm. silmälläpidettävän kuormituksen rajaluokkia. VEMALA-mallin perusteella Jolosjokea kuormittavat etenkin maa- ja metsätalous. Metsätalouden kuormitus on mallin mukaan merkittävää etenkin Jolosjoen yläosilla.

3.2 Jolosjoen sivuojien vesinäytteenotto vuonna 2021

Jolosjoen sivuojien vesinäytteenotot ajoitettiin vuodenkierrossa neljälle erityyppiselle valunnan ajanjaksolle. Ensimmäinen näytteenotto toteutettiin heti roudan sulattua kevättulvan aikaan. Toinen kierros suoritettiin kesän alivirtaamakauteen aikaan heinäkuussa. Kolmas näytteenottokerta ajoitettiin pidemmän sateisen jakson jälkeen loppukesästä elokuulle, jolloin näytteenottovesistöjen virtaamat olivat hieman nousseet. Neljäs ja viimeinen näytteenottokierros toteutettiin syksyllä, kun vesistöjen virtaamat olivat taas kuivan kesän jäljiltä selvästi kohonneet.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen ja Kiiminkijoki ry:n suunnittelemassa vesinäytteenottoasetelmassa oli asetettu 10 näytteenottokohdetta Jolosjoen sivuosiin. Kohteista yksi, nimeltään Sivuoja, oli nimitetty asetelmassa ns. vertailukohteeksi. Sivuojan näytteenottoaluetta siirrettiin näytteenottokausien välissä kahdelle viimeiselle näytteenottokierrokselle noin 1,5 km ylävirtaan, jotta Sivuojan näytteet edustaisivat paremmin luonnontilaisen kaltaisia olosuhteita valuma-alueella. Vuoden 2021 luonnontilaisen kaltaisia olosuhteita edustavia vesinäytteitä on näytteenottoasetelmassa siis vain yhdeltä kohteelta, ainoastaan kahdelta viimeiseltä näytteenottokierrokselta.

Jolosjoen valuma-alueelta on erittäin vaikeaa, jos ei jopa mahdotonta, löytää isomman kokoluokan sivupuroa tai -ojaa, johon ihmistoiminta ei olisi ajan saatossa vaikuttanut. Myös pienten virtavesien valtakunnallisessa tilan arviointiohjelmassa (Purohelmi-hanke) mukana olleista Jolosjoen sivu-uomista, yksikään ei ole mallinnuksen perusteella luonnontilainen. Tämän mallinnuksen mukaan näiden Jolosjoen sivupurojen tai -ojien tila oli pääosin joko heikentynyt tai voimakkaasti heikentynyt (SYKE 2021b).

Vesinäytteenotosta vastasi sertifioitu ympäristönäytteenottaja Pekka Majuri. Viimeisellä näytteenottokierroksella työssä avusti Kiiminkijoki ry:n Petri Haapala projektin kiireisestä aikataulusta johtuen. Eurofins Oy vastasi vesinäytteiden analysoinneista, sekä näytteenottoaikatietojen ja vedenlaatutulosten viemisestä ympäristöhallinnon ylläpitämän vedenlaaturekisteriin (Vesla). Vuoden 2021 vesinäytteenottoaikojen sijainnit on esitetty liitteessä 1 ja näytteenottojen perustulokset liitteessä 2. Vesistönsuojeluratkaisuesimerkkejä Jolosjoen sivu-uomia ja -ojia koskien on kuvattu puolestaan kappaleessa 4.

Vuoden 2021 tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että ne edustavat vain vuoden 2021 tilannetta ko. sivuojissa. Tulokset eivät ole näin välttämättä kovin hyvin yleistettävissä eri vuosille, sillä mm. eri vuosien sadannoissa, ja sitä kautta valumissa koko valuma-alueelta, sekä sen sisällä eri valuma-alueen osilta, voi olla suuriakin eroja. Tulosten yleistettävyyttä vaikeuttaa myös se, että eri osavaluma-alueiden maankäyttömuodoissa on tapahtunut, ja tapahtuu jatkossakin, muutoksia. Maankäyttö ja sen eri muodot vaikuttavat huomattavasti sivuojien vedenlaatuun, ja sitä kautta myös Jolosjoen vedenlaatuun. Lisäksi tuloksia tarkastellessa on huomioitava, että näytteenottokierroksia oli vuonna 2021 vain neljä, ja yhdelläkään kohteella vedenlaatua ei seurattu jatkuvatoimisin mittauksin. Vaikka 2021 näytteenotto pyrittiin jakamaan erityyppisiä valumaolosuhteita kuvaaville jaksoille, virtavesissä nopeasti ohi meneviä kuormituspiikkejä ei välttämättä silti pystytty havaitsemaan.

3.2.1 Jolosjärven yläpuolella sijaitsevat kohteet

Uomajatkumossa Jolosjärven yläpuolisia näytteenottokohteita olivat Nälkä- ja Oravioja (liite 1). Näistä ojista Jolosjokeen ja -järveen kulkeutuva vesi oli mm. tummaa, hapanta sekä kiintoainepitoista. Havaitut vesien väriarvot olivat korkeita, ylittäen yhtä poikkeusta lukuun ottamatta aina 200 [mg pt / l] arvon, keskiarvon ollessa noin 240 [mg pt / l]. Pienimmät pH-arvot ja suurimmat kiintoainepitoisuudet havaittiin suurimpien virtaamakausiensa aikana, keväällä sekä syksyllä. Pienin pH-arvo havaittiin keväällä Nälkäojalta, pH:n ollessa tuolloin alle 6. Kiintoainepitoisuudet vaihtelivat noin 5–13 mg/l välillä. Puhtaan kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1 mg/l. Kemiallista hapenkulutusta kuvaavat COD-arvot olivat melko korkeita, arvojen vaihdellessa

karkeasti noin 20–30 [mg O₂/l] välillä. Värittömien vesien COD-arvot ovat yleensä noin 4–10 ja humusvesissä noin 10–20 välillä. COD-arvot kuvaavat vedessä olevaa eloperäistä ainetta, joka voi olla esimerkiksi humusta, jätevettä, karjataloudesta johtuvia päästöjä tai luonnonhuuhtoumaa. Havaittuja kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuksia voidaan pitää suurina. Nämä ravinnearvot ilmaisevat vesien rehevyyttä ja edistävät mm. Jolosjärven haitallista rehevöitymiskehitystä.

Nälkä- ja Oraviojasta Jolosjärveen ja -jokeen kulkeutuva vesi on vuoden 2021 näytteenottojen perusteella erittäin rautapitoista. Keskimäärin rautapitoisuudet olivat yli 5 100 [µg Fe/l]. Normaalisti raudan määrä humusvesissä on noin 400-600 µg Fe/l, kun erittäin ruskeissa vesissä rautaa on noin 1000 µg Fe/l. Erittäin sameissa jokivesissä rautaa voi olla jopa 3000-6000 µg Fe/l, jopa enemmänkin. Suurimmat rautapitoisuudet havaittiin kesällä Nälkäojalta, jolloin havaitut rautapitoisuudet olivat jopa 8900 ja 10000 µg Fe/l. Samalla jaksolla Nälkäojan veden ravinnepitoisuudet olivat suurimmillaan, karkeasti noin 1,5 – 3 kertaa korkeampia, kuin Oraviojalla. Nälkäojalta havaittuja suuria rauta- ja ravinnepitoisuuksia voi selittää se, että ojan yläosilla sijaitsevien peltolohkojen sarka- ja pääsarkaojia on raivattu sekä kunnostettu viime aikoina (Kiiminkijoki ry; Haapala, tiedoksi), jolloin toimenpiteistä on voinut aiheutua vesistövaikutuksia. Ojista havaitut sähkönjohtavuusarvot olivat melko pieniä.

3.2.2 Jolosjärven alapuolella sijaitsevat kohteet

Uomajatkumossa Jolosjärven alapuolella sijaitsevia näytteenottokohteita olivat Pasko-, Väli-, Hirvi-, Kala-, Haara- ja Sivuoja sekä Sivusuon valtaoja. Hirvi- ja Sivuojalla oli kaksi erillistä näytteenottoaluetta (liite 1).

Myös näistä ojista Jolosjoen alaosille kulkeutuva vesi oli mm. tummaa, hapanta sekä kiintoainepitoista. Havaitut väriarvot olivat korkeampia kuin Jolosjärven yläpuolisilla kohteilla, väriarvojen ylittäessä lähes poikkeuksetta 200 mg pt / l -rajan, keskiarvon ollessa noin 270 mg pt / l. Myös Jolosjärven alapuolisilla kohteilla pienimmät pH-arvot havaittiin suurimpien virtaamakausien aikana, keväällä sekä syksyllä. Pienimmät pH-arvot havaittiin Hirviojan ylemmältä näytteenottoalueelta (Hirvioja 2), jossa veden pH-taso oli pienimmillään vain hieman yli 5. Sivusuon valtaojaa ja Haaraojaa lukuun ottamatta, kaikilta kohteilta havaittiin alle 6 pH-tasoa. Kiintoainepitoisuudet vaihtelivat noin 2–10 mg/l välillä. Kemiallista hapenkulutusta kuvavat COD-arvot olivat korkeita, arvojen vaihdellessa kuormitettujen kohteiden joukossa karkeasti noin 20–60 mg O₂/l välillä. Havaitut kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuudet olivat Jolosjärven yläpuolisiin sivuosiin verrattuna keskimäärin pienempiä. Havaittuja ravinnepitoisuuksia voidaan pitää kuitenkin suurina, rehevyyttä kuvaavina. Kuten Jolosjärven yläpuolella, myös järven

alapuolisilta ojilta Jolosjokeen kulkeutuva vesi on vuoden 2021 näytteenottojen perusteella hyvin rautapitoista. Ojista havaitut sähköjohtavuusarvot olivat melko pieniä.

3.2.3 Sivuoja

Sivuojan ylempi näytteenottoalue oli nimetty ns. vertailukohteeksi. Luonnontilaisen kaltaisia olosuhteita edustavia vesinäytteitä on näytteenottoasetelmassa ainoastaan Sivuojan kahdelta viimeiseltä näytteenottokierrokselta (liite 1 & 2), koska alaosan vertailunäytteenottoalue oli alkuperäisessä näytteenottoasetelmassa huonosti sijoitettu. Alaosaan kohdistuu mm. isojen suo- ja metsätalousojitusalueiden kuormitusta. Alaosan tulokset eivät juuri poikkea kuormittuneiden ojien tuloksista. Sivuojan alaosalta havaittiin kesäkuussa poikkeuksellisen suuri veden rautapitoisuus [28 000 ($\mu\text{g Fe/l}$)] (liite 2). Korkea lukema voi selittyä näytteen kontaminaatiolla. Näytteen kontaminaatiotodennäköisyys on pieni, mutta mahdollinen.

Sivuojan yläosille ei kohdistu kartta- ja ilmakuvatarkastelujen perusteella merkittävää kuormitusta valuma-alueelta. Sivuojan uoma kulkee paikoin näkymättömissä soistumien läpi. Sivuoja on kokoluokaltaan lähempänä noroa kuin ojaa. Tästä syystä Sivuojan tulosten vertailtavuus suurempien kokoluokkien ojiin on vähintään kyseenalaista. Siksi suoraa vertailua Sivuojan yläosan ja muiden näytteenottoalueiden vedenlaadusta ei toteutettu. Yleisesti ottaen Sivuojan vertailualueelta havaittiin mm. pienempiä veden värin, ravinteiden ja raudan pitoisuuksia kuin keskimäärin muista ojista (liite 2).

Sivuojan vesi oli etenkin alemmalla näytealueella keskimäärin hieman happamampaa kuin muilla kohteilla. Alaosan tulokset selittyvät todennäköisesti sillä, että Sivuojan valuma-alueella on toteutettu mm. runsaasti metsäojituksia happamien sulfaattimaiden alueilla, joissa happamat kerrokset ovat hyvin lähellä maanpintaa (ks. liite 3).

4 Vesiensuojelun toimenpide-ehdotukset valuma-alueelle

Seuraavassa kuvataan toimenpide-ehdotuksia, joilla voidaan pyrkiä vähentämään valuma-alueelta peräisin olevaa kuormitusta sekä parantamaan virtavesieliöyhteisöjen elinolosuhteita.

4.1 Happamat sulfaattimaat ja metsäojien happamat huuhtoumat

Jolosjoen valuma-alueella esiintyy happamia sulfaattimaita (ks. GTK 2021). Näitä alueita on etenkin Jolosjoen alaosilla sekä Jolosjärven tuntumassa. Kyseisillä alueilla happamat sulfidimaat ovat hyvin lähellä maan pintaa (liite 3).

Maanmuokkaus, ojitukset ja kunnostusojitukset happamilla sulfaattimailla aiheuttavat riskejä vesistöille. Tällaisilta alueilta vesistöihin voi kohdistua hyvin merkittävää hapanta kuormitusta (mm. Nieminen ym. 2020). Kun sulfidia sisältäviä maita kuivataan, maaperä hapettuu ja reaktiossa vapautuva rikki muodostaa maaperän veden kanssa rikkihappoa, joka puolestaan happamoittaa vesistöjä ja liuottaa lisäksi maaperästä myrkyllisiä metalleja, kuten alumiinia, kadmiumia ja kuparia (mm. Ympäristö 2021), jotka päätyvät lopulta vesistöihin. Yleisesti ottaen, esimerkiksi vuosina 1978–2002 tehdyn seurannan perusteella metallipäästöt happamista sulfaattimaista vesistöihin ylittävät Suomen koko teollisuuden vesistö päästöt (Al, Mn, Cd, Co, Cu, Zn, Ni). Ongelman odotetaan pahenevan ilmastonmuutoksen myötä (Härkönen ym. 2019).

Vesistöihin kohdistuvaa happamuuskuormitusta maa-alueilta on pyritty torjumaan mm. maanpinnan kalkitsemisella. Kalkitusten on todettu neutraloivan kuitenkin ainoastaan muokkauskerroksen happamuutta, eikä parantavan oleellisesti vesien laatua (Härkönen ym. 2019). Toisaalta eri puolilta Eurooppaa on raportoitu valuma-aluekalkituksista myös hyviä tuloksia (mm. Kreutzer 1994, Howells 1995, Wilander ym. 1995). Valuma-alueelle suunnatun kalkituksen on todettu olevan suoraan veteen tapahtuvaa kalkitusta parempi tapa erityisesti siksi, että se hidastaa kalkituksen jälkeistä vesistön uudelleen happamoitumista (Dickson ym. 1995). Eliöyhteisöjen monimuotoisuutta, ja jokiekosysteemin toimintaa kaloja paremmin kuvaavissa jokien pohjaeläinyhteisöissä, kalkitus on saanut aikaan puolestaan vaihtelevia vasteita. Esimerkiksi Herrmann ja Svensson (1995) eivät havainneet veden happamuudelle herkkien pohjaeläinlajien lisääntymistä kalkituissa puroissa Ruotsissa. Toisaalta, kalkituksista johtuvaa pohjaeläimistöä elvyttävistä vaikutuksista on olemassa näyttöä (mm. Lingdell & Engblom 1995, Fjellheim & Raddum 2001). Onkin todennäköistä, että pohjaeläimistön toipumiseen kalkituksen jälkeen vaikuttavat, sekä kalkitusjakson pituus, että myös muut pohjaeläimistöön ja niiden elinympäristöihin vaikuttavat tekijät.

Metsäojien happaman huuhtouman vähentämisessä on käytetty puolestaan mm. kalkkipatoja tai veden pH-tason nostamista vettä suoraan kalkitsemalla. Tertsusen ym. (2021) mukaan aiemmissä tutkimuksissa kalkituksella on kyetty saavuttamaan haluttu vedenlaatu, ja kalkitustoimenpiteillä on saatu aikaan positiivisia muutoksia happamuudelle herkässä vesieliöstössä. Happamuudelle herkkien kalojen palauttamisyrittysten kannalta on kuitenkin erityisen tärkeää, että vesistökuormituksen ohella alueille on suunnattava myös muita hoito- ja kunnostustoimenpiteitä (ks. Alenäs ym. 1991). On myös tiedostettava, että happamoituminen voi alkaa uudestaan, jos kalkitustoimenpiteet lopetetaan.

4.2 Metsä- ja maatalous

Jolosjoen merkittävimpiä kuormituslähteitä ovat maa- ja metsätalous (Ympäristöhallinto 2021a & 2021c). Vaikka maa- ja metsätalousalueiden lannoitukseen on viimeaikoina tehty tarkennuksia, vesistönsuojelun näkökulmasta lannoitukseen tulisi kiinnittää yhä enemmän huomiota. Käytetyt lannoitemäärät tulisi tarkistaa sekä mitoittaa oikein. Lisäksi lannoittamisen ajankohdat tulisi ajoittaa niin, ettei lannoituksista aiheudu vesistökuormitusta. Myös käytettävien lannoitteiden laatuun tulisi kiinnittää huomiota. Esimerkiksi Joloskylän koillispuolella metsälannoitukseen on käytetty vuonna 2021 lannoitetyyppiä, jossa mm. fosfori on hitaasti liukenevassa muodossa (Kiiminkijoki ry; Haapala, tiedoksi). Näin ainakin osa lannoitteista peräisin olevista ravinteista on kulkeutunut todennäköisesti vesistöihin. Maatalouden vesistökuormitusta voidaan vähentää mm. peltojen talvipeitteisyydellä.

Myös valuma-alueen maa- ja metsätalouden ojituksiin tulisi ehdottomasti kiinnittää enemmän huomiota. Esimerkiksi Jolosjärven kaakkois- ja itäpuolella on suoritettu ojituksia alueilla (Metsänhoitoyhdistys, Kajala; tiedoksi), joissa happamat sulfidimaat ovat aivan maanpinnan tasolla (liite 3). Vesistönsuojelun kannalta kaikista maanmuokkaukstoimenpiteistä, kuten maatalouden ojituksista, metsätalouden kunnostusojituksista sekä metsätalousalueiden maanpinnan käsittelystä tulisi luopua sulfaattimaa-alueilla tai ne eivät saisi ainakaan ulottua sulfaattikerrokseen asti. Jolosjoen alueelle on suunnitteilla uusia kunnostusojituksia (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, Kuvaja; tiedoksi). Uusia kunnostusojituksia on suunniteltu ainakin Hirviojan valuma-alueelle (Tornator Oyj, Tirkkonen, tiedoksi), todennäköisesti myös muualle.

Ojitukset muuttavat aina myös valuma-alueen vedenvirtausreitit ja ojat mahdollistavat valumavesien nopeamman purkautumisen alapuoliseen vesistöön ja siten myös riski virtaamahuippujen lisääntymiseen kasvaa. Tämän lisäksi ojista lähtee liikkeelle ravinteita ja kiintoainetta. Metsäojitukset vähentävät ajan myötä myös maaperän puskurikykyä, mikä johtaa happamoitumiseen (mm. Sallantaus 1995).

Tiheä metsäojaverkosto voi nopeuttaa ja lisätä happamien valumavesien pääsyä vesistöön, mikä saattaa johtaa lyhytaikaisiin happamuuspiikkeihin (Vuori ym. 1995). Ojitusten myötä riski happaman huuhtouman lisääntymiseen siis kasvaa. Vesistökuormitusta ei kohdistu vesistöihin ainoastaan uusista ojituksista tai kunnostusojituksista, vaan jatkuvasti myös vanhoista, etenkin suometsiin raivatuista ojista. Aiemmin on virheellisesti oletettu, että ojituksen aiheuttama kuormitus vähenisi ja loppuisi ajan myötä (mm. Finér ym. 2020, Nieminen ym. 2020). Kun metsäojitusten pysyvä vesistöjä kuormittava vaikutus huomioidaan, monilla vesistöalueilla metsätaloudesta muodostuu suurin vesistöjä kuormittava tekijä (Nieminen ym. 2020). Vuoden 2021 maastokohdekatselmuksissa Jolosjoen valuma-alueella havaittiin kunnostusojitusten lisäksi myös uusia ojituksia peltoalueilta, joissa ainakin yhdessä tapauksessa oja oli johdettu Jolosjoen alaosalla suoraan vesistöön. Samalla alueella oli suoritettu myös Jolosjoen pääuomaa sivuavia ruoppauksia (Kiiminkijoki ry; Haapala, tiedoksianto & liite 4).

Valuma-alueen ojitusten kautta uomiin kulkeutuu ravinteiden ja kiintoaineen lisäksi myös hiekkaa. Tämä yksipuolistaa uomien rakennetta. Uoman monipuolinen rakenne pitäisi yllä paremmin eliöyhteisöjen monimuotoisuutta (mm. & Muotka & Syrjänen 2007). Uomaan kasautuva hiekka peittää allensa mm. eliöstölle tärkeitä vesisammalkasvustoja, karkeampaa kiviainesta sekä mm. lohikalojen lisääntymisen ja elinkierron kannalta elintärkeitä soraikkoja sekä pienpoikaskivikkoalueita. Uoman hiekoittuminen vähentää myös mm. uoman syvyysvaihtelua ja siten hiekoittuneen uoman rakenne sekä sen virtausolosuhteet yksipuolistuvat (Wood & Armitage 1997, Kemp 2011). Hiekoittumisen on havaittu vaikuttavan negatiivisesti myös mm. virtavesien pohjaeläimistöön (mm. Richards ym. 1997, Jones ym. 2012). Uoman hiekoittuminen tekee uomista myös epävakaampia. Jolosjoen valuma-alueella metsäojitusten vaikutukset ja ojitustensiteetin muutokset ajan saatossa ovat nähtävissä mm. Hirviojan alaosalla, jossa uoma on pahasti hiekoittunut (liite 5).

Valuma-alueen metsien hakkuiden on havaittu voimistavan metsäojitusten haitallisia vaikutuksia virtavesiluonnon monimuotoisuuteen (mm. Rajakallio ym. 2021). Ojitusten ja maankäsittelyn myötä, kasvavan happamuus- ja metallikuormituksen lisäksi, myös mm. vesistöille haitallisen karkean ja hienojakoisen kiintoainekuormituksen määrä lisääntyy hakkuiden myötä. Hienon kiintoaineksen kulkeutuminen valuma-alueelta uomiin on todettu vähentävän merkittävästi virtavesiluonnon monimuotoisuutta (mm. Naiman ym. 2005, Clerici ym. 2014). Ahtiaisen ja Huttusen (1995) mukaan Suomessa metsätalousmaiden ojitus, auraus ja mätästys saattavat nostaa esimerkiksi purojen kiintoainepitoisuudet monikymmenkertaisiksi. Vesistöjen kiintoainekuormitus kasvaa myös metsätaloustoimista johtuvan eroosion myötä. Jolosjoen

kunnostustarvekartoituksen yhteydessä ranta-alueilta havaittiin runsaasti aivan viime vuosina tehtyjä avohakkuualueita, joiden maaperää oli äestetty ja ojitettu (Tuohino 2018). Myös vuoden 2021 maastokatselmuksissa Jolosjoen sekä sen sivu-uomien alueilta havaittiin uusia hakkuita, joissa mm. suojavyöhykettä avohakkuiden ja vesistön välille oli jätetty ainakin yhdellä kohteella korkeintaan muutamien metrien leveydeltä (Kiiminkijoki ry, Haapala; tiedoksi).

Ranta-alueiden hakkuut muuttavat virtavesien elinympäristöjä myös epäsuorasti. Hakkuiden myötä uomiin pääsee mm. kohdistumaan enemmän suoraa auringonvaloa, mikä lisää puolestaan uoman perustuotantoa. Luonnontilaisissa virtavesissä, joissa myös uoman ranta-alueet ovat luonnontilaisia tai luonnontilaisen kaltaisia, ranta-alueen kasvillisuus ja puusto varjostavat vesistöä, jolloin mm. levien fotosynteesitehokkuus on heikompaa ja levätuotanto siten rajoittuneempaa (mm. Hill 1996, Heino ym. 2004). Etenkin pienissä virtavesissä, rantahakkuiden myötä uomaan kohdistuvan kasvavan auringonvalon määrä voi nostaa veden lämpötilaa huomattavasti. Veden liiallinen lämpötilannousu on haitallista mm. lohikaloille. Esimerkiksi vuoden 2021 kesällä Kiiminki- ja Jolosjoen pääuoman veden lämpötila kohosi ajoittain jopa + 25 °C -asteeseen (ks. Ympäristöhallinto 2021g & liite 2). 25-asteinen vesi on esimerkiksi lohikalojen poikasille tappavan kuumaa (Luke 2021). Korkeat veden lämpötilat nostavat myös aikuisten taimenien kuolleisuutta (mm. Carter 2006.). Suojaiset, rantakaistoiltaan puustoiset, ja siten selvästi viileämpivetiset sivu-uomat (ks. liite 2), voisivat toimia helteisinä kesinä lohikalojen suojapaikkoina.

Ranta-alueiden hakkuut vaikuttavat myös virtavesistöjen ravintoverkkoihin muuttamalla mm. maa-alueilta uomaan kulkeutuvan karikkeen määrää ja laatua. Virtavesieliöyhteisöt ovat hyvin riippuvaisia rantavyöhykkeeltä uomaan kulkeutuvasta eloperäisestä aineksesta, sillä eliöyhteisöjen tuotanto perustuu etenkin pienvesissä pitkälti rantametsästä uomaan päätyvän materiaalin, etenkin lehtikarikkeen hajotukseen (mm. Webster ym. 1999).

Vesistönsuojelun näkökulmasta valuma-alueen ojituksista, maanmuokkaustoimenpiteistä sekä ranta-alueiden hakkuista, tulisi luopua täysin. Tämä vähentäisi myös Jolosjoen uomajatkumon sekä sen lähiympäristön luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä.

Vesistökuormituksen määrää maa- ja metsätalousalueilta voidaan yrittää pienentää erilaisin vesiensuojelurakentein, kuten rakentamalla vesistöihin johtaviin ojiin laskutusaltaita ja lietetaskuja. Näitä rakenteita olisi kuitenkin huollettava säännöllisesti, jotta ne toimisivat. Vuoden 2021 Jolosjoen valuma-alueen vesinäytteenottokierrosten yhteydessä usealla eri kohteella havaittiin, että metsäojaverkostoissa sijaitsevat laskeutusaltaat ovat täyttyneet, eivätkä ne toimi enää mm. kiintoaine-

tai ravinnekuormituksen pidättämiseen tarkoitetulla tavalla. Näytteenoton yhteydessä havaittiin myös, että usealla eri peltolohkolla pellot ovat kiinni suoraan vesistössä, eikä peltolohkojen ja vesistöjen välillä ole riittäviä suojavyöhykkeitä (liite 6). Vesistönsuojelun kannalta peltojen ja vesistöjen välisiä suojavyöhykkeitä olisi lisättävä, ja jo olemassa olevia vesistönsuojelurakenteita olisi huollettava säännöllisesti sekä pitkäjänteisesti.

Jolosjokeen laskevien ojien vesiä voidaan pyrkiä puhdistamaan rankapuuta hyödyntävän biologisen menetelmän avulla, esimerkiksi sijoittamalla ojien vesiensuojelurakenteisiin, kuten lasketusaltaisiin, uppopuuta väljinä nippu- tai kasettirakenteina. Kenttäkokeissa tämän menetelmän on todettu vähentävän esimerkiksi tulva-ajan kiintoainekuormitusta lähes 80 prosenttia. Uppopuun pinnalle kehittyvä ns. biofilmi, ja sitä hyödyntävä eliöstö suodattavat vedestä myös ravinteita, humusta ja metalleja (Vuori ym. 2021).

Ojitusten, ja mahdollisten kunnostusojitusten, haittavaikutuksia voidaan pyrkiä lieventämään lisäksi mm. ojaverkostoihin sijoitettavien putkipatorakenteiden avulla. Putkipatojen tarkoituksena on rajoittaa tulvahuippujen voimakkuutta ja pidättää mm. kiintoainetta ojaverkostoissa (mm. Marttila & Klöve 2010, Jämsen & Marttila 2011). Putkipatoja on käytetty menestyksekkäästi vesistöjen suojelussa Keski-Suomen metsäkeskuksen alueella 2000-luvun alusta lähtien (Tertsunen ym. 2012). Vesistönsuojelurakenteina on käytetty myös vesistöihin johtavien pääsarkaojien pintavalutuskenttiä. Kentät on rakennettava ja mitoitettava riittävän suuriksi, jotta ne toimisivat myös ylivirtamaatilanteissa. Uppopuu-, putkipato- ja pintavalutuskenttärakenteet voivat vähentää vesistöihin kulkeutuvia kiintoainemäärien lisäksi myös raudan määrää. Partikkelimainen rauta on yleensä sitoutunut kiintoaineeseen.

Peltosalojien vesistökuormituksen vähentämiseen on puolestaan pilotoitu mm. biosuodattimia, jotka suodattavat vedestä etenkin rikkiyhdisteitä, sekä myös erilaisia metalleja. Biosuodattimiin kertyvä rikki voidaan ottaa uudelleen viljelyskäyttöön (Newspool 2021).

4.3 Vesitase

Jolosjoen luontainen virtausdynamiikka on muuttunut mm. valuma-alueen maankäytöstä, ojituksista sekä jokiuoman perkauksista johtuen. Näiden muutosten myötä joen kriittisten alivirtaamakausten yleisyys on lisääntynyt. Alivirtaamakaudesta johtuva veden vähyys aiheuttaa ongelmia virtavesiuoman eliöstölle, varsinkin, jos uoma kuivuu huomattavasti. Ilmastonmuutoksen on ennakoitu aiheuttavan merkittäviä muutoksia Suomen vesistöissä. Lämpötilan nousun on arvioitu vähentävän lumen kertymää ja siten pienentävän kevättulvia.

Kuivat, sateettomat jaksot, ja siten matalat vedenkorkeudet ja pienet virtaamat vesistöissämme tulevat lisääntymään (Keskitalo 2015).

Pohjois-Suomessa virtaamat ovat pienimmillään yleensä talvikuukausina (Ympäristö 2021). Yleensä pohjoisessa vuotuinen alivirtaamakausi ajoittuu kevättalveen (Järvenpää 2004), jolloin esimerkiksi taimenen ja lohen kutualueilla virtaama voi laskea liian pieneksi, heikentäen oleellisesti mädin selviytymismahdollisuuksia (mm. Rajala 2014). Virrannopeuden olisi pysyttävä kutupaikassa tietyn suuruisena eri virtaamatilanteissa (mm. Louhi & Mäki-Petäys 2003). Esimerkiksi taimenen mädin selviytymisen kannalta kriittisin hetki on todennäköisesti talven alivirtaaman aikana (Syrjänen ym. 2013). Pahimmillaan mäti voi tuhoutua sen jäädessä alivirtaamakautena kuiville.

Jolosjoella kriittisten alivirtaamakausien yleisyyttä voidaan yrittää pienentää esimerkiksi valuma-alueen ojitettujen suo- ja metsäalueiden ennallistamisella. Ojittamattomat suoalueet varastoivat vettä, ja tasaavat siten virtaamia. Lisäksi ojittamattomat suoalueet sitovat itseensä valuma-alueelta peräisin olevaa vesistökuormitusta, kuten kiintoainetta ja ravinteita.

4.4 Jolosjärvi

Jolosjärven läpi kulkeva penkkatie on muuttanut järven luontaista virtausdynamiikkaa. Tiepenger halkaisee järven kahteen eri osaan hidastaen järven vesimassan vaihtumista. Jostain syystä penkereen padottavaa vaikutuksia ei ole otettu huomioon Jolosjärven hydro-morfologisuuden muuttuneisuutta arvioidessa (ks. Ympäristöhallinto 2021a). Penkkatie kuitenkin hidastaa, ainakin hieman, Jolosjärven läpivirtausta. Jolosjärven läpivirtauksen hidastamista entisestään voidaan harkita Jolosjärven pintaa maltillisesti korottamalla. Tällä saatettaisiin pystyä vähentämään kriittisten alivirtaamakausien yleisyyttä Jolosjärven alapuolisilla Jolosjoen osuuksilla.

Jolosjärven kunnostustoimenpiteillä voidaan pyrkiä parantamaan järven tilaa. Toimenpiteiden suunnittelussa ja kunnostusten toteuttamisessa on oltava kuitenkin huolellinen. Suunnittelun pohjaksi tarvitaan lisätietoa mm. järven eliöstöstä ja sen ravintoverkkojen toiminnasta. Toimenpiteet eivät saa vähentää Jolosjärven eteläosan suojeluarvoa. Esimerkiksi järven viipymän lisäämisellä voisi olla myös haittavaikutuksia itse Jolosjärvelle. Viipymän kasvaessa mm. järven pohjaan sedimentoituvan kiintoaineen ja ravinteiden määrä saattaa kasvaa. Tällä olisi haittavaikutuksia Jolosjärven jo ennestään heikkoon tilaan. Jolosjärvestä voidaan yrittää poistaa ravinteita mm. hoitokalastuksin tai vesikasvillisuuden poistolla. Kasvillisuuden niitto voi saada järveen jo aiemmin sedimentoituneet ravinteet sekä kiintoaineen liikkeelle.

4.5 Uomakunnostus

Vesistökuormituksesta jo aiheutuneita haittavaikutuksia voidaan yrittää pienentää jokivesistöissä myös uomakunnostustoimenpitein. Esimerkiksi hiekottuneiden uomien kunnostamisessa on käytetty erityyppisiä puu- ja kivirakennesuisteita. Uomakunnostuksia on hyvin monenlaisia, ja niiden menetelmät sekä tavoitteet poikkeavat paikoin toisistaan. Toimenpideratkaisut kuuluvat uomakunnostussuunnitelmaan, joten niitä ei kuvata tässä selvityksessä tarkemmin. Mm. Ahola & Havumäki (2008), Suhanto (2014), Högmander & Pehkonen (2013), Hämäläinen (2015) ja Vuori ym. (2021) ovat kuvanneet näitä kunnostustoimenpiteitä ja -ratkaisuja yksityiskohtaisemmin.

5 Tiivistelmä

Valuma-alueen luontaiset ominaispiirteet sekä sen maankäyttö vaikuttavat huomattavasti jokiuomiin ja sitä kautta niiden eliöstöön. Virtavesien ja valuma-alueiden riippuvuussuhteiden takia virtavesien uomaverkostoja sekä niiden valuma-alueita on käsiteltävä aina yhtenä kokonaisuutena.

Tässä työssä tarkasteltiin Jolosjoen nykyistä tilaa, vedenlaatua sekä nykyisen vedenlaadun vaikutuksia Jolosjoen vesieliöstöön. Lisäksi työssä arvioitiin Jolosjokeen kohdistuvia kuormitustekijöitä ja -lähteitä. Työssä esitettiin myös toimenpide-ehdotuksia, joilla voidaan pyrkiä vähentämään valuma-alueilta peräisin olevaa Jolosjoen kuormitusta sekä luomaan näin mm. vesieliöstölle suotuisampia elinolosuhteita.

Fysikaalis-kemiallisin perustein Jolosjoki luokituu nykyään tyydyttävään tilaluokkaan ja Jolosjärvi tyydyttävään tilaan. Jolosjokea kuormittavat etenkin maa- ja metsätalous sekä laskeumasta johtuva kuorma. Myös haja-asutuksen sekä turvetuotannon kuormitus on arvioitu Jolosjoella merkittäviksi tekijöiksi. Vesistökuormitus on vaikuttanut Jolosjoen ja -järven vesieliöstöön negatiivisesti. Vesistökuormituksen haitalliset vaikutukset korostuvat, kun huomioidaan kaikkien kuormitustekijöiden yhteisvaikutus eliöyhteisöihin. Jolosjoen ja -järven vesi on usein mm. hapanta, kiintoainepitoista ja ravinnerikasta. Valuma-alueelta lähtöisin olevaan kuormitukseen voidaan yrittää vaikuttaa mm. tässä selvitystyössä esitettyin ratkaisuin.

Jolosjoen uomakunnostustoimenpiteisiin ei kannata ryhtyä ainakaan pelkin kalataloudellisin perustein, ennen kuin ongelmat valuma-alueella, ja sitä kautta joen nykyisessä vedenlaadussa on saatu ratkaistua. Nykyisellään Jolosjokeen kohdistuva kuormitus ja veden happamuus eivät mahdollista esimerkiksi taimenen lisääntymistä ainakaan Jolosjoen alaosilla kuin korkeintaan satunnaisesti. Pelkistä uomakunnostustoimenpiteistä ei olisi välttämättä kalataloudellisesta

näkökulmasta hyötyä, jolloin uomakunnostuksiin käytetyt resurssit menisivät hukkaan. Resurssit kannattaa ensin suunnata valuma-alue kunnostuksiin.

Jos kunnostustoimenpiteitä toteutetaan uomakunnostuksia ennen myös valuma-alueella, yhdistetyillä toimenpiteillä voidaan parantaa Jolosjoen kalataloudellisen arvon lisäksi myös jokiluonnon ja sen lähiympäristöjen tilaa. Uoma- ja valuma-aluekunnostustoimenpiteet on ajoitettava toisiinsa nähden oikein ja työtä on jatkettava pitkäjänteisesti. Kunnostustoimien lisäksi valuma-alueen maankäyttöön on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota. Jotta Jolosjoen tilaa voitaisiin parantaa, vesiensuojelutyöhön on saatava mukaan monia tahoja, kuten paikalliset asukkaat, maanomistajat, maa- ja metsätaloustoimijat sekä eri viranomaiset.

Mikäli kunnostustoimia aloitetaan niin valuma-alueella kuin jokiuomassakin, kunnostustoimien vaikutusseurantaan tulee laatia pitkän ajan seurantaohjelma, jotta toimenpiteiden vaikutuksia voidaan arvioida. Kunnostustoimenpiteiden vaikutukset eliöyhteisöihin näkyvät vasta viiveellä. Veden fysikaalis-kemiallisen tilan ja eliöyhteisövasteiden seurannat ovat välttämättömiä myös siksi, että mahdolliset kunnostustoimenpiteistä johtuvat ongelmat voidaan havaita ajoissa. Näin kunnostustoimet voidaan tarvittaessa uudelleensuunnata tai -mitoittaa. Jotta kunnostustoimien vaikuttavuutta eri virtavesieliöyhteistöön voidaan arvioida, tarvitaan riittävästi aineistoja myös ajalta ennen kunnostustoimenpiteitä.

6 Viitteet

- Allan, J. & M. Castillo 2007. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. 3. painos. 485 s.
- AFRY Finland Oy. Turveruukki Oy & Vapo Oy – Kiiminkijoen turvetuotantoalueiden kalataloudellinen tarkkailu v. 2019. Raportti. 14 s.
- Ahola, M. & Havumäki, M. (toim.) 2008. Purokunnostusopas – Käsikirja metsäpurojen kunnostajille. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus ja Kainuun ympäristökeskus. Ympäristöopas 89 s.
- Ahtiainen, M. & Huttunen, P. 1995. Metsätaloustoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutukset purovesien laatuun ja kuormaan. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2: 33-50.
- Alenäs, I., Andersson, B.I., Hultberg, H. & Rosemarin, A. 1991. Liming and reacidification reactions of a forest lake ecosystem, Lake Lysevatten, in SW Sweden. Water Air Soil Pollut. 59: 55–77.
- Carter, K. 2006. Effects of Temperature, Dissolved Oxygen / Total Dissolved Gas, Ammonia, and pH on Salmonids – Implications for California's North Coast TMDLs. 43 s.
- Clair, T. A. & Hindar, A. 2005. Liming for the mitigation of acid rain effects in freshwaters: A review of recent results, Environ. Rev., 13, 91-128.
- Clerici, N., Parracchini, M.L. & Maes, M. 2014. Land-cover change dynamics and insights into ecosystem services in European stream riparian zones. Ecohydrology & Hyrdobiology. 14 s.
- Christophersen, N., Rustad, S. & Seip, H.M. 1984. Modelling streamwater chemistry with snowmelt. Philos. Trans. R. Soc. Lond. 305: 427–439.
- Davies, T.D., Tranter, M., Wigington, P.J., Jr., Eshleman, K.N., Peters, N.E., Van Sickle, J., DeWalle, D.R. & Murdoch, P.S. 1999. Prediction of episodic acidification in North-eastern USA: an empirical/mechanistic approach. Hydrol. Process. 13: 1181–1195.
- Dickson, W., Borg, H., Hornstrom, E. & Gronlund, T. 1995. Reliming and reacidification effects on lakewater, chemistry, plankton and macrophytes. Water Air Soil Pollut. 85: 919–924.
- Eloranta, P., Karjalainen, Satu-Maaria & Vuori, K-M. 2007. Piilevâyhteisöt jokivesien ekologisen tilan luokittelussa ja seurannassa –

menetelmäohjeet. Ympäristöopas. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 58 s.

Eurofins Ahma Oy 2020. Kiiminkijoen turvetuotantoalueiden yhteistarkkailu vuonna 2019. 74 s.

Finer, 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. 77 s.

Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1995. Benthic animal response after liming of three South Norwegian rivers. *Water Air Soil Pollut.* 85: 931–936.

Fransman, B. & Nihlgaard, B. 1995. Water chemistry in forested catchments after topsoil treatment with liming agents in south Sweden. *Water Air Soil Pollut.* 85: 895–900.

GTK 2021. Happamat sulfaattimaat. <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html> [luettu 12.4.2021]

Harper, D. 1992. *Eutrophication of freshwaters.* Chapman & Hall, London. 327 p.

Heino, J., P. Louhi & T. Muotka. 2004. Identifying the scales of variability in stream macroinvertebrate abundance, functional composition and assemblage structure. *Freshwater Biology* 49: 1230–1239.

Hill, W.R. 1996. Factors affecting benthic algae – effects of light. Teoksessa: *Algal Ecology – Freshwater Benthic Ecosystems.* (Toim. R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe). Academic Press, San Diego, U.S.A. 788 s.

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.

Hämäläinen, L. 2015. Pienvesien suojelu- ja kunnostusstrategia. Ympäristöministeriön raportteja 27 / 2015. 69 s.

Härkönen, L. & Nieminen, M. 2019. Happamat sulfaattimaat maa- ja metsätaloudessa –seminaari. Laitila 12.4.2019

Högmander, P. & Pehkonen, T. (toim.) 2013. Turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojelun kehittäminen – TASO-hankkeen loppuraportti. 106 s.

Jones, J.I., J.F. Murphy, A.L. Collins, D.A. Sear, P.S. Naden & P.D. Armitage. 2012. The impact of fine sediment on macroinvertebrates. *River Research and Applications* 28: 1055–1071.

Järvenpää, L. 2004. Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 737. 96 s.

Karr J.R. & Chu E.W. 2000. Sustaining living rivers. *Hydrobiologia* 422/42: 1-14

Kemp, P., D. Sear, A. Collins, P. Naden & I. Jones. 2011. The impacts of fine sediment on riverine fish. *Hydrological Processes* 25: 1800–1821.

Keskitalo, L. 2015. Hautaperän tekojärven padotus- ja juoksutus selvitys. 130 s. + liitteet.

Kiiminkijoki ry 2021. <http://www.kiiminkijoki.fi/fi/Yleist%C3%A4/Jolosjoen+hankkeet.html> [luettu 20.10.2021]

Koekalastusrekisteri 2021. https://wwwp2.ymparisto.fi/koekalastus_sahko [luettu 1.6.2021]

Koskenniemi, E. & Ruoppa, M. 2004. Pohjaeläintutkimukset. Julkaisussa: Ruoppa, M. & Heinonen, P. (toim.). Suomessa käytetyt biologiset vesistöntutkimusmenetelmät. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 45 s.

Kreutzer, K. 1994. The influence of catchment management processes in forests on the recovery in freshwaters. Chap. 21. Teoksessa: Acidification of freshwater ecosystems: implications for the future. Toim. C.E.W. Steinberg & R.F. Wright. John Wiley and Sons, New York. pp. 325–344.

Leivestad, H., Jensen, E., Kjartansson, H. & Xingfu, L. 1987. Aqueous speciation of aluminium and toxic effects on Atlantic salmon. *Ann. Soc. R. Zool. Belg.* 117(Suppl. 1): 387–398.

Lingdell, P.E. & Engblom, E. 1995. Liming restores the benthic invertebrate community to "pristine" state. *Water Air Soil Pollut.* 85: 955–960.

Louhi & Mäki-Petäys 2003. Elämää soraikon ulkopuolella ja sisällä – lohen ja taimenen kutupaikan valinta sekä mädin elinympäristövaatimukset. *RKTL. Kalatutkimuksia* 191. 23 s.

Luke 2021. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/poikkeuksellisten-saiden-vaikutus-luonnonvaroihin/kalat-ja-poikkeukselliset-saat/> [luettu 18.10.2021]

Marttila, H. & Klöve, B. 2010. Managing runoff, water quality and erosion in peatland forestry by peak runoff control. *Ecological Engineering* 36(7): 900-911.

Miettinen, J. 2021. Pohjois-Pohjanmaan vesistöjen biologinen seuranta – päällyslevät 2020. *Ecomonitor*. Raportti. 13 s.

Muotka T. & J. Syrjänen. 2007. Changes in habitat structure, benthic invertebrate diversity, trout populations and ecosystem processes in restored forest streams: a boreal perspective. *Freshwater Biology* 52: 724-737.

Marttila, H., Vuori, K-M., Hökkä, H., Jämsen, J. & Klöve, B. 2010. Framework for designing and applying peak runoff control structures for peatland forestry conditions. *Forest ecology and management* 260 (8): 1262-1273.

Muurimäki, J. 2021. Jolosjoen kalastoselvitys vuonna 2021. Kainuun kalatalouskeskus. Raportti. 4 s.

Naiman, R.J., Decamps, H. & McLain, M. 2005. *Riparia – Ecology, Conservation and Management of Streamside Communities*. Elsevier Academic Press. San Diego. 448 s.

Newspool 2021. <https://newspool.fi/katkaravunkuoret-puhdistavat-pian-kuntien-jatevedet/> [luettu 15.10.2021]

Nieminen, T. M., Silver, T. Boman, A. Ilvesniemi, H., Joensuu, S. & Härkönen, L. 2020. Happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen hyödyntäminen metsätaloudessa. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21 / 2020. Raportti.

Nieminen, M., Launiainen, S., Ojanen, P., Sarkkola, S. & Lauren, A. 2020. Metsätalouden vesistökuormitus: nykyäisyys ja tulevaisuuden menetelmäkehitys. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020.

Olsson, P. & Persson, B.-G. 1986. Effects of gravel size and peat material concentrations on embryo survival and alevin emergence of brown trout, *Salmo trutta*, L. *Hydrobiologia* 135: 9-14.

Owens, P.N., R.J. Batalla, A.J. Collins, B. Gomez, D.M. Hicks, A.J. Horowitz, G.M. Kondolf, M. Marden, M.J. Page, D.H. Peacock, E.L. Petticrew, W. Salomons & N.A. Trustrum. 2005. Fine-grained sediment in river systems: environmental significance and management issues. *River Research and Applications* 21: 693-717.

Pitkänen, H. 1994. Eutrophication of Finnish coastal waters: Origin, fate and effects of riverine nutrient fluxes. *Publications of the Water and*

Environment Research Institute. National Board of Waters and the Environment, Finland. No. 18. 45 s.

Pohjaeläinrekisteri 2021. <https://portaali.ymparisto.fi/portaali/> [luettu 8.4.2021]

POPELY, KAIELY & LAPELY 2020. Vaikuta vesiin – Ehdotus Oulujoen-Iijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmaksi vuosille 2022–2027. Osa 1: Vesienhoitoaluetta koskevat tiedot. 175 s.

Pöyry Finland Oy 2018. Kiiminkijoen turvetuotantoalueiden käyttö-, päästö-, ja vaikutustarkkailut v. 2017. 135 s.

Pöyry Finland Oy 2019. Kiiminkijoen turvetuotantoalueiden käyttö-, päästö-, ja vaikutustarkkailut vuonna 2018. 78 s.

Rajakallio, M., Jyväsjärvi, J., Muotka, T. & Arvoviita, J. 2021. Blue consequences of the green bioeconomy: Clear-cutting intensifies the harmful impacts of land drainage on stream invertebrate biodiversity. *Journal of Applied Ecology*. 10 s.

Rajala, J. 2014. Järvitaimnen mädin kuoriutumisen ja poikasten selviytyminen ensimmäisestä kasvukaudesta Uitonvirran reitillä. Etelä-Savon ELY-keskus. Raportteja 10 / 2014. 14 s.

Rask, M., Nyberg, K., Markkanen, S-L. & Ojala, A. 1998. Forestry in catchments: effects on water quality, plankton, zoobenthos, and fish in small lakes. *Boreal Env. Res.*3: 75-86.

Redding, J.M. & Schreck, C.B. 1987. Physiological effects on coho salmon and steelhead of exposure to suspended solids. *Trans. Am. Fish. Soc.* 116: 737-744.

Richards, C., R.J. Haro, L.B. Johnson & G.E. Host. 1997. Catchment and reach-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits. *Freshwater Biology* 37 (1): 219–230.

Rubin, J-F. & Glimsäter, C. 1996. Egg-to-fry survival of the sea trout in some streams of Gotland. *Journal of Fish Biology* 48: 585-606.

Sallantaus, T. 1995. Huuhtoutuminen metsäojitusalueiden ainekierrossa. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.) *Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta*. METVE-projektin loppuraportti. *Suomen ympäristö* 2:131-138.

Sedell, J.R., Richey, J.E., & Swanson, J.F. 1989. The river continuum concept: A basis for the expected ecosystem behavior of very large rivers? P.: 44–55. Toksessa: Dodge, P.D [toim.]. *Proceedings on International Large River Symposium*. Ca. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106.

Suanto, M. 2014. Pohjoisten pintavesien tilan parantaminen 2012 – 2014. Metsäpuro-hankkeen 2013 työt Metsähallituksessa. Raportti. 24 s.

Suomen lajitietokeskus 2021. <https://laji.fi/taxon/MX.56> [luettu 16.6.2021]

SYKE 2021ba. https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_mallinnus_ja_arviointijarjestelma__VEMALA [luettu 15.6.2021]

SYKE 2021b. https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Pienten_virtavesien_valtakunnallinen_tilan_arviointi_ja_mallinnus [luettu 20.10.2021]

Syrjänen, J., Sivonen, K., Sivonen, O. & Valkeajärvi, P. 2013. Taimenen kutupesälaskenta – menetelmät ja esimerkkituloksia. RKTL. Tutkimuksia ja selvityksiä 9 / 2013. 28 s.

Tertsunen, J., Martinmäki, K., Heikkinen, K., Marttila, H., Saukkoriipi, J., Tammela, S., Saarinen, T., Tolkkinen, M., Hyvärinen, M., Ihme, R., Yrjänä, T. & Klöve, B. 2012. Happamuuden aiheuttamat vesistöhaitat ja niiden torjuntakeinot Sanginjoella. Suomen ympäristö 37/2012. 168 s.

Torvinen, S. & Laine, A. 2016. Oulujoen-iijoen vesienhoitoalueen toimenpideohjelma 2016–2021. Osa 2. Toimenpiteet. Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 129/2015. 281 s.

Tuohino, J. 2018. Jolosjoen kunnostustarveselvitys 2018. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. Ympäristö ja luonnonvarat. Raportti. 19 s.

Ympäristö 2021. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen_kunnostus/Virtavesien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijöitä/Happamoituminen [luettu 11.6.2021]

Ympäristöhallinto 2021a. Hertta-tietokanta. <https://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp> [luettu 8.4.2021]

Ympäristöhallinto 2021b. Uomatietojärjestelmä. <https://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/uoma/uoma.asp> [luettu 8.4.2021]

Ympäristöhallinto 2021c. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMzFjYU2ODItYThkNy00YTc5LTNmNTUtMjNlZTljZTFjOGE1IiwidCI6IjY2MTAzOGQ5LTExMTEtNGE4NS1hZGI5LWU3YjQ4OGVmNGUxMiIsImMiOj9> [luettu 24.5.2021]

Ympäristöhallinto 2021d. https://wwwp2.ymparisto.fi/koekalastus_sahko/yhteinen/Login.aspx?ReturnUrl=%2fkoekalastus_sahko [luettu 1.6.2021]

Ympäristöhallinto 2021e. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen_kunnostus/Pienvesien_kunnostus/Purojen_kunnostus/Puron_lahtotilanteen_selvittaminen/Puron_ongelmien_tunnistaminen_maastossa [luettu 1.9.2021]

Ympäristöhallinto 2021f. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/pintavesien-tilan-tietojarjestelma-vedenlaatu-vesla> [luettu 19.10.2021]

Ympäristöhallinto 2021g. <https://wwwi2.ymparisto.fi/i2/60/q6000410y/wqfi.html> [luettu 1.8.2021]

Vuori, K.-M., Joensuu, I. & Latvala, J. 1995. Metsäojitusten vaikutukset veden laatuun, pohjaeläimistöön ja taimenen ravintoon Isojoen vesistössä. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.) Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2: 265-279.

Vuori, K-M. & Joensuu, I. 1996: Impact of forest drainage on the macroinvertebrates of small boreal headwater stream: Do buffer zones protect lotic biodiversity? *Biological Conservation* 77: 87-95.

Vuori, K-M., Leppänen, M., Koljonen, S. Jämsen, J., Vaso, A., Keskinen, E., Hämäläinen, H., Nieminen, M., Huotari, E. & Solmassuo, J. 2021. Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin. PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti. 32 s.

Vuori, K-M., Leppänen, M., Koljonen, S., Jämsen, J., Vaso, A., Keskinen, E, Hämäläinen, H., Nieminen, M., Huotari, E. & Solmasuo, J. 2021. Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin. PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti. 32 s.

Webster, J.R, E.F. Benfield, T.P. Ehrman, M.A. Schaeffer, J.L. Tank, J.J. Huthens & D.J. D'Angelo. 1999. What happens to allochthonous material that falls into streams? A synthesis of new and published information from Coweeta. *Freshwater Biology* 41: 687–705.

Wilander, A., Andersson, P., Borg, H. & Broberg, O. 1995. The effects of liming on water chemistry. Chap. 5. Teoksessa *Liming of acidified surface waters: a Swedish synthesis*. Toim. L. Henrikson & Y.-W. Brodin. Springer-Verlag, Berlin. pp. 125–178.

Wood, P.J. & P.D. Armitage. 1997. Biological Effects of Fine Sediment in the Lotic Environment. *Environmental Management* 21 (2): 203–217.