

Sanni Rautanen

**TIE- JA VÄYLÄRAKENTAMISEN HAIT-  
TAVAIKUTUKSET VIRTAAVIIN PIENVE-  
SIIN JA NIIDEN KUNNOSTAMINEN:**  
Case Vuohenoja

Kandidaatintyö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tarkastajat: Marja Palmroth ja Silja Mustonen  
Huhtikuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Sanni Rautanen: Tie- ja väylärakentamisen haittavaikutukset virtaaviin pienvesiin ja niiden kunnostaminen: case Vuohenoja  
Adverse effects of road and fairway construction on small stream waters and their renovation: Case Vuohenoja  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Tekniikan ja luonnontieteiden kandidaattiohjelma, ympäristö- ja energiatekniikan opintosuunta  
Huhtikuu 2024

---

Sisämaan pienvesiin luetaan yleisesti purot, ojat, norot ja lähteet, jotka määritellään valuma-alueen koon ja pienvesityypeille ominaisten tunnuspiirteiden mukaan. Nykyään laajasti kasvanut tie- ja väylärakentamistoiminta asettaa erilaisia ekologisia ja kemiallisia uhkia taajama- ja kaupunki-alueiden pienvesiympäristöjen tilalle, joissa elää runsaasti uhanalaista kasvi- ja eläinlajistoa. Maankäytön seurauksena pienvesiympäristöjen muutosherkkä rakenne voi muuttua rajustikin esimerkiksi haitallisten aineiden kuormituksen tai eroosion takia. Pienveden tilan heikennyttä ihmisen toiminnan seurauksena pienvesikunnostustoimet tulevat tarpeellisiksi. Kunnostuksen tavoitteena on saavuttaa uoman muotoja ja elinympäristöjä muokkaamalla mahdollisimman luonnomukainen pienvesiympäristön tila. Pienvesiin tie- ja väylärakentamishankkeilla kohdistuvat uhat tulisi kuitenkin minimoida, sillä luonnon monimuotoisuuden ylläpitämisen lisäksi taajama- ja kaupunkiympäristöjen virtaavilla pienvesillä on merkittävä rooli myös tulvasuojelun ja alueen asukkaiden virkistyskäytön näkökulmasta.

Työn tavoitteena on selvittää, mitä ekologisia ja kemiallisia haittoja tie- ja väylärakentaminen kohdistaa virtaaviin pienvesiin, millä eri menetelmillä pienvesiä voidaan kunnostaa ja millaisia vaikutuksia kunnostamisella lopulta on pienvesien tilaan. Pienvesien kunnostustoimia käsitellään Tampereen Vuohenojan case-tapauksen kautta, mikä tuo työhön konkreettisen esimerkin pienvesien kunnostamisesta tie- ja väylärakentamishankkeen yhteydessä. Pienvesien kunnostusmenetelmien lisäksi pyritään selvittämään, millainen on pienvesien ekologinen rooli rakennetussa ympäristössä ja mikä on kunnostustoimien jälkeisten vaikutusten arvioinnin merkitys koko pienvesikunnostusprosessin näkökulmasta.

Merkittävimpiä rakentamisen pienvesiin kohdistamia haittoja ovat hulevesien työmailta kuljetettavat haitalliset aineet, kuten ravinteet, sekä maaperän eroosio. Haitalliset aineet aiheuttavat pienvesien vedenlaadun heikentymistä, millä on negatiivisia vaikutuksia vesieliöstöön. Eroosio muuttaa haitallisesti pienvesiuoman rakennetta kiintoaineksen kerrostuessa uoman pohjalle vähentäen syvyys- ja leveysvaihtelua. Vuohenojassa tie- ja väylärakentamisen on havaittu aiheuttavan erityisesti veden samentumista, joka on seurausta eroosion aiheuttamasta kiintoainekuormasta. Vuohenojaa on kunnostettu muun muassa luonnonkiviverhoiluilla ja luiskien kiveyksillä, joiden tavoitteena on ollut ensisijaisesti pienvesiympäristön luonnonmukaistaminen ja rakentamisen aikaisten eroosiohaittojen torjuminen. Pienvesien kunnostusmenetelmiä on olemassa useita, joilla on keskenään erilaiset tavoitteet pienveden ekologisen tai kemiallisen tilan kohentamiseksi. Kunnostusmenetelmät valitaan hankkeilla aina tapauskohtaisesti ennen kunnostustoimenpiteitä tehtävän inventoinnin pohjalta juuri kyseisen pienvesiympäristön kunnostustarpeisiin sopiviksi.

Työn tulosten avulla voidaan myös lisätä erityisesti tie- ja väylärakentamishankkeilla toimivien henkilöiden tietoisuutta pienvesien ekologiseen ja kemialliseen tilaan rakentamisen kautta kohdistuvista riskeistä sekä pienvesien kunnostamisen tärkeydestä. Tavoitteena on, että pienvesiympäristöihin rakentamisen kautta kohdistuvat riskit tunnistettaisiin ja eliminoidaisiin ajoissa ennen todellisia ympäristöongelmia. Myös pienvesien kunnostustoimien vaikutuksia tulisi seurata ja arvioida pitkäjänteisesti kunnostusmenetelmien kehittämistä ja erityyppisiin hankkeisiin soveltamista varten.

Avainsanat: virtaavien pienvesien kunnostaminen, tie- ja väylärakentamisen ympäristöhaitat, haitalliset aineet, virtaamamuutokset, pienvesiympäristön ekologia

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	1
2 PIENVESIEN EKOLOGINEN ROOLI RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ .....	3
3 TIE- JA VÄYLÄRAKENTAMISEN HAITAT VIRTAAVIIN PIENVESIIN.....	6
3.1 Hulevesien kuljettamat haitalliset aineet ja niiden vaikutukset .....	6
3.2 Eroosio .....	7
3.3 Virtaamamuutokset ja ylitysrakenteet.....	8
4 VIRTAAVIEN PIENVESIEN KUNNOSTUS .....	11
4.1 Vuohenoja .....	11
4.2 Vuohenojan inventointi ja kunnostustarve .....	12
4.3 Vuohenojan kunnostusmenetelmät .....	14
4.3.1 Elinympäristöjen kunnostaminen .....	15
4.3.2 Uoman kulkukelpoisuuden parantaminen .....	17
4.3.3 Eroosiosuojaus.....	18
4.4 Kunnostustoimien vaikutukset Vuohenojan tilaan.....	21
4.5 Kunnostustoimien vaikutusten arviointi .....	23
5 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	26
LÄHTEET .....	28

# 1 JOHDANTO

Pienvesiin luetaan yleisesti purot, ojat, norot, lähteet, lähteiköt, fladat sekä kluuvijärvet, joista kaksi viimeistä ovat vain rannikkoalueilla tavattavia merestä irtautuneita pienvesiä. Pienvedet määritellään valuma-alueidensa pinta-alan mukaan, ja jokaisella on tietyt ominaispiirteensä tunnistamista varten. (Tolonen et al., 2019) Lisäksi osa pienvesistä luokitellaan kuuluvaksi virtavesiin. Virtavesiksi luetaan vesilain (587/2011) 1:3 §:n mukaan kuitenkin vain joet, purot ja norot (vesilaki, 2011). Suomen luonnontilaiset pienvedet toimivat tiiviissä yhteistyössä ympäristönsä kanssa, minkä vuoksi niiden rooli luonnon vesitalouden ja monimuotoisuuden näkökulmasta on merkittävä (Tolonen et al., 2019).

Virtaaviin pienvesiin kohdistuu tie- ja väylärakentamisesta syntyvien valumien kautta erilaisia ekologisia ja kemiallisia uhkia. Ekologiset uhat liittyvät pienvesiympäristöjen eliöstöön ja kasvillisuuteen, kun taas kemialliset haitat pitävät sisällään vedenlaatuun kohdistuvat vaikutukset (Vuori et al., 2006). Pienvesiympäristöt ovat herkkiä muutoksille erityisen lajistonsa vuoksi, minkä takia pienvesiin kohdistuvien riskien minimointi on tärkeää (Tolonen et al., 2019).

Pienvesikunnostusta tarvitaan, kun pienvesiympäristön fyysinen, kemiallinen tai biologinen toimintakyky on ihmisen toiminnan seurauksena merkittävästi heikentynyt. Pienvesikunnostuksella tarkoitetaan toimia, joiden tavoitteena on erityisesti pienvesiympäristön ekologisen tilan kohentaminen. Vaikka kunnostustoimilla harvoin tavoitetaan ihmistoimintaa edeltänyt pienvesiympäristön tila, kunnostustoiminnassa keskitytään kuitenkin aina luonnollisemman tilan tavoitteluun ja luonnon monimuotoisuuden vähenemisen ehkäisyyn. (A. Eloranta, 2010, s. 13)

Työn tavoitteena on selvittää, mitä haittoja tie- ja väylärakentaminen kohdistaa virtaaviin pienvesiin, millä eri menetelmillä pienvesiä voidaan kunnostaa ja millaisia vaikutuksia kunnostamisella lopulta on pienvesien tilaan. Kunnostusmenetelmiä ja niiden vaikutuksia käsitellään Tampereen Vuohenojan tapausesimerkin kautta. Vuohenoja ei nimensä perusteella lukeudu vesilain määrittelemiin virtavesiin, vaikka Vuohenojassa on havaittu olevan useita virtakohtia (Holsti, 2013). Tässä työssä Vuohenojaa käsitellään kuitenkin vesilain juridisen määritelmän vastaisesti virtaavana pienvetenä. Vuohenojaa on kunnostettu vuosina 2019–2020 sekä 2023–2024 muun muassa Messukyläntien rampin ja

Tampereen raitiotien rakentamisen yhteydessä, minkä vuoksi tie- ja väylärakentamisteema sopii tässä työssä hyvin pienvesikunnostusaiheen yhteyteen. Lisäksi pyritään vielä selvittämään, millainen on pienvesien ekologinen rooli rakennetuissa ympäristöissä ja mikä on kunnostustoimien vaikutusten arvioinnin merkitys koko pienvesikunnostusprosessin näkökulmasta.

Pienvesien kunnostusmenetelmiä on olemassa lukuisia, joten esimerkkihankkeen käsittely tuo työhön konkretiaa ja rajaa erityisesti kunnostusmenetelmätarkastelua. Työn tavoitteena on kuvata Suomen virtaaviin pienvesiin kohdistuvia maankäytön riskejä sekä pienvesiympäristöjen tärkeää roolia osana erityisesti kaupunkiluonnon monimuotoisuutta. Tapausesimerkin kautta tutkitaan tarkemmin virtaavien pienvesien mahdollisia kunnostusmenetelmiä ja niiden vaikutuksia laajemmin pienvesiympäristön käyttöön.

Tässä työssä johdannon jälkeen luvussa 2 käsitellään yleisesti pienvesien ekologista roolia rakennetuissa ympäristöissä, joilla tässä tapauksessa tarkoitetaan taajama- ja kaupunkiympäristöjä. Luvussa 3 siirrytään käsittelemään tie- ja väylärakentamisesta aiheutuvia ekologisia ja kemiallisia haittoja virtaaviin pienvesiin. Neljännessä luvussa käsitellään virtaavien pienvesien kunnostamista Vuohenojan tapausesimerkin kautta. Luvussa kuvataan Vuohenojan lähtötilanne, kunnostustarve, ojan kunnostuksessa käytetyt kunnostusmenetelmät sekä kunnostustoimien jälkeiset vaikutukset pienvesiympäristöön ja sen käyttöön. Luvussa 5 esitetään työn johtopäätökset.

## 2 PIENVESIEN EKOLOGINEN ROOLI RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ

Pienvesiympäristöjen ekologiaa yhdistää muutamia keskenään samankaltaisia ominaispiirteitä. Luonnontilaisissa pienvesiympäristöissä vallitsee ympäristöä viileämpi ja kosteampi pienilmasto uomaan varjostavan kasvillisuuden ansiosta, mikä mahdollistaa kasveille ja vesieläöstölle paikallisesti ainutlaatuiset elinolosuhteet. Suomen pienvedet ovat lisäksi erityisen tärkeässä roolissa luonnon vesitalouden ja monimuotoisuuden näkökulmasta, sillä ne muodostavat ympäristönsä kanssa monipuolisen eliöstön ja kasvillisuuden kokonaisuuden. Pienvesiympäristöissä elää muun muassa erilaisia vesihyönteisiä, kaloja, nahkiaisia, jokirapuja ja jokisimpukoita. Tavallisiin pienvesiympäristöjen kasvilajeihin kuuluvat esimerkiksi vesisammalet, saniaiset ja erilaiset putkilokasvit. Osa pienvesiympäristöjen kasvi- ja eläinlajeista on myös uhanalaisia. (Tolonen et al., 2019)

Pienvesiympäristöjen luonto tarjoaa lisäksi erilaisia aineellisia ja aineettomia etuja, ekosysteemipalveluita, minkä takia pienvesillä on olennainen tehtävä myös virkistyskäytössä (Tolonen et al., 2019). Kuvan 1 kaltaiset luonnonmukaisessa tilassa olevat pienvesiympäristöt tarjoavat taajama- ja kaupunkiympäristöjen asukkaille virkistysmahdollisuuden ja lisäävät samalla rakennettujen ympäristöjen vehreyttä ja ekologista lajimuotoisuutta. Ojien ja purojen varret yhdistävät elinympäristöjä ja tarjoavat suojaa pienvesiympäristöjen eri kasvi- ja eläinlajeille muuten usein hyvin rikkonaisessa kaupunkiympäristössä (Sarvilinna et al., 2012).



Kuva 1. Luonnonmukainen pienvesiympäristö palvelee lähiympäristöään erilaisilla ekosysteemipalveluilla (Sarvilinna et al., 2012)

Pienvesien rooliin elinympäristöjen yhdistäjänä liittyy olennaisesti ehjän jokijatkumon käsite. Jokijatkumolla tarkoitetaan dynaamista tilannetta, jossa pienvesiekosysteemin eri osat toimivat tehokkaasti yhteistyössä toistensa kanssa virtaveden latvaosista suualueelle asti. Tällöin esimerkiksi ainekierrat toimivat oikein ja eliöstö hyödyntää energiaa tehokkaasti. Jokijatkumon katketessa pienvesi ei ole enää tasapainossa toimiva ekosysteemi, mikä lisää erityisesti kaupunki- ja taajama-alueiden pienvesiympäristöjen rikkinaisuutta. (A. Eloranta, 2010, s. 153; Järvenpää, 2004)

Rakennetussa ympäristössä myös tulvasuojelu on merkittävä pienvesien tarjoama ekosysteemipalvelu (Tolonen et al., 2019). Rakenteeltaan vaihteleva uoma tasoittaa saateiden aiheuttamia hetkellisesti suuria virtaamia varsinkin taajama-alueilla, mikä on tärkeää myös alapuolisten vesistöjen tulvasuojelun näkökulmasta (Sarvilinna et al., 2012). Lisäksi uoman sivuille voidaan kaivaa tulvariskiä vähentäviä tulvatasanteita, joiden päälle vesi voi nousta tulva-aikoina (Tolonen et al., 2019).

Kaupungeissa ja taajamissa päällystettyjä pintoja on paljon, mikä vähentää sadeveden imeytymistä ja kasvattaa pintavalunnan määrää. Pintavalunnalla tarkoitetaan sitä osaa sadannasta, joka ei imeydy maaperään, vaan lähtee valumaan maanpintaa pitkin. (Suomen kuntaliitto, 2012) Rakennetuissa ympäristöissä luonnollisten pienvesien rooli pintavaluntavesien puhdistajina on merkittävä, sillä luonnonvedet sisältävät runsaasti erilaisia vettä puhdistavia bakteerilajeja (Fricker, 2003, s. 50; Vakkilainen et al., 2005).

Lisäksi pienvedet ylläpitävät luonnon vesitaloutta pidättämällä ravinteita, millä on bakteereiden tavoin vettä puhdistava vaikutus (Tolonen et al., 2019).

Nykypäivänä rakentaminen ja ilmastonmuutos ovat merkittäviä uhkia pienvesien tilalle (Sarvilinna et al., 2012; Tolonen et al., 2019). Pienvesiympäristöt ovat tavallisesti herkkiä muutoksille erityisen kasvi- ja eläinlajistonsa vuoksi, minkä takia pienvesien tila voi heiketä helposti ympäristössä tapahtuvien muutosten takia. Rakentamisen maankäytön seurauksena eroosio-ongelmat ja haitallisten aineiden kulkeutuminen hulevesien mukana pienvesiin lisäänty, mikä uhkaa rakennettujen ympäristöjen pienvesien ekologista ja kemiallista laatua. Ilmastonmuutoksen seurauksena lisääntyvät myös sään ääri-ilmiöt, jolloin runsaat sateet ja vastaavasti pitkät kuivat jaksot yleistyvät. Sademäärien radikaalit vaihtelut voivat aiheuttaa pienvesiin voimakkaita virtaamamuutoksia, jopa tulvia, mutta myös uoman kuivumista, jolla on kohtalokkaita vaikutuksia vesieliöstölle. Lisäksi ilmasto-olojen muuttuessa erilaiset vieraslajit voivat olla uhkana pienvesiympäristöjen uhanalaiselle kasvi- ja eläinlajistolle. (Tolonen et al., 2019)

Lisääntynyt maankäyttö ja sään ääri-ilmiöt edellyttävät yhä tehokkaampaa rakennetun ympäristön tulva- ja hulevesien hallintaa, jotta ainutlaatuiset pienvesien vesiekosysteemit eivät vahingoitu ja laajoilta tulvavahingoilta vältytään (Sarvilinna et al., 2012). Edellä mainitun perusteella voidaan todeta, että pienvesiin kohdistuu ilmastonmuutoksen ja maankäytön näkökulmasta useita riskejä, mutta samaan aikaan pienvedet ovat merkittävässä asemassa riskien torjunnassa, kuten tulvasuojelun kohdalla todettiin.



## **3 TIE- JA VÄYLÄRAKENTAMISEN HAITAT VIRTAAVIIN PIENVEESIIN**

Tässä luvussa käsitellään tie- ja väylärakentamisen aikana virtaaviin pienvesiin aiheutuvia kemiallisia ja ekologisia haittoja. Pienvesien vedenlaatuun vaikuttavia kemiallisia haittoja ovat esimerkiksi alaluvussa 3.1 käsiteltävien hulevesien kuljettamat haitalliset aineet. Alaluvussa 3.2 keskitytään eroosion aiheuttamiin maa-ainekulkeumiin, jotka muovaavat pienvesiuomia ja vaikuttavat siten pienvesiympäristön ekologiseen tilaan. Alaluvussa 3.3 käsitellään pienvesiuomien virtaamamuutoksia ja ylitysrakenteiden haittoja, joihin eroosion aiheuttamat maa-ainekulkeumat osittain vaikuttavat.

### **3.1 Hulevesien kuljettamat haitalliset aineet ja niiden vaikutukset**

Hulevedeksi määritellään yleisesti maan ja rakennusten pinnoilta pois johdettava sade- ja sulamisvesi (Suomen kuntaliitto, 2012). Rakennustyömailta johdettavien hulevesien tapauksessa saatetaan usein puhua myös rakennus- tai työmaavesistä, mutta tässä työssä työmaiden pintavaluntavesiä käsitellään hulevesinä.

Hulevesien mukana rakennustyömailta läheisiin pienvesiin kulkeutuu muun muassa maa-ainesta ja erilaisia haitallisia aineita. Tie- ja väylärakentamisesta syntyvän valunnan haittavaikutuksen ja laajuuden määräävät vastaanottavan pienveden tyyppi ja koko, valuma-alueen pinta-ala sekä pienveden ekosysteemin biologinen monimuotoisuus. Valunnan määrään yleisesti vaikuttavat ilmastolliset tekijät, sadanta sekä vuodenaika. (Barrett et al., 1995, s. 10–11)

Valtatierakentamisen sedimenttikuormituksen vaikutuksia virtavesien vedenlaatuun on tutkittu jo ennen 2000-lukua eri tutkimuksissa Yhdysvalloissa (Barrett et al., 1995; Younkin, 1963). Hulevesien työmailta kuljettamiin epäpuhtauksiin kuuluu muun muassa erilaisia öljytuotteita, torjunta-aineita, liuottimia, asfaltteja ja happoja (EPA, 2005, s. 2). Lisäksi hulevesien liikuttama suspendoitunut kiintoaine kuljettaa mukanaan metalleja, hiilivetyjä, kloorattuja torjunta-aineita sekä PCB-yhdisteitä, eli polykloorattuja bifenyylejä (Barrett et al., 1995, s. 11; Terveystieteiden tutkimuskeskus, 2024). Suspendoituneen kiintoaineksen määritelmän mukaan se on vedessä huonosti laskeutuvaa, ja se voidaan erottaa vedestä esimerkiksi suodattamalla (Tieteen termipankki, 2014; Vehviläinen, 1981).

Valtateiden valumavesiä tutkineissa tutkimuksissa on havaittu pienvesien kasvaneiden suspendoituneiden kiintoainespitoisuuksien lisäksi myös rasvan ja sinkin nousseita pitoisuuksia. Edellä mainittu suspendoitunut kiintoainees aiheuttaa huonosti laskeutuvan rakenteensa takia veden samentumista, minkä takia pienvesissä tapahtuva fotosynteesi hidastuu valonpuutteen takia. (Barrett et al., 1995, s. 3) Koska fotosynteesin tehtävänä on tuottaa happea, voi prosessin hidastuminen pienvesissä johtaa pieneliöiden kuolemia aiheuttaviin happikatoihin. Pienvesiuoman vähähappiset olosuhteet lisäävät myös vesistön sisäistä kuormitusta (Sarvilinna & Sammalkorpi, 2010). Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan uoman pohjasedimenttiin pitkän ajan kuluessa varastoituneiden ravinteiden, erityisesti fosforin, vapautumista takaisin veteen. Fosforin vapautumista aiheuttaa esimerkiksi edellä mainittu uoman pohjan hapettomuus, voimakkaat virtaukset tai lähellä pohjaa tapahtuva kalojen liike. (Ulvi & Lakso, 2005) Vaikka sisäisestä kuormituksesta puhutaan tavallisesti suurten vesistöjen, kuten järvien ja merien kohdalla, sovelletaan prosessin toimintatapoja ja vaikutuksia tässä tapauksessa myös pienvesiin.

Usein lisääntyneen sisäisen kuormituksen osasyynä pienvesissä on myös pitkään jatkunut ulkoinen kuormitus, joka tarkoittaa esimerkiksi valumavesien mukana vesistön ulkopuolelta tulevaa orgaanisen aineen ja ravinteiden aiheuttamaa kuormitusta (Ulvi & Lakso, 2005). Ulkoista ravinnekuormitusta pienvesiin aiheuttavat tie- ja väylärakentamisen maankäytössä syntyvät hulevesien liikuttamat maa-ainekset, jotka voivat sisältää runsaasti typpi- ja fosforiravinteita (Barrett et al., 1995, s. 3). Suuri ravinteiden määrä lisää pienvesissä biomassan tuotantoa, joka puolestaan kiihdyttää pienvesissä elävien happea kuluttavien hajottajien hajotustoimintaa (Ulvi & Lakso, 2005). Lisääntynyt hajottajien hapenkulutus hidastuneen fotosynteesin kanssa edistää pienvesiympäristöjen rehevöitymistä ja uoman hapettomia olosuhteita (Sarvilinna & Sammalkorpi, 2010).

Pienvesien rehevöitymistä lisäävät tekijät ovat siis osittain toistensa seurausta, minkä takia hulevesien ravinnekuormitus muiden haitallisten aineiden ohella aiheuttaa helposti pienvesiympäristöjen laatua heikentävän kierteen (Ulvi & Lakso, 2005).

### **3.2 Eroosio**

Ennen rakentamistoimenpiteitä runsaasti maaperää sitovaa kasvillisuutta joudutaan usein raivaamaan, minkä seurauksena suuret maa-alueet altistuvat tuulen ja sateen eroosivoimille. Eroosion seurauksena maa-ainesta lähtee liikkeelle hulevesien mukana, jolloin kiintoainekuormitus vastaanottaviin vesistöihin kasvaa. (Barrett et al., 1995, s. 3) Luonnonvoimien lisäksi myös raskaiden työkoneiden kulku lähellä pienvesiuomia aiheuttaa kiintoainekuormitusta aiheuttavaa eroosiota (Tolonen et al., 2019). Eroosion määrään vaikuttaa oleellisesti alueen maaperä ja siinä esiintyvät maalajit. Mitä suurempi

maalajin raekoko on, sitä vähemmän eroosiota kuitenkin esiintyy (Jormola et al., 2003). Hulevesien mukana kulkeutuva erodoitunut maa-aines voidaan jakaa hieno- ja karkearakeiseen kiintoainekseen. Veden laatua heikentävään hienojakoiseen kiintoaineeseen luetaan turve, siltti ja savi, jotka kulkevat pitkiäkin matkoja veteen sekoittuneena. Sora ja hiekka ovat puolestaan karkeaa kiintoainesta, joka kulkeutuu uoman pohjaa pitkin muovaten sen muotoja. (A. Eloranta, 2010, s. 53)

Valumavesien lisäksi eroosiosta peräisin oleva kulkeutuva maa-aines muuttaa pienvesiuoman rakennetta ja syvyysvaihtelua kerääntymällä uoman pohjalle, millä on erilaisia haittoja pienvesiympäristön eliöille. Kun maa-ainesta kerrostuu esimerkiksi purojen ja ojien pohjalle, kalojen ja muiden pohjaeläinten liikkuminen vaikeutuu. Erityisesti uomaan huuhtoutuva hienojakoinen maa-aines täyttää vesieliöiden suojapaikkoja (A. Eloranta, 2010, s. 33). Ajan saatossa maa-aineskerrostumat pienvesissä voivat muodostua vaellusesteiksi kaloille, jolloin kalat eivät pääse siirtymään lisääntymisalueilleen (Barrett et al., 1995, s. 3). Eroosion aiheuttama kiintoaineksen kertyminen pienvesiuomaan voi aiheuttaa myös ylimääräistä liettymistä (Jormola et al., 2003).

Eroosio-ongelmat ovat tavallisesti tie- ja väylärakentamisen aikaisia haittoja. Kun maankäyttötyöt ovat valmiit ja maanpinta on keinotekoisesti stabiloitu tai luonnollinen kasvillisuus sitoo jälleen maaperää, ei merkittävää eroosiota pääse enää hulevesien vaikutuksesta tapahtumaan ja kuormitusongelmat työmaiden läheisiin pienvesiin poistuvat (Barrett et al., 1995, s. 3).

### **3.3 Virtaamamuutokset ja ylitysrakenteet**

Virtaamalla tarkoitetaan uomassa virtaavan veden tilavuutta aikayksikössä (A. Eloranta, 2010, s. 167). Rakentamisen ja maankäytön seurauksena virtaama vaihtelee yhä enemmän erityisesti joissa ja puroissa, koska hulevesien kuljettamaa maa-ainesta kerääntyy ja kerrostuu työmailta pienvesiuomiin (Barrett et al., 1995, s. 3; Tolonen et al., 2019, s. 49). Tällöin ylivirtaamista sekä tulvista tulee yleisempiä (A. J. Eloranta & Eloranta, 2016). Suurien virtaamavaihteluiden aiheuttamat ajoittaiset voimakkaat pyörrevirtaukset voivat aiheuttaa kulkuvaikeuksien lisäksi stressiä esimerkiksi kaloille ja muille vesieliöille, mikä näkyy niiden lisääntymiskäyttäytymisessä (Huusko et al., 2014).

Pienvesien virtaamamuutosten välttämiseksi on tärkeää huomioida myös erilaiset vesistöjen ylitysrakenteet, kuten sillat ja rummut, joita uusitaan usein tie- ja väylärakentamisen yhteydessä. Suomen virtaaviin pienvesiin on sijoitettu satojatuhansia rumpurakenteita, jotka voivat hidastaa virtaamaa ja olla vaellusesteinä kaloille, jos maa-ainesta pääsee kerääntymään rumpuihin (A. Eloranta, 2010, s. 63; Wellman et al., 2000, s. 326). Vaikka

tierummut ovat alun perin tarkoitettu ensi sijassa veden johtamiseen, on niillä myös merkittävä ekologinen rooli vesieliöiden kulun kannalta (A. Eloranta, 2010, s. 66; WVRC-TU, 2020, s. 3).

Rumpurakenteissa erityisesti kalojen kulkua voi hankaloittaa muun muassa liian matala rummun vesisyvyys tai rummun pohjan sileyys. Jos rummussa on liian vähän vettä, kaloilla on vaikeuksia päästä rummun läpi kolhiutumatta pohjaa vasten. Matalan vesisyvyyden syynä rummussa voi olla uoman vähentynyt virtaama tai veden osittainen virtaaminen rumpurakenteen ohi. Rummun pohjan sileyteen ja siten kalojen kulkuun rummun läpi vaikuttaa valmistusmateriaali, joka voi olla esimerkiksi betoni, teräs tai muovi. Rumpurakenteiden pohjille ei ole usein lisätty kalojen kulkua helpottavaa karkeaa pohja-ainesta, minkä vuoksi rumpujen pohjat ovat paljaita ja liukkaita. Kalojen kululle olisi kuitenkin parasta, jos rumpurakenteiden pohjia luonnonmukaistettaisiin lisäämällä niihin karkeahkoa luonnonmukaista materiaalia. (A. J. Eloranta & Eloranta, 2016) Tällöin rumpujen pohjat muistuttaisivat enemmän pienvesiuoman luonnollista pohjamateriaalia, mikä helpottaisi kalojen ohella muidenkin vesieliöiden kulkua rumpurakenteiden läpi.

Rummun matalan vesisyvyyden ja pohjan sileyden lisäksi kalojen kulkua voi vaikeuttaa suuren virtausnopeuden aiheuttama veden pyörteisyys rummussa tai liian korkea alapään pudotus (Kuva 2). Veden pyörteilyä esiintyy usein rumpurakenteiden edustalla suuren virtaaman aikana, jos rummun suuaukolla on runsaasti veden virtausta hidastavaa kivi- tai puumateriaalia. Veden pyörteilyyn voi vaikuttaa osittain myös rummun valmistusmateriaali. Erityisesti aaltopintaiset rumpurakenteet aiheuttavat veden pyörteilyä myös rummun sisällä, mikä vaikuttaa haitallisesti kalojen kulkuun rummun läpi. Rumpurakenteen alapäällä tarkoitetaan puolestaan rummun alavirranpuoleista suuaukkoa, joka on usein asennettu liian korkealle uoman pohjaan nähden. Tällöin rummun alapäähän muodostuu vesiputouksen kaltainen vesirakenne, jonka takia kalat eivät pysty nousemaan ylävirtaan päin uomassa. (A. J. Eloranta & Eloranta, 2016)



Kuva 2. Ylitysrakenteena toimiva teräsrumpurakenne, jossa rumpujen alapään pudotus vedenpinnan tasoon nähden on liian suuri kalojen kulun kannalta (A. J. Eloranta & Eloranta, 2016)

Ylitysrakenteet ovat siis tärkeä osa pienvesiuoman eliöiden kulkuväylää lisääntymis- ja talvehtimisalueille. Lisäksi ylitysrakenteet myös yhdistävät pienvesiympäristöjen eri osia ja eliöpopulaatioita vähentämällä samaan aikaan elinympäristöjen pirstoutumista. Jos vesieliöiden kulku ylitysrakenteiden takia vaikeutuu tai estyy kokonaan, voivat pienvesiympäristöjen väliset ravintoketjut ja siten pienvesiympäristöjen dynaamisen toiminnan kannalta tärkeä jokijatkumo katketa. Lisäksi vesieliöpopulaatioiden välisen perinnöllisen vaihtelun väheneminen voi johtaa pienvesiympäristöjen lajiston yksipuolistumiseen ja jopa tiettyjen lajien häviämiseen kokonaan. (A. J. Eloranta & Eloranta, 2016; Scmutz & Sendzimir, 2018, s. 171–174)

Kun tie- ja väylärakentamishankkeissa tehdään oikeanlaiset tielinjaukset, valitaan juuri kyseiseen ympäristöön sopiva ylitysrakenne ja asennetaan se oikein, on ylitysrakenteiden aiheuttamat ympäristöongelmat mahdollista välttää. Ympäristön kannalta oikeiden valintojen tekeminen vaatii kuitenkin tie- ja väylärakentamishankkeilla toimivilta henkilöiltä laajaakin ympäristöasiantuntemusta. (A. J. Eloranta & Eloranta, 2016) Erityisesti ylitysrakenteiden asentajia tulisi ohjeistaa ja kouluttaa rumpujen ja siltojen oikeanlaisen asentamisen ekologisista vaikutuksista. Lisäksi myös kokonaan uusien ylitysrakenteiden suunnittelu on tapa vähentää ympäristöhaittoja (A. J. Eloranta & Eloranta, 2016).

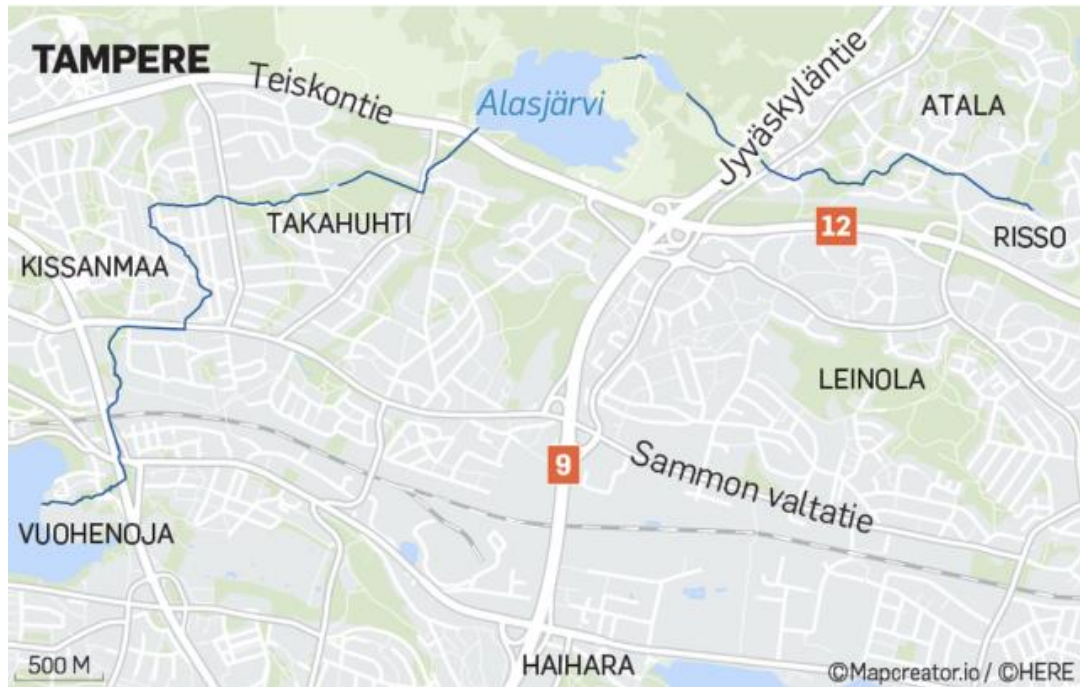
## 4 VIRTAAVIEN PIENVESIEN KUNNOSTUS

Pienvesikunnostusprosessi alkaa aina pienvesistön tilan kartoituksella, josta edetään kunnostussuunnitelman kautta työn toteutukseen. Konkreettisten kunnostustoimenpiteiden jälkeen alkaa seurantavaihe, jonka aikana kunnostustoimien vaikutuksia pienvesiympäristön tilaan tutkitaan pitkällä aikajänteellä. (Yrjänä et al., 2008) Virtaavien pienvesien kunnostamiseen on olemassa lukuisia eri menetelmiä, jotka voivat keskittyä esimerkiksi veden laadun parantamiseen, uoman muodon vaihtelevuuden lisäämiseen, virtausolojen kehittämiseen tai vaellusesteiden poistamiseen (Bernhardt et al., 2005, s. 637; A. Eloranta, 2010, s. 3–4). Hyödynnettävät pienvesikunnostusmenetelmät riippuvat muun muassa kunnostettavasta pienesityypistä, siellä elävien kasvi- ja eläinlajien uhanalaisuudesta sekä myös kunnostustarpeen aiheuttaneesta tekijästä. Edellä mainitun vuoksi kunnostusmenetelmät valitaan tapauskohtaisesti, mikä tekee jokaisesta kunnostushankkeesta ainutlaatuisen. (Tolonen et al., 2019)

Virtaaville pienvesille soveltuvia kunnostusmenetelmiä käsitellään tässä työssä tapausesimerkinä toimivan Tampereen Vuohenojan kautta. Vuohenojaa on kunnostettu eri tie- ja väylärakentamishankkeiden yhteydessä, minkä takia tapausesimerkin käsittely sopii rakentamisteeman yhteyteen. Tie- ja väylärakentaminen on aiheuttanut ongelmia Vuohenojan tilaan muun muassa kiintoainekuormituksen aiheuttaman veden samentumisen kautta, jonka korjaamiseksi kunnostustoimia on osittain tehty. Kunnostusmenetelmien käsittely Vuohenojan kunnostuksen kautta antaa konkreettisen tapausesimerkin mahdollisista pienveden kunnostustoimenpiteistä kaupunkiympäristössä tie- ja väylärakentamishankeen yhteydessä.

### 4.1 Vuohenoja

Tampereen Vuohenoja lähtee Niihaman kaupunginosassa sijaitsevasta Alasjärvestä ja virtaa Takahuhdin ja osittain Kissanmaan läpi etelään, missä se alittaa putkitettuna Sammon valtatie ja Hervannan valtaväylän laskien lopulta lidesjärveen (Kuva 3). Vuohenojan kanssa samalla valuma-alueella sijaitsee kaksi muutakin ojaa, Pyhäoja ja Viinikanoja. (Holsti, 2013)



Kuva 3. Tampereen Vuohenojan uoma merkattuna sinisellä (Mänttari, 2020)

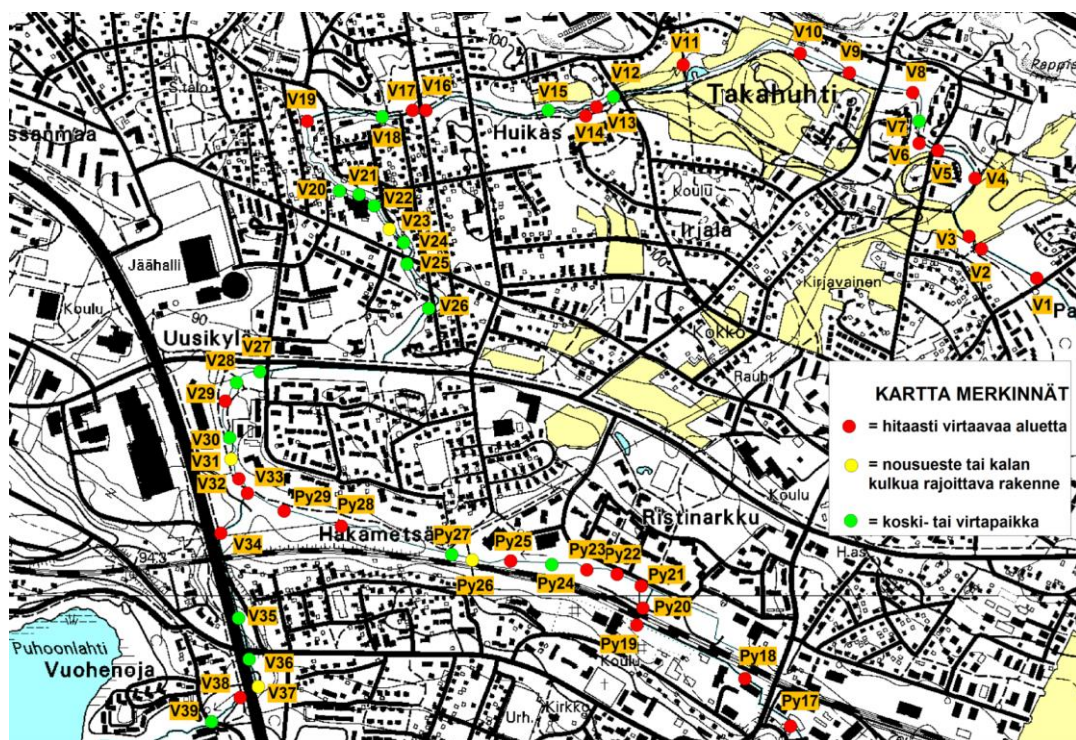
Vuohenoja on voimakkaasti ihmisen muokkaama pienvesistö. Vuohenojassa on paikoitellen koskimaisia virtausalueita, joita on kuitenkin aikoinaan perattu ihmisen toimesta. (Holsti, 2013) Uoman perkaamisella tarkoitetaan kiviaineksen poistamista uomasta, mikä vähentää pienvesiympäristön uoman ekologista vaihtelevuutta (Tolonen et al., 2019). Perattua uomaa löytyy esimerkiksi Hervannan valtavyölyän vierestä. Lisäksi Ruotulanpuistossa uomaa on suoristettu. Sammon valtatie läheisyydessä Vuohenoja virtaa puistoalueella, missä sähkö- ja vesijohdot ylittävät uoman. Takahuhdissa Vuohenoja virtaa peltoalueen läpi, missä sijaitsee kaareva, todennäköisesti kaivettu lampi. Lammen tehtävä on tasata virtaamaa ja samalla luoda vesiympäristön eliöille talvehtimispaikkoja. (Holsti, 2013)

## 4.2 Vuohenojan inventointi ja kunnostustarve

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys on tehnyt vuonna 2013 Vuohenojan tilasta virtavesi-inventoinnin, jonka tavoitteena oli selvittää vesistön tila ja mahdollisesti tarvittavat kunnostustoimet. Inventoinnin yhteydessä suoritettiin myös Vuohenojan sähkökoekalastukset heinäkuussa 2013 Ruotulanpuiston läheisyydessä sekä Aakulassa Hervannan valtavyölyän vieressä. Sähkökoekalastuksessa veteen syötettävillä sähköimpulsseilla kalat tainnutetaan väliaikaisesti (Beaumont et al., 2002, s. 3). Tarvittavien mitausten jälkeen kalat päästetään vapaaksi. Menetelmän avulla voidaan tutkia tehokkaasti erityisesti matalien virtaavien pienvesien kalakannan rakennetta, minkä takia me-

netelmä sopii hyvin pienvesi-inventointien yhteyteen (Olin et al., 2014). Vuohenojan koe-kalastusten tulos jäi kuitenkin melko heikoksi, sillä kaloja nousi hyvin vähän. Kalojen esiintymiseen pienvesissä vaikuttaa muun muassa uoman rakenne, pohjanlaatu, virtaama sekä uomaa varjostava kasvillisuus (Holsti, 2013).

Kuvassa 4 on esitetty Vuohenojan ja Pyhäojan virtavesi-inventoinnin pohjalta muodostettu kohdekartta, johon on havainnollistettu Vuohenojan uoman nopean ja hitaan virtaaman paikat sekä kalan kulkua rajoittavat rakenteet. Kartasta nähdään, että Vuohenojassa on enemmän punaisella merkittyjä hitaamman virtaaman alueita kuin vihreällä merkattuja koski- tai virtapaikkoja. Lisäksi nousuesteisiin tai kalan kulkua rajoittaviin esteisiin lukeutuvia kohteita on kolme kappaletta: V23, V31 ja V37.



Kuva 4. Vuohenojan inventoinnin kohdekartta, johon on merkitty punaisella uoman hitaasti virtaavat kohdat, keltaisella nousuesteet tai kalojen kulkua rajoittavat rakenteet ja vihreällä koski- tai virtapaikat (Holsti, 2013)

Vuohenojan uoman pienvesiympäristö havaittiin inventoinnin tuloksena hyvin vaihtelevaksi. Uoman pohja koostuu vuorotellen hiekasta, sorasta ja pienistä kivistä. Perkauskiviä on paikotellen jätetty uoman törmälle, mikä vaikeuttaa luonnollisen pienvesiympäristön rantakasvillisuuden kehittymistä ja tehostaa pienvesiympäristöön kuulumattomien lajien kasvamista. (A. Eloranta, 2010, s. 11; Holsti, 2013) Myös uoman vesisyvydessä, virtausnopeudessa ja uoman leveydessä on vaihtelua. Aukeilla virtauspaikoilla Vuohenojassa kasvaa paljon vesikasveja, jotka laskevat uoman virtausnopeutta. Virtausta



hidastaa myös uoman umpeenkasvu, jota tehostaa erityisesti aukeilla paikoilla uoma varjostavan puuston puuttuminen. (Holsti, 2013)

Inventoinnin yhteydessä Hervannan valtaväylän vieressä virtaavassa Vuohenojan osassa havaittiin rautasakkaa, jonka syynä on todennäköisesti Vuohenojan pohjavesivaikutteisuus, ja sen takia uomaan purkautuvat pohjavedet. Lisäksi Vuohenojan ja Pyhäojan yhtymäkohdassa havaittiin pienikokoinen liettynyt suvantoalue, jota olisi mahdollista syventää esimerkiksi ruoppaamalla. (Holsti, 2013) Ruoppaus tarkoittaa käytännössä vesistön vesitilavuuden lisäämistä uoman maa-ainesta poistamalla (A. Eloranta, 2010, s. 164). Inventoinnin yhteydessä havaittiin myös kalojen kulkua hankaloittava oksien tukkima tierumpu sekä toisaalla yksi pienikokoinen kalliokynnys (Holsti, 2013).

Vuohenojan kohdalla tarvittavat kunnostustoimet kohdistuisivat inventoinnin perusteella aukeille puistoalueille sekä kovapohjaisille virta-alueille. Uoman luonnonmukaistamista tulisi tehdä Ruotulanpuiston ja Sammon valtatie läheisyydessä virtaavissa Vuohenojan osissa. (Holsti, 2013) Pienvesiympäristön luonnonmukaistamisen tavoitteet liittyvät tavallisesti pienvesiuoman lajistollisen monimuotoisuuden kasvattamiseen uoman rakennetta muokkaamalla luonnonmukaisempaan suuntaan (Sarvilinna et al., 2012). Vuohenojan tapauksessa luonnonmukaistamisella tarkoitetaan muun muassa uoman mutkitteluuden ja syvyysvaihteluiden lisäämistä, uoman kiveämistä sekä uoma varjostavan puuston istuttamista erityisesti aukeilla alueilla (Holsti, 2013).

Inventoinnissa Vuohenojan kovapohjaisia virta-alueita havaittiin kuusi kappaletta, joiden kunnostus keskittyisi erityisesti uoman pohjan muokkaamiseen vesieliöille paremmin soveltuvaksi elinympäristöksi. Uomaan tulisi lisätä suurikokoisia kiviä vesieliöiden piilopaikoiksi sekä soraa kalojen kutupaikkoina toimivien kutusoraikkoitten lisäämiseksi. Lisäksi Vuohenojan liettynyt kohdat tulisi ruopata ja Kuvassa 2 esitetyt kalankulkua rajoittavat esteet V23, V31 ja V37 poistaa. (Holsti, 2013)

### **4.3 Vuohenojan kunnostusmenetelmät**

Vuohenojan kunnostustöitä on suoritettu Tampereen kaupungin toimesta Hervannan valtaväylällä eri urakoissa vuosina 2019–2020. Sammon valtaväylällä Vuohenojaa on rakennettu vuonna 2023 ja vuoden 2024 aikana työt jatkuvat myös Sandelinipuiston alueella. (P. Leppänen, 2024) Seuraavissa alaluvuissa 4.3.1–4.3.3 on kuvattu esimerkkejä Vuohenojan kunnostamisessa käytetyistä kunnostusmenetelmistä ja niiden merkitystä yleisesti pienvesiympäristön ekologiselle toiminnalle. Samalla pohditaan, olisiko Vuohenojan tapauksessa ollut mahdollista hyödyntää vaihtoehtoisia tai parempia kunnostusmenetelmiä.

### 4.3.1 Elinympäristöjen kunnostaminen

Elinympäristöjen kunnostamisen käsitteen määritelmä virtavesien tapauksessa vaihtelee jonkin verran lähteen mukaan, mutta alun perin elinympäristöjen kunnostamisella on ensisijaisesti tarkoitettu kalojen kutu- ja poikasalueiden kunnostamista esimerkiksi kutusoraikoitten lisäämisellä (Koljonen et al., 2020). Nykyään elinympäristöjen kunnostamisen yhteydessä puhutaan kuitenkin laajasti myös pienvesiympäristön rakenteellisen vaihtelevuuden ja monimuotoisuuden lisäämisestä esimerkiksi luonnonkivien tai uoman mutkitteluavun avulla. Elinympäristöjen kunnostamisen tavoitteena on kuitenkin nimensä mukaisesti parantaa pienvesiympäristöissä elävien kasvi- ja eläinlajien ihmistoinnin seurauksena heikentyneitä elinmahdollisuuksia muokkaamalla ympäristön rakennetta ja toimintaa luonnonmukaisempaan suuntaan (A. Eloranta, 2010, s. 133). Kun elinympäristöjen kunnostuksessa huomioidaan eri lajien tarpeet elinympäristönsä suhteen, saadaan pienvesiympäristöissä elävien lajien yksilömääriä kasvatettua (Wohl et al., 2015).

Vuohenojan kohdalla elinympäristöjen kunnostamista on tehty erityisesti uoman rakennetta muokkaamalla. Vuohenojan uomaa on luonnonmukaistettu esimerkiksi Hervannan valtavyölyän vieressä, missä uomaa on verhoiltu luonnonkivellä (S. Leppänen, 2024). Uoman luonnonkiviverhoilu tekee pienvesiympäristöstä luonnonmukaisemman ja vaihtelevamman verrattuna esimerkiksi tasakokoisella kivimurskeella tehtyyn uoman verhoiluun (M. A. Palmer et al., 2005, s. 213; Yrjänä et al., 2008). Rakenteelliselta vaihtelultaan rikkaalla pienvesiympäristöllä on monia positiivisia vaikutuksia pienvesiympäristön ekologiaan ja vesieliöiden elinoloihin.

Luonnonkiviverhoilussa käytetyt eri kokoiset kivet tekevät uoman virtausolosuhteista monipuolisemmat, sillä suuret kivet vastustavat veden virtausta pieniä kiviä tehokkaammin. Lisäksi suurilla kivillä on uoman pohjan maa-ainesta lajittava vaikutus, jonka seurauksena uomaan syntyy hyvin erilaisia elinympäristöjä. Isot kivet myös luovat rakennevaihtelua uoman leveyteen ja syvyyteen, tuovat varjostusta ja ovat kalojen ja muiden vesieliöiden tärkeitä piilopaikkoja. Luonnonkivien käyttö on elinympäristöjen kunnostamisessa yleisesti käytetty menetelmä, jolla saadaan helposti monipuolistettua uoman rakennetta ja siten luotua erilaisia elinympäristöjä eri eliöiden tarpeisiin. (Yrjänä et al., 2008) Luonnonkivien hyvä puoli on se, että niillä on samaan aikaan positiivisia vaikutuksia uoman virtausolosuhteisiin, rakenteelliseen vaihteluun sekä elinympäristöihin, jolloin ne kunnostavat uomaa tehokkaasti monesta eri näkökulmasta yhtä aikaa.

Luonnonkiviverhoilun lisäksi lidesrannan puolella Hervannan valtavyylää Vuohenojan uoman mutkittelevuutta on lisätty kaivamalla, joka on yleinen tapa monipuolistaa pienvesiuomalinjaa (P. Leppänen, 2024; Niemelä et al., 2004). Vuohenojaa on aikaisemmin perattu, minkä vuoksi luonnonmukainen mutkittelevuus on hävinnyt ja Vuohenojasta on tullut osittain kanavamainen (Holsti, 2013). Uoman mutkittelevuus tekee pienvesiympäristöstä luonnonkiviverhoilun ohella rakenteellisesti monipuolisemman ja parantaa erityisesti pienvesistön vesitaloudellisia ominaisuuksia. Vaikka Vuohenojan kunnostuksen yhteydessä näin ei ole vielä tehty, olisi uoman mutkiin mahdollista sijoittaa tulvasuojelun kannalta tärkeitä patorakenteita, uoman virran nopeutta sääteleviä puisia rakenteita sekä hiekkaa kerääviä risusuodattimia tai hiekkataskuja. (Yrjänä et al., 2008)

Hiekkaa keräävien rakenteiden tarkoituksena on ohjata erityisesti pohjakulkeumana kulkevaa kiintoainesta muodostamaan uoman pohjalle luonnollisia syvyysvaihteluja, jotka lisäävät uoman rakenteellista vaihtelevuutta ja synnyttävät vesieliöille erilaisia elinympäristöjä sekä piilopaikkoja. Virran nopeutta säätelevien puurakenteiden tavoitteena on puolestaan synnyttää uoman mutkiin hitaamman virtaaman alueita, jonne virran mukana kulkeutuvaa hiekkaa pääsee kerääntymään. (Yrjänä et al., 2008) Puurakenteet ovat luonnonmukaista materiaalia, joiden lisäämisellä saavutetaan nopeasti toivotut uoman virtaamamuutokset ja samalla uomaan syntyy uusia vesieliöiden piilopaikkoja. Lisäksi uoman lajistollinen monimuotoisuus lisääntyy. (Jormola et al., 2003; Yrjänä et al., 2008) Luonnonmukaisen puumateriaalin käyttö elinympäristöjen kunnostamisessa on siten erinomainen valinta pienvesiympäristön ekologisen toiminnan kannalta.

Ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät tulvat lisäävät tulvasuojelun tarvetta erityisesti taajama- ja kaupunkialueilla, minkä vuoksi pienvesiuomien mutkiin sijoitettavien patorakenteiden rakentamista voisi harkita nykyään herkemmin taajama- ja kaupunkialueiden pienvesikunnostushankkeiden yhteydessä. Tulvasuojelunäkökulma voisi olla Vuohenojankin kunnostushankkeella näkyvämmän esillä, vaikka kunnostusmenetelmät Vuohenojalla ovatkin ensisijaisesti keskittyneet uoman ekologisten piirteiden kohentamiseen. Uoman mutkittelevuus on joka tapauksessa edellytys edellä kuvattujen patorakenteiden rakentamiselle, minkä vuoksi uusien mutkien kaivaminen on oleellinen pienvesien kunnostusmenetelmä. Mutkitteleva uoma lisää myös uusien lampien syntyä mutkan irrotessa erilleen yhtenäisestä uomasta (Tolonen et al., 2019). Pienvesiuomien mutkittelevuus on siten tärkeä piirre myös uusien pienvesistöjen synnyn kannalta.

Vuohenojan tilasta vuonna 2013 tehdyssä inventointiraportissa mainittiin tarpeellisiksi kunnostustoimiksi uoman luonnonmukaistamisen kohdalla myös syvyysvaihteluiden sekä uomaa varjostavan kasvillisuuden lisääminen (Holsti, 2013). Kahden edellisen toteutuksesta Vuohenojan kunnostamisen yhteydessä ei ole kuitenkaan tähän mennessä

tarkkaa tietoa, sillä kunnostustoimet jatkuvat yhä (P. Leppänen, 2024). Uomaa varjostavan kasvillisuuden lisäämisellä saavutettaisiin pienvesiympäristöille ominainen viileämpi ja kosteampi ilmasto erityisesti kesäisin, jolloin vesi pääsee aukeilla paikoilla huomattavastikin lämpenemään. Syvyysvaihteluilla puolestaan lisättäisiin uoman rakenteellista vaihtelua erilaisten elinympäristöjen synnyttämiseksi. (Jormola et al., 2003; Niemelä et al., 2004) Varjostavan puuston ja syvyysvaihteluiden avulla Vuohenoja saataisiin muistuttamaan enemmän luonnontilaista pienvesiympäristöä.

Voidaan todeta, että elinympäristöjen kunnostamisella on suuri positiivinen vaikutus pienvesien ekologiseen tilaan. Elinympäristöjen kunnostamismenetelmät ovat pienvesiympäristöjen monimuotoisuuden ylläpitämisen kannalta erityisen tärkeitä, sillä mitä vaihtelevampi pienvesiympäristö on rakenteeltaan, sitä monipuolisemmalle lajistolle se voi tarjota elinympäristön.

### **4.3.2 Uoman kulkukelpoisuuden parantaminen**

Uoman kulkukelpoisuuden parantamisella tarkoitetaan pienvesiympäristöissä elävien vesieliöiden, erityisesti kalojen, kulkemisen helpottamista uomassa. Yleinen tapa uoman kulkukelpoisuuden parantamiseksi on erilaisten vaellusesteiden poistaminen, mutta myös uoman muotojen muokkaamisella voidaan parantaa vesieliöiden kulkua esimerkiksi syvyysvaihteluita lisäämällä. Pienvesissä vaellusesteiksi voi muodostua muun muassa pienikokoiset padot ja jo aiemmin käsitellyt ylitysrakenteet tukkeutuessaan tai väärin asennettuina (Jormola et al., 2003; Koljonen et al., 2020)

Vuohenojan tilasta vuonna 2013 tehdyn inventoinnin pohjalta havaittiin kolme kalojen kulkua hankaloittavaa vaellusestettä, joihin kuuluu muun muassa tukkeutunut tierumpu ja luonnonmukainen pienikokoinen uoman kalliokynnys (Holsti, 2013). Vesieliöiden kulun helpottamiseksi vaellusesteiden poistaminen todettiin inventointiraportissa olevan tarpeen. Vaellusesteiden poistamisen toteutumisesta Vuohenojan kunnostushankkeella ei ole kuitenkaan vielä tarkempaa tietoa. Koska Vuohenojan kunnostusprosessi on yhä kesken, on mahdollista, että vaellusesteitä on jo kunnostettu, mutta myös uusia vaellusesteitä on saattanut muodostua, jos vaellusesteiden tilannetta ei ole kartoitettu vuonna 2013 tehdyn Vuohenojan virtavesi-inventoinnin jälkeen.

Virtavesien vaellusesteiden havainnoinnissa on yleisesti melko suurta vaihtelua vesistön koosta riippuen. Suurten virtavesien vaellusesteet, kuten voimalaitosten padot ovat ta-

vallisesti laajasti tiedostettuja ja dokumentoituja ongelmia, mutta pienvesien pienikokoisemmat vaellusesteet ovat edelleen heikosti havainnoituja, minkä vuoksi ne jäävät helposti huomiotta (Jingrui et al., 2023, s. 2). Pienvesien vaellusesteiden aiheuttamilta laajemmilta ongelmilta voitaisiin välttyä, jos pienvesien uoman kulkukelpoisuuden tilannetta kartoitettaisiin säännöllisesti maastossa, vaikka varsinaista kunnostushanketta ei olisi-kaan käynnissä. Virtaavien pienvesien vaellusesteitä voi muodostua ajan saatossa myös pienvesiympäristön luonnollisen toiminnan seurauksena, jos esimerkiksi virran mukana kulkeutuvaa puuainesta patoutuu sopivasti uoman varrelle. Tierumpujen aiheuttamia vesieliöiden kulkuongelmia on puolestaan tärkeää ehkäistä rumpujen oikeanlaisella mitoituksella, asennuksella ja kunnossapidolla (Jormola et al., 2003).

Voidaan todeta, että pienvesiympäristön ekologisen toiminnan kannalta uoman hyvä kulkukelpoisuus on useiden vesieliöiden lisääntymisen edellytys. Kun pienvesien vaellusesteet havaitaan ajoissa, eivät eliöpopulaatioiden ja eri pienvesiympäristöjen väliset yhteydet ehdi katkeamaan ja kalojen vaellusreitit lisääntymisalueille pysyvät avoimina (Jingrui et al., 2023, s. 1). Uoman kulkukelpoisuuden ylläpidolla suojellaan siten kokonaisvaltaisesti pienvesiympäristöjen lajistollista monimuotoisuutta.

### **4.3.3 Eroosiosuojaus**

Eroosion aiheuttama kiintoaineksen huuhtoutuminen virtaaviin pienvesiin on tiettyyn pisteeseen asti luonnollinen ja pienvesistön vesitalouden kannalta tärkeä prosessi. Uoman eroosiosuojaukset tulevat kuitenkin tarpeeseen silloin, kun pienvesissä virtauksen mukana kulkevan kiintoaineksen määrä kasvaa virtaveden läpikuljetuskykyä suuremmaksi. Tällöin kiintoainesta alkaa kasaantumaan uomaan, jolla on haitallisia vaikutuksia pienveden luonnonmukaiseen kiintoaineksen kiertokulkuun ja vesieliöiden elinympäristöihin. (Yrjänä et al., 2008) Edellä kuvattuun ongelmatilanteeseen johtaa usein tie- ja väylärakentamisen takia lisääntyneen eroosion aiheuttama pienvesien kiintoaineskulkeuma.

Vaikka rakentamisen aikaiset eroosio-ongelmat poistuvat usein luonnollisesti kasvillisuuden jälleen sitoessa maaperää, on eroosiosuojausten rooli oleellinen pienveden ekologisen ja kemiallisen tilan suojelun kannalta rakennustoimien ollessa käynnissä (Jormola et al., 2003). Eroosiosuojausmenetelmiä on olemassa useita, jotka vaikuttavat pienvesiuomien ulkonäköön ja ekologiseen tilaan hyvin eri tavoin. Erityisesti kaupunkiympäristöissä eroosiosuojausten suunnittelu on usein hankalaa, sillä tavoitteena on sekä maiseman, että pienvesiympäristön ekologian kannalta hyvä lopputulos (Niemelä et al., 2004).

Eroosiosuojauksen tavoitteena on vähentää pienvesiuomiin kohdistuvaa ylimääräistä kiintoainekuormaa ja tukea rantapenkkoja esimerkiksi geotekstiilien, pohjakynnysten, rantasuojauksen tai luiskien kiviverhoilun avulla. Geotekstiilit ovat luonnonkuidusta valmistettuja rinne-erosion vähentämiseen tarkoitettuja maaperään sijoitettavia suodatin-kankaita, jotka edesauttavat tekstiilin yläpuolelle istutetun kasvillisuuden paikallaanpysymistä. (Jormola et al., 2003; Keto, 2022) Geotekstiilit suojaavat uoman penkkaa eroosiolta heti asentamisen jälkeen ja ne hajoavat maastossa 2–5 vuoden aikana, minkä vuoksi ne ovat luonnonmukainen eroosiosuojausmenetelmä (Keto, 2022; Sarvilinna et al., 2012). Pohjakynnysten tehtävä on puolestaan vähentää eroosion seurauksena lisääntyvää kiintoainekuormaa pidättämällä kiintoainetta. Uoman pohjalle puusta, kivistä tai sorasta rakennettavat pohjakynnykset vähentävät siten jo tapahtuneen eroosiohaitan etenemistä pienvesiuomassa, minkä vuoksi ne eivät ole varsinainen eroosion ehkäisymenetelmä. (Keto, 2022)

Rantasuojauksia voidaan toteuttaa esimerkiksi peittämällä uoman rantoja pyöreällä kivi- tai moreeniaineksella, jotka kestävät tehokkaasti luonnonvoimien erodoivaa vaikutusta tukemalla rantatörmää (Keto, 2022; Niemelä et al., 2004). Joskus rantapenkereitä joudutaan loiventamaan ennen kiveämällä tehtyjä eroosiosuojauksia, jotta kiviaines ei lähtisi virtaavan veden mukana liikkeelle jyrkillä rinteillä. Kivi- ja moreeniaineksen lisäksi rantasuojauksena voidaan käyttää maaperää sitovan kasvillisuuden istuttamista. Eroosiosuojauskasveina pienvesiympäristöissä suositetaan tavallisesti kosteassa ympäristössä viihtyviä, versovia ja taipuisia kasveja, kuten pajuja tai tervaleppiä. Esimerkiksi pajujen nopeasti leviävät voimakkaat juuret sitovat tehokkaasti rannan maaperää ja estävät eroosiota heti juurtumisvaiheen jälkeen. Kasvillisuutta voidaan istuttaa rantatörmän lisäksi myös vesirajaan tai latoa yksittäisiä oksakimppuja rantapenkalle, missä kasvit hidastavat uoman kulumista vedenpinnan lähellä. Kasveilla on oleellinen rooli myös pinta-valunnan ohjaajana ja ravinteiden pidättäjänä, jolloin ravinnekuormaa pienvesiin saadaan hillittyä. (Keto, 2022; Tolonen et al., 2019)

Erityisesti kaupunkiympäristöissä kasvillisuuden käyttämistä eroosiosuojauksissa tulisi käyttää enemmän, sillä kasvillisuus lisääisi laajalti päällystettyjen alueiden vehreyttä ja viihtyisyyttä. Eroosiosuojausmenetelmiä on olemassa useita, joita kuitenkin sovelletaan tapauskohtaisesti kunnostettavan pienvesiympäristön tarpeisiin maisemalliset arvot samalla mahdollisuuksien mukaan huomioiden.

Vuohenojan kunnostuksessa eroosiosuojauksia on toteutettu ensisijaisesti kiveyksillä (P. Leppänen, 2024). Eroosiosuojauksen toteuttamisessa kiveyksillä hyvä puoli on se, että niiden avulla maaperän eroosiolta suojaava vaikutus saavutetaan heti asentamisen jälkeen (Keto, 2022). Vuohenojan kunnostusympäristö on osittain jyrkkäpiirteistä luonnon

soraharjumaastoa, mikä on aiheuttanut erityisesti luiskien reunojen löyhtymistä maankäyttötöiden aikana. Tällöin soraa on päässyt kulkeutumaan työmaalta ojaan. Maa-aineksen kulkeutuminen aiheutti Vuohenojaan erityisesti samentumisongelmaa, joka korjaantui luonnollisesti luiskien saadessa jälleen maaperää sitovan kasvuston. Luiskia päädyttiin kuitenkin kiveämään pyöreällä kivellä, jotta kiintoainekuormitusta uomaan saataisiin vähennettyä. (P. Leppänen, 2024) Kiviverhoilu on tehokas ja yleisimmin Suomessa käytetty tapa estää luiskien eroosiota (Keto, 2022). Pintaratkaisuna kiveykset ovat kuitenkin kalliita, minkä takia niitä pyritään rakennushankkeilla käyttämään säästeliäästi. (P. Leppänen, 2024)

Vaikka kiveys on tehokas tapa ehkäistä eroosiota, tekee se luiskien rakenteesta tasa-laatuisen eikä siten ole yhtä luonnollinen eroosiosuojusrakenne esimerkiksi kasvillisuuden istuttamiseen verrattuna. Kasvillisuus ehkäisee eroosiota kuitenkin heikommin kuin kiveys, mutta ylläpitää pienvesiympäristön ekologista monimuotoisuutta kiveystä paremmin. (Keto, 2022) Eroosiosuojausmenetelmien ympäristöarvoa on tutkittu jonkin verran, minkä vuoksi eri menetelmien vaikutuksista alueen kasvi- ja eläinlajistolle ollaan nykyään tietoisempia. Tutkimuksissa on todettu, että ympäristön ekologian kannalta eroosiosuojausmateriaaleina tulisi suosia luonnonmukaisia ja vakaita rakenteita, jotka suojelevat alueen ekologista monimuotoisuutta ja antavat alueen kasvillisuuden kasvaa ja levitä luonnollisesti. (Bariteau et al., 2013, s. 384). Kunnostushankkeilla tulisi siksi suosia yhä enemmän esimerkiksi kasvi- ja puurakenteita eroosiosuojauksissa. Puurakenteet toimivat eroosiosuojan lisäksi muun muassa vesisammalten ja vesihyönteisten elinympäristönä, mikä lisäisi pienvesiympäristön lajimonimuotoisuutta (Tolonen et al., 2019). Vuohenojan tapauksessa jyrkästä soraharjumaastosta koostuva kunnostusympäristö on kuitenkin saattanut rajoittaa jonkin verran kunnostushankkeelle valittavaa eroosiosuojausmenetelmää.

Vuohenojan hankkeella laajempia eroosiosuojauksia on tehty Hervannan valtavyölyän vieressä sijaitsevassa Vuohenojan osassa rumputyömaan yhteydessä muun muassa avo-ojaosuuksiin, vanhan ja uusitun putkisillan eteläpäihin sekä hulevesijärjestelmään. Vanhan ja uusitun putkisillan purkupäihin ja niiden lähiympäristöön eroosiosuojaus on toteutettu seulanpääkiviverhouksena, jonka alle on asennettu suodatinkangas. Myös Vuohenojan uoman pohjaa on verhoiltu seulanpääkivellä niin, että kivien paikallaan pysyminen on varmistettu veden virtauksesta huolimatta. (Hell et al., 2019)

Tie- ja väylärakentamisen kiintoainekuormaa pienvesiin vähentävien eroosiosuojauksen tavoitteet liittyvät ensisijassa pienvesiuomien rantojen luonnonvoimien aiheuttaman syöpmisen ehkäisyyn, jotta rantatörmät saataisiin stabiloitua (Keto, 2022). Pienvesiympä-

päristön ekologisen toiminnan näkökulmasta eroosiosuojauksilla tavoitellaan myös pienveden luonnonmukaista kiintoaineksen kiertokulkua sekä vesieliöitä ja niiden elinympäristöjä suojelevaa vaikutusta. Eroosiosuojaukset vähentävät erityisesti liiallisen kiintoaineksen kerrostumista uoman pohjalle (Wohl et al., 2015). Tällöin esimerkiksi uoman vesieliöiden piilopaikat ja kulkuväylät pysyvät avoimina ja tilavina. Eroosiosuojausten ansiosta myös vesi pysyy kirkaampana, millä on oma vaikutuksensa esimerkiksi vesikasvien fotosynteesin tehokkuuteen.

#### 4.4 Kunnostustoimien vaikutukset Vuohenojan tilaan

Vuohenojan kunnostusmenetelmät vaikuttavat eri tavoin pienveden tilan ekologiaan, virtaamaan ja haitallisten aineiden kuormituksen vähentämiseen. Osa kunnostusmenetelmistä voi myös kohentaa yhtä aikaa useita eri osa-alueita. Taulukosta 1 näkee Vuohenojalla tähän mennessä käytettyjen kunnostusmenetelmien vaikutusosa-alueet ekologian, virtaaman ja haitallisten aineiden kuormituksen vähentämisen näkökulmasta.

Taulukko 1. Vuohenojan kunnostusmenetelmien vaikutusyhteydet pienvesiympäristön ekologiaan, virtaamaan ja haitallisten aineiden kuormitukseen. Rasti on merkitty jokaisen kunnostusmenetelmän kohdalla niiden osa-alueiden alle, joihin kunnostusmenetelmällä on ollut vaikutusta.

	Ekologia	Virtaama	Haitallisten aineiden kuormituksen vähentäminen
Kiveykset eroosiosuojauksena	X	X	X
Uoman luonnonkiviverhoilu	X	X	
Uoman mutkitelun lisäys kaimalla	X	X	

Vuohenojalla eroosiosuojauksina käytetyt kiveykset vähentävät ensisijaisesti haitallisten aineiden kuormitusta Vuohenojaan, sillä haitallisia aineita kuljettavan kiintoaineksen huuhtoutuminen uomaan rantatörmää sitovien kiveysten ansiosta vähenee (Barrett et al., 1995, s. 11). Kiintoainekuorman vähentymisen seurauksena myös merkittävät vir-



taamamuutokset vähentyvät, kun kiintoainesta ei pääse enää kerrostumaan uoman pohjalle ja muuttamaan uoman rakennetta (Wohl et al., 2015). Eroosiosuojaukset vaikuttavat toisaalta positiivisesti myös Vuohenojan ekologiaan, kun uomaan päätyvä kiintoainekas ei enää täytä vesieliöiden piilopaikkoja ja elinympäristöt pysyvät kulkuväylien ohella avoimina. Rantatörmillä tiheät eroosiosuojauksiveykset vähentävät kuitenkin pienvesiympäristön lajistollista monimuotoisuutta estäen kasvillisuuden luonnonmukaisen leviämisen (Keto, 2022). Eroosiosuojauksiveyksillä on siten positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia Vuohenojan ekologiaan.

Uoman luonnonkiviverhoilulla saavutetaan monipuolisemmat uoman virtausolosuhteet, vesieliöiden elinympäristöt sekä luonnonmukaisempi pienvesiympäristön rakenne syvyys- ja leveysvaihteluineen (Yrjänä et al., 2008). Luonnonkiviverhoilulla on siten positiivisia vaikutuksia ensisijaisesti Vuohenojan ekologiaan ja virtaamaan.

Lisäksi Vuohenojan uoman mutkittelua on lisätty kaivamalla, jolla on luonnonkiviverhoilun tavoin vaikutusta uoman ekologiaan ja virtaamaan. Uoman mutkittelu edistää pienvesiympäristön luonnonmukaisempaa rakennetta ja vesitaloudellisia ominaisuuksia, jotka ovat ekologisia piirteitä. Mutkittelu hidastaa paikoittain uoman virtausnopeutta, minkä lisäksi uoman mutkiin on mahdollista sijoittaa erilaisia virran nopeutta sääteleviä rakenteita, jotka ohjailevat virran mukana kulkevaa hiekkaa muodostamaan uoman pohjalle monipuolisia vesieliöiden elinympäristöjä. (Yrjänä et al., 2008)

Taulukossa 1 esitettyjen kunnostustoimien vaikutuksia Vuohenojan ekologiseen tilaan on selvitetty tähän mennessä kalakantatutkimusten kautta keväällä 2021. Tällöin Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys suoritti koekalastukset, jotka toteutettiin sähkökalastuksen ja katiskapyynnin avulla. Vuohenojan kalakantaa tutkittiin tällöin muun muassa Hervannan valtavyylän itäpuolella, missä uomaa oli aikaisemmin kunnostettu kiveyksillä. Koekalastusten seurauksena todettiin, että pohjavesivaikutteinen Vuohenoja suosii erityisesti viileissä vesissä viihtyviä taimenkantoja. Taimenet ovat toutaimien ohella vaelluskalalajeja, joiden lisääntymismahdollisuudet ovat kunnostustoimien myötä parantuneet Vuohenojassa. (Westermarck, 2021) Uoman luonnonmukaistamisen vaikutuksista Vuohenojan muuhun vesieliöstöön ei ole vielä tuloksia olemassa, sillä Vuohenojan kunnostusprosessi jatkuu yhä (S. Leppänen, 2024).

Vuohenojan eroosiosuojauksilla on arvioitu olevan enimmäkseen paikallista merkitystä Vuohenojan tilaan ja vesieliöstön kulkuun uomassa. Pienvesiuomien eroosio-ongelmat ovat itsessään paikallisia ongelmia, jotka voivat kuitenkin vaikuttaa laajemmin uoman muotoon ja vedenlaatuun (Keto, 2022). Yksittäisillä paikallisilla eroosiosuojauksilla ei

siksi voida kohentaa kokonaisvaltaisesti pienveden tilaa, vaikka paikallisesti eroosiosuojaukset vähentävätkin uomaan päätyvää kiintoainekuormaa. Vuohenojassa eroosiosuojauksia tullaan tekemään tulevaisuudessa vielä laajemmin hulevesiä viivyttävien rakenteiden ohella, joiden odotetaan yhdessä parantavan Vuohenojan eroosio-ongelmia ja samalla myös vedenlaatua. (S. Leppänen, 2024)

Vuohenojan uoma kulkee hyvin erityyppisten kaupunginosien läpi, minkä vuoksi kunnostustoimien virkistyksellisiä vaikutuksia ei kaikkialla uoman varrella voida arvioida samalla tavalla. Erityisesti Hervannan valtaväylän vieressä kulkeva Vuohenojan osa ei sijaitse virkistyskäytön näkökulmasta merkittäväällä alueella, koska alue on voimakkaasti liikennöity raitiotien ja valtaväylän autoliikenteen vuoksi. Toisaalta enemmän asutetuilla alueilla kunnostustoimilla on pyritty kohentamaan myös Vuohenojan lähialueen virkistyksellisiä puolia. Esimerkiksi Riihipellonpuiston alueella elokuussa 2023 valmistuneiden kunnostustoimien vaikutuksia virkistyskäyttöön voidaan arvioida paremmin vasta kesällä 2024, kun alueen kasvillisuus pääsee kunnolla kasvuun. (S. Leppänen, 2024)

Kuten aiemmin on todettu, Tampereen Vuohenojan kunnostusprosessi jatkuu edelleen vuonna 2024 erityisesti suosituksen ulkoilun alueen Sandelinipuiston alueella. Tie- ja väylärakentamishankkeiden yhteydessä pienvesikunnostuksia tehdään usein monessa osassa eri urakoissa, minkä vuoksi myös kunnostustoimien vaikutusten seuranta tehdään pitkällä aikavälillä. (P. Leppänen, 2024) Pitkän kunnostusprosessin edetessä tietoja Vuohenojan kunnostusmenetelmien laajemmista vaikutuksista pienveden ekologiseen ja kemialliseen tilaan odotetaan saataville tulevina vuosina.

## 4.5 Kunnostustoimien vaikutusten arviointi

Pienvesikunnostusprosessi ei pääty kunnostustoimiin, vaan jatkuu kunnostustoimenpiteiden vaikutusten arvioinnilla, joka on myös oleellinen osa kunnostusprosessia. Vaikutusarviointi toteutetaan usein jatkuvan seurannan kautta, jossa eri pienvesiympäristön tilaa havainnollistavia muuttujia tarkkaillaan ajasta ja paikasta riippuvien muutosten havaitsemiseksi. Ennen 2000-lukua kunnostustoimien vaikutusten arviointi on keskittynyt käytännössä vain ekologisiin ja kalataloudellisiin vaikutuksiin, mutta nykyään myös sosiaalinen ja taloudellinen näkökulma on otettu mukaan arviointiin. (A. Eloranta, 2010, s. 148–164)

Kunnostustoimien vaikuttavuuteen vaikuttavat useat aineettomat arvot, minkä vuoksi erityisesti sosiaalisen ja taloudellisen vaikuttavuuden arviointi pienvesikunnostusten kohdalla on usein hankalaa (A. Eloranta, 2010, s. 150–152). Pienvesikunnostuksen sosiaalinen vaikuttavuus liittyy erityisesti alueen asukkaiden kokemukseen ympäristön tilasta.

Pienvesien kunnostuksen tavoitteisiin liittyy olennaisesti pienvesiympäristön virkistyskäytön parantaminen, minkä onnistumisella on suora yhteys kunnostustoimien sosiaaliin vaikutuksiin (A. Eloranta, 2010, s. 159). On myös tutkittu, että varsinkin kaupunkilaisten tietoisuus ja arvostus asuinympäristönsä kaupunkiluonnosta lisääntyvät esiintyvien ekologisten häiriöiden jälkeen (Hunter, 2011, s. 131). Voidaan siis todeta, että pienvesikunnostuksilla on siten todennäköisesti oleellinen vaikutus kaupunkiasukkaiden luontosuhteeseen ja tietoisuuteen oman asuinalueen pienvesiympäristöjen virkistysellisistä vaikutuksista. Vaikka taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna pienvesikunnostuksista saatavaa taloudellista hyötyä on vaikeaa mitata rahassa, on ympäristön ja eliöiden kunnostusten kautta saavuttama hyöty kuitenkin merkittävä. Kerralla laadukkaasti suoritettujen kunnostushankkeiden tuottama positiivinen vaikutus kantaa pitkälle tulevaisuuteen (A. Eloranta, 2010, s. 150).

Kunnostustoimien vaikutusarviointi on vuosien saatossa ottanut monia kehitysaskelleitä uusille vaikuttavuuden osa-alueille. Siitä huolimatta kunnostusmenetelmien sosiaalista ja taloudellista vaikuttavuutta koskevien tietojen keräämiseen ja levittämiseen tulisi panostaa entistä enemmän ekologista näkökulmaa kuitenkin unohtamatta (Bernhardt et al., 2005, s. 637). Pitkäaikaisella ja eri vaikuttavuuden osa-alueet huomioivalla kunnostustoimien vaikutusten arvioinnilla saavutetaan laadukkaammat tulokset pienvesiympäristöjen tilaa kohentavista ja vastaavasti heikentävistä toimista. Kunnostustoimien arvioinnilla on merkittävä vaikutus koko kunnostusprosessin onnistumisen kannalta. Pitkän aikavälin seuranta helpottaa myös mahdollisesti tarpeellisten muutos- ja ohjaustoimenpiteiden tekemistä pienvesiympäristön tilan hyväksi (A. Eloranta, 2010, s. 21).

Nykyään kunnostustoimien vaikutusten arvioinnin tärkeydestä tulisi ohjeistaa ja kouluttaa eri kunnostushankkeilla toimivia henkilöitä aiempaa enemmän, jotta pitkäjänteistä kunnostustoimien vaikutusten seuranta ja raportointia tulisi tehtyä kunnostushankkeilla. Lisäksi yhä useampien hankkeiden tuloksia kunnostusten vaikutuksista pienvesien tilaan tulisi saada talteen. Kuten aiemmin todettiin, vaikutusten arviointi on vielä oleellinen osa pienvesikunnostusprosessia, minkä vuoksi selkeän seurantasuunnitelman laadinta on tärkeää ennen seurantavaiheen alkua. Seurantasuunnitelmassa tulisi määritellä seuranta-aikajänteen lisäksi tarkat seurantamenetelmät, joiden kautta kunnostustoimien ekologisia, kalataloudellisia, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia pienveden tilaan seurataan.

Myös erillisten kunnostushankkeiden tulosten vertailu keskenään on erittäin tärkeää. Kun useiden eri kunnostushankkeiden tuloksia kunnostustoimien vaikutuksista saadaan vertailtua keskenään, on pienvesien kunnostusmenetelmiä mahdollista kehittää paremmiksi ja erilaisiin ympäristöihin sopiviksi (Yrjänä et al., 2008). Yhdysvalloissa on ollut

kokeilukäytössä joki- ja purokunnostuksista saatavan datan keräämiseksi tarkoitettu National River Restoration Science Synthesis (NRRSS)-tietokanta, jonne on kerätty tietoja eri vesistökuunnostushankkeiden toteutuksesta ja tuloksista 2000-luvun alussa. Kokeilu oli kuitenkin vain kertaluontoinen. Aikaisemmin Yhdysvalloissa käytössä olleet pienvesikunnostuksista tietoa keräävät tietokannat oli havaittu sisällöltään hyvin hajanaisiksi, minkä vuoksi NRRSS-tietokanta lopulta perustettiin jäsennellymmän tiedon tallentamiseksi. Tietokannan tavoitteena oli helpottaa erilaisten kunnostushankkeiden menetelmien sekä niiden vaikutusten seurantatulosten vertailua keskenään. (Bernhardt et al., 2005, s. 636; M. Palmer et al., 2006)

NRRSS:n kaltainen tietokanta olisi hyödyllinen myös Suomen pienvesikunnostushankkeisiin liittyvän datan keräämiseen, jotta erityyppisten kunnostushankkeiden toteutusmenetelmien ja vaikutusten vertailu niiden kehittämisen ohella olisi mahdollista. Erityisesti tie- ja väylärakentamishankkeiden yhteydessä toteutettavien pienvesikunnostusten toteutustavat olisi tärkeää dokumentoida hyvin tulevaisuutta varten, koska maankäyttötoiminta tulee lähitulevaisuudessa todennäköisesti kiihtymään entisestään. Lisääntyvä rakentaminen edellyttää siten ympäristön ja luonnon monimuotoisuuden entistä tarkempaa huomiointia tulevalla tie- ja väylärakentamishankkeilla, jotta rakentamisen haitat pienvesiin saadaan minimoitua ja pienvesiympäristöt pidettyä mahdollisimman luonnonmukaisina.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli selvittää tie- ja väylärakentamisen virtaaviin pienvesiin kohdistamia haittoja sekä erilaisia pienvesien kunnostamiseen käytettäviä menetelmiä. Kunnostusmenetelmiä ja niiden vaikutuksia pienvesien tilaan tarkasteltiin Tampereen Vuohenojan tapausesimerkin kautta. Lisäksi pyrittiin selvittämään, millainen on yleisesti pienvesien ekologinen rooli rakennetussa ympäristössä ja mikä on kunnostustoimien vaikutusten arvioinnin merkitys koko pienvesikunnostusprosessin näkökulmasta. Rakentamisen haitat oli rajattu työssä vain tie- ja väylärakentamisesta aiheutuviin haittoihin, minkä vuoksi kiinteistörakentamisen haittoja ei tässä työssä tarkasteltu. Koska kunnostusmenetelmiä tarkasteltiin konkreettisen tapausesimerkin kautta, olivat työssä esitellyt kunnostusmenetelmät juuri kyseisen pienvesityypin kunnostustarpeeseen valittuja, eikä niitä voi siten yleistää suoraan työn ulkopuolelle erillisiin pienvesikunnostushankkeisiin. Pienvesikunnostusteema rajautui tämän työn puitteissa lisäksi vain rakennettujen ympäristöjen, kuten taajama- ja kaupunkiympäristöjen virtaaviin pienvesiin.

Merkittävimpiä tie- ja väylärakentamisen pienvesiin kohdistamia haittoja ovat hulevesien kuljettamat haitalliset aineet, kuten ravinteet ja asfaltit, eroosio sekä uoman virtaamamuutokset ja ylitysrakenteet. Työmailta pienvesiin erilaisia haitallisia aineita kulkeutuu erityisesti hulevesien ja kiintoaineksen mukana. Monet tie- ja väylärakentamisen pienvesiin aiheuttamat haitat vaikuttavat osittain myös toisiinsa, minkä vuoksi useampi haittavaikutus voi yhdessä synnyttää pienvesien ekologista ja kemiallista tilaa huonontavan kierteen, jos ongelmia ei korjata ajoissa.

Maankäytöstä aiheutuvat eroosio-ongelmat johtavat usein uoman virtaamamuutoksiin, kun kiintoainesta pääsee kerääntymään pienvesiuoman pohjalle. Eroosio-ongelmat on todettu kuitenkin pääasiassa tie- ja väylärakentamisen aikaisiksi haittoiksi, jotka poistuvat maankäyttötöiden ollessa valmiita tai kasvillisuuden jälleen sitoessa maaperää. Usein syynä virtaamamuutoksiin on todettu olevan myös tukkeutuneet tai huonosti asennetut vesistöjen ylitysrakenteet, joiden merkitys ehjinä ja toimivina rakenteina on pienvesiympäristöjen ja eliöpopulaatioiden yhdistämisessä kuitenkin merkittävä.

Työssä kuvattujen erilaisten haittavaikutusten laajuuden tunnistaminen on pienvesikunnostusprosessin suunnittelun kannalta erityisen tärkeää. Koska kunnostusmenetelmät valitaan tapauskohtaisesti juuri kyseisen pienvesityypin kunnostustarpeen mukaan, tulee käsityksen pienveden senhetkisestä ekologisesta ja kemiallisesta tilasta oltava kattava. Vuohenojan tapauksessa kunnostustoimia edelsi laaja pienvesi-inventointi, jossa

määriteltiin pienveden kunnostuksen kannalta oleelliset kohteet. Työssä kuvatut Vuohenojan kunnostusmenetelmät ovat pääosin keskittyneet elinympäristöjen luonnonomukaistamiseen sekä eroosiosuojauksiin. Kunnostustoimien vaikutusten arviointi pienvesiympäristön tilaan tämän työn puitteissa jäi melko lyhyeksi, sillä Vuohenojan kunnostustoimia jatketaan edelleen. Pitkäjänteistä vaikutusten arviointia ei ole siten vielä Vuohenojan tapauksessa keretty tekemään, mutta tuloksia on todennäköisesti saatavilla tulevina vuosina enemmän.

Lopuksi työssä pohdittiin kunnostustoimien vaikutusten arvioinnin roolia koko kunnostusprosessin kannalta. Vaikutusten arvioinnin on yleisesti todettu edelleen kaipaavan kehitystä, vaikka se on jo tähän mennessä laajentanut näkökulmiaan esimerkiksi sosiaalisen ja taloudellisen vaikuttavuuden puolelle. Tavoitteena olisi saada kunnostustoimien vaikutuksista tietoja talteen laajasti eri hankkeilta kunnostusmenetelmien kehittämistä varten tulevaisuudessa.

Tämän työn tulosten tarkoituksena oli lisätä konkreettisen tapausesimerkin kautta erityisesti tie- ja väylärakentamisen parissa työskentelevien henkilöiden tietoisuutta rakentamisen kautta virtaaviin pienvesiin kohdistuvista riskeistä sekä niiden kunnostamisen tärkeydestä. Rakentamistoiminnan kiihtyessä on luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeistä pienvesiympäristöistä ja niiden suojelusta oltava entistä tietoisempia. Kuten aiemmin työssä on todettu, virtaavilla pienvesillä on merkittävä tehtävä luonnon vesitalouden ja monimuotoisuuden ylläpitäjänä. Kun virtaavan pienveden luonnolliset dynaamiset toiminnot toimivat oikein, pienvesiympäristöt tarjoavat erilaisia luonnon ekosysteemipalveluita, jotka hyödyttävät ihmistä monin tavoin. Pienvesiympäristöjen voidessa hyvin ne muun muassa suojelevat lähiympäristöään tulvilta ja tarjoavat ihmiselle virkistysmahdollisuuksia. Taajamien ja kaupunkien pienvesiympäristöjen tilan suojeleminen ja kohentaminen tulisi ottaa nykypäivänä vakavasti maankäyttötöiden yhteydessä, jotta tulevaisuudessa pienvesiympäristöt olisivat edelleen monimuotoisia, suojeleisivat rakennettuja ympäristöjä tehokkaasti ilmastonmuutoksen uhilta sekä tuottaisivat samalla virkistysarvoa.

## LÄHTEET

- Bariteau, L., Bouchard, D., Guylaine, G., Mylène, L., Lapointe, S., & Bérubé, M. (2013). A riverbank erosion control method with environmental value. *Ecological Engineering*. Vol 58, pp. 384-392. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.06.004>.
- Barrett, M. E., Malina, J., Charbeneau, R., & Ward, G. H. (1995). Effects of highway construction and operation on water quality and quantity in an ephemeral stream in the Austin, Texas area. Technical report CRWR 262. The University of Texas. Saatavilla: <https://repositories.lib.utexas.edu/server/api/core/bitstreams/48262204-7dbf-40bd-8b39-ac75e79217c1/content>.
- Beaumont, W., Taylor, A., Lee, M., & Welton, J. (2002). Guidelines for Electric Fishing Best Practice. R&D Technical Report W2-054/TR. Environment Agency. Saatavilla (viitattu 26.2.2024): [https://www.researchgate.net/publication/265498186\\_Guidelines\\_for\\_Electric\\_Fishing\\_Best\\_Practice](https://www.researchgate.net/publication/265498186_Guidelines_for_Electric_Fishing_Best_Practice).
- Bernhardt, E. S., Palmer, M. A., Allan, J. D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., et al. (2005). Synthesizing U.S. River Restoration Efforts. *Science* 308, 636-637. Saatavilla: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1109769>.
- Eloranta, A. (2010). Virtavesien kunnostus. Kalatalouden keskusliitto. Julkaisu nro 165. 278 s.
- Eloranta, A. J., & Eloranta, A. P. (2016). Rumpurakenteiden ympäristöongelmat, niiden ehkäisy ja korjaaminen. Keski-Suomen ELY-keskus, raportti, 198 s. Saatavilla: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120869/Rumpurakenteiden\\_ymparistoongelmat.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120869/Rumpurakenteiden_ymparistoongelmat.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
- EPA. (2005). Stormwater Phase II Final Rule. An overview. United States Environmental Protection Agency. Saatavilla: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/fact1-0.pdf>.
- Fricker, C. R. (2003). The presence of bacteria in water after regrowth. World Health Organization. pp. 49-60, 12 p. Saatavilla (viitattu 6.2.2024): <https://docplayer.net/20991067-4-the-presence-of-bacteria-in-water-after-regrowth.html>.
- Hell, K., Koskinen, H., Ahomies, M., Yliselä, T., & Jonkka-Haavisto, P. (2019). Katu- ja vesihuoltotöiden työselostus. Vuohenojan siltarumpu III rakennusurakka. Ramboll. Saatavilla: Tampereen kaupunki.
- Holsti, H. (2013). Tampereen kaupungin taajama-alueella sijaitsevien Myllyjojan, Vuohenojan, Pyhäojan ja Viinikanojan virtavesi-inventointi ja sähkökoekalastukset vuonna 2013. Saatavilla: Tampereen kaupunki.
- Hunter, M. R. (2011). Impact of ecological disturbance on awareness of urban nature and sense of environmental stewardship in residential neighborhoods. *Landscape and Urban Planning* 101. pp. 131-138. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.005>.
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A., & Erkinaro, J. (2014). Lohen vaelluspokasten alasaellus rakennetuissa joissa - ongelmat ja ratkaisumahdollisuudet. RKTL:n työraportteja 8/2014. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Järvenpää, L. (2004). Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa - esimerkkinä Nuukion Myllypuro. *Suomen ympäristö 737*. Suomen ympäristökeskus.
- Jingrui, S., Weilong, D., Martyn, C. L., Chengzhi, D., Jinnan, C., Juan, T., & Daming, H. (2023). River fragmentation and barrier impacts on fishes have been greatly underestimated in the upper Mekong River. *Journal of Environmental Management*. Vol 327. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116817>.
- Jormola, J., Harjula, H., & Sarvilinna, A. (2003). Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. *Suomen ympäristö 631*. Suomen ympäristökeskus.
- Keto, K. (2022). Rantaeroosio ja sen torjunta. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Opas 1/2022.
- Koljonen, S., Sammalkorpi, I., Vilmi, A., & Hellsten, S. (2020). Vesistökuunnostusten seurantojen toteuttaminen. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13/2020*. Suomen ympäristökeskus.
- Leppänen, P. (2024). Rakennuttajainsinööri. Tampereen kaupunki. Suullinen tiedoksianto 2024.
- Leppänen, S. (2024). Erikoissuunnittelija, limnologi. Tampereen kaupunki. Suullinen tiedoksianto 2024.
- Mänttari, H. (2020). Tampereen Vuohenoja. *Moro*. Saatavilla (viitattu 25.2.2024): <https://www.aamulehti.fi/moro/art-2000007604460.html>.

- Niemelä, J., Helle, I., & Jormola, J. (2004). Pienvesiympäristöjen merkitys kaupunkiluonnon monimuotoisuudelle. Suomen ympäristö 724. Loppuraportti. Ympäristöministeriö.
- Olin, M., Lappalainen, A., Sutela, T., Vehanen, T., Ruuhijärvi, J., Saura, A., & Sairanen, S. (2014). Ohjeet standardinmukaisiin koekalastuksiin. RKTL:n työraportteja 21/2014. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Palmer, M., Bernhardt, E., & Allan, J. D. (2006). National Center Ecological Analysis for and Synthesis, & NCEAS 4700: Palmer: StreamRestoration. The National River Restoration Science Synthesis database at NBII. Knowledge Network for Biocomplexity. Saatavilla (viitattu 4.4.2024): <https://knb.ecoinformatics.org/view/doi:10.5063/AA/bowdish.143.4>.
- Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Allan, J. D., Lake, P. S., Alexander, G., Brooks, S., et al. (2005). Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*. Vol 42, pp. 208-217. Saatavilla: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2664.2005.01004.x>.
- Sarvilinna, A., & Sammalkorpi, I. (2010). Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus.
- Sarvilinna, A., Hjerpe, T., Arola, M., Hämäläinen, L., & Jormola, J. (2012). Kaupunkipurojen kunnostaminen. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus.
- Scmutz, S., & Sendzimir, J. (2018). Riverine ecosystem management. Science for governing towards a sustainable future. *Aquatic Ecology Series*, Vol 8, pp. 171-174.
- Suomen kuntaliitto. (2012). Hulevesiopas. Kuntaliitto.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (2024). Dioksiinit ja PCB-yhdisteet. Saatavilla (viitattu 21.2.2024): <https://thl.fi/aiheet/ymparistoverveys/ymparistomyrkyt/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet>.
- Tieteen termipankki. (2014). Suspendoitunut kiintoaine. Tieteen termipankki. Saatavilla (viitattu 6.2.2024): [https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:suspendoitunut\\_kiintoaine](https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:suspendoitunut_kiintoaine).
- Tolonen, J., Leka, J., Yli-Heikkilä, K., Hämäläinen, L., & Halonen, L. (2019). Pienvesiopas. Pienvesien tunnistaminen ja lainsäädäntö. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 36/2019. Suomen ympäristökeskus.
- Ulvi, T., & Lakso, E. (2005). Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus.
- Vakkilainen, P., Kotola, J., & Nurminen, J. (2005). Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristö 776. Ympäristöministeriö.
- Vehviläinen, B. (1981). Joen kiintoainekulkeuman määräytyksestä. Tiedotus 216. Vesihallitus, 58 s.
- vesilaki. (2011). L 27.5.2011/587. Finlex. Saatavilla (viitattu 20.2.2024): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>.
- Vuori, K.-M., Bäck, S., Hellsten, S., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Lax, H.-G., et al. (2006). Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet. Suomen ympäristökeskus.
- Wellman, J. C., Combs, D. L., & Bradford Cook, S. (2000). Long-Term Impacts of Bridge and Culvert Construction or Replacement on Fish Communities and Sediment Characteristics of Streams. *Journal of Freshwater Ecology*. Vol 15, No 3, pp. 317-328. Saatavilla: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/02705060.2000.9663750?needAccess=true>.
- Westermarck, A. (2021). Kalojen kevätseuranta Tampereen virtavesissä vuonna 2021. KVVY Tutkimus Oy/Tampere. Saatavilla: Tampereen kaupunki.
- Wohl, E., Lane, S. N., & Wilcox, A. C. (2015). The science and practice of river restoration. *Water Resour. Res.*, 51, pp. 5974-5997. Saatavilla: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2014WR016874>.
- WVRC-TU. (2020). Reducing impacts of pipelines crossing rivers and streams. West Virginia Rivers Coalition & Trout Unlimited. Saatavilla: <https://wvivers.org/wp-content/uploads/2020/06/streamcrossingreport.pdf>.
- Younkin, L. M. (1963). Effects of highway construction on sediment loads in streams. Bucknell University. pp. 82-93. Saatavilla: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr135/sr135-008.pdf>.
- Yrjänä, T., Ahola, M., Kovanen, T., Luhta, P.-L., Moilanen, E., Hartikainen, E., et al. (2008). Purokunnostusopas. Ympäristöopas. Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan Ympäristökeskus.