

02.06.2025

LEHIJÄRVEEN LASKEVAN MYLLYOJAN VALUMA- ALUESUUNNITELMA

OLO - Opitaan lisää ojista - hanke

SISÄLTÖ

<i>JOHDANTO</i>	3
<i>KARTOITUSMENETELMÄT JA KOHTEIDEN VALINTAKRITEERIT</i>	3
<i>VAIKUTTAVUUSARVIOT JA SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT</i>	4
<i>SUUNNITTELU- JA MITTAUSAINEISTO</i>	5
<i>TOIMENPIDEALUEEN PERUSTIEDOT</i>	6
<i>Alueen sijainti ja yleiskuvaus</i>	6
<i>Valuma-alueet ja mitoitusvirtaamat</i>	7
<i>Peruskuivatuksen ja uoman kunnostuksen historia</i>	8
<i>Kaavatilanne</i>	8
<i>Luonto- ja kalatalousarvot</i>	8
<i>Maaperä ja happamat sulfaattimaat</i>	8
<i>SELVITYKSEN TULOKSET JA KOHDEKUVAUKSET</i>	9
<i>LÄHDEKIRJALLISUUS JA LIITTEET</i>	12

LIITTEET

1. Ojitusyhteisön 3387 He1 vanha pintakartta
2. Paalujako peruskartalla
3. Ojitusyhteisön 3387 He1 vanha pituusleikkaus
4. Myllyojan uusi pituusleikkaus (nykytilaselvitys)
5. Märkydestä kärsivän lohkon 109-00234-53 salaojakartta tn. 4624
6. Pengerryksen pintakartta luonnos (sis. korkeuskäyrät ja salaojakartat)
7. Pengerrakenteen poikkileikkausluonnos
8. Myllyojan valuma-alueen hulevesiriskit
9. Myllyojan valuma-alueen hulevesiselvitys

Lehijärven Myllyojan valuma-aluesuunnitelma

JOHDANTO

Selvitystyön tavoitteena oli kartoittaa Hämeenlinnan Lehijärveen laskevan Myllyojan lähivaluma-alueen vesienhallintaan soveltuvia kohteita. Tarkastelussa keskityttiin paikantamaan ravinteiden ja kiintoaineksen huuhtoumaa aiheuttavia tulva-/märkyysriskialueita, viipymää lisäävien rakenteiden rakentamiskohteita sekä uomakunnostuskohteita, joiden vaikuttavuus vesiensuojelun tehostamisen sekä luonnon ja elinympäristöjen monimuotoisuuden lisäämisen näkökulmasta olisi mahdollisimman korkea.

Selvitystyön pohjalta toteutettiin uomaston nykytilaselvitykset ja laadittiin alustavat suunnitelmaluonnokset tarvittavista vesienhallinnan ja ennallistamisen toimenpiteistä. Näiden selvitysten pohjalta ollaan aktivoimassa aluetta hallinnoiva ojitusyhteisö ja hakemassa rahoitusta toteutettaville toimille yhdessä sidosryhmien kanssa.

KARTOITUSMENETELMÄT JA KOHTEIDEN VALINTAKRITEERIT

Vesienhallintaan soveltuvia tai vesienhallinnan kannalta kriittisiä kohteita kartoitettiin maastokartta-, satelliittikuva-, ilmakehän, vinovalovarjoste-, laserkeilausaineisto-, maalajiaineisto-, RUSLE-eroosiomalli että ojitusyhteisöjen aineistojen ja salaojakarttatarkastelun perusteella.

Kohdealuevalintaan vaikutti kuitenkin voimakkaimmin maa- ja vesialueenomistajilta saatu palaute ja avuntarve sekä Lehijärven tilan että maankäytön näkökulmista.



Kuva 1. Kevättulvaa Vuorentaan pelloilla Myllyojan varrella.

VAIKUTTAVUUSARVIOT JA SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Suunnittelun lähtökohtana on ollut kansallisten ja kansainvälisten vesienhallintaan liittyvien strategioiden mukaisten suunnitteluohjeiden ja oppaiden noudattaminen. Saaristomeri-ohjelmassa on laadittu maatalouden vesiensuojelun tiekartta, jossa todetaan maatalouden vesiensuojelutoimenpiteistä seuraavaa: ”Tehokkaimmin maatalouden ravinnekuormitusta vähentäviä toimenpiteitä ovat peltojen vesitalouden ja maaperän kasvukunnon parantaminen, maanparannusaineiden käytön lisääminen, lannan siirron edistäminen sekä peltojen kasvipeitteisyyden lisääminen ja kohdentaminen eroosioherkille alueille.” (<https://www.ely-keskus.fi/web/saaristomeren-hot-spot-tiekarttahanke/maatalouden-tiekartta>)

Peltojen vesitalouden parantamisella vaikutetaan maaperäterveyteen EU:n maaperästrategian mukaisesti. Tavoitteena on tiivistymäriskien vähentäminen, imeytymisen lisääminen ja täten pintavalunnan vähentäminen sekä ravinteiden sitouttaminen kasvien käyttöön. Ympäristöministeriön tiedotteen mukaan Euroopan komissio haluaa parantaa maaperän terveyttä: ”Maaperän terveyden seuraamiseksi direktiiviehdotukseen on sisällytetty erilaisia kriteereitä ja indikaattoreita maaperän terveydelle, kuten esimerkiksi eroosio, maan orgaaninen hiili, tiivistyminen, ravinneylijäämä, maaperän saastuminen, vedenpidätyskyky ja biodiversiteetin väheneminen.” (<https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/euroopan-komissio-haluaa-parantaa-maaperan-terveytta>)

BSAG:n uudistavan viljelyn e-opiston mukaan: ”Hyväkuntoinen pelto pidättää vettä ja ravinteita sekä vähentää eroosiota. Se myös sietää paremmin vaihtelevia äärisäitä. Arvokkaan pintamaan pysyessä pellolla ja ravinteiden kierron toimiessa säästyy euroja. Näin ehkäistään myös Itämeren rehevöitymistä. Hiilen varastoitumisen ja biodiversiteetin maksimointi, sekä toimiva vesitalous ja vesistö päästöjen minimoointi, ovat sekä keinoja että tavoitteita uudistavassa viljelyssä.” ”Mikäli pellossa on pahoja kasvukunnon ongelmia, kannattaa niiden kartoittamisen ja korjaamisen eteen nähdä vaivaa, sillä pellon peruskunto ja toimiva vesitalous ovat hyvän kasvukunnon perusta. Pellon vesitalous on oltava kunnossa, eikä vesi saa jäädä seisomaan pellolle. Maan tiivistymät täytyy poistaa, koska tiivistyneessä maassa happi ja vesi eivät kierrä kunnolla ja mikrobitoiminta on heikkoa.” (<https://www.bsag.fi/uudistava-viljely/>)

Kokonaisvaltaisessa tarkastelussa on huomioitu peltojen vesitalouden lisäksi myös viipymän kasvattaminen valuma-alueella sekä luonnonmonimuotoisuuden turvaaminen. Suomen ympäristökeskuksen sekä ELY-keskuksen ylläpitämällä Vesi.fi-sivustolla todetaan kokonaisvaltaisesta vesienhallinnasta seuraavaa: ”Valuma-alueella toteutettavilla hankkeilla voi kuivatuksen ohella olla monta muutakin tavoitetta, kuten tulvien hallinta tai vesistön säännöstely. Tavoitteena voi olla myös edistää maiseman- ja luonnonhoitoa tai vesistön virkistyskäyttöä. Valuma-alueella tehtäviä toimia tarvitaan parantamaan vesistöjen tilaa ja edistämään sopeutumista muuttuviin sää- ja vesioloihin.”

”Kun valuma-aluetta tarkastellaan kokonaisvaltaisesti, voidaan ottaa huomioon sekä alueen luonnon että vesistön käytön tarpeet. Luonnonmukaisen vesienhallinnan periaatteet ohjaavat kohti monimuotoisia vesiympäristöjä, jossa ehkäistään vesien käytöstä aiheutuvia haittoja ja korjataan ihmisen toiminnasta koituneita vahinkoja.” (<https://www.vesi.fi/kokonaisvaltaista-vesienhallintaa-valuma-alueella/>)

Yleisesti voidaan todeta, että yksittäisten toimenpiteiden vaikutusta kokonaiskuormitukseen on hankala arvioida. Ensisijaisen tärkeää on, että suunnitellut toimenpiteet tukevat kansallisia ja kansainvälisiä strategioita sekä paikallista kestäväää kehitystä ja noudattavat annettuja lakeja, asetuksia, määräyksiä sekä viimeisimpään tutkimustietoon perustuvia suunnitteluohjeita ja -oppaita (ks. Lähdekirjallisuus).

SUUNNITTELU- JA MITTAUSAINEISTO

Suunnitelman laaditut aineistot on esitetty ETRS-TM35 -koordinaattijärjestelmässä ja N2000 korkeusjärjestelmässä ja sen tiedot perustuvat Mikko Ortamalan 23.05-10.07.2024 alueella suorittamiin GNSS-satelliittimittauksiin sekä maastotutkimuksiin.



Kuva 2. Myllyojan uomaston nykytilaselvityksessä havaittiin reheviä lähteisiä kohteita, jotka pyritään ennallistamaan.

TOIMENPIDEALUEEN PERUSTIEDOT

Alueen sijainti ja yleiskuvaus

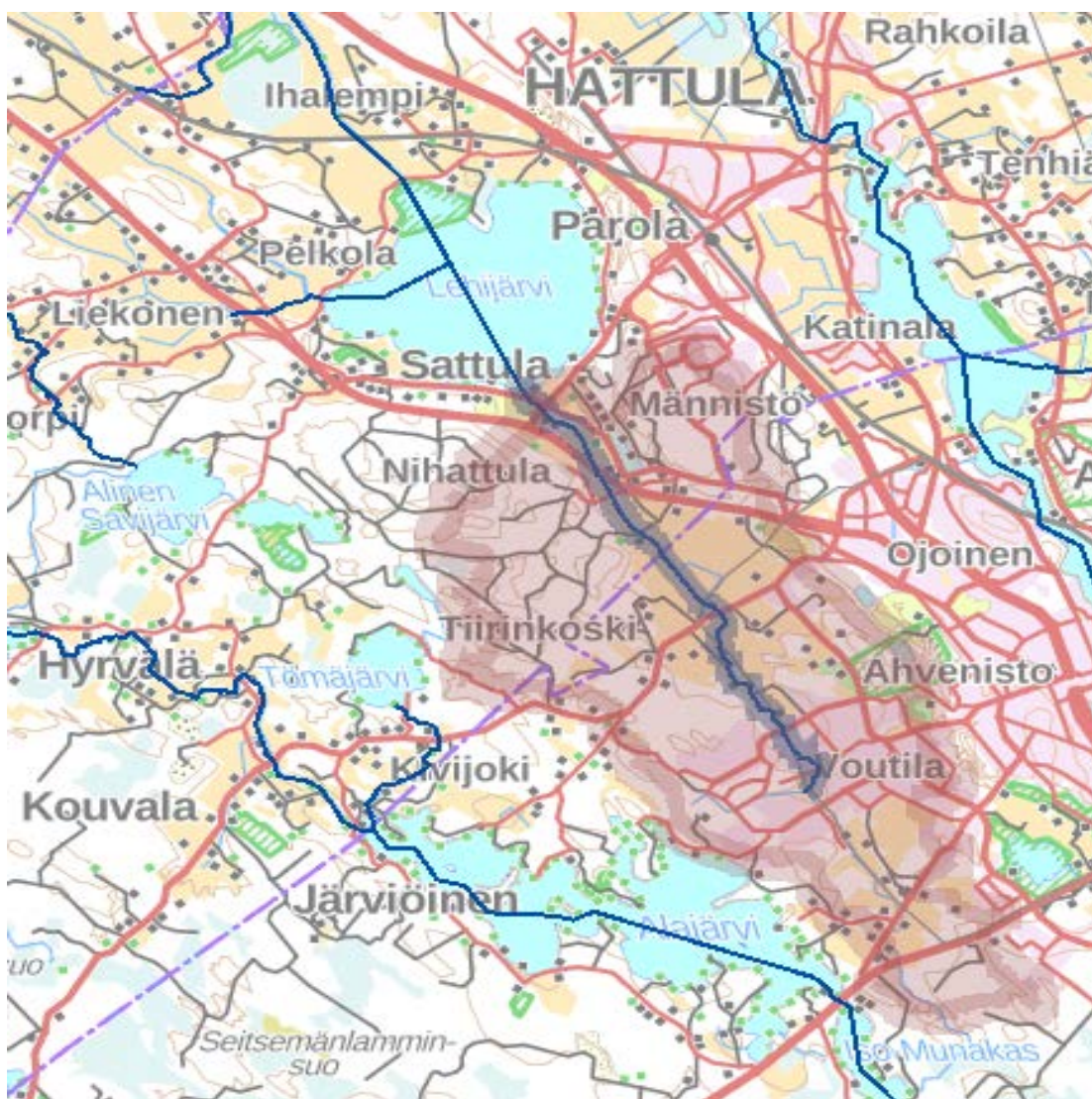
Lehijärveen laskevan Myllyojan uoma kulkee peltoalueiden sekä rakennettujen alueiden läpi Hämeenlinnassa / Hattulassa. Aluetta hallinnoin kaksi ojitusyhteisöä joista toisen kunnostettavan uoman hyötyalueella on alavia ja puutteellisista kuivavaroista kärsiviä peltoja (Leteenajan perkaus, 3387 He1) ja toinen sijaitsee yläjuoksulla, jossa on rakennettua ympäristöä (Sammonsuon ym. ojien perkaus, 3734 He1).



Kuva 3. Ojitusyhteisöjen vanhat tekniset suunnitelmat ovat tarkastelun keskeisiä työkaluja

Valuma-alueet ja mitoitusvirtaamat

Lehijärveen kaakosta virtaavan runsaan 10 kilometrin mittaisen Myllyojan (yläjuoksulla nimeltään Kivisenoja tai Leteenoja) valuma-alueen suuruus on noin 30:n neliökilometriä (Kuva 4.). Kunnostettava uomasto on valuma-alueen laajuutensa perusteella vesilain 3 §:ssä tarkoitettu puoluokkaan kuuluva virtaavan veden vesistö. Tarkemmat mitoitusvirtaamat löytyvät vanhasta pituusleikkauksesta (liite 3.).



Kuva 4. Myllyojan valuma-alue (laadittu VALUE – valuma-alueen rajaustyökalulla).

Peruskuivatuksen ja uoman kunnostuksen historia

Leteenojan ojitusyhteisön (kartalla Myllyoja) kunnostettava ojauoma tn. 3387 He1 on alun perin kaivettu valtion avustuksella peruskuivatuksen edellyttämään kuivatussyvyyteen 1958 (suunnitelma Jaakko Peltola 1955). Yhtiösopimus laadittiin 1955. Tästä lähtien uomastoa on pidetty kunnossa osakkaiden omana työnä tarpeen mukaan. Kunnostuksen on tehnyt haasteelliseksi Vuorentaan peltoaukeaman alapuolisen alueen lähteisyys ja eroosioherkkyys. Rakennettu ympäristö valuma-alueella on kasvanut noin 30% suunnitelman laadinnan / uoman teknisen mitoittamisen jälkeen.

Kaavatilanne

Uomakunnostushanke 3387 He1 ei sijaitse asemakaava-alueella. Yläpuolinen 3734 He1 puolestaan sijaitsee asemakaava-alueella.

Luonto- ja kalatalousarvot

Kunnostuksilla pyritään turvaamaan alueella uoman 3387 ennallistamistoimet sekä lintulajistojen että saukon elinympäristöt monivaikutteisen suunnittelun periaattein. Ojitusyhteisön 3387 He1 uomaosuudella ei ole tiedossa olevia kalataloudellisia erityisarvoja paljaaksi peratun luonteensa vuoksi.

Sidosryhmäyhteistyönä kartoitettiin vesienhallinnalle, elinympäristökunnostuksille ja ennallistamiselle soveltuvia kohteita myös yläjuoksun ojitusyhteisön 3734 He1 alueelta. Alueellisen kalatalouskeskuksen mukaan vähäiset virtaamat ovat haaste kalataloudellisille virtavesikunnostuksille, vaikka muuten soveltuvia kohteita löytyisikin. Todettiin, että annetaan luonnontilaan palautumassa olevien alueiden palautua luontaisesti kohti luonnontilaa. Oman haasteensa kunnostuksille tuovat myös ympäröivä maankäyttö ja hulevesirakenteet. Virkistysarvojen kehittämisen huomioivat kunnostukset saattaisivat vaarantaa alueella viihtyvän lajiston kuten saukon elinympäristöjä ja lisätä esimerkiksi roskaamista.

Maaperä ja happamat sulfaattimaat

Suunnittelualue ei sijaitse happamien sulfaattimaiden esiintymisalueella (tiedot tarkistettu GTK:n paikkatietoaineistosta 02.06.2025).

SELVITYKSEN TULOKSET JA KOHDEKUVAUKSET

Hankkeessa lähdettiin toteuttamaan valuma-aluesuunnittelua vaiheittain aiempien alueellisten sekä kansallisten ja kansainvälisten hankkeiden toimintamallien mukaisesti. Vesienhallinnan haasteiden kartoittamisessa ja toimenpiteitä kohdennettaessa on syytä tiedostaa, että jokainen valuma-alue on yksilöllinen. Jokaisella valuma-alueella on ainutlaatuiset suhteet korkeuserojen, virtaamien, maalajien, maankäyttömuotojen, luontoarvojen, vetisyyden, kuivatustilanteen, maankäyttömuotojen sekä toimijoiden suhteen. Tämän takia ei voida yleistäen toimia jokaisella kunnostuskohteella samalla tavalla, vaan joudutaan kohdentamaan toimenpiteet ja toimintatavat yksilöidysti.

Kohteiden suunnittelu on toteutettu vaiheittain. Näin säästetään ajassa ja kustannuksissa. Kaikki suunnittelu alkaa ongelmien ja tavoitteiden kartoittamisesta. Oli kyseessä mikä tahansa ongelma-alue tai hoitoalue, niin yhdessä keskustelemalla eri sektoreiden toimijoiden kanssa todetaan valuma-aluesuunnittelun tavoitteet karttojen, satelliitti- ja ilmakuvien, korkeusmallien sekä maalajiaineistojen, vanhojen salaojakarttojen ja paikkatietoaineistojen tarkastelun avulla. Samalla etenkin maatalousalueilla selvitetään olemassa olevat ojitussyhteisöt ja hyödynnetään vanhoja aineistoja ja teknisiä suunnitelmia suunnittelun tukena. Vanhat suunnitelmat, osittellut sekä yhteisön säännöt ovat useimmiten edelleen lainvoimaisia ja on erittäin tärkeää tuntee kunnostusalueen historia ja rakenteiden tekninen mitoitus. Näin voimme ymmärtää huuhtouman ja kasvukunnon haasteiden syntymekanismit. Ravinnerikkaan ruokamultakerroksen huuhtouman vähentäminen sekä tiivistymäriskin ehkäiseminen ja maaperäterveyden edistäminen on sekä ympäristön että viljelijän edun mukaista. Keskustelua aluetta koskevista tarpeista on käyty paikallisen ojitussyhteisön, Lehijärven suojeluyhdistyksen, Hämeenlinnan kaupungin sekä muiden alueellisten toimijoiden välisenä yhteistyönä. Paikkatietotarkastelujen sekä keskustelujen myötä kävi ilmi, että Lehijärvi kärsii peltoalueiden tulvimisesta, joka aiheuttaa ravinteiden, kiintoaineiden ja kolibakteerien huuhtoumaa sekä satotappioita.

Kokonaisvaltainen vesienhallinta tarkoittaa kaikkien veden johtamiseen, viivyttämiseen, varastointiin ja käyttöön liittyvien toimenpiteiden suunnittelua ja toteutusta siten, että ympäristövaikutukset ja taloudellinen hyöty ovat tasapainossa. Erityisen tärkeitä toimenpiteitä tässä kokonaisuudessa ovat peruskuivatus valtaojatasolla sekä lohkokohmainen peltosalaojitus, jotka mahdollistavat maatalousmaan optimaalisen vesitalouden ylläpidon ja vesien imeyttämisen. Kaikilla näillä tavoitteilla on yksi yhteinen nimittäjä eli ”kuivavara”, joka on uomaston keskivesipinnan suhde alavimpiin pellon pintoihin. Kuivavaraan vaikuttavat uoman riittävä mitoitus, jossa huomioidaan virtaama, kuivatussyvyys, uoman kaatoprosentti, pohjan leveys ja poikkileikkauspinta-ala, joilla vaikutetaan vesipatsaan paksuuteen uomassa. Peruskuivatusta suunniteltaessa tulee huomioida riittävät kuivavarat ja asennussyvyys myös salaojarakenteille. Samat mitoitusperiaatteet koskevat myös luonnonmukaisia menetelmiä kuten kaksitasouomia. Suunniteltaessa kosteikkoja, pohjapatoja, soiden ennallistamisia tulisi aina huomioida myös ympäröivien maa-alueiden kuivavaravaatimukset (liitteet 4 ja 5.).

Edellä mainittujen seikkojen pohjalta alueelle lähdettiin toteuttamaan uomaston nykytilaselvityksiä mittaamalla, jolloin voidaan todentaa ongelmien juurisyyt sekä mahdollisuudet vesienhallinnan rakenteille sekä ennallistamistoimille. Nykytilaselvityksissä

[illegible]

Kartoituksissa selvisi, että uomastoon on kertynyt runsaasti kunnostusvelkaa (etenkin alapuolisilla eroosioherkillä alueilla) ja pellonpinnat ovat eloperäisillä mailla painuneet 60-70cm. Tämä aiheuttaa alavimpien peltoalueiden tulvimista ja märkyyttä jopa yli 50 ha alalla, etenkin kun virtausnopeudet yläpuolisilta rakennetuilta alueilta ovat kasvaneet.

Uoman tekninen mitoitus ei enää vastaa tämän hetken vaatimuksia. Myllyojan kohteella ympäristön sekä maatalouden tuotantotalouden tavoitteet ovat yhteensovitettavissa kaksitasouomien, pengerryksen ja pumppauksen sekä ennallistamistoimien avulla (liitteet 4, 6 ja 7.).

Ympäristökompensaatioilla haittoja pyritään tasapainottamaan luonnon monimuotoisuutta lisäävin keinoin palauttamaan vesiekosysteemejä sekä elinympäristöjä kohti luonnontilaa esimerkiksi ennallistamisen periaattein. Toimenpiteiden vaikuttavuuden ja hyväksyttävyyden kannalta keskeistä on ansaintalogiikka, eli miten ratkaisut voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti ja saavuttaa hyötyjä yhdenaikaisesti sekä ympäristön että tuotantotalouden näkökulmista.

Tässä kokonaisuudessa kaksitasouomien ja niistä saatavin kaivumassoin toteutettavien penkereiden avulla voidaan pumppuja hyödyntämällä saavuttaa Myllyojalla tilanne, jossa voidaan ehkäistä lannoitetun ravinnerikkaan ruokamultakerroksen huuhtoumaa ja ennallistaa alapuoleinen uomasto (liitteet 6 ja 7.). Lisäksi vettä pystytään pidättämään peltomaassa säätörakenteiden avulla hallitusti ja yhdenaikaisesti vähentämään uomien perkausta. Mikäli osaksi järjestelmää saataisiin suodatinratkaisuja, niin parantaisi se veden laatua entisestään. Tämä edellyttää kuitenkin hallittavia virtaamia ja maanomistajilta entistä voimakkaampaa sitoutumista sekä taloudellisesti että ajallisesti. Toteutuessaan Lehijärveen laskevan Myllyojan kunnostus voisi joka tapauksessa toimia kansallisena erilaisia arvoja yhteensovittavana esimerkkikohteena.



Kuva 6. Pengerryksen ja pumppauksen avulla alapuoleinen uomasto voidaan jättää ennallistumaan

Kohteelle ollaan hankkeen tuloksena hakemassa ojitussyhteisön sitoutumista sekä julkista rahoitusta vesienhallinnan rakenteiden perustamiseksi. Ojitussyhteisö järjestäytymiskokouksessaan tulee päättämään hankkeen jatkosta sekä sitoutumisesta rahoitushakuun. Lehijärven suojeluyhdistys on myös voimakkaasti mukana yhteistyössä toimenpiteiden toteuttamiseen saavuttamiseksi.

LÄHDEKIRJALLISUUS JA LIITTEET

Kokonaisvaltaiseen maankäyttöä ja vesienhoitoa yhteensovittavaan suunnitteluun liittyvää lähdekirjallisuutta:

Järvenpää L. ja Savolainen, M. (toim.). Helsinki 2015. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu (2.painos). Suomen ympäristökeskus. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2016. 196 s.

Paasonen-Kivekäs, M., R. Peltomaa, P. Vakkilainen, H. Äijö (2009): Maan vesi- ja ravinnetalous. Salaojayhdistys ry, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä (2009).

Hämäläinen, L., J. Jormola, L. Järvenpää, P. Kasvio, J. Tertsunen & T. Muilu (2015): Luontoarvojen huomioon ottaminen ojitusten peruskorjauksissa ja kunnossapidossa. PERKAUS-hankkeen työraportti. Suomen ympäristökeskus. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B705F6293-C336-47CC-8A62-BB8CB7B16EFF%7D/121796>

Alakukku, L. (2006): Maaperän prosessit - pellon kunnon ja ympäristönhoidon perusta. MMM:n maaperätutkimusohjelman loppuraportti. Vammalan Kirjapaino Oy

Eloranta, A. (2010): Virtavesien kunnostus. Kalatalouden keskusliitto. Julkaisu nro 165.

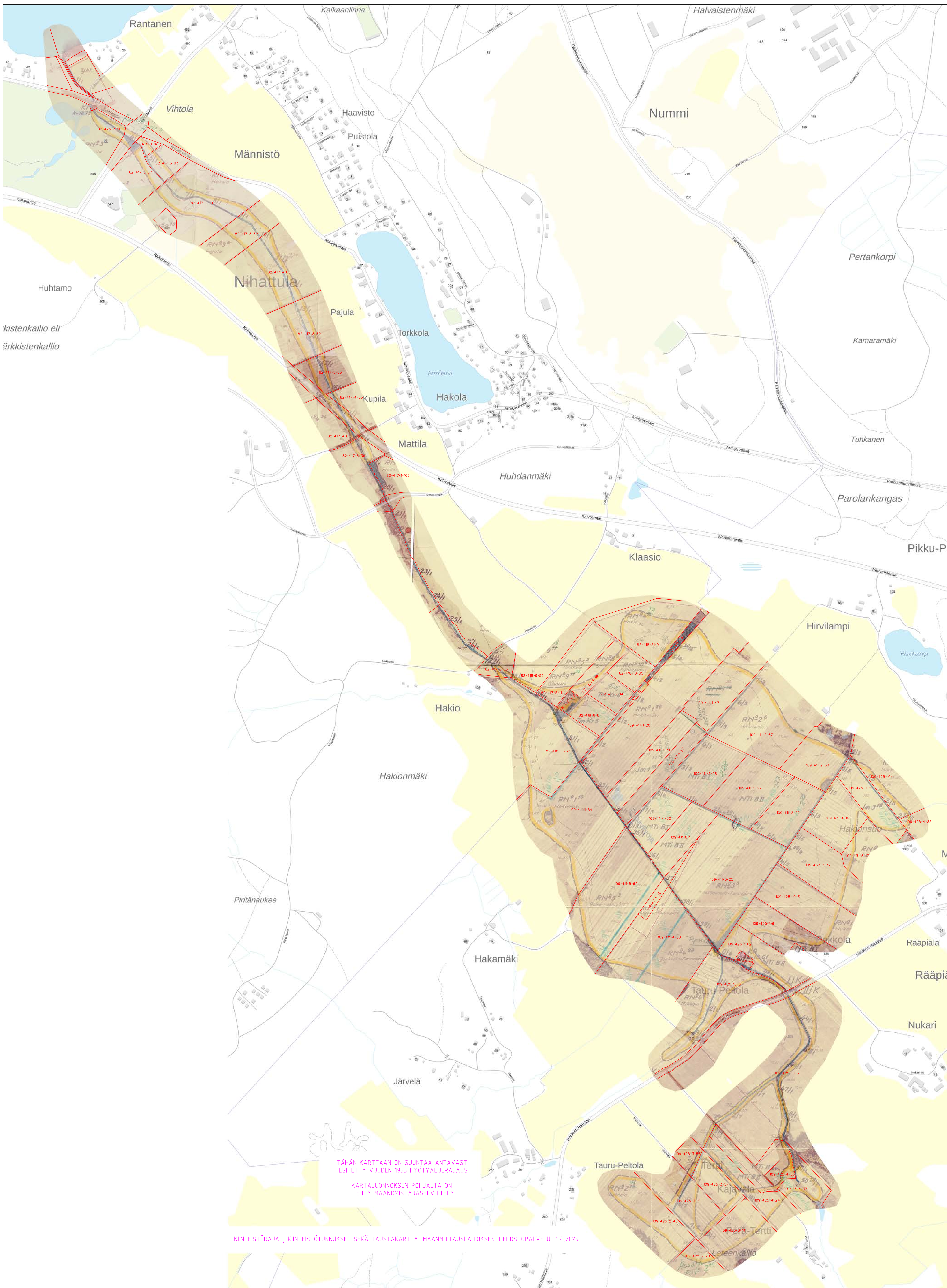
Järvenpää, L., Jormola, J. & Tammela, S. (2010): Luonnonmukaisten ohitusuomien suunnittelu rakennetussa vesistössä. Suomen ympäristö 5/2010. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 78 s.

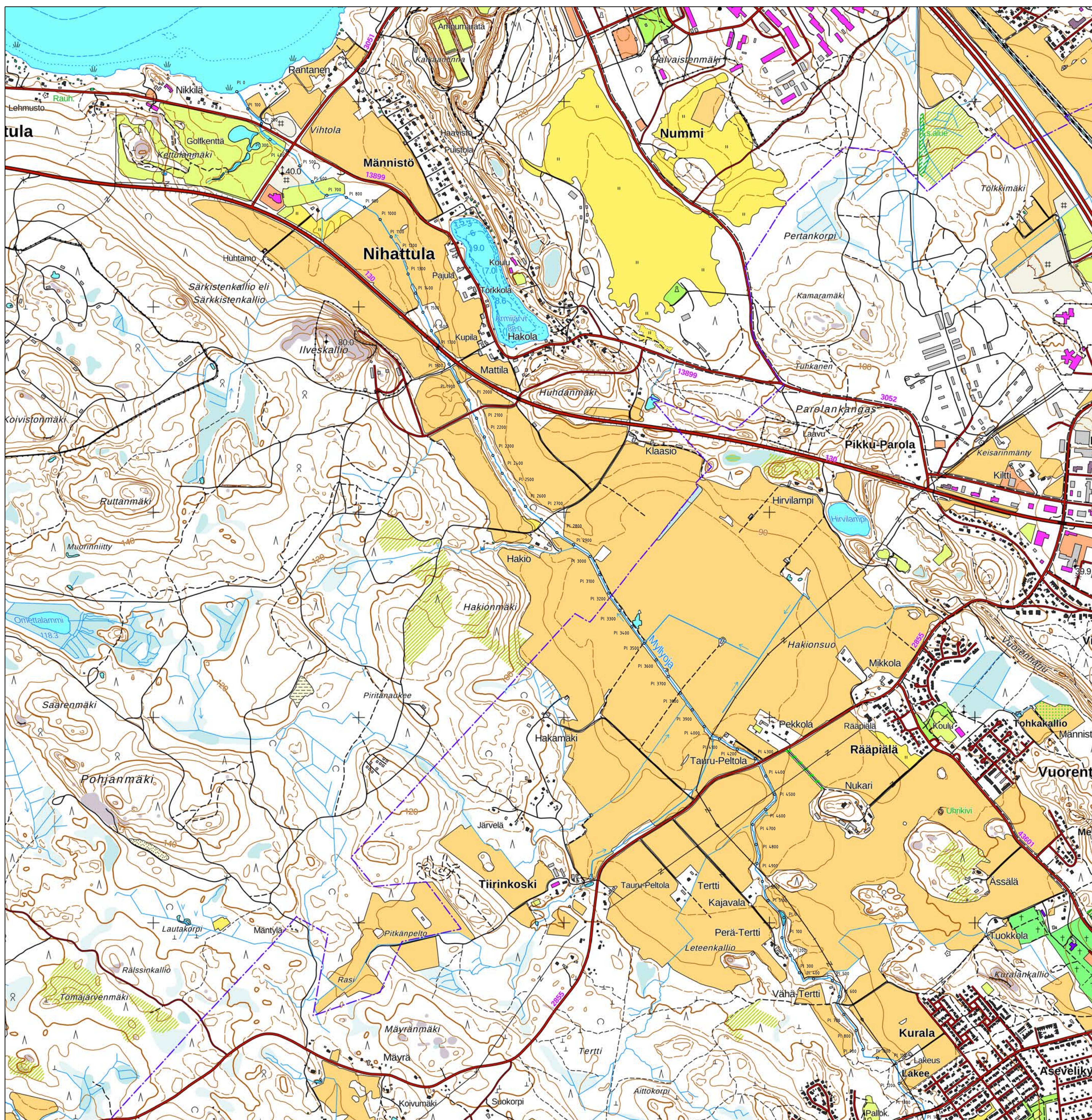
Järvenpää, L & M. Savolainen (2016): SILTA- JA RUMPURAKENTEIDEN AUKKOMITOITUS. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Juvenes Print. OPAS 4 | 2016

Ahola, M. & M. Havumäki (2008): Purokunnostusopas. Käsikirja metsäpurojen kunnostajille. Ympäristöopas. Kainuun ympäristökeskus, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Vammalan Kirjapaino Oy (2008)

Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. & Seuna, P. 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja A 198. 323 s. ISBN 951-47-9883-X.

Ruhtula J. (toim.). 1996. Kosteikkojen ja laskeutusaltaiden suunnittelu. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristökeskus (1996)





Hand-drawn technical drawing of a road cross-section for a 6200 m³ embankment. The drawing includes a profile view at the top showing a 10.75% grade, a cross-section view in the middle showing a 10.75% grade, and a table of elevations and distances at the bottom. The drawing is on aged paper with handwritten notes and a circular stamp.

Profile View (Top): Shows a road with a 10.75% grade. The vertical axis is labeled "Kp" and "k=10.75". The horizontal axis is labeled "m ± 0.1k". A circular stamp contains the text "KP", "k=10.75", "PN=2 1/2", "4m ± 0.1k", and "Hakki".

Cross-section View (Middle): Shows a road with a 10.75% grade. The vertical axis is labeled "Maantähtä PN=2 1/2". The horizontal axis is labeled "m ± 0.1k". A circular stamp contains the text "KP", "k=10.75", "PN=2 1/2", "4m ± 0.1k", and "Hakki".

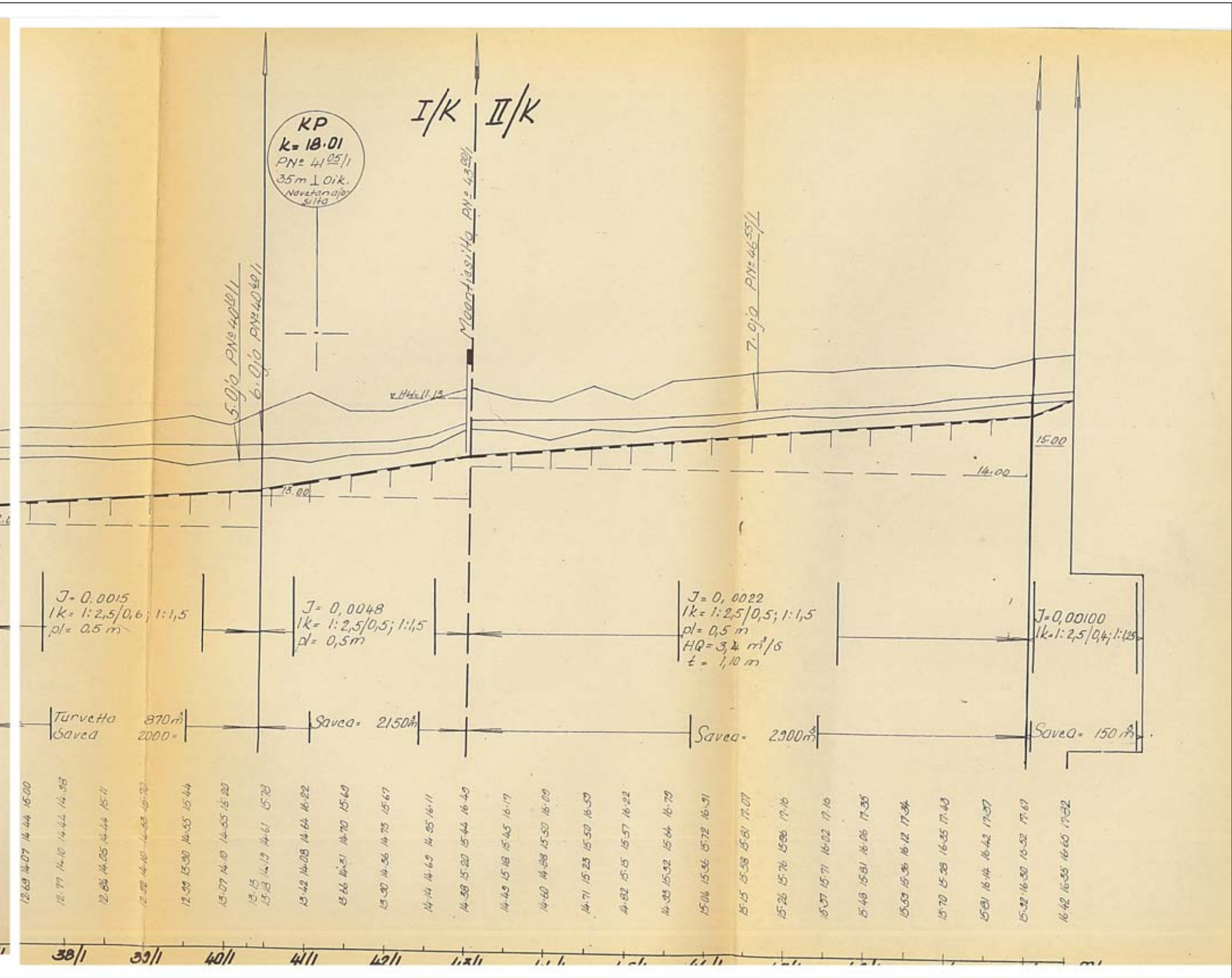
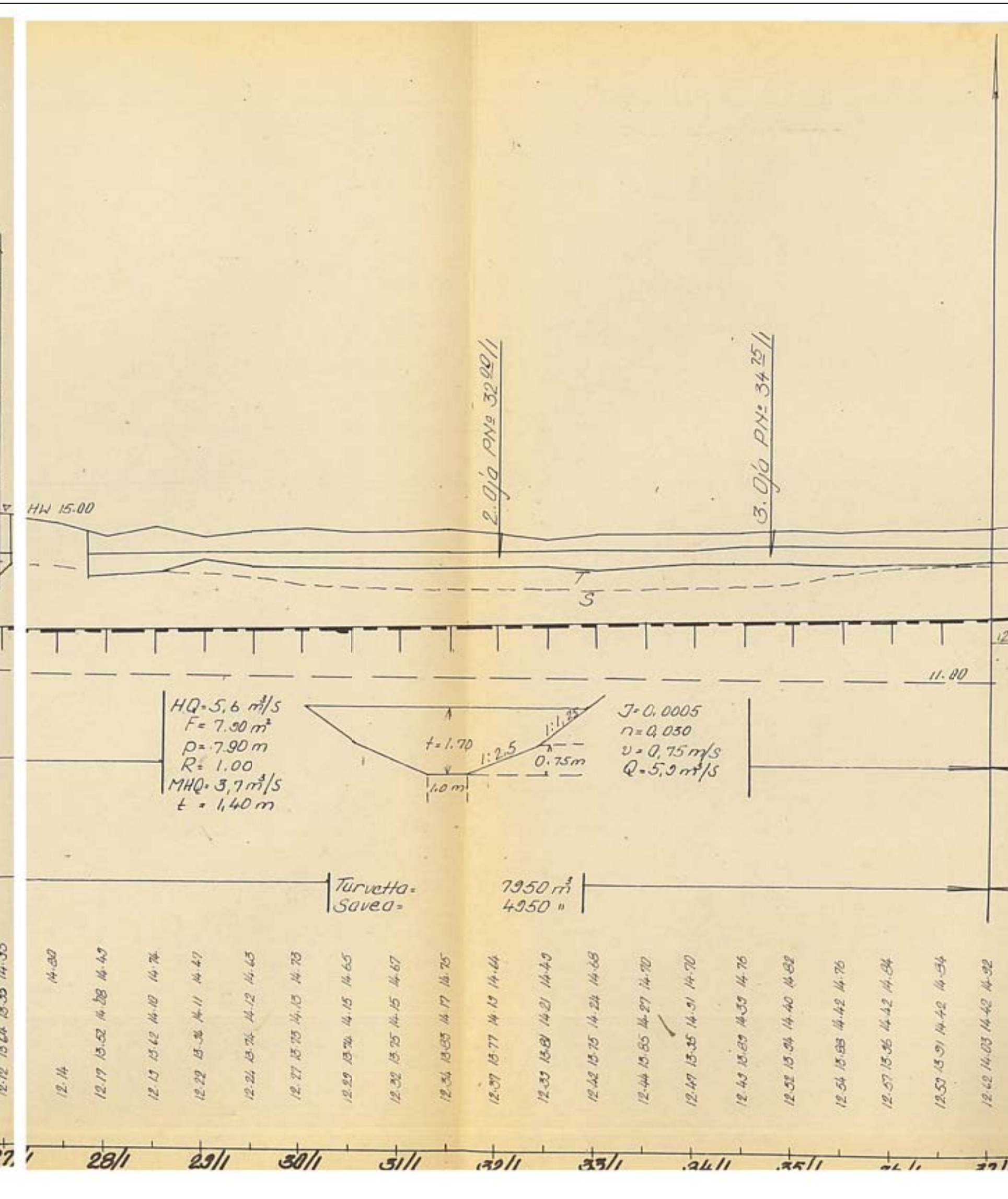
Table (Bottom): A table with 10 columns and 2 rows. The first row contains elevations (e.g., 9.42, 9.42, 9.42, 9.42, 9.42, 9.42, 9.42, 9.42, 9.42, 9.42). The second row contains distances (e.g., 0/1, 1/1, 2/1, 3/1, 4/1, 5/1, 6/1, 7/1, 8/1, 9/1, 10/1). The table is titled "Turvetta 6200 m³".

Technical Data:

- $J = 0.0005$
- $k = 1:1.5$
- $p = 3.5 \text{ m}$
- $H_k = 7.0 \text{ m}^2/5$
- $t = 1.0 \text{ m}$

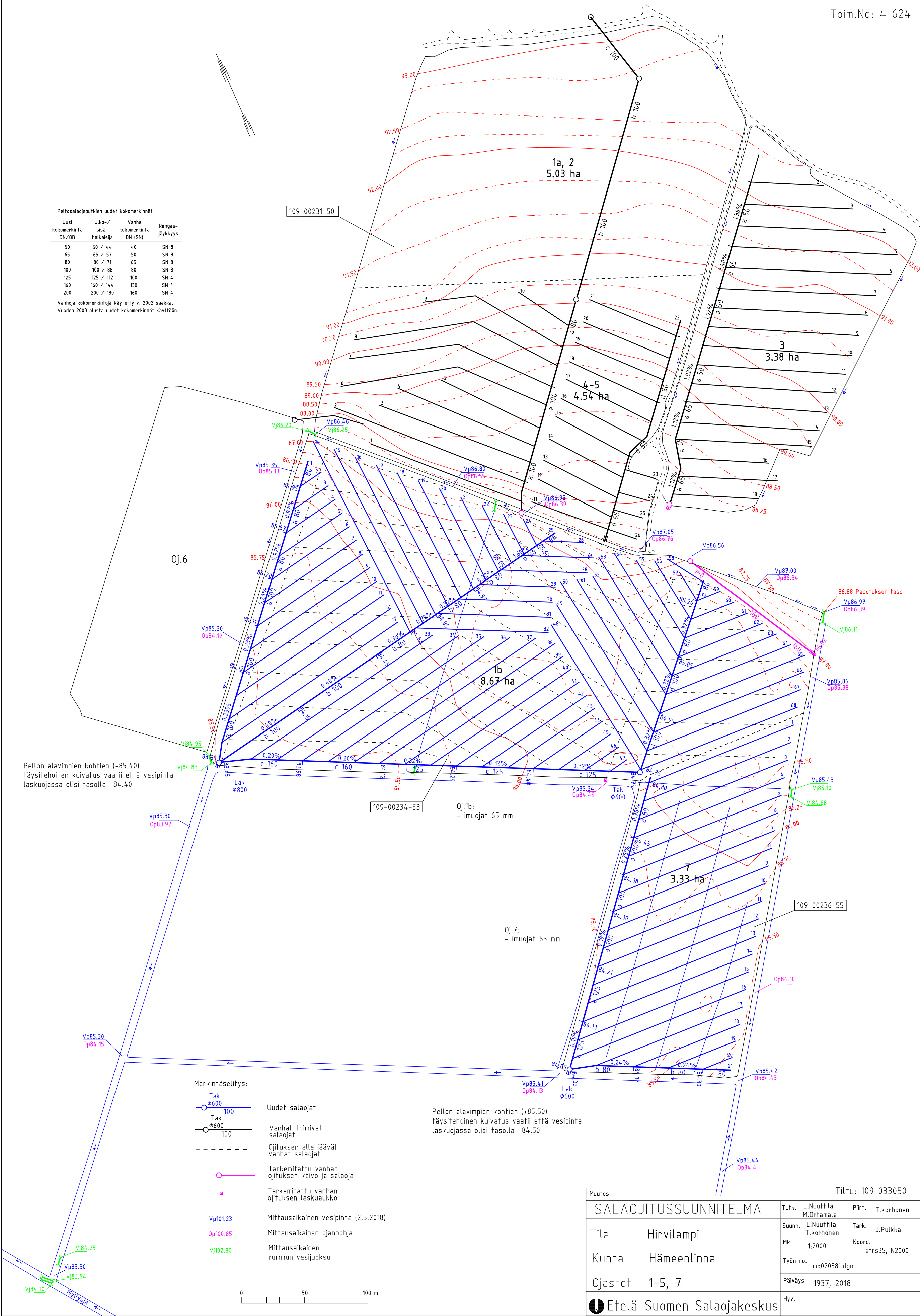
Table Data:

Distance	Elevation
0/1	9.42
1/1	9.42
2/1	9.42
3/1	9.42
4/1	9.42
5/1	9.42
6/1	9.42
7/1	9.42
8/1	9.42
9/1	9.42
10/1	9.42

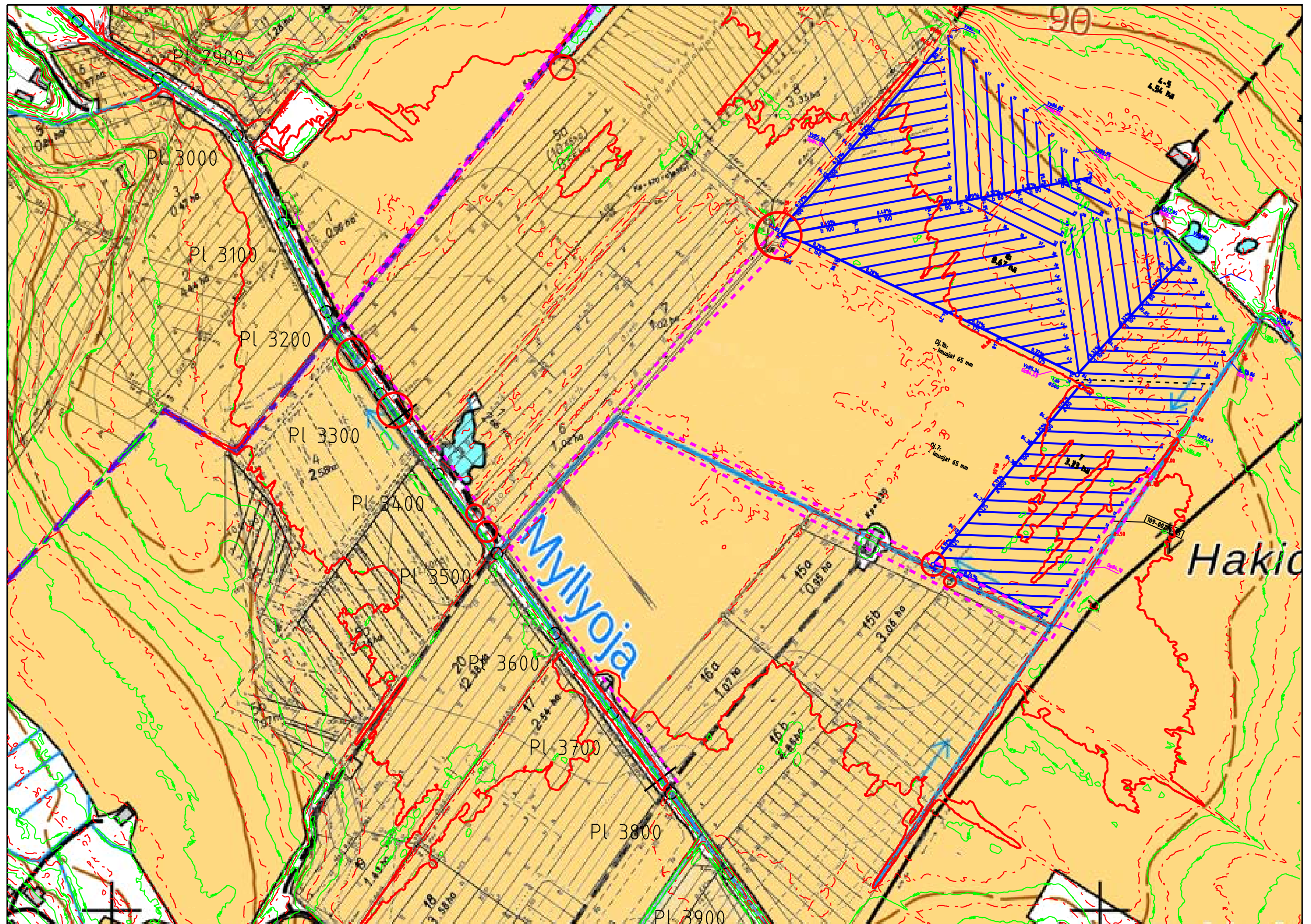


Peltosalaojaputkien uudet kokomerkinnät			
Uusi kokomerkintä DN/OD	Ulkö- / sisä- halkaisija	Vanha kokomerkintä DN (SN)	Rengas- jäykkyys
50	50 / 44	40	SN 8
65	65 / 57	50	SN 8
80	80 / 71	65	SN 8
100	100 / 88	80	SN 8
125	125 / 112	100	SN 4
160	160 / 144	130	SN 4
200	200 / 180	160	SN 4

Vanhoja kokomerkintöjä käytetty v. 2002 saakka.
Vuoden 2003 alusta uudet kokomerkinnät käyttöön.

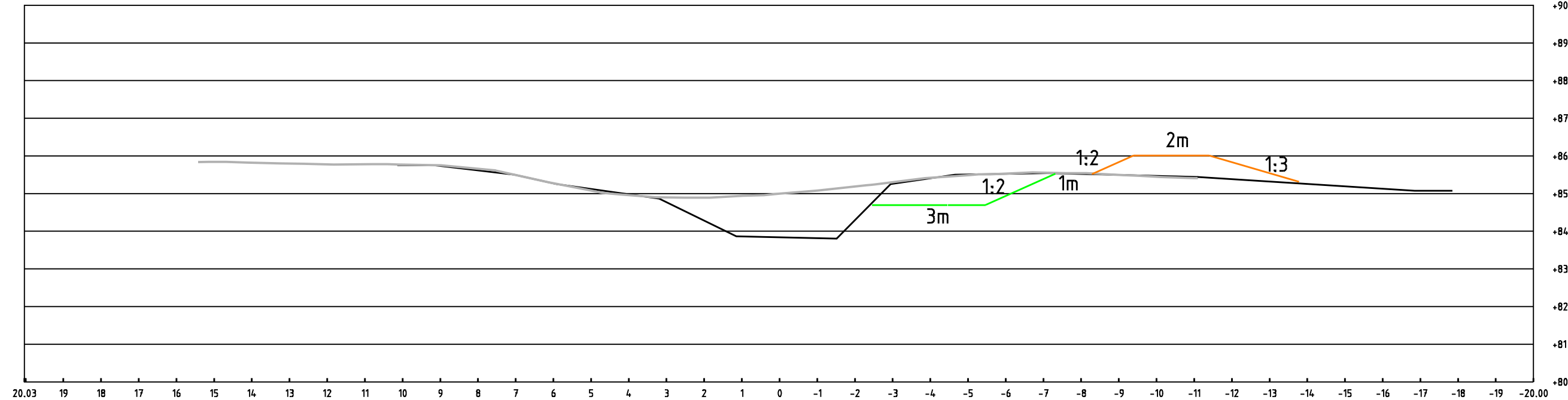


Muutos		Tiltu: 109 033050	
SALAOJITUSSUUNNITELMA		Tutk. L.Nuuttila M.Ortamala	Piirt. T.korhonen
Tila Hirvilampi		Suunn. L.Nuuttila T.korhonen	Tark. J.Pulkka
Kunta Hämeenlinna		Mk 1:2000	Koord. etrs35, N2000
Ojastot 1-5, 7		Työn no. mo020581.dgn	Päiväys 1937, 2018
Etelä-Suomen Salaojakeskus		Hyv.	



Poikkileikkaus

1:100 / 1:100



Myllyojan valuma-alueen hulevesiriskiselvitys OLO-hankkeelle

Laadullisten riskien kartoitus ja arviointi

Tiimi 1: Jutta Pansu, Salla Saario, Matti Törmäkangas, Niko Vastamäki

Tiimi 2: Sari Järveläinen, Yolanda Korpi, Pirita Pykäläinen,
Sonja Stedt, Anu Tapper, Nelli Toikkanen

Tiimi 3: Mette Jensen, Akseli Leinonen, Piia Mustasilta,
Elina Sauvola, Jenni Syrenius, Heidi Toivola

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tutkimuksen lähtökohdat	2
2.1	Tutkimusalue	3
2.2	Hulevesien aiheuttamat riskit alueella	6
3	Tutkimuksen toteuttaminen	7
3.1	Tutkimuksen tavoite	8
3.2	Tutkimuskysymykset	9
3.3	Tutkimusmenetelmät	9
3.3.1	Pistemäisten hulevesiriskikohteiden jako riskityyppien mukaan	10
3.3.2	Pistemäisten hulevesiriskikohteiden teemat ja riskimatriisi	12
3.4	Tutkimuksen luotettavuus	13
4	Paikkatiedon toimenpiteet ja käytetyt aineistot	14
4.1	Valuma-alueen rajaus, ruudukon teko, vesistöt ja tiestö sekä korkeusmalli	14
4.2	Corine maanpeiteaineiston luokittelu	15
4.3	Maaperäaineiston luokittelu	16
4.4	Hajakuormitusriskin mallintaminen	16
4.5	Hulevesiverkoston georeferointi ja osavaluma-alueet	18
4.6	Vesistöjen ja hulevesiverkoston suojavyöhykkeet	20
4.7	Pistemäisten hulevesiriskikohteiden sijoittaminen kartalle	21
4.8	Riskiruudukon teko	21
4.8.1	Aineistojen yhdistäminen riskiruudukoksi	21
4.8.2	Riskiruudukon luokittelu	22
4.8.3	Pistemäisten riskikohteiden yhdistäminen riskiruudukkoon	24
5	Hulevesiriskit Myllyojan valuma-alueella	24
5.1	Pistemäiset riskikohteet	27
5.1.1	Eläinsuojat	30
5.1.2	Huoltamot ja jakeluasemat	32
5.1.3	Jätehuollon kohteet	33
5.1.4	Maa- ja metsätalous	35
5.1.5	Maa-aineksen käsittely	37

5.1.6	Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	38
5.1.7	Ylivuoto- ja hulevesiputket	41
5.1.8	Yritykset	43
5.1.9	Muut	45
5.2	Aluemaiset riskikohteet	46
5.2.1	Luokiteltu maanpeite valuma-alueella	47
5.2.2	Luokiteltu maaperä valuma-alueella	48
5.2.3	Hajakuormitusriski valuma-alueen maastossa	50
5.2.4	Hulevesiviemäröity alue	51
5.2.5	Riskiruudukko	53
5.3	Valuma-alueen riskikartat	55
6	Toimenpide-ehdotukset	59
7	Johtopäätökset	60
	Lähteet	62

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1	Myllyojan valuma-alueerajaus	2
Kuva 2	Corine maanpeite Myllyojan valuma-alueella	4
Kuva 3	Maaperä Myllyojan valuma-alueella	5
Kuva 4	Myllyojan valuma-alueella sijaitseva pohjavesialue	6
Kuva 5	Purkautumispisteet ja osavaluma-alueet numeroituina	26
Kuva 6	Kuvakaappaus Excel-tiedostosta.	28
Kuva 7	Kuormituslähteiden teemoittainen jakautuminen valuma-alueella.	29
Kuva 8	Pistemäiset hulevesiriskikohteet Myllyojan valuma-alueella	30

Kuva 9 Eläinsuojat-kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella.	32
Kuva 10 Huoltamot ja jakeluasemat -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella.....	33
Kuva 11 Jätehuollon kohteet -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella	35
Kuva 12 Maa- ja metsätalous -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella.	37
Kuva 13 Maa-ainesten käsittely -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella.	38
Kuva 14 Päälystetyt kentät ja pysäköintialueet -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella.	41
Kuva 15 Ylivuoto- ja hulevesiputket -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella	42
Kuva 16 Yritykset-kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella.	45
Kuva 17 Muut-kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella . ..	46
Kuva 18 Luokiteltu maanpeite Myllyojan valuma-alueella	47
Kuva 19 Luokiteltu maaperä Myllyojan valuma-alueella.	49
Kuva 20 Hajakuormitusriski Myllyojan valuma-alueen maastossa.....	50
Kuva 21 Hulevesiviemäriverkoston osa-valuma-alueet ja purkupisteen	52
Kuva 22 Hulevesiviemäröity alue Myllyojan valuma-alueella.....	53
Kuva 23 Myllyojan valuma-alueen riskiruudukko.....	54
Kuva 24 Riskiluokkien osuudet valuma-alueella.....	55

Kuva 25 Myllyojan valuma-alueen riskikartta	56
Kuva 26 Myllyojan valuma-alueen suojavyöhykkeen riskikartta	58
Taulukko 1 Haitta-ainekategoriat	11
Taulukko 2 Pistemäisten hulevesiriskikohteiden teemajako	12
Taulukko 3 Riskimatriisi	12
Taulukko 4 Riskiruudun luokitus.....	23

Liitteet

Liite 1.	Excel-tietokanta pistemäisistä riskikohteista
Liite 2.	Hulevesiputkien purkupisteet ja jätevesien ylivuotoputket – kuvia maastokäynneiltä
Liite 3.	Luokiteltu maanpeite Myllyojan valuma-alueella.
Liite 4.	Luokiteltu maaperä Myllyojan valuma-alueella
Liite 5.	Hajakuormitusriski Myllyojan valuma-alueen maastossa.
Liite 6.	Hulevesiviemäriverkoston osavaluma-alueet ja purkupisteet Myllyojan valuma-alueella.
Liite 7.	Hulevesiviemäroity alue Myllyojan valuma-alueella.
Liite 8.	Myllyojan valuma-alueen riskiruudukko.
Liite 9.	Myllyojan valuma-alueen riskikartta.
Liite 10.	Myllyojan valuma-alueen suojavyöhykkeen riskikartta.

1 Johdanto

Huleveden, eli maan pinnalta, rakennusten katoilta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavan sade- ja sulamisveden, mukana kulkeutuu haitta-aineita aiheuttaen laadullista haja- ja pistekuormitusta vesistöihin. Kuntaliiton julkaisemassa Hulevesioppaassa (2012, s. 124) mainitaan haitta-aineita päätyvän hulevesiin muun muassa märkä- ja kuivalaskeumana, liikenteen päästöistä, ajoneuvojen ja rakennusmateriaalien korroosiosta, tiemateriaalien kulumisesta sekä liukkaudentorjuntaan käytetyistä aineista. Ilmastonmuutoksen myötä kasvavat sademäärät sekä voimistuvat sadetapahtumat kasvattavat kuntien tarvetta varautumis- ja sopeutumistoimenpiteille. Jotta toimenpiteet hulevesien hallitsemiseksi valuma-alueella osataan mitoittaa riittäviksi, tarvitaan kokonaisvaltaista kuvaa valuma-alueen ominaisuuksista ja hulevesien laatuun vaikuttavista tekijöistä.

Opitaan lisää ojista -hanke (OLO) on viimeisin osa yli kymmenvuotista vesiensuojeluhankkeiden jatkumoa Hämeen alueella. OLO-hankkeen tavoitteena on edistää valuma-alueelähtöistä vesien suojelua ja yhteensovittaa maa- ja metsätalouden sekä taajama-alueiden vesienhallintaa. Hattulan Lehijärveen laskevan Myllyojan valuma-alue on toinen hankkeen kahdesta pilottivaluma-alueesta. Osana hanketta laaditaan Myllyojan valuma-alueelle valuma-aluekohtainen kunnostussuunnitelma. Hämeen ammattikorkeakoulun Vesivarojen hallinta -moduulissa toteutettiin kaksi kunnostussuunnitelman laadintaa tukevaa hulevesiriskejä käsittelevää osaprojektia, joiden tulokset on koottu tähän raporttiin.

Osaprojekteista ensimmäisessä selvitettiin pistemäisiä, laadullisia hulevesiriskikohteita Myllyojan valuma-alueella. Kartoitetuista kohteista laadittiin tietokanta (Liite 1), joka sisältää muun muassa tiedot kohdekohtaisesti riskipotentiaalista asteikolla 1–3 sekä riskityypistä (hygieeninen, rehevöityminen, pilaantuminen). Toisessa osaprojektissa tehtiin paikkatietoa hyödyntäen alueellinen tutkimus valuma-alueen ympäristöolosuhteiden vaikutuksista hulevesiin. Yksi tarkastelun kohteista oli alueella syntyvä hajakuormitus ja sen aiheuttamat riskit. Hajakuormituksen syntymiseen vaikuttavat ihmistoiminnan ja maankäytön lisäksi biofyysiset tekijät kuten maan kaltevuus ja vettä läpäisemättömän pinta-alan osuus sekä maaperän hienojakoisuus ja veden läpäisevyys (HAMK, 2023, ss. 8, 16). Osaprojektin tuloksena syntyi kartta-aineistoja, jotka ilmentävät valuma-alueen alueellisia riskikohteita.

2 Tutkimuksen lähtökohdat

Tässä raportissa esitellään Hattulan Myllyojan valuma-alueen hulevesiriskeistä tehtyä selvitystä ja sen tuloksia. Vaikka selvityksessä keskityttiin laadulliseen hulevesirisrien kartoitukseen, sisälsi se myös määrällistä hulevesirisrien kartoitusta. OLO – Opitaan lisää ojista -hanke on Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) koordinoima ja tämän selvityksen tilaaja. OLO-hankkeessa mukana olevia toimijoita ovat HAMK:n lisäksi Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry., Metsähoitoyhdistykset Kanta-Häme ja Päijät-Häme, ProHauhonselkä ry. sekä Tapio Oy. Hankkeen ohjausryhmässä on edellä mainittujen tahojen lisäksi edustajia myös Hattulan kunnalta ja Hämeenlinnan kaupungilta, HS Vesi Oy:ltä, Hämeen ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksilta, Lehijärven suojeluyhdistykseltä, ProAgria Etelä-Suomi ry:ltä sekä Vanajavesikeskukselta.

Viestintä ja osaamisen lisääminen ovat tärkeä osa OLO-hankkeen toimintaa ja hankkeessa osallistetaan paikallisia vesiensuojeluyhdistyksiä valuma-aluesuunnitteluun. OLO-hankkeessa laaditaan Myllyojan valuma-alueelle valuma-aluekohtainen kunnostussuunnitelma. Raportissa tarkasteltava Lehijärven Myllyojan valuma-alue valikoitui pilottikohteeksi kohteiden priorisointilistan avulla. Myllyojan valuma-aluearajaus on esitelty kuvassa 1. Syksyn 2023 aikana Hämeen ammattikorkeakoulun opiskelijat kartoittivat Myllyojan valuma-aluetta ja sen riskikohteita paikkatiedon ja maastovierailujen avulla. Osa maastovierailuista oli OLO-hankkeen järjestämiä pellonpiennartilaisuuksia. (HAMK, n.d.)

Kuva 1 Myllyojan valuma-aluearajaus (MML, 2023a. SYKE, 2022).



OLO-hanke on saanut rahoitusta Ympäristöministeriön ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen Vesiensuojelun tehostamisohjelmasta. Hankkeen toteutusaika on 1.5.2023-15.6.2025. Hanke on jatkumoa aiemmin toteutetuille Opitaan ojista-, Ojat kuntoon- ja OPET – Ojitusten luonnonmukainen peruskunnostus -hankkeille. (HAMK, n.d.)

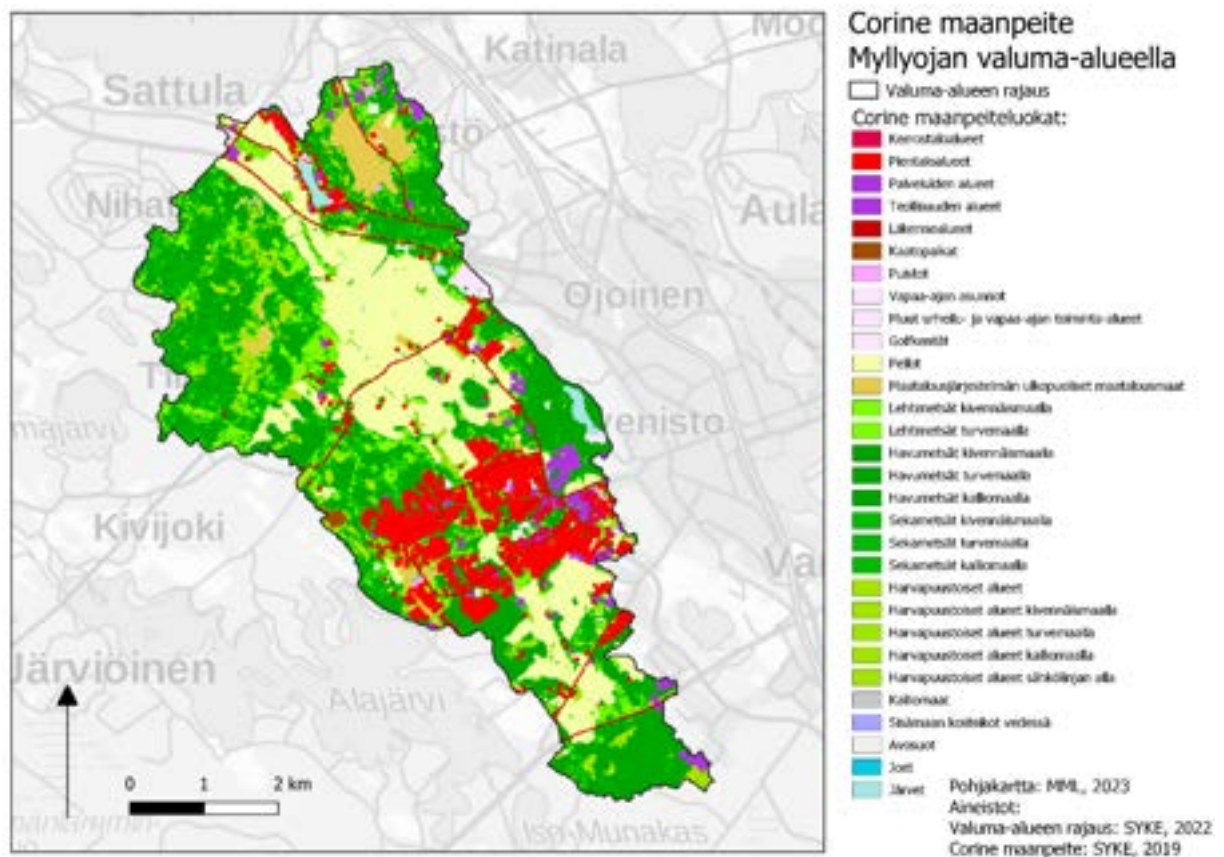
2.1 Tutkimusalue

Myllyojan valuma-alue sijaitsee Hattulan ja Hämeenlinnan alueella, Kanta-Hämeessä eteläisessä Suomessa. Valuma-alueen pinta-ala on noin 30 km² (SYKE, 2022). Noin kymmenen kilometrin pituinen Myllyoja laskee kaakosta Hattulan puolella sijaitsevaan noin 700 hehtaarin suuruiseen Lehijärveen. Lehijärvi on harjunlievejärvi ja se on luontaisesti ravinteinen järvityyppi. Järven vesikasvillisuus on rehevää ja linnusto monipuolista. (ELY-keskukset, 2023.) Lehijärvi kuuluu valtakunnalliseen lintuvesiensuojeluohjelmaan ja sitä suojellaan luonnonsuojelulailta ja vesilailta. Järvellä toimii toimintansa vuonna 1973 aloittanut Lehijärven Suojeluyhdistys ry. Lehijärven rannoilta löytyy haja- ja loma-asutusta ja järvi on virkistyskäytössä. (Järvi-meriwiki, 29.9.2021.) Lehijärven ongelmana on heikko happitilanne, joka aiheuttaa järvelle sisäistä ravinnekuormaa. Ravinnekuormitus ilmenee kesäisinä sinileväkukintoina. (Lehijärven suojeluyhdistys, n.d.) Vesien tilaa Myllyojan valuma-alueella ovat heikentäneet asuinalueiden viemäriverisien ylivuodot, joiden mukana vesistöihin on päässyt suolistobakteereja. (Niskanen, 2018.) Asuinalueilta valuvat hulevedet voivat sisältää ravinteita ja haitallisia mikrobeja myös esimerkiksi alueelle jätetyistä koirien ulosteista. (Talvio, 2018, s. 1)

Myllyojan valuma-alueella sijaitsee paljon maataloutta, joka aiheuttaa fosfori- ja typpikuormitusta vesistöille. Valuma-alueen pinta-alasta noin 22 % on peltoja ja noin 3 % maataloustukijärjestelmän ulkopuolisia maatalousmaita (SYKE, 2019). Alla olevassa kuvassa on esitetty kartalla Corine maanpeiteluokkien esiintyminen valuma-alueella (Kuva 2). Myllyojan alueella sijaitsevilla metsillä ei harjoiteta merkittävää metsätaloutta ja alueella sijaitsevia ojitettuja suometsiä on vähän, joten metsätalouden valumavesien aiheuttama kuormitus on vähäinen.

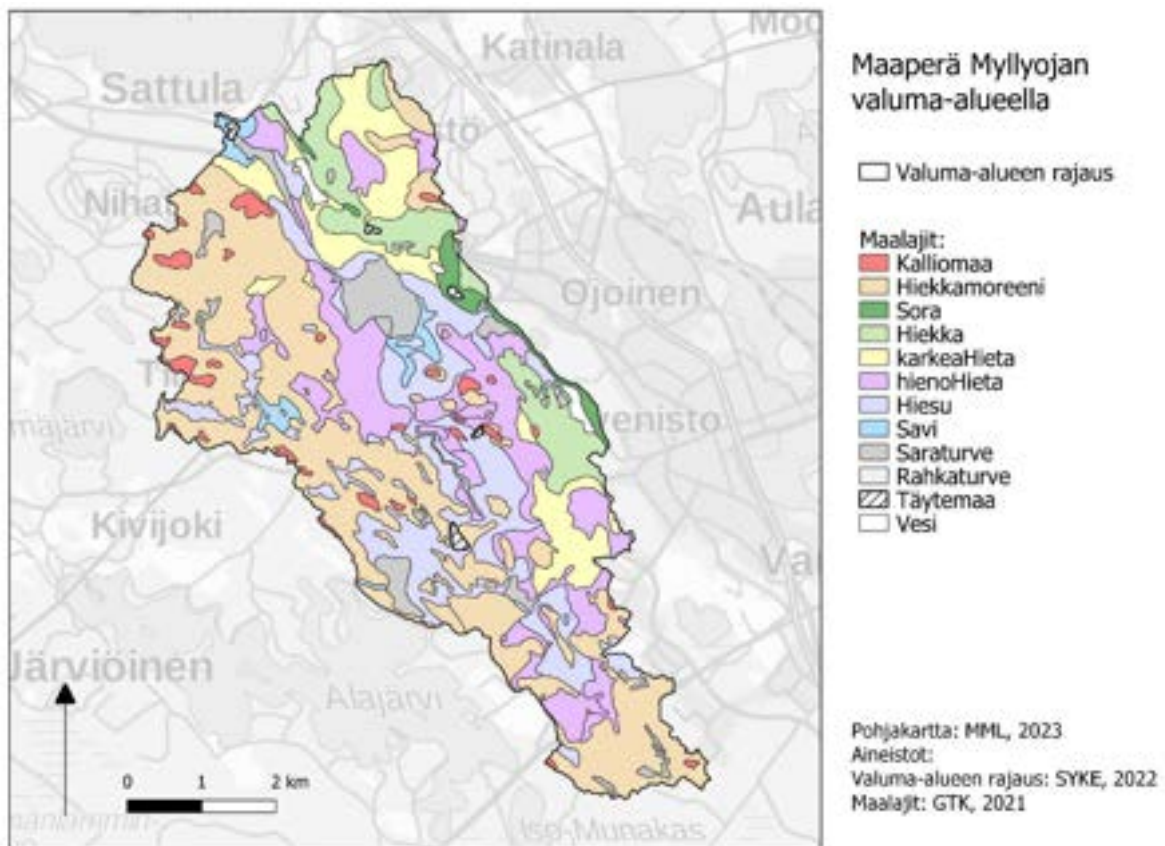
Kuva 2 Corine maanpeite Myllyojan valuma-alueella (MML, 2023b; SYKE, 2019, 2022).

Maanpeitekartta kuvaa Corine maanpeiteluokkien esiintymistä valuma-alueella.



Myllyojan valuma-alue on maaperältään pääasiassa hiekkamoreenia, hiesua ja hienoa hietaa. Maalajien esittämiseen on käytetty Geologian tutkimuskeskuksen GTK:n maaperäaineistoa (GTK, 2021). Maalajien jakautuminen valuma-alueella on esitetty kartalla alla olevassa kuvassa (Kuva 3).

Kuva 3 Maaperä Myllyojan valuma-alueella (GTK, 2021; MML, 2023b; SYKE 2022).
Maaperäkartta kuvaa maalajien jakautumista valuma-alueella.

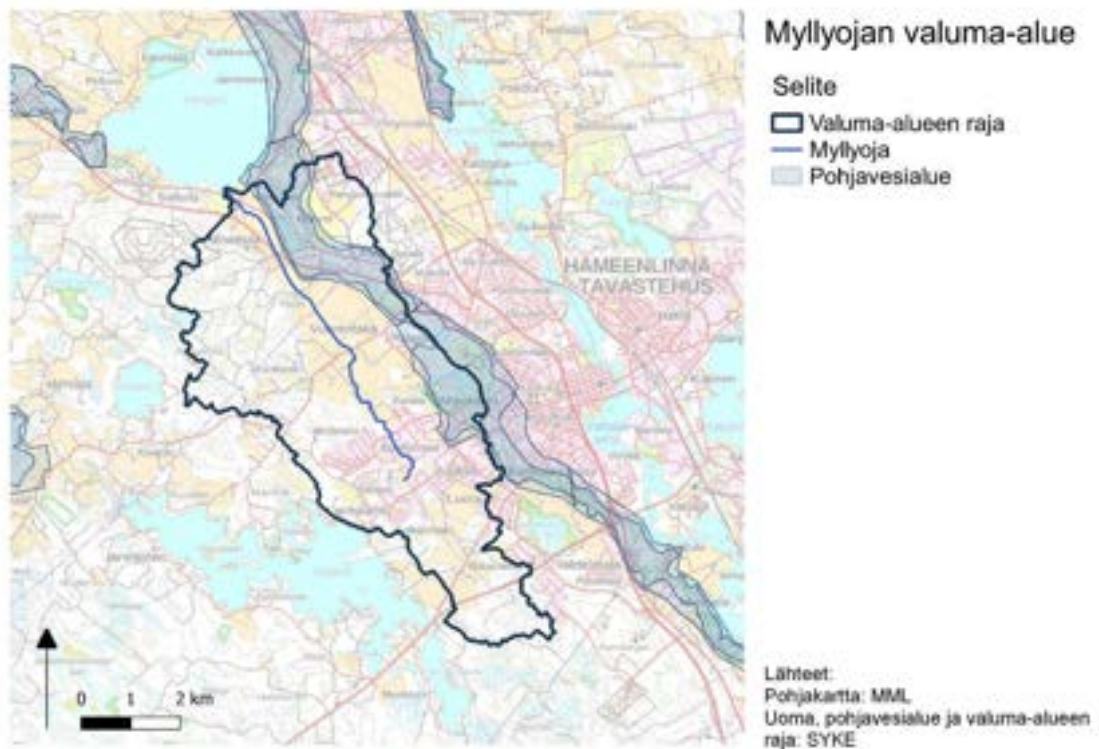


Myllyoja virtaa Hämeenlinnan läntisten asuinalueiden läpi. Ojalle on tehty kaupungin toimesta merkittäviä kunnostus- ja maisemointitoimenpiteitä, joten se toimii myös merkittävänä virkistyskohteena asuinalueen ihmisille. Myllyojan vesien tila vaikuttaa siis myös alueen asukkaiden viihtyvyyteen. Projektitiimin vieraillessa OLO-hankkeen järjestämällä kosteikkovierailulla Elina Sorvali Hämeen ELY-keskuksesta kertoi (henkilökohtainen tiedonanto, 8.9.2023), että Myllyojan hulevesien viivytyksen parantamiseksi kaupunki on esimerkiksi rakentanut ojaa Sammonojan kohdalta leveämmäksi, mutkittelevaksi ja syvyydeltään vaihtelevaksi. Sammonojasta on pyritty tekemään luonnonmukaisempi lisäämällä uoman kasvillisuutta ja erikokoisia kiviä. Ojaan on rakennettu myös tulva-allas. Asukkaiden viihtyvyyttä lisäävät vierellä kulkeva ulkoilureitti ja ojan ylittämiseen rakennetut sillat.

Myllyojan valuma-alueella sijaitsee pohjavesialue, joka ulottuu Miemalasta Hattulaan, jossa se rajautuu Vanajaveteen. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset luokittelevat pohjavesialueet kolmeen luokkaan. Luokat on jaoteltu sen perusteella, kuinka hyvin ne soveltuvat vedenhankintaan. Luokitteluun vaikuttaa myös mahdollinen suojelutarve. Myllyojan valuma-alueella sijaitseva pohjavesialue on määritetty kuuluvan luokkaan 1:

vedenhankintaa varten tärkeät pohjavesialueet. 1-luokan pohjavesialueiden vettä käytetään tai on tarkoitus käyttää yhdyskunnan vedenhankintaan taikka talousvetenä enemmän kuin 10 kuutiometriä vuorokaudessa tai yli viidenkymmenen ihmisen tarpeisiin. (SYKE, 2022a.) Pohjavesialueen sijainti valuma-alueella on esitetty kuvassa 4.

Kuva 4 Myllyojan valuma-alueella sijaitseva pohjavesialue. (MML, 2023a.; SYKE, 2012, 2021a, 2022.)



2.2 Hulevesien aiheuttamat riskit alueella

Hulevesien vaikutukset voivat olla akuutteja tai kroonisia. Akuutit vaikutukset ovat seurausta hetkellisistä korkeista kuormituspiikeistä, kuten sekaviemäreiden ylivuodoista rankkasateella ja niiden jälkiseurauksena voivat olla esimerkiksi kalakuolemat tai uimaveden käyttökelvottomuus. Krooniset vaikutukset ovat pitkän aikavälin kuormituksesta johtuvia seuraamuksia. Näihin seuraamuksiin kiinnitetään yleensä huomiota vasta siinä vaiheessa, kun vaikutukset alkavat näkyä vesistössä ja sinne on jo kerääntynyt suuri määrä haitta-aineita. Hulevesien kokonaisvaltaisen hallinnan avulla pystytään parantamaan valuma-alueen vesistöjen tilaa ja pienentämään haitta-aineriskejä. Tärkeintä on aloittaa hulevesien ehkäiseminen jo syntypaikassa, näin haitta-aineet eivät pääse kulkeutumaan haavoittuvimmille alueille. (Orkoneva ym., 2023, s. 9) Myllyojan valuma-alue muodostaa yli

puolet koko Lehijärven valuma-alueesta. Myllyojan valuma-alueen vesien tilan parantumisella olisi siksi merkittävä vaikutus Lehijärven kokonaisravinnekuormituksen vähenemiseen. Myllyojan hulevesien haitta-aineet muodostavat toisaalta myös merkittävän riskin Lehijärvelle.

Hulevesien hallinnan ohella on tärkeää kartoittaa myös valuma-alueen riskikohteita alueen päästölähteiden löytämiseksi. Päästöjen pienentämiseksi ja vesistöjen laadun huononemisen estämiseksi on tällöin mahdollista suunnitella tarvittavia toimenpiteitä. (Orkoneva ym., 2023, s. 6) Hulevesiriskien hallintaa on järkevää kohdistaa sinne, missä se on kaikkein tarpeellisinta. Riskikohteiden tiedostaminen auttaa myös suunnittelemaan valuma-alueen maan- ja muuta käyttöä tulevaisuudessa siten, että hulevesien haitta-ainekuormitus olisi mahdollisimman pieni. Myllyojan valuma-alueen haavoittuvia kohteita kartoitettiin projektin alussa. Haavoittuvalla alueella tarkoitetaan muun muassa vastaanottavia vesistöjä, joiden tila huonontuu huleveden kuljettamien haitta-aineiden takia. On hyvä huomioida, että alue voi olla samaan aikaan niin ekologisesti, sosiaalisesti kuin taloudellisesti haavoittuva riippuen sen käytöstä. (Orkoneva ym., 2023, s.12) Myllyojan valuma-alueelta löytyi pohjavesialueen lisäksi luonnonsuojelualueita (mm. Natura2000), järviä ja uimarantoja, lehto sekä leirikeskus, jotka luokitellaan haavoittuviksi kohteiksi. Näille alueille hulevesien kuljettamat haitta-aineet aiheuttavat osittain suurtakin ongelmaa ja riskiä myös ihmisille.

Pohjavesien laadulle hulevesien haitta-aineet voivat muodostaa riskin vettä hyvin läpäisevillä mailla. Haitta-aineita päätyy hulevesiin monia eri reittejä pitkin, esimerkiksi ilmastopäästöistä, jätevesistä, pihoilta ja liikennealueilta. Suurin osa haitta-aineista on kuitenkin sitoutuneina kiintoainekseen. Hulevesien pohjavesihaittoja ehkäistään samoin kuin haittoja pintavesiin: estämällä haitallisten aineiden pääsyä hulevesiin sekä hallitsemalla hulevesiä viivyttämällä ja imeyttämällä, jolloin osa haitta-aineista voi esimerkiksi pidäytyä maaperään. (SYKE, 2022b)

3 Tutkimuksen toteuttaminen

Tämä tutkimus toteutettiin Hämeen ammattikorkeakoulussa syksyn 2023 aikana osana Vesivarojen hallinta -moduulia. Tutkimus tehtiin kolmen kestävän kehityksen opiskelijoista koostuvan tiimin projektina. Kahden tiimin painopisteenä oli laadullista hulevesiriskiä aiheuttavien pistemäisten kohteiden selvittäminen Myllyojan valuma-alueelta sekä niistä aiheutuvan riskin arviointi. Tiimit etsivät kohteita siten, että valuma-alue oli jaettu kahtia Myllyojan myötäisesti itä- ja länsipuoleen ja kumpikin tiimi etsi kohteita omalta puoleltaan, joskin joitakin kohteita merkittiin myös toisen tiimin puolelta. Löydetyt kohteet jaettiin

yhdeksään teemaan, teemat jaettiin kahden tiimin kesken ja riskinarviointi tehtiin teemoittain. Hulevesiriskejä ja teemoja on avattu luvussa 5.

Kolmas tiimi keskittyi paikkatietopohjaiseen työskentelyyn selvittäen ympäristöolosuhteiden vaikutusta hulevesien liikkeisiin Myllyojan valuma-alueella sekä hulevesiriskikartan tekemiseen. Paikkatiedon toimenpiteitä on avattu tarkemmin luvussa 4. Tiimi analysoi ja luokitteli paikkatietoaineistoja, jonka pohjalta rakennettiin vaiheittain erilaisia alueellisia riskikarttoja. Näitä esitellään luvuissa 5.2 ja 5.3.

Koska tutkimus toteutettiin OLO-hankkeelle, vaikuttivat työskentelyyn sekä tilaajan tarpeet ja tavoitteet, että opettajien asettamat oppimisen tavoitteet ja arviointikriteerit. Tutkimuksen tavoitteita toimeksiannon ja oppimisen kannalta on esitelty alaluvussa 3.1. ja tutkimuskysymyksiä alaluvussa 3.2. Tutkimus vastasi laajuudeltaan opiskelijoille viittä opintopistettä. Tutkimuksen toteuttamisessa tehtiin rajoituksia esimerkiksi riskikohteiden etsinnän määrässä ja riskinarvioinnin tarkkuudessa, jotta työmäärä ja ajankäyttö vastasivat opintopistemäärää.

Tutkimus toteutettiin perehtymällä hulevesien muodostumiseen ja niiden aiheuttamaan riskiin liittyvään taustamateriaaliin. Myllyojan valuma-alueeseen tutustuttiin karttojen, selvitysten ja muun taustamateriaalin avulla. Alueella suoritettiin myös maastokatselmuksia. Tutkimusmenetelmiä on avattu tarkemmin alaluvussa 3.3. Tutkimuksen työvaiheita ja tuloksia esitellään tässä raportissa sekä hulevesiriskikartassa. Raportin kirjoittamiseen ovat osallistuneet kaikki kolme tiimiä.

3.1 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteet oli asetettu opiskelijaprojektin tehtävänannossa Vesivarojen hallinta - moduulin Moodle-oppimisalustalla. Tavoitteet olivat:

1. Selvittää laadullista hulevesiriskiä aiheuttavia pistemäisiä kohteita Myllyojan valuma-alueelta, muodostaa näistä riskikohteista kokonaiskäsitys ja suorittaa alustavaa riskiarviointia kohteista.
2. Tutkia paikkatietoa hyödyntäen Myllyojan valuma-aluetta ja ympäristöolosuhteiden vaikutusta hulevesien liikkeisiin alueella.
3. Tuottaa hulevesiriskikartta, joka yhdistää kohtien 1) ja 2) tiedot.

Tutkimusprojektille asetetut oppimistavoitteet liittyivät valuma-aluekäyttöön hulevesienhallintaan, riskien ja niiden merkittävyyden arviointiin, paikkatiedon osaamiseen sekä projektin hallintaan ja toteuttamiseen (henkilökohtainen tiedonanto, 2023.). Tutkimus linkittyi OLO-hankkeen tavoitteeseen laatia valuma-aluekohtainen suunnitelma Myllyojan valuma-alueelle (HAMK, n.d.).

3.2 Tutkimuskysymykset

Selvityksessä etsittiin vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Millaisia pistemäisiä ja aluemaisia hulevesiriskikohteita Myllyojan valuma-alueelta löytyy?
2. Millaista laadullista hulevesiriskiä kyseiset pistemäiset kohteet aiheuttavat?
3. Miten ympäristöolosuhteet vaikuttavat Myllyojan valuma-alueen hulevesien liikkeisiin?

Tutkimuskysymykset keskittyivät valuma-alueen laadullisten riskien kartoitukseen.

Laadullisten riskikohteiden kartoitus auttaa Myllyojan vesienhoidollisten toimenpiteiden kokonaisvaltaisessa suunnittelussa. Riskiluokittelu helpottaa suunniteltujen resurssien ja toimenpiteiden suuntaamista oikeisiin kohteisiin.

3.3 Tutkimusmenetelmät

Tässä luvussa kuvataan pistemäisten riskikohteiden kartoitus- ja tutkimusmenetelmiä sekä riskiluokittelua. Selvityksessä käytetyistä paikkatiedon menetelmistä kerrotaan tarkemmin luvussa 4 Paikkatiedon toimenpiteet. Tutkimusmenetelmänä käytettiin empiiristä tutkimusta. Empiirisessä tutkimuksessa tutkimustuloksia kerätään konkreettisten havaintojen avulla ja analysoimalla jo kerättyä tutkimusaineistoa. (Jyväskylän yliopisto, 2015.) Tutkimusaineistona käytettiin erilaisia valmiita ja itse kerätyn datan avulla luotuja paikkatietoaineistoja sekä hulevesiin liittyviä aiempia tutkimuksia. Lisätietoa kerättiin havainnoimalla kohteita maastokäynneillä.

Pistekohteiden selvityksen avulla pyrittiin muodostamaan kokonais käsitys Myllyojan valuma-alueen hulevesiriskikohteista. Valuma-alueelta löytyviä pistemäisiä hulevesiriskikohteita etsittiin erilaisten kartta-aineistojen ja hakukoneiden avulla. Valuma-alue rajattiin Suomen

ympäristökeskuksen VALUE-valuma-alueen rajaustyökalua käyttäen. Pistemäisiä kohteita ovat esimerkiksi sairaalat, hautausmaat, huoltoasemat, virkistystoiminta, jätteidenkäsittelypisteet ja kaatopaikat, maankaatopaikat, laajat päällystetyt kentät kuten pysäköintialueet, ylivuoto- ja hulevesiputket, eläinsuojat ja erilaiset tuotanto- ja teollisuuslaitokset. Kohteille etsittiin koordinaatit paikkatietoikkunan tai QGIS-ohjelman avulla ja kohde vietiin Excel-taulukkaan. Kohteita etsittiin ja tarkennettiin myös maastokäynneillä. Projektiryhmä vieraili itse järjestettyjen maastokohteiden lisäksi OLO-hankkeen järjestämällä vierailulla valuma-alueella sijaitsevalla Sammonojalla ja Lehijärven tuntumassa sijaitsevalla Hirvilammen luomutilalla. Sammonojalla projektiryhmä tutustui alueelle rakennettuihin kosteikkoihin ja muihin vesienhallintaratkaisuihin sekä jätevesivuotojen aiheuttamiin riskeihin. Hirvilammen tilalla kuultiin maanomistajan kertomana tulvien vaikutuksista maatalouteen ja tutkittiin pelloille tehtyjä ojitusratkaisuja. (HAMK, n.d.)

Tiedonkeruussa ilmeni myös tarve rajata kohteita. Selvityksen ulkopuolelle rajattiin projektiin resursoidun ajan takia lasten leikkipaikat ja hakkuualueet, sekä osa päällystetyistä parkkialueista. Näistä kaikista nostettiin kuitenkin yksi tai kaksi esimerkkiä luokitteluun saakka. Hulevesillä ei yleisesti tarkoiteta pelloilla ja metsissä muodostuvia valumavesiä tai pintavaluntaa, mutta kartoituksessa haluttiin tarkastella myös maa- ja metsätalouden aiheuttamia vesistöriskejä, minkä takia kartoitukseen on sisällytetty valuma-alueella sijaitsevia maatalousalueita ja kaksi hakkuualuetta. Tilaajan toiveena oli myös tieverkoston hulevesiriskin huomioiminen. Teitä oli kuitenkin haastavaa merkitä pistemäisinä kuormituslähteinä, ja pistekuormittajaksi merkitseminen ei olisi ilmentänyt tiestöjen aiheuttamia hulevesiriskejä, joten kartoituksessa päädyttiin siihen, että tiestöt huomioidaan siltä osin kuin ne tulevat maanpeiteaineistossa esiin. Varsinkin isommat tiestöt pystyttiin huomioimaan paikkatiedon riskianalyseissä maanpeiteluokituksen kautta (SYKE, 2019).

3.3.1 Pistemäisten hulevesiriskikohteiden jako riskityyppien mukaan

Selvityksessä keskityttiin laadullisen hulevesiriskin arviointiin. Tämä tehtiin määrittämällä jokaiselle pistekohteelle riskin tyyppi. Kohteet koordinaatteineen listattiin Excel-taulukkaan, jonka jälkeen jokaisen kohteen osalta selvitettiin mahdolliset haitta-aineet, joilla on riski päätyä kohteesta hulevesien kautta vesistöön. Käytetyt haitta-ainekategoriat on listattu taulukossa 1 Haitta-ainekategoriat.

Taulukko 1 Haitta-ainekategoriat

Haitta- ainekategoriat	• Ravinteet ○ typpi, fosfori • Kiintoaines • Raskasmetallit • Muut metallit • Mikromuovit • Lääkeaineet • Kemikaalit ○ Torjunta-aineet, pesuaineet, Voiteluaineet, liuottimet, polttoaineet, öljyt, kloridi, PAH-yhdisteet, hapot, emäkset • Haitalliset mikrobit • Roskat
-----------------------------------	--

Haitta-aineiden arvioinnin jälkeen kohteelle voitiin määrittää riskityyppi. Jokainen kohde numeroitiin riskityypin mukaan, jotta tieto voidaan luokitella QGIS-paikkatieto-ohjelmassa. Riskityyppi määriteltiin mahdollisten haitta-aineiden perusteella. Esimerkiksi runsas ravinnehuuhtouma voi aiheuttaa rehevöitymistä, kemikaalikuorma voi aiheuttaa pilaantumista ja haitallisten mikrobien esiintyminen voi aiheuttaa hygieenisen riskin. (Nurhonen, 2020. ss. 3–14.) Riskityyppien osalta päädyttiin seuraavaan kolmijakoon:

1. Hygieeninen riski
2. Rehevöityminen
3. Pilaantuminen

Riskityypittelyn jälkeen listauksesta koottiin kohteet, jotka vaativat tarkennusta tai lisätarkastelua. Tällaisiin kohteisiin tehtiin maastokäynnit. Maastokäyntien kohteiksi valikoitui esimerkiksi ylivuoto- ja hulevesiputkien sijainteja ja käynneillä etsittiin myös aiemmin mainitut hakkuualueet.

3.3.2 Pistemäisten hulevesiriskikohteiden teemat ja riskimatriisi

Listatut kohteet luokiteltiin yhdeksään eri kattoteemaan, jotka löytyvät taulukosta 2 Pistemäisten hulevesiriskikohteiden teemajako. Jokaista teemaa ja teemaan kuuluvien kohteiden aiheuttamia laadullisia hulevesiriskejä riskiluokitteluineen tarkastellaan tarkemmin luvussa 5 ja sen alaluvuissa.

Taulukko 2 Pistemäisten hulevesiriskikohteiden teemajako

Pistemäisten hulevesiriski-kohteiden teemajako	1. Eläinsuojat 2. Huoltamot ja jakeluasemat 3. Jätehuollon kohteet 4. Maa- ja metsätalous 5. Maa-aineksen käsittely 6. Päälystetyt kentät ja pysäköintialueet 7. Ylivuoto- ja hulevesiputket 8. Yritykset 9. Muut
---	---

Kohteiden laadullisesta hulevesiriskiä arvioitiin käyttämällä projektiryhmän kehittämää riskimatriisia, joka on taulukon 3 mukainen. Riskimatriisin avulla määritettiin kullekin pistekohteelle oma riskiluokka asteikolla 1–4. Luokat 1–3 ovat projektiryhmän antamia riskimatriisiin perustuvia arvioita. Luokituksessa 1 on suurin riskiarvio ja 3 vähäisin riskiarvio. Luokituksen 4 saivat kaikki valuma-alueelta löytyneet ympäristöluvalliset kohteet, joiden osalta riskin suuruuteen perustuvaa luokittelua ei ole tehty.

Taulukko 3 Riskimatriisi

	Tapahtuman toistuvuus: harvoin	Tapahtuma toistuvuus: usein
Tapahtuman vakavuus: vähäiset vaikutukset	3 = vähäinen riski	2 = keskisuuri riski
Tapahtuman vakavuus: voimakkaat vaikutukset	2 = keskisuuri riski	1 = suuri riski

Riskimatriisi luotiin helpottamaan vajavaisiin tietoihin nojaavaa ja siten varsin subjektiivisesti tehtävää riskiarviointia. Riskimatriisi perustuu arvioihin hulevesien tapahtumien ajallisesta toistuvuudesta kahdella parametrilla: harvoin (tapahtuu kerran alle kahdessa vuodessa) ja usein (tapahtuu kerran kahdessa vuodessa tai useammin). Tapahtumien ajallisen toistuvuuden lisäksi tapahtumien laadulliset vaikutukset on jaettu kahteen parametriin: vähäiset vaikutukset ja voimakkaat vaikutukset. Kohteen riskinarviointi pohjautuu siis näiden neljän parametrin osoittamaan riskiluokitukseen.

Riskiluokituksessa on ollut mahdollisuus soveltaa riskiluokituksen sijoittumista matriisin luokitukseen. Osassa riskikohteiden arviointia on sovellettu matriisin riskiluokittelua, esimerkiksi riskiluokitusta suurentavasti, mikäli kohteessa on arvoitu tapahtuva päällekkäisiä hulevesien riskejä erilaisten sadetapahtumien takia. Tällöin riskien arvioinnista on kirjoitettu poikkeavan käytön periaatteet ja perustelut kyseisen kohdeteeman yhteyteen. Riskinarvioinnissa on käytetty myös harkintaa ilmastonmuutoksesta johtuvien sääilmiöiden muuttuessa.

3.4 Tutkimuksen luotettavuus

Projektin tuloksia tarkastellessa ja luotettavuutta arvioidessa on hyvä ottaa huomioon projektin luonne. Kyseessä on viiden opintopisteen kokonaisuus, jossa kartoitettiin Myllyojan valuma-alueelta pistemäisiä ja aluemaisia hulevesiriskikohteita kolmen opiskelijaryhmän kesken, kaksi ryhmää työsti pistekohteiden kartoitusta ja yksi ryhmä alueellisten hulevesiriskien visualisointia. Aikarajoitteen ja projektille suunnatun työmäärän puitteissa maastokäynnit jäivät vähäisiksi, tutkimusta tehtiin pääasiallisesti julkaistun aineiston perusteella, eikä alueelta otettu tutkimukseen liittyviä vesi- tai maaperänäytteitä. Luotettavampaa analyysia kohteista olisi varmasti saatu, jos projekti olisi kestänyt pidempään ja opiskelijoilla olisi ollut käytössään kattavammat resurssit ympäristönäytteenottoon.

Raportissa avatut riskimatriisi ja riskinarvio perustuvat opiskelijoiden tekemään arvioon. Arvioita pyrittiin perustelemaan mahdollisimman kattavasti ja luotettavasti kerätyn aineiston ja havaintojen avulla, mutta arvioihin on syytä suhtautua suuntaa antavina. Jokaisen kohteen perinpohjainen kartoitus vaatisi perusteellista näytteenottoa niin maaperästä kuin alueen hulevesistäkin. Tutkimuksessa on tehty resurssien puitteissa myös rajaamista kohteiden kartoituksessa, eikä kaikkia alueen pistemäisiä hulevesiriskikohteita ole voitu tässä

raportissa kuvata. Raportissa pyritään kuitenkin kuvaamaan käytetyt menetelmät mahdollisimman tarkasti, jotta tutkimus voidaan tarvittaessa toisintaa ja jotta lukijalle jää mahdollisimman selkeä kuva tehdyistä toimenpiteistä, sekä siitä mitä on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle.

4 Paikkatiedon toimenpiteet ja käytetyt aineistot

Yhtenä projektin tavoitteista oli luoda kartta-aineisto Myllyojan valuma-alueen hulevesiriskialueista. Datan analysoinnissa ja karttatasojen luonnissa käytettiin QGIS-ohjelmaa. QGIS on avoimen lähdekoodin ilmainen ohjelma, jolla voi käsitellä paikkatietoaineistoja monilla tavoilla (QGIS, 2023). Ohjelma mahdollistaa attribuuttien jakamisen tasoille, jolloin niitä voi tarkastella ja käsitellä yksitellen. QGIS-ohjelmaan tuotua paikkatietodataa voi myös tarkastella ja analysoida taulukkomuodossa. Ohjelman perustoiminnoista käytettiin esimerkiksi Merge-työkalua, jolla yhdistetään eri tasoja toisiinsa, ja funktiopohjaista Field Calculator -laskinta, jolla analysoidaan dataa. QGIS:iin on myös saatavilla ulkoisten kehittäjien työkaluja, joita esitellään myöhemmin raportissa.

4.1 Valuma-alueen rajausta, ruudukon teko, vesistöt ja tiestö sekä korkeusmalli

Paikkatietoaineiston käsittely aloitettiin valuma-alueen määrittämisellä, jotta saatiin selville, millaiselta alueelta valuma- ja hulevedet kulkeutuvat Myllyjojaan. Määrittämisessä käytettiin VALUE – valuma-alueen rajaustyökalua. Se on Suomen ympäristökeskus SYKE:n laatima työkalu, joka on käytettävissä selainsovelluksena (SYKE, 2022). Tämä sovelluksesta saatu valuma-alueen rajausta tallennettiin ja ladattiin QGIS-ohjelmaan jatkotyöstöä varten. Kaikki analyysissä käytetty aineisto leikattiin valuma-alueen rajojen mukaisesti leikkaustyökaluja (mm. Leikkaa rasteri maskitasolla ja Leikkaa vektori maskitasolla) käyttäen.

Valuma-alueesta tehtiin ruudukkopohjainen kartta, jossa yhden ruudun koko on 100 metriä x 100 metriä. Ruudukko luotiin Luo hila- työkalua käyttäen. Ruudukon tyyppiä valittiin suorakaide, laajuudeksi valuma-alue ja vaak- ja pystytason välistä 100 metriä. Ruutukooksi kokeiltiin myös 200 m x 200 m ja 50 m x 50 m, mutta 100 m x 100 m ruutukoko todettiin sopivimmaksi valuma-alueen kokoon nähden. Ruudukko mahdollistaa eri aineistojen yhdistämisen ja tarkastelun ruutukohtaisesti.

Valuma-alueen vesistöt, uomasto ja tiestö saatiin Maanmittauslaitoksen latauspalvelusta Maastokartan karttalehdistä (MML, 2023d). Palvelusta ladattiin valuma-alueen kattavat karttalehdet, joista otettiin QGIS-ohjelmaan vesialue, vesiviiva ja tieviiva. Kahden karttalehden alueelle ulottuvat vesiviivat ja tieviivat yhdistettiin, ja vesialue, vesiviiva ja tieviiva tallennettiin omiksi tasoikseen.

Valuma-alueen pinnanmuodot ovat, maaperän ja maankäytön ohella, yksi keskeinen valuntaan vaikuttava tekijä. Voimakkaasti kaltevilla rinteillä valunta on runsaampaa ja virtaus nopeampaa kuin tasaisemmalla maalla. Maastonmuotojen kuvaamisessa ja analyysien tausta-aineistona käytettiin Maanmittauslaitoksen avoimena aineistona tarjoamaa kahden metrin digitaalista korkeusmallia. Sitä kutsutaan myös nimellä DEM2 (lyhenne sanoista Digital Elevation Model). Tämä korkeusmalli esittää maanpinnan korkeutta merenpinnasta, ja se on tuotettu laserkeilausaineistosta. DEM2 on ruutukooltaan 2 m x 2 m, ja se on tarkin korkeusmalli Suomesta. (MML, n.d.) DEM2-karttaruutuja ladattiin koko valuma-alueen kattava määrä, minkä jälkeen nämä karttatasot yhdistettiin omaksi tasokseen.

4.2 Corine maanpeiteaineiston luokittelu

Corine maanpeite 2018 20 m –rasterimuotoinen aineisto ladattiin Suomen ympäristökeskuksen paikkatietoaineistoista (SYKE, 2019). Aineisto kuvaa Suomen maanpeitettä ja maankäyttöä vuonna 2018, ja se on luokiteltu 20 x 20 metrin pikselin tarkkuudella maanpeiteluokkiin. Maanpeitteellä ja maankäytöllä on vaikutusta hulevesien muodostumiseen ja liikkeisiin. Rakennetuilla alueilla on paljon päällystettyä pintaa, joka lisää ja nopeuttaa pintavaluntaa. Kasvillisuus puolestaan hidastaa ja vähentää pintavaluntaa, koska osa vedestä pidättyy ja imeytyy kasvillisuuteen. Aineiston maanpeiteluokkia tarkasteltiin ja jaoteltiin niiden maankäytön, kasvillisuuden ja maaperän mukaan, ja tämän pohjalta aineisto luokiteltiin neljään luokkaan:

1. Kerrostaloalueet, palveluiden alueet, teollisuuden alueet, liikennealueet, harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, kalliomaalla, kalliomaat
2. Pientaloalueet, kaatopaikat, puistot, vapaa-ajan asunnot, muut urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet, golfkentät, pellot, maataloustukijärjestelmän ulkopuoliset maatalousmaat, havumetsät kalliomaalla, sekametsät kalliomaalla, harvapuustoiset alueet, cc <10 %, harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, kivennäismaalla, harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, turvemaalla, harvapuustoiset alueet, sähkölinjan alla

3. Lehtimetsät kivennäismaalla, lehtimetsät turvemaalla, havumetsät kivennäismaalla, havumetsät turvemaalla, sekametsät kivennäismaalla, sekametsät turvemaalla
4. Sisämaan kosteikot vedessä, avosuot, joet, järvet

Luokiteltu maanpeiteaineisto vektoroitiin Muunna polygoneiksi (vektori) -työkalulla ja se tallennettiin omaksi tasokseen. Luokiteltu maanpeite on esitetty kartalla luvussa 5.2.1 (Kuva 18).

4.3 Maaperäaineiston luokittelu

Maaperä vaikuttaa hulevesien liikkeelle lähtemiseen ja kulkeutumiseen. Vesi virtaa läpäisemättömästä maaperästä nopeasti pintavaluntana pois, kun taas hyvin vettä läpäisevässä maaperässä vesi pidättyy ja osa siitä imeytyy maaperään. Maaperä 1:20 000/1:50 000 -aineisto ladattiin Geologian tutkimuskeskuksen Hakku-palvelusta (GTK, 2021). Aineisto luokiteltiin maalajien vedenläpäisevyyden perusteella kolmeen eri luokkaan. Luokittelussa käytettiin GTK:n Maalajien ominaisuudet ja soveltuvuus eräisiin käyttötarkoituksiin -ohjeistusta soveltuvin osin (GTK, n.d.).

Maaperäluokat:

1. Kalliomaa, savi, täytemaa; pieni vedenläpäisevyys
2. Hiekkamoreeni, hieno ja karkea hieta, hiesu, rahka- ja saraturve; kohtalainen vedenläpäisevyys
3. Hiekka, sora, vesi; suuri vedenläpäisevyys

Luokiteltu maaperäaineisto tallennettiin omaksi tasokseen. Luvussa 5.2.2 on esitetty luokiteltu maaperä kartalla (Kuva 19).

4.4 Hajakuormitusriskin mallintaminen

Valumavesien liikettä maanpinnalla ja samalla mahdollisten haitta-aineiden kulkeutumista mallinnettiin SAGA:n maastoanalyysi-työkaluilla, mistä tuloksena saatiin pintavaluntaviivat ja paikallista riskipistettä ilmaiseva taso. Pintavaluntaviivat mallintavat

sitä, millä tavoin vesi virtaa maan pinnalla. Pintavaluntaviivat tehtiin SAGA:n Channel Network and Drainage Basins -työkalulla, joka muodostaa pintavaluntaviivoista vektoritason. Mallinnus pohjaa digitaaliseen korkeusmalliin, ja tässä työssä käytettiin esikäsiteltyä korkeusmallia pohjatasona. Digitaalisissa korkeusmalleissa voi olla useista tekijöistä johtuvia virheitä ja painanteita, jotka saattavat aiheuttaa puutteita ja ongelmia pintavaluntaviivojen muodostamisessa. Jotta veden virtaus saatiin näkymään jatkuvana eikä se katkea näihin virheellisiin painanteisiin, korkeusmalli täytyi esikäsitellä SAGA:n Filled Sinks (Wang & Liu XXL) -työkalulla, joka tunnistaa ja täyttää korkeusmallista pinnan painaumat.

SAGA:n Diffuse pollution -työkalu pyrkii mallintamaan maastossa syntyvää hajakuormitusriskiä eli sitä millä tavoin ja mistä ainesta lähtee liikkeelle ja miten se kulkeutuu. Mallinnuksen avulla pyritään löytämään alueita, joilla kuormitusriskin syntyminen on todennäköistä. SAGA:n työkalu perustuu SCIMAP:in hajakuormitus- ja tulvaveden lähteiden kartoituksen metodologiaan (SAGA, n.d.), joka huomioi maanpeitteen, topografian, rinteiden kaltevuuden ja niiden liittyneisyyden ja sen, kuinka helposti aines pääsee kulkeutumaan uomiin (SCIMAP, n.d.). SAGA:n Diffuse pollution -työkalun lähtötasoina käytetään digitaalista korkeusmallia, jonka lisäksi painotuskenttinä voidaan käyttää rasteroitua pintavaluntaviivatasoa, maanpeitettä ja sadeveden määrää.

Tässä työssä käytettiin lähtötasona ainoastaan digitaalista korkeusmallia, sillä pintavaluntaviivojen ja Corine maanpeiteaineiston käyttäminen painotuskenttinä ei onnistunut. Tuloksena työkalu muodostaa kolme tasoa, joista jatkossa käytettiin interpoloimatonta Locational Risk -tasoa. Tätä paikallista riskipistettä ilmentävää tasoa verrattiin Luonnonvarakeskuksen vuonna 2018 laatimaan RUSLE-eroosiomalliin, joka ottaa huomioon sateen, maaperän ja maanpeitteen sekä rinteiden pituuden ja jyrkkyyden vaikutukset eroosioon ja toimenpiteet eroosioaineiden liikkumisen estämiseksi ja ohjaamiseksi (SYKE, 2020). Vaikka eroosiomalli on tausta-aineistopohjaltaan laajempi kuin tässä pelkkään korkeusmalliin perustuva paikallista riskiä kuvaava taso, havaittiin molempien noudattavan pääosin samankaltaisia linjoja. Vertaamalla paikallista riskipistetasoa ja RUSLE-eroosiomallinnusta päädyttiin valitsemaan omaksi paikallista riskipistettä ilmentäväksi luokakseen kaikki arvoltaan 50 000 ylittävät kohteet. Tämä riskiluokka vastasi parhaiten RUSLE:n mallintamaa kiintoainekuormaa, joka ylitti 400 kg/ha/v. Näiden kohteiden arveltiin olevan niitä, jotka muodostavat maastossa todellisen riskin kiintoaineiden ja haitta-aineiden kulkeutumiselle.

Nämä todellista riskiä edustavat kohteet erotettiin omaksi tasokseen rasterilaskimella valitsemalla kaikki yli 50 000 arvoa edustavat kohteet. Tuloksena saatu taso muutettiin

vektoritasoksi, mutta tämä osoittautui liian raskaaksi jatkotyöskentelyn kannalta. Rasteritaso muutettiin siksi pistemäiseksi tasoksi Raster pixels to points -työkalulla, ja saatu pistetaso yhdistettiin 100 m x 100 m -ruudukkoon Count in polygons -työkalua käyttäen. Tätä uutta Paikallinen riski -ruudukkoa verrattiin aiempaan riskipistetasoon ja RUSLE-eroosiomalliin. Vertailun tuloksena määritettiin, että riskiä muodostuu niistä ruuduista, joissa pisteiden lukumäärä on 150 tai suurempi. Paikallisen riskin muodostuminen maastossa kuvataan kartalla luvussa 5.2.3 (Kuva 20).

4.5 Hulevesiverkoston georeferointi ja osavaluma-alueet

Hulevesiviemäreiden tarkoitus on taata nopea kuivatus päällystetyiltä ja tiheään rakennetuilta alueilta johtamalla vesi alueelta putkistoa pitkin purkupisteisiinsä. Tällöin vesi ja sen mukana liikkeelle lähtevät haitta-aineet eivät suodatu maaperään, eikä hulevesien hallinnan kannalta olennainen huleveden käsittely syntypaikalla pääse toteutumaan, vaan kuormitus siirtyy kauemmas hulevesiviemäriin purkupisteisiin. Hulevesiviemäreissä vesi virtaa nopeasti ja käsittelemättömänä. Huleveden tarkastuskaivoissa voi kuitenkin olla sakkapesiä kiintoaineksen laskeutumista varten. Silti purkupiste joutuu alttiiksi virtaaman vaihteluille ja siten sen aiheuttamalle eroosiolle ja vastaanottava vesistö tilan heikkenemiselle. Tätä voidaan vähentää vihervyöhykkeen avulla eli johtamalla hulevesi purkuaukosta kasvillisuusalueelle, joka suodattaa veden haitta-aineita ennen sen päätymistä vesistöön. Hulevesiviemärit ovat kuitenkin haittavaikutuksistaan huolimatta oleellinen ja tärkeä osa hulevesien kokonaisvaltaista hallintaa. (Suomen Kuntaliitto, 2012, ss. 18–21, 133–135, 265, 268)

Korkeusmalliin perustuvan hydrologisen analyysin lisäksi projektissa on otettu huomioon Myllyojan valuma-alueella sijaitseva hulevesiviemäriverkosto. Tämän avulla on pyritty selvittämään huleveden kulkeutuminen läpäisemättömien pintojen alueilta hulevesiviemäreiden kautta pitkienkin matkojen päähän vesistöön. Kaikki alueiden vesi ei kuitenkaan välttämättä kulkeudu pelkästään hulevesiviemäriin vaan voi imeytyä alueiden ympärillä olevaan läpäisevään maaperään (Suomen Kuntaliitto, 2012, s.18).

Hulevesiverkoston tarkastelulla on haluttu ottaa huomioon hulevesien syntypaikalla olevat mahdolliset riskipisteet ja niistä kulkeutuvien ravinteiden, kiintoaineksen ja muiden haitta-aineiden päätyminen hulevesiviemäreiden kautta purkupisteisiin asti. Tässä yhteydessä ei ole pystytty huomioimaan sitä, onko hulevesiverkoston yhteydessä käytetty esimerkiksi jonkinlaista suodatusta, vaan oletuksena on ollut purkupisteiden sijainnin perusteella niiden laskevan suoraan vastaanottavaan uomaan.

Myllyojan valuma-alueen hulevesijärjestelmää ja sen laajuutta on tarkasteltu HS-Veden aluekuivatusjärjestelmästä saadun PDF-muotoisen johtokarttaotteen (HS-Vesi Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 17.5.2023) avulla. Johtokarttaote on digitoitu rasteritasoksi QGIS-ohjelmaan Georeferointi-työkalulla kuuden ympäri karttaotetta sijaitsevan vastinpisteen avulla. QGIS laskee vastinpisteille georeferointivirheet x- ja y-koordinaatistossa ja niiden yhteenlasketun residuaalin, joka ei saa olla yli 10 pikseliä (QGIS Documentation, 2020). Ilmaantuneet virheet korjattiin mahdollisimman pieniksi ja lopullinen residuaali (pikseleihin) oli alle 1. Tätä georeferoitua karttaa verrattiin Maanmittauslaitoksen taustakarttarasteriin 1:5 000 (MML, 2023c).

Georeferoidun hulevesikartan pohjalta luotiin verkoston osavaluma-alueita ja niiden yksittäisiä purkupisteitä. Osavaluma-alueita muodostui alun perin 30. Prosessin aikana muodostuneet pienimmät osavaluma-alueet yhdistettiin isommiksi kokonaisuuksiksi. Perusteena tälle oli kaikkien purkupisteiden sijoittaminen taustakartalla näkyvään ojaan, jolloin pienemmät pintavaluntareitit sisällytettiin muihin alueisiin ja näiden alueiden purkupisteeksi on valittu yhteinen piste, joka on ojan varrella. Lopullisessa aluerajauksessa osavaluma-alueita oli 24. Näille jokaiselle yhtä lukuun ottamatta on määritetty oma purkupiste ojan tai vesistön varrelta tai suuremmilla alueilla useampia purkupisteitä tilanteessa, jossa ei pystytty karttaotteen perusteella määrittämään erillisiä alueita.

Purkupisteiden määrittämisessä on hyödynnetty pääasiassa georeferoitua karttaotetta, ja osa pisteistä on käyty varmistamassa maastokäynneillä Sampo-Alajärven osayleiskaavan hulevesiselvityksen pohjalta. Yhden puuttuvan purkupisteen kohdalla ei pystytty määrittämään läheltä mitään vesistöä, johon se päättyisi. Kyseessä on niin pieni alue, että siellä hulevesi luultavasti ehtii imeytyä maaperään ennen kuin se päättyy pintavaluntana vesistöön asti. Purkupisteitä on lopullisessa versiossa määritetty 28. Alueiden rajaamisessa on pyritty pitämään silmämääräisesti sama etäisyys osavaluma-alueen reunojen ja verkoston välillä. Tasaisilla alueilla ja kaltevilla alueilla on hyödynnetty verkoston laajuuden lisäksi myös DEM-korkeusmallista Rasterimuotoisen maastoanalyysin Kaltevuus-työkalulla muodostettua tasoa sekä pintavaluntaviivoja, jotka on tehty SAGA:n Channel Network and Drainage Basins -työkalulla. Sen käyttöä on esitelty tarkemmin aiemmassa luvussa 4.4. Oletuksena on koko työvaiheessa ollut, että hulevesiviemärit kulkevat painovoimaisesti pääosin luonnollisia valumareittejä mukaillen. Kaltevuuden, pintavaluntareittien ja hulevesiviemärien vertailu on tehty tarkastelemalla näitä aineistoja QGIS-ohjelmassa päällekkäin. On kuitenkin syytä muistaa, että tarkastelussa ei välttämättä ole voitu huomioida kaikkia pienimpiä painanteita ja on todennäköistä, että niitä on jäänyt osin huomaamatta.

Hulevesiverkoston osavaluma-alueiden rajaamiseen liittyi myös epävarmuutta, esimerkiksi aineiston kuvanlaatu aiheutti haasteita karttaotteen tulkintaan. Saadun aineiston muoto (PDF) myös kavensi sen hyödyntämismahdollisuuksia ja vaikeutti joidenkin alueiden rajaamista. Lisäksi näissä valuma-alueissa on huomioitu vain hulevesiviemäriverkoston alueet, joilla putket kulkevat karttaotteen mukaan, mutta siinä ei ole huomioitu täysin kaikkia pintavaluntareittejä, joilta hulevettä voi alueelle valua. Pintavaluntareitit rajattiin tästä pois, ja ne on huomioitu muissa analyyseissä tarkemmin. Tässä osiossa ajateltiin, että kauempaa valuva vesi ehtii todennäköisesti imeytyä maaperään tai kulkeutua muuta kautta vesistöön ennen kuin se päättyy hulevesiviemäriin. Lisäksi tässä haluttiin korostaa hulevesiviemäroityä aluetta omana tasanaan. Tämän vaiheen kartta löytyy luvusta 5.2.4 (Kuva 21).

4.6 Vesistöjen ja hulevesiverkoston suojavyöhykkeet

Kaikille alueen vesistöille ja maastokartassa näkyville uomille luotiin suojavyöhykkeet, jotta saatiin tarkemmin arvioitua riskiä haitta-aineiden kulkeutumisesta Myllyjoaan. Vesistön läheisyydestä tuleva kuormitus on vesistön kannalta haitallisempaa kuin kauempaa kulkeutuva, sillä haitta-aineet eivät ehdi suotautua maahan ennen päätymistä veteen. Suojavyöhykkeiden kokoa määritettäessä käytettiin lähteenä paikallisissa ympäristönsuojelumääräyksissä (Hämeenlinnan kaupunki, 2011) määriteltyjä ranta-alueita. Tässä projektissa käytettiin 200 metrin vyöhykettä kaikille muille vesistöille paitsi Ahvenistonjärvelle 500 metrin vyöhykettä. Nämä suojavyöhykkeet piirrettiin Buffer-työkalulla. Kullekin vesialueelle ja uomalle luodut suojavyöhykkeet sulautettiin yhdeksi tasoksi Dissolve-työkalulla.

Hulevesiverkosto haluttiin ottaa suojavyöhykkeeseen mukaan, koska sen vaikutusalueella sijaitsevista riskipisteistä voi päätyä haitta-aineita nopeasti ja käsittelemättöminä suoraan vesistöön. Hulevesiverkoston ympärille ei tässä kohtaa ole lisätty erillistä suojavyöhykettä kuten vesistöjen ympärille, vaan se on otettu huomioon hulevesiverkoston osavaluma-alueen laajuudessa. Aineistojen yhdistäminen tehtiin Merge-työkalulla, minkä jälkeen muodostuneet alueet sulautettiin yhdeksi karttatasoksi Dissolve-työkalulla. Lopuksi vesistöjen ja hulevesiverkoston suojavyöhykkeet yhdistettiin ja sulautettiin yhdeksi, yhtenäiseksi suojavyöhykkeeksi.

4.7 Pistemäisten hulevesiriskikohteiden sijoittaminen kartalle

Myllyojan valuma-alueella sijaitsevat pistemäiset riskikohteet kerättiin Excel-pohjaiseen tietokantaan, joka tuotiin QGIS-ohjelmaan. Tietokanta sisältää kunkin riskikohteen sijainnin koordinaatteina, joten riskikohteita kuvastavat pisteet sijoittuivat automaattisesti oikeille kohdille pohjakartalla. Pohjakartana käytettiin Maanmittauslaitoksen maastokarttarasteria koossa 1:100 000.

Pistemäisiä riskikohteita havainnollistavia karttoja tehtiin yhteensä kymmenen. Yksi kartoista sisältää kaikki Myllyojan valuma-alueella sijaitsevat pistemäiset riskikohteet. Pistemäiset riskikohteet jaettiin yhdeksään teemaan, joiden sisältämät kohteet on esitetty erikseen omilla teemakohtaisilla kartoillaan. Tietokannassa riskikohteille on määritetty riskityyppi ja kunkin kohteen aiheuttaman mahdollisen hulevesiriskin suuruus on arvioitu asteikolla 1–3. Kartalla kohteiden riskityyppiä on havainnollistettu erilaisilla kuvioilla. Numeerista riskiluokitusta puolestaan on havainnollistettu erilaisilla väreillä. Lisäksi karttoihin on lisätty pohjavesialue ja selkeyden vuoksi Myllyojaa kuvastava uoma. Sekä pohjavesialue että uoma ovat Suomen ympäristökeskuksen tuottamaa aineistoa.

4.8 Riskiruudukon teko

Tämän vaiheen tarkoituksena oli luoda Myllyojan valuma-alueen kattava riskiruudukko, johon on yhdistetty valittuja aineistoja. Aineistojen yhdistämistä kuvaillaan luvussa 4.8.1.

Yhdistetyistä aineistoista luotiin kolme riskiluokkaa. Riskiluokituksen tekoa avataan luvussa 4.8.2. Luokiteltuun riskiruudukkoon yhdistettiin lopuksi pistemäiset riskikohteet ja vesistöjen ja hulevesiverkoston suojavyöhyke. Tästä projektin lopullisen tuotoksen yhdistämisestä kerrotaan luvussa 4.8.3.

4.8.1 Aineistojen yhdistäminen riskiruudukoksi

Alueellisen hulevesiriskin mallintamiseen valittiin kolme aineistoa: luokitellut maanpeite- ja maaperäaineistot sekä maastonmuotojen perusteella mallinnettu paikallinen riski.

Maanpeitteen, maaperän ja maastonmuotojen todettiin vaikuttavan merkittävästi hulevesien kulkeutumiseen, ja niiden yhteisvaikutuksen tarkastelemiseksi valituista aineistoista luodut tasot yhdistettiin Yhdistä ominaisuustiedot sijainnin perusteella -työkalua käyttäen. Työkalu yhdistää toisiinsa kaksi vektoritasoa kerrallaan sen perusteella, miten niiden ominaisuustiedot sijaitsevat maantieteellisesti suhteessa toisiinsa.

Paikallinen riski -ruudukkoon yhdistettiin luokiteltu maanpeitetaso, ja niistä yhdistettyyn tasoon luokiteltu maaperätaso. Geometrisiksi predikaateiksi valittiin kaikki saatavilla olevat (leikkaavat, ovat päällekkäisiä, sisältävät, ovat sisällä, ovat yhtenevät, risteävät ja sivuavat), ja tasojen ominaisuustiedoista valittiin mukaan vain luokituksen sisältävät kentät.

Liitostyyppienä kokeiltiin sekä one to one että one to many -liitoksia. One to one -liitoksella ohjelma valitsee ominaisuudet vain ensimmäisestä sijoitetusta ominaisuustiedosta, kun taas one to many -liitoksella se luo erillisen ominaisuuden jokaiselle sijoitetulle ominaisuustiedolle. Eri liitostyypeillä yhdistettyjä tasoja vertailtiin maanpeite- ja maaperäaineistoihin, ja one to many -liitoksen todettiin tuovan paremmin esille sekä maanpeite- että maaperäluokituksen yhdistetyssä tasossa. Yhdistetyt aineistot tallennettiin omaksi tasokseen.

4.8.2 Riskiruudukon luokittelu

Riskiruudukosta tehtiin erilaisia hakuja attribuuttitaulukkoa käyttäen, jotta saatiin selville, kuinka paljon alueella on sellaisia kohtia, jotka aiheuttavat riskiä valumavesien kulkeutumiseen ja miten riskiä aiheuttavat tekijät sijoittuvat suhteessa toisiinsa. Koska projektissa haluttiin mallintaa nimenomaan riskialueita, päätettiin riskiluokituksessa huomioida ainoastaan kohtalaista tai suurempaa riskiä aiheuttavat alueet. Näin luokittelun ulkopuolelle jäivät kokonaan ne alueet, joiden ei katsottu sisältävän riskiä tai joilla riskin katsottiin olevan vähäinen.

Riskiruudukko luokiteltiin kolmeen riskiluokkaan. Riskiluokka 1 kuvastaa korkeaa riskiä, ja tällaiseksi arvioitiin ne alueet, jotka ovat pitkälti rakennettuja ja päällystettyjä alueita, sijaitsevat huonosti läpäisevällä maaperällä alueella ja jonka maasto muodostaa riskin haitta-aineiden kulkeutumiselle. Korkean riskiluokan muodostavat siis ne alueet, joissa on päällekkäin sekä maanpeiteluokka 1, maaperäluokka 1 että paikallinen riskipiste yli 150. Riskiluokka 2 kuvastaa merkittävää riskiä ja siihen arvioitiin kuuluvan ne alueet, joissa maastonmuodot aiheuttavat riskin (riskipiste yli 150) ja jotka sijaitsevat joko rakennetuilla ja päällystetyillä alueilla (maanpeiteluokka 1) tai huonosti läpäisevillä maaperillä (maaperäluokka 1). Kolmas riskiluokka kuvastaa kohtalaista riskiä ja siihen arvioitiin kuuluvan rakennetut alueet tai huonosti läpäisevällä maaperällä sijaitsevat alueet missä tahansa maastossa tai ne alueet, joissa maasto muodostaa riskin (riskipiste yli 150) ja jotka ovat maanpeitteeltään matalan kasvillisuuden alueita kuten peltoja (maanpeiteluokka 2). Riskiluokitus on kuvattu alla olevassa taulukossa (Taulukko 4).

Taulukko 4 Riskiruudukon luokitus. Taulukossa on esitetty riskiruudukon kolme riskiluokkaa.

Riskiluokka 1 Korkea	Riskiluokka 2 Merkittävä	Riskiluokka 3 Kohtalainen
Maanpeite 1+ maaperä 1 + paikallinen riskipiste yli 150	Maanpeite 1 + paikallinen riskipiste yli 150	Maanpeite 1
	Maaperä 1 + paikallinen riskipiste yli 150	Maaperä 1
		Maanpeite 2 + paikallinen riskipiste yli 150

Riskiruudukkoon luotiin uusi riskiluokkaa kuvaava kenttä kentän arvojen laskimen avulla käyttäen seuraavaa tekemäämme kaavaa, jossa "DN" tarkoittaa maanpeiteluokitusta, "luokittelu" maaperäluokitusta ja "NUMPOINTS" paikallista riskipistettä:

```
case when "DN" = 1 and "luokittelu" = 1 and "NUMPOINTS" >= 150 then 1
when "DN" = 1 and "NUMPOINTS" >= 150 and "luokittelu" >= 2 then 2
when "luokittelu" = 1 and "NUMPOINTS" >= 150 and "DN" >= 2 then 2
when "DN" = 1 and "NUMPOINTS" < 150 then 3
when "luokittelu" = 1 and "NUMPOINTS" < 150 then 3
when "NUMPOINTS" >= 150 and "DN" = 2 then 3 end
```

Tuloksena syntynyt valuma-alueen riskiruudukko on esitetty kartalla luvussa 5.2.5 (Kuva 23).

Ongelmia riskiluokituksessa aiheutti se, että riskiruudukossa eri riskiluokat sijoittuvat päällekkäin niin, että riskiluokka 2 pitää sisällään myös riskiluokan 1 ruudut ja riskiluokka 3 pitää sisällään osan riskiluokkien 1 ja 2 ruuduista. Visuaalisesti kartalla ruudut saatiin näkymään tarkoittamamme riskiluokituksen mukaan säätämällä kohteiden piirtojärjestystä (1. riskiluokka 1, 2. riskiluokka 2, 3. riskiluokka 3). Tämä ongelma johtuu luultavasti siitä, että kunkin ruudun sisälle sijoittuu useita eri maanpeite- ja maaperäluokkia ja tällöin myös riskiluokkia, johtuen eri tasojen yhdistämisessä tehdyistä valinnoista. Tässä projektissa ei lähdetty muuttamaan valintoja projektin tiukan aikataulun vuoksi ja siksi, että kartta kuitenkin näyttää visuaalisesti riskiluokituksen mukaiselta ja attribuuttitaulukossa riskiluokat näkyvät niin kuin oli tarkoitettu. Tämä kuitenkin voi aiheuttaa ongelmia, mikäli työtä on tarkoitus kehittää tai riskiruudukosta haluttaisiin tehdä enemmän analyysijä. Ratkaisuna voi olla riskiruudukon pienentäminen 50 m x 50 m tai jopa 25 m x 25 m -kokoiseksi ja tasojen yhdistäminen one to one -liitostyyppillä.

4.8.3 Pistemäisten riskikohteiden yhdistäminen riskiruudukkoon

Myllyojan valuma-alueella sijaitsevia pistemäisiä riskikohteita kartoitettiin muun muassa maastokäyntien, karttojen ja paikkatiedon avulla. Kohteille määriteltiin niiden mahdollisesti aiheuttama riskityyppi, kuten esimerkiksi rehevöityminen tai pilaantuminen, mahdolliset haitta-aineet ja riskiluokka, jolla voidaan arvioida riskin vakavuutta. Kaikilla riskikohteilla on koordinaatit, joiden avulla pisteet voidaan sijoittaa kartalle. Pistemäisistä riskikohteista kerrotaan tarkemmin luvussa 5.1.

Excel-tilukkkoon kerätyt pistemäiset riskikohteet tallennettiin .csv-muodossa, ja tilukko lisättiin QGIS-ohjelmaan Lisää erotinmerkkejä sisältävä tekstitiedosto -toiminnolla. Näin pistemäiset riskikohteet ja niiden ominaisuustiedot saatiin tallennettua ohjelmaan omaksi tasokseen. Sijoittamalla pistemäiset riskikohteet sisältävän tason alkuperäisen riskiruudukon päälle voitiin tarkastella ja analysoida pisteiden sijoittumista riskialueille. Valuma-alueen riskikartta, jossa riskiruudukko ja pistemäiset riskikohteet on yhdistetty, on esitetty luvussa 5.3 (Kuva 25).

Riskiruudukko ja pistemäiset riskikohteet sisältävä taso leikattiin vielä lopuksi vesistöjen ja hulevesiverkoston suojavyöhykkeen mukaisesti. Näin voitiin tarkastella, miten riskialueet ja riskikohteet sijoittuvat suojavyöhykkeelle. Suojavyöhykkeen riskikartta on esitetty luvussa 5.3 (Kuva 26).

5 Hulevesiriskit Myllyojan valuma-alueella

Tässä luvussa ja sen alaluvuissa kerrotaan tarkemmin Myllyojan valuma-alueen hulevesien muodostumisesta, alueelta kartoitetuista pistemäisistä ja aluemaisista hulevesiriskikohteista sekä näiden kaikkien yhdistämisestä valuma-alueen kokonaistarkasteluun. Myllyojan valuma-alueelta löytyy taajama-alueelle tyypillisesti asutuksen lisäksi metsiä, maatalousalueita, teollisuutta, yritystoimintaa ja virkistyspaikkoja. Nämä jakaantuvat kohtuullisen tasaisesti sekä itä- että länsipuolelle. Valuma-alueen itäpuolelta löytyvät sairaalat, hautausmaat ja armeijan toimintaa. Länsipuolelta löytyy enemmän metsäalueita ja golf-kenttä. Länsipuolella sijaitsee myös luvussa 2.1 Tutkimusalue mainittu 1-luokan

pohjavesialue. Hämeenlinnan kaupunki on hulevesitulvariskiärvion yhteydessä vuonna 2018 todennut Myllyojan tulvaherkäksi alueeksi (Hämeenlinnan kaupunki, 2018, s. 21).

Taajama-alueen tyypillisimpiä haitta-aineita ovat aiemmin taulukossa 1 eriteltyt aineet, kuten ravinteet, kiintoaines, metallit, mikromuovit, lääkeaineet, kemikaalit, haitalliset mikrobit ja roskat. Nämä haitta-aineet ovat useimmiten lähtöisin liikenteestä, eroosiosta, lannoituksesta, teollisuudesta, viemärivuodoista, eläinten ja ihmisten ulosteesta, roskista ja jätteistä sekä rakennusmateriaaleista. Taajama-alueiden maankäyttömuodot kuten asutus, tiestöt, maatalousalueet, työmaa-alueet, viheralueet, teollisuusalueet ja kaatopaikat ovat todennäköisin syy näiden haitta-aineiden esiintymiselle hulevesissä. (Valtanen ym., 2023, ss. 13–14.) Tässä selvityksessä ei tarkastella tieverkostojen vaikutusta hulevesien laatuun, mutta on syytä muistaa, että liikenne heikentää merkittävästi hulevesien laatua. (Vatanen ym., 2023, s. 12) Tiestöillä ja liikenteellä on kuitenkin samantyyppistä laadullista vaikutusta hulevesiin kuin esimerkiksi asfaltti- tai hiekkapäälysteisillä kentillä ja pysäköintialueilla, joiden vaikutuksia on tässä selvityksessä tarkasteltu luvussa 5.1.6 Päälystetyt kentät ja pysäköintialueet. Tieverkosto on myös huomioitu Myllyojan valuma-alueen riskiruudukossa, joka esitellään luvussa 5.2.5 Riskiruudukko.

Luvussa 3.3 Tutkimusmenetelmät kerrottiin selvityksen ulkopuolelle rajatuista kohteista, mutta mainittiin projektiryhmän valinneen selvitykseen muutamia esimerkkejä poisrajatuista kohteista, vaikka aikaa kaikkien pisteiden kartoitukselle ei ollut. Esimerkkikohteina haluttiin nostaa muun muassa joitakin eri materiaalein pinnoitettuja laajempia alueita, kuten parkkipaikkoja, urheilukenttiä ja golf-kenttä. Valuma-alueella sijaitsee lukuisia parkkipaikkoja ja urheilukenttiä, mutta projektiin varatun ajan puitteissa näistä ehdittiin kartoittaa vain osa. Yrityksistä päädyttiin pitämään mukana listauksessa sellainen yritystoiminta, jossa käsitellään päivittäin aineita, jotka vesistöihin päätyessään voivat aiheuttaa vesistöriskiä; esimerkiksi moottoriajoneuvojen huoltoon ja korjaukseen liittyvä yritystoiminta. Kaikkien esimerkkikohteiden valintojen perustelut avataan luvun 5 alaluvuissa kunkin teeman osalta.

Maatalousalueet levittäytyvät laajasti valuma-alueelle ja maatalouden vesistökuormitus on usein pääasiassa hajakuormitusta, jossa kuormitusta tulee useista eri kohteista erilaisia määriä. Maatalouden pistekuormituskohde voi olla esimerkiksi jaloittelutarha. (Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto, 2021.) Kartoituksessa eriteltiin erikseen eläinsuojat, kuten hevostallit, kotieläinpihat ja Hirvilammen luomutilan eläinsuoja. Kartoituksessa haluttiin kuitenkin nostaa esille myös maatalousalueiden riskit vesistöille, joita päädyttiin tarkastelemaan hulevesien purkupisteiden kautta. Yksittäisten tilojen ja peltolohkojen sijaan projektissa onkin tarkasteltu maatalousalueita Myllyojan osavaluma-alueina. Näin ollen

maatalousalueille päädyttiin etsimään Paikkatietoikkunan uomakartaston ja uomien valuma-alueiden (SYKE, 2012, 2021b.) avulla hulevesien ja pintavalunnan purkautumispiste. Osavaluma-aluejaon perusteella tehdyille maatalousalueille määriteltiin alin purkupiste, johon koko alueen hulevedet ja pintavalunta lopulta johtavat osavaluma-alueen sisällä. Näin ollen purkupisteet sijoittuvat Myllyojan koko osuudelle. Maatalousalueita kartoitettiin alueelta yhteensä kahdeksan ja jokaiselle alueelle selvitettiin oma purkupiste. Purkautumispisteille voi kertyä maatalouden pintavalunta- ja hulevesikuormitusta sekä karjatilojen laitumilta että viljellyiltä peltoalueilta. Purkautumispisteet ja osavaluma-alueet on esitetty numeroituna kartalla kuvassa 5.

Kuva 5 Purkautumispisteet ja osavaluma-alueet numeroituina (MML, 2023.; SYKE, 2012, 2021b.)



Metsätalouden avohakkuut aiheuttavat ravinnekuormitusta vesistöille ja kuormitus on usein hajakuormitusta. Kuormitus riippuu hakkuualueen etäisyydestä vesistöön, metsän maaperästä ja pinnanmuodoista, sekä hakkuiden yhteydessä tehdyistä suojelullisista toimenpiteistä, kuten suojakaistoista ja patorakennelmista. (Joensuu, ym. 2019, s. 7) Projektin laajuus ei mahdollistanut kaikkien alueella sijaitsevien hakkuualueiden kartoitusta,

mutta projektissa haluttiin tuoda esille metsätalouden riskit valuma-alueen vesistöille. Tästä syystä raporttiin nostettiin esimerkinomaisesti kaksi valuma-alueelle sijoittuvaa hakkuukohdetta, joista projektiryhmä suoritti riskiarvioinnin ja riskiluokituksen. Hakkuualueet etsittiin maastokäynnillä.

Valuma-alueen paikkatietopohjaisessa aluemaisten riskien tarkastelussa käytettiin taustaineistoina maaperää, maanpeitettä ja maastonmuotoja. Näiden ympäristötekijöiden yhdistelmää analysoimalla selvitettiin, millä alueilla maastoon mahdollisesti päätyvä haitta-aine todennäköisimmin kulkeutuisi vesistöön ja millaisia reittejä pitkin. Tarkastelussa huomioitiin myös, miten hulevesiverkosto muuttaa alueen luontaisia valuntareittejä ja mahdollisesti jouduttaa haitta-aineiden kulkeutumista. Aluemaisten riskikohteet ja hulevesiviemäroity alue on esitetty omilla kartoillaan luvussa 5.2. Lopuksi aluemaisten pistemäisten hulevesiriskikohteet yhdistettiin, jotta valuma-alueen kokonaisvaltainen tarkastelu mahdollistui. Aluemaisten ja pistemäisten hulevesiriskien yhdistävät valuma-alueen riskikartat on esitetty luvussa 5.3.

5.1 Pistemäiset riskikohteet

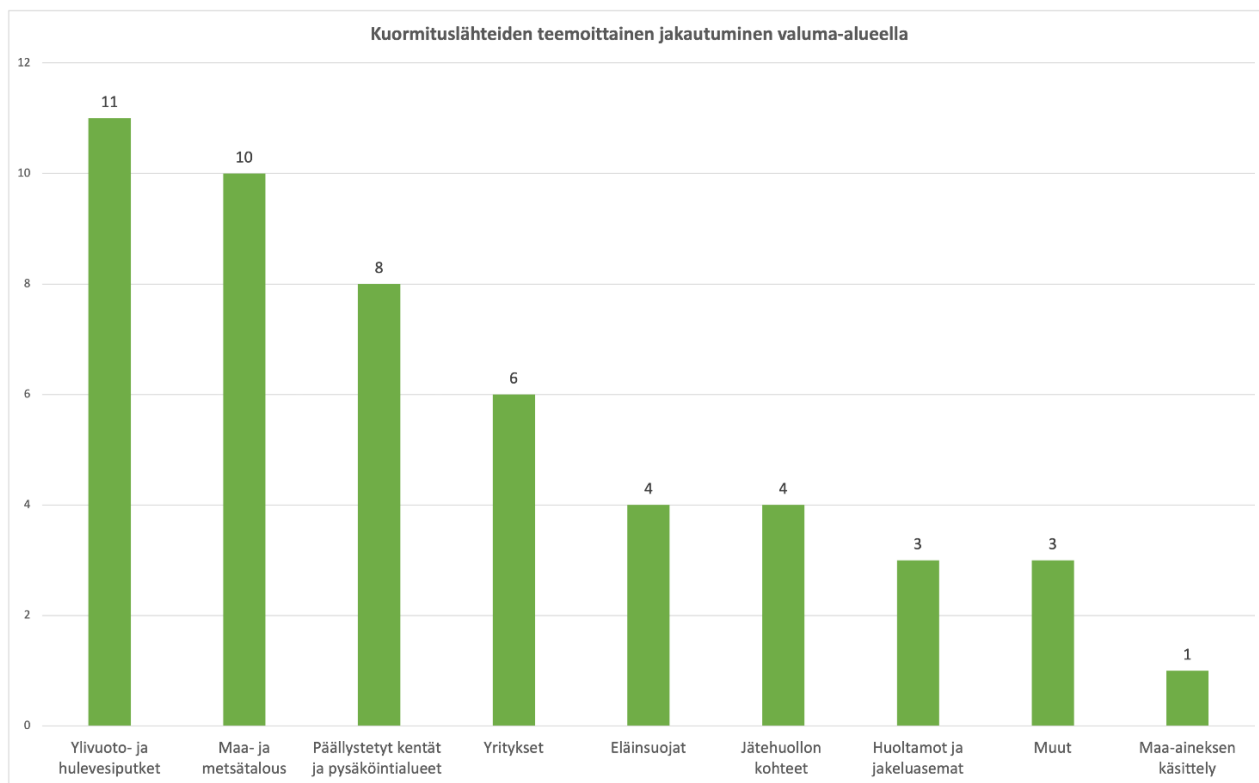
Kartoituksessa löydettiin yhteensä 50 pistemäistä hulevesiriskikohdetta Myllyojan valuma-alueelta. Listatut kohteet luokiteltiin yhdeksään eri kattoteemaan: eläinsuojat, huoltamot ja jakeluasemat, jätehuollon kohteet, maa- ja metsätalous, maa-aineksen käsittely, päällystetyt kentät ja pysäköintialueet sekä muut. Kullekin kohteelle määritettiin teeman lisäksi kuormituslähde, koordinaatit, kohteelta vesistöihin päätyvät mahdolliset haitta-aineet, riskin tyyppi sanallisesti ja numeroina, sekä kohteen riskiluokitus riskimatriisiin perustuen. Kuvassa 6 on kuvakaappaus riskikohdelistauksesta, koko lista löytyy liitteestä 1. Riskikohteiden tiedot sisältävä Excel-tiedosto toimitetaan projektin päätteeksi tilaajalle erillisenä ladattavana tiedostona.

Kuva 6 Kuvakaappaus Excel-tiedostosta.

Teema	Kuormituslähde (Yrityksen nimi, jos tiedossa)	Koordinaatti		Mahdolliset haitta-aineet	Riskityyppi	Riskityyppi numer.	Riskiluokitus
		N	E				
Eläinsuojat	Hevostalli (Pajulan Poltti)	6768083	356528	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit	rehovädyminen, hygieninen	2	2
Eläinsuojat	Kutelaingilja/hevostalli (Kissankulman eläinilja)	6765929	358009	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit	rehovädyminen, hygieninen	2	2
Eläinsuojat	Eläinsuoja (Hirvillan luoma)	6767134	358111	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit	rehovädyminen	2	3
Eläinsuojat	Kutelaingilja (Tiirikoulun rehda)	6765207	356970	ravinteet, haitalliset mikrobit	rehovädyminen	2	1
Huoltamot ja jakeluasemat	Huoltoasema (Neste Oy)	6768766	360751	kemikaalit	pilaantuminen	3	4
Huoltamot ja jakeluasemat	Huoltoasema (ABC Hämeenlinna S-Market Jukola)	6763950	360254	kemikaalit	pilaantuminen	3	1
Huoltamot ja jakeluasemat	Huoltoasema (SIC Hattula)	6768535	355591	kemikaalit, mikromuovit, rokasmetallit, kiintoaines	pilaantuminen	3	4
Itähuollon kohteet	Aluekeräyspiste (Rinki Oy)	6763999	358220	roskat	pilaantuminen	3	4
Itähuollon kohteet	Aluekeräyspiste (Rinki Oy)	6763168	358780	roskat	pilaantuminen	3	4
Itähuollon kohteet	Kuoripaikka (Vuorentaan vanha kyläkauppa)	6766619	358671	kemikaalit, roskat, mikromuovit	pilaantuminen	3	
Itähuollon kohteet	Aluekeräyspiste (Rinki Oy)	6762908	358065	roskat, mikromuovit, kemikaalit	pilaantuminen		4
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 1 (Nohuttala-Männistö)	6768817	355556	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehovädyminen, pilaantuminen	2	3
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 2 (Vuorentaka-Kaasio-Räppäjä)	6766805	357093	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehovädyminen, pilaantuminen	2	3

Kohteet jakautuivat teemoittain kohtalaisen tasaisesti. Eniten alueelta löytyi ylivuoto- ja hulevesiputkia, joita kartoitettiin yhteensä 11 kappaletta. Maa- ja metsätalouden kohteita kartoitettiin 10 kappaletta, päällystettyjä kenttiä ja pysäköintialueita 8 ja yrityksiä 6. Vähiten alueelta kartoitettiin maa-aineksen käsittelypaikkoja, huoltamoita ja jakeluasemia ja muut-teemaan kuuluvia kohteita. Teemojen määrällinen jakauma on esitetty kuvassa 7. Kohteet esitellään teemajaon mukaisesti tämän luvun alaluvuissa 5.1.1–5.1.9, joissa kerrotaan kunkin teeman erityispiirteistä sekä teemassa olevien kohteiden riskinarvioinnista.

Kuva 7 Kuormituslähteiden teemoittainen jakautuminen valuma-alueella.



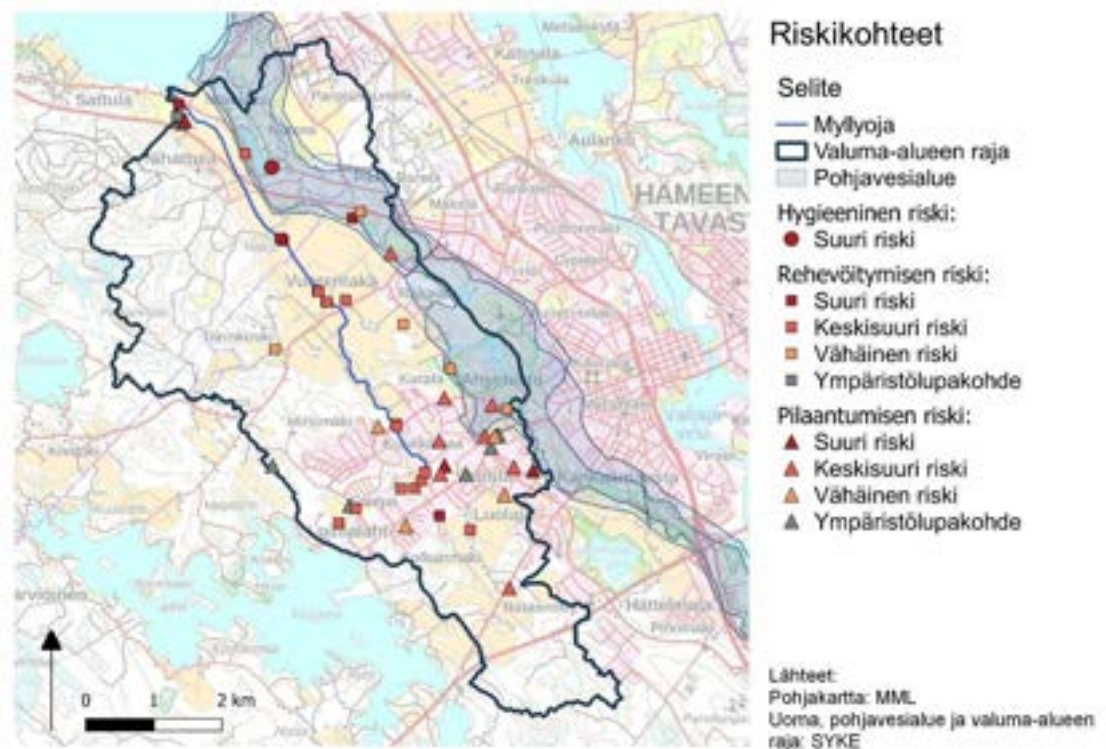
Teemajaolla pyrittiin selkeyttämään kohdelistausta ja jokainen teema sisältää samantyyppisiä kohteita, paitsi Muut-teema (luku 5.1.9), joka pitää sisällään Vuorentaan ja Ahveniston hautausmaat sekä Assi-sairaalan rakennustyömaan. Eläinsuojiin (luku 5.1.1) sisällytettiin lisäksi hevostalli Pajulan Pollet ja Kissankulman kotieläinpiha. Huoltamoihin ja jakeluasemiin (luku 5.1.2) ei laskettu alueelta kartoitettua ja ABC Hämeenlinna - huoltoaseman vieressä sijaitsevaa ABC Carwash –autopesua, vaan se luokiteltiin teemaltaan yritykseksi. Jätehuollon kohteiksi (luku 5.1.3) luokiteltiin Rinki-aluekeräyspisteet ja Vuorentaan vanha kyläkaatopaikka. Maa- ja metsätalouden teemasta (luku 5.1.4) löytyvät aiemmin mainitut kahdeksan kappaletta maatalousalueiden hulevesien purkupisteitä sekä kaksi avohakkuuta. Päälystettyihin kenttiin ja pysäköintialueisiin (5.1.6) lukeutuivat kaksi tekonurmikenttää, golf-kenttä, Hattula Golf ja Kolkkiksen kentän parkkialueet sekä Kämmejän puiston sorakenttä. Ylivuoto- ja hulevesiputkien teemassa (luku 5.1.7) asuinalueen hulevesiverkostojen purkupisteitä oli kuusi kappaletta ja viemäriverkostojen ylivuotoputkia viisi kappaletta. Yritykset-teemasta (luku 5.1.8) löytyvät myös moottoriajoneuvojen huoltoon ja korjaukseen erikoistuneet yritykset.

Osalla kohteista, esimerkiksi maa-aineksen käsittely -teeman (luku 5.1.5) maankaatopaikalla ja kahdella polttoaineen jakeluasemalla, on ympäristölupa. Ympäristöluvalliset kohteet on

ilmoitettu Hämeenlinnan kaupungin karttapalvelussa (Hämeenlinnan kaupungin karttapalvelu, 2023). Ympäristöluvallisilta kohteilta vaaditaan omat, toimialakohtaiset riskinarviot, joten ympäristöluvalliset kohteet jätettiin arvioimatta riskiluokittelussa. Jos kohteella on ympäristölupa, se on saanut tässä selvityksessä riskiluokituksen 4.

Kaikki Myllyojan valuma-alueella sijaitsevat pistemäiset hulevesiriskikohteet on esitetty kuvassa 8. Hygieenistä riskiä aiheuttavat kohteet on kartassa merkitty ympyrällä, rehevöitymistä aiheuttavat kohteet neliöllä ja pilaantumista aiheuttavat kohteet kolmiolla. Kuvioiden värit kuvastavat riskin suuruutta. Ympäristölupakohteet on merkitty harmaalla, koska niiden aiheuttaman riskin suuruutta ei ole erikseen arvioitu.

Kuva 8 Pistemäiset hulevesiriskikohteet Myllyojan valuma-alueella. (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.)



5.1.1 Eläinsuojat

Eläinsuojia tarkasteltaessa kiinnitimme huomiota eläinsuojien kokoon sekä eläinten määrään alueella. Nämä tekijät vaikuttivat merkittävästi riskiluokituksen arvosanaan. Eläinsuojista Pajulan Pollet, Tiirinkosken tehdas sekä Kissankulman eläintila olivat kokonsa puolesta merkittävästi pienempiä kuin Hirvilammen luomu, ja eläinten määrä oli myös sen mukainen. Alueen eläinsuojat on esitetty kartalla kuvassa 9.

Hirvilammen luomulla vierailtuamme voimme todeta, että laidunmaat ovat suuret ja niiden lisäksi viljeltyt nurmipellot ovat pinta-alaltaan suuria. Hirvilammen Luomun Susanna Valtosen mukaan (Henkilökohtainen tiedonanto, 8.9.2023) lohkolle on ongelmia kuivatuksen kanssa. Tämä aiheuttaa nurmipellon tulvimista ja vetisyyttä, mikä lisää huuhtoutumisriskiä. Valtonen kertoi myös vierailulla peltojen tulvivien säännöllisesti. Tulviminen johtuu lähelle rakennetun asuinalueen myötä kasvaneista hulevesimääristä, joita vanhemmat ojat eivät tällaisenaan pysty hallitsemaan. Näin ollen ravinteita päätyy tulvavesien mukana vesistöön. Suuren lehmämäärän ja peltoalan vuoksi päädyimme luokittelemaan tämän suuren riskin alueeksi eli riskiluokituksella 1. Lisäksi tilan peltojen takaa löytyy hakkuualue, joka tulee ottaa luokittelussa huomioon.

Kissankulman sekä Pajulan Pollet - Eläinsuojilla oli pienimuotoista hevostallitoimintaa, jolloin pohdimme arvioinnissa mahdollisen ratsastus kentän suolauksen vaikutuksia, tarhoista ja laitumilta pääsevien ravinteiden valumariskiä, sekä laidunmaiden kokoa. Ilman haastattelua on kuitenkin vaikea tietää tallien siivouskäytännöistä tai muista ravinteiden valumaan vaikuttavista tekijöistä. Lannankäsittely ja huoltotoimet vaikuttavat merkittävästi huuhtoutuvien ravinteiden määrään.

Tiirinkosken tehtaan alueella näytti olevan pienimuotoista tehdastoimintaa villatuotteiden valmistuksessa sekä tähän liittyen tehtaanmyymälä. Pelto ei kartoja tai ilmakuvia tarkasteltaessa näyttänyt viljeltyä ja alue on ilmoitettu LUMO-alueeksi. Kyseessä on pieneläintila, joten emme kokeneet kohdetta riskiluokituksestaan kovinkaan suureksi näistä syistä.

Kuva 9 Eläinsuojat-kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella. (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.)



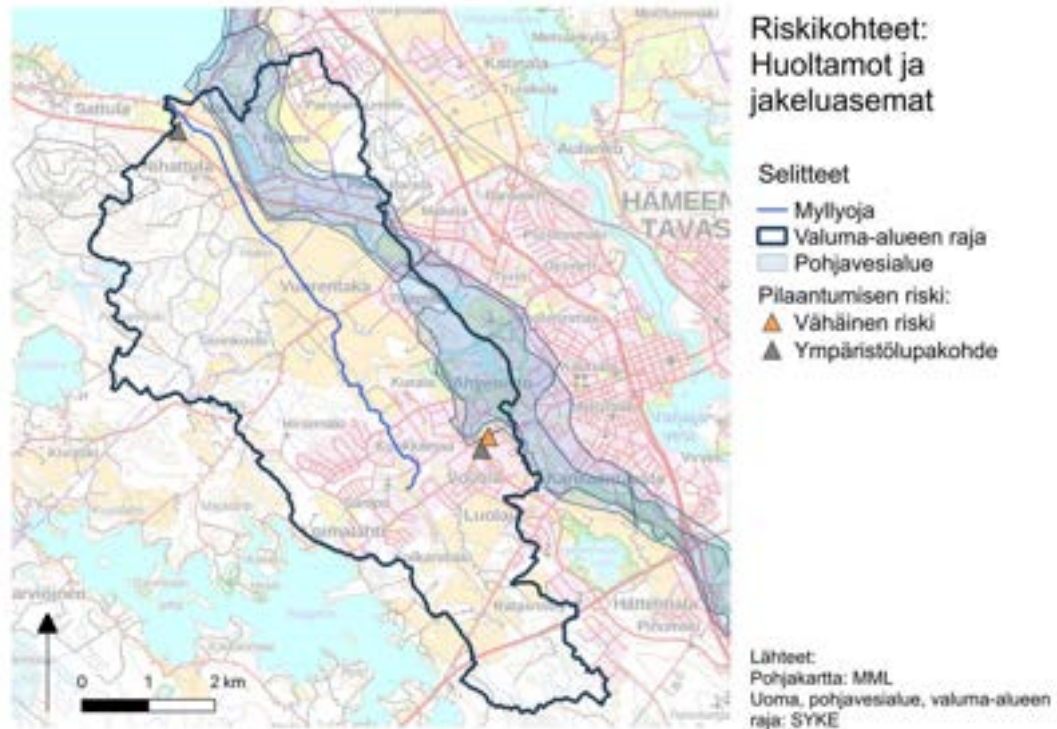
5.1.2 Huoltamot ja jakeluasemat

Alueella sijaitsee kolme jakeluasemaa (ABC S-market Jukola, Neste Express Jukola ja SEO Hattula). Kohteet on esitetty kartalla kuvassa 10. Kahdella näistä asemista on ympäristölupa, minkä takia kohteet ovat pieniriskisiä ja niitä ei myöskään sen takia arvioitu. Ympäristölupa itsessään velvoittaa ottamaan toiminnassa huomioon mahdolliset erilaiset riskit, mitä ympäristölle voi aiheutua. Kolmannelta kohteelta (ABC S-market Jukola) ei löytynyt ympäristölupaa ainakaan vielä, mutta jakeluaseman toiminta on pitänyt rekisteröidä.

Kaikkia jakeluasemia velvoittaa valtioneuvoston asetus nestemäisten polttoaineiden jakeluasemien ympäristönsuojeluvaatimuksista (314/2020), jossa määritellään selkeästi ympäristön suojeluun liittyvät asiat. Samasta asetuksesta löytyvät rakenteelliset ohjeistukset jakeluasemien hulevesien ja muiden nestepäästöjen huolehtimiseksi. Aseman öljyiset nestepäästöt ohjataan alueella sijaitsevaan öljynerottimeen ja hulevedet ohjataan viemärintijärjestelmään. Samalla on varmistettu, etteivät hulevedet pääse öljynerottimeen.

Arvioitaessa kyseisen kohteen riskin suuruutta otettiin huomioon mahdolliset vuoto- ja päästöriskit, miten alueella hoidetaan poikkeustilanteet, minkälainen rakennelma on kyseessä ja sijaitseeko jakeluasema pohjavesialueella. Nämä huomioon ottaen arvioinnissa päädyttiin matalaan riskiluokkaan.

Kuva 10 Huoltamot ja jakeluasemat -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella. (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.)

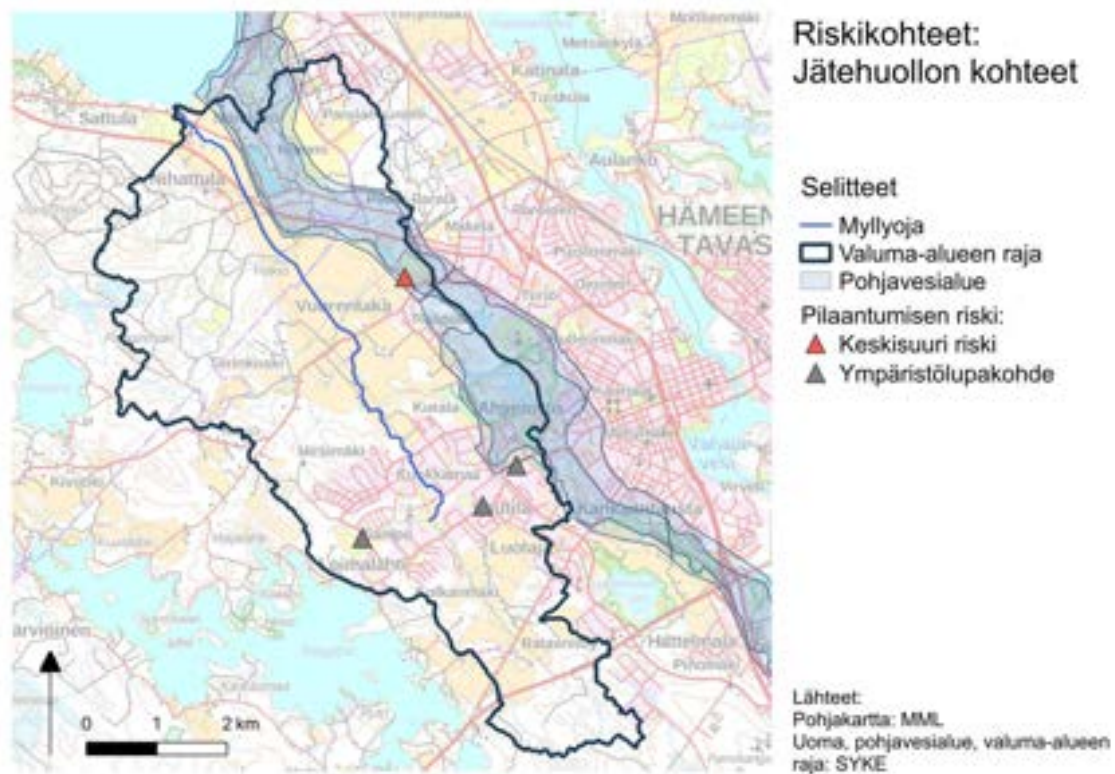


5.1.3 Jätehuollon kohteet

Jätehuollon kohteisiin valittiin alueella sijaitsevat kolme Rinki-aluekeräyspistettä sekä jo toimintansa lopettanut Vuorentaan vanha kyläkaatopaikka. Jätehuollon kohteet kartalla näkyvät kuvassa 11. Rinki-aluekeräyspisteissä kerättäviä jätelajeja ovat kartonkipakkaukset, lasipakkaukset, metalli, muovipakkaukset, paperi ja vaatteet (Suomen pakkauskierrätys Rinki Oy, n.d.). Riskinarviota aluekeräyspisteille ei laadittu, sillä kohteilla on ympäristölupa. Kuitenkin keräyspisteiltä mahdollisesti hulevesiin joutuvia haitta-aineita arvioitiin olevan kerättäviä jätelajeita mukaillen roskat, mikromuovit, muut metallit sekä kemikaalit, ja kohteiden riskityyppi on siten pilaantuminen. Haitta-aineiden joutumista keräyspisteiltä hulevesiin voidaan olettaa vähentävän keräyspisteiden ja niiden ympäristön siisteyden ylläpito sekä riittävä keräysastioiden tyhjennysväli.

Vaikka Vuorentaan kyläkaatopaikka ei ole enää toiminnassa, valittiin se mukaan riskikohteeksi, sillä toiminnasta poistetut vanhat kaatopaikat voivat edelleen aiheuttaa kuormitusta alueen hulevesille. Toiminnassa ollessaan kaatopaikalla on ollut ympäristölupa. Toiminnan päätyttyä ympäristölupa on rauennut, mutta entisellä toimijalla voi kuitenkin olla yhä joitakin, esimerkiksi maisemointiin liittyviä, vastuita. Hämeenlinnan kaupunki on tehnyt alueella pohjavesien tarkkailua (Mattila, 2020; Ritari, 2023). Alueella on mitattu korkeita pitoisuuksia raskasmetallien, raudan ja mangaanin osalta. Ajoittain osa mitatuista pitoisuuksista on ylittänyt pohjaveden ympäristölaatunormit ja talousveden laatuvaatimukset. Vedestä on löydetty myös orgaanisia halogeeniyhdisteitä, öljyhiilivetyjä sekä ulosteperäisiä bakteereja. Vuonna 2020 pohjavesissä ei todettu selviä kaatopaikasta johtuvia vaikutuksia kaatopaikkaan viittaavaa orgaanisten halogeeniyhdisteiden esiintymistä lukuun ottamatta. Selvityksissä alueen veden on todettu olevan hygieenisesti puhdasta ja pohjaveden laadun pohjavesiputkissa olevan pääosin hyvä. Vuorentaan entiselle kaatopaikalle tehtiin tämän projektin myötä maastokäynti, jossa havaittiin yhden ojanreunuksen sortuneen, ja sortuman alta paljastuneen jätettä. Jätteen pääsyä hulevesiin kuitenkin rajoittaa sortuman ympärillä olevan vettä sitovan maan ja kasvillisuuden runsas määrä. Pohjavesien tarkkailun tulosten sekä maastokäynnin havaintojen perusteella kohteelle annettiin riskiluokittelussa luokka 2 (keskisuuri riski).

Kuva 11 Jätehuollon kohteet -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.).



5.1.4 Maa- ja metsätalous

Tiedossa olevat eläintilat on käsitelty erikseen luvussa 5.1.1. ja eläintiloja ei otettu enää erikseen huomioon tämän luvun kohteiden riskiluokittelussa. Kuten jo luvussa 5 on esitelty, maatalousalueet jaettiin kahdeksaan osaan osavaluma-alueiden perusteella. Maaperä maatalousalueilla on pääosin hiesua ja hienoa hietaa, joiden seassa on mukana myös muita hienoja maalajeja, sekä moreenia ja saraturvemaita. Maastokäyntien perusteella kaikilla alueilla oli viljelyssä viljoja ja nurmea. Alueilla 1–3 oli viljelyssä sokerijuurikasta, jonka pinta-ala kattoi karkean arvion mukaan noin 10 % kyseisistä viljelyalueista. Muutamia peltolohkoja oli kesantoina tai niittynä. Lohkoilla näkyi olevan myös suojakaistat. Maa- ja metsätalouden kohteet on esitetty kartalla kuvassa 12.

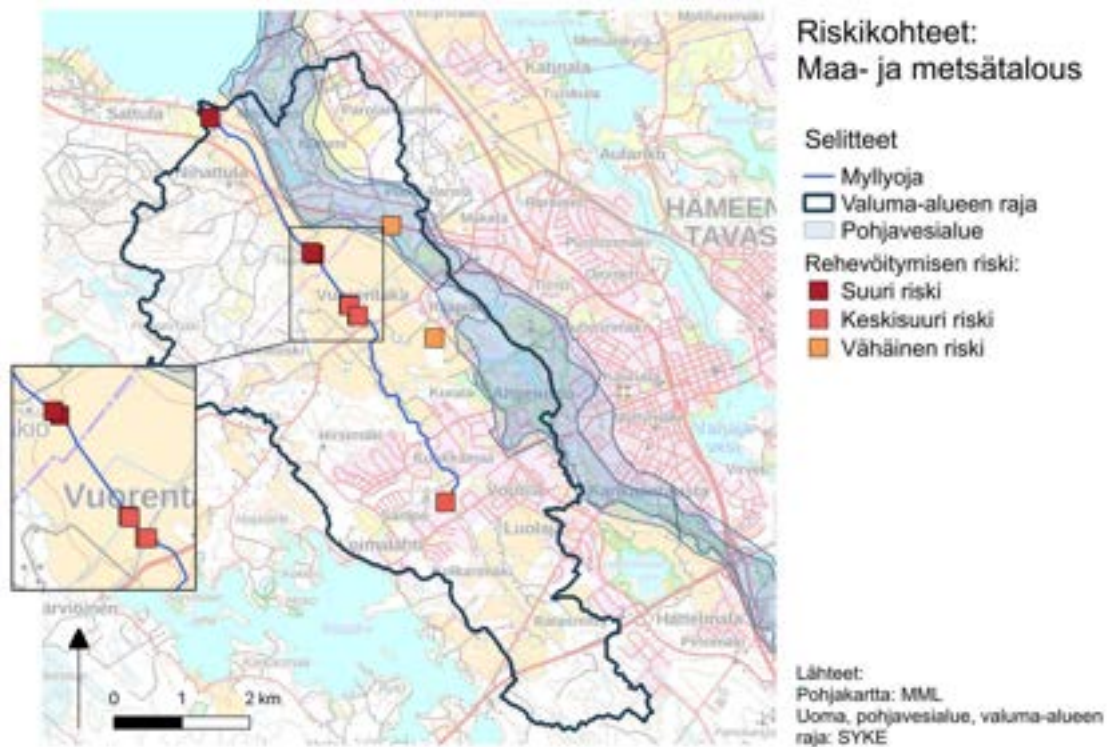
Nykypäiväinen maanviljely tuottaa Suomessa merkittävää kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutumista. Hienot maalajit huuhtoutuvat karkeita herkemmin, joten viljelyllä arvioitiin tässä riskiarvioinnissa olevan jo lähtökohtaisesti keskisuuri huuhtoutumisriski. Viljapeltojen osalta huuhtoutumista voi tapahtua melko usein normaalien sateiden takia, mikäli maanpinta ei ole jatkuvasti kasvipeitteinen. Lisäksi ilmastomuutoksen myötä voimistuvat ja yleistyvät

rankkasateet voivat tulevaisuudessa lisätä huuhtoutumista aiheuttaen vakavampia seurauksia huuhtoumämäärien kasvaessa ja sadetapahtumien yleistyessä. Ympärivuotisella kasvipeitteisyydellä huuhtoumariskiä pienennetään kevätvaluntojen ja syyssateiden aikana, jota suurella osaa viljalohkoista oli nähtävissä. Tällöin riskin arvioitiin jäävän luokkaan 2, keskiuuri. Viljelyalueilla 1–3, joilla viljeltiin sokerijuurikasta, maa jätetään mustalle mullalle sokerijuurikkaan noston jälkeen, jotta viljely onnistuu seuraavana vuonna. Kasvipeitteettömyyden arvioitiin nostavan riskiä, jolloin huuhtoutumisriksi nousi luokkaan 1 (suuri riski).

Kahden riskinarvointiin sisällytetyn avohakkuualueen, Hirvilammen ja Ässälän, hakkuissa kantoja ei ollut nostettu tai maata muutoinkaan muokattu. Molemmat hakkuut olivat pinta-aloiltaan varsin pieniä, noin yhden hehtaarin laajuisia. Avohakkuulla on vaikutusta valumavesien lisääntymiseen puuston vettä sitovan ja haihduttavan vaikutuksen poistuessa. Maan muokkaus ja kantojen poisto hakkuiden jälkeen lisäävät entisestään riskiä kiintoaineksen ja ravinteiden huuhtoutumiselle. Myös maaston muodot ja mahdollisten suojavyöhykkeiden leveys vaikuttavat huuhtoutumisriskiin. Hirvilammen avohakkuualue sijaitsi peltoalueiden takana ja aivan 130-tien vieressä. Vedet näyttivät maastonmuotojen mukaan valuvan läheiseen Hirvilampeen, josta ei kartan mukaan ole uomaa Myllyjoaan. Pienialaisuuden ja maanpinnan rikkoontumattomuuden katsottiin vähentävän huuhtoutumariskiä, joskin tienpientareelle kerääntyvä tieverkoston hulevesi voi tien hulevesiratkaisuista riippuen lisätä laadullista kuormitusta Hirvilampeen. Vaikutus Myllyjoaan jää kuitenkin todennäköisesti vähäiseksi, 3. Ässälän hakkuualue oli kooltaan hieman suurempi ja rajautui pellonreunaan. Maasto vietti kohti peltoa, jonne vesi valuu hakkuualueelta. Maan muokkaamattomuus kuitenkin vähensi riskiä huomattavasti ja pienen hakkuualueen takia tässäkin kohteessa riskin arvioitiin jäävän vähäiseksi, 3. Mikäli hakkuualueet olisivat olleet merkittävästi suurempia tai maata muokattu, olisi arvioinnissa päädytty keskiuureen riskiluokkaan 2.

Riskinarvioinnissa huomioitiin, että maa- ja metsätaloudesta tulee todennäköisesti aina jonkinasteista, väistämätöntä huuhtoutumaa, joka kuuluu myös ekologiseen kiertoon. Kuitenkin tehokkaimmiksi tutkittujen huuhtoumariskiä vähentävien toimien ja käytäntöjen hyödyntäminen voi pienentää riskiä siten, että riskiluokituksessa päästään vähäiseen riskin tasoon.

Kuva 12 Maa- ja metsätalous -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella. Vuorentaan kohdalla useita päällekkäisiä purkupisteitä. (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.)



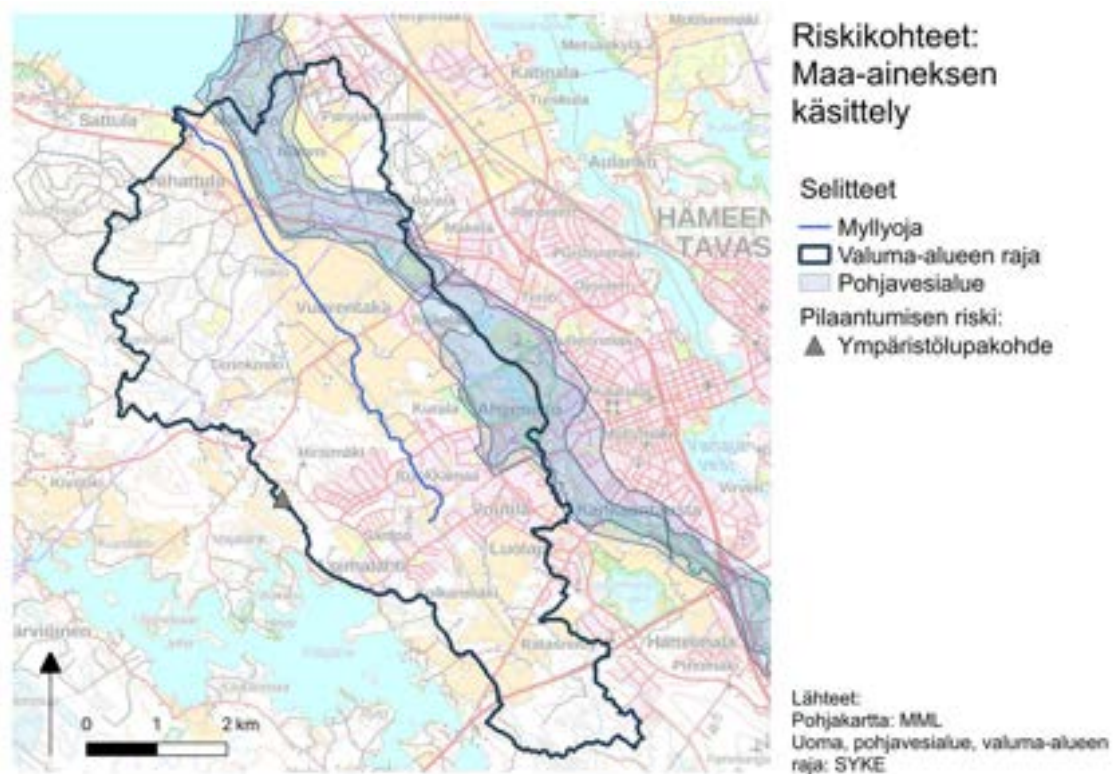
5.1.5 Maa-aineksen käsittely

Maa-aineksen käsittelyyn liittyviä kohteita löytyi valuma-alueelta yksi (kuva 13). Kuuslahden vanha maankaatopaikka on kapasiteetin täyttymisen vuoksi vuonna 2019 käytöstä poistettu maankaatopaikka (Hämeenlinna, 2023). Kohde ei sijaitse pohjavesialueella. Ilmakuvien perusteella voidaan arvela, että vanhan maankaatopaikan välittömässä läheisyydessä saattaa olla myös maa-aineksen välivarastointiin käytetty alue, mutta koska tästä ei löytynyt mitään virallista merkintää, kohde on jätetty pois listauksesta. Kuuslahden vanhan maankaatopaikan riskiluokkaa ei arvioitu, sillä maankaatopaikka kuuluu ympäristöluvalliisiin kohteisiin. Maankaatopaikoissa vaarana on ympäristön pilaantuminen, joten maankaatopaikan pitäminen vaatii ympäristönsuojelulain mukaan ympäristöluvan. Maankaatopaikan toiminta on loppunut vuonna 2019, mutta ympäristölain mukaan toimintaa harjoittanut vastaa edelleen tarvittavista toimista pilaantumisen ehkäisemiseksi sekä toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta (527/2014 27§, §87). Maankaatopaikan ympäristöluvassa on voitu säätää myös yksilöllisiä velvoitteita esimerkiksi maisemointiin liittyen. Hämeenlinnan ympäristötarkastaja Petra Korkiakosken mukaan (henkilökohtainen

tiedonanto, 11.10.2023) Kuuslahden maankaatopaikalle on parhaillaan vireillä uusi ympäristölupa.

Jos maankaatopaikalle tuotavan maa-aineksen sisältämät haitta-ainepitoisuudet eivät aiheuta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa, ei maankaatopaikkaan sovelleta kaatopaikka-asetusta. Pilaantumattomia maa-aineksia läjitettäessä aineksen haitta-ainepitoisuudet alittavat arvot, joista on säädetty valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007). Maankaatopaikalle tuoduista aineksista voi kuitenkin aiheutua haittaa maaperälle tai vesistöille. Maa-aines voi esimerkiksi sisältää pilaantuneita maita, tai irtonaista maa-ainesta voi kulkeutua hulevesien avulla vesistöihin. Nämä otettiin riskityypittelyssä huomioon ja maankaatopaikan hulevesiriskeiksi arvioitiin pilaantuminen ja rehevöityminen.

Kuva 13 Maa-ainesten käsittely -kategorian hulevesirisikohteiden sijainti Myllyjoen valuma-alueella (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.).



5.1.6 Päälystetyt kentät ja pysäköintialueet

Päälystetyt kentät ja pysäköintialueet -teeman riskinarvioinnissa kiinnitettiin huomiota alueiden kokoon, pinnoitteisiin ja niiden läpäisevyyteen, alueiden maastonmuotoihin ja

kaltevuuksiin sekä alueiden käyttöön ja toimintaan. Hulevesien muodostumista ja mahdollisten haitta-aineiden joutumista hulevesiin arvioitiin edellä mainittujen seikkojen pohjalta. Kohdekohtaisia maastokäyntejä toteutettiin tämän teeman kohteisiin yksi, Jukolan koululle. Maastokäyntien vähäisyyden vuoksi ja koska toteutuneella maastokäynnillä ei voitu tarkastella yksityiskohtaisia asioita, kuten kaivorakenteita, ei riskinarvioinnissa ole voitu huomioida näitä seikkoja. Teemaan valittiin alueella sijaitsevat tekonurmikentät (Jukolan koulu ja Nummen yhtenäiskoulu); yksi tyypillinen asfaltoitu pysäköintialue (Jyrätien liikuntahallit), jonka riskinarvioinnista saadaan viitteitä myös alueen muiden pinnoitettujen pysäköintialueiden hulevesiriskistä; kaksi tyypillistä päällystämätöntä kenttää (Kämmekän puiston sorakenttä ja Kolkkiuksen kentän hiekkaparkki), joiden riskinarvioinnista saadaan viitteitä alueen muiden läpäisevien kenttien hulevesiriskistä; yksi moninaisten toimintojen alue (Hattula Golfen myymälän alue), jonka riskinarvioinnissa erilaisten pinnoitteiden ja toimintojen aiheuttama riski kumuloituu; sekä golfkentän alue, jonka riskiä ei arvioitu sen ollessa ympäristöluvallinen kohde, mutta joka hulevesikohteena on kuitenkin huomionarvoinen.

Pintojen läpäisevyys vähentää hulevesiriskiä ja kovat pinnoitteet lisäävät sitä.

Kasvipeitteisyys vähentää hulevesiriskiä, myös suojavyöhykkeet ja alueita välittömästi ympäröivä kasvillisuus voivat vähentää riskiä. Maastonmuotojen osalta alueiden tasaisuus vähensi arvioitua riskiä, koska tällöin hulevesien liikkeet pinnoilla ovat vähäisempiä ja haitta-aineiden huuhtoutuminen siten vähäisempää. (Suomen Kuntaliitto, 2012, s.19.) Alueiden pieni koko luonnollisesti vähensi riskiä. Tasaisten sorakenttien riskiä on lähtökohtaisesti arvioitu suhteellisen pieneksi ja tasaisten asfalttikenttien riskiä keskisuureksi. Alueiden riskiä saattoi nostaa alueen moninaiset toiminnot, esimerkiksi Hattula Golfen myymälän parkkialueen läheisyydessä on myös golfkentän harjoitusalue ja padel-kenttiä, lisäksi piha-alueella on varastoituna vanhoja kumirouhemattoja säälle alttiina. Riskin katsottiin kumuloituvan kohteessa suureksi.

Tekonurmikenttien riskinarvioinnissa suurinta riskiä katsottiin aiheuttavan tekonurmen kumirouhe, joka on mikromuovin lähde. Kumirouhetta oletettavasti kulkeutuu koulujen pihalla olevilta kentiltä myös pihan muihin osiin kenkien mukana ja esimerkiksi asfalttipinnoilta rouhe huuhtoutuu helposti hulevesikaivoihin. Rouhetta kulkeutuu oletettavasti myös sulamisvesien mukana tekonurmikenttien kaivorakenteiden ohi ja ylivuotoina vesistöihin. Ojiin tai hulevesiputkiin päästyään kumirouhe kulkeutuu nopeasti ja hallitsemattomasti vesistöihin. Tutkimusten mukaan kumirouhetta poistuu tekonurmikentiltä suuria määriä sen käytön ja huollon seurauksena. (Setälä ym., 2022, ss. 46–47.) Mikromuovien haittavaikutukset ovat moninaisia, ne kertyvät ravintoverkossa, hajoavat hitaasti ja sitovat itseensä muita haitallisia

aineita kuten raskasmetalleja. (Valtanen ym., 2023, s. 38.) Tekonurmikenttien riskinarvioinnissa on näihin tietoihin nojaten lähtökohtaisesti arvioitu hulevesien laadullista riskiä korkeaksi.

Teemaan lukeutui yksi ympäristöluvallinen kohde, golfkenttä, jonka riskiä ei ole siksi arvioitu. Golfkentän osalta on kuitenkin huomionarvoista, että se sijaitsee aivan Lehijärven läheisyydessä ja Myllyoja kulkee golfkentän läpi juuri ennen laskuaan Lehijärveen. Golfkentän mahdolliset hulevesien mukana huuhtoutuvat haitta-aineet muodostavat siksi erityisen riskin Lehijärvelle.

Päälystettyjen kenttien ja pysäköintialueiden kohdalla mahdollisia haitta-aineita katsottiin olevan kiintoaines esimerkiksi sorapintaisilta kentiltä ja nurmikoilta, mikromuovit tekonurmikentiltä ja autonrenkaista, roskat, kemikaalit esimerkiksi torjunta-aineista, ravinteet muun muassa nurmien lannoitteista ja metallit esimerkiksi parkkialueilta. Riskinarvioinnissa on tarkasteltu arvioitua merkittävintä haitta-ainetta sekä useiden haitta-aineiden kumuloituvaa riskiä. Kaikki teeman kohteet on esitetty kartalla kuvassa 14.

Kuva 14 Päälystetyt kentät ja pysäköintialueet -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.).

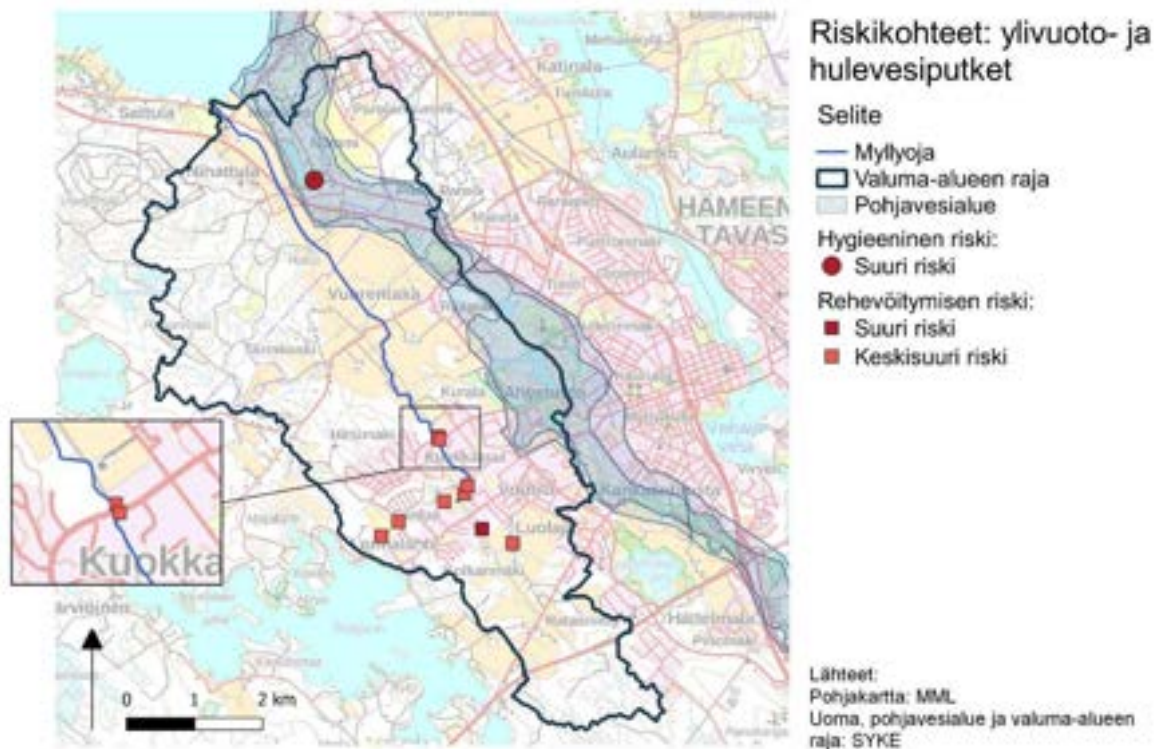


5.1.7 Ylivuoto- ja hulevesiputket

Ylivuoto- ja hulevesiteeman alle kerättiin yhteensä yksitoista kohdetta, jotka on esitetty kartalla kuvassa 16. Näistä pistemäisistä riskikohteista viisi on jätevesien ylivuotoputkia ja kuusi hulevesien purkupisteitä. Kohteista käytetään jatkossa nimitystä ”ylivuotoputki x tai ”purkuputki x”. Kohteiden tarkemmat tiedot löytyvät liitteistä (Liite1; Liite 2). Kohteet on esitetty kartalla alla olevassa kuvassa (kuva 15). Kohteiden sijainnit määritettiin Myllyojan aluekuivatusjärjestelmän, Hämeenlinnan hulevesitulvariskiärvion ja uomien valuma-alueiden avulla (HS-Vesi, 2023; Hämeenlinnan kaupunki, 2018; SYKE, 2021b). Projektin aikana toteutettiin kaksi maastokäyntiä, joiden aikana käytiin tarkastelemassa teeman kohteita. Kahta kohdetta ei onnistuttu maastotarkastelussa paikantamaan maaston kosteuden (purkupiste 5) tai runsaan kasvillisuuden (purkupiste 1) vuoksi, ja yhden kohteen (purkupiste 3) sijaintia tarkennettiin maastokäyntien jälkeen, eikä kohteesta näin ollen ole maastotarkastelun tuloksia. Purkupiste 1 osoittautui maastotarkastelussa kiinnostavaksi kohteeksi, sillä aluekuivatusjärjestelmään on merkitty lähekkäin kaksi hulevesien purkuputkea (Liite 2). Näistä putkista eteläisempää ei maastossa pystytty paikantamaan, sillä paikalla kasvoi runsasta pajukkoa, sekä muuta kasvillisuutta. Pohjoisempi, lähellä

Hirsimäenkatua oleva putki ulottuu maastotarkastelun perusteella lähemmäs Myllyjoaa kuin aineistossa. Projektissa kohteeksi merkittiin maastotarkastelussa havaittu purkupiste.

Kuva 15 Ylivuoto- ja hulevesiputket -kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyjoan valuma-alueella (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.).



Ylivuoto- ja hulevesiputkien riskiluokitukseen vaikuttivat kohteen sijainti suhteessa vesistöihin ja ojiin, ympäröivän alueen käyttötapa, hulevesi- ja jätevesien ylivuotoputkien keskinäinen läheisyys ja ympäröivän alueen nykyinen tila (kosteus, kasvillisuus, käyttömahdollisuudet). Kaikki muut teeman kohteet yhtä lukuun ottamatta (ylivuotoputki 5) arvioitiin riskiluokkaan 2, keski-suuri. Ylivuotoputki 5 arvioitiin riskiluokkaan 1, suuri riski, sillä putki sijaitsee Armijärven rannassa siten, että sen välittömässä läheisyydessä on laituri ja rannan virkistyskäyttö on ilmeistä (Liite 2). Lisäksi kyseinen putken kohta maastossa on niin runsaasti nurmettunut, että suojaluokku ei sulkeudu täysin (Liite 2) Kun kyseessä on jätevesien ylivuotoputki, aiheutuu mahdollisista ylivuodoista muiden haittojen lisäksi hygieeninen riski.

Ylivuotoputki 3 kiinnitti myös huomiota maastotarkastelussa, sillä sen yhteyteen on lisätty pienimuotoinen laskeutus- tai viivytysallas ennen kuin ylivuoto pääsee laskemaan läheiseen ojaan (Liite 2). Kyseisen kohteen riskiluokitusta arvioitaessa pohdittiin altaan positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia. Positiivisia vaikutuksia ovat jäteveden laskeuttaminen ja

hidastaminen, sekä jonkin asteinen ravinteiden imeytyminen maastoon ennen vesistöön pääsyä. Negatiivisia vaikutuksia ovat altaaseen kertyvä jätevesiliete, etenkin sen aiheuttama hygieeninen riski, paikalle kertyvät ravinteet, sekä esteettiset ja hajuhaitat. Myös ylivuotoputken sijainti virkistysalueella ja lapsille houkuttelevien leikkipaikkojen (puromainen oja ja kevyen liikenteen silta) läheisyys vaikuttivat riskiluokitukseen. Kyseisen kohteen ylivuotojen määrää ei ole voitu projektin aikana selvittää. Kohde päädyttiin laittamaan riskiluokkaan 2, mutta mikäli ylivuotoja kyseisellä paikalla tapahtuu usein, tulisi riskiluokitusta harkita uudelleen.

Ylivuotoputki 4 sijaitsee ojan penkassa lähellä maastotarkastelun aikaista vedenpintaa ja putken vieressä on hulevesiputki (ei mukana tarkasteltavissa kohteissa) (Liite 2). Mikäli kyseisen Myllyojan vedenpinta nousee, mikä on odotettavissa ainakin keväisin ja syksyisin runsaiden sateiden ja sulamisvesien aikaan, on olemassa riski, että ojassa virtaava vesi pääsee hulevesi- ja ylivuotoputkiin. On myös mahdollista, että ylivuotoputkeen pääsee hulevesiä (HS-Vesi, 2022). Hulevesien purkupiste 4 sijaitsee useiden ojien yhtymäkohdassa ja näin ollen on oletettavaa, että kyseiseen kohtaan kertyy paljon hulevesiä. Maastotarkastelussa havaittiin kohteen ojissa olevan runsaasti kasvillisuutta, sekä laudoista rakennettu siltamainen rakennelma (Liite 2). Runsaan hulevesikuorman aikana virkistyskäyttö alueella todennäköisesti hankaloituu, ja maalle nousevan veden mukana huuhtoutuu vesistöihin ravinteita ja kiintoainesta.

Tämän projektin aikarajan puitteissa teeman kohteiden tarkempi tarkastelu ei ollut mahdollista. Koska jätevesien ylivuotoja tapahtuu usein juuri runsaiden sateiden ja keväisten sulamisvesien aiheuttaman hulevesikuorman aikaan, olisi tärkeää tarkastella kunkin kohteen valuma-aluetta tarkemmin (HS-Vesi, 2022). Aluekuivatusjärjestelmän ja osavaluma-alueiden mukaisen tarkastelun myötä voitaisiin selvittää miten paljon ja minkä laatuista hulevettä kuhunkin hulevesien purkupisteeseen tulee ja toteuttaa mahdolliset muutokset tähän tietoon perustuen. Myös jätevesien ylivuotoputkien sijainteja tulisi tarkastella uudelleen ja varmistaa, ettei putkien kautta pääse virtaamaan hulevesiä jätevesikaivoihin. Aiemmin tässä luvussa mainittujen maastossa tehtyjen huomioiden lisäksi on syytä mainita, että purkupisteitä 1 ja 5 ympäröivä maasto oli maastokatselmuksessa erittäin kosteaa ja paikoin lammikkoista, mikä voi olla merkki aluekuivatusjärjestelmän toimimattomuudesta kyseisillä alueilla.

5.1.8 Yritykset

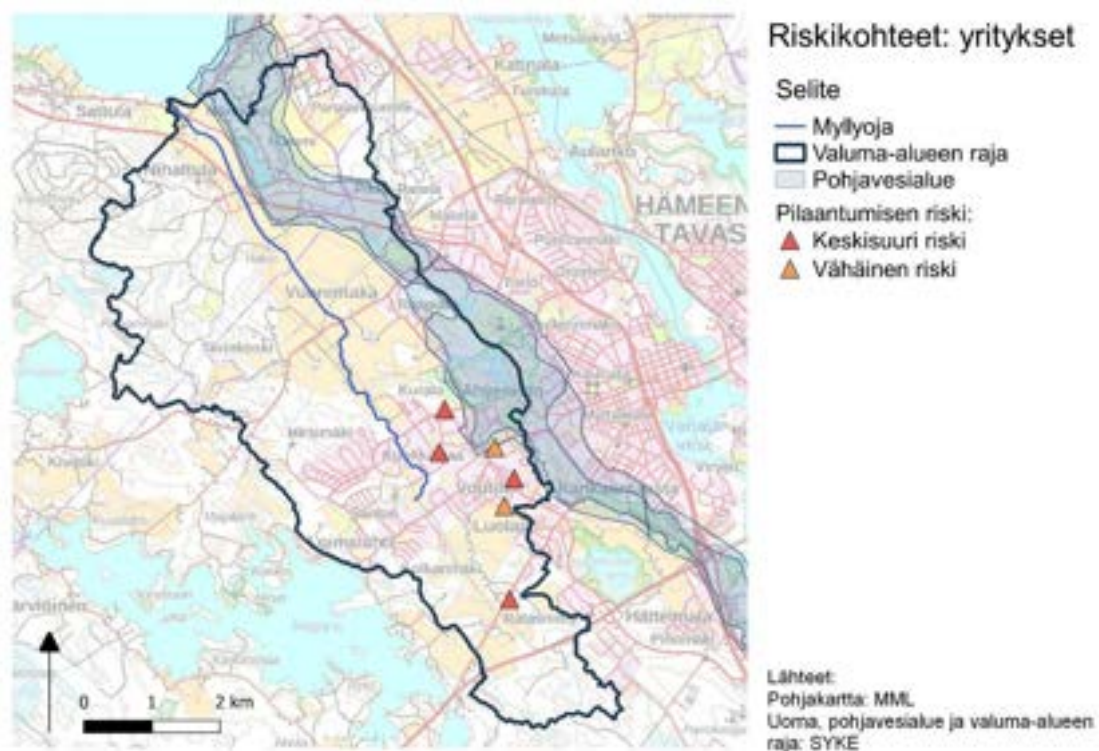
Yritys-teemaan valituista kohteista viisi kuudesta ovat autoalan yrityksiä. Yrityksistä neljän päätoimiala on Suomen Asiakastieto Oy:n rekisterin mukaan moottoriajoneuvojen huolto ja

korjaus yhden autoalan kohteista ollessa autopesula. Lisäksi listauksessa on yksi kiinteistönhoitoon erikoistunut yritys. Mahdollista hulevesiin kohdistuvaa riskiä aiheuttavat yritykset on esitetty kartalla kuvassa 16.

Autoalan yritysten riskinarvioinnissa otettiin huomioon toiminnassa syntyvät ympäristölle vaaralliset jätteet, kuten liuottimet, jäteöljyt sekä jarru- ja jäähdytinnesteet. Hämeenlinnan kaupungin ympäristönsuojelumääräykset (2011, § 11) velvoittavat käsittelemään ja varastoimaan vaarallisia jätteitä siten, etteivät ne normaalioloissa tai onnettomuustilanteissa pääse kulkeutumaan ympäristöön. Kemikaalit on myös säilytettävä määräysten mukaan lukitussa tilassa tai siten, etteivät väärät tahot saa niitä haltuunsa. Tässä projektissa ei yrityskohtaisesti selvitetty vaarallisten jätteiden säilytys- ja käsittelytapoja, joten tarkkaa riskiluokitusta kemikaalien kulkeutumisesta hulevesien mukana ei pystytty tekemään. Valittu riskiluokitus perustui olettamukseen, jossa yritykset toimivat ympäristönsuojelumääräysten mukaisesti.

Kiinteistönhoitoon erikoistuneen yrityksen valintaperusteena olivat silmämääräisesti sekä ilmakuvista tehdyt havainnot yrityksen pihapiirissä säilytettävistä oletetuista jätteistä maapohjalla. Projektin puitteissa ei pystytty todentamaan sitä, säilytetäänkö kiinteistöllä esimerkiksi rekisteristä poistettuja romuajoneuvoja. Riskiluokituksen perusteena oli rankkasateiden aikana mahdollisesti kulkeutuva kiintoaines, joka saattaa sisältää maaperään sitoutuneita haitta-aineita.

Kuva 16 Yritykset-kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.).



5.1.9 Muut

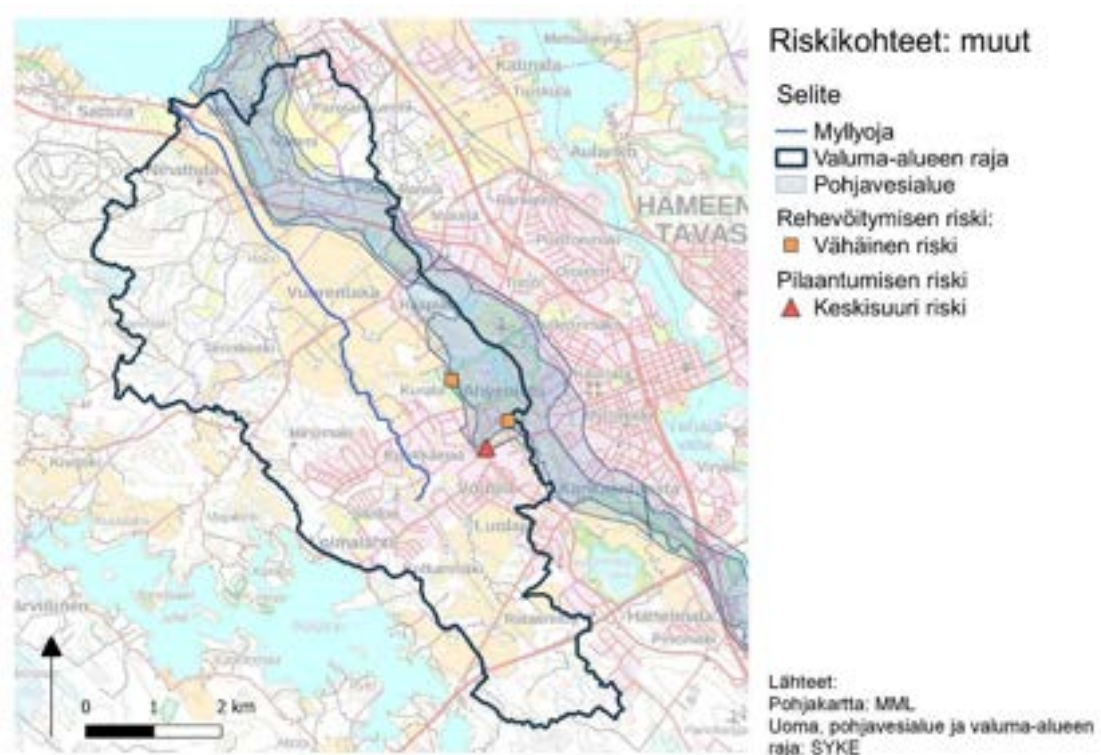
Myllyojan valuma-alueella on kaksi hautausmaata, joista toinen sijaitsee Vuorentaassa ja toinen Ahvenistossa. Hautausmaiden kohdalla kiintoaines ja ravinteet arvioitiin mahdollisiksi hulevesiin päätyviksi haitta-aineiksi. Kiintoainesta voi lähteä liikkeelle esimerkiksi hautausmailla tehtävien kaivuutöiden yhteydessä. Ravinnehuuhtoumien osalta mahdollinen hulevesiin kohdistuva riski muodostuu lähinnä muistolehdoista, joihin vainajien tuhkat sirotellaan. Ilmakuvien perusteella hautausmailla ei juurikaan ole päällystettyä pintaa, joten sade- ja sulamisvedet pääsevät lähtökohtaisesti imeytymään maaperään. Hautausmailta hulevesiin päätyvät ravinne- ja kiintoainemäärät ovat todennäköisesti suhteellisen pieniä, joten hautausmaiden aiheuttaman hulevesiriskin arvioitiin olevan vähäinen.

Ahveniston sairaalan rakennustyömaalta mahdollisten hulevesiin päätyvien haitta-aineiden arvioitiin olevan kiintoaines, kemikaalit, mikromuovit ja raskasmetallit. Kyseisten haitta-aineiden perusteella työmaan riskityypiksi määriteltiin pilaantuminen. Koska rakennustyömaa on kooltaan merkittävä, työmaaliikenne on oletettavasti vilkasta. Näin ollen ajoneuvoista ja työkoneista voi päätyä hulevesiin esimerkiksi erilaisia kemikaaleja sekä mikromuovia, jota voi

irrota erityisesti ajoneuvojen renkaista. Lisäksi työmaalta voi hulevesien mukana lähteä liikkeelle kiintoainesta, jonka määrä riippuu siitä, kuinka paljon maanmuokkaus- ja kaivuutöitä työmaalla tehdään. Liikkeelle lähtevän kiintoaineksen määrä vaikuttaa oleellisesti siihen, miten paljon työmaa vaikuttaa alueen vesistöjen tilaan, koska esimerkiksi kemikaalit ja raskasmetallit kulkeutuvat hulevesissä kiintoainekseen sitoutuneena (Vesi.fi, 2022).

Rakennustyömaa on kuitenkin väliaikainen hulevesien kuormittaja, sillä sairaalan rakentaminen on aloitettu vuonna 2021 ja se valmistuu arviolta vuonna 2025 (Ahveniston sairaala, n.d.). Vaikka hulevesiin kohdistuva kuormitus sairaalan rakennusvaiheessa on oletettavasti suhteellisen merkittävää, arvioitiin rakennustyömaan riski keskisuureksi kuormituksen väliaikaisuuden vuoksi. Rakennustyömaan ja hautausmaiden sijainnit, riskityypit ja riskien suuruudet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 17).

Kuva 17 Muut-kategorian hulevesiriskikohteiden sijainti Myllyojan valuma-alueella (MML, 2023a.; SYKE 2012, 2021a, 2022.).



5.2 Aluemaiset riskikohteet

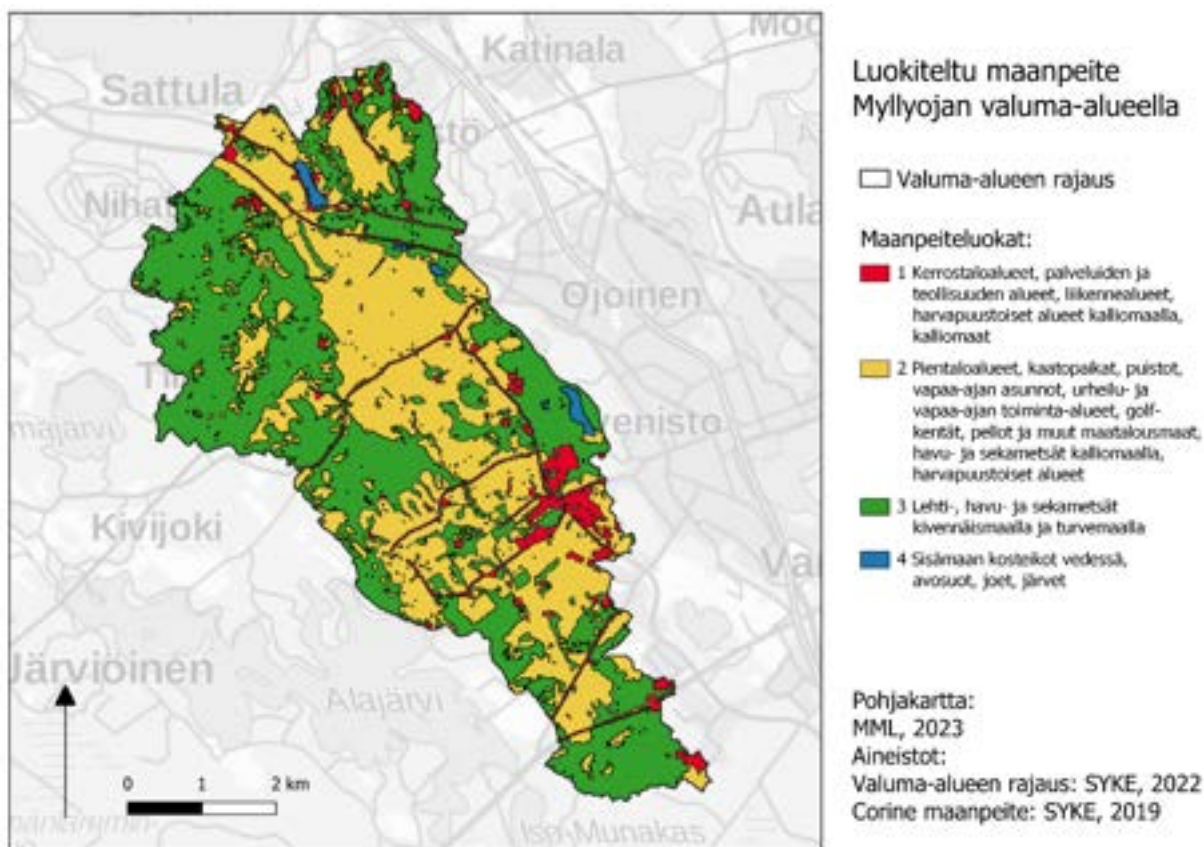
Paikkatietopohjaisen tutkimisen ja analyysin tuloksena syntyi kartta-aineistoja, jotka kuvaavat Myllyojan valuma-alueen alueellisia riskikohteita. Ympäristöolosuhteista, jotka vaikuttavat valumavesien kulkeutumiseen, valittiin merkittävimiksi maanpeite, maaperä ja maastonmuodot, ja näitä kolmea tausta-aineistoa käytettiin mallintamaan mahdollisia

riskialueita. Aineistojen kartat on esitetty luvuissa 5.2.1, 5.2.2 ja 5.2.3. Valuma-alueen riskiruudukko yhdistää edellä mainitut aineistot ja kuvaa niiden yhteisvaikutusta valuma-alueella. Riskiruudukko on esitetty luvussa 5.2.5. Hulevesiviemäriverkosto nähtiin yhtenä merkittävänä riskiä aiheuttavana tekijänä, ja sitä tarkastellaan omalla kartallaan luvussa 5.2.4.

5.2.1 Luokiteltu maanpeite valuma-alueella

Valuma-alueen maanpeite luokiteltiin maankäytön, kasvillisuuden ja maaperän mukaan neljään luokkaan. Luokittelu on kuvattu luvussa 4.2. Maanpeiteluokat on esitetty kartalla alla olevassa kuvassa (Kuva 18) ja liitteenä (Liite 3).

Kuva 18 Luokiteltu maanpeite Myllyojan valuma-alueella (MLL, 2023b; SYKE 2019, 2022). Valuma-alueen maanpeite on luokiteltu kartassa neljään luokkaan.



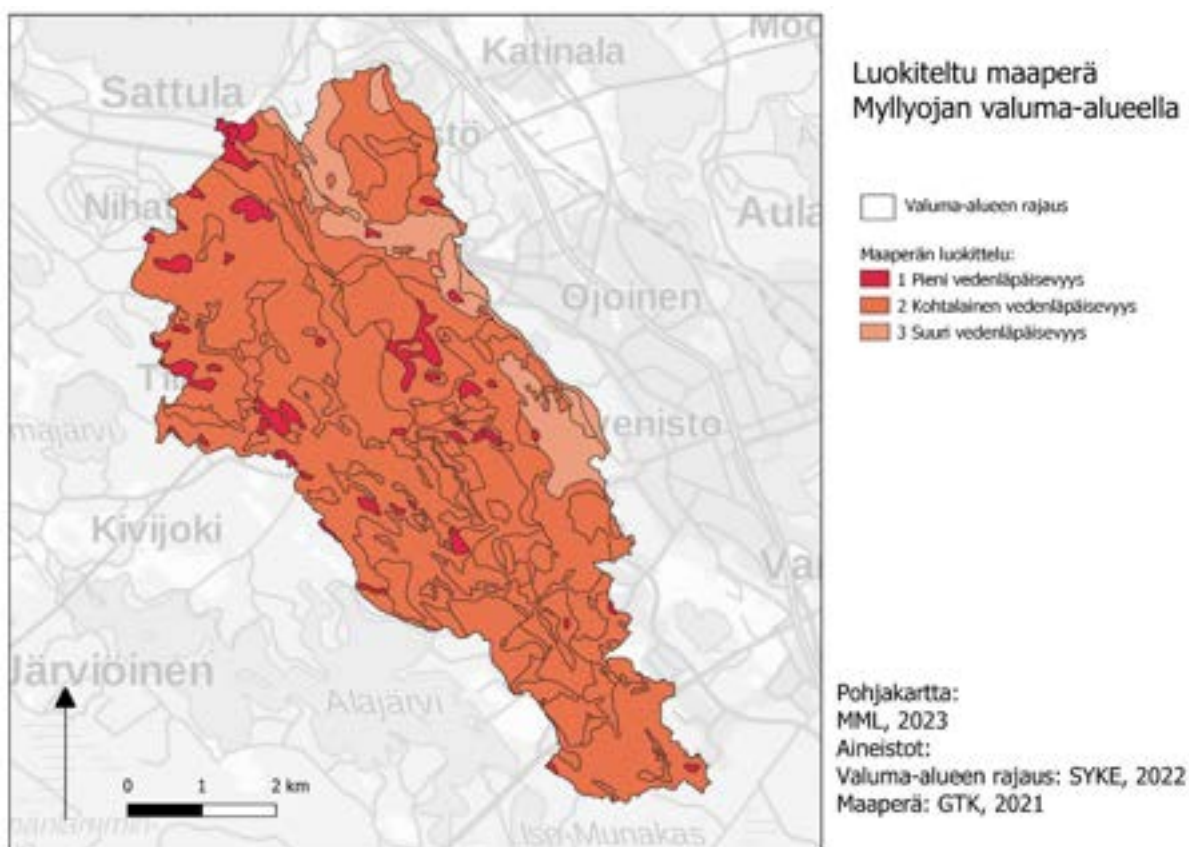
Karttaan (Kuva 18) punaisella värillä merkityt luokan 1 alueet ovat rakennettuja, päällystettyjä tai kalliopintaisia alueita, joilla on paljon vettä läpäisemätöntä pintaa ja vähän vettä pidättävää kasvillisuutta. Läpäisemätön pinta estää veden imeytymisen maaperään ja lisää pintavaluntaa. Luokan 1 alueet muodostavat suuren riskin hulevesien muodostumiselle ja

liikkeelle lähtemiselle. Näitä alueita on noin 6 % valuma-alueesta, ja suurin osa niistä sijoittuu valuma-alueen itäosan asuinalueille. Keltaisella värillä merkityillä luokan 2 vähäisen tai matalan kasvillisuuden alueilla osa vedestä pidättyy kasvillisuuteen, mikä vähentää ja hidastaa pintavaluntaa. Tosin pelloilla ja muilla maatalousmailla riski valumavesien muodostumiselle on suuri etenkin kasvukauden ulkopuolella, mikäli niiden pinta ei ole kasvipeitteinen. Luokan 2 alueet sijoittuvat lähes kokonaan Myllyojan varrelle, ja ne kattavat noin 45 % valuma-alueesta. Vihreällä värillä merkityt luokan 3 alueet ovat metsäisiä, hyvin vettä pidättäviä ja haihduttavia alueita. Kasvillisuuden lisäksi myös alueiden maaperä pidättää vettä, mikä vähentää veden kulkeutumista maan pinnalla. Metsäisiä alueita on noin 48 % valuma-alueesta, ja ne sijaitsevat valuma-alueen reunoilla. Sinisellä värillä merkityt luokan 4 alueet ovat alueita, joilla on suuri vesipinta-ala tai jotka pidättävät vettä hyvin. Näitä alueita on noin 1 % valuma-alueesta.

5.2.2 Luokiteltu maaperä valuma-alueella

Valuma-alueen maaperä luokiteltiin vedenläpäisevyyden perusteella kolmeen eri luokkaan. Maaperäluokittelu on kuvattu luvussa 4.3. Alla olevassa kuvassa on esitetty luokiteltu maaperäkartta (Kuva 19), joka löytyy myös liitteenä (Liite 4).

Kuva 19 Luokiteltu maaperä Myllyojan valuma-alueella (GTK 2021; MML 2023b; SYKE, 2022). Kartassa on kuvattu valuma-alueen maaperä kolmeen luokkaan luokiteltuna.

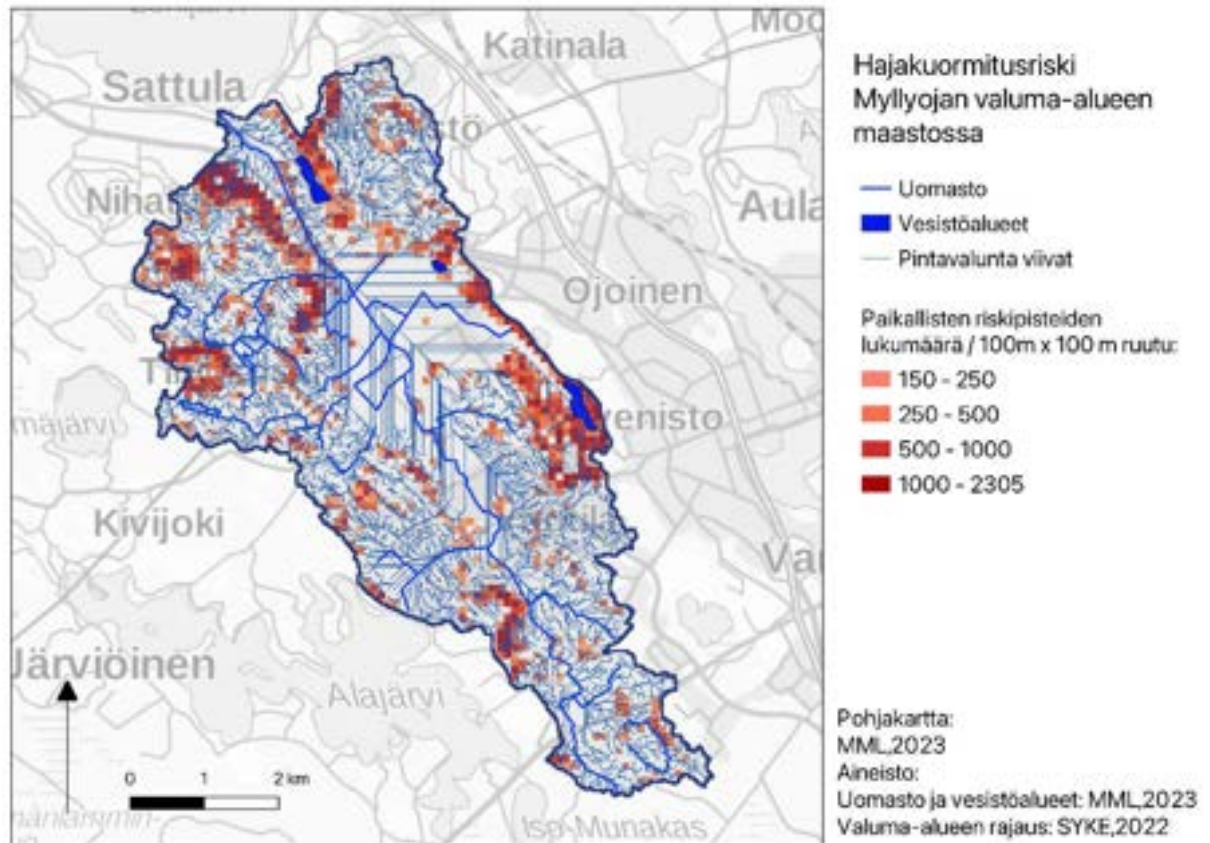


Kartalla (Kuva 19) maaperäluokka 1 on kuvattu punaisella, maaperäluokka 2 oranssilla ja maaperäluokka 3 vaaleanoranssilla värillä. Maaperät, joiden vedenläpäisevyys on pieni eli ne läpäisevät vettä huonosti, on luokiteltu luokkaan 1. Näitä ovat savimaa, kalliomaa ja täytemaa. Luokkaan 1 kuuluvaa maaperää on valuma-alueella vähiten: noin 4,5 %. Luokan 2 maaperillä on kohtalainen vedenläpäisevyys, mikä voi aiheuttaa riskiä tietynlaisissa olosuhteissa kuten tulvien tai kovien sateiden aikana. Tähän luokkaan sisältyvät hiekkamoreeni, hiesu, hieno ja karkea hietä sekä sara- ja rahkaturve. Suurin osa valuma-alueesta - 85 % - on luokan 2 maaperää. Luokan 3 maaperät läpäisevät hyvin vettä eli niillä on suuri vedenläpäisevyys. Siten niiden hulevesiriski on matala. Luokkaan 3 kuuluvat hiekka, sora ja vesi. Tätä maaperää on noin 10,5 % valuma-alueesta. Maaperän vedenläpäisevyys korreloi hulevesiriskin kanssa; pieni vedenläpäisevyys lisää riskiä huomattavasti, sillä vesi virtaa siitä toisaalle mahdollistaen pintakerroksen sisältämän aineksen kulkeutumisen. Maaperä kohottaa valuma-alueen hulevesiriskiä laajalla alueella kohtalaisesti ja paikoitellen korkeasti. Esimerkiksi Nihattulan, Vuorentakan, Tiirinkosken ja Pohjanmäen alueilla on luokkaan 1 kuuluvaa maaperää.

5.2.3 Hajakuormitusriski valuma-alueen maastossa

Hajakuormitusriski valuma-alueen maastossa -kartta mallintaa maastossa syntyvää hajakuormitusriskiä eli sitä kuinka todennäköisesti haitalliset aineet kulkeutuvat maastossa valumaveden mukana ja millaisia reittejä pitkin vesi valuu maan pinnalla. Kartta on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 20) ja liitteenä (Liite 5).

Kuva 20 Hajakuormitusriski Myllyojan valuma-alueen maastossa (MML 2023b, 2023d; SYKE 2022). Kartta kuvaa alueita, joilta haitta-aineet kulkeutuvat helposti hulevesien mukana.



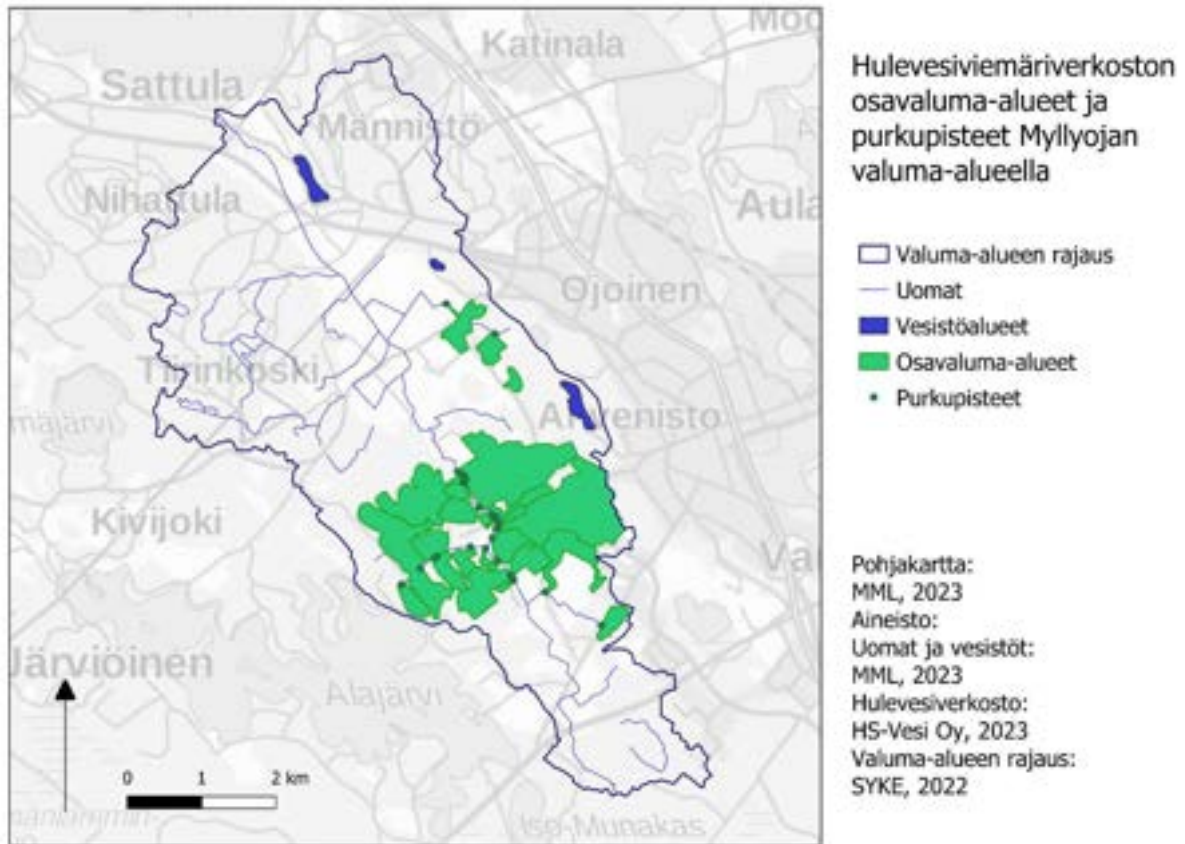
Paikallinen riskipiste kuvaa alueita, joilta aines kulkeutuu helposti hulevesien mukana. Mitä tummempi ruutu, sitä enemmän paikallisia riskipisteitä ruudussa on ja sitä todennäköisempää aineksen kulkeutuminen maastossa on. Pintavaluntaviivat kuvaavat niitä reittejä, joita pitkin vesi todennäköisesti maan pinnalla kulkeutuu. Pintavaluntaviivojen analyysissä näkyy kartan keskellä virheellinen tulos kohdassa, jossa viivat näkyvät pitkinä suorina viivoina. Tämä voi johtua siitä, että kyseinen alue on tasaista ja analyysissä on tapahtunut virhe. Pintavaluntaviivat eivät näiltä osin ole totuudenmukaiset. Toisaalta alue on pääsääntöisesti viljeltyä ja salaojitettua peltoaluetta, ja salaojituksen vuoksi alueen valuma ei näiltä alueilta ole muutenkaan pintavaluntaviivojen mukaista.

Kartassa näkyvät punaisella ne alueet, joilla hajakuormituksen kulkeutumiselle on maastossa edellytykset ja se, mitä reittejä pitkin kuormitus kulkeutuu vesistöön. Kartalla paikallisen riskin alueena korostuu laajahko yhtenäinen alue valuma-alueen pohjoispuolella, mikä kulkee Ilveskallion alueelta Hakionmäelle. Ainesten kulkeutumisen lisäksi tästä alueesta tekee riskialueen sen sijoittuminen lähelle ojastoa ja paikoin sen kohdalle. Toinen kartalla korostuva yhtenäinen ja laajahko paikallisen riskin alue on valuma-alueen itäpuolella sijaitseva Ahveniston alue. Kartalla huomionarvoista on myös se, että valuma-alueen kaikki kolme pintavesistöä - Armijärvi, Hirvilampi ja Ahvenistonjärvi - ovat paikallisen riskialueen vieressä. Armijärvessä ja Hirvilammissa paikallisen riskin alue sijaitsee vesistöjen sillä puolella, josta valuma kulkeutuu näihin vesiin, ja Ahvenistonjärvi on lähes kokonaan paikallisen riskialueen ympäröimä. Paikallinen riskialue ei vielä yksin kerro, että alueella on riski haitta-ainesten kulkeutumiseen, sillä nämä alueet saattavat olla esimerkiksi metsäisiä alueita, jolloin maastonmuodoista huolimatta riski haitta-aineksen kulkeutumiseen on vähäinen.

5.2.4 Hulevesiviemäröity alue

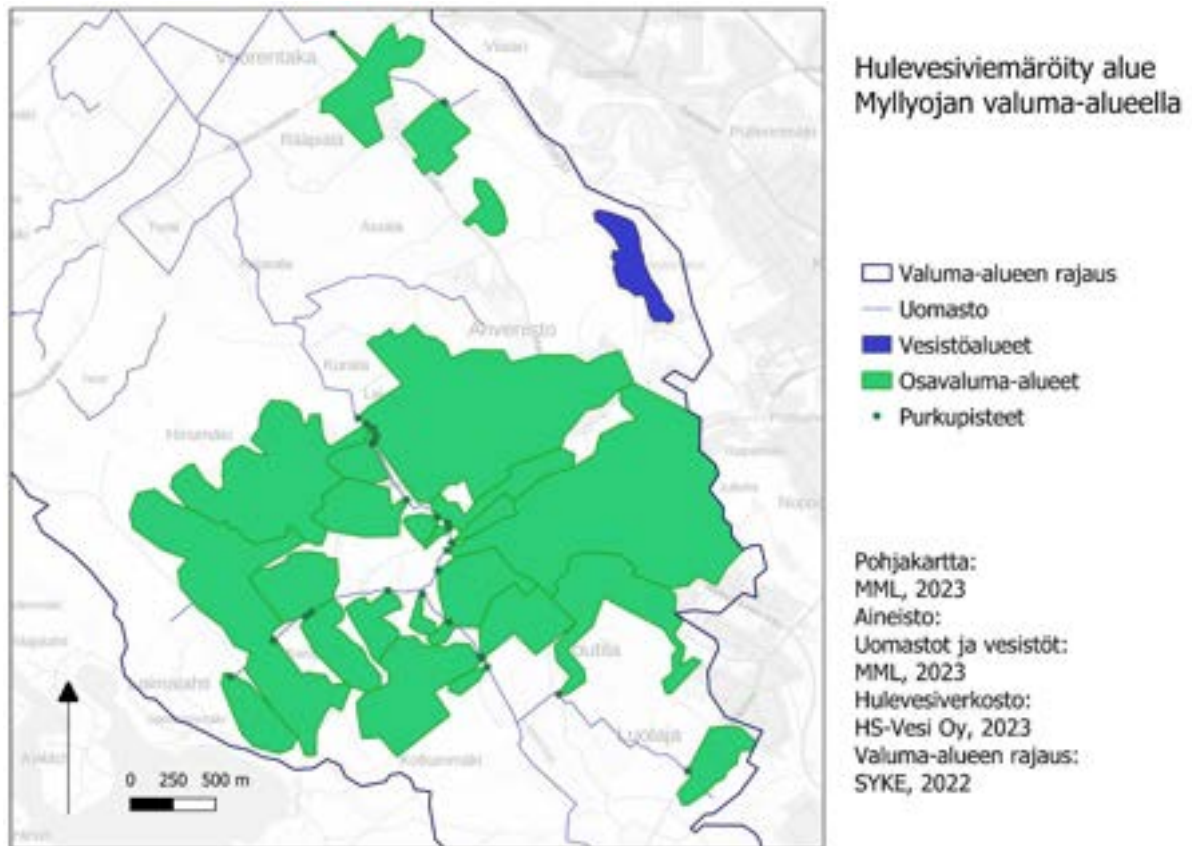
Hulevesiviemäröidyn alueen purkupisteiden ja osa-valuma-alueiden rajaaminen on kuvattu luvussa 4.5. HS-Veden karttaotetta verrattiin taustakarttaan ja muuhun aiemmin luotuun aineistoon ja sen pohjalta muodostettiin huleveden osavaluma-alueet. Myllyojan valuma-alueen hulevesiviemäriverkoston osavaluma-alueet on kuvattu seuraavassa kartassa (Kuva 21), joka löytyy myös liitteenä (Liite 6).

Kuva 21 Hulevesiviemäriverkoston osa-valuma-alueet ja purkupisteen Myllyjojan valuma-alueella (HS-Vesi Oy 2023; MML 2023b, 2023d; SYKE 2022). Kartassa näkyy hulevesiviemäriverkoston sijoittuminen suhteessa Myllyjojan valuma-alueeseen.



Hulevesiviemäriverkoston osavaluma-alueiden raja on melko pitkälti noudattaen tiheästi asuttuja asuinalueita, jotka näkyvät kuvassa 2.1 esitetyssä kartassa (Kuva 2). Näitä alueita vertaamalla voidaan todeta hulevesien nopean poiskuljettamisen olevan tärkeää erityisesti juuri kyseisillä alueilla. Näillä alueilla on paljon vettä läpäisemätöntä pintaa. Hulevesiviemäroidyn alueen kattavuus on melko pieni koko Myllyjoen valuma-alueesta, sillä se on muualta metsä- ja maatalousvaltaista, eikä hulevesiviemäreille ole niillä alueilla samanlaista tarvetta. Alla olevassa kartassa (Kuva 22) näkyy lähemmässä tarkastelussa hulevesiviemäroidy alue. Kartta löytyy myös liitteenä (Liite 7).

Kuva 22 Hulevesiviemäröity alue Myllyojan valuma-alueella (HS-Vesi Oy 2023; MML 2023b, 2023d; SYKE 2022). Kartasta näkyy, että osavaluma-alueiden purkupisteet sijaitsevat uomaston varrella.



Hulevesiviemäröidyn alueen osavaluma-alueita on yhteensä 24 ja purkupisteitä 28. Ero johtuu siitä, että esimerkiksi Ahveniston suunnalta tulevalle isolle osavaluma-alueelle ei pystytty määrittämään vain yhtä purkupistettä tai jakamaan aluetta useampaan pienempään alueeseen. Vaihtelevuutta alueiden koossa on paljon, ja siinä missä pienimmiltä alueilta tulee vain vähäisiä määriä hulevettä tiettyyn purkupisteeseen, isoilta alueilta tulee todennäköisesti huomattavasti suurempi määrä hulevettä, mikä voi aiheuttaa kyseisissä purkupisteissä lisääntyntä kuormitusta. Karttaa tarkastellessa voidaan huomata purkupisteiden sijoittuvan melko lähekkäin toisiaan ja aiheuttavan näin alueellista riskiä näille omaosuuksille.

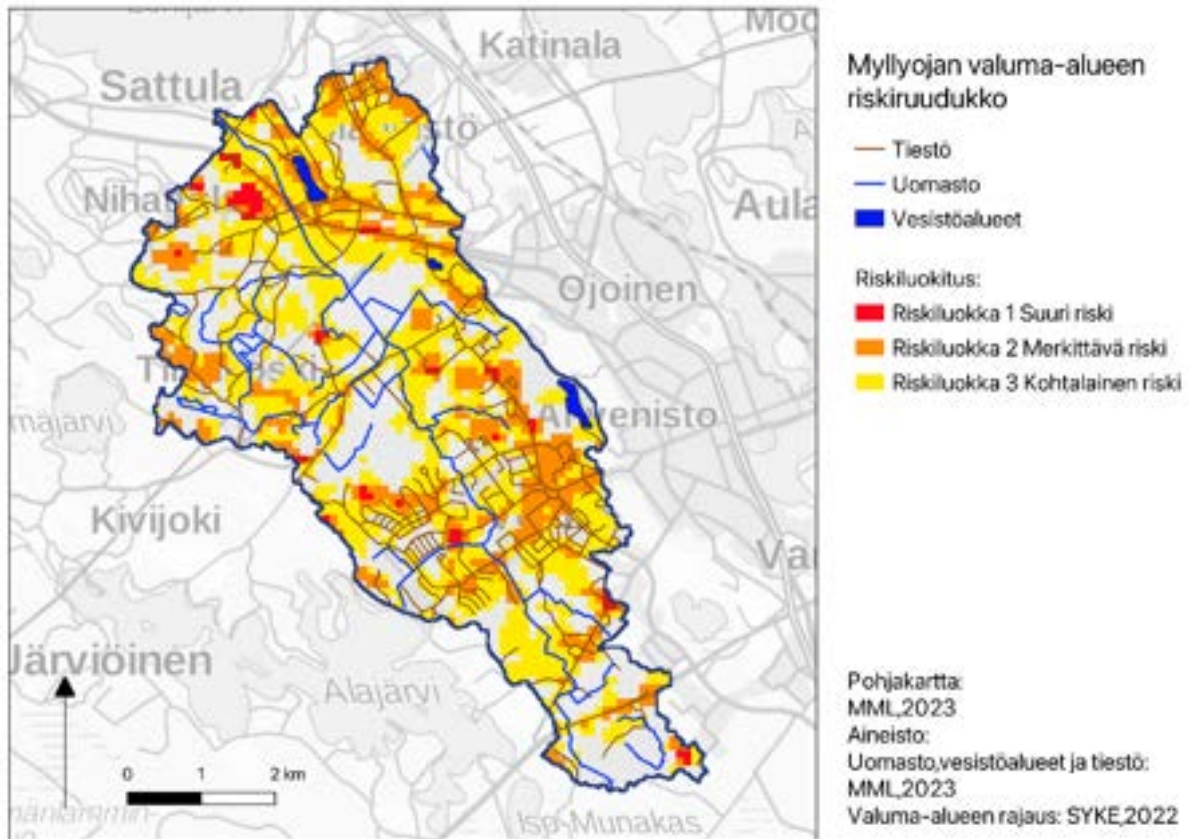
5.2.5 Riskiruudukko

Riskiruudukkoon on yhdistetty maastonmuotojen perusteella mallinnettu paikallinen riski sekä luokitellut maanpeite- ja maaperäaineistot. Aineistojen yhdistäminen on kuvattu luvussa 4.8.1. Riskiruudukko luokiteltiin kolmeen riskiluokkaan siten, että jokaisesta siihen yhdistetystä aineistosta valittiin ne arvot tai luokat, joiden arvioitiin aiheuttavan eniten riskiä

hulevesien muodostumiseen ja kulkeutumiseen. Riskiluokituksen tekeminen on esitetty luvussa 4.8.2. Alla olevassa kuvassa on kartta riskiruudukosta ja sen luokituksesta (Kuva 23). Kartta löytyy myös liitteenä (Liite 8).

Kuva 23 Myllyojan valuma-alueen riskiruudukko (MML 2023b, 2023d; SYKE 2022).

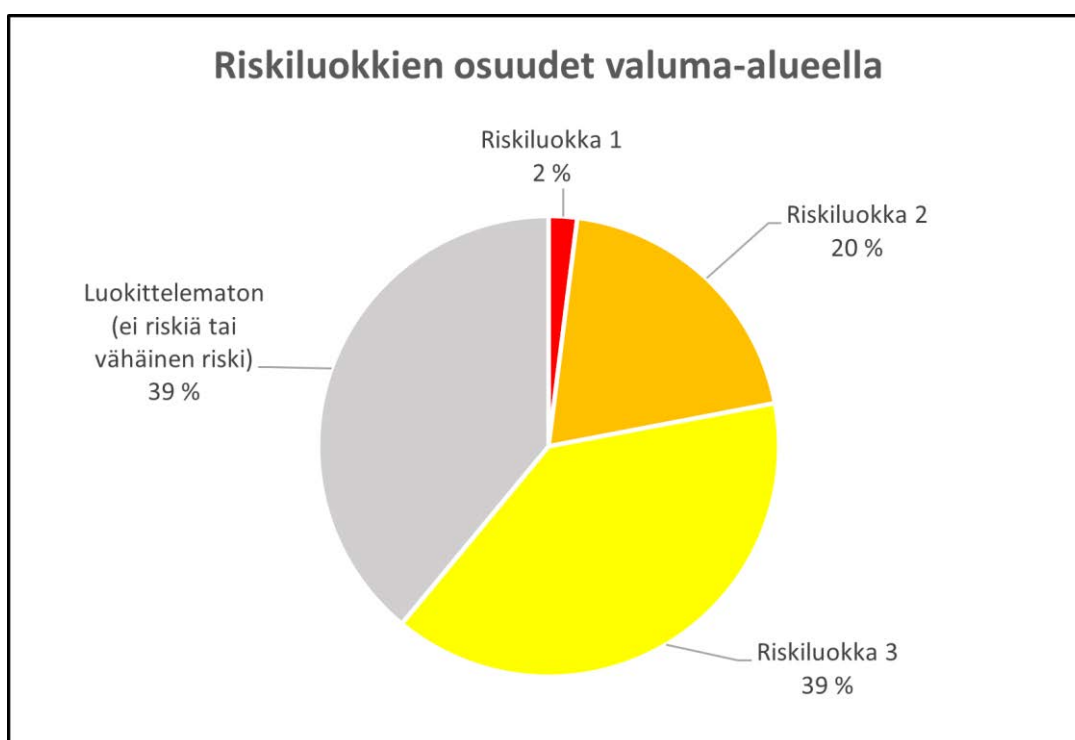
Riskiruudukkokartta kuvaa maastonmuotojen, maanpeitteen ja maaperän yhteisvaikutusta hulevesiriskin muodostumiseen Myllyojan valuma-alueella.



Riskiruudukkokartta (Kuva 23) mallintaa maanpeitteen, maaperän ja maastonmuotojen yhteisvaikutusta hulevesiriskin muodostumiseen valuma-alueella. Kartassa on esitetty tehdyn riskiluokituksen mukaiset riskiluokat ja niiden alueellinen sijoittuminen valuma-alueella. Riskiluokka 1 kuvaa suurta riskiä, ja se on esitetty kartalla punaisella värillä. Suuren riskin alueilla maanpeiteluokka on 1, maaperäluokka 1 ja paikallinen riskipiste yli 150. Nämä alueet ovat pieniä, yksittäisiä alueita, jotka sijaitsevat eri puolilla valuma-alueella. Suuren riskin alueita on valuma-alueella vähiten: vain 0,6 km² valuma-alueesta. Riskiluokka 2 kuvaa merkittävää riskiä, ja se on kuvattu kartalla oranssilla värillä. Merkittävän riskin alueilla maanpeiteluokka on 1 ja paikallinen riskipiste yli 150 tai maaperäluokka on 1 ja paikallinen riskipiste yli 150. Näitä alueita on valuma-alueella noin 6,4 km², ja ne mukailevat pitkälti tiestöä ja asuinalueita. Riskiluokka 3 kuvaa kohtalaista riskiä, ja se on esitetty kartalla keltaisella värillä. Kohtalaisen riskin alueilla maanpeiteluokka on 1 ja paikallinen riskipiste alle

150 tai maaperäluokka on 1 ja paikallinen riskipiste alle 150 tai maanpeiteluokka on 2 ja paikallinen riskipiste yli 150. Näitä alueita on valuma-alueella eniten – ne kattavat noin 13 km² valuma-alueesta. Kohtalaisen riskin alueet muodostavat suhteellisen laajoja alueita ja jakaantuvat aika tasaisesti koko valuma-alueelle. Lisäksi kohtalaisen riskin aluetta on laajalti Myllyojan varrella. Riskialueiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 20 km² eli lähes kaksi kolmasosaa koko valuma-alueesta. Vähintään kohtalaista hulevesiriskiä muodostuu siis laajalle alueelle ja ympäri valuma-aluetta. Riskiluokkien osuuksia valuma-alueen pinta-alasta on havainnollistettu kaaviolla alla olevassa kuvassa (Kuva 24).

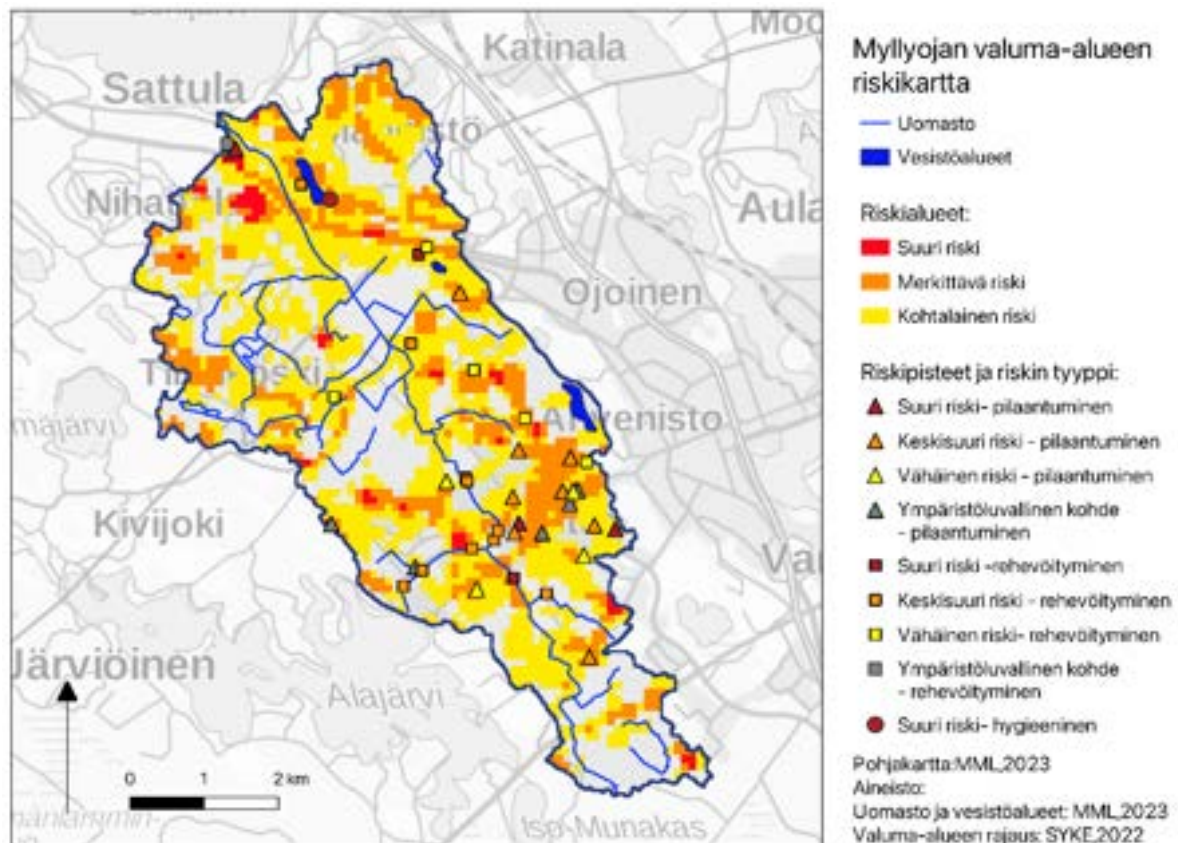
Kuva 24 Riskiluokkien osuudet valuma-alueella. Kaaviosta näkyy eri riskiluokkien ja luokittelemattoman alueen (ei riskiä tai vähäinen riski) suhteelliset osuudet valuma-alueen pinta-alasta.



5.3 Valuma-alueen riskikartat

Valuma-alueen hulevesiriskien kokonaistarkastelua varten tuotettiin kartta, johon on yhdistetty valuma-alueen riskiruudukko ja valuma-alueella sijaitsevat pistemäiset riskikohteet. Tämä valuma-alueen riskikartta on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 25) ja liitteenä (Liite 9). Kartta kuvaa pistemäisten riskikohteiden sijaintia suhteessa alueelliseen riskiin. Sekä alueelliset että pistemäiset riskit on luokiteltu hulevesiriskin vakavuuden mukaan kolmeen eri luokkaan.

Kuva 25 Myllyjoen valuma-alueen riskikartta (MML 2023b, 2023d; SYKE 2022). Kartta kuvaa valuma-alueen alueellisia ja pistemäisiä hulevesiriskikohteita.



Kartalla (Kuva 25) riskien vakavuutta kuvataan väriskaalalla ja pistemäisten kohteiden riskityyppiä erilaisilla symboleilla; pilaantumista kuvaa kolmio, rehevöitymistä neliö ja hygieenistä riskiä ympyrä. Ympäristöluvalliset pistemäiset kohteet on merkitty omana luokkanaan, sillä ympäristöluvan saadakseen kohteista on jo tehty omat, toimialakohtaiset riskiarviot. Pistemäisistä riskikohteista on kartalla jätetty pois maatalouden pistekohteet päällekkäisyyksien välttämiseksi, sillä maatalousalueet on huomioitu riskiruudukossa maanpeiteaineiston luokituksen kautta. Näiden pisteiden poistamisen jälkeen pistemäisiä riskikohteita on kartalla yhteensä 42 kappaletta, ja ne ovat esimerkiksi yrityksiä, ylivuotoputkia ja hulevesiverkoston purkupisteitä.

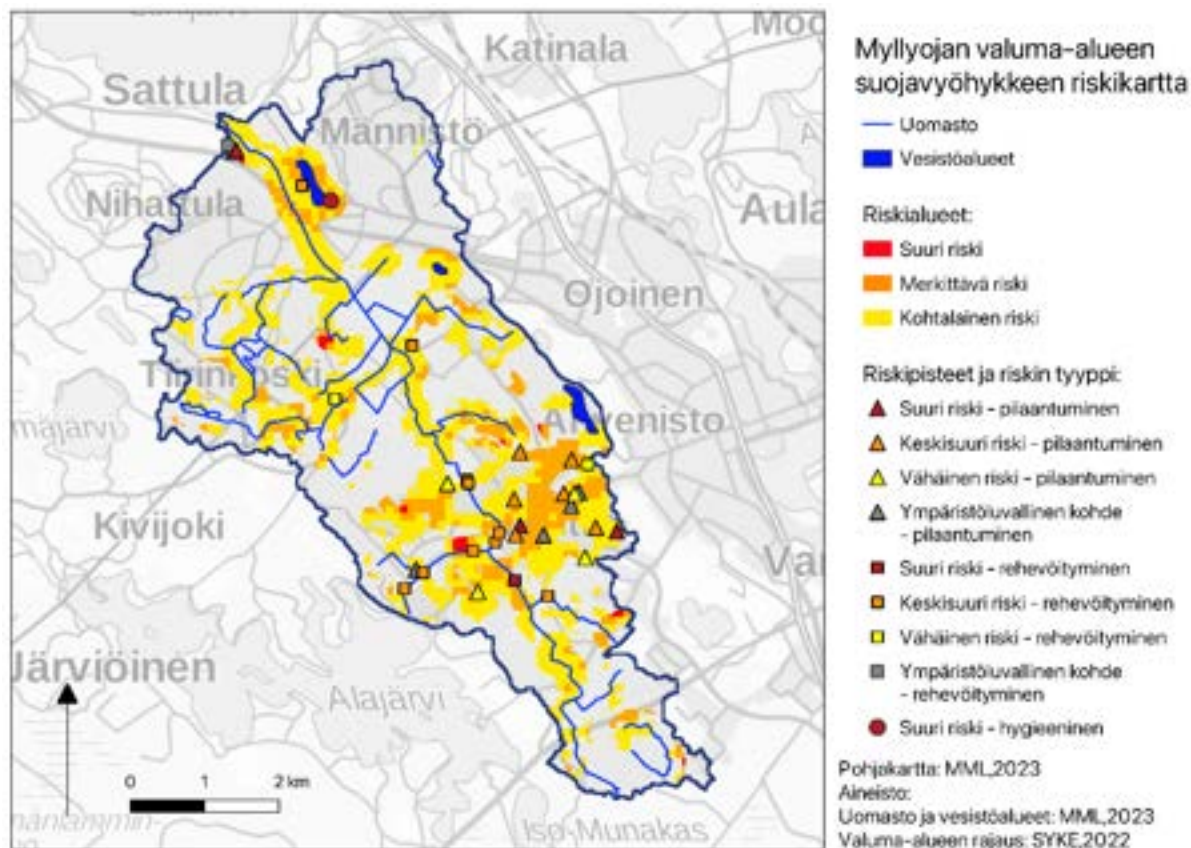
Kartasta näkyy, että suurin osa riskipisteistä – yhteensä 35 kappaletta – sijoittuu vähintään merkittävän riskin alueille. Valuma-alueella on riskipisteistä ja riskialueista muodostuvia päällekkäisiä riskitekijöitä, ja on oletettavaa, että pistemäisistä riskikohteista syntyvä mahdollinen kuormitus kulkeutuu maastossa helposti hulevesien mukana. Suuri osa pistemäisistä kohteista sijoittuu taajamiin tai tiheämmin asutuille alueille. Nämä rakennetut alueet muodostavat myös korkeamman alueellisen riskin esimerkiksi maankäytön ja vesien

suodattumisen osalta. Taajama-alueet siis korostuvat kartalla yhtenäisenä riskialuekokonaisuutena.

Kartalla sekä alueiden että pistemäisten kohteiden vakavuutta kuvataan väriskaalalla, jossa punainen on suuri, oranssi merkittävä ja keltainen kohtalainen riski. Pistemäisten kohteiden aiheuttamat riskityypit on eroteltu erilaisilla symboleilla, pilaantumista kuvaa kolmio, rehevöitymistä neliö ja hygieenistä riskiä ympyrä. Ympäristöluvalliset pistemäiset kohteet on merkitty omana luokkana, sillä ympäristöluvan saadakseen kohteista on jo tehty omat, toimialakohtaiset riskiarviot. Sijoittamalla riskipisteet alueellista riskiä kuvaavan ruudukon päälle, voidaan suoraan nähdä mitkä pisteistä sijaitsevat suuren tai merkittävän riskin alueella.

Alla olevassa Myllyojan valuma-alueen suojavyöhykkeen riskikartassa on kuvattu vesistöjen ja hulevesiverkoston suojavyöhykkeellä sijaitsevat riskialueet ja pistemäiset riskikohteet (Kuva 26). Kartta löytyy myös liitteenä (Liite 10). Kartta on luotu leikkaamalla valuma-alueen riskiruudukko ja pistemäiset riskikohteet suojavyöhykkeen mukaisesti.

Kuva 26 Myllyojan valuma-alueen suojavyöhykkeen riskikartta (MML 2023b, 2023d; SYKE 2022). Kartassa on kuvattu vesistöjen ja hulevesiverkoston suojavyöhykkeellä sijaitsevat riskialueet ja pistemäiset riskikohteet.



Huomattavan riskin muodostavat ne riskialueet ja -pisteet, jotka sijoittuvat ojaston ja vesistöjen lähelle. Tällä alueella sijaitsevat riskit ovat erityisen merkittäviä vesistöjen kannalta, sillä mitä lähempänä vesistöjä ja uomia ollaan, sen huonommin haitta-aineet suodattuvat maaperään ennen vesistöihin päätymistä. Suojavyöhykkeessä on huomioitu ojastolle ja vesistöille 200 m suojavyöhyke ja Ahvenistonjärvelle 500 m vyöhyke. Lisäksi suojavyöhykkeeseen on lisätty hulevesiverkoston osa-valuma-alueet, sillä näiltä alueilta hulevedet voivat valua viemäriverkostoa pitkin käsittelemättöminä suoraan purkupisteeseen pitkältäkin matkalta. Suojavyöhykkeen yhteenlaskettu pinta-ala on noin 20 km² ja suojavyöhykkeelle sijoittuvan riskialueen pinta-ala on noin 11 km².

Pistemäisistä riskeistä 34 kappaletta sijaitsee suojavyöhykkeellä. Alueen vesistöistä kaksi – Armijärvi ja Hirvilampi – ovat kokonaan riskialueen ympäröimiä, ja Armijärven rannan tuntumassa on kaksi pistemäistä riskikohdetta. Merkittävän hygieenisen riskin aiheuttaa kartan pohjoisosassa näkyvä viemäriverkoston ylivuotoputki Armijärven rannalla. Ylivuototilanteen sattuessa vesistöön voi päästä haitallisia mikrobeja, ravinteita, lääkkeitä,

kiintoainesta tai mikromuoveja. Suojavyöhykkeellä sijaitsevat rehevöitymiselle altistavat riskipisteet ja -alueet voivat entisestään lisätä Lehijärven luontaisesti runsasta rehevyyttä.

6 Toimenpide-ehdotukset

Maatalouskohteista tulisi toteuttaa tarkempi ja yksityiskohtaisempi kartoitus vierailujen, sekä mahdollisesti haastattelujen avulla. Näin voitaisiin selvittää eläinsuojien määrät, viljeltyt kasvit, laidunalueet ja eläinten lajit sekä määrä alueilla. Maatalouskohteista saadun tarkemman tiedon perusteella voitaisiin edelleen selvittää alueilta huuhtoutuvien ravinteiden laatua ja määrää, sekä muita hulevesiriskejä aiheuttavia tekijöitä. Myös metsätalouskohteiden tarkempi selvittäminen metsänhoitotoimenpiteiden osalta tulisi toteuttaa, sillä metsänhoitotoimenpiteillä voi olla merkittäviä vaikutuksia kiintoaineiden huuhtoutumiseen, sekä ravinnekuormitukseen. Yleisesti tarkempi kohdekohtainen tarkastelu voisi olla kannattavaa, jotta tämän projektin aikana toteutettu riskinarviointi voitaisiin varmentaa. Kohdennettu viestintä alueen eri toimijoille erilaisin esittein tai oppain lisäisi tietoutta hulevesien hallinnan merkityksestä. Varsinkin sellaisille toimijoille, joiden toiminnasta voidaan todeta syntyvät suurimmat hulevesiriskit, tulisi kohdistaa tiedottavaa viestintää. Viestinnälle otollisia tahoja saataisiin selville tarkemmilla kohdekohtaisilla selvityksillä.

Hulevesien hallintatoimien tarkastelu olisi hyvä aloittaa riskikartalla korostuvilta asuinalueilta. Tässä projektissa ei pystytty huomioimaan sitä, millaisia huleveden hallintatoimia alueella on, joten nykyiset huleveden hallintatoimet riskialueena korostuvilla asuinalueilla tulisi selvittää. Lisäksi tulisi selvittää, millaisin keinoin hallintatoimia voisi alueella kehittää, jotta hulevesien hallinta tapahtuisi ensisijaisesti hulevesien syntypaikalla. Valuma-alueen kolmesta vesistöalueesta Armijärven ja Hirvilammen ympäristöt ja suojavyöhykkeet ovat kokonaan riskialuetta, minkä lisäksi Armijärven rannan tuntumassa on kaksi pistemäistä riskikohdetta. Näiden vesistöjen tila tulisi selvittää, ja sitä tulisi aktiivisesti seurata.

Hulevesien purkupisteiden osalta kohteiden tarkastaminen maastossa on suositeltavaa. Projektin maastokäynneillä kaikkia hulevesien urkuputkia tai -pisteitä ei päästy tarkastamaan haastavien maasto-olosuhteiden vuoksi, eikä kaikkia hulevesien purkuputkia pystytty paikantamaan. Myös hulevesiputkien rinnalla tutkittujen jätevesien ylivuotoputkien kohdalla maastotarkastelua suositellaan. Osa ylivuotoputkien purkuluukuista oli kasvillisuuden ympäröimää, mikä saattaa vaikuttaa putkien asianmukaiseen toimintaan. Lisäksi tulisi tarkastella hulevesien purkuputkien ja jätevesien ylivuotoputkien keskinäisiä suhteita.

Joissain paikoin hulevesiputki ja jätevesien purkuputki sijaitisivat niin lähellä toisiaan, että riskinä on vesien sekoittuminen. Laajempaa kunnan ja vesihuoltoyhtiön välistä yhteistyötä, sekä suunnittelua vaativana toimenpide-ehdotuksena esitetään, että tulvaherkillä alueilla, kuten Myllyojan varrella sijaitsevien jätevesien ylivuotoputkien kohdalla harkittaisiin purkupisteen siirtämistä tulvariskiltä suojaisampiin kohteisiin. Tulva-almille ylivuoto- ja hulevesiputkille voitaisiin harkita myös jonkinlaisia suojarakenteita, jotka rajoittaisivat sulamisvesistä aiheutuvia tulvahaittoja (Suomen Kuntaliitto, 2012, s.291). Myllyojan alueen tulvat vaikuttavat kuormitukseen ja lisäävät riskiä myös tässä projektissa osoitettujen riskialueiden ulkopuolella, joten nyt laadittua aineistoa tulisi tarkastella yhdessä alueellisen tulvaselvityksen kanssa. Mikäli alueella ei ole tehty tulvaselvitystä, se olisi hyvä tehdä, sillä se tukisi ja syventäisi tämän projektin tuloksia.

Riskianalyysin teko tämän projektin osalta oli menetelmän kehittämistä, eikä käytössä olleiden resurssien vuoksi kaikkia ilmi tulleita parannusehdotuksia pystytty projektin puitteissa toteuttamaan. Projektissa toteutettua menetelmää voisi parantaa ja kehittää, mikäli samanlaista menetelmää haluttaisiin soveltaa toisille alueille tai tämän projektin tiimoilta olisi tarpeen tehdä muutoksia tai jatkokehittelyä. Riskiruudukon koon pienentäminen mahdollistaisi tarkemman tiedon kunkin alueen maanpeitteestä ja maaperästä. Eri valinnat aineistojen yhdistämisessä riskiruudukkoon vaikuttaisi lopputuloksena syntyvään aineistoon niin, että sen käsittely myöhemmissä analyyseissä olisi helpompaa. Lisäksi olisi tarpeen arvioida, tulisiko tasaisen maaston maanviljelysalueet huomioida riskiä aiheuttavana tekijänä riskiluokituksessa.

7 Johtopäätökset

Projektityön opiskelijaosuus toteutettiin yhden periodin aikana, mikä rajoitti työskentelyyn käytettävissä olevaa aikaa melko paljon. Projektin tiimoilta toteutettiin yleisluontoinen hulevesiriskien kartoitus, riskitietokanta ja alueriskiluokitukset asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Rajallisten resurssien vuoksi riskitietokantaan ei koottu kaikkia alueen hulevesiriskikohteita, eikä pistemäisten riskikohteiden osalta suoritettu laajoja selvityksiä osavalmu-aluekohtaisista hulevesikuormista, hulevesien laadusta, maatalousalueiden tarkemmasta käytöstä, ym. riskinarviointiin vaikuttavista tekijöistä. Alueriskien osalta tässä analyysissä ulkopuolelle jäivät tasaisessa maastossa sijaitsevat maanpeiteluokan 2 alueet eli esimerkiksi tasaiset maanviljelysmaat. Ravinteiden leviämiseen voi olla vaikutusta esimerkiksi peltojen ja laidunmaiden salaojituksilla, joita tässä analyysissä ei pystytty huomioimaan. Projektin tiiviin luonteen vuoksi riskianalyysien tekoa opittiin samalla kun työtä

edistettiin, ja johtopäätökset perustuvat kyseisen projektin työskentelyyn ja tuloksiin. Riskiluokittelu perustuu opiskelijoiden arvioon eikä se ole aukoton.

Lopullisessa tarkastelussa todettiin, että pistemäiset riskikohteet sijoittuvat pääosin taajama-alueille, joissa korostuu myös laaja merkittäväksi luokiteltu riskialue. Pistemäisistä riskikohteista suurin osa sijaitsee kartan riskialueilla. Alueen hulevesiverkosto on pääsääntöisesti riskialuetta, ja hulevedet voivatkin aiheuttaa alueella monenlaisia riskejä etenkin tulva-aikoina. Tässä projektissa ei huomioitu sitä, millaisin keinoin hulevesien hallintaa nykytilanteessa toteutetaan ja miten se vaikuttaa nyt tehtyyn riskialueiden luokitteluun. Erityisen suuren riskin muodostavat ojaston ja vesistöalueiden suojavyöhykkeelle osuvat riskialueet ja riskipisteet. Hulevesiriskejä voidaan pienentää esimerkiksi syntypaikalla tapahtuvilla toimenpiteillä, joiden avulla hulevesiverkostoon päätyvän huleveden määrää saadaan vähennettyä ja sen laatua parannettua. Valuma-alueen taajama-alueet ovat jo laajalti aluekuivatusjärjestelmän piirissä, mikä korostaa hulevesirisken ennaltaehkäisyn ja poistamisen tärkeyttä. Hulevesien pidättäminen imeyttämällä ja haihduttamalla ovat ensisijaisia keinoja pienentää hulevesikuormaa. Jo pienet paikalliset kasvipeitteiset alueet lisäävät veden imeytymistä, sekä haihduttaa. Viivyttämällä saavutetaan paitsi määrällistä, myös ravinteita ja kiintoainesta pidättävää hyötyä. Viivyttämistä voidaan luontevasti toteuttaa ojien ja uomien muotoilun avulla, esimerkiksi lisäämällä pohjan padotusta tai porrastuksia luonnonkivillä. Lisäksi päällysteiden valinnalla voidaan vaikuttaa niiden vedenläpäisykykyyn. (Suomen Kuntaliitto, 2012, ss. 20–21, 285–289, 157–161)

OLO-hankkeen tavoitteena on lisätä aihepiiriin liittyvää osaamista. Tämä projekti onkin osaltaan vastannut tähän tavoitteeseen. Kolmen tiimin yhteistyönä toteutetussa tutkimusprojektissa on vastattu asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja lopputuloksena on saatu laajaa tietoa Myllyojan valuma-alueen hulevesiriskeistä, sekä luotu uudenlaista tietokantaineistoa. Riskitietokanta mahdollistaa jatkotutkimuksissa ilmenevien riskikohteiden lisäämisen, jolloin sitä voidaan yhdessä alueriskiluokitusten kanssa hyödyntää tulevien hankkeiden suunnitteluvaiheessa

Lähteet

Ahveniston sairaala. (n.d.). *Ahveniston sairaala – tuttavallisemmin Assi*. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://ahvenistonsairaala.fi/>

Ely-keskukset. (23.2.2023). *Lehijärvi*. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/suojelu-ennallistaminen-ja-luonnonhoito/natura-2000-alueet/lehijarvi>

GTK. (n.d.). *Maalajien ominaisuudet ja soveltuvuus eräisiin käyttötarkoituksiin*. Geologian tutkimuskeskus. <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/kuvat/maalajiominaisuudet.pdf>

GTK. (19.11.2021). *Maaperä 1:20 000 / 1:50 000* [paikkatietoaineisto]. Geologian tutkimuskeskus. https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search?location_id=1

HAMK. (n.d.). *OLO – Opitaan lisää ojista*. <https://www.hamk.fi/projektit/olo-opitaan-lisaa-ujista/#perustiedot>

HAMK. (2023). *HULeveden hallinta kaupunkiVALuma-alueelähtöisessä Turvallisuussuunnittelussa*. HULVATTU-hankkeen loppuraportti. https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2021/09/Hulvattu_loppuraportti.pdf

HS-Vesi. (9.9.2022). *Vesiensuojelun tehostamisohjelma -Kaupunkivesien hallinta ja haitallisten aineiden vähentäminen, viemärylivuodot*. Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy. https://hsvesi.fi/app/uploads/2022/09/Loppuraportti_HS-Vesi_9.9.2022.pdf

Hämeenlinnan kaupungin karttapalvelu. (23.9.2023). *Hämeenlinnan kaupungin karttapalvelu*. <https://kartta.hameenlinna.fi/ims/>

Hämeenlinnan kaupunki. (10.10.2011). *Hämeenlinnan kaupungin ympäristönsuojelumääräykset*. https://www.hameenlinna.fi/wp-content/uploads/2019/02/Ymparistonsuojelumaaraykset_1.11.2011.pdf

Hämeenlinnan kaupunki. (2018). *Hämeenlinnan hulevesitulvariskiarvion päivitys vuonna 2018*. Hämeenlinnan ympäristöjulkaisuja 37. <https://www.hameenlinna.fi/wp->

content/uploads/2019/02/Hameenlinnan-hulevesitulvariskiarvion-paivitys-vuonna-2018_raportti.pdf

Hämeenlinnan kaupunki. (23.2.2023). *Maan ja lumen vastaanotto*.

<https://www.hameenlinna.fi/asuminen-ja-ymparisto/kadut-ja-liikenne/maan-ja-lumen-vastaanotto/>

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. (2019). *Metsänhoidon suositukset vesiensuojeluun*, työopas. Tapion julkaisuja. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon-suositukset-vesiensuojeluun-TAPIO-2019.pdf>

Jyväskylän yliopisto. (2015). *Empiirinen tutkimus*.

<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/metelmapolkuja/metelmapolku/tutkimusstrategia/t/empiirinen-tutkimus>

Järvi-meriwiki. (29.9.2021). *Lehijärvi (35.237.1.001)*.

[https://www.jarviwiki.fi/wiki/Lehij%C3%A4rvi_\(35.237.1.001\)](https://www.jarviwiki.fi/wiki/Lehij%C3%A4rvi_(35.237.1.001))

Kaisto, T. (2016). *Myllyojan vesien laatu ja määrä. Kaupunkialueen vaikutus veden laatuun, Vuorentaan laskeutusaltaiden toiminta ja hulevesien hallinta* [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605025892>

Lehijärven suojeluyhdistys. (n.d.). *Lehijärvi pähkinänkuoressa*.

<https://lehijarvi.blogspot.com/p/lehijarvi-pahkinankuoressa-pinta-ala-on.html>

Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto. (25.06.2021). *Maatalouden vesiensuojelu*.

<https://www.mtk.fi/-/maatalouden-vesiensuojelu>

Mattila, M. (9.12.2020). *Hämeenlinnan Vuorentaan vanhan kyläkaatopaikan tarkkailu vuonna 2020*. KVVY Tutkimus Oy. Tutkimusraportti nro 1287/20. 4 s.

MML. (n.d.). *Korkeusmalli 2 m* [paikkatietoaineisto]. Maanmittauslaitos.

<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/korkeusmalli-2-m>

- MML. (2023a). *Maastokartta (rasteri) 1:100 000* [paikkatietoaineisto]. Maanmittauslaitos. Haettu 4.10.2023 osoitteesta <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaiikka/tiedostopalvelu>
- MML. (2023b). *Taustakarttasarja (rajapinta-aineisto)* [paikkatietoaineisto]. Maanmittauslaitos. <https://kartat.kapsi.fi/#Taustakarttasarja>
- MML. (2023c). *Taustakartta (rasteri) 1:5 000* [paikkatietoaineisto]. Maanmittauslaitos. Haettu 4.9.2023 osoitteesta https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaiikka/tiedostopalvelu/taustakartta_rasteri
- MML. (2023d). *Maastokartta (vektori) 1:100 000* [paikkatietoaineisto]. Maanmittauslaitos. Haettu 29.8.2023 osoitteesta <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaiikka/tiedostopalvelu>
- Niskanen, A-M. (31.1.2018). *Viemärivereden vuoto Hämeenlinnassa vaikuttaa Hattulassa asti*. Yle. <https://yle.fi/a/3-10051887>
- Nurhonen, N. (2015). *Hulevesien hallinnan tila ympäristölupaveroissa laitoksissa* [diplomityö, Tampereen yliopisto]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202002091964>
- Orkoneva, A., Valtanen, M. & Luxton, J. (2023). *Huleveden laadullisten riskikohteiden tunnistaminen - Ohje kunnille*. http://www.itamerihaaste.net/files/2852/Huleveden_laadun_riskitarkastelu_kunnille_2023.pdf
- QGIS. (4.10.2023). *QGIS Vapaa avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto*. <https://www.qgis.org/fi/site/>
- QGIS Documentation. (9.12.2020). *14.2. Lesson: Kartan georeferointi*. https://docs.qgis.org/3.10/fi/docs/training_manual/forestry/map_georeferencing.html
- Ritari, H. (2.2.2023). *Hämeenlinnan velvoitetarkkailu 2022 – Vuorentaan vanha kyläkaatopaikka*. WSP Finland Oy. Tutkimusraportti 370233_2000 REV: A0.
- SAGA. (n.d.). *SAGA-GIS Module Library Documentation (v2.2.5)*. https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/2.2.5/sim_hydrology_4.html

SCIMAP. (n.d.). *Diffuse Pollution and Flood Water Source Mapping*. SCIMAP.

<https://scimap.org.uk/>

Setälä, O., Hakala, O., Lehtiniemi, M., Pankkonen, P., Sainio, E. & Tirroniemi, J. (2022).

Kumirouheen kulkeutuminen jalkapallokentiltä ympäristöön. Suomen

ympäristökeskuksen raportteja, (24). <http://hdl.handle.net/10138/344042>

Suomen Kuntaliitto. (2012). *Hulevesiopas*. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481->

[hulevesiopas](https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas)

Suomen pakkauskierätyks Rinki Oy. (n.d.). *Rinki-ekopisteet*. Haettu 8.10.2023 osoitteesta

<https://rinkiin.fi/lajittelu-kotona/ekopisteet/>

Suomen ympäristökeskus. (2022a). *Pohjavesialueet*.

<https://www.vesi.fi/vesitieto/pohjavesialueet/>

Suomen ympäristökeskus. (2022b). *Hulevesien ympäristöriskit*.

<https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-ymparistoriskit/>

SYKE. (14.11.2012). *Uomaverkosto* [paikkatietoaineisto]. Suomen ympäristökeskus. Haettu

4.10.2023 osoitteesta <https://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/latauspalvelu.html>

SYKE. (26.3.2019). *Corine maanpeite 2018, 20 m* [paikkatietoaineisto]. Suomen

ympäristökeskus. Haettu 6.9.2023 osoitteesta [https://www.syke.fi/fi-](https://www.syke.fi/fi-FI/Avoim_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot)

[FI/Avoim_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot](https://www.syke.fi/fi-FI/Avoim_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot)

SYKE. (6.11.2020). *RUSLE-eroosiomalli 2018* [paikkatietoaineisto]. Suomen

ympäristökeskus. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/rusle-eroosiomalli-2018>)

SYKE. (16.11.2021a). *Pohjavesialueet* [paikkatietoaineisto]. Suomen ympäristökeskus.

Haettu 4.10.2023 osoitteesta <https://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/latauspalvelu.html>

SYKE. (11.03.2021b). *Uomien valuma-alueet* [paikkatietoaineisto]. Haettu 29.9.2023

osoitteesta <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

SYKE. (1.2.2022). *VALUE - valuma-alueen rajaustyökalu*. Suomen ympäristökeskus.

https://www.syke.fi/fiFI/Tutkimus_kehittaminen/Vesi/Tietoaineistot_ja_jarjestelmat/Valumaaluejarjestelma/VALUE_valumaalueen_rajaustyokalu

Talvio, S. (2018). *Koirien jätökset ympäristöongelmana Helsingissä* [pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto]. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201808223000>

Valtanen, M., Paavilainen, P., Jalonen, J., Sopanen, S., Suvanto, S. & Haapalainen, J. (2023). *Selvitys hulevesien laadusta*. Suomen kuntaliitto ry.

<https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2023/2220-selvitys-hulevesien-laadusta>

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>

Vesi.fi. (1.2.2022). *Hulevesien ympäristöriskit*. <https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-ymparistoriskit/>

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Liite 1. Excel-tietokanta pistemäisistä riskikohteista

Teemajaottelu	Kuormituslähde (Yrityksen nimi, jos tiedossa tai alue)	Koordinaatit N	Koordinaatit E	Mahdolliset haitta-aineet	Riskityyppi	Riskityyppi numero	Riskiluokitus
Eläinsuojat	Hevostalli (Pajulan Pollet)	6768083	356528	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit	rehevöityminen, hygieeninen	2	2
Eläinsuojat	Kotieläinpiha/hevostalli (Kissankulman eläinpiha)	6765929	358009	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit	rehevöityminen, hygieeninen	2	2
Eläinsuojat	Eläinsuoja (Hirvilammen luomu)	6767134	358111	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit	rehevöityminen, hygieeninen	2	1
Eläinsuojat	Kotieläintila (Tiirinkosken tehdas)	6765207	356970	ravinteet, haitalliset mikrobit	rehevöityminen	2	3
Huoltamot ja jakeluasemat	Huoltoasema (Neste Oyj)	6763766	360151	kemikaalit	pilaantuminen	3	4
Huoltamot ja jakeluasemat	Huoltoasema (ABC Hämeenlinna S-Market Jukola)	6763950	360254	kemikaalit	pilaantuminen	3	3
Huoltamot ja jakeluasemat	Huoltoasema (SEO Hattula)	6768535	355591	kemikaalit, mikromuovit, raskasmetallit, kiintoaines	pilaantuminen	3	4
Jätehuollon kohteet	Aluekeräyspiste (Rinki Oy Ahvenistontie 13)	6763943	360259	roskat, mikromuovi, muut metallit, kemikaalit	pilaantuminen	3	4
Jätehuollon kohteet	Aluekeräyspiste (Rinki Oy Karhitie 2)	6763369	359780	roskat, mikromuovi, muut metallit, kemikaalit	pilaantuminen	3	4
Jätehuollon kohteet	Kaatopaikka (Vuorentaan vanha kyläkaatopaikka)	6766619	358671	kemikaalit, roskat, mikromuovit	pilaantuminen	3	2
Jätehuollon kohteet	Aluekeräyspiste (Rinki Oy Sammonojantie 11)	6762908	358065	roskat, mikromuovi, muut metallit, kemikaalit	pilaantuminen	3	4

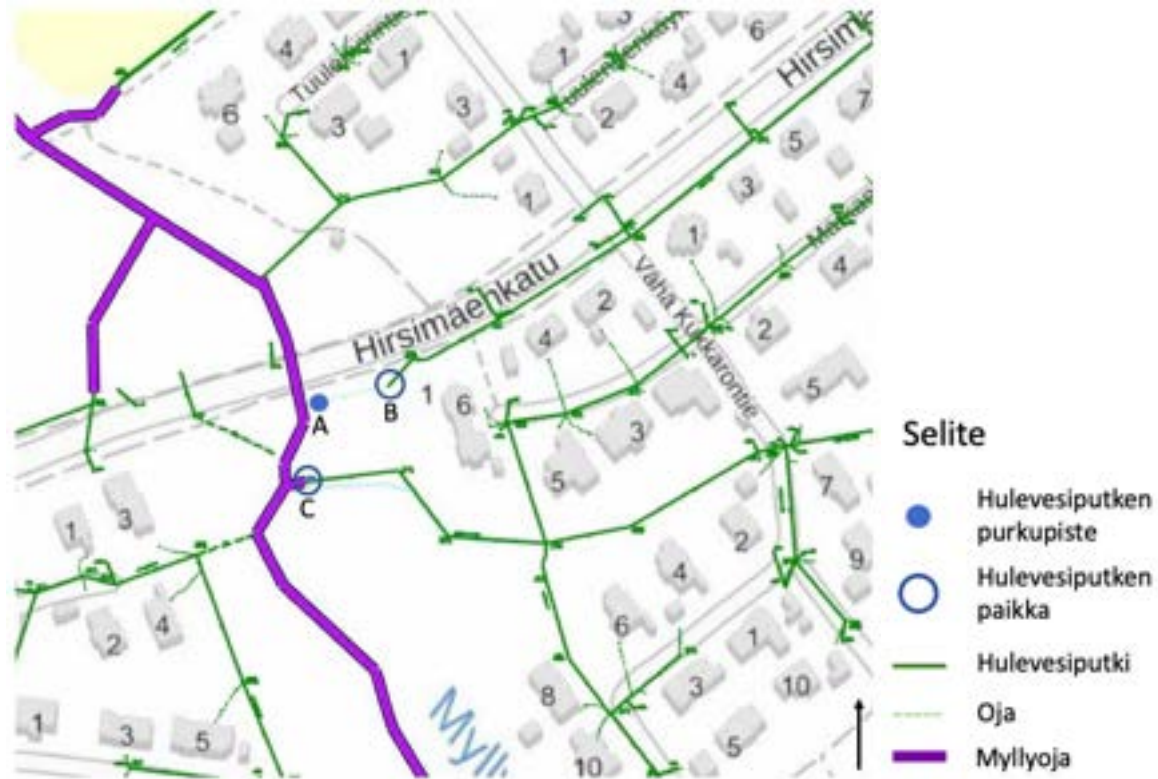
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 1 (Nihattula-Männistö)	6768817	355556	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	1
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 2 (Vuorentaka-Klaasio-Rääpiälä)	6766805	357093	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	1
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 3 (Hakio)	6766837	357048	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	1
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 4 (Tiirinkoski)	6766065	357597	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 5 (Pitkänpelto)	6765901	357722	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 6 (Tauru-Peltola)	6766053	357612	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 7 (Tertti-Kajavala-Kurala)	6765902	357739	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Maa- ja metsätalous	Maatalousalue 8 (Luolaja-Kolkanmäki-Ratasniitty)	6763161	359024	ravinteet, kiintoaines, kemikaalit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Maa- ja metsätalous	Avohakkuu (Hirvilampi)	6767232	358224	ravinteet, kiintoaines	rehevöityminen	2	3
Maa- ja metsätalous	Avohakkuu (Ässälä)	6765574	358858	ravinteet, kiintoaines	rehevöityminen	2	3
Maa-aineksen käsittely	Maankaatopaikka (Kuuslahden maankaatopaikka)	6763493	356933	kiintoaines, roskat, mikromuovit, ravinteet	pilaantuminen, rehevöityminen	3	4
Muut	Rakennustyömaa (Assi-sairaala)	6763932	360054	kiintoaines, kemikaalit, mikromuovit, raskasmetallit	pilaantuminen	3	2
Muut	Vuorentaan hautausmaa	6764920	359547	ravinteet, kiintoaines	rehevöityminen	2	3
Muut	Ahveniston hautausmaa	6764324	360380	ravinteet, kiintoaines	rehevöityminen	2	3
Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	Sairaala (Kanta-Hämeen keskussairaala)	6764387	360161	kiintoaines, kemikaalit, raskasmetallit	pilaantuminen	3	2

Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	Tekonurmikenttä (Jukolan koulu)	6763424	360768	kiintoaines, mikromuovit, roskat	pilaantuminen	3	1
Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	Tekonurmikenttä (Nummen yhtenäiskoulu)	6763499	359464	mikromuovit, roskat	pilaantuminen	3	1
Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	Parkkialue, läpäisemätöntä pintaa (Jyrätien liikuntahallit)	6763376	359403	kemikaalit, roskat, mikromuovit	pilaantuminen	3	2
Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	Sorakenttä, palloilualue (Kämmekän puisto)	6764066	358487	kiintoaines, mikromuovit, roskat	pilaantuminen	3	3
Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	Golf-kenttä (Hattula Golf, itäinen pääty)	6768634	355529	ravinteet, kiintoaines, mikromuovit, metallit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	4
Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	Hiekkaparkki (Kolkkiksen kenttä)	6762607	358895	kiintoaines, mikromuovit, roskat, kemikaalit	pilaantuminen	3	3
Päällystetyt kentät ja pysäköintialueet	Hiekka- ja asfalttiparkki (Hattula Golf, myymälä)	6768567	355644	kiintoaines, mikromuovit, roskat, kemikaalit	pilaantuminen	3	1
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Viemäriverkostojen ylivuotoputki 1 (Sammonsuontien päässä)	6762650	357907	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit, kemikaalit, lääkeaineet, mikromuovit	rehevöityminen, hygieeninen, pilaantuminen	2	2
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Viemäriverkostojen ylivuotoputki 2 (Sammonojantie)	6762862	358160	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit, kemikaalit, lääkeaineet, mikromuovit	rehevöityminen, hygieeninen, pilaantuminen	2	2
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Viemäriverkostojen ylivuotoputki 3 (Voutilan asuinalue)	6763276	359129	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit, kemikaalit, lääkeaineet, mikromuovit	rehevöityminen, hygieeninen, pilaantuminen	2	2

Ylivuoto- ja hulevesiputket	Viemäriverkostojen ylivuotoputki 4 (Aitoniitty)	6764113	358747	ravinteet, kiintoaines, haitalliset mikrobit, kemikaalit, lääkeaineet, mikromuovit	rehevöityminen, hygieeninen, pilaantuminen	2	2
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Viemäriverkostojen ylivuotoputki 5 (Palokujan päästä Armijärveen)	6767881	356920	haitalliset mikrobit, ravinteet, kiintoaines, kemikaalit, lääkeaineet, mikromuovit	hygieeninen, rehevöityminen, pilaantuminen	1	1
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Asuinalueen hulevesiverkoston purkupiste 1 (Kuokkamaa-Kurala-Ahvenisto)	6764069	358766	ravinteet, kiintoaines, mikromuovit, kemikaalit, haitalliset mikrobit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Asuinalueen hulevesiverkoston purkupiste 2 (Nummi-Voutila-Jukola)	6763394	359181	ravinteet, kiintoaines, mikromuovit, kemikaalit, haitalliset mikrobit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Asuinalueen hulevesiverkoston purkupiste 3 (Luolaja)	6762546	359839	ravinteet, kiintoaines, mikromuovit, kemikaalit, haitalliset mikrobit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Asuinalueen hulevesiverkoston purkupiste 4 (Kolkanmäki)	6762756	359391	ravinteet, kiintoaines, mikromuovit, kemikaalit, haitalliset mikrobit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	1
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Asuinalueen hulevesiverkoston purkupiste 5 (Sampo)	6763157	358833	ravinteet, kiintoaines, mikromuovit, kemikaalit, haitalliset mikrobit	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2
Ylivuoto- ja hulevesiputket	Asuinalueen hulevesiverkoston purkupiste 6 (Hirsimäki)	6764139	358706	ravinteet, kiintoaines, mikromuovit,	rehevöityminen, pilaantuminen	2	2

				kemikaalit, haitalliset mikrobit			
Yritykset	Kiinteistönhuolto (Kariniemen talohuolto Oy)	6761695	360419	kemikaalit, roskat	pilaantuminen	3	2
Yritykset	Moottoriajoneuvojen huolto ja korjaus (S&T Autopaja)	6764490	359462	kemikaalit	pilaantuminen	3	2
Yritykset	Autopesu (ABC Carwash)	6763928	360200	mikromuovit, kemikaalit	pilaantuminen	3	3
Yritykset	Moottoriajoneuvojen huolto ja korjaus (NRK Finland)	6763856	359384	kemikaalit	pilaantuminen	3	2
Yritykset	Moottoriajoneuvojen huolto ja korjaus (Autohuolto T.Jokinen)	6763472	360485	kemikaalit	pilaantuminen	3	2
Yritykset	Moottoriajoneuvojen pinnoitukset (OA Hyvönen Oy)	6763068	360342	kemikaalit	pilaantuminen	3	3

Liite 2. Hulevesiputkien purkupisteet ja jätevesien ylivuotoputket – kuvia maastokäynneiltä



Kuvassa on esitetty Myllyojan aluekuivatusjärjestelmän kuvaote, johon merkitty kolme kohdetta. Maastokäynnin perusteella hulevesien purkupiste 1 (A) sijaitsee kuvan osoittamassa kohdassa, tausta-aineiston mukaan se olisi ylempänä rinteessä (B). Kuvan eteläisintä merkittyä purkupistettä (C) ei havaittu maastotarkastelussa. Kuvan aineistona käytetty HS-Veden Johtokarttaotetta (17.5.2023), joka on saatu henkilökohtaisena tiedonantona HS-Vesi Oy:ltä.



Ylivuotoputki 5 sijaitsee Armijärven rannassa, kuvassa nuolen osoittamassa kohdassa. Välittömässä läheisyydessä laituri ja matonpesupaikka. Kuva: Jutta Pantsu



Ylivuotoputki 5 sijaitsee aivan rannassa, korkeamman vedenkorkeuden aikaan todennäköisesti veden alla. Putken sulkuluukku ei mahdu sulkautumaan täysin runsaan nurmikasvuston vuoksi. Kuva: Jutta Pantsu



Jätevesien ylivuotoputken (ylivuotoputki 3) purkupaikalla on pienimuotoinen allas, josta johdettu putki viereiseen Myllyjojaan. Oja muutamia metrejä kuvasta vasemmalle. Kuva: Jutta Pantsu



Purkupiste 4 on kahden ojan risteyskohta, jossa kasvillisuus on hyvin runsasta ja ojat suhteellisen matalia. Alueella on virkistyskäyttöä. Kuva: Sari Järveläinen

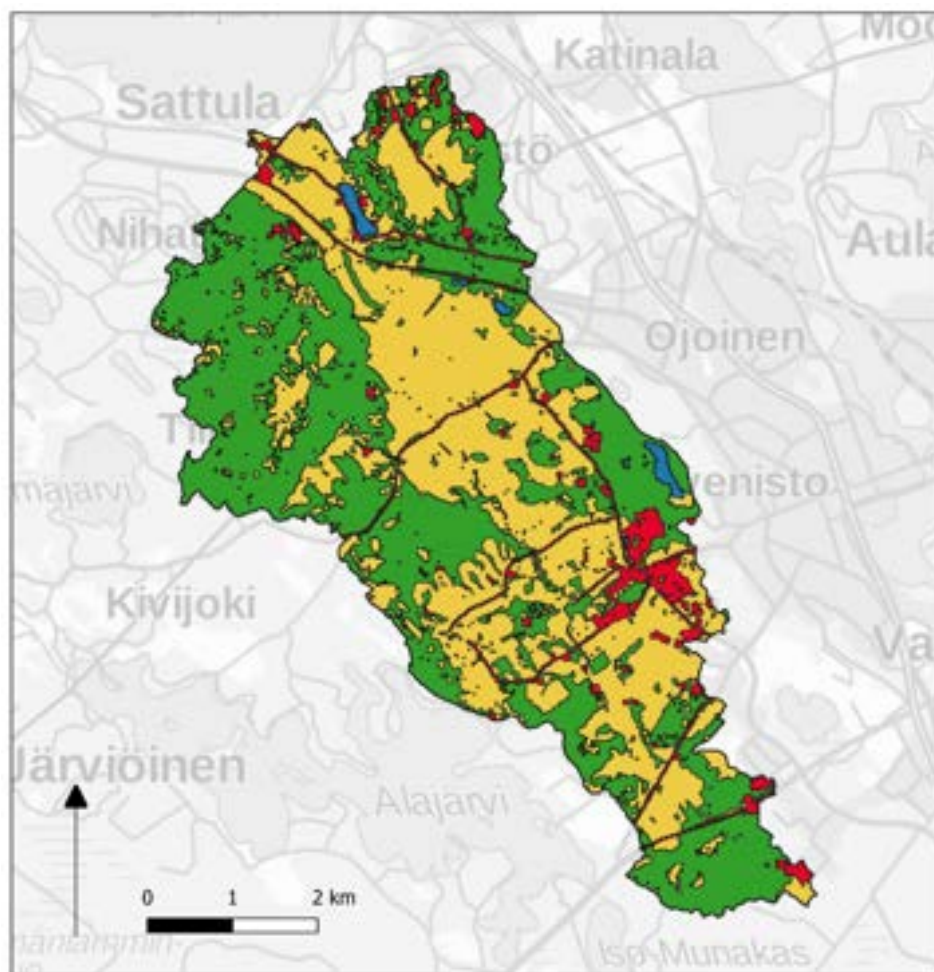


Ylivuotoputki 4 sijaitsee Myllyojan varrella ojan vesirajassa. Vieressä hulevesiputki (ei projektin kohdelistauksessa). Vedenpinnan nousu ojassa voi aiheuttaa veden pääsyä putkiin. Kuva: Matti Törmäkangas



Valkoinen hulevesiputki (purkupiste 2) sijaitsee lähellä Hirsimäenkatua, noin 3–4 m Myllyojasta. Kuva: Jutta Pantsu

Liite 3. Luokiteltu maanpeite Myllyojan valuma-alueella.



Luokiteltu maanpeite Myllyojan valuma-alueella

□ Valuma-alueen raja

Maanpeiteluokat:

- 1 Kerrostaloalueet, palveluiden ja teollisuuden alueet, liikennealueet, harvapuustoiset alueet kalliomaalla, kalliomaat
- 2 Pientaloalueet, kaatopaikat, puistot, vapaa-ajan asunnot, urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet, golfkentät, pellot ja muut maatalousmaat, havu- ja sekametsät kalliomaalla, harvapuustoiset alueet
- 3 Lehti-, havu- ja sekametsät kivennäismaalla ja turvemaalla
- 4 Sisämaan kosteikot vedessä, avosuot, joet, järvet

Pohjakartta:

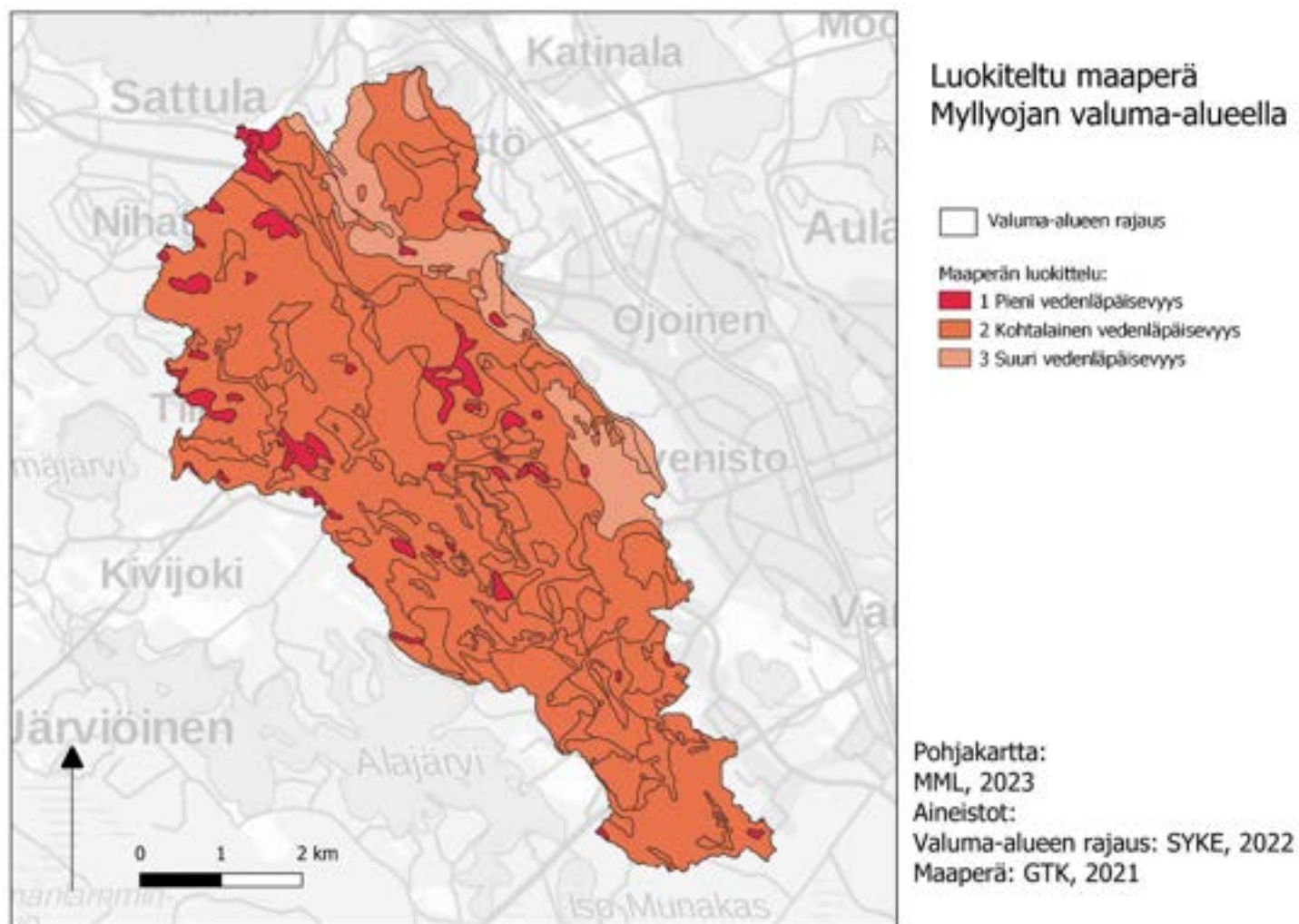
MML, 2023

Aineistot:

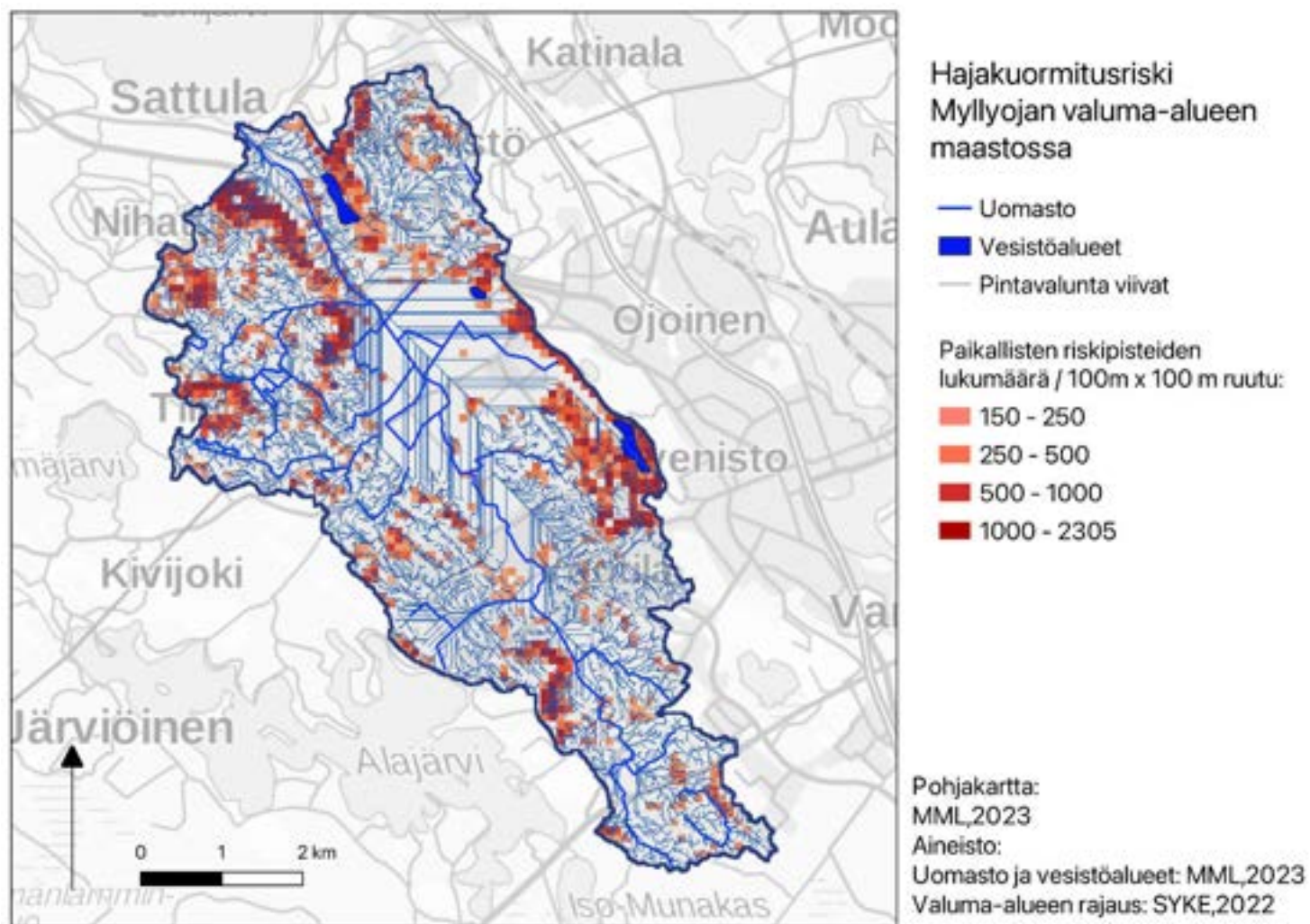
Valuma-alueen raja: SYKE, 2022

Corine maanpeite: SYKE, 2019

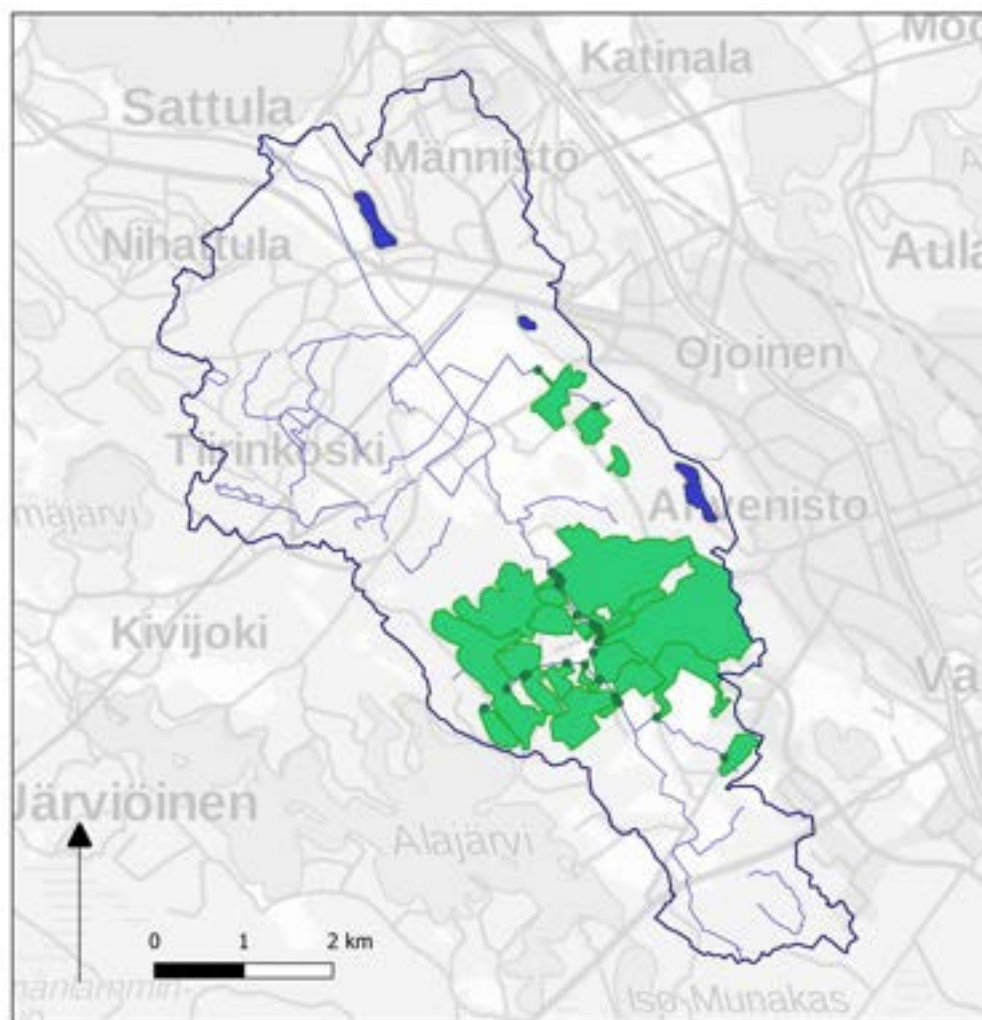
Liite 4. Luokiteltu maaperä Myllyojan valuma-alueella.



Liite 5. Hajakuormitusriski Myllyojan valuma-alueen maastossa.



Liite 6. Hulevesiviemäriverkoston osavaluma-alueet ja purkupisteet Myllyojan valuma-alueella.

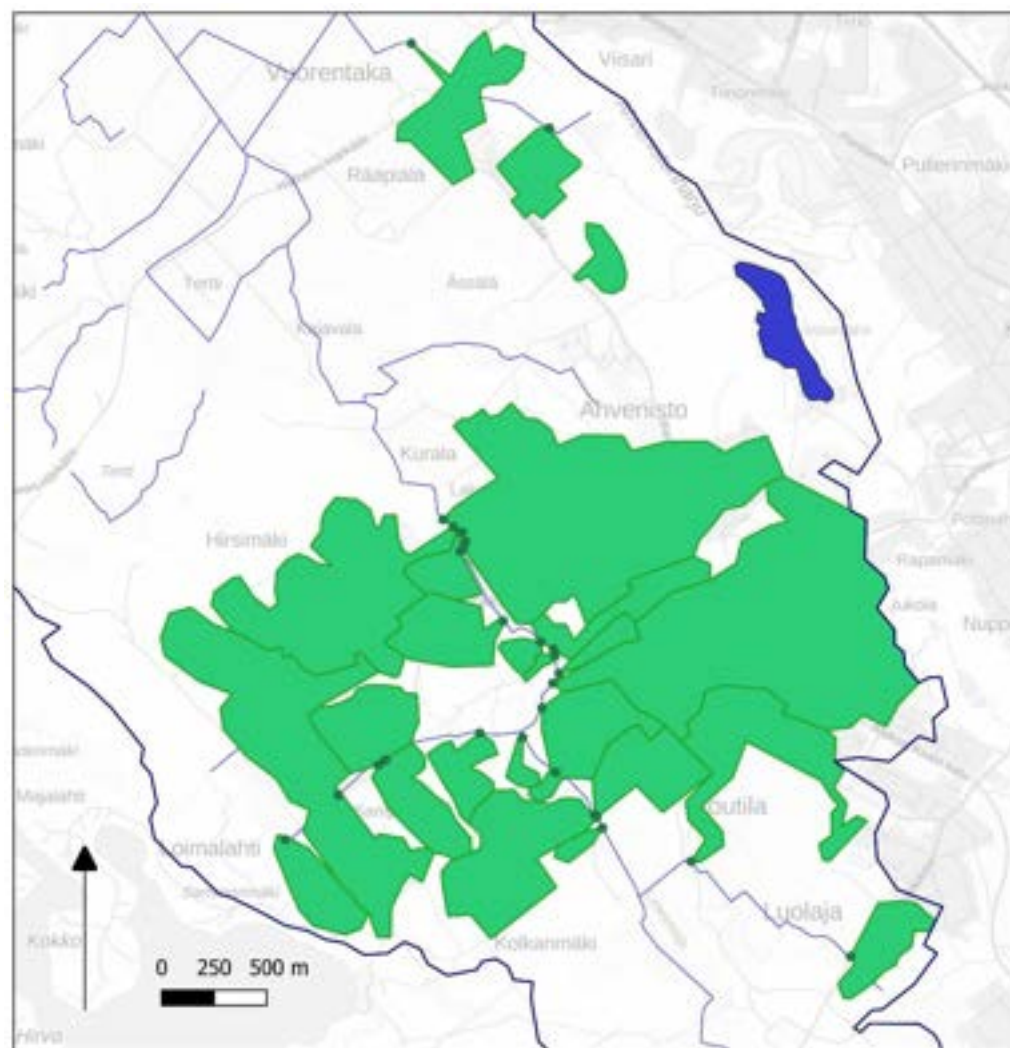


Hulevesiviemäriverkoston
osavaluma-alueet ja
purkupisteet Myllyojan
valuma-alueella

- Valuma-alueen raja
- Uomat
- Vesistöalueet
- Osavaluma-alueet
- Purkupisteet

Pohjakartta:
MML, 2023
Aineisto:
Uomat ja vesistöt:
MML, 2023
Hulevesiverkosto:
HS-Vesi Oy, 2023
Valuma-alueen raja:
SYKE, 2022

Liite 7. Hulevesiviemäröity alue Myllyojan valuma-alueella.

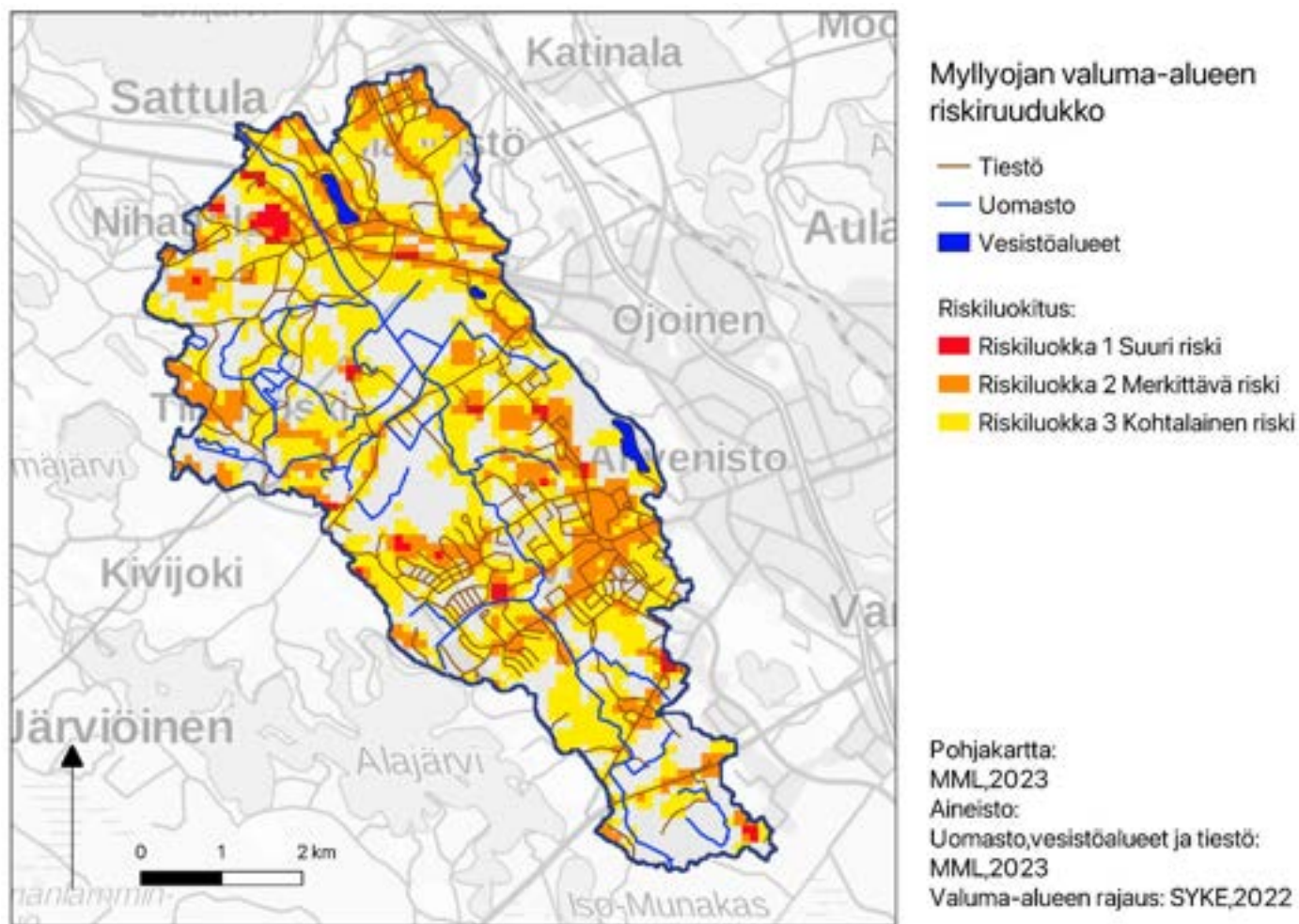


Hulevesiviemäröity alue Myllyojan valuma-alueella

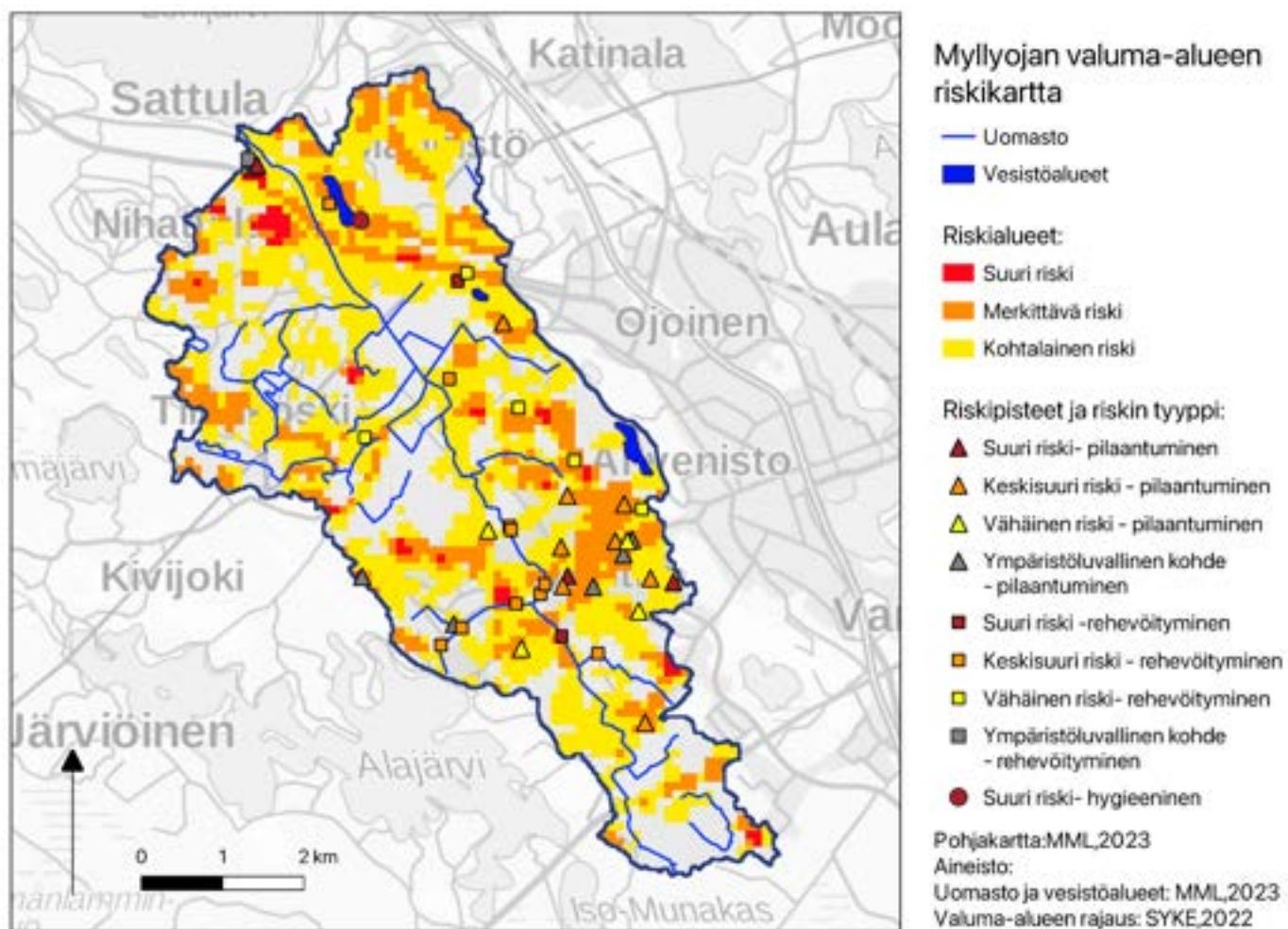
- Valuma-alueen rajaus
- Uomasto
- Vesistöalueet
- Osavaluma-alueet
- Purkupisteet

Pohjakartta:
MML, 2023
Aineisto:
Uomastot ja vesistöt:
MML, 2023
Hulevesiverkosto:
HS-Vesi Oy, 2023
Valuma-alueen rajaus:
SYKE, 2022

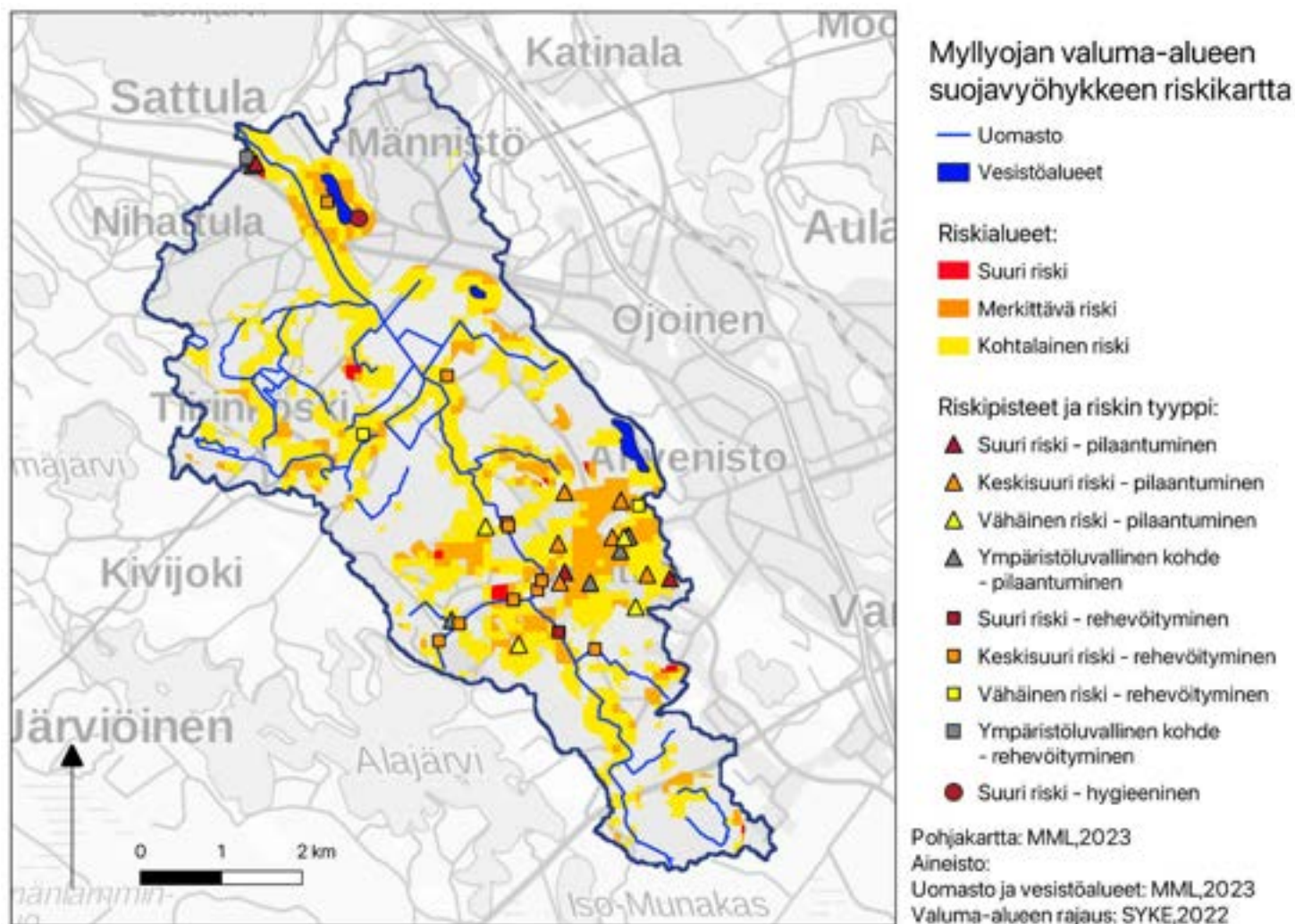
Liite 8. Myllyojan valuma-alueen riskiruudukko.



Liite 9. Myllyojan valuma-alueen riskikartta.



Liite 10. Myllyojan valuma-alueen suojavyöhykkeen riskikartta.



MYLLYOJAN VALUMA-ALUEEN HULEVESISELVITYS

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Kestävä kehitys (AMK)

Syksy 2024

Elina Sauvola

Kestävä kehitys

Tekijä Elina Sauvola

Työn nimi Myllyojan valuma-alueen hulevesiselvitys

Ohjaaja Rauni Varkia

Tiivistelmä

Vuosi 2024

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Opitaan lisää ojista (OLO)- hanke, jonka tavoitteena on edistää valuma-alueelähtöistä vesienhallintaa. Osana hanketta laaditaan Myllyojan valuma-alueelle valuma-aluekohtainen kunnostussuunnitelma. Opinnäytetyön tavoite oli kuvata hulevesien hallinnan nykytilanne Myllyojan valuma-alueen taajama-alueella, kartoittaa mahdollisia haasteita, sekä alueita, joissa hulevesien hallintaratkaisuja voisi lisätä. Työ rajautui tarkastelemaan rakennettuja alueita ja alueita, joille tullaan tulevaisuudessa rakentamaan.

Tutkimuksessa käytettiin menetelminä asiantuntijahaastatteluita sekä verkkopohjaista SCALGO Live – vesienhallinnan työkalua. Työssä haastateltiin kahdeksaa henkilöä, joilla työnsä kautta oli tietämystä alueen hulevesistä, mahdollisista haasteista ja Myllyojan valuma-alueesta. SCALGO Live ohjelman lisenssi saatiin käyttöön Hämeenlinnan kaupungilta ja ohjelmaa käytettiin osavaluma-alueiden määrittelyyn ja alueiden tulvaherkkyiden arviointiin.

Hulevesien hallinta koostuu Myllyojan valuma-alueella muutamista vesiä viivyttävästä alueellisesta ratkaisusta ja johtamisjärjestelmästä. Hulevesien hallinnan ei ole katsottu riittävän hulevesien määrän käsittelyyn, jolloin alueelle on syntynyt hulevesien hallintavelkaa. Rakennetuilla alueilla ei koettu suuria haasteita hulevesien määrän suhteen, vaan suurimmat ongelmat koettiin rakennettujen alueiden ulkopuolella. Jukolan ja Vuorentaan alueet korostuivat kuitenkin tulvaherkkinä, ja molemmissa oli myös tapahtunut tulvimisia. Jukolan alueelle keskittyi myös aiemmin kartoitettuja laadullisia riskipisteitä, joiden riskiä tulvaherkkyys kasvattaa. Isoimmat osavaluma-alueet, joilta hulevesiä muodostuu, sijoittuvat lähekkäin Hirsimäenkadun molemmin puolin. Samalle alueelle keskittyy myös mahdollisuudet lisätä hulevesien hallintaa ja alue nousi esiin mahdollisena alueena hulevesien viivytyksratkaisuille.

Avainsanat hulevesi, hulevesien hallinta, paikkatieto, tulvakartta

Sivut 60 sivua

This Bachelor's Thesis was carried out for OLO project, the commissioner of this thesis. The project aims to promote catchment-based water management and create a restoration plan for the Myllyoja catchment area. The objective of this thesis was to describe the current state of the stormwater management in the Myllyoja catchment area, find out possible challenges related to stormwater and identify areas, where stormwater management could be increased or developed. The study was limited to examining the current high-density areas and the areas that will be built-up in the future.

In this thesis, experimental and qualitative research methods were used. The expert interview was conducted for eight interviewees, who had expertise about stormwater management and experience of possible challenges especially in the Myllyoja catchment area. SCALGO Live, a digital platform for water management planning, was used to define subcatchment areas and evaluate flood sensitivity. License to the platform was obtained from the City of Hämeenlinna.

As a result, stormwater management in Myllyoja includes a few regional retention methods and a drainage system. Based on the interviews, no significant problems in stormwater were experienced in built-up areas, but the biggest problems caused by the large amount of stormwater were experienced to be floodings outside the built-up areas. Still, two areas, Jukola and Vuorentaka, stood out as possible flood sensitive places and a few floodings were already experienced in there. In Jukola, there were also mapped risk points that form a risk to quality hazards and the flood sensitivity increases these risks. The largest subcatchment areas forming the largest amount of stormwater located close to each other on both sides of Hirsimäenkatu in Hämeenlinna. The same area was considered a possible area to increase stormwater retention management and solutions.

Keywords Stormwater, stormwater management, geographical information, flood map

Pages 60 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hulevedet.....	2
2.1	Huleveden muodostumiseen vaikuttavat tekijät.....	2
2.2	Sademäärä	4
2.3	Ilmastonmuutoksen vaikutus vesivaroihin	5
2.4	Hulevedet ja kestävä kehitys.....	5
2.5	Hulevesien aiheuttamat riskit	7
3	Hulevesien hallinta	7
3.1	Hulevesiin liittyvä lainsäädäntö	8
3.2	Hulevesiin liittyvät vastuut	9
3.3	Hulevesien määrän vähentäminen	10
3.3.1	Kasvillisuus.....	10
3.3.2	Hulevesien imeyttäminen.....	11
3.3.3	Läpäisevät päällysteet	12
3.4	Hulevesien viivyttäminen.....	12
3.5	Hulevesien johtaminen.....	13
3.5.1	Avojärjestelmät.....	13
3.5.2	Suljetut järjestelmät	13
3.6	Hulevesimäärien arviointi ja mitoitus	14
4	Aineisto ja menetelmät.....	15
4.1	Haastattelut.....	15
4.2	SCALGO Live ja paikkatieto.....	16
5	Tutkimusongelman kuvaus	17
6	Tutkimusalueen kuvaus	19
6.1	Vesistöt.....	20
6.2	Maanpeite	21
6.3	Maalajit	22
7	Hulevesien hallinta tutkimusalueella.....	23
7.1	Hulevesien hallinta Hämeenlinnassa.....	23
7.2	Hulevesien hallinnan menetelmät tutkimusalueella	24
7.2.1	Sammon kosteikko	26
7.2.2	Vuorentaan allasketju	26
7.2.3	Muita alueellisia huleveden hallintaratkaisuja	27
7.2.4	Kaavoihin merkityt hulevesien hallintaratkaisut.....	29

7.2.5	Kiinteistökohtainen hulevesien hallinta	30
7.2.6	Hulevesiverkosto	31
7.3	Rakennettujen alueiden osavaluma-alueet	32
8	Hulevesien hallinnan haasteet ja kehityskohteet	35
8.1	Hulevesien laatu ja laadulliset haasteet tutkimusalueella	35
8.2	Näkemyksiä hulevesien hallinnan haasteista	37
8.3	Haasteelliset alueet tutkimusalueella	39
8.4	Tulvaherkät alueet	41
8.5	Hulevesien hallinnan kehittäminen	44
9	Alueiden tarkastelu	46
9.1	Alue 1: Hirsimäenkadun pohjoispuoli	46
9.2	Alue 2: Myllyojan alue- Hirsimäenkadun eteläpuoli	49
9.3	Alue 3: Nummen osavaluma-alue	50
9.4	Alue 4: Vuorentaan alue.....	53
10	Tulevan rakentamisen vaikutus hulevesiin	54
11	Johtopäätökset ja pohdinta	56
11.1	Tutkimuksen luotettavuus	56
11.2	Pohdintaa hulevesien hallinnan haasteista.....	57
11.3	Pohdintaa hulevesien hallinnan kehittämisestä	59
	Lähteet	61

Kuvat ja taulukot

Taulukko 1. Tutkimusalueen maalajit ja niiden vedenläpäisykyky, asteikolla 1-3, jossa 1 =pieni vedenläpäisevyys, 2 = kohtalainen ja 3 = suuri.....	3
Taulukko 2. Valumakertoimet SCALGO Live ohjelman maanpeite luokille	4
Taulukko 3. Hulevesiin liittyy useita Agenda 2030 kestävän kehityksen tavoitteita	6
Taulukko 4. Myllyojan valuma-alueen hulevesien osavaluma-alueet.....	34
Taulukko 5. Hulevesien hallinnan haasteiden kohdekuvaukset.....	41
Taulukko 6. Hulevesien hallinnan kehitysalueiden kuvaukset	46

Kuva 1. Tutkimuksessa on käytetty mitoitussateena kerran kolmessa vuodessa tapahtuvaa sadetapahtumaa, joka huomioi ilmastonmuutoksen ja mitoitussateen kestossa huomioidaan valuma-alueen koko	14
Kuva 2. Maankäytön kehitys ja kosteudesta kärsivät peltoalueet eri vuosien ilmakuvissa	18
Kuva 3. Tutkimusalueen raja-alue Myllyojan valuma-alueella sisältää taajama-alueet ja tulevat rakennettavat alueet	20
Kuva 4. Tutkimusalueen uomat, vesistöt ja Natura 2000 – suojelualue	21
Kuva 5. Tutkimusalueen maanpeiteluokat ja niiden osuudet alueesta.....	22
Kuva 6. Tutkimusalueen maalajit ja niiden vedenläpäisykyky (1= pieni, 2 = kohtalainen ja 3 = suuri)	23
Kuva 7. Tutkimusalueen hulevesien hallintarakenteisiin kuuluu viivytys-, laskeutus- ja imeytysaltaita	25
Kuva 8. Laskeutusaltaaseen ohjataan vettä entiseltä kaatopaikka-alueelta.....	27
Kuva 9. Vuorentaan lampi, johon ohjataan hulevesiä.....	28
Kuva 10. Tohkakallion asuinalueen avo-oja	29
Kuva 11. Assi-sairaalan imeytysaltaaseen johdetaan hulevesiä sairaalan alueelta	31
Kuva 12. Hulevesien johtamisjärjestelmä Myllyojan tutkimusalueella	32
Kuva 13. Hulevesiverkoston osavaluma-alueet purkupisteittäin.	33
Kuva 14. Tutkimusalueen isoimmat valuma-alueet, niiden pinta-alat, keskimääräiset valumakertoimet ja mitoitusvirtaama kerran kolmessa vuodessa tapahtuvalla sadetapahtumalla	35
Kuva 15. Laadullista riskiä aiheuttavat riskipisteet. Pisteiden väri kertoo riskin teemajaoittelun ja numero arvioidun riskiluokan.....	36

Kuva 16. Hulevesien hallinnan kannalta haasteelliset kohteet on luokiteltu haasteen tyyppin mukaan.....	40
Kuva 17. Tulvaherkät alueet ja todetut tulvimistapahtumat.	42
Kuva 18. Tulvaherkkien alueiden läheisyyteen sijoittuvat laadulliset riskipisteet.....	43
Kuva 19. Hulevesien hallinnan mahdolliset kehitysalueet	45
Kuva 20. Hirsimäenkadun pohjoispuolen osavaluma-alueet, hulevesien hallinnan haasteet ja kehitysehdotukset	47
Kuva 21. Hirsimäenkadun pohjoispuolelle sijoittuvalle avouoman osuudelle on ehdotettu hulevesien viivytystä	48
Kuva 22. Hirsimäenkadun eteläpuolen osavaluma-alue, hulevesien hallinnan haasteet ja kehitysehdotukset.	50
Kuva 23. Nummen valuma-alueen tunnistetut haasteet, tulvaherkät alueet ja kehitysehdotukset.	51
Kuva 24. Nummen alueen läpi kulkevan avouoman reunoissa on nähtävillä eroosiota.	52
Kuva 25. Vuorentaan valuma-alueen tulvaherkät alueet, havaitut haasteet ja nykyiset hulevesien hallintarakenteet.....	54
Kuva 26. Tertin ja Hovilan kaavarunkoalueiden suurpiirteinen sijoittuminen ja tulevan rakentamisen vaikutus alueiden hulevesien määrään	56

Liitteet

Liite 1.	Aineistonhallintasuunnitelma
----------	------------------------------

Opinnäytetyössä esiintyviä käsitteitä

Alivirtaama: Pienin virtaama tietyllä ajanjaksolla (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 9).

Hulevesi: Rakennetuilta alueilta pois johdettava sade-, sulamis- ja kuivatusvesi (SYKE, 2019).

Hydrologinen kierto: Veden kierto maapallolla

Ilmastoskenaario: Vaihtoehtoisia arvioita siitä, miten ja millaiseksi ilmasto muuttuu erilaisilla oletuksilla siihen vaikuttavista tekijöistä, kuten kasvihuonekaasujen määrästä (SYKE ym., n.d.-a)

Luontopohjaiset ratkaisut: Luonnon omaan toimintaan pohjaavia ratkaisuja erilaisiin yhteiskunnallisiin ongelmiin (Sitra, n.d.).

Läpäisemätön pinta: Pinta, joka estää veden imeytymistä maaperään (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 12).

Maavesi: Maaperässä oleva vesi, joka on pohjaveden pinnan yläpuolisissa kerroksissa (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 12).

Mitoitussade: Kuvaa kuinka paljon sadevettä (l) kertyy tietylle alueelle (ha) tietyssä ajassa (s) (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 12).

Mitoitusvirtaama: Hulevesijärjestelmien suunnittelussa käytettyä laskennallinen virtaama. Lasketaan kertomalla alueen valumakerroin mitoitussateen intensiteetillä ja alueen pinta-alalla (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 101).

Pintavalunta: Sadevesimäärä, joka ei imeydy maahan, vaan valuu maan pintaa pitkin (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 13).

Painanne: Maastossa oleva alava kohta (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 12).

Painannevarasto: Maanpinnan alavien kohtien muodostama varasto, johon vesi lammikoituu (Illgren, 2011, s. 68).

Pohjavesi: Maanpinnan alapuolella oleva vesi joka täyttää maaperän ja kallion huokokset (SYKE ym., n.d.-b).

Rehevöityminen: Ravinnekuormituksen aikaansaama vesistön perustuotannon kasvu (SYKE, 2023).

Sadanta: Tietyssä ajassa sataneen sadeveden määrä (mm) (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 13).

Sateen intensiteetti: Tietyn aikavälin keskimääräinen sadanta (l/s/ha tai mm/h) (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 13).

Taajama-alue: Tiheään asuttu alue. Vähintään 200 asukkaan rakennusryhmät, joissa talojen välinen etäisyys ei ylitä 200 metriä (Tilastokeskus, n.d.)

Valuma-alue: Alue, jolta sen maastonmuotojen vuoksi vedet virtaavat tiettyyn vesistöön (SYKE ym., n.d.-c).

Valumakerroin/valuntakerroin: Kuvaa imeytymisen, haihtumisen ja varastoitumisen jälkeen pintavalunnaksi muodostuvan veden määrän suhdetta sade- ja sulamisveden kokonaismäärään (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 15).

Valunta: Sade- tai sulamisvesien osuus, joka kulkeutuu maan pintaa pitkin tai sen sisällä (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 15).

Vihreä infrastruktuuri: Strategisesti suunniteltujen luonnontilaisten ja ihmisen luomien viheralueiden verkosto, jonka tarkoitus on tuottaa erilaisia ekosysteemipalveluita ja luontopohjaisia ratkaisuja (SYKE, 2013, s. 16).

Virtaama: Vesimäärä, joka kulkee tietyn alueen, kuten uoman poikkileikkauksen läpi tietyssä aikayksikössä (SYKE ym., n.d.-d).

Ylivirtaama: Tietyn ajanjakson suurin virtaama (SYKE ym., n.d.-e).

1 Johdanto

Maankäytön muutokset, kuten lisääntyvä rakentaminen ja ilmastonmuutoksen vuoksi lisääntyvä sateisuus, tulevat kasvattamaan hulevesien määrää entisestään.

Kaupungistuminen keskittää asumisen yhä tiiviimpiin kasvukeskuksiin. Hämeenlinnan väestönkehityksessä kasvu on keskittynyt erityisesti läntiseen ja itäiseen kantakaupunkiin ja väestöennusteen mukaan kasvun tulee olemaan suurinta näillä samoilla alueilla tulevaisuudessakin (Hämeenlinnan väestöennuste, n.d. ss. 8 & 39).

Maankäytön muutokset ja päällystettyjen pintojen osuus lisäävät hulevesien määrää.

Rakennetuilla alueilla sateesta voi muodostua pintavalunnaksi jopa puolet, kun luonnonmukaisilla alueilla pintavalunta voi olla ainoastaan kymmenesosa sateesta (Illgren, 2011, s. 60). Kuormitus voi rankkasateen vuoksi olla niin suuri, ettei hulevesien johtamiseen tarkoitettu järjestelmä riitä veden käsittelymiseen, ja tästä aiheutuvat hulevesitulvat aiheuttavat terveydellisiä, taloudellisia ja ympäristöllisiä riskejä (SYKE, 2022). Hulevesien mukana kulkeutuu taajama-alueilta monenlaisia haitta-aineita, jotka kuormittavat vastaanottavien vesistöjen tilaa.

Tämä opinnäytetyö tarkastelee Hattulan Lehijärveen laskevan Myllyojan valuma-alueen hulevesien hallintaa. Työn tilaajana on Opitaan lisää ojista (OLO)- hanke. OLO-hanke toteutetaan Ympäristöministeriön Vesiensuojelun tehostamisohjelman rahoituksella, jonka on myöntänyt Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. Hankkeen toteuttajia ovat Hämeen ammattikorkeakoulu, Kokemäen Vesistön Vesiensuojeluyhdistys ry, Tapio Oy, Metsänhoitoyhdistys Häme ja Metsänhoitoyhdistys Päijät- Häme. OLO-hanke edistää valuma-alueiden vesienhallintaa ja yhteensovittaa maa- ja metsätalouden ja taajama-alueiden vesienhallintaa. Osana hanketta laaditaan Myllyojan valuma-alueelle valuma-aluekohtainen kunnostussuunnitelma. Kunnostussuunnitelman laatimiseksi täytyy valuma-alueen nykytilasta olla hyvä käsitys, ja opinnäytetyö luo pohjaa suunnitelmalle hulevesien osalta.

Opinnäytetyön tavoite on kuvata hulevesien hallinnan nykytilanne Myllyojan valuma-alueen taajama-alueella, kartoittaa mahdollisia haasteita, sekä alueita, joissa hulevesien hallintaratkaisuja voisi lisätä. Tutkimuksessa käytettiin menetelminä haastatteluita sekä verkkopohjaista SCALGO Live – vesienhallinnan työkalua.

2 Hulevedet

Vesi kiertää maapallolla jatkuvasti siirtyen eri muodoissa ilmakehän, maan ja vesistöjen kautta varastosta toiseen ja tätä kiertoa kutsutaan hydrologiseksi kierroksi. Vesi siirtyy haihduntana, kulkeutumalla vesihöyrynä ilmakehässä, sadantana, valunnan ja imeytymisen välityksellä väliaikaisiin varastoihin. Varastoja on sekä maanpinnalla, jossa erilaiset painanteet muodostavat pintavesistöjä, että maaperässä, jossa imeytynyt vesi varastoituu maavesiksi ja pohjavesiksi. Osa maahan sataneesta tai sulaneesta vedestä haihtuu takaisin ilmakehään, osa imeytyy maaperään ja osa jatkaa matkaansa pintavaluntana maan pintaa pitkin. (Vakkilainen, 2014, s.1)

Veden kiertokulkuun vaikuttavat useat tekijät ja koska taajama-alueet eroavat suuresti ominaisuuksiltaan luonnontilaisesta, on hydrologinen kiertokin poikkeavaa. Eniten taajama-alueiden veden kiertoon vaikuttaa runsas päällystettyjen ja läpäisemättömien pintojen määrä, joiden vuoksi vesi ei pääse pidättymään ja suodattumaan maaperään. Luonnontilaisilla alueilla noin puolet sadevedestä imeytyy maaperään ja rakennetuilla alueilla vain noin 15 %. Pintavalunta muodostuu siis huomattavasti suuremmaksi kuin luonnontilaisemmillä alueilla. (Illgren, 2011, s. 60). Rakennetuilla alueilla pintavaluntana kulkevaa ja pinnoille kerääntynyttä kutsutaan hulevedeksi (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 18).

2.1 Huleveden muodostumiseen vaikuttavat tekijät

Pintavalunnan kulkeutumisen keskeinen tekijä on maastonmuodot, sillä vesi kulkeutuu painovoimaisesti virtausreittejä pitkin ja kerääntyy painanteisiin. Valuma-alueen koko ja muoto, eli se millaiselta alueelta satanut vesi muodostuu pintavalunnaksi ja kulkeutuu tiettyyn pisteeseen, vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti valuntaa kertyy. (Vakkilainen, 2014, s. 9). Pieneltä alueelta hulevedet ehtivät valuma-alueen latvoilta nopeasti purkupisteeseen ja isommilta alueilta tässä kestää kauemmin. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 209). Osa sadevedestä jää maanpinnan painannevarastoon, johon vaikuttaa maaston muoto, kaltevuus ja pinnan ominaisuudet (Illgren, 2011, s. 68). Rakentamisen myötä painannevarasto usein heikentyy, kun pinnat tasataan ja maaston luonnolliset painaumat menetetään (Helsingin kaupunki ym., n.d.-a, s. 3).

Osa sadevedestä imeytyy maaperään ja tämän määrään vaikuttaa luonnonmukaisilla alueilla eniten maaperän ominaisuudet. Maalajeilla on erilaisia vedenläpäisy ominaisuuksia ja hienorakeisilla maalajeilla, jotka läpäisevät vettä heikosti, on pintavalunta suurempaa kuin

karkearakeisilla maalajeilla (Vakkilainen, 2014, s. 9). Maalajien vedenläpäisevyys on esitetty taulukossa 1. Päälystetyt pinnat estävät veden imeytymisen maahan, eikä maaperän laadulla ole tällöin suurta merkitystä. Kasvillisuuspeitteisillä alueilla, kuten puistoissa, maaperän ominaisuuksilla on merkitystä, sillä niillä vedenläpäisykyky on vastaava kuin luonnonmukaisilla alueilla. (Illegren, 2011, s. 66).

Taulukko 1. Tutkimusalueen maalajit ja niiden vedenläpäisykyky, asteikolla 1-3, jossa 1 = pieni vedenläpäisevyys, 2 = kohtalainen ja 3 = suuri (GTK., n.d.; SCALGO Live, 2024a)

Maalaji	Vedenläpäisykyky
Moreeni	
Soramoreeni	2
Hiekkamoreeni	1-2
Hieta- /hiesumoreeni	1
Karkearakeiset maalajit	
Sora	3
Karkea hieta	2
Hiekka	3
Hienorakeiset maalajit	
Hieno hieta	2
Hiesu	2
Savi	1
Eloperäiset maalajit	
Saraturve	1-2
Rahkaturve	1-2
Lieju	1

Keskeisin tekijä hulevesien syntyyn taajama-alueilla on maankäytön aiheuttamat muutokset, sillä mitä suurempi läpäisemättömien pintojen osuus on, sitä nopeammin ja enemmän pintavaluntaa syntyy (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 18). Maankäyttömuodoilla on erilaisia vaikutuksia pintavalunnan syntyyn ja näitä voidaan arvioida valumakertoimella.

Valumakerroin kuvaa sadannan ja pintavalunnan suhdetta, eli sitä määrää sateesta, joka muodostuu pintavalunnaksi. Tiiviisti rakennetuilla keskusta-alueilla, jossa on paljon läpäisemätöntä pintaa, valuntakerroin on 0,7–0,95 eli noin 70–95 % sateesta muodostuu pintavalunnaksi. Pientalovaltaisten alueiden valuntakerroin on 0,5- 0,7 ja puistojen ja puutarhojen 0,05-0,3 (Butler ym., 2018, s. 215). Valumakertoimet SCALGO Live-ohjelman maanpeiteluokille on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Valumakertoimet SCALGO Live-ohjelman maanpeite luokille. Mukailtu seuraavien lähteiden pohjalta: (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 208; Butler ym., 2018, s. 215; Helsingin kaupunki ym., n.d.-b).

Maanpeiteluokka	Valumakerroin
Luonnonllinen maanpeite	
Paljas maa	0,3
Matala kasvillisuus (nurmi, puisto)	0,2
Tiheä kasvillisuus (metsä)	0,1
Pelto	0,2
Paljas kallio	0,4
Keinotekoinen maanpeite	
Päällystetty tie	0,8
Muu päällystetty alue	0,8
Päällystämötön tie	0,3
Rakennus (katto)	0,9

2.2 Sademäärä

Sade on hulevesien syntyyn ja määrään liittyvä olennainen tekijä. Sadetapahtuman suureita ovat sademäärä, sateen intensiteetti eli rankkuus ja sateen kesto. Koska nämä kaikki tekijät vaihtelevat suuresti, on tilastoinnin avulla luotu arvio tietyn sadetapahtuman todennäköiselle toistuvuudelle. (Illgren, 2011, s. 61). Tätä mitoitussadetta, joka kuvaa tietyllä todennäköisyydellä tapahtuvaa, tietyn keston, intensiteetin ja sademäärän sisältävää sadetapahtumaa käytetään hulevesien hallinnan suunnittelussa mitoittavana tekijänä.

Suomessa ei ole käytössä yleistä ohjeistusta mitoitussateiden todennäköisyyksille, vaan mitoitus tehdään tapauskohtaisesti ja siihen vaikuttaa mm. kustannukset, hyväksytty tulviminen ja mahdollisten hulevesitulvien aiheuttamat riskit, hulevesien hallinnan keinot ja halutut vaikutukset. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 107) Esimerkiksi Ilmastokestävän kaupungin tonttikohtaisissa hulevesien hallintarakenteiden ohjeissa mitoitussateen intensiteettinä käytetään kerran kahdessa vuodessa tapahtuvaa 10 minuutin kestäväää sadetapahtuman intensiteettiä 150 l/s/ha (Helsingin kaupunki ym., n.d.-b), kun taas hulevesien laadullisen hallinnan järjestelmissä mitoitus voidaan perustaa tavanomaisen sateen aiheuttaman hulevesimäärän käsittelemiseen (Suomen kuntaliitto, 2012, s.110). Sateen rankkuus pienenee sateen keston lisääntyessä ja valuma-alueen koko vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti hulevedet virtaavat valuma-alueen läpi purkupisteelle. Tämän vuoksi hulevesien määrää arvioitaessa huomioidaan sadetapahtumien kesto erikokoisille valuma-

alueille. Esimerkiksi alle kahden hehtaarin valuma-alueella käytetään mitoitussateena 5 minuutin kestoista sadetapahtumaa ja 5–20 hehtaarin valuma-alueella 20 minuutin sadetapahtumaa. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 209)

2.3 Ilmastomuutoksen vaikutus vesivaroihin

Ilmastomuutoksella on monia vaikutuksia Suomen vesivaroihin. Ilmastomuutos vaikuttaa sekä veden määrää lisäävästi, että vähentävästi ja vaikutukset voivat olla alueellisia.

Sademäärän on arvioitu kasvavan ilmastoskenaariosta riippuen 7–18 % ja rankkasateiden on arvioitu voimistuvan 10–25 %. (Ilmatieteenlaitos ym., 2017) Lisääntyvä sateisuus lisää valunnan määrää, mutta vuosivalunnan muutokset ovat paikallisia. Keskimäärin vuosivalunnan katsotaan nousevan Suomessa 7 % vuoteen 2050 mennessä. Valunnan määrän lisäksi muuttuu myös sen ajoittuminen, etenkin Etelä- Suomessa kevätvalunnan arvioidaan pienenevän ja talvivalunnan kasvavan, kun lumipeitteinen aika lyhenee. Lumen määrä vähenee ja lumen sulamisaika aikaistuu, jolloin sulamisvesien vaikutusaika muuttuu vuodenkierrossa varhaisemmaksi. Lämpötilojen nousu, talven lyheneminen ja yleistyvät hellejaksot lisäävät haihduntaa ja aiheuttavat kuivuusjaksoja. (SYKE, 2016)

Ilmastomuutos saattaa lisätä tulvien määrää, mutta vaikutukset vaihtelevat riippuen alueesta, tulvan tyypistä ja vesistöjen ominaisuuksista. Kaupungeissa tulvariski kasvaa erityisesti lisääntyneiden rankkasateiden vuoksi (Veijalainen ym., 2012, s. 63). Sademäärän ja sateen rankkuuden on arvioitu kasvavan n. 20 % vuosisadan loppuun mennessä ja tämän vuoksi tapahtuvien tulvahuippujen toistuvuus tulisi muuttumaan nykytilaan verrattuna niin, että nyt 5, 10 ja 25 vuoden välein tapahtuvat tulvahuiput tulisivat tapahtumaan 3, 5 ja 10 vuoden välein (Suomen kuntaliitto, 2012, ss. 98–99). Koska suurimpien sademäärien kasvu tulee olemaan noin 20 %, tulisi hulevesijärjestelmät mitoittaa kestäämään noin 20 % isommat sademäärät kuin aiemmin (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 111).

2.4 Hulevedet ja kestävä kehitys

Kestävän kehityksen tavoite on turvata hyvät elämisen mahdollisuudet nykyisille ja tuleville sukupolville ja sen ulottuvuuksia ovat ekologinen taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurillinen kestävyys (Ympäristöministeriö, 2023). Kestävän kehityksen työtä ohjaa maailmanlaajuinen toiminta ohjelma, Agenda 2030, jonka 17 päätavoitetta ja näiden alatavoitteet ohjaavat kestävä kehityksen toteutumista. (Valtioneuvoston kanslia, n.d.-a) Tavoitteista useat liittyvät myös hulevesiin ja nämä on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Hulevesiin liittyvät useita Agenda 2030 kestävän kehityksen tavoitteita (Valtioneuvoston kanslia, n.d.-b-f.).

Agenda 2030 Kestävän kehityksen pää tavoite		Esimerkki hulevesiin liittyvästä tavoitteesta
Tavoite 6	Puhdas vesi ja sanitaatio	Integroitu vesivarojen hallinta ja vesistöihin liittyvien ekosysteemien suojeleminen
Tavoite 11	Kestävät kaupungit ja yhteisöt	Kestävä kaupungistuminen ja kaupungistumisen aiheuttamien haitallisten ympäristövaikutusten vähentäminen
Tavoite 13	Ilmastotekoja	Ilmastoön liittyviin riskeihin sopeutuminen
Tavoite 14	Veden alainen elämä	Merten saastumisen vähentäminen maalla tapahtuvien toimintojen vaikutuksesta
Tavoite 15	Maanpäällinen elämä	Sisämaan makean veden ekosysteemien suojeleminen ja kestävä käyttö

Hulevesien hallinnan tarpeet ja tavoitteet ovat muuttuneet runsaasti viimeisten vuosikymmenien aikana. Tarve hulevesien hallintaan on liittynyt aluksi alueiden kuivatukseen ja perustunut hulevesien johtamiseen pois niiden syntypaikalta. Nykyään kuivatuksen rinnalla huomioidaan kestävän kehityksen mukaiset ekologiset, sosiaaliset ja taloudelliset ulottuvuudet. Hulevesien hallinnassa huomioidaan hulevesien aiheuttamat laadulliset haitat, vesistöjen ekologinen tila ja kuormituksen ehkäiseminen, esteettiset ja viihtyvyyteen liittyvät tekijät, virtausjärjestelmän ja hydrologisen järjestelmän ennallistaminen luonnonmukaisemmaksi, luonnon monimuotoisuus ja tarkastelu mahdollisena resurssina, esimerkiksi kastelussa tai virkistysarvona. (Fletcher ym., 2014, ss. 10, 13)

Luontopohjaisiin ratkaisuihin ja vihreään infrastruktuuriin perustuva luonnonmukainen hulevesien hallinta on yleistymässä ja on herättänyt kiinnostusta, sillä monitoiminnallisena se tuottaa hulevesien hallinnan lisäksi monia muitakin hyötyjä mm. lisäämällä alueen monimuotoisuutta tarjoamalla elinympäristöjä, säätelemällä ilmanlaatua tai toimimalla virkistyskohteena. (Lähde, 2021, s. 19) Luontopohjaiset ratkaisut (nature-based solutions) ovat luonnon toimintaan pohjaavia ratkaisuja, joilla pyritään ratkaisemaan yhteiskunnallisia ongelmia ja se toimii kattoterminä useille muille, kestävässä hulevesien hallintaan liittyville periaatteille ja filosofioille, joita käytetään eri puolilla maailmaa (Kautto, 2021, s. 10). Vihreä infrastruktuuri on sekä luonnon omia, että ihmisen luomia viheralueita sisältävä strategisesti luotu verkosto, jonka tarjoamia ekosysteemipalveluita suunnitellaan ja ylläpidetään tarkoituksella. Vihreä infrastruktuuri pitää sisällään myös vesialueet ja pienvedet, joskin vesien kohdalla puhutaan erikseen sinisestä infrastruktuurista. (SYKE, 2013, ss. 16–17)

2.5 Hulevesien aiheuttamat riskit

Suomessa suurin vesistökuormittaja on maatalous ja yhdyskuntien osuus rehevöittävästä kuormituksesta on maatalouteen verrattuna pientä (SYKE, 2021b). Hulevesien vesistövaikutus voi kuitenkin olla paikallisesti merkittävää ja niiden mukana kulkeutuu lukuisia erilaisia haitta-aineita, yhdisteitä ja vaarallisia aineita, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti pinta- ja pohjavesiin. Taajama-alueilta haitallisia aineita päätyy vesiin mm. ilmalaskeumana, liikenteestä, rakentamisessa käytetyistä materiaaleista, lemmikkieläinten ulosteista, teollisuusalueilta, lannoitteista, viemärivuodoista, liukkauden torjunnasta ja roskaamisesta. Haitta-aineita on monenlaisia, ja niitä on mm. ravinteet, raskasmetallit, suolat, bakteerit, öljy- ja hiilivedyt, PFAS- yhdisteitä ja mikromuovit. (Valtanen ym., 2023, ss. 12–15)

Hulevesien määrä voi aiheuttaa riskin, kun rankkasateen tai sulamisvesien aiheuttama kuormitus hulevesijärjestelmälle on niin suuri, ettei se pysty kuljettamaan vettä riittävän nopeasti pois. Alueet, joilla on paljon päällystettyä pintaa ovat alttiita hulevesitulville, ja ilmastomuutoksen myötä yleistyvät rankkasateet lisäävät tätä riskiä. (SYKE, 2022)

Rakennettujen alueiden usein suoristetut ja oikaistut vesiuomat, sekä se, että runsas määrä hulevettä johdetaan yhteen purkupisteeseen lisää purku-uomien eroosiota, äärevöittää virtaamia ja voi aiheuttaa tulvimista purku-uoman alajuoksulla (Vakkilainen ym., 2005, s. 81 & Tornivaara-Ruikka, 2006, s. 13). Hulevesien määrä on yhteydessä laatuun, sillä mitä suurempi määrä purkuvesiin johdettavia hulevesiä muodostuu, sitä enemmän ne pitävät sisällään myös laadullisia riskitekijöitä.

Pohjavesialueilla hulevedet voivat muodostaa riskin pohjaveden laadulle ja määrälle. Mikäli hulevesiä johdetaan pois pohjavesialueilta, voi pohjaveden määrä vähentyä. Tämä voi vaikuttaa myös pohjaveden laatuun ja virtauksiin. Mikäli hulevesi imeytetään maaperään, voi pohjavesien laatu heikentyä, jos hulevedet sisältävät suuria pitoisuuksia haitta-aineita. Pohjavesialueilla puhtaata hulevedet tulisi mahdollisuuksien mukaan imeyttää ja likaantuneet hulevedet joko puhdistaa ennen imeyttämistä, tai johtaa pois pohjavesialueilta. (Valtanen ym., 2023, s. 39)

3 Hulevesien hallinta

Läpäisemättömille pinnoille kertyvää vettä pyritään hallitsemaan niin, ettei se aiheuta tulvia, aiheuta yli- tai alivirtaamia tai vaaranna vastaanottavan vesistön tilaa. Huleveden

poisjohtaminen ei riitä hallinnan menetelmäksi, vaan niiden syntyä pyritään estämään, määrää vähentämään ja laatua parantamaan. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 20) Hulevesien hallinta on kokonaisuus, jossa käytetään useita menetelmiä rinnakkain (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 141). Luonnonmukaisilla huleveden hallintakeinoilla, kuten kosteikoilla, kasvillisuuspainanteilla tai viivytyksilla pyritään käyttämään hyväksi luonnon prosesseja huleveden määrän vähentämisessä, sen laadun parantamisessa ja luomaan samalla viihtyisiä ympäristöjä (Vakkilainen ym., 2005, s. 65).

Hulevesien hallinnan järjestämiseen liittyy useita eri lakeja, joista keskeisin on maankäyttö ja rakennuslaki. Hulevesiin liittyvää lainsäädäntöä uudistettiin vuonna 2014, tavoitteena edistää hulevesien kokonaisvaltaista hallintaa ja muutoksen myötä vastuu hulevesien hallinnasta asemakaavoitetuilla alueilla siirtyi kunnille. (Suomen Kuntaliitto, 2017, s. 4) Tässä luvussa kuvataan keskeisin hulevesiin liittyvä lainsäädäntö ja vastuiden jakautuminen, hulevesien hallintamenetelmiä ja niiden suunnittelussa tarvittavaa hulevesien määrän arviointia.

3.1 Hulevesiin liittyvä lainsäädäntö

Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) on ensisijainen hulevesien hallintaa säätelevä laki. Lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö niin, että edellytykset hyvälle elinympäristölle täyttyy ja edistetään kestävä kehitystä (MRL 132/1999). Maankäyttö- ja rakennuslaissa annetaan erityisiä säädöksiä hulevesiin liittyen, mm. määritellään hulevesien hallinnan yleiset tavoitteet ja vastuut. Lain mukaan kiinteistön omistajalla on vastuu hulevesien hallinnasta tontilla ja kunnalla on vastuu hulevesien hallinnan järjestämisestä asemakaava-alueilla. (MRL 682/2014 §103) 1.1.2025 voimaan astuvan lakimuutoksen (752/2023) myötä maankäyttö- ja rakennuslain nimike muuttuu alueidenkäyttölainsäädännöksi. Samalla tulee voimaan rakentamislaki (751/2023) jossa säädetään rakennusten ja rakennuskohteiden suunnittelusta ja käytöstä. Rakentamislainsäädäntöön säädetään veden johtamiseen liittyvien rakenteiden sijoittamisesta ja ojituksesta silloin, kun tätä ei säätele vesilaki (Rakentamislaki 751/2023 §132).

Tulvariskilainsäädäntö (Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010) säädetään tulvariskien hallinnan järjestämisestä. Hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta säädetään siten, että kunnan tulee tehdä alustava arvio hulevesitulvista aiheutuvista riskeistä ja nimetä merkittävät tulvariskialueet (Laki tulvariskien hallinnasta, 620/2010 §19).

Vesilain (587/2011) tavoite on edistää vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä kestäväällä tavalla, ehkäistä haittoja ja parantaa näiden tilaa. Laissa säädetään mm. luvanvaraisista vesitaloushankkeista ja ojituksesta. Vesihuoltolain (119/2001) tavoitteena on mm. terveyden

ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemärointi ja siinä säädetään vesihuollon järjestämisestä. Hulevesien osalta laissa määritetään kunnan mahdollisuus sopia vesihuoltolaitoksen kanssa hulevesien viemäroinnistä, kiinteistön liittämistä hulevesiviemäriin ja liittämisvelvollisuudesta vapauttamisesta (Vesihuoltolaki 119/2001 §17).

Ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014) tavoite on ehkäistä ympäristön pilaantumista, se velvoittaa toimijoita olemaan selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista ja ehkäisemään ympäristön pilaantumista ja määrittää luvanvaraisen toiminnan, eli sen milloin toimintaa varten tarvitaan ympäristölupa. Hulevesien kohdalla ympäristölupa saatetaan tarvita niiden johtamiseen, mikäli niistä aiheutuu ympäristön pilaantumista tai ne sisältävät tiettyjä haitta-aineita (YSL 527/2014 § 27).

3.2 Hulevesiin liittyvät vastuut

Kunta vastaa hulevesien hallinnan järjestämisestä asemakaavoitetuilla alueilla ja huolehtii hulevesien hallinnan suunnittelusta, rakentamisen ohjauksesta ja valvonnasta. (Suomen Kuntaliitto, 2017, ss. 26–27). Kaupungeilla ja kunnilla voi olla hulevesistrategia, joka ohjaa hulevesien hallinnan suunnittelua kokonaisvaltaisesti ja määrittää hulevesien hallinnan yleiset toimintaperiaatteet ja tavoitteet (Jutila, 2009, ss. 2, 5). Maakuntakaavassa saatetaan tarkastella hulevesien merkitystä yleispiirteisesti osana tulvien hallintaa ja vesistöjen suojelua. Yleiskaavassa hulevesien hallintaa tarkastellaan valuma-alueitasoisesti, tehdään maisemaan ja maastoon liittyviä selvityksiä ja voidaan osoittaa tilavarauksia alueellisten hulevesien käsittelyyn. Asemakaavassa esitetään hulevesien hallinnan mitoitusperiaatteet ja menetelmät, osoitetaan aluevarauksia ja tehdään määräyksiä ja ohjeistuksia rakentamista varten. (Suomen kuntaliitto, 2012, ss. 74–79)

Kiinteistön omistaja vastaa hulevesien hallinnasta tontin rajaan saakka noudattamalla kunnan antamia määräyksiä ja ohjeita. Vesihuoltolaitoksen viemärintialueella kiinteistön tulee liittyä vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkostoon. Mikäli tähän ei ole velvoitetta tai kiinteistö ei voi käsitellä hulevesiä omalla tontilla, tulee kiinteistön johtaa hulevedet kunnan hulevesijärjestelmään. (Suomen Kuntaliitto, 2017, s. 24) Kunnan rakennusjärjestyksessä voidaan antaa ohjeistuksia ja määräyksiä hulevesien hallintaan, esimerkiksi ohjeistaa läpäisevien pintojen käyttöön tai vaatia tietyn hulevesimäärän imeyttämistä tonttikohtaisesti (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 86).

Vesihuoltolaitos vastaa hulevesien viemäroinnistä, mikäli kunnan kanssa näin on sovittu ja käytäntö, esimerkiksi putkiviemärintilalaitteiston hallinnasta, voi vaihdella kunnan mukaan.

Vesihuoltolaitoksen vastuulle voi antaa ainoastaan hulevesienviemärointiin liittyvät vastuut ja muut hallintarakenteet kuuluvat kuntien vastuulle. (Suomen Kuntaliitto, 2017, ss. 29–30)

Valtioneuvosto vastaa valtakunnallisista alueiden käyttötavoitteista ja hyväksyy vesienhoitosuunnitelmat. Elintarvike, liikenne ja ympäristökeskus valvoo valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden toteutumista kaavoituksessa, vesilain ja ympäristönsuojelulain toteutumista sekä ylläpitää yhdessä Suomen ympäristökeskuksen kanssa tietojärjestelmää tulvariskeihin liittyvistä arvioinneista. Aluehallintoviraston toimintaan kuuluu vesi- ja ympäristönsuojelulain mukaiset lupa-asiat. (Suomen Kuntaliitto, 2017, ss. 30–31)

3.3 Hulevesien määrän vähentäminen

Hulevesien määrää vähentämällä vaikutetaan hulevesien muodostumiseen ja pyritään ennallistamaan hydrologista kiertoa luonnonmukaista vastaavaksi. Keinoja huleveden vähentämiseen on kasvillisuus, läpäisevät pinnoitteet ja imeyttäminen. Koska päällystettyjen pintojen määrä vaikuttaa hulevesien syntyyn, on niiden määrän vähentäminen yksi keino vähentää hulevesien muodostumista. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 142)

3.3.1 Kasvillisuus

Kasvillisuus on hulevesien hallinnassa merkityksellinen, koska sillä on monia veden kiertoon liittyviä vaikutuksia. Sadevesi pidättyy kasvillisuuden pinnalle ja haihtuu siitä takaisin ilmakehään, kasvillisuuspeitteisen maan kautta vesi imeytyy maaperään, josta kasvillisuus jälleen haihduttaa vettä tai se imeytyy pohjaveteen. Kasvillisuudella on paljon muitakin etuja, sillä se parantaa vedenlaatua suodattamalla haitta-aineita. (Perini & Sabbion, 2017, luku 6.1)

Kasvillisuutta voidaan käyttää hyväksi monissa hulevesien hallintamenetelmissä ja sillä on merkittävä rooli esimerkiksi biopidätysaltaissa (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 143) tai kasvillisuuspeitteisissä viherkatoissa, jotka vähentävät katoilta tulevaa hulevesien määrää erityisesti tiivisti rakennetuilla alueilla (Helsingin kaupunki ym., n.d.-a, s. 9). Kasvillisuuden kykyä imeä vettä maasta voidaan käyttää hyväksi ja hulevesiä voidaan ohjata esimerkiksi puiden kasvualustaan, jotka voivat lajista, koosta ja ilmastollisista tekijöistä riippuen imeä ja haihduttaa maasta vettä useita satoja litroja päivässä (Marila, n.d.). Kasvillisuuspeitteisiä pintojen määrää voidaan maankäytön suunnittelussa lisätä, arvioida ja määrittää esimerkiksi viherkertoimen käytöllä. Viherkerroin on työkalu, joka määrittää kuinka paljon kasvillisuuspeitteistä pintaa, tai muita haluttuja elementtejä tulisi olla suhteessa koko tontin pinta-alaan. Eri elementeille, kuten hulevesien hallintarakenteille, läpäiseville pinnoitteille,

istutetulle kasvillisuudelle ja säilyneelle kasvillisuudelle tai maaperälle annetaan erilaisia painotuksia. Viherkertoimen tavoittelukua voidaan käyttää ohjaamaan kasvillisuuden käyttöä ja hulevesien hallintaa tonttikohtaisesti. (Helsingin kaupunki & WSP, 2021, s. 7)

3.3.2 Hulevesien imeyttäminen

Hulevesien imeyttämisellä pyritään imeyttämään pintavalumaksi muodostuneita hulevesiä pintakerros- tai pohjavesivalunnaksi. Imeyttämisellä voidaan vähentää huleveden määrää ja tasata virtaamia, joskaan ne yksin eivät riitä hulevesitulvien hallitsemisen keinoksi. Imeyttäminen parantaa hulevesien laatua, sillä vesi puhdistuu suodattuessaan maakerrosten läpi. Erityisen merkittävää imeyttäminen on pohjavesialueilla, joilla pohjaveden pinnan alenemista pyritään estämään. (Suomen kuntaliitto, 2012, ss. 146–147) Imeytysjärjestelmiä on mm. imeytyskaivannot, imeytyspainanteet, tai kasvillisuuspeitteiset biosuodatusalueet eli sadepuutarhat.

Imeytyskaivanto voi olla maanpäälle tehty tai maanalainen kaivanto, joka on täytetty huokoisella materiaalilla, esim. karkealla kiviaineksella. Hulevesi johdetaan kaivantoon, jossa se ensin varastoituu huokoiseen materiaaliin ja sitten imeytyy maaperään. Hulevedet johdetaan maanpäällisiin kaivantoihin maan pintaa pitkin usein kiintoaineita pidättävän esikäsittelyn, kuten viherpainanteen, kautta. Maanalaisiin kaivantoihin hulevedet johdetaan viemäriä pitkin joko suoraan, tai jonkin esikäsittelyn, kuten hiekan- ja öljynerotuskaivon, kautta. (Suomen kuntaliitto, 2012, ss.147–149)

Imeytyspainanteista käytetään myös nimiä sadepuutarha tai biopidätys- tai biosuodatusalue. Nämä ovat kasvillisuuspeitteisiä, matalia painanteita, joihin hulevedet kerääntyvät ja lammikoituvat hetkellisesti ennen imeytymistä maaperään. Imeytyspainanteet ovat melko paikallisia ratkaisuja ja niiden valuma-alueen on korkeintaan muutamia hehtaareja. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 151) Sadepuutarhaksi kutsutun imeytyspainanteen toiminta perustuu usein hyvin vettä pidättävän ja johtavan maaperän ominaisuuksiin ja istutettuun kasvillisuuteen. Muissa imeytyspainanteissa istutuskerroksen ja vettä läpäisevän maaperäkerroksen alle on rakennettu karkeasta kiviaineksesta pidätys- ja imeytyskerros, joka on varustettu purkuputkella. (Perini & Sabbion, 2017, luku 6.5) Purkuputki mahdollistaa painanteen tyhjentymisen riittävän nopeasti ja tietyn viivytystilavuuden ylläpitämisen (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 151).

3.3.3 Lämpäisevät päällysteet

Koska läpäisemättömien pintojen määrä lisää hulevesien muodostumista, voidaan hulevesien määrää vähentää käyttämällä läpäiseviä päällysteitä läpäisemättömien sijaan. (Perini & Sabbion, 2017, luku 7.3). Lämpäisevässä päällysteessä vesi imeytyy läpäisevän pintakerroksen kautta sen alapuolelle karkeasta kiviaineksesta tehtyyn rakennekerrokseen, josta se imeytyy maaperään tai johdetaan muualle.

Pintakerroksena voi olla esimerkiksi avoin asfaltti, jonka rakenne on huokoinen ja vettä läpäisevä, tai harva kivetys, reikälaatta tai muovikennosto, jonka välit on täytetty vettä läpäisevällä materiaalilla, kuten kasvupeitteellä, kennosoralla tai murskeella. Lämpäiseviä päällysteitä voidaan käyttää vähän liikennöidyillä alueilla, kuten kevyen liikenteen väylillä. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 144)

3.4 Hulevesien viivyttäminen

Viivyttämällä hidastetaan hulevesin kulkua varastoimalla ne joksikin aikaa ja vapauttamalla vähitellen eteenpäin. Viivyttämiskäytännöt hidastavat hulevesivirtaamaa, ehkäisevät tulvariskejä ja eroosiota ja voivat etenkin kasvillisuuspeitteisinä parantaa hulevesien laatua. Viivytyksen menetelmiä ovat kosteikot, lammikot, painanteet ja rakennetut altaat ja kaivannot. (Suomen kuntaliitto, 2012, ss. 172–173)

Kosteikot ja lammikot soveltuvat isojen vesimäärien viivytykseen ja ovat usein valuma-aluekohtaisia ratkaisuja. Lammikot ovat pienikokoisia altaita, joissa yleisesti on pysyvä vesipinta sellaisella korkeudella, että siihen jää tilaa hulevesien väliaikaiselle viivytykselle, mutta kuitenkin riittävän syvä pysyvän vesipinnan säilymiseen kuivina kausina. Veden määrää säädelään padotuksella ja purkuputkella tai rakennetulla ylivuotoreunalla ja tyhjennysputkella, joka mahdollistaa altaan tyhjentämisen tarvittaessa. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 173) Kosteikot ovat vesisyvyydeltään matalampia ja niissä on vaihteleva pinnanmuoto, jonka ansiosta niihin syntyy alueita, joilla on jatkuva vesipinta, ajoittain veden peittämiä matalapintaisia alueita ja korkeita alueita, jotka ovat harvoin veden alla. Runsas ja monipuolinen kasvillisuus on kosteikoille tyypillistä. (Suomen kuntaliitto, 2012, s.175)

Aluekohtaisempia ratkaisuja ovat rakennetut altaat, painanteet ja kaivannot. Allas voi olla keinotekoisesti rakennettu allas, jossa on pysyvä vesi ja matalahko veden syvyys. Viivytyspainanteet ovat maanpinnalla olevia, usein kasvillisuuden peittämiä painanteita, johon hulevedet väliaikaisesti lammikoituvat. Niissä ei ole rakennettua imeytyskerrosta ja

veden virtaamaa säädellään purkuputkella tai patorakenteella. Viivytskaivannot ovat maan alle tehtyjä rakenteita, jotka ovat usein osa hulevesiviemäriverkostoa. Vesi kerääntyy kaivantoon, josta se salaojaputken tai purkuputken kautta tyhjenee viemäriverkoston. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 177)

3.5 Hulevesien johtaminen

Hulevesien johtamisjärjestelmillä hulevedet kootaan ja johdetaan pois syntypaikalta alueen kuivattamiseksi tai hulevesien käsittelemiseksi hallitusti muualla. Myös tulvareitit, joiden tarkoitus on johtaa hulevesiä tilanteessa, jossa varsinaisen hulevesijärjestelmän mitoitus on ylittynyt, ovat osa johtamisjärjestelmää. Johtamisjärjestelmiä ovat maanalaiset putkijärjestelmät ja maanpäälliset avojärjestelmät. (Suomen kuntaliitto, 2012, ss. 157, 169.)

3.5.1 Avojärjestelmät

Huleveden johtamisen avojärjestelmiä ovat mm. avo-ojat, purot, viherpainanteet tai rakennetut kourut ja kanavat ja niihin kuuluu putkitetut osuudet, esimerkiksi rummut, jotka mahdollistavat hulevesien johtamisen teiden läpi tai ali. Avojärjestelmät vievät tilaa ja siksi ne soveltuvat parhaiten väljästi rakennetuille alueille. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 157)

Avojärjestelmät viivyttävät ja imeyttävät hulevesiä, tasaavat virtaamia ja voivat parantaa niiden laatua, etenkin jos ovat kasvillisuuspeitteisiä. Avojärjestelmät eivät ole yhtä tulvaherkkiä verrattuna suljettuihin järjestelmiin. (Helsingin kaupunki ym., n.d.-a, s. 33)

3.5.2 Suljetut järjestelmät

Hulevesiviemäriverkosto kokoaa ja johtaa hulevedet pois kaduilta, teiltä ja pihoilta. Tiiviisti rakennetuilla alueilla ne ovat usein ainoa mahdollinen johtamismenetelmä. Koska viemäristö kuljettaa hulevesiä nopeasti ilman että ne pääsevät imeytymään verkostossa, aiheuttaa viemäriverkosto käyttö isoja virtaamavaihteluita, purkupisteiden eroosiota, ja vesien tilan heikentymistä.

Viemärijärjestelmä noudattaa usein luonnonmukaisia valumareittejä ja toiminta perustuu painovoimaisuuteen. Järjestelmä koostuu hulevesikaivoista, joita pitkin hulevedet kulkeutuvat viemäriin, kunnossapitoon tarvittavista tarkastuskaivoista, vesiä kuljettavasta viemäristöstä ja

pumppaamoista. Viemäristä vedet johdetaan purkupisteeseen, esimerkiksi avo-ojaan tai järveen. (Suomen kuntaliitto, 2012, ss. 189–191)

3.6 Hulevesimäärien arviointi ja mitoitus

Hulevesijärjestelmät mitoitetaan tietyn sadetapahtuman aiheuttamalle hulevesivirtaamalle (l/s/ha) tai huleveden määrälle (m³). Johtamisjärjestelmät mitoitetaan mitoitusvirtaaman (Q) mukaan ja siihen vaikuttaa alueen keskimääräinen valumakerroin (C), valitun mitoitusasteen intensiteetti (i) ja valuma-alueen koko hehtaareina (A) ja se lasketaan yksinkertaisimmillaan kertomalla nämä keskenään. Mitoitusvirtaaman laskukaava on tällöin: $Q = C \cdot i \cdot A$. (Suomen kuntaliitto, 2012, s. 101)

Hulevesien varastointijärjestelmät mitoitetaan hulevesien määrän mukaan. Määrä (V) ilmaistaan kuutioina (m³) ja se lasketaan kertomalla mitoitusvirtaama mitoitusasteen kestoajalla sekunteina (t) ja jakamalla tulos tuhannella. Hulevesien tilavuuden laskukaava on tällöin: $V = (C \cdot i \cdot A \cdot t) / 1000$ (Suomen kuntaliitto, 2012, s.101)

Tässä tutkimuksessa virtaamien laskemisessa käytettiin mitoitusasteena Kuntaliiton Hulevesioppaan mukaista ilmastonmuutoksen huomioivaa sateen intensiteettiä kerran kolmessa vuodessa tapahtuvalle sadetapahtumalle. Mitoitusasteen kestonä käytettiin saman oppaan ohjeellisia valuma-alueen koon huomioivia mitoitusasteen kestoajakoja (Suomen kuntaliitto, 2012, ss. 111, 209) ja nämä on esitetty kuvassa 1.

Kuva 1. Tutkimuksessa on käytetty mitoitusasteena kerran kolmessa vuodessa tapahtuvaa sadetapahtumaa, joka huomioi ilmastonmuutoksen ja mitoitusasteen kestossa huomioidaan valuma-alueen koko (Suomen kuntaliitto, 2012, ss. 111, 209).

Valuma-alueen pinta-ala	Mitoitusasteen kesto (min)	Sateen intensiteetti (l/s/ha)
< 2 ha	5	220
2-5 ha	10	156
5-20 ha	20	117
20 -100 ha	60	56,4

Ilmastonmuutoksen vaikutuksen huomioiva mitoitusaste kerran kolmessa vuodessa tapahtuvalle sadetapahtumalle					
Sateen kesto (min)	5	10	15	30	60
Sateen intensiteetti (l/s/ha)	220	156	133	86	56,4

4 Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa käytettiin menetelminä laadullista tutkimusta ja kokeellisia menetelmiä. Hulevesien hallinnan nykytilaa, mahdollisia haasteita ja hulevesien hallinnan kehitykseen sopivia alueita selvitettiin kokemuseräisen tiedon kautta haastatteluin ja verkkopohjaisen vesienhallinnan työkalu SCALGO Live- ohjelman avulla (Arge ym., 2024), jonka lisenssi saatiin käyttöön Hämeenlinnan kaupungilta. SCALGO Liven analyyseistä työssä käytettiin Flash Flood Mapping analyysia ja Watershed työkalua. Tietojen siirrossa, muokkaamisessa ja karttojen piirtämisessä käytettiin avoimen lähdekoodin ilmaista paikkatietoaineistojen käsittelyyn tarkoitettua QGIS- ohjelmaa (versio 3.36.2- Maidenhead). Muita käytettäviä aineistoja oli aiemmin tehdyt selvitykset, kaava-aineistot, vesihuoltoyhtiöltä saatu hulevesiviemäriaineisto, Suomen ympäristökeskuksen yleispiirteinen hulevesitulvakartta ja SCALGO Live-ohjelman paikkatietoaineistot. Tutkimuksen aikana tehtiin myös yksi maastokäynti, joka toteutettiin 22.5.2024.

4.1 Haastattelut

Haastatteluja toteutettiin kahdeksan ja haastateltaviksi valittiin henkilöitä, joilla työnsä kautta on kokemusta ja tietämystä tutkimusalueen hulevesistä, niiden hallinnasta ja mahdollisista haasteista. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina. Tällöin haastattelun teema ja kysymykset ovat ennalta laaditut ja haastattelut noudattavat tiettyä teemaa tai teemoja, mutta kysymykset voidaan esittää eri muodoissa, järjestyksessä tai laajuudessa eri haastateltaville riippuen siitä, mitä tahoa kukin haastateltava edustaa. Haastattelutilanteessa voidaan myös esittää lisäkysymyksiä, tai haastateltava voi nostaa esiin ajatuksia haastattelukysymysten ulkopuolelta. (Eskola ym., 2018, ss. 29–30). Haastattelut suoritettiin Microsoft Teams- haastatteluin 22.4 – 7.5.2024 välisenä aikana ja ne tallennettiin. Haastateltavista neljä toimi suunnittelutehtävissä, kaksi edusti kunnossapitoa ja kaksi vesiensuojelua ja vesistöjen kunnostusta. Haastateltavista viiden toimintakenttä keskittyi erityisesti rakennettuun ympäristöön. Haastattelutulokset käsiteltiin anonyymeinä ja haastateltavista käytetään nimikkeitä haastateltava 1...8.

Haastatteluaineisto analysoitiin teemoittelemalla. Teemat noudattivat tutkimuskysymyksiä, keskittyen käsitykseen alueen hulevesien hallinnan nykytilasta ja haasteista, sekä kehitysmahdollisuuksista. Tiettyyn alueeseen liittyvää tietoa luokiteltiin paikkatiedoksi QGIS- ohjelman avulla, jotta voitiin nähdä mille alueille tulokset sijoittuvat ja esittää nämä kartalla.

4.2 SCALGO Live ja paikkatieto

SCALGO Live on verkkopohjainen vesienhallinnan työkalu, joka perustuu kansalliseen korkeusmalliin. SCALGO Livessä analyysit perustuvat korkeusmalliin ja ne mallintavat veden liikkumista maan pinnalla. Tutkimuksessa käytettiin Flash Flood Mapping analyysia, joka mallintaa pintaveden tulvia. Valuma-alue ja virtaama (Watershed & Flow accumulation) työkalu mallintaa sitä, mitä reittejä vesi maanpinnalla kulkee ja miltä alueelta vesi kertyy tiettyyn pisteeseen. Valuma-alue työkalua voi käyttää sekä yhdessä Depression- Free Flow analyysin kanssa, jolloin se miltä alueelta vedet kokonaisuudessaan kertyvät tiettyyn pisteeseen, tai yhdessä Flash Flood Mapping- analyysin kanssa, jolloin se näyttää tietyn pisteen valuma-alueen tietyllä sademäärällä. Yhdessä Flash Flood analyysin kanssa, valuma-alue analyysi näyttää arvion alueen painannesäilynnästä, suodattuneesta vesimäärästä ja alueen purkupisteestä pois lähtevän veden määrästä. SCALGO Live-ohjelman analyysit eivät huomioi aikaa, eikä sitä voi siten yhdistää mitoitussateisiin. Tietty sademäärä kertoo, kuinka paljon sadetta kertyy maanpinnalle, mutta ei huomioi sitä, missä ajassa tämä tapahtuu. (Åström, 2024; Pancewicz, 2024)

SCALGO Liveen on liitetty tai luotu maakohtaista paikkatietoaineistoa. Tässä tutkimuksessa käytettiin Elevation- korkeusmallia (Maanmittauslaitos: Korkeusmalli 2M, 2023), Land Cover- maanpeite aineistoa (SCALGO Liven tuottama aineisto yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen kanssa), Soil Type- maalaji aineistoa (Geologian tutkimuskeskus: Maaperä 1:20000/1:5000, 2015), Pohjavesialueita (SYKE, 2021) maastotietokannan rakennuksia, teitä ja vesistöjä (MML: Maastotietokanta, 2024). Tutkimuksessa SCALGO Liveä käytettiin tutkimusalueen taustakartoitukseen, osavaluma-alueiden määrittelyyn ja tulvaherkkien alueiden selvittämiseen ja tulevan rakentamisen vaikutusten arvioimiseen.

Toimenpiteiden kuvaus SCALGO Live-ohjelmassa:

1. Valuma-alueen määrittäminen

Myllyojan valuma-alueen rajauksena käytettiin SCALGO Live-ohjelman valuma-alueen rajausta ja tätä käytettiin alueena, jolle analyysit tehtiin.

2. Valumakertoimien määrittäminen eri maankäyttömuodoille

Maanpeiteluokille määritettiin valumakertoimet, jolloin SCALGO Liven analyysit huomioivat valumakertoimien vaikutuksen siihen, mikä osa sateesta suodattuu ja mikä muodostuu pintavalunnaksi. Valumakertoimet on kuvattu luvussa 2.1.

3. Hulevesiviemäriverkoston vienti SCALGO Live-ohjelmaan ja polttaminen maastomalliin.

Hulevesiviemäriverkoston tiedot koverrettiin SCALGO Livellä maastomalliin 50 cm syvyisiksi ja 100 cm levyisiksi uriksi. Verkostotietoja korjattiin, jos niissä havaittiin virheitä.

4. Osavaluma-alueiden määrittäminen purkupisteittäin ja osavaluma-alueiden tarkastelu.

Hulevesiverkoston osavaluma-alueet luotiin Depression- Free valuma-alue työkalulla ja näistä taulukoitiin koko, maanpeiteluokat ja niiden osuudet ja laskettiin keskimääräinen valumakerroin. Flash Flood valuma-alue työkalulla osavaluma-alueista saatiin arvio painannesäilönnän, suodattuneen veden ja alueelta pois lähtevän huleveden määrästä.

5. Flash Flood Mapping analyysi

Flash Flood Map analyysillä tutkittiin, onko tutkimusalueilla alueita, joihin pintavedet kertyvät. Analyysia käytettiin niin, että se ei huomioi hulevesiviemäriverkostoa, jolloin se mallintaa tilannetta, jossa vettä on satanut niin paljon, että verkoston kapasiteetti on ylittynyt.

6. Maankäytön muutosten tarkastelu

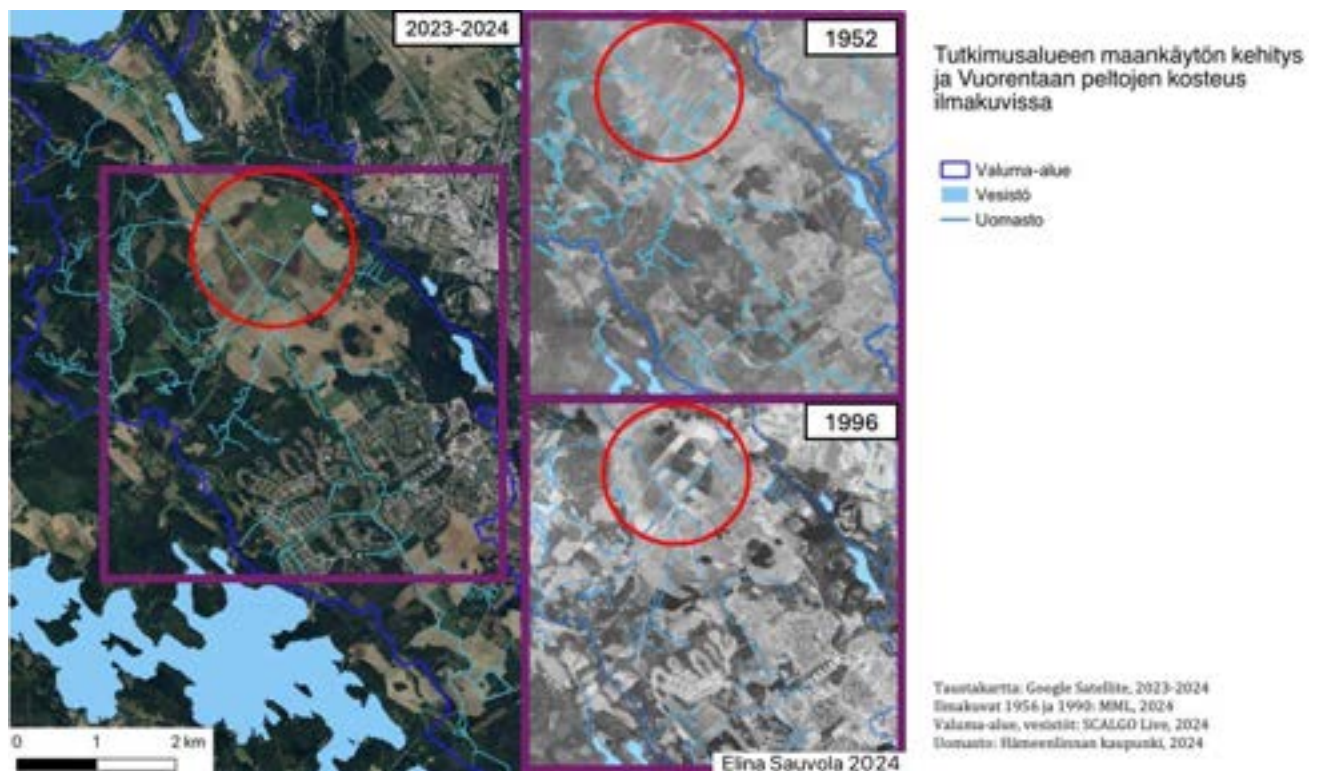
SCALGO Live-ohjelmalla luotiin suurpiirteinen alue kaavarunkoalueista nykyisillä maanpeiteluokilla ja toinen vastaava alue, johon maanpeiteluokka vaihdettiin tulevaa rakentamista vastaavaksi. Alueen mitoitusvirtaama laskettiin nykytilassa ja tulevan rakentamisen muutosten jälkeen. Virtausreittejä tarkasteltiin Flow Accumulation analyysillä, jotta voitiin arvioida, mille kohdalle Myllyjojan uomaa hulevesiä tulee purkautumaan.

5 Tutkimusongelman kuvaus

Myllyjojan valuma-alueen rakentamisen myötä lisääntynyt hulevesien määrä on aiheuttanut ongelmia rakennettujen alueiden alapuolisilla alueilla, jossa erityisesti Vuorentaan pellot kärsivät vuosittaisista tulvaongelmista. OLO- hankkeen maastokäynnillä syyskuussa 2023 viljelijä Valtonen kertoi peltojen tulvivan vuosittain (Henkilökohtainen tiedonanto 8.9.2023). Vaikka näiden alueiden maastonmuodot ja maalaji voivat vaikuttaa tulvaherkkyteen,

kulkeutuu yläpuolisten alueiden rakennetuilta alueilta hulevesiä, jotka kulkeutuvat alapuoliselle valuma-alueelle suurina määrinä lisäten virtaamahuippuja ja aiheuttaen eroosiota ja tulvimista. Kokemäen vesistönsuojeluyhdistyksen suunnittelijan (Henkilökohtainen tiedonanto, 30.4.2024) mukaan peltoalueiden kuivatussuunnitelma laadittiin vuonna 1955, aikana ennen kuin alueen ylävirralla olevia alueita oli rakennettu ja tällöin alueen kuivatus ja uomaverkoston toiminta perustuu aikaan ennen rakentamista. Alueen maankäytön muutokset ja tulvimisesta kärsivät peltoalueet ovat nähtävissä eri vuosien ilmakuvista, jotka on esitetty kuvassa 2. Ilmakuvassa vuodelta 1952 alue oli pitkälti rakentamatonta viljelysmaata eikä ilmakuvasta näe peltojen kärsivän märkyydestä. Vuonna 1996 alueelle on rakentunut taajama-alue ja tulvaongelmasta kärsivä peltoalue erottuu ilmakuvasta selvästi. Vuoden 2023–2024 ilmakuvassa näkyy, että rakentaminen on yhä lisääntynyt.

Kuva 2. Maankäytön kehitys ja kosteudesta kärsivät peltoalueet eri vuosien ilmakuvissa (MML, 2024a; Google, 2023–2024; SCALGO Live, 2024e, f).



Myllyjojan valuma-alueen rakennetut alueet tunnistettiin mahdolliseksi hulevesien aiheuttamien laadullisten riskien riskialueeksi Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) kestävän kehityksen koulutuksen projektityössä syksyllä 2023, jossa tutkittiin Myllyjojan valuma-alueen pistemäisiä ja alueellisia hulevesiriskejä (Pantsu ym., 2023). Hämeenlinnan kaupungin hulevesitulvariskiarvion päivityksessä todettiin Myllyjojan olevan tulvaherkkää

aluetta (Happonen & Bossman, 2018, s. 21) ja Sampo-Alajärven osayleiskaava ehdotusta varten laaditussa hulevesiselvityksessä todettiin rakennetun ympäristön aiheuttaneen hulevesivelkaa, hulevesiolosuhteiden olevan ääreviä ja hulevesien aiheuttavan tulvia (Nikulainen, 2015, s. 28). Tutkimusalueelle tullaan tulevaisuudessa rakentamaan lisää asutusta ja sille on suunnitteilla kaksi kaavarunkohanketta. Tuleva rakentaminen tulee lisäämään hulevesien määrää entisestään.

Hulevedet aiheuttavat määrällisiä ja laadullisia riskejä ja hulevesien määrän kasvaessa myös laadullisten riskien mahdollisuus kasvaa. Koska laadullisia riskipisteitä on tarkasteltu OLO-hankkeessa HAMKin opiskelijoiden projektityössä ja tekeillä on parhaillaan Lehijärven valuma-alueen kuormitus selvitys, keskittyy tämä opinnäytetyö tarkastelemaan hulevesiä yleisesti ja erityisesti hulevesien määrään liittyvää hallintaa.

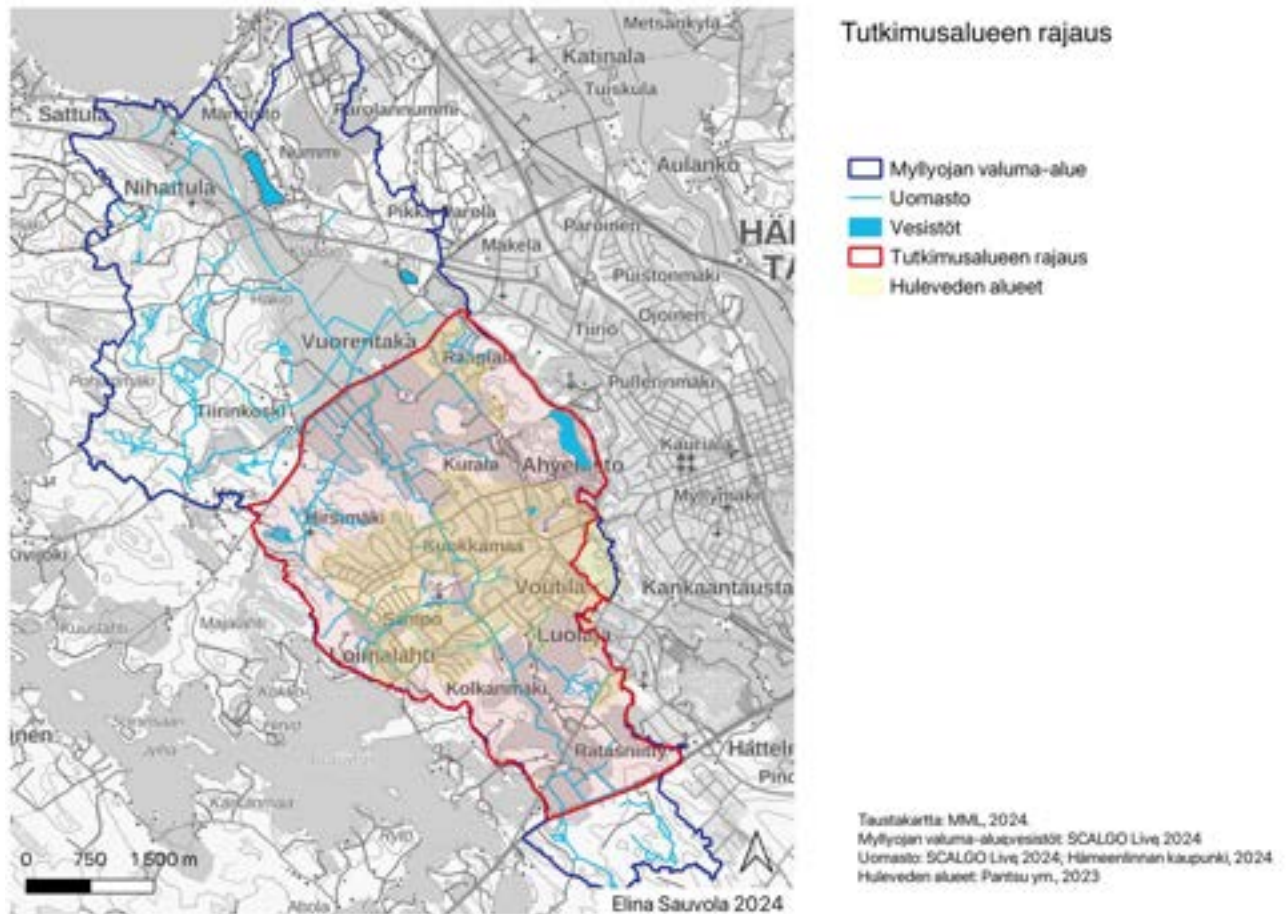
Tämän opinnäytetyön tavoite oli selvittää, mikä on hulevesien hallinnan nykytila Myllyojan valuma-alueen rakennetuilla alueilla. Tutkimusongelman ratkaisemiseksi muotoiltiin neljä tutkimuskysymystä:

1. Miten alueen hulevesien hallinta on toteutettu?
2. Millaisia hulevesien hallintaan liittyviä haasteita alueella mahdollisesti on?
3. Miten tuleva rakentaminen vaikuttaa alueen hulevesiin?
4. Mille alueille hulevesien hallintaa voisi lisätä?

6 Tutkimusalueen kuvaus

Hattulan Lehijärveen laskevan Myllyojan valuma-alue on kokonaisuudessaan noin 30 km². Valuma-alue kuuluu osittain Hämeenlinnan ja osittain Hattulan kuntaan. Tämä tutkimus rajautui tarkastelemaan valuma-alueelta nyt rakennettuja alueita, sekä tulevaisuudessa rakennettavia alueita, eli alueita, joista hulevesiä muodostuu tällä hetkellä ja tulevaisuudessa. Tutkimusalue sijoittuu Hämeenlinnan kunnan alueella ja alue vastaa osittain Sampo-Alajärvi osayleiskaavan aluetta, joskin siitä rajattiin pois muille valuma-alueille sijoittuvat alueet. Tutkittavan alueen pinta-ala on noin 15 km² ja se on esitetty kuvassa 3.

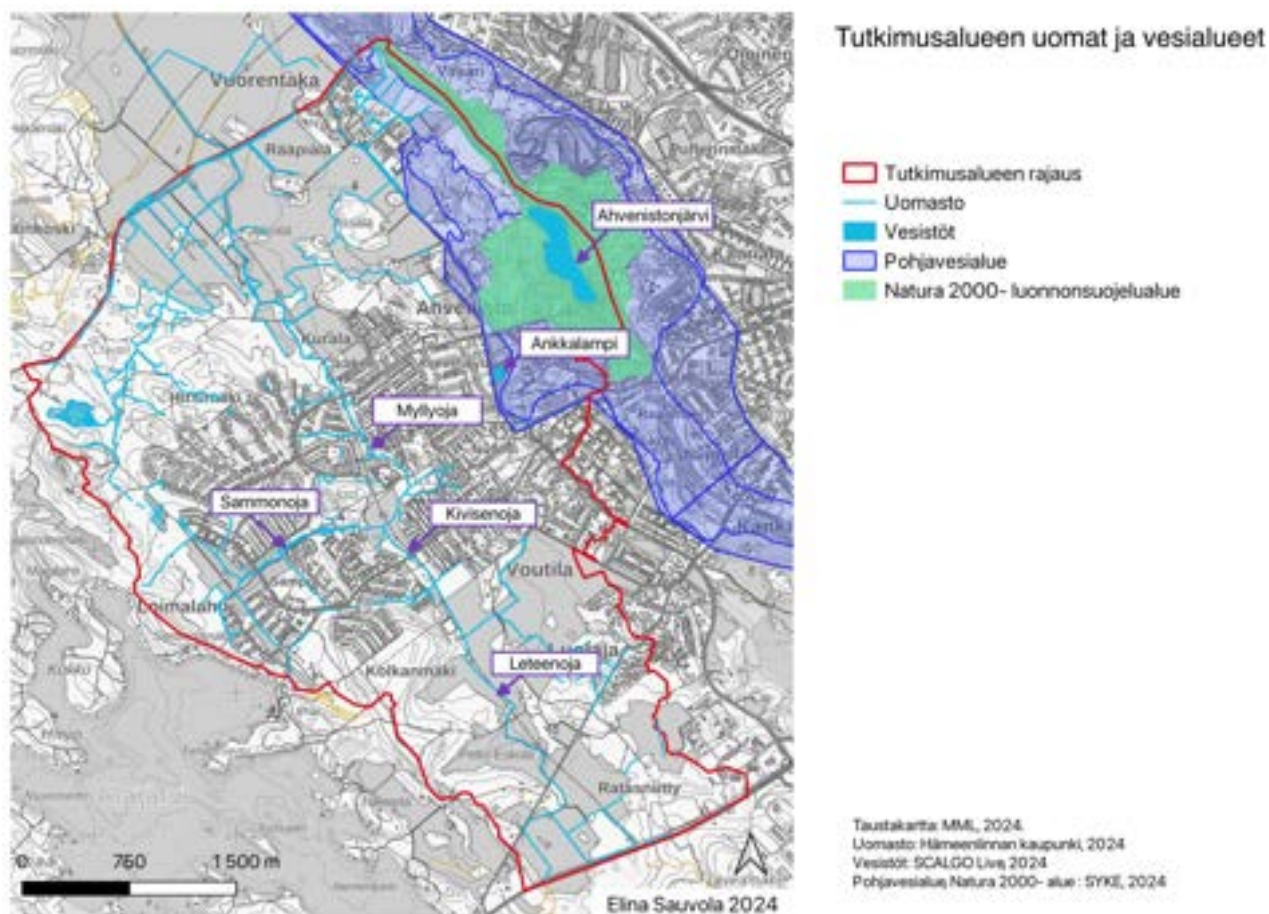
Kuva 3. Tutkimusalueen rajausta Myllyjoen valuma-alueella sisältää taajama-alueet ja tulevat rakennettavat alueet (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024e, f; Pansu, ym. 2023).



6.1 Vesistöt

Lehijärvi, johon Myllyjoja laskee, on luontaisesti rehevä järvi ja on luokiteltu tilaltaan tyydyttäväksi. Järvi on linnustollisesti arvokas ja kuuluu valtakunnalliseen lintuvesien suojeluohjelmaan. (SYKE, 2021a) Tutkimusalueella sijaitsee toinen järvi, syvä suppaan muodostunut Ahvenistonjärvi. Ahvenistonjärvi on suosittu virkistysalue ja sen ympäröivät harjualueet ovat suojeltua Natura2000- aluetta (SYKE, 2014). Alueen koillisreunalla sijaitsee Ahvenisto-Parolan pohjavesialue, joka on luokiteltu 1 luokkaan, eli vedenhankintaa varten tärkeäksi alueeksi (SYKE, 2024b). Tutkimusalueella sijaitsee useampia uomia, joihin hulevedet purkautuvat, nämä on esitetty kuvassa 4.

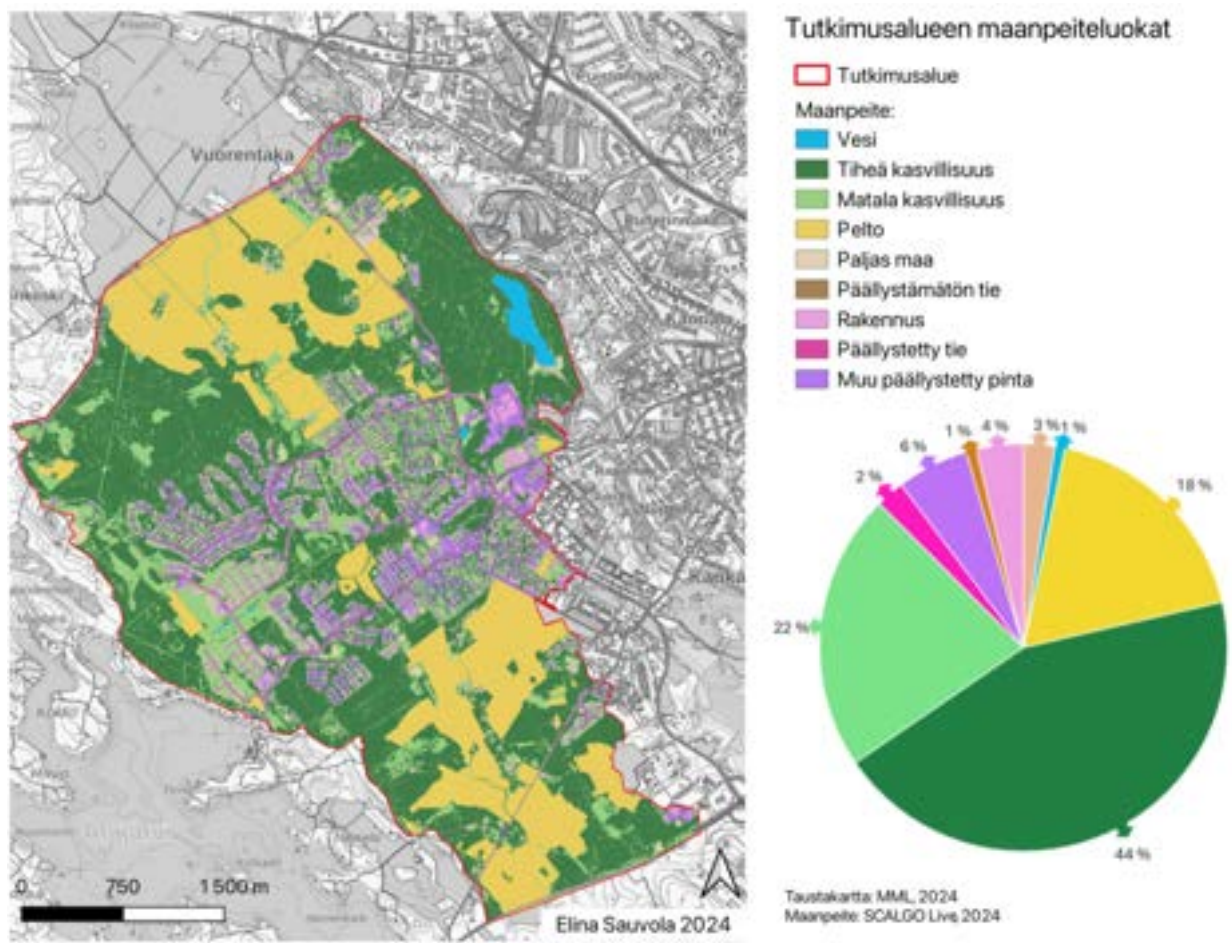
Kuva 4. Tutkimusalueen uomat, vesistöt ja Natura 2000 – suojelualue (SYKE, 2024b; MML, 2024b; SCALGO Live, 2024c)



6.2 Maanpeite

SCALGO Live:n Land cover- maanpeiteaineisto luokittelee alueet luonnolliseksi tai keinotekoiseksi maanpeitteeksi tai vesiin. Luonnolliset alueet on luokiteltu paljaaseen maahan, matalaan kasvillisuuteen, tiheään kasvillisuuteen, peltoon ja paljaaseen kallioon. Keinotekoiset alueet on luokiteltu päällystetyiksi teiksi, päällystämättömiksi teiksi, rakennuksiksi ja muiksi päällystetyiksi alueiksi. Tutkimusalueesta 87 % on maanpeitteeltä luonnollista, 12 % keinotekoisista maanpeitteistä ja 1 % vettä. Suurin osa alueesta, 44 %, on tiheää kasvillisuutta, eli metsäisiä alueita. Matalaa kasvillisuutta alueesta on 22 %, peltoa 18 % ja paljasta maata 3 %. Keinotekoisista maanpeitteistä alueella on eniten muuta päällystettyä pintaa, jota on 6 %. Rakennuksia on 4 %, päällystettyä tietä 2 % ja päällystämättömää tietä 1 %. Tutkimusalueen maanpeitteet ja niiden osuudet alueesta on esitelty kuvassa 5.

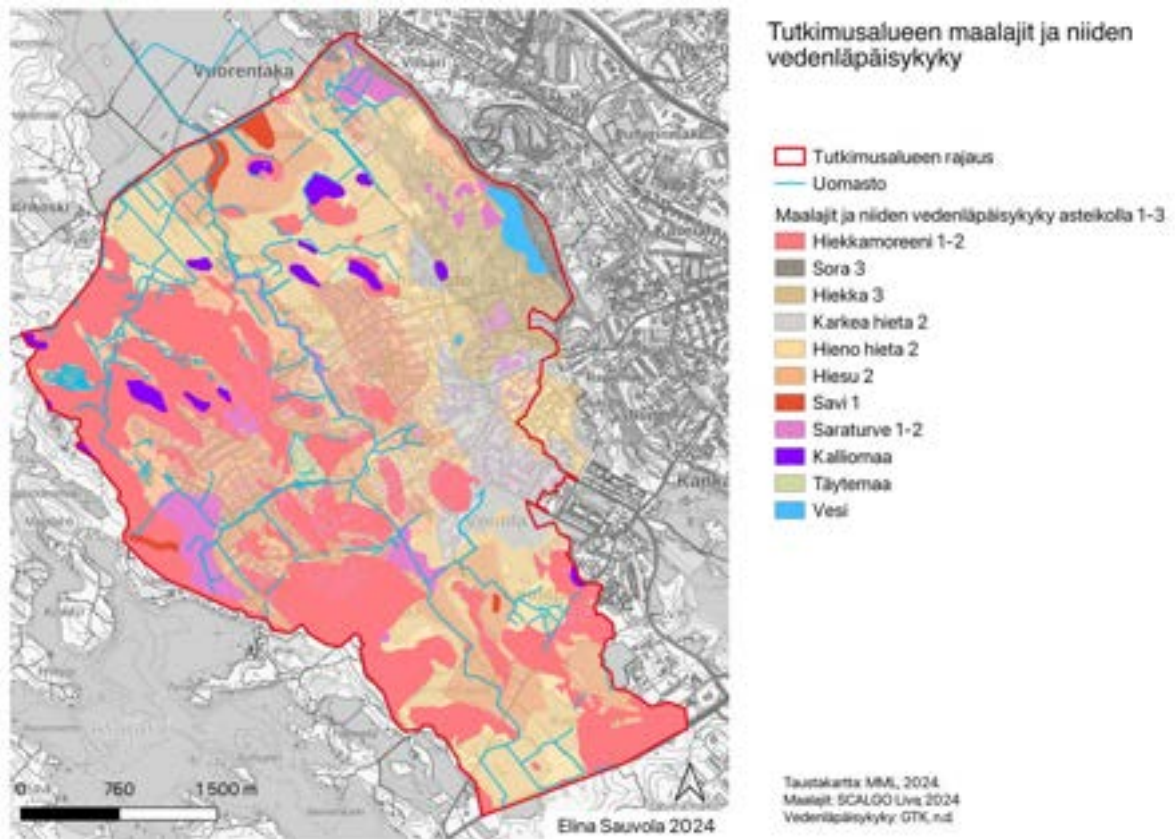
Kuva 5. Tutkimusalueen maanpeiteluokat ja niiden osuudet alueesta (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024c)



6.3 Maalajit

Maaperältään alueesta suurin osa (35 %) on hienojakoisia maalajeja (hieno hieta, hiesu ja savi) ja hiekkamoreenia (30 %). Karkeajakoisia maalajeja on 20 %, kalliomaata 12 % ja turvemaata (saraturve) 3 %. Heikosti vettäläpäisevää savea, on tutkimusalueella vähäisiä kohtia, esimerkiksi Myllyojan uoman kohdalla ja peltoalueella alueen pohjoispäässä. Myllyojan uoma on Kuokkamaan kohdalta Vähä- Tertiin saakka saraturvetta, jonka vedenläpäisykyky on pieni tai keskisuuri (1–2). Saraturvetta ja hiekkamoreenia, jonka vedenläpäisykyky on niin ikään 1–2 on laajempia alueita alueen länsipuolella. (SCALGO Live, 2024d) Tutkimusalueen maalajit on esitetty kartalla kuvassa 6.

Kuva 6. Tutkimusalueen maalajit ja niiden vedenläpäisykyky (1= pieni, 2 = kohtalainen ja 3 = suuri) (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024d; GTK, n.d.)



7 Hulevesien hallinta tutkimusalueella

Tutkimusalueen hulevesien hallinnasta vastaa pääosin Hämeenlinnan kaupunki, jonka hulevesien hallintaa ohjaa kaupungin hulevesistrategia. Hulevesien hallinta koostuu tutkimusalueella hulevesien johtamisjärjestelmästä ja joistakin viivyttävistä ratkaisuista.

7.1 Hulevesien hallinta Hämeenlinnassa

Hämeenlinnan kaupungilla on hulevesistrategia, joka määrittää yleiset tavoitteet hulevesien hallinnalle. Hulevesien hallinnan päämääränä on luonnonmukainen hulevesien hallinta ja sopeutuminen ilmastonmuutokseen ja hallintaa pyritään toteuttamaan alla kuvatus suositusjärjestyksen mukaisesti (Jutila, 2009, ss. 25–27), jossa:

1. Ensisijaisesti hulevedet käsitellään ja hyödynnetään syntypaikallaan eli vähennetään pois johdettavan huleveden määrää.

2. Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä
3. Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hulevesiputkistossa hidastus- ja viivytysalueille ennen vesistöön johtamista.
4. Hulevedet johdetaan hulevesiputkistossa suoraan vastaanottavaan vesistöön.

Hämeenlinnan kaavoissa hulevesistä on annettu määräyksiä vuodesta 2012 lähtien. Senkin jälkeen suunniteltuja toimia on jäänyt osin tekemättä (Happonen & Bossman, 2018, s. 18). Asemakaava-alueilla hulevesien hallinnasta on vastuussa kunta. Hämeenlinnan kaupunki vastaa kaavoituksesta, katujen kuivatuksesta, viivytysrakenteista ja tulvareiteistä ja avo-ojista ja niihin liittyvistä rakenteista, kuten rummuista ja ritiläkaivoista. Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy:n (HS-Vesi) vastuulla on hulevesiviemäriverkoston runkoputket, jonka lisäksi HS-Vesi osallistuu yleensä suunnitteluhankkeisiin. Kiinteistöjen omistajat vastaavat hulevesien käsittelystä tonteilla ja tonttien liittämistä hulevesiviemäriverkostoon ja heiltä peritään kunnan toimesta hulevesimaksua. (Happonen & Bossman, 2018, s. 14; HS-Vesi, n.d.)

Tutkimusalue vastaa osin Sampo-Alajärven osayleiskaava aluetta. Osayleiskaava on tullut lainvoimaiseksi 2017 ja alue on yksi Hämeenlinnan alueen tärkeistä kasvavista alueista. Alueesta nykyisellään on pääosin pientalovaltaista rakennettua aluetta n. 5 km² ja alueelle tullaan jatkossakin rakentamaan lisää pientalovaltaisesti. Yleiskaavaan on merkitty ohjeellisia hulevesien viivytysalueita ja määrätään, että asemakaavavaiheessa tulee osoittaa alueellisia hulevesien hallintaratkaisuja ja ohjeistaa kortteli/tonttikohtaiseen hulevesien hallintaan. (Happonen & Bossman, 2018, s. 21)

Alueen voimassa olevista asemakaavoista suurin osa on ajalta, jolloin kaavoissa ei annettu hulevesiin liittyviä ohjeistuksia, mutta muutamassa uudemmassa asemakaavassa näitä jo on. Tohkakallion asemakaavassa on yleismääräyksenä, että hulevedet tulee ensisijaisesti käsitellä tontilla ja toissijaisesti viivyttää. Viivytysrakenteiden tilavuudeksi on annettu 0,5 m³ 100 m² päällystämätöntä pintaa kohden ja kaavassa on osoitettu tulvareitti. (Saloranta, 2016, ss. 20–21) Jukolan S-marketin asemakaavassa määrätään, että hulevesiä tulee mahdollisuuksien mukaan imeyttää tontilla tai johtaa viivytettynä verkostoon. Kaavassa on puistoalueelle osoitettu alue, jolle voi rakentaa tasausaltaita tai muita hulevesien hallintaa parantavia rakenteita (Remes, 2020, s. 20).

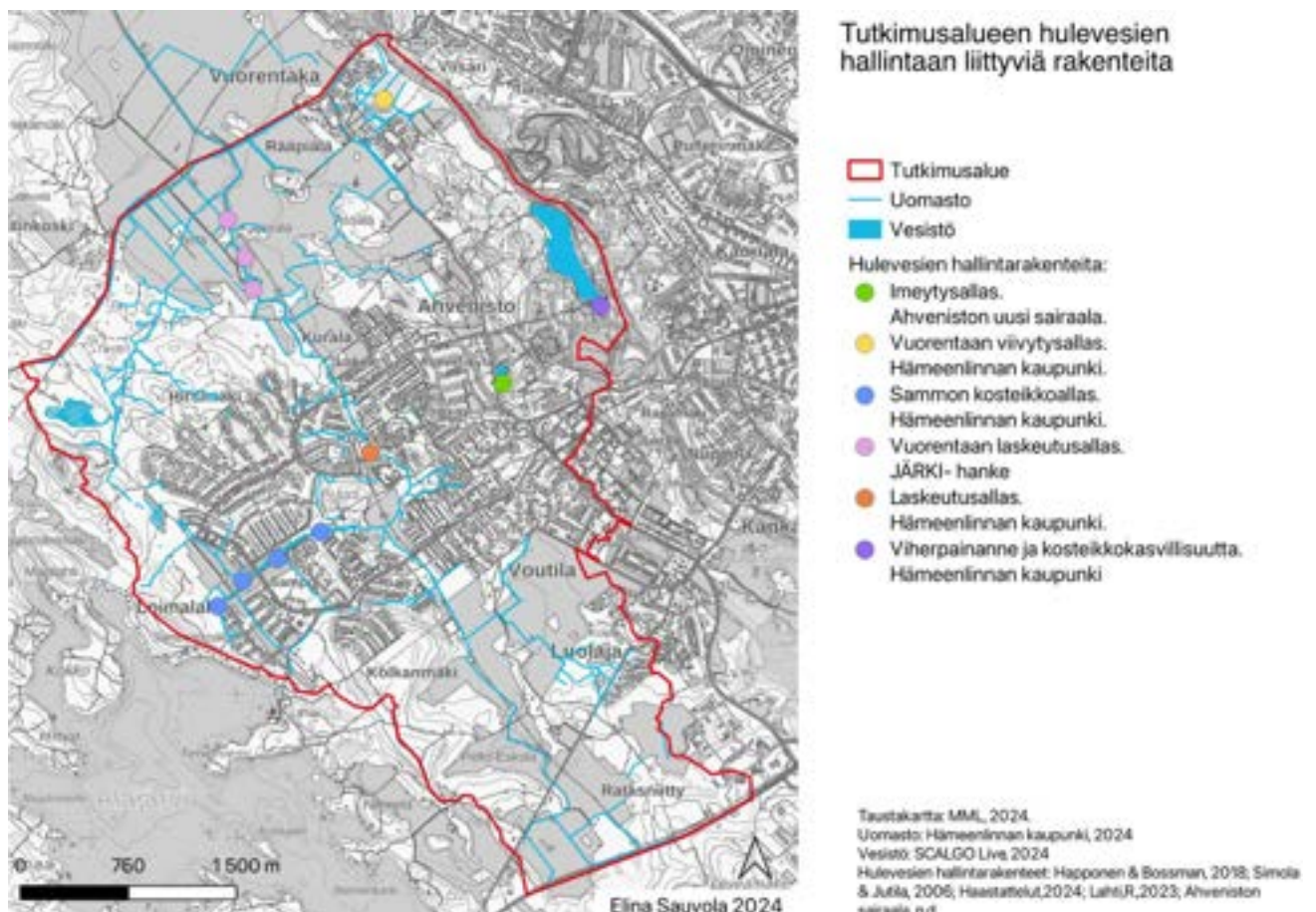
7.2 Hulevesien hallinnan menetelmät tutkimusalueella

Tutkimusalueella on muutamia hulevesien hallintaan liittyviä alueellisia ratkaisuja, jotka kuvataan tässä luvussa ja on esitetty kartalla kuvassa 7. Alueelliset ratkaisut ovat pääosin

Hämeenlinnan kaupungin vastuulla, mutta tutkimusalueelle sijoittuu myös JÄRKI-hankkeessa rakennetut laskeutusaltaat ja yksi esiin noussut kiinteistökohtainen hallintaratkaisu.

Sampo-Alajärven osayleiskaavaa varten teetetyssä hulevesiselvityksessä verrattiin nykyisen maankäytön mukaisen hulevesien tilannetta fiktiiviseen luonnonmukaiseen tilanteeseen ja todettiin hulevesien hallintatarpeen olevan nykyisessä tilanteessa koko kaavan alueella 23 000 m³ (Nikulainen, 2015, s. 27). Tästä määrästä Myllyojan valuma-alueelle sijoittuva hallintatarve nykytilassa olisi noin 18 300 m³. Nykyiset hulevesien hallintaratkaisut eivät yksinään riitä koko hallintatarpeen tyydyttämiseen ja tällöin alueelle on syntynyt hallintavelkaa. Alueen hulevesien hallintaratkaisut eivät selvityksen mukaan riitä hulevesien käsittelyyn ja tämän on katsottu aiheuttavan ongelmia rakennettujen alueiden alapuolisille alueille. Selvityksessä hulevesien hallintavelan määräksi arvioitiin n. 5400 m³, joka tulisi toteuttaa keskitetyin hallintaratkaisuin. Myllyojan valuma-alueelle sijoittuva hallintavelka on arvion mukaan noin 3300 m³. (Nikulainen, 2015, s. 27).

Kuva 7. Tutkimusalueen hulevesien hallintarakenteisiin kuuluu viivytys-, laskeutus- ja imeytysaltaita (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024e; Happonen & Bossman, 2018, Liite 2; Simola & Jutila, 2006, s.55.; Ahveniston sairaala, n.d.; Lahti, 2023).



7.2.1 Sammon kosteikko

Loimalahden alueelle on Hämeenlinnan kaupungin toimesta tehty vuonna 2008 Sammonjoaan kosteikkoaltaita uoma syventämällä ja leventämällä. Kosteikot on luotu ratkaisuksi alueen alavuuteen, pohjaveden korkeuteen ja alueen kuivatusongelmiin (Jutila, 2009, s. 22) ja alue toimii tärkeänä viheralueena alueen asukkaille. Altaiden tilavuudesta ei ole tarkkaa tietoa, mutta SCALGO Live-ohjelman painannesäilyntä kartan mukaisesti Sammon altaiden tilavuus olisi karkeasti arvioiden noin 2500– 3000 m³.

Sammon kosteikkoa on kunnostettu kasvustoa poistamalla. Hämeenlinnan kaupungin kunnossapitoinsinöörin mukaan (Henkilökohtainen tiedonanto 2.5.2024) kosteikkoalueet on kunnossapidossa luokiteltu ojaksi ja avoimena pidettäväksi alueeksi, jolloin siitä poistetaan kasvustoa tarpeen mukaan. Ojaa ympäröivät alueet on luokiteltu niityksi, jolloin niiltä niitetään kasvustoa vuosittain.

7.2.2 Vuorentaan allasketju

JÄRKI- hankkeessa toteutettiin kolmen patoaltaan laskeutusallasketju vuonna 2005. Allasketju toimii vesiensuojelullisena ratkaisuna tasaamalla tulvavesiä ja vähentämällä pintavaluntaa ja uomaeroosiota. Virtaamahuippujen tasaamisen lisäksi altaat vähentävät Myllyjojan kuormitusta, joskin JÄRKI- hankkeen loppuraportissa todetaan, ettei altaat yksinään riitä ravinteiden ja kiintoaineksen poistoon. Vaikka altaat eivät ole varsinainen hulevesien hallintaratkaisu, liittyvät ne myös hulevesien hallintaan, sillä rakennetuilta alueilta Myllyjojaan johdetut hulevedet tulevat altaille suurena ja nopeana valumahuippuna. Allasketjussa on kolme erillistä allasta. Jokaisen altaan alussa ja lopussa on padon luona syvempi lietetasku tai laskeutusallas ja altaan reunoilla matalammat kosteikkoalueet. Altaiden tilavuus on yhteensä 5920 m³. (Simola & Jutila, 2006, ss. 48–50)

Tiina Kaisto tutki opinnäytetyössään Vuorentaan altaiden toimintaa veden laadun hallinnassa ja totesi toimivuuden olevan moniselitteistä. Joidenkin mittaustulosten perusteella allasketju näytti pidättävän kiintoaine- ja ravinnekuormitusta, kun taas joidenkin mittaustulosten perusteella altailta vapautui ravinteita. Opinnäytetyössä todettiin altaiden kaipaavan kunnostusta, koska ne olivat vuonna 2014 maastohavainnon perusteella kasvamassa umpeen. (Kaisto, 2016, ss.72–73) Vuorentaan allasketjun kunnostuksesta vastaa Lehijärven suojeluyhdistys. Lehijärven suojeluyhdistyksen mukaan (Henkilökohtainen tiedonanto, 24.4.2024) altailta on niitetty kasvustoa ja niitä on kunnostettu kahteen otteeseen. Vuonna 2019 ja 2024 altaita on kunnostettu kaivamalla lietekuopat altaiden ylä- ja alapäähän.

Vuonna 2023 maastokatselmuksen perusteella pohdittiin tarvetta isompaan kunnostukseen, sillä altaat olivat kasvustoiltaan tukossa, eikä vesi kulkenut tasaisesti kosteikon läpi vaan oli tehnyt omia reittejään. (Lehijärven suojeluyhdistys, henkilökohtainen tiedonanto, 24.4.2024).

7.2.3 Muita alueellisia huleveden hallintaratkaisuja

Myllyojan vieressä, Kuokkamaan asuinalueen lähetyvillä on pieni, neliskulmainen laskeutusallas, jossa laskeutetaan Hirsimäenkadun hulevesiviemäristä tulevia hulevesiä ennen niiden ohjaamista Myllyjoaan. Kunnallistekniikan suunnittelijan mukaan (Henkilökohtainen tiedonanto, 10.5.2024) tähän laskeutusaltaaseen ohjautuu hulevesiä ojista, jotka rajaavat Sammon vanhaa kaatopaikkaa. SCALGO Live:n painannesäilyntä kartan mukaan laskeutusaltaan koko on arviolta 44 m³. Maastokäynnillä otetussa kuvassa (kuva 8) purkuputki näkyy laskeutusaltaan keskellä.

Kuva 8. Laskeutusaltaaseen ohjataan vesiä entiseltä kaatopaikka-alueelta.



Hämeenlinnan hulevesistrategiassa mainitaan Vuorentaan alueen hulevesilampi, joka on suoalueella sijaitseva painanne, josta vedet ohjataan edelleen Myllyjoaan (Jutila, 2009, s. 16) ja Hämeenlinnan hulevesitulvariskiärvion päivityksen karttatietoihin tämä on merkitty

viivytysaltaana (Happonen & Bossman, 2018, Liite 2). Lammesta ei ole saatavilla tarkempia tietoja. Hämeenlinnan kaupungin kunnallistekniikan suunnittelija arveli, että luultavasti kyseessä on pinnaltaan soistunut ja matala kohta, johon vesiä kerääntyy ja toimii siksi tavallaan viivytysalueena (Henkilökohtainen tiedonanto, 10.5.2024). Maastokartassa näkyy pieni lampi, johon hulevesiverkostotietojen mukaan ei johdeta hulevesiä, vaan hulevesien purkupiste sijoittuu lammen vierellä olevalle soiselle alueelle. Maastokäynnillä havaittiin Tohkakallion alueella lampi, johon oli johdettu putki, josta viereisen asuinalueen hulevedet purkautuvat (kuva 9). Voi olla, että lampi on muodostunut tai tehty joskus isommaksi kuin maastokartassa ja voi olla, että karttatietoihin merkitty viivytysallas tarkoittaa tätä. Hämeenlinnan hulevesistrategiassa hulevesien viivytysalue pohjavesialueella arvioidaan jonkinlaiseksi riskiksi hulevesissä olevien mahdollisten haitta-aineiden vuoksi (Jutila, 2009, s. 16).

Kuva 9. Vuorentaan lampi, johon ohjataan hulevesiä



Ahveniston ulkoilukeskuksen pysäköintialueen hulevesien hallintaratkaisuna on tilavuudeltaan noin 100 m³:n viherpainanne, johon on istutettu kosteikkokasvillisuutta. Pysäköintialueen hulevedet johdetaan imeytettäväksi viherpainanteeseen ja painanteen vieressä on kaivo, josta hulevesiä pumpataan jätevesiviemäriin. Riina Lahti tarkasteli

diplomityössään Ahveniston parkkialueen nykyistä hulevesien hallintaa ja mahdollisia toimenpidevaihtoehtoja tilanteen parantamiseksi. Diplomityössään Lahti totesi nykyisen painanneratkaisun olevan riittämätön rankkasateilla ja lumien sulamisen aikaan, sillä huonosti läpäisevän maaperän vuoksi vedet eivät imeydy ja viherpainanteen korkeiden reunojen vuoksi vedet eivät ohjaudu painanteeseen ja toimintaa heikentää se, ettei kunnostustoimia toteuteta säännöllisesti, jonka lisäksi jätevesiviemäriin hulevesien pumppauksen vuoksi kertyvä liete aiheuttaa viemärin tukkeutumista. (Lahti, 2023, ss. 52–53)

7.2.4 Kaavoihin merkityt hulevesien hallintaratkaisut

Tohkakallion asemakaavassa on osoitettu lähivirkistysalueelle sijoittuva tulvareittiä varten avo-ojan tai maanalaisen viemärin mahdollistava merkintä (AVO) (Saloranta, 2016, s. 20). Maastokäynnillä kaavanmukaisessa kohdassa on kuvassa 10 näkyvä sorapeitteinen avo-oja, joka oletettavasti toimii tulvareittinä.

Kuva 10. Tohkakallion asuinalueen avo-oja



Jukolan S-marketin asemakaavassa on osoitettu alue puistoalueella, johon voidaan rakentaa tasausaltaita tai muita hulevesien hallintaa parantavia rakenteita (Remes, 2020, ss. 19–20). Viheralueelle ei ole rakennettu hulevesien hallintarakenteita, mutta Hämeenlinnan kaupungilta saadun katusuunnitelman mukaan (Henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2024) viheralue on mitoitettu niin, että hulevedet valuvat tulvareittejä pitkin sinne ja viheralueen kautta kaivoon.

7.2.5 Kiinteistökohtainen hulevesien hallinta

Alueen voimassa olevissa asemakaavoista suurin osa on laadittu ennen 2012, jolloin ei ole annettu hulevesiin liittyviä ohjeistuksia. Vaikka vanhemmissa asemakaavoissa ei ole hulevesiin liittyviä määräyksiä voi kiinteistöillä voi tästä huolimatta olla hulevesien hallintaan liittyviä ratkaisuja, esimerkiksi läpäiseviä päällysteitä. Tässä tutkimuksessa kiinteistökohtaisia hulevesien hallintaratkaisuja ei selvitetty, vaan ne huomioitiin ainoastaan maanpeiteluokkien ja niille annettujen valumakertoimien perusteella.

Yhtenä esimerkkinä kiinteistökohtaisesta hulevesien hallintaan liittyvästä ratkaisusta alueen uudemmalla asemakaavoitetulla alueella on Ahveniston uusi sairaala. Ahveniston sairaalan alueen asemakaavassa todetaan, että kiinteistö tulee liittää vesihuoltalain mukaisesti hulevesiviemäriin ja hulevedet tulee ensisijaisesti imeyttää tontilla tai johtaa viivytettynä kaupungin hulevesiverkoston, pohjaveden määrä ja laatu huomioiden, sekä esittää hulevesien hallintasuunnitelma, jossa huomioidaan ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvä vesimäärä (Mettälä, 2020, s. 39). Ahveniston sairaalan hulevedet käsitellään kiinteistökohtaisesti ja alueella jo aiemmin olleen Ankkalammen viereen on tehty imeytysallas, johon hulevedet johdetaan. Hulevedet ei kuormita hulevesiviemäriverkostoa, ja ainoastaan harvinaisilla tulvasateilla vedet ohjautuvat ylivirtausputken kautta hulevesiverkoston (Ahveniston sairaala, n.d.). Maastokäynnillä otetussa kuvassa imeytysaltaassa ei ollut vettä (kuva 11) ja voi olla, ettei allas ollut vielä toiminnassa.

Kuva 11. Assi-sairaalan imeytysaltaaseen johdetaan hulevesiä sairaalan alueelta.

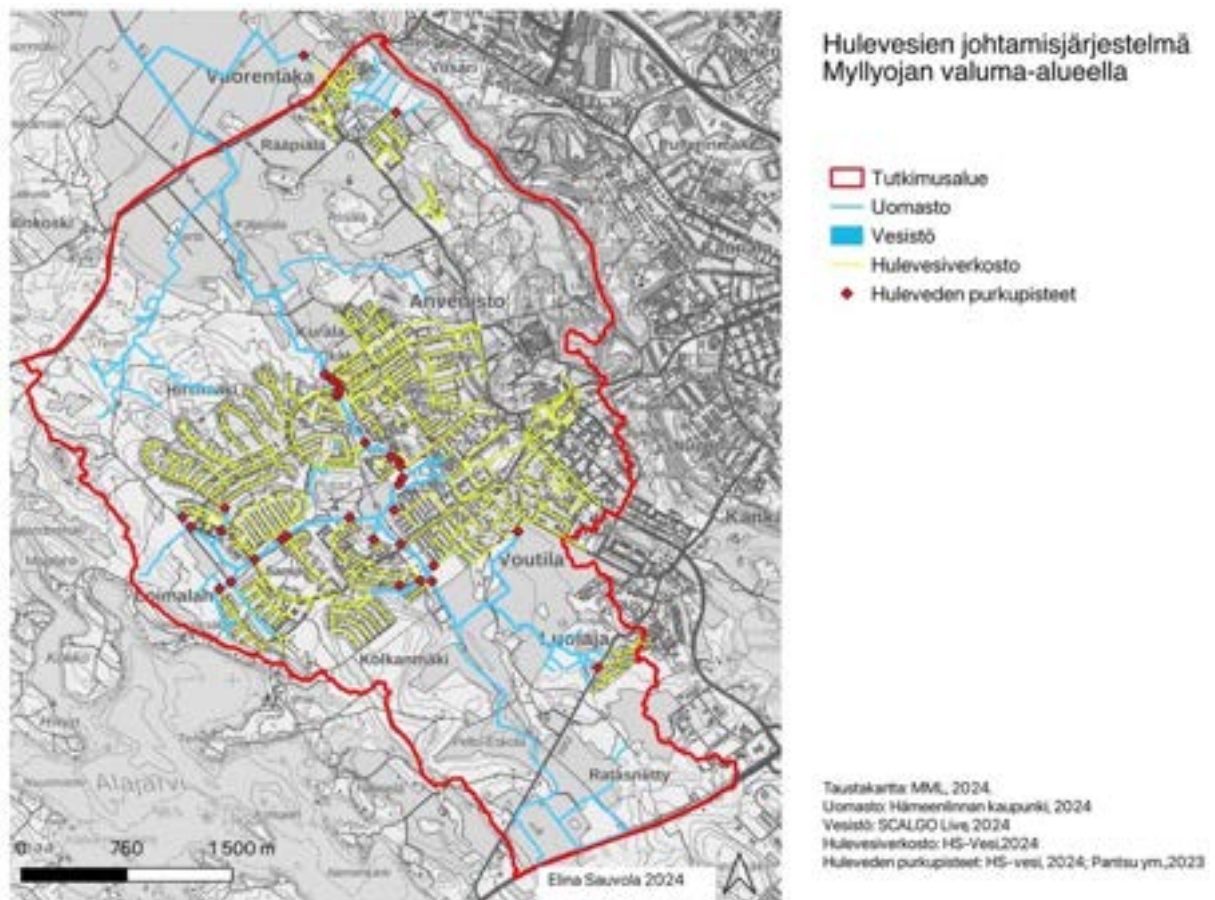


7.2.6 Hulevesiverkosto

Hulevesiä johdetaan alueella maanalaisessa hulevesiviemäriverkostossa ja maan päällä kulkevissa avo-ojissa. Hulevesiverkostotiedot saatiin HS- Vedeltä paikkatietoaineistona ja niiden sijaintitarkkuus ei ollut kaikilta osin tarkka (Henkilökohtainen tiedonanto, 15.5.2024.). Hulevesiverkoston vuoksi valuma-alueeseen tuli muutoksia, sillä osalta Jukolan aluetta hulevedet johdetaan valuma-alueen ulkopuolelle ja se rajautui pois tutkimusalueesta.

Hulevesien purkukohdat saatiin Hämeenlinnan korkeakoulun kestävän kehityksen opiskelijoiden projektityön paikkatietoaineistosta (Henkilökohtainen tiedonanto, 2.10.2023) ja näitä pisteitä on muokattu HS-Vedeltä saadun johtokartta-aineiston perusteella. Tässä työssä purkupisteitä, joissa hulevedet purkautuvat avouomaan on laskettu olevan alueella 50. Yksi näistä on hulevesipumppaamo, joka sijaitsee Vuorentaassa (Happonen & Bossman, 2018, Liite 1). Avouomastotiedot saatiin Hämeenlinnan kaupungin kantakartta-aineistosta (Henkilökohtainen tiedonanto, 20.5.2024.) Hulevesiverkosto ja purkupisteet on esitetty kuvassa 12.

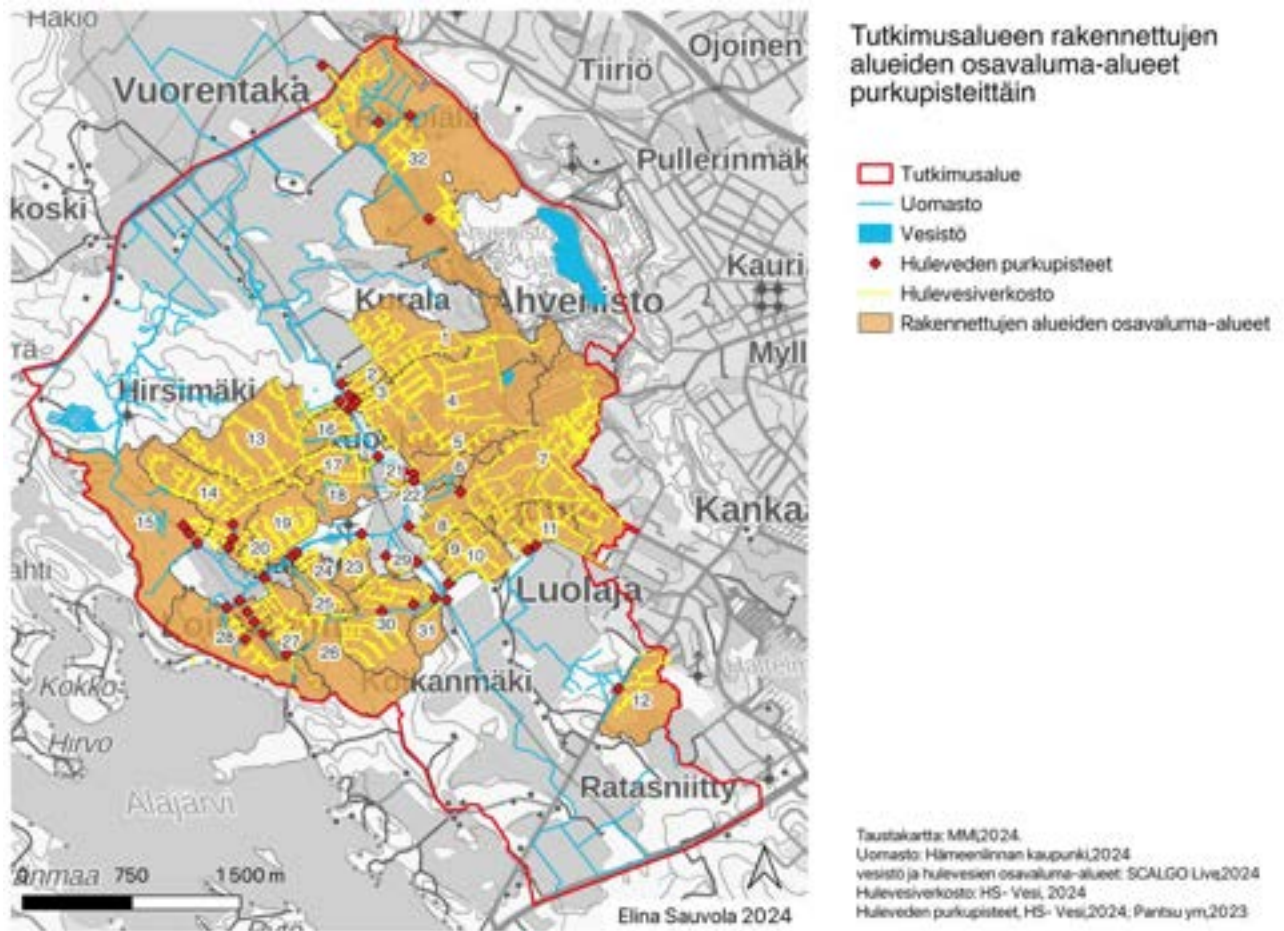
Kuva 12. Hulevesien johtamisjärjestelmä Myllyojan tutkimusalueella (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024e)



7.3 Rakennettujen alueiden osavaluma-alueet

Rakennettujen alueiden osavaluma-alueet määritettiin hulevesiverkoston purkupisteiden mukaan. Joillakin alueilla maanalaisesta verkostosta avouomiin johtavia purkupisteitä oli useampia peräkkäin ja yksittäinen osavaluma-alue näiden kohdalla olisi jäänyt pieneksi. Esimerkiksi Sammon alueella oli useampi tällainen alue. Näiden kohdalla valuma-alue luotiin viimeisen samaan avouomaan purkautuvan purkupisteiden kohdalta. Osavaluma-alueita määritettiin 32 kpl ja ne on esitetty kuvassa 13.

Kuva 13. Hulevesiverkoston osavaluma-alueet purkupisteittäin (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024e, f, Pansu, ym. 2023)



Alueet nimettiin purku-uoman läheisen tien tai muun nimistön mukaan ja numeroitiin, ja niistä taulukoitiin pinta-alat, keskimääräiset valuma-aluekertoimet ja SCALGO Liven arvio lähtevän huleveden määrästä, sekä prosenttiosuudet siitä, mikä osuus sadevedestä jää painannesäilöön, mikä suodattuu ja mikä muodostuu hulevedeksi. Lisäksi osavaluma-alueista laskettiin niiden mitoitusvirtaama kerran kolmessa vuodessa tapahtuvaa sadetapahtumalla, kun mitoitusasteen kesto suhteutettiin valuma-alueen kokoon (esitetty luvussa 4.4). Osavaluma-alueet ja näistä taulukoidut tiedot on esitetty taulukossa 4.

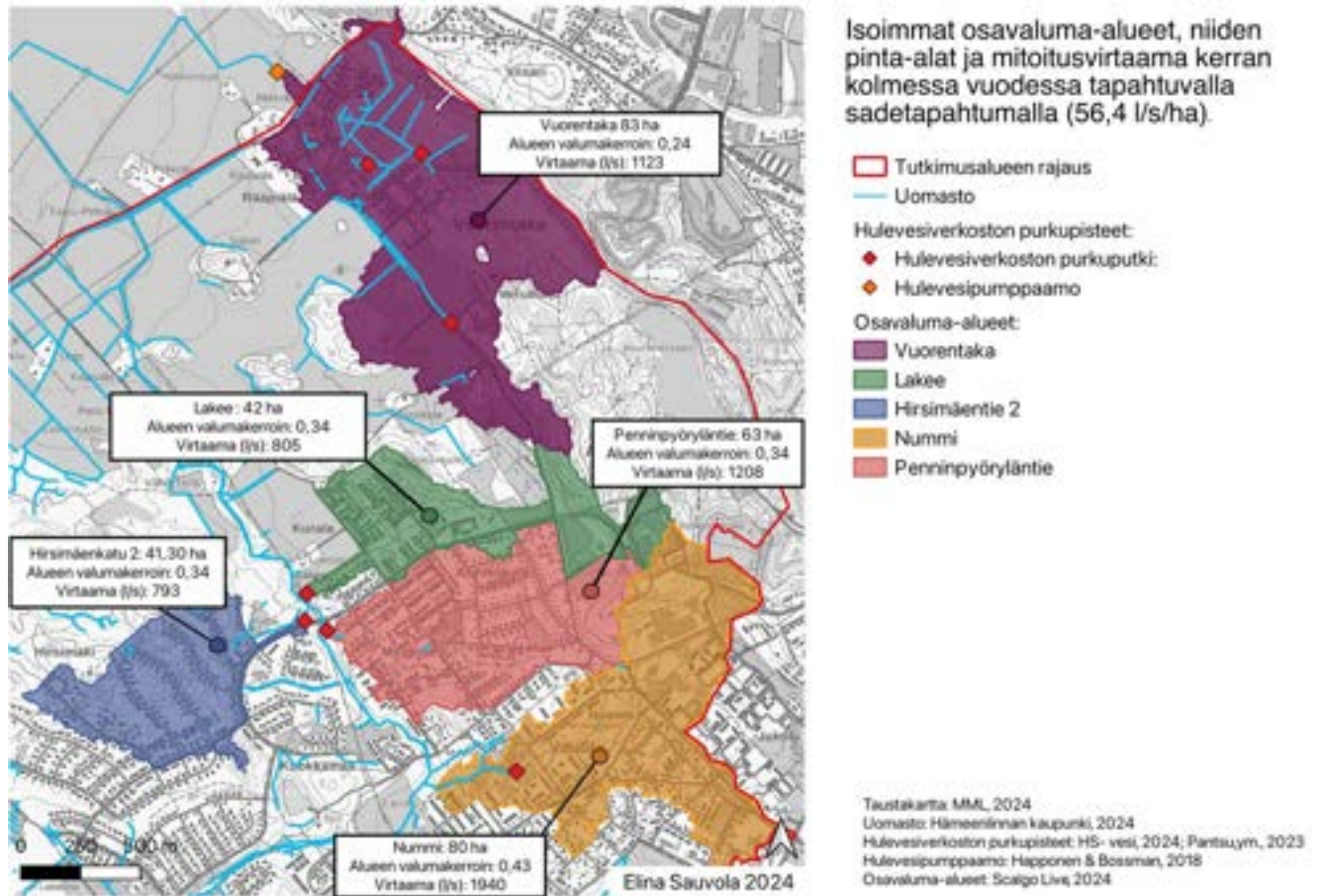
Taulukko 4. Myllyojan valuma-alueen hulevesien osavaluma-alueet (SCALGO Live, 2024f)

	Valuma-alue	Ala (ha)	Valumakerroin	Mitoitussade (l/s/ha)	Virtaama (l/s)	Hulevesi (m3), 10 cm sade	Painanne-säilynnän osuus (%)	Suodattuneen veden osuus (%)	Huleveden osuus (%)
1	Lakee	42	0,34	56,4	805	13 000	4	30	66
2	Kesätuulentie	2,26	0,4	156	141	821	1	40	59
3	Hirsimäenkatu 1	1,12	0,51	220	126	555	1	51	48
4	Penninpyöräntie	63	0,34	56,4	1208	17 141	12	29	59
5	Ainontie	7	0,35	117	287	2400	1	34	65
6	Nurmipolku	6,9	0,37	117	299	1875	6	28	66
7	Nummi	80	0,43	56,4	1940	21650	25	30	46
8	Jyrätie	6,71	0,55	117	432	3551	3	52	45
9	Loimalahdentie	2,23	0,56	156	195	1181	3	53	44
10	Leinuntie	13	0,4	117	608	5200	2	38	60
11	Pollentie	12	0,42	117	590	3540	18	30	52
12	Luolaja	21,31	0,23	56,4	276	4200	4	20	76
13	Hirsimäenkatu 2	41,33	0,34	56,4	793	12 800	3	31	66
14	Sammonojantie 1	29,48	0,38	56,4	632	9000	2	37	62
15	Sammonojantie 2	51	0,17	56,4	489	6550	3	13	84
16	Metsäväentie	7,73	0,38	117	344	2676	3	35	62
17	Kuokkamaa 1	8,38	0,35	117	343	2710	2	32	65
18	Kuokkamaa 2	11,06	0,2	117	259	2000	2	18	80
19	Aliraakkulantie	16,41	0,34	117	653	4854	1	33	67
20	Sammonojantie 3	3,44	0,44	156	236	1189	8	40	52
21	Myllyojantie	1,06	0,54	220	126	483	8	46	46
22	Sammontie	0,4	0,56	220	49	152	8	51	41
23	Saukonpolku	6,74	0,4	117	315	2600	1	39	60
24	Hevosenkengäntie	5,93	0,39	117	271	2256	1	38	61
25	Kuurupilonpuisto	6,08	0,25	117	178	1 304	3	22	75
26	Sammonsuontie 1	31,54	0,23	56,4	409	5570	5	18	77
27	Sammonpuisto	11,4	0,27	117	360	2594	4	23	73
28	Sammonsuontie 2	25,64	0,2	56,4	289	3 590	9	10	80
29	Hirventie	0,7	0,39	220	60	365	3	55	43
30	Kivisenojantie	31,69	0,31	56,4	554	8779	3	29	68
31	Palokärjentie	6,17	0,15	117	108	767	1	14	85
32	Vuorentaka	83	0,24	56,4	1123	15 490	5	19	76

Suurin osavaluma-alue on Vuorentaan valuma-alue. Se oli SCALGO Liven valuma-alue työkalun mukaan reilu 200 hehtaarin kokoinen alue. Valuma-alueella on kuitenkin paljon painanteita, johon pintavalunta kertyy, joten jos valuma-aluetta tarkasteltiin yhdessä Flash Flood työkalun kanssa, ei koko valuma-alueelta muodostunut hulevesiä edes kovalla sademäärällä. Todellisuudessa Hämeen Härkätieltä hulevesipumppaamon kautta purkautuvan valuma-alueen koko on pienempi, 83 hehtaaria ja Vuorentaan valuma-alueen kohdalla valuma-alue rajattiin siksi poikkeuksellisesti Flash Flood työkalun avulla. Näin rajatun valuma-alueen kooksi saatiin 83 hehtaaria.

Toiseksi suurin valuma-alue on 80 hehtaarin kokoinen Nummen valuma-alue ja tältä alueelta pois lähtevän huleveden määrä oli suurin. Seuraavat kolme suurinta valuma-aluetta ovat Lakee, Hirsimäenkatu 2 ja Penninpyöräntie ja näiden kolmen valuma-alueen purkupisteet sijaitsevat melko lähekkäin Hirsimäenkadun molemmin puolin. Isoimmat valuma-alueet on esitetty kuvassa 14.

Kuva 14. Tutkimusalueen isoimmat valuma-alueet, niiden pinta-alat, keskimääräiset valumakertoimet ja mitoitusvirtaama kerran kolmessa vuodessa tapahtuvalla sadetapahtumalla (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024f; Happonen & Bossman, 2018; Pantisu ym., 2023).



8 Hulevesien hallinnan haasteet ja kehityskohteet

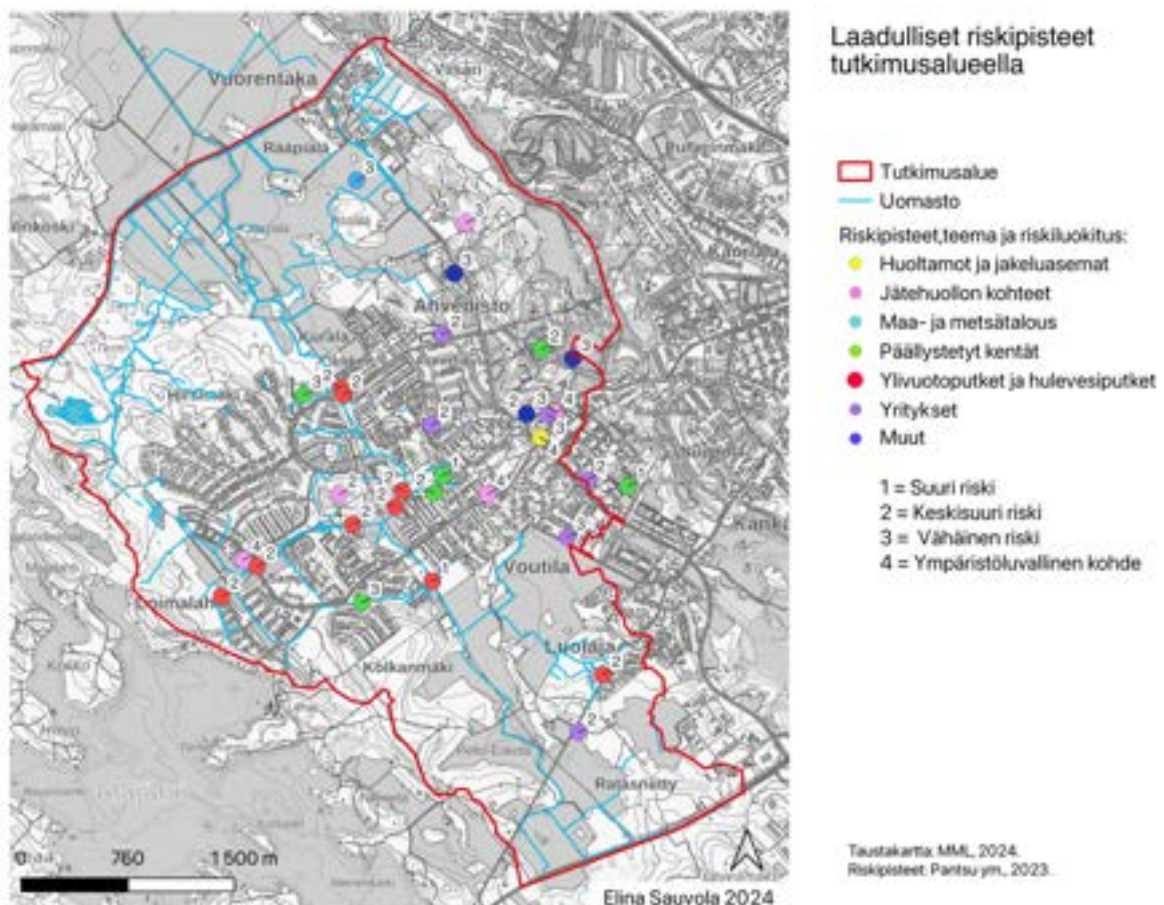
Tässä luvussa kuvataan tutkimusalueen hulevesien hallinnan haasteet ja kehityskohteet. Haasteina esitetään haastatteluissa esiin nousseet haasteelliset kohdat, tulvaherkät alueet ja jo tapahtuneet tulvimistapahtumat. Hulevesien laatuun liittyvät haasteet on esitetty aiemmin tehtyjen selvitysten kautta. Hulevesien hallinnan kehityskohteina esitetään haastatteluissa esiinnousseet alueet ja ajatukset, sekä aiemmissa selvityksissä esitetyt alueet.

8.1 Hulevesien laatu ja laadulliset haasteet tutkimusalueella

Sampo-Alajärven osayleiskaavan hulevesiselvityksessä laadun hallinnaksi katsottiin riittävän hulevesien määrän hallinta, sillä viivyttävät rakenteet parantavat hulevesien laatua

(Nikulainen, 2015, s. 29). Hämeen ammattikorkeakoulun kestävän kehityksen opiskelijoiden projektityössä tunnistettiin Myllyojan valuma-alueen laadullisia riskejä ja tunnistetuista 50 riskipisteestä 30 sijoittuu tässä tutkimuksessa tarkasteltavalle alueelle. Näistä 9 riskipistettä liittyi ylivuoto- tai hulevesiputkien purkupisteisiin. Projektissa tehdyn luokittelun mukaan kolme näistä pisteistä on ”suureksi” riskiksi luokiteltuja, näitä oli Nummen yhtenäiskoulun ja Jukolan koulun tekonurmikentät ja Kolkanmäen ylivuotoputki. (Pantsu ym., 2023, Liite 1). Keskisuuria riskipisteitä on 14 kpl, näistä kahdeksan on ylivuoto- ja hulevesiputkia, kolme moottorineuvojen huoltopalveluita tarjoavia yrityksiä ja loput kolme sairaala, rakennustyömaa ja parkkialue. Opiskelijaprojektissa kartoitettuihin riskipisteisiin lisättiin Sammon ja Ahveniston vanhat kaatopaikat. Tutkimusalueelle sijoittuvat laadulliset riskipisteet on esitetty kuvassa 15.

Kuva 15. Laadullista riskiä aiheuttavat riskipisteet. Pisteen väri kertoo riskin teemajaoittelun ja numero arvioidun riskiluokan. (MML, 2024b; Pantsu ym., 2023)



Jätevesivuodoilla on yhteys ojien kuntoon ja aluekuivatuksen toimivuuteen. Mikäli aluekuivatus ei toimi kunnolla, muodostuu riski jätevesivuodoille, kun hulevedet päätyvät jätevesiviemäriin joko puutteellisten jätevesiverkoston rakenteiden kautta tai

pumppaamoiden ylivuotorakenteiden kautta. Tästä aiheutuu jätevesiverkostolle liiallista kuormitusta, joka voi johtaa siihen, että jätevedet purkautuvat avouomaan. (Laine, 2022, s. 2) Myllyjojan valuma-alueella on tapahtunut jätevesiylivuotoja Jyrätiellä ainakin tammikuussa vuonna 2018 (Keski-Korpela, 2018) ja joulukuussa 2021 (HS-Vesi, 2022). Kaiston opinnäytetyössä todettiin Luolajantien ja Loimalahdentien näytepisteiden bakteeripitoisuuksien olevan korkeita ja viittaavaan siihen että Myllyjojaan on päässyt jätevesiä vuonna 2014 (Kaisto, 2016, s. 53). Jätevesiylivuotojen estämiseksi olisi tärkeää, että ojan virtaama on riittävä ja siihen johdetut vedet saadaan johdettua kuivatettavalta alueelta pois. Joskus tämä tavoite voi olla ristiriidassa hulevesien laadun hallinnan kanssa, jos virtaamaa pyritään hidastamaan esimerkiksi kasvillisuuden avulla. (Laine, 2022, s. 3)

Tutkimusalueelle sijoittuu kaksi vanhaa kaatopaikkaa. Sammon kaatopaikka ja Ahveniston kaatopaikka. Sammon kaatopaikan pintavesi tarkkailu on lopetettu vuonna 2015, eikä kaatopaikalla todettu olevan vaikutuksia pintavesiin. Pohjavesi tarkkailua tehdään vuosittain. Vuoden 2023 pohjavesitarkkailussa todettiin vertailuarvon ylittäviä pitoisuuksia arseenia ja kobolttia. Pitoisuuksien todettiin nousseen kuparin, raudan, mangaanin, kromin, kupari, kloridin ja ammoniumtypen osalta verrattuna aikaisempiin tarkkailuvuosiiin. (Ritari, 2024, s. 5) Ahveniston kaatopaikalla tehdään pohjaveden tarkkailua. Aikaisempina näytteenottovuosina on todettu hieman koholla olevia raskasmetallipitoisuuksia, vuoden 2022 tulosten perusteella nämä pitoisuudet ovat laskeneet ja veden laadun todettiin olevan hyvä. (Ritari, 2023, s. 7)

8.2 Näkemyksiä hulevesien hallinnan haasteista

Haastattelutulokset käsiteltiin anonymieinä ja haastateltavista käytetään nimikkeitä haastateltava 1...8. Haastattelujen perustella alueen yleisemmiksi hulevesien määrään liittyväksi ongelmaksi koettiin se, että hulevesien määrän lisääntyminen on aiheuttanut alavirran alapuolisten alueiden tulvimista. Tämän nosti esiin neljä haastateltavaa (haastateltava 5, 6,7 ja 8). Rakennetuilla alueilla ei koettu suuria ongelmia hulevesien määrällisen hallinnan suhteen. Niistä haastateltavista (haastateltavat 1,2,3, 4 ja 6), joiden työ liittyi nimenomaan rakennettuihin alueisiin, ainoastaan yksi mainitsi haasteena alapuolisten alueiden tulvimisen. Haastateltavien (haastateltavat 1,2,3,4, ja 6) mukaan rakennetuille alueille sijoittuvat ongelmat tai haasteet koettiin pieniksi, ja näkemys oli, että ilmenneet ongelmat olivat tapahtuneet jo aiemmin ja nämä olivat sittemmin korjattu. Näiden haastateltavien näkemys oli se, että mikäli jotain ongelmia ilmenee, niihin reagoidaan ja ongelmat korjataan.

Hulevesien laadulliset haitat koettiin haasteeksi viiden haastateltavan (haastateltavat 1, 4, 5, 7 ja 8) puolesta ja laadullisista haasteista mainittiin vanhat kaatopaikat, kaatopaikkavuodon vuoksi Myllyojan sedimenttiin mahdollisesti päätyneet haitalliset aineet, pohjavesialueilla sijaitsevat hulevedet ja autojen pesussa käytettävien liuottimien päätyminen hulevesiin. Hulevesien aiheuttamiin laadullisiin haasteisiin liittyi myös jätevesiviemärien ylivuodot, jotka haastateltavat 1 ja 7 mainitsivat erikseen alueen haasteena. Tähän liittyen nousi esiin haaste siinä, että hulevesiä ei saada johdettua pois, eli uoma, johon ne purkautuvat ei vedä riittävästi.

Nykyinen hulevesien hallintajärjestelmä koettiin riittäväksi, joskin haastateltavat 1, 2 ja 3 tunnistivat järjestelmän riittävyyteen liittyviä mahdollisia haasteita tulevaisuudessa. Kaikkien näiden kolmen haastateltavan mukaan järjestelmän riittävyys kuitenkin huomioidaan uusia alueita rakennettaessa. Yhtenä esimerkkinä haastateltava 1 toi esiin uuden Assi-sairaalan. Sen alueelta hulevesiä ei olisi voinut johtaa hulevesiviemäriverkostoon sellaisenaan, koska verkoston kapasiteetti ei olisi riittänyt. Tältä alueelta hulevedet käsitellään aiemmin mainitussa imeytysaltaassa ja hulevesiverkostoon johdettu hulevesi on hajautettu johdettavaksi kahteen eri verkostoon.

Kunnossapitoon ja niiden erityisesti niiden kustannuksiin koettiin liittyvän haasteita useamman vastaajan (haastateltava 1, 2 ja 3) puolesta. Kunnossapitoa on näiden haastateltavien mukaan kehitetty, jotta voidaan priorisoida hulevesien hallinnan kannalta merkittävimmät kohteet. Haastateltavat 2, 3, 6 ja 7 arvelivat, että sekä Vuorentaan tai Sammon kosteikkoaltaiden tarvitsevan jossain vaiheessa kasvuston poistamista isompaa kunnostusta. Esteenä kunnostukselle nähtiin sekä korkeat kustannukset, vastuun kohdistuminen ja kunnostustarpeesta ja -tavasta saatavilla oleva riittämätön tieto. Hämeenlinnan kaupungin kunnossapidon rekisterissä hulevesien hallintaan liittyviä rakenteita, esimerkiksi Sammon kosteikkoaltaita, ei ollut merkitty erikseen hulevesien hallintaan liittyviksi. Moni haastateltava ei osannut nimetä alueen hulevesien hallintaan liittyviä ratkaisuja tai niiden liittymisestä hulevesien hallintaan oli epäselvyyttä.

Hulevesiin liittyvinä yleisinä haasteina mainittiin sekä laadulliset riskit ja vesistöjen tilan heikentyminen, että hulevesien määrään liittyvät haasteet, kuten kiinteistöille ja infralle aiheutuneet vahingot tulvatilanteissa ja niiden aiheuttamat taloudelliset vahingot. Talous mainittiin hulevesien hallinnan haasteena useaan otteeseen. Haastateltava 6 toi esiin, että hulevesien hallintaratkaisujen alkukustannukset ovat korkeat ja voivat aiheuttaa rajoitteita, vaikka ne voisivat tulla pitkällä tähtäimellä halvemmaksi kuin tulvimisten aiheuttamat tuhot. Haastateltava 2 ja 6 taloudellisena haasteena kunnossapidon kustannukset ja haastateltava

2 näki ongelmana erityisesti sen, ettei kunnossapitoa välttämättä suunnitella tai huomioida hallintarakenteiden suunnitteluvaiheessa, eikä kunnossapidon kustannuksia huomioida suunnitteluvaiheessa. Haastateltava 5 näki haasteena yleisen taloudellisen tilanteen, joka rajoittaa kaikkia vesien suojelullisia toimia. Neljä haastateltavaa (haastateltavat 4,5, 6 ja 8) toivat esiin yleisenä haasteena sen, ettei hulevesiä ole huomioitu riittävän aikaisessa vaiheessa ja nyt aiheutettuja ongelmia on vaikea jälkikäteen korjata.

8.3 Haasteelliset alueet tutkimusalueella

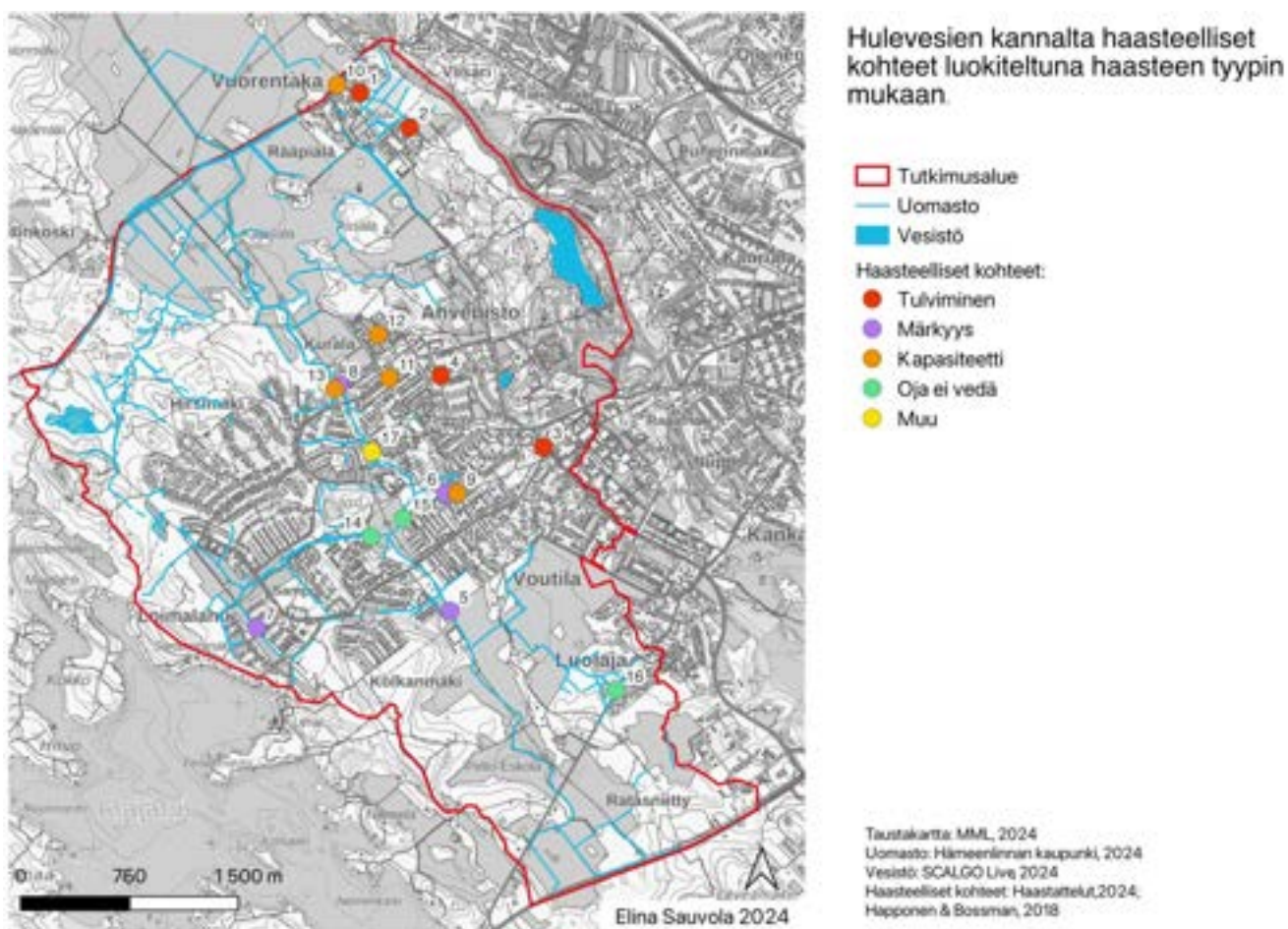
Haastattelussa ilmenneitä tiettyyn alueeseen liittyviä haasteellisia kohteita luokiteltiin haasteen tyypin mukaan ja kohteet on kuvattu luvun alla olevalla kartalla pistemäisinä kohteina. Piste ei kaikissa tapauksissa kerro tarkkaa sijaintia, vaan osoittaa suurpiirteisesti sen, mille alueelle haaste sijoittuu. Haastatteluissa ilmenneiden haasteellisten kohtien lisäksi kartalle lisättiin Hämeenlinnan hulevesitulvariskiarviossa 2018 tunnistetut riskikohteet.

Kaksi hulevesitulvariskiarviossa tunnistettua riskikohdetta sijoittuu Myllyojan valuma-alueelle ja molemmissa riskinä on huleveden tulviminen kadulle (Happonen & Bossman, 2018, Liite 2). Jukolan alueella kohde on kevyen liikenteen alikulkukäytävä, jossa on tulvinu. Asevelikylän kohteesta ei ole saatavilla tarkempaa tietoa, mutta Hämeenlinnan kaupungin kunnossapitoinsinöörin (Henkilökohtainen tiedonanto, 2.5.2024) mukaan tällä alueella on ollut puutteellisesta hulevesiverkostosta johtuvaa kuivatusongelmaa, joka sittemmin on korjattu. Kanta- Hämeen pelastuslaitoksen palopäällikön mukaan (Henkilökohtainen tiedonanto, 10.4.2024) alueella ei ole ollut hulevesiin tai muutenkaan vesiin liittyviä hälytystehtäviä viimeisen viiden vuoden aikana (2019–2024).

Haasteelliset kohteet luokiteltiin haasteen tyypin mukaan. ”Tulviminen” kuvaa haastetta, jossa on todettu tulvimista. ”Märkyys” kuvaa kohteita, jotka nousivat esiin helposti vettyvinä, mutta joilla ei mainittu olevan tulvimista tai siitä aiheutuvaa haittaa. ”Kapasiteetti” kuvaa haastetyyppejä, jossa esimerkiksi hulevesiverkoston kapasiteetti asettaa rajoitteita hulevesien hallinnalle, tai voi muodostua haasteeksi tulevaisuudessa. ”Oja ei vedä” - tyyppi kuvaa kohdetta, jossa ojan virtaus on koettu riittämättömäksi, ja tästä on aiheutunut veden seisomista. ”Muu” – tyyppi kuvaa muita, edellä mainittujen haasteiden ulkopuolella olevia haasteita. Vaikka haasteet luokiteltiin omiksi tyypeikseen, liittyivät ne kaikki hulevesien määrään liittyvään hallintaan, mahdollisiin tulvimisiin ja voivat vaikuttaa toisiinsa. Kapasiteettiin liittyvät haasteet voivat aiheuttaa tulvimisia, mikäli olemassa olevat hallintarakenteet eivät riitä hulevesien johtamiseen. Ojan vetämättömyys liittyy myös kapasiteettiin ja tulvimisiin, sillä mikäli oja ei vedä, ei sen silloinen kapasiteetti takaa alueen

kuivumista ja vedet voivat kerääntyä tietyille alueille ja aiheuttaa tulvimista. Haasteet voivat olla vanhoja, jolloin vastaavan kaltaisia ongelmia ei ole välttämättä ole viimevuosina ilmennyt. Ne on kuitenkin valittu esitettäväksi tässä, sillä hulevesiolosuhteet muuttuvat ja entisetkin haasteet voivat ilmetä uudestaan, mikäli esimerkiksi sateisuus lisääntyy. Haasteelliset kohteet on kuvattu kartalla kuvassa 16 ja kohteiden kuvaukset on esitetty taulukossa 5.

Kuva 16. Hulevesien hallinnan kannalta haasteelliset kohteet on luokiteltu haasteen tyyppin mukaan (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024e; Happonen & Bossman, 2018, Liite 2).



Taulukko 5. Hulevesien hallinnan haasteiden kohdekuvaukset (Happonen & Bossman, 2018, Liite 2; Haastattelut, 2024)

Nro	Tyyppi	Kuvaus	Muita kommentteja	Lähde
1	Tulviminen	Talojen takapihoille tulvinut joskus vettä	Ei ole ollut viimeaikoina ongelmaa	Haastattelu
2	Tulviminen	Pintavesi haasteita ollut		Haastattelu
3	Tulviminen	Katu, hulevesitulvariskiä kohde 2018	Keven liikenteen alikulkutunneli	Hämeenlinnan hulevesitulvariskiä kohde 2018
4	Tulviminen	Katu, hulevesitulvariskiä kohde 2018		Hämeenlinnan hulevesitulvariskiä kohde 2018
5	Märkyys	Kostea, rehevä ja helposti vettyvä kohta maastossa. Ei isoa ongelmaa.	Lähellä puutarhapalstoja	Haastattelu
6	Märkyys	Purkukohta johon johdetaan paljon vesiä, paikoin märkyyttä.	Ei isoa ongelmaa	Haastattelu
7	Märkyys	Rehevän oloinen, märkyyttä.	Alueet jotka on haluttu kuivattaa pysyy kuivanaa, ei sikäli ongelmaa.	Haastattelu
8	Märkyys	Purkuputki, jonka kohdalla usein märkyyttä.	Ei iso ongelma ehkä, alueella ei kulje paljon ihmisiä.	Haastattelu
9	Kapasiteetti	Purkuputken kapasiteetissa haasteita rankkasateilla	Vieressä koulu.	Haastattelu
10	Kapasiteetti	Hulevesipumppaamon kapasiteetti ei pärjää avo-ojen kapasiteetille esim kevättulvilla.	Kapasiteettia nostettu, ei ole ollut ongelmaa viime aikoina.	Haastattelu
11	Kapasiteetti	Ahdas verkosto, kapasiteetti ei riitä jos hulevesien määrä kasvaa	On huomioitu Assi-sairaalan hulevesien johtamisessa	Haastattelu
12	Kapasiteetti	Tiet ei pysy hyvässä kunnossa, kun alue ei kuivatu kunnolla	Ei suurta ongelmaa, alueelle varmaan tulossa jossain vaiheessa saneerausta.	Haastattelu
13	Kapasiteetti	Rumpu alimitoitettu, pienempi kuin ylävirran rummut.	Voi aiheuttaa tulvimista isommalla virtaamalla.	Haastattelu
14	Oja ei vedä	Vesi seisoo välillä, epämiellyttävän näköinen välillä ja oja ei tunnu vetävän hyvin.	Haitta visuaalinen, ei ehkä muuta haittaa?	Haastattelu
15	Oja ei vedä	Jätevesipumppaamon kohdalla oja ei vedä. On tapahtunut ylivuoto.	Jätevesiputkessa suojana läppä, joka estää isoimman sisäänvirtauksen.	Haastattelu
16	Oja ei vedä	Jätevesipumppaamo, ollut veden alla kun oja ei vetänyt		Haastattelu
17	Muu	Uoma savikoinen ja pajukoinen "ryteikkö", vieraskasveja	Hoitoa voisi kehittää	Haastattelu

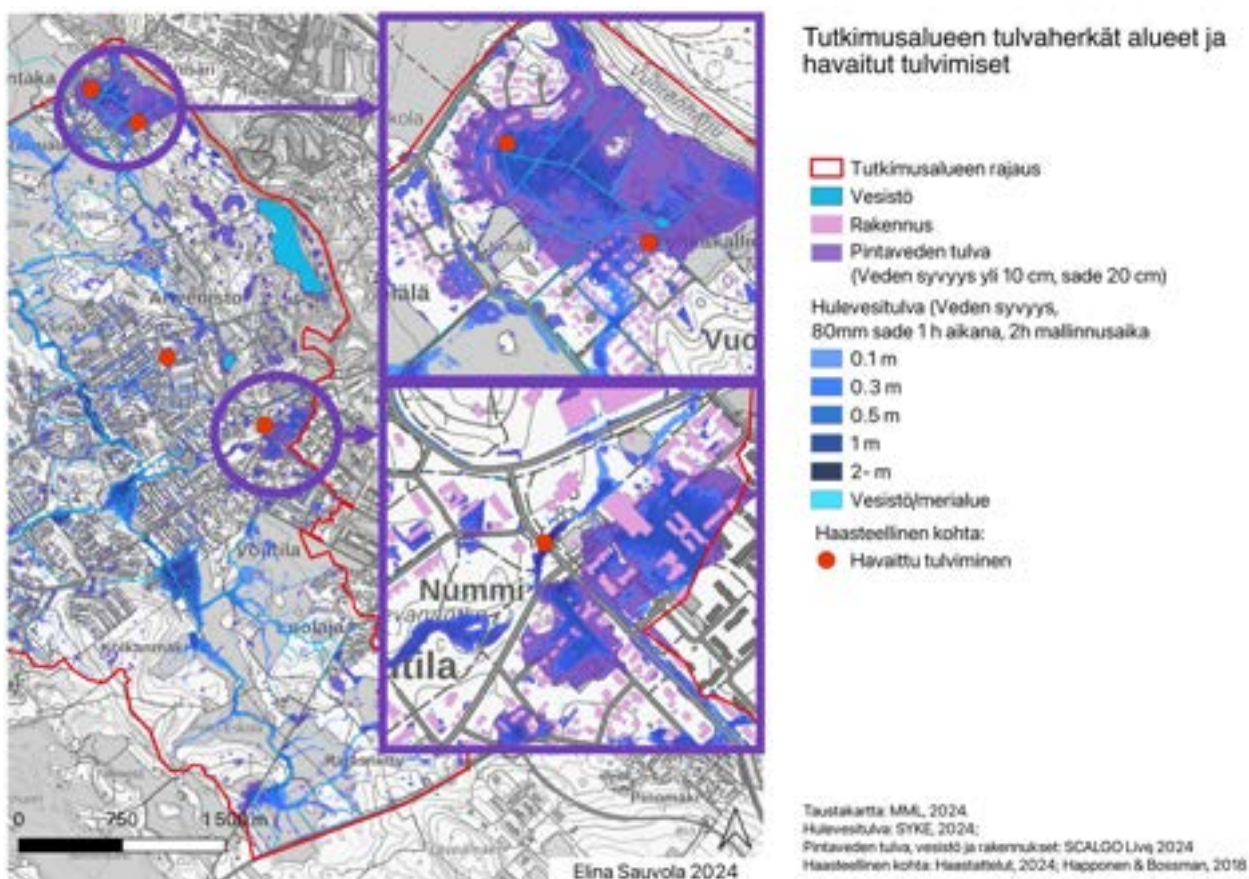
8.4 Tulvaherkät alueet

Pintaveden kertymistä tiettyihin paikkoihin ja mahdollisesti tulvaherkkiä alueita arvioitiin SCALGO Liven Flash Flood Mapping työkalulla ja tätä verrattiin SYKE:n tuottamaan yleispiirteiseen hulevesitulvakartta-aineistoon (SYKE, 2024c). Yleispiirteinen hulevesitulvakartta kertoo tulvivan veden peittävyyyden ja syvyyden kerran 100 vuodessa tapahtuvalla sateella (52 mm 1 tunnin aikana) ja sitäkin harvinaisemmalla rankkasateella (80 mm 1 tunnin aikana). Tulvakartta on yleispiirteinen ja suuntaa antava ja analyysi voi perustua puutteellisiin lähtötietoihin (SYKE, 2024a). Flash Flood Mapping analyysissä käytettiin sademääränä 20 cm sadetta ja tulvivan veden syvyydeksi määriteltiin 10 cm, jolloin tulvivat alueet vastasivat parhaiten SYKE:n yleispiirteistä hulevesitulvakarttaa. Flash Flood Mapping analyysi huomioi maanpeitteiden valumakertoimet ja analyysissä käytettiin tasoa, jossa

maastomalliin ei ole koverrettu hulevesiviemäriverkostoa. Tällöin analyysi kuvasi tilannetta, jossa hulevesiverkoston kapasiteetti ei riitä huleveden johtamiseen.

Syken yleispiirteisellä hulevesitulvakartalla tulvivat alueet olivat laajempia kuin SCALGO Liven analyysin tuloksissa. Myllyoja näytti tulvivan Leinun ja Peltomattisen alueilla, jotka ovat peltoalueita. Hirsimäenkadun eteläpuolella Myllyojanuoman kohta näytti tulvivan kartan mukaan, joskaan vedet eivät yltäneet asuinalueille. Asutusalueesta hulevesitulvakartalla korostui Penninpyörylängtien osavaluma-alueella sijaitseva Myllyojan asuinalue. Asutusalueita, jotka nousivat esiin molemmista tulvakartoista, ovat Jukolan ja Vuorentaan alueet. Näille alueille sijoittui myös muutama haasteellinen kohta, joissa on havaittu tulvimista. Koska tulvimista on jo jossain määrin tapahtunut, ja ne muodostavat myös siksi tulvariskialueen. Tulvaherkät alueet ja tapahtuneet tulvimiset on esitetty kuvassa 17.

Kuva 17. Tulvaherkät alueet ja todetut tulvimistapahtumat (MML, 2024b; SCALGO Live, 2024a, b, e; Happonen & Bossman, 2018, Liite 2; SYKE, 2024c)

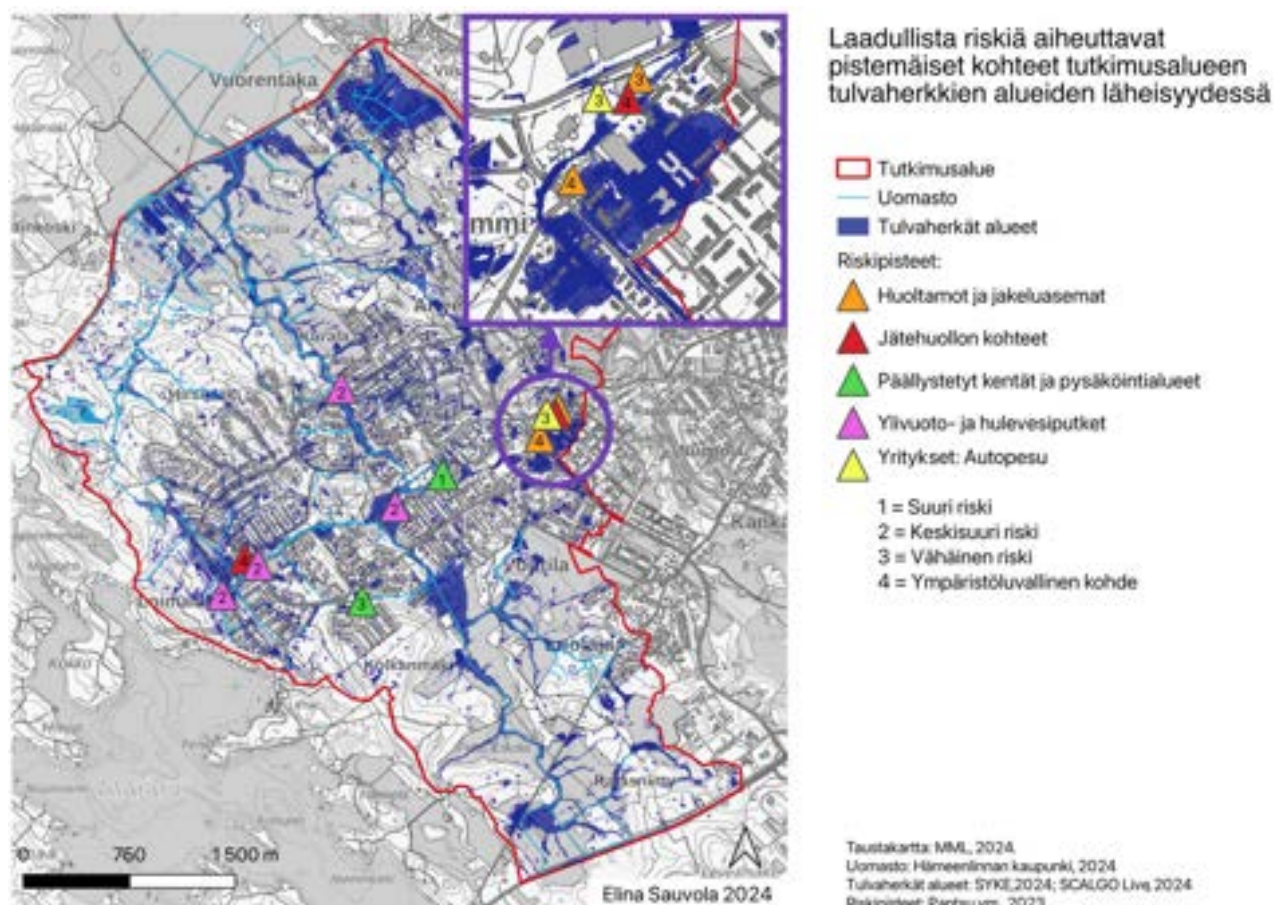


Yleispiirteisestä hulevesitulvakartasta ja Flash Flood Mapping kartasta yhdistettyä tasoa käytettiin kuvaamaan tulvaherkkyttä. Tulvaherkkiä alueita tutkittiin yhdessä laadullisten

riskipisteiden kanssa, sillä tulvaherkällä alueella sijaitseminen lisää riskin todennäköisyyttä. Mikäli alueella tulvii voi riskipisteistä kulkeutua ympäristölle haitallisia aineita huleveden mukana.

Laadullisia riskipisteitä sijoittui tulviville alueille tai niiden välittömään läheisyyteen 11 ja ne on esitetty kuvassa 18. Riskipisteistä poistettiin hulevesien purkupisteet, koska ne sijoittuvat joka tapauksessa uoman varteen eikä niiden sijainti siksi ole riippuvainen tulvimisesta. Ylivuotoputkien kohdalla tilanne on sama ja ne sijaitsevat uoman läheisyydessä, mutta ne otettiin tarkasteluun. Ylivuotoputkien kohdalla alueiden tulviminen voi vaikuttaa siihen, että niihin päätyy tulva-aikaan vettä, joka voi aiheuttaa jätevesivuotoja. Ylivuotoputkia on neljä ja ne arvioitiin keskiuuriksi riskeiksi (2). Jukolan alue korostui myös tässä tarkastelussa, sillä tulvaherkän alueen läheisyyteen sijoittui neljä riskipistettä. Kaksi näistä oli huoltoasemia, toinen sijoittui vähäisen riskin (3) luokkaan ja toisella oli ympäristölupa. Lisäksi alueella oli ympäristöluvallinen jätehuollon kohde ja riskiluokkaan 3 arvioitu autopesu yritys. (Pantsu ym., 2023, Liite 1)

Kuva 18. Tulvaherkkien alueiden läheisyyteen sijoittuvat laadulliset riskipisteet (MML, 2024b; SYKE, 2024c; SCALGO Live, 2024b; Pantsu, ym., 2023)



8.5 Hulevesien hallinnan kehittäminen

Puolet haastateltavista (haastateltavat 1, 5, 6 ja 8) mainitsivat uusien rakennettavien alueiden kaavoituksen parhaana tapana kehittää hulevesien hallintaa. Haastateltavat 4,5 ja 7 epäilivät, ettei jo nyt rakennetuilla alueilla ole tilaa hulevesien hallinnan lisäämiselle ja paras tapa kehittää hulevesien hallintaa on huolehtia uusien alueiden hulevesien hallinnasta paremmin. Kaksi haastateltavaa (haastateltava 2 ja 4) toivat esiin, että hulevesien hallintaa voisi olla mahdollista kehittää jo nyt rakennetuilla alueilla, mutta vain katusaneerausten tai piharemonttien yhteydessä, sillä ilman muuta rakentamista sitä ei juuri tehdä. Haastateltava 2 kertoi kohteista, joissa saneerauksen yhteydessä on hulevesiverkostoa parannettu. Haastateltava 3 nosti esiin, että ongelmien ilmetessä tilanne korjataan, mutta ilman selkeää ongelmaa ei hulevesien hallintaa useinkaan kehitetä rakennetuilla alueilla.

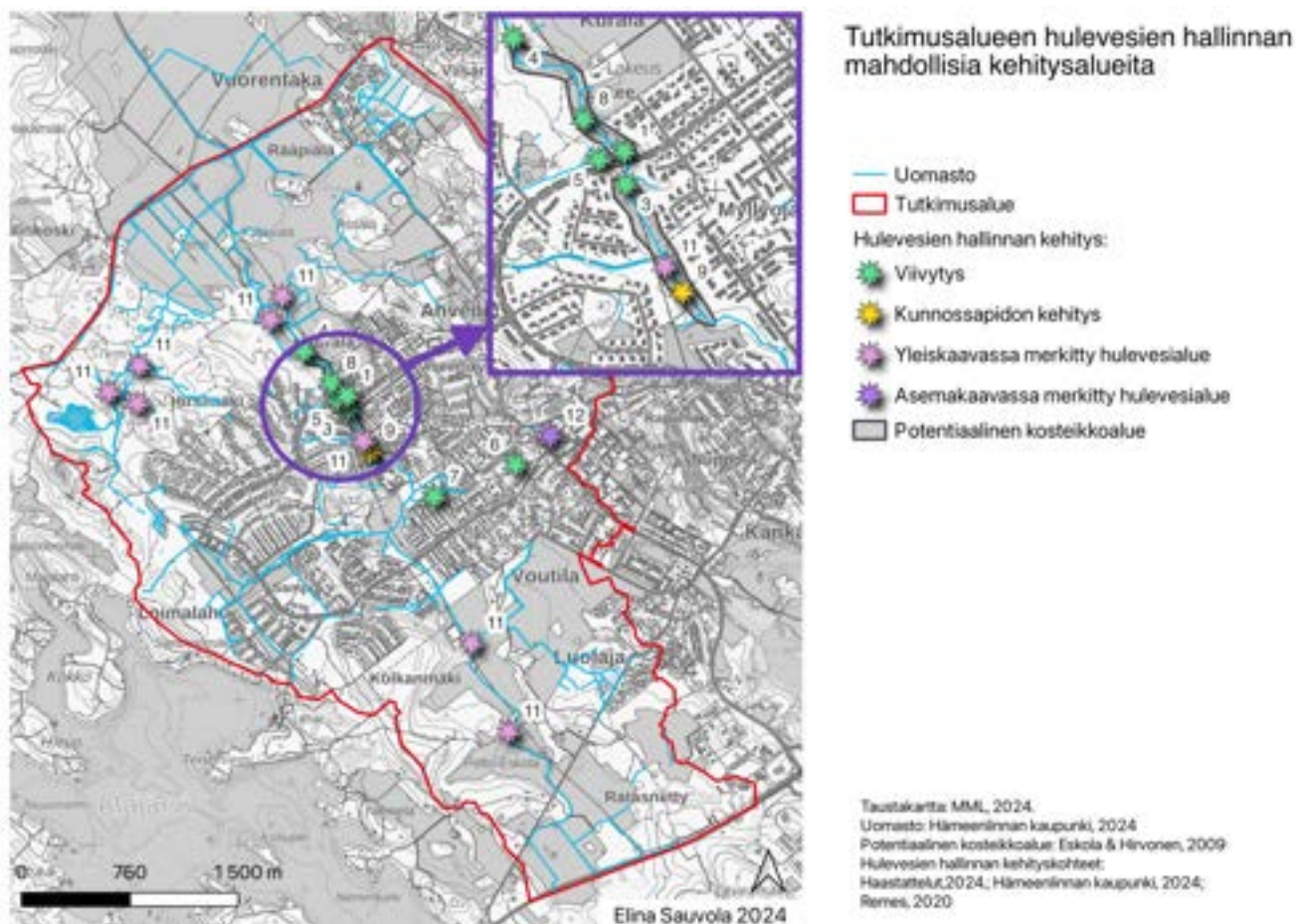
Puolet haastateltavista (haastateltava 1, 4, 6 ja 8) näkivät, että tutkimusalueella hulevesien hallinnan lisäämiseen soveltuisi parhaiten rakentamattomat alueet virtausreitin varrella, jotka on kaavassa merkitty viheralueiksi. Kaksi haastateltavaa (haastateltava 5 ja 8) nosti esiin hulevesiverkoston purkuputkien luokse sijoittuvat hallinnan kehittämisen. Haastateltava 1 toi esiin, että hulevesien hallinnan ei tulisi vaikuttaa heikentävästi alueen kuivatukseen ja siksi paras paikka lisätä hallintaa olisi ennen tai jälkeen rakennettujen alueiden. Haastateltavat 1, 4, 5 ja 6 toivat esiin, että viivyttävien ratkaisujen pitää sijoittua riittävän pitkälle uomastossa, jotta niillä olisi riittävä vaikutus. Siitä, miten hulevesien hallintaa muuten voisi kehittää haastattelun vastaukset jakautuivat. Mainittuja hulevesien hallinnan kehittämisen keinoja olivat viivyttävät rakenteet, pidätysaltaat, viherpainanteet, imeyttämiskätkäykset, vesien johtamisen nopeuttaminen, kunnossapidon kehittäminen, tulvareittien suunnitteleminen, alueelliset kätkäykset, taloyhtiöiden kannustaminen hulevesien vähentämiseen, purkuputkien tilan selvittäminen ja yhteistyön kehittäminen. Yleisesti hulevesiin liittyvänä suurimpana mahdollisuutena nähtiin vesistöjen tilan parantaminen, monimuotoisten ympäristöjen luominen ja virkistysarvot. Kolme haastateltavaa (haastateltavat 1,2 ja 3) nosti esiin kehittämiskohteena kunnossapidon huomioimisen. Haastateltava 2 toi esiin, että hulevesien hallintaratkaisuja suunnitellessa tulisi suunnitella niiden koko elinkaari hoitoa ja kunnossapitoa myöten ja näistä pitäisi olla saatavilla helposti tietoa.

Alueet, jotka nousivat esiin mahdollisina hulevesien hallinnan kohteina, on esitetty pistemäisinä kohteina kartalla kuvassa 19 ja kohteiden tarkemmat kuvaukset on esitetty taulukossa 6. Piste ei kerro tarkkaa sijaintia, vaan on suurpiirteinen tietylle alueelle sijoittuva näkemys. Karttaan lisättiin Hämeen ympäristökeskuksen monimuotoisten kosteikkojen yleissuunnitteluhankkeessa selvitetty Kurala-Voutilan kosteikkokohde aluemaisena kohteena

ja pistemäisinä kohteina kaavoissa merkityt hulevesialueet, joilla ei ole tietävästi toteutettu hulevesien hallintaa. Kaavoissa merkityt alueet lisättiin, sillä nämä on kaavoituksessa koettu mahdollisiksi alueiksi hulevesien hallintaratkaisuille.

Seitsemän haastatteluissa ilmenneistä kehityskohteista liittyi hulevesien viivyttämiseen, yksi kunnossapidon kehittämiseen ja yksi hulevesien puhdistamiseen tai suodattamiseen. Viivyttämiskohteista neljä sijoittui Myllyojan uomaan ja ne sijoituivat yhteen Hämeen ympäristökeskuksen monimuotoisten kosteikkojen yleissuunnitteluhankkeessa vuonna 2009 kartoitetun potentiaalisen kosteikkoalueen kanssa. Hankkeessa selvitettiin kosteikkojen kannalta merkittäviä kohteita ja todettiin, että Hirsimäenkadun molemmiin puolin olisi mahdollista tehdä patoamalla ja tulvatasanteita kaivamalla kosteikko, ja että alue on luonnonmukaista kosteikkoaluetta. (Eskola & Hirvonen, 2009, s. 43) Nämä alueet näyttäytyivät tulvivina SYKE:n yleispiirteisessä hulevesitulvakartassa, joten veden voi arvella kerääntyvät luonnollisesti näihin kohtiin.

Kuva 19. Hulevesien hallinnan mahdolliset kehitysalueet (MML, 2024b; Eskola & Hirvonen, 2009; Hämeenlinnan kaupunki, 2024; Remes, 2020)



Taulukko 6. Hulevesien hallinnan kehitysalueiden kuvaukset (Eskola & Hirvonen, 2009; Hämeenlinnan kaupunki, 2024; Remes, 2020; Haastattelut, 2024)

Nro	Tyyppi	Kuvaus	Muita kommentteja	Lähde
1	Viivytys	Uomaa voisi leventää.	Sijainti riittävän pitkällä uomastossa, Hirsimäenkadun ja seuraavan tien ali menevän osuuden välillä	Haastattelu
2	Viivytys	Patoamalla tehtyjä kosteikkoaltaita	Luontaista kosteikkoaluetta, kartoitettu monimuotoisten kosteikkojen yleissuunnitteluhankkeessa	Eskola, H. & Hirvonen, A. 2009.
3	Viivytys	Pohjakynnyksellä voisi tehdä allastuksia uoman varteen	Myllyojan varteen pätkälle ennen Hirsimäenkatua	Haastattelu
4	Viivytys	Pohjakynnyksellä voisi luoda viivytysaltaan	Peltotoiminnan ulkopuolella tällä hetkellä, nuorta pusikkoa	Haastattelu
5	Viivytys	Purkuputken päähän voisi tehdä pienen viivytysaltaan.	Kustannukset pienet, koska jo valmiiksi alava paikka. Purkuputkesta hulevesiä isolta alueelta	Haastattelu
6	Viivytys	Viheralueella voisi pidätellä vesiä.	Puiston alta menee hulevesiviemäriputki	Haastattelu
7	Viivytys	Pieni viheralue, jossa voisi viivyttää vesiä	Hulevedet purkautuu verkostosta avouomaan	Haastattelu
8	Viivytys	Viivytysrakenteet pitäisi sijoittaa rakennettavien alueiden ulkopuolelle, Hirsimäenkadusta alaiuoksulle.	Luontaiset painanteet olisi hyviä paikkoja	Haastattelu
9	Kunnossapito	Uomaston aluetta voisi kehittää virkistysalueena	Uoma suora ja ryteikköinen, hiihtolatu menee lähellä, voisi luoda virkistysarvoja alueelle.	Haastattelu
10	Suodatus/puhdistus	Purkupisteiden kunnon tarkastaminen ja suodatusrakenteita	El merkitty kartalle	Haastattelu
11	Kaavan hv-alueet	Yleiskaavaan merkityt hv-alueet	8 kohtaa merkitty kartalle	Yleiskaava 2035
12	Kaavan hv-alueet	Asemakaavassa oleva ohjeellinen varaus hulevesien hallinnan kehittämiseksi	Tasausaltaita tai muita hv rakenteita	Kaava nro 2578

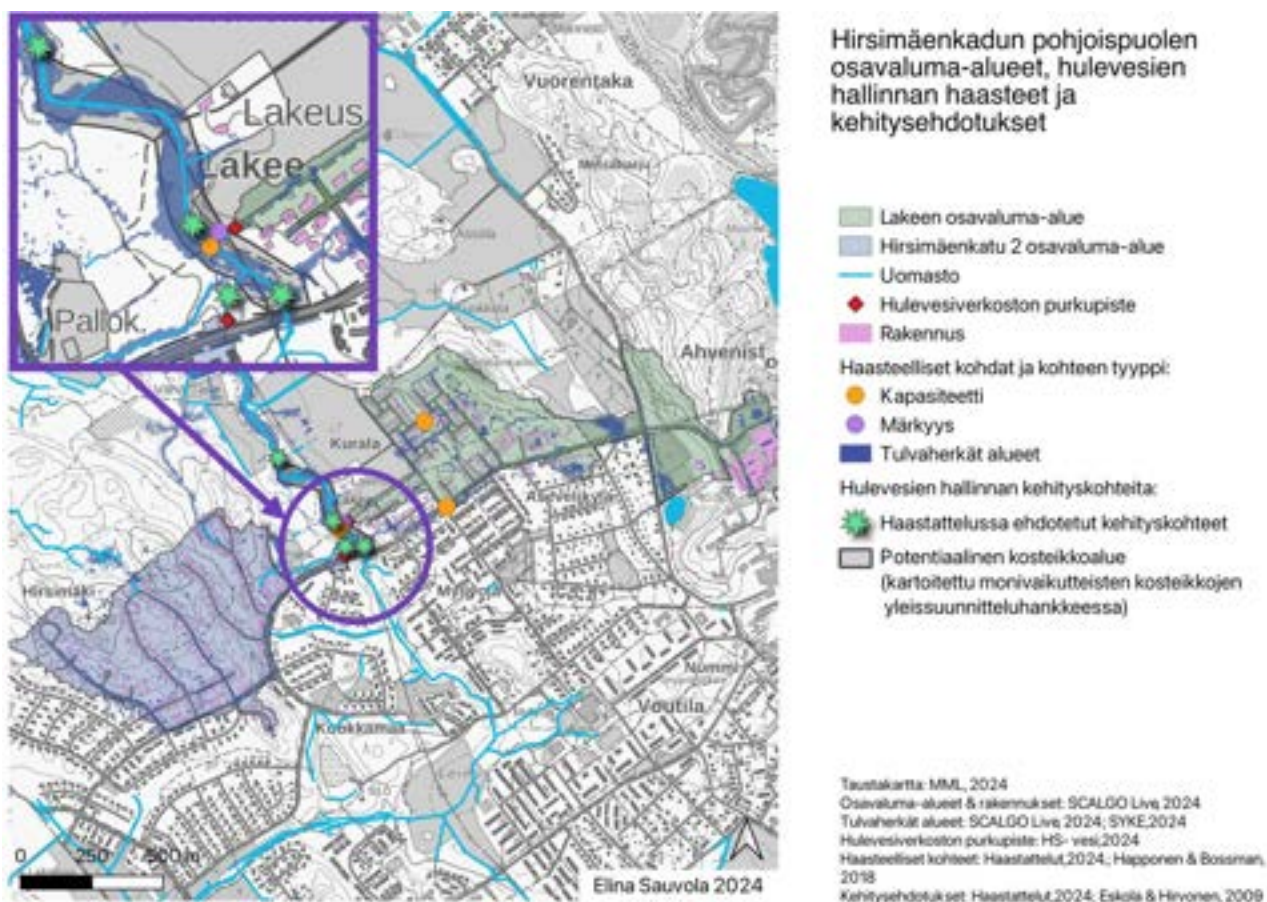
9 Alueiden tarkastelu

Tässä luvussa tarkastellaan esiinnousseita kehitysehdotuksia, haasteita ja isompia osavaluma-alueita alueittain. Tarkasteluun valikoitui ja rajautui ne alueet, joihin sijoittui isojen osa-valuma-alueiden purkupisteitä, useampia haasteellisia kohtia, tulvakartoissa esiinnousseita alueita tai kehitysehdotuksia. Tarkasteltavia alueita on neljä ja ne esitellään tässä luvussa.

9.1 Alue 1: Hirsimäenkadun pohjoispuoli

Rakennetut alueet loppuvat melko pian Hirsimäenkadun pohjoispuolella, mutta sinne sijoittuu kaksi ison osavaluma-alueen purkupistettä. Myllyojan länsipuolelta laskee Hirsimäenkatu 2 valuma-alueen hulevedet ja hieman siitä eteenpäin Lakeen alueen hulevedet. Tämä alue haasteineen ja kehityskohteineen on esitetty kuvassa 20.

Kuva 20. Hirsimäenkadun pohjoispuolen osavaluma-alueet, hulevesien hallinnan haasteet ja kehitysehdotukset (MML, 2024b; SYKE, 2024c; SCALGO Live, 2024a, b, f; Happonen & Bossman, 2018; Eskola & Hirvonen, 2009).



Hirsimäenkatu 2 osavaluma-alue on noin 41 hehtaarin kokoinen ja sen hulevedet purkautuvat avouomaan Hirsimäenkadun pohjoispuolella. Purkuputki ja mutkitteleva uoma näkyy maastokäynnillä otetussa valokuvassa (kuva 21). Avouoma kulkee metsäisen alueen poikki ennen purkautumista Myllyjoaan ja tähän sijoittui kahden haastateltavan mainitsema alue, jossa voisi viivyttää hulevesiä. Alue on valmiiksi alava, joten haastateltava pohti, että siihen saisi suhteellisen pienillä kustannuksilla jonkin viivyttävän ratkaisun. Avo-uoma kulkee metsäisessä alueessa ja alueella kulkee polku, joten sillä voi olla myös virkistysellisiä arvoja. Valuma-alue, jolta hulevedet purkautuvat, on yksi isoimmista, joten siitä purkautuu suhteellisen iso määrä hulevesiä, joita olisi mahdollista viivyttää ennen niiden päätymistä Myllyjoaan.

Kuva 21. Hirsimäenkadun pohjoispuolelle sijoittuvalle avouoman osuudelle on ehdotettu hulevesien viivytystä.



Lakeen valuma-alue on 42 hehtaarin kokoinen ja sille sijoittui neljä haasteellista kohtaa. Yksi maininta oli purkuputken kohdalla, jossa on havaittu usein märkyyttä. Lakeen alueen hulevedet purkautuvat lähelle Myllyojaa, ennen Lakeen peltoaluetta. Maastokäynnillä havaittiin, että purkuputki sijaitsee joitakin metrejä Myllyojan yläpuolella, purkuputki on rinteessä, korkeammalla kuin maa ja siitä hulevedet laskeutuvat alas lyhyelle pätkälle avouomaa ennen Myllyojaa. Voi olla, että vedet olivat kuluttaneet maaperää ja hulevesien purkuputki ei aiemmin sijainnut maanpinnasta niin paljon ylempänä. Myllyojan uomassa oli yksi haasteellinen kohde, jossa mainittiin liian pienestä rummusta. Tämä oli samoilla kohdin kuin maininta märkyydestä purkuputken kohdalla, joten voi olla, että alueella havaittu märkyys johtui tästä alimitoitetusta rummusta. Hirsimäenkadun ja Lakeen valuma-alueen purkupisteen välinen osuus Myllyojan uomasta oli maastokäynnin ajankohtana lähes kokonaan kasvillisuuden, erityisesti pajukon peitossa. Uoman varteen oli tälle kohdalle tuotu paljon puutarhajätettä ja jonkin verran hiekoitussepleliä.

Kaksi mainintaa kapasiteettiin liittyvistä haasteista sijoittui rakennetuille alueille. Alueen mainittiin haastattelussa olevan "ahdas", jolloin kuivatus ei toimi halutunlaisesti ja sen vuoksi

esimerkiksi tiet eivät pysyneet välttämättä hyvässä kunnossa. Valuma-alueelle sijoittui myös Hämeenlinnan hulevesitulvariskiärvion riskikohde, jossa vesi on tulvinut kadulle.

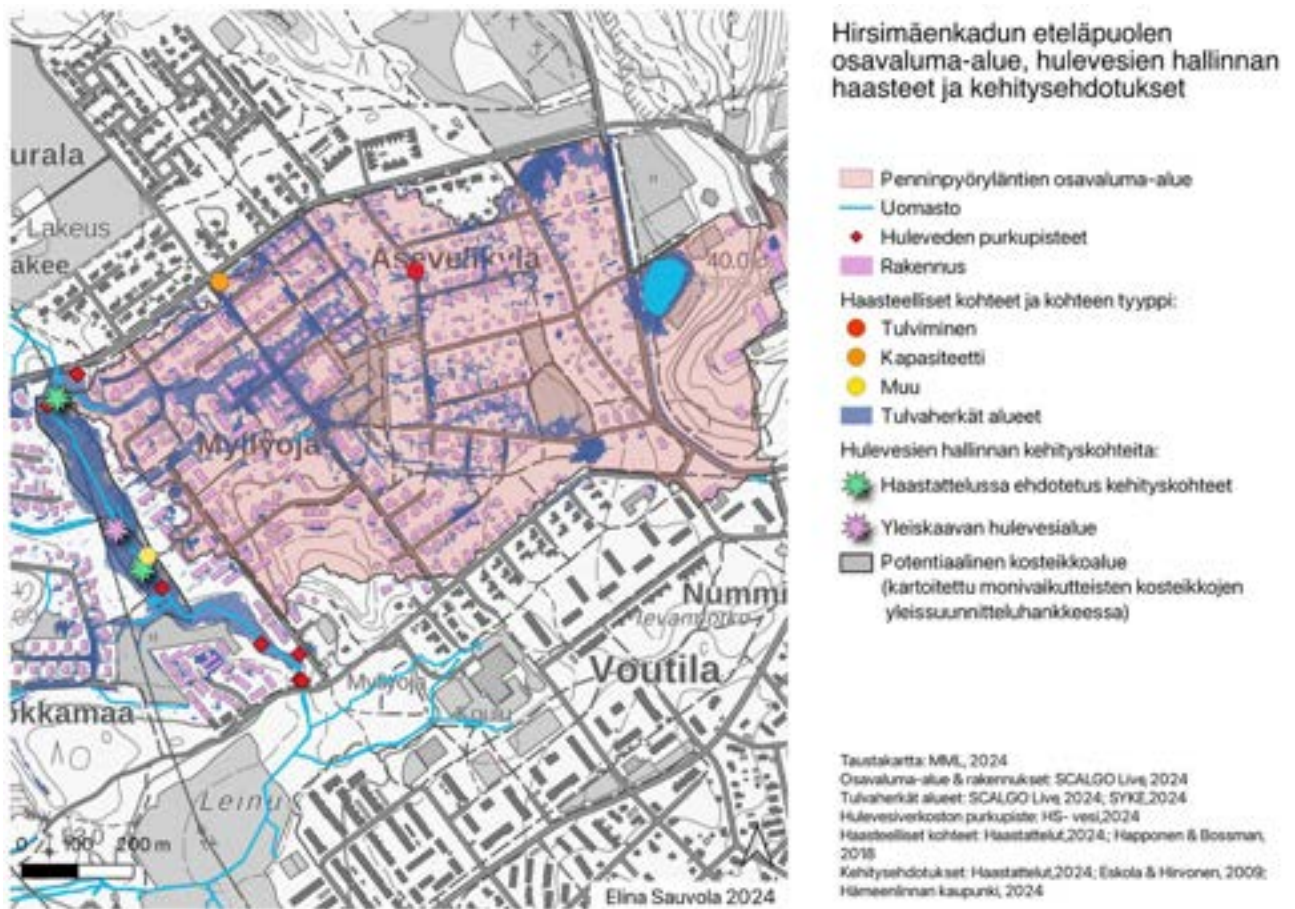
Toinen osa Kurala-Voutilan kosteikkokohdetta sijaitsee Hirsimäenkadun pohjoispuolella ja tälle alueelle sijoittui kaksi haastatteluissa esiinnoussutta kohdetta. Haastateltava (6) totesi, että viivytyksratkaisun tulisi sijoittua riittävän pitkälle uomastossa, jotta se pidättäisi hulevesiä koko taajama-alueelta. Haastateltava (1) totesi, että olisi paras, että hallintaratkaisut sijoittuisivat rakennettujen alueiden ulkopuolelle, jotta niiden vaikutus alueiden kuivattamiseen ei olisi negatiivinen. Haastateltava (5) totesi, että heti Hirsimäenkadun jälkeen uoman alueella on tihkupintaisuutta, jonka vuoksi tälle alueelle ei kannattaisi tehdä isoja toimenpiteitä. Potentiaalinen paikka pohjakynnyksen avulla tehtävälle kosteikolle sijoittui hänen mukaansa pohjoisemmaksi, kohtaan, jossa uoma tekee jyrkän mutkan ja jatkuu suorana Vähä- Terttiin.

9.2 Alue 2: Myllyjojan alue- Hirsimäenkadun eteläpuoli

Hirsimäenkadun eteläpuolella Myllyjoja kulkee lähes suorassa uomassa vajaan 500 metrin verran. Alue on esitetty haasteineen ja kehityskohteineen kuvassa 22. Toinen osa kartoitetusta Kurala-Voutilan kosteikkokohteesta sijaitsi tällä alueella. Alue korostui tulvaheikkänä, joten paikalle kerääntyy luonnollisesti vettä. Yleiskaavassa alueelle on merkitty yksi hulevesialue ja alueelle sijoittui kaksi haastatteluissa esiinnoussutta kehitysaluetta. Toisessa mainittiin, että tälle alueelle voisi tehdä pohjakynnyksellä allastuksia, joissa vesiä voisi viivyttää. Toisessa todettiin, että aluetta voisi kokonaisuudessaan kehittää, sillä alue on nykyisellään ”ryteikköistä” ja sen hoitoa ja kunnossapitoa voisi kehittää ja alueen käyttöä virkistysalueena edistää. Myllyjojan länsipuolella kulkee talviaikaan latu ja kesäaikaan pieni polku, joten sillä voisi olla potentiaalia virkistyskäytössä.

Alueella sijaitsee yksi iso osavaluma-alue, josta hulevedet näyttävät karttatiedon mukaan purkautuvat lähellä Myllyjojan uomaa. Vähä-Kukkarontieltä lähtee kuitenkin kivetetty avouoma, jonka päässä on hulevesikaivo. Tämä saattaa toimia esimerkiksi tulvareittinä, mutta ainakaan verkostotiedoissa ei näytä siltä, että hulevesiä purkautuisi tähän avouomaan. Alue näyttäytyi tulvaheikkänä, joten sikäli tulvareitti on varmasti tarpeellinen ratkaisu.

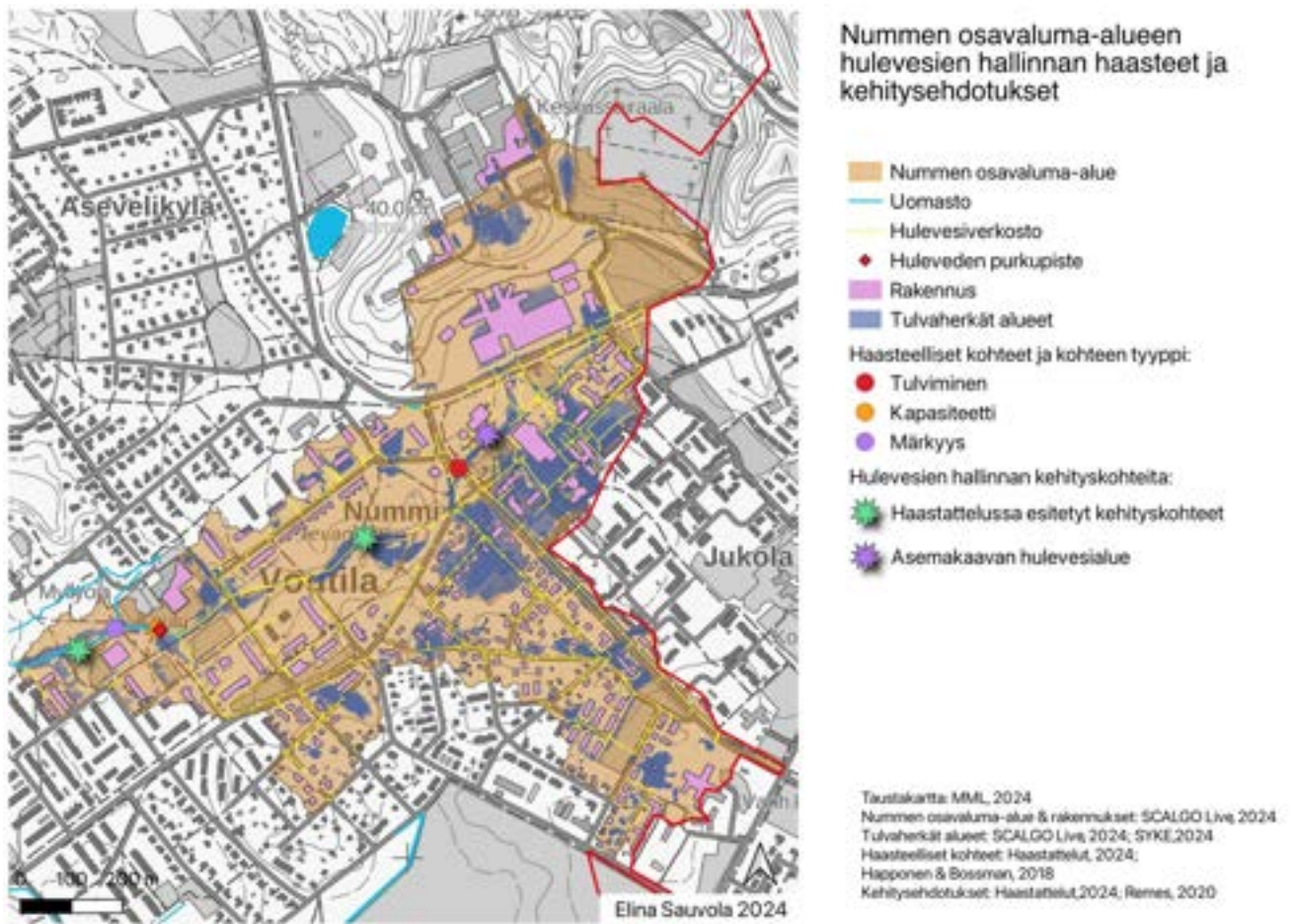
Kuva 22. Hirsimäenkadun eteläpuolen osavaluma-alue, hulevesien hallinnan haasteet ja kehitysehdotukset (MML, 2024b; SYKE, 2024c; SCALGO Live, 2024a, b, f; Happonen & Bossman, 2018; Hämeenlinnan kaupunki, 2024).



9.3 Alue 3: Nummen osavaluma-alue

Nummen valuma-alue on osavaluma-alueista isoin, sen keskimääräinen valumakerroin hieman korkeampi kuin alueilla keskimäärin ja alueelta purkautuvan huleveden määrä oli suurin. Nummen osavaluma-alue on esitetty haasteineen ja kehityskohteineen kuvassa 23. Alueelle sijoittui kolme haastekohdetta. Yksi kohde liittyi siihen, että alueen hulevesiverkoston purkupisteen kapasiteetissa oli ollut joskus haasteita ja toinen siihen, että alueella, johon hulevedet purkautuvat, oli toisinaan havaittavissa märkyyttä. Hämeenlinnan hulevesitulvariski-arviossa mainittu tulvariskikohde sijoittui myös tälle alueelle, ja valuma-alueen yläpuoliset alueet korostuivat tulva-herkkinä alueina.

Kuva 23. Nummen valuma-alueen tunnistetut haasteet, tulva-herkät alueet ja kehitysehdotukset (MML, 2024b; SYKE, 2024c; SCALGO Live, 2024a, b, f; Happonen & Bossman, 2018; Remes, 2020).



Hulevedet johdetaan Nummen koulun kohdalla avouomaan. Maastokäynnillä vesiä oli lammikoitunut purkukohdalle, ja siinä kasvoi kosteikkokasvillisuutta (osmankäämi) ja purkupisteen luona näkyi jonkin verran roskia ja avouomassa oli muutenkin ajoittain roskia. Avouoma kulki metsäisen viheralueen läpi Myllyojalle suhteellisen syvässä uomassa ja sen reunat olivat paikoin hyvin jyrkät ja eroosiota oli nähtävillä, kuten kuvassa 24 näkyy. Eroosiota oli etenkin avouoman alkupäässä. Voi olla niin, että koska paikalla on koulu, saattavat oppilaat kulkea tai leikkiä uomassa ja se on osaltaan aiheuttanut eroosiota ja maastokäynnillä uoman mutaisilla osuuksilla oli jonkin verran jalanjälkiä.

Kuva 24. Nummen alueen läpi kulkevan avouoman reunoissa on nähtävillä eroosiota.



Kaksi haastatteluissa esiinnoussutta kehitysaluetta sijoittui tälle alueelle. Toisessa ehdotettiin viivytystä avouoman osuudelle viheralueella, johon hulevedet purkautuvat. Vedet kulkevat avouomassa noin 350 metriä ja tällä alueella voisi olla mahdollisuus jonkinlaiseen viivytysratkaisuun tai uoman kunnostamiseen. Polku kulkee avouoman vierellä lähes koko matkan uoman loppupäätä lukuun ottamatta, ja sen yli kulkee muutama silta. Viivytysratkaisulla voisi lisätä myös alueen virkistysarvoja. Alueella ei ollut SCALGO Live-ohjelman mukaan erityisiä painanteita, joihin viivytystä saisi luonnollisesti lisättyä.

Toinen kehityskohde oli ylempänä valuma-alueella sijaitseva metsäinen viheralue, levannotko, jota yksi haastattelija piti potentiaalisena alueena, jota voisi hyödyntää hulevesien hallinnassa. Alue on alava ja erottui tulvaherkkänä alueena, johon vedet luonnollisesti kerääntyvät. Tällä hetkellä alueen alla kulkee hulevesiverkoston putki.

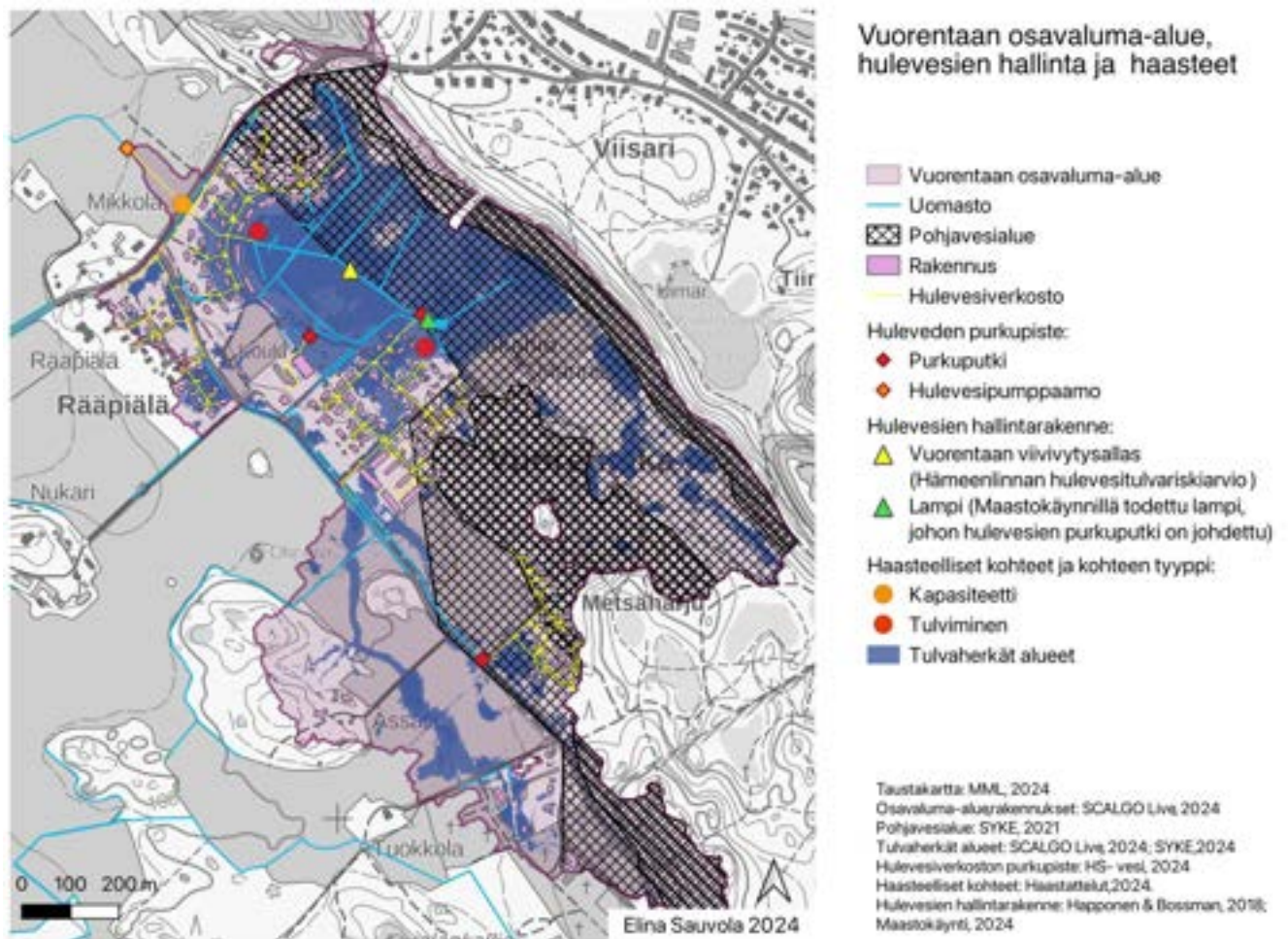
Valuma-alueen yläpäässä on vuonna 2021 rakennettu Jukolan S-marketin alue. Asemakaavassa oli merkitty puistoon sijoittuva ohjeellinen alue tasausaltaalle tai muulle hulevesirakenteelle, mutta tätä ei ole sellaisena toteutettu. Viheralue toimii kuitenkin osana tulvareittiä.

9.4 Alue 4: Vuorentaan alue

Vuorentaan valuma-alue on iso 83 hehtaarin kokoinen alue, mutta rakennettua aluetta on vähän. Vuorentaan osavaluma-alue on esitetty haasteineen ja kehityskohteineen kuvassa 25. Alueen keskimääräinen valumakerroin oli 0,24 ja päällystettyä pintaa todettiin olevan noin 12 %, jonka vuoksi alueelta pois lähtevän huleveden määrä olki suhteessa pienempi kuin vastaavankokoisella Nummen valuma-alueella. Vuorentaan valuma-alue näyttäytyi tulvivana alueena sekä yleispiirteisessä hulevesitulvakartassa, että SCALGO Liven Flash Flood analyysissä. Pintavaluntaa laajalta alueelta kertyi alavalle alueelle, joka on vanhaa suonpohjaa. Maalajiltaan SCALGO Liven mukaan alue oli saraturvetta, joskin Hämeenlinnan hulevesistrategiassa epäiltiin lammen pohjan olevan tiivistä savea (Jutila, 2009, s. 16) ja kunnallistekniikan suunnittelija arveli syvemmällä olevan sorainen kerros (Henkilökohtainen tiedonanto, 13.5.2024).

Soiselle alueelle johdetaan hulevedet myös pieneltä Tohkakallion asuinalueelta. Alueen läpi vedet kulkevat avouomassa ja alue toimii viivytyalueena. Tämän alueen jälkeen Vuorentaan asuinalue estää veden kulun, joten vedet pumpataan hulevesipumpulla Hämeen Härkätien jälkeen avo-ojaan. Pumpun kapasiteetissa on ollut haasteita, ja alueella oli tapahtunut tulvimista erityisesti kevät aikaan. Haastatteluissa mainittiin alue kahteen kertaan ja tulvimista oli todettu sekä Tohkakallion, että Vuorentaan alueilla, jossa talojen pihoille oli kertynyt vettä. Hulevesipumpun kapasiteettia oli tämän vuoksi nostettu, jonka jälkeen vastaavaa tulvimista ei ole koettu. Alueen uudemmassa osassa, Tohkakallion asemakaavassa oli osoitettu tulvareitti ja annettu tonttikohtainen viivytyrakenteiden mitoitustilavuus. Maastokäynnillä uuden asuinalueen reunassa todettiin olevan avo-oja, joka luultavasti toimi tulvareittinä.

Kuva 25. Vuorentaan valuma-alueen tulva-herkät alueet, havaitut haasteet ja nykyiset hulevesien hallintarakenteet (MML, 2024b; SYKE, 2021; SYKE, 2024c Happonen & Bossman, 2018; SCALGO Live, 2024a, b, f)



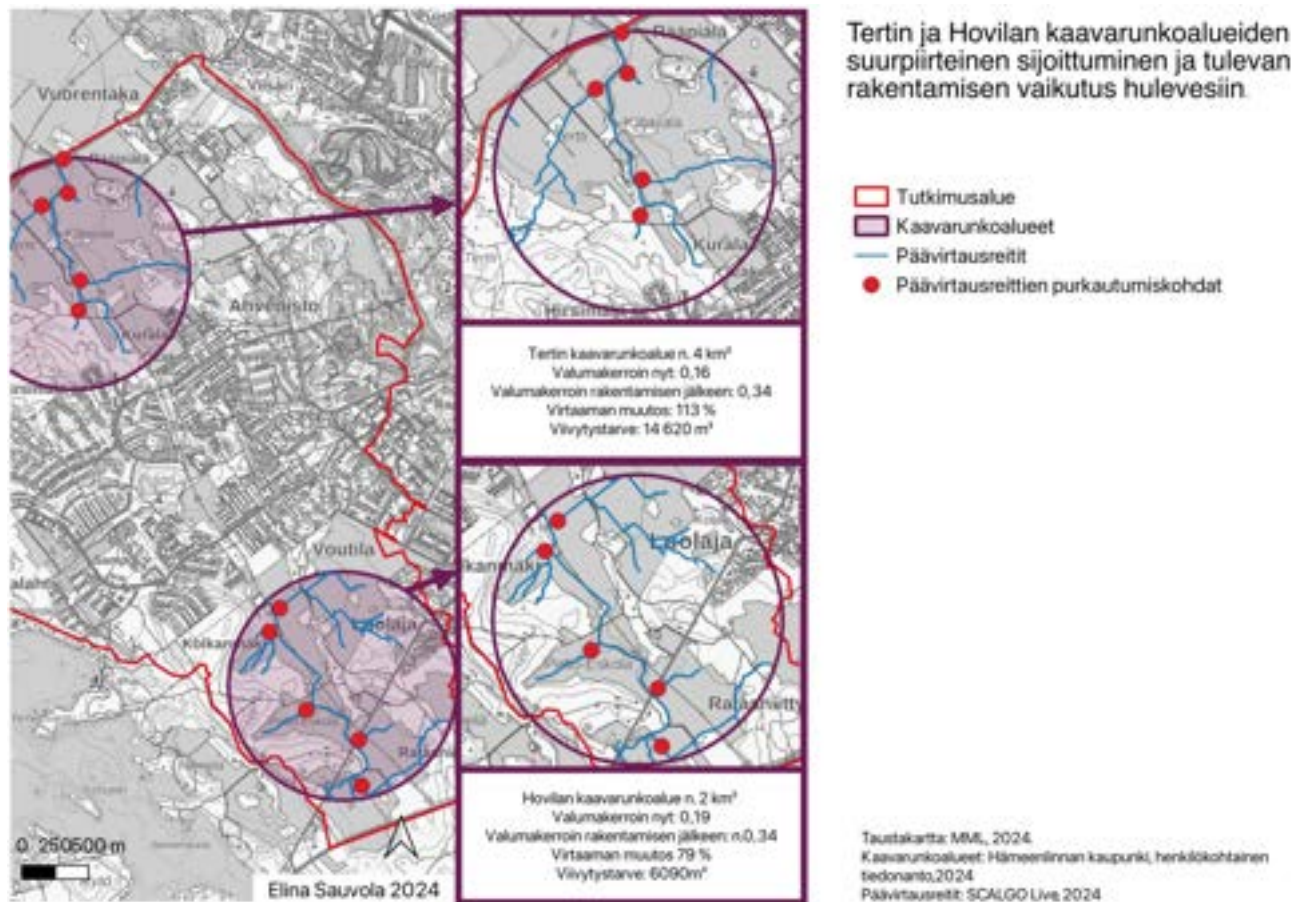
10 Tulevan rakentamisen vaikutus hulevesiin

Hämeenlinnan kaupungin arkkitehdin mukaan (Henkilökohtainen tiedonanto, 27.5.2024). tutkimusalueella sijoittuu kaksi kaavarunkohanketta Tertin ja Hovilan alueille ja näille on suunniteltu pitkällä aikavälillä tapahtuvaa kaavoitusta pientalovaltaisille asuinalueille. Alueiden tulevaa maankäyttöä voi arvioida tässä vaiheessa vasta alustavasti, joten tässä opinnäytetyössä esitetään ainoastaan karkea arvio siitä, miten tuleva rakentaminen vaikuttaa hulevesiin, ja mille kohti Myllyojan uoma hulevesiä mahdollisesti tulevaisuudessa johdetaan. Alueiden suurpiirteinen sijoittuminen ja arvio tulevan rakentamisen vaikutuksesta on esitetty kuvassa 32.

Tertin suunnittelualue on noin 4 km² laajuinen alue ja sijoittuu nyt rakennettujen alueiden pohjoispuolelle. Aluetta suunnitellaan pientalovaltaiseksi asuinalueeksi ja sinne on arvioitu sijoittuvan yli 2000 asukasta. (Hämeenlinnan kaupungin arkkitehti, henkilökohtainen tiedonanto, 27.5.2024). Tertin alueen maanpeitteestä päällystämätöntä oli tutkimuksen tekohetkellä 99 % ja päällystettyä pintaa oli vain noin 1 %. Alueen keskimääräinen valumakerroin nykytilassa oli 0,16. Hovilan alueen kaavarunko alue sijoittuu nyt rakennettujen alueiden eteläpuolelle, Kolkanmäen ja Luolajan alueille. Alueesta 95 % oli nykytilassa päällystämätöntä pintaa ja 5 % päällystettyä pintaa ja alueen keskimääräinen valumakerroin oli 0,19. Hovilan alueelle on tulossa noin 2 km² kokoinen alue, johon tulee niin ikään pientalovaltaista rakentamista (Hämeenlinnan kaupungin arkkitehti, henkilökohtainen tiedonanto, 27.5.2024).

Maankäytön muutosten vuoksi alueiden valumakertoimen arvioitiin olevan tulevaisuudessa 0,34, joka on tämänhetkisten rakennettujen alueiden keskimääräinen valumakerroin. Kaavarunkoalueiden mitoitusvirtaama laskettiin nykytilassa ja tulevan rakentamisen myötä kerran kolmessa vuodessa tapahtuvalla sadetapahtumalla ja arvio virtaaman muutoksesta saatiin tämän erotuksesta. Lisäksi arvioitiin viivytettävän huleveden määrää kaavarunkoalueilla laskemalla virtaaman muutoksen vaatima viivytystarve. Tulokset olivat karkea arvio, eikä niissä otettu huomioon mitään muita tekijöitä kuin valumakertoimen muutos suurpiirteisellä kaavarunkoalueella. Arvio antoi kuitenkin suuntaa sille, että hulevesien määrä tulee tulevan rakentamisen myötä lisääntymään paljon. Myllyojan uomaan laskevia päävirtausreittejä tunnistettiin kummallakin alueella viisi.

Kuva 26. Tertin ja Hovilan kaavarunkoalueiden suurpiirteinen sijoittuminen ja tulevan rakentamisen vaikutus alueiden hulevesien määrään (MML, 2024b; Hämeenlinnan kaupunki, henkilökohtainen tiedonanto, 2024)



11 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella tutkimusalueen hulevesien hallinnan nykytilaa. Opinnäytetyössä selvitettiin, millaisia haasteita alueen hulevesiin liittyi ja tarkasteltiin alueita, missä hulevesien hallintaa voisi kehittää. Lisäksi tutkittiin sitä, miten tulevat maankäytön muutokset vaikuttavat hulevesiin.

11.1 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida tarkastelemalla sitä, palvelivatko valitut menetelmät kyseisen tutkimuksen toteuttamista ja onko tutkimusaineiston käsittely ollut asianmukaista (Puusa & Juuti, 2020, s. 167), sekä sitä, miten tutkimus on mahdollista toistaa

ja saada samoja tuloksia samoja tutkimusmenetelmiä käyttäen (Avoin tiede, 2018). Tutkimuksessa käytettiin menetelminä laadullista ja kokeellista tutkimusta. Laadullisen tutkimuksen kautta kerättiin kokemuseräistä tietoa hulevesien hallinnan haasteista ja kehitysalueista. Tällaista tietoa ei olisi voinut välttämättä saada kokeellisen tutkimuksen kautta, joten tutkimusmenetelmät tukivat toisiaan ja niiden luotettavuutta voitiin arvioida vertailemalla tuloksia keskenään. Haastateltaviksi valittiin henkilöitä, joilla oli työnsä kautta asiantuntijuutta alueesta, ja jotka ainakin jollakin tavalla olivat olleet tekemisissä hulevesien kanssa. Tulokset edustavat kuitenkin melko rajatun joukon näkemyksiä, joka heikentää tutkimuksen luotettavuutta. Nyt yksittäiset maininnat haasteista tai kehitysalueista saattoivat edustaa yhden haastateltavan henkilökohtaista näkemystä. Mikäli resursseja olisi ollut enemmän, olisi haastateltavien joukkoa voinut laajentaa. Toisaalta tausta-aineiston käyttö ja aiemmin tehdyt selvitykset tukivat haastattelun tuloksia, sillä esimerkiksi kehitysalueina korostuivat samat alueet, joita aiemmin tehdyissä selvityksissä oli mainittu.

Kokeellisessa tutkimuksessa SCALGO Live-ohjelman analyysieihin vaikuttivat ohjelmassa tehdyt valinnat. Esimerkiksi se, millä tavoin hulevesiverkostotiedot ohjelmaan tuotiin, vaikutti tuloksiin tulva-alueista, ja erilaisilla valinnoilla olisi voinut saada erilaisia tuloksia. Tulvaherkkiä alueita voidaankin pitää yleispiirteisinä, suuntaa antavina arvioina, eikä tarkkana mallinnuksena. Tulvaherkkien alueiden määrittämisessä kahden eri aineiston käyttö paransi tutkimuksen luotettavuutta, sillä niitä vertailemalla voitiin määrittää, mitkä alueet korostuivat molemmissa ja tätä tietoa voitiin käyttää määrittämään yleispiirteisesti tulvaherkkiä alueita. Haastattelujen ja aiemmin tehtyjen selvitysten tulokset tukivat kokeellisen tutkimuksen tuloksia myös tulva-alueista, joten sikäli näitä tuloksia voidaan pitää luotettavina.

11.2 Pohdintaa hulevesien hallinnan haasteista

Suurin haaste tutkimusalueella oli hulevesien hallintavelka ja sen aiheuttamat ongelmat rakennettujen alueiden alapuolella. Jos haasteet eivät näy siellä, missä ne aiheutuvat, ei niitä välttämättä koeta ongelmaksi tai niiden ratkaiseminen voi olla vaikeampaa. Haastateltavista ne, joiden työ keskittyi rakennetuille alueille, eivät maininneet rakennettujen alueiden ulkopuolisia haasteita. Tämä saattoi johtua työn rajauksesta, kysymyksen asettelusta tai haastateltavien työkentästä, mutta voi myös olla, että hulevesien aiheuttamia ongelmia valuma-alueen alapuolisilla alueilla ei tunnistettu. Näkemys oli se, että ilmenneet haasteet ja ongelmat korjataan. Voi olla, että tämä ei välttämättä päde silloin, kun ongelmat ovat syntyneet pitkän ajan kuluessa, ne eivät ole helposti osoitettavia, tai kun ne ilmenevät

muualla kuin siellä missä ne aiheutuvat. Tämä myös korostaa eri toimijoiden yhteistyön merkitystä hulevesien hallinnassa, jotta myös nämä haasteet otetaan huomioon uusien ratkaisujen tehdessä.

Näkemykset hulevesien hallinnasta on aikojen saatossa muuttunut ja uusissa kaavoissa annetaan useita hulevesiin liittyviä ohjeistuksia. On kuitenkin todettu, että näitä on jäänyt osin toteuttamatta, eikä hulevesistrategian vaikutus ole ollut aina merkittävä (Happonen & Bossman, 2018, s.18). Uusia alueita suunniteltaessa olisi hyvä ottaa huomioon se, että näin ei kävisi. Onko esimerkiksi Tohkakallion kaavan alueella toteutettu kaavassa ohjeistettua kiinteistökohtaista hulevesien hallintaa? Voisi olla tarpeellista tutkia sitä, miten uusilla kaava-alueilla annetut ohjeistukset ovat lopulta toteutuneet ja millä tavoin tätä voisi seurata.

Vaikka tutkimusalueita ei koettu erityisen ongelmalliseksi hulevesien määrällisen hallinnan suhteen, tunnistettiin tulvaherkiksi alueiksi Jukolan ja Vuorentaan alueet. Huolimatta siitä, että yleispiirteinen hulevesitulvakartta mallinsi hyvin harvinaista sadetapahtumaa, oli molemmilla alueilla jo tapahtunut tulvimistilanteita. Lisäksi Jukolan alueeseen liittyi myös laadullisia riskitekijöitä. Koska näillä alueilla tulvimista oli jo tapahtunut, voi hulevesien lisääntyvä määrä ilmastonmuutoksen tai tulevan rakentamisen myötä aiheuttaa tulvatapahtumia näillä alueilla ja laadulliset riskitekijät lisätä hulevesitulvaveden mukana kulkeutuvia haitta-aineita.

Useat haastateltavista eivät osanneet nimetä olemassa olevia hulevesien hallintaan liittyviä ratkaisuja alueella, eikä niistä kaikista ollut saatavilla tietoa. Tutkimuksessa selvisi, ettei kunnossapidon puolesta oltu välttämättä aina tietoisia siitä mitkä rakenteet liittyivät hulevesiin, eikä kunnossapidon rekisterissä niitä oltu merkitty rekistereihin hulevesiin liittyvinä rakenteina. Jos tietoa ei ole saatavilla, voi käydä niin, ettei hallintaratkaisujen vaikutusta oteta huomioon uusien toimenpiteiden suunnittelussa, tai niiden kunnossapito voi jäädä puutteelliseksi, jos niiden vaikutusta hulevesiin ei tunnusteta. Hulevesien hallintaratkaisujen suunniteltaessa olisi tärkeää huomioida koko niiden elinkaari. Kunnossapidon vastuiden jakautuminen, rahoitus ja kunnossapitosuunnitelma pitäisi olla realistinen, pitkäkestoinen ja tieto tulisi olla helposti saatavilla. Pahimmillaan voi käydä niin, että hallintarakennelmat voivat puutteellisen kunnossapidon vuoksi vaikuttaa negatiivisesti hulevesien hallintaan, turvallisuuteen tai esteettisyyteen.

11.3 Pohdintaa hulevesien hallinnan kehittämisestä

Tuleva rakentaminen lisää huleveden määrää ja uusilla alueilla hulevesien hallinta huomioidaan eri tavalla kuin aikaisemmin. Tämä ei kuitenkaan poista jo syntynyttä hallintavelkaa. Hulevesien hallinnan kehittäminen jo rakennetuilla alueilla voi olla haastavaa, koska tilaa ei välttämättä ole, eikä uusien ratkaisujen kehittäminen ei ole todennäköistä ilman jotain muuta alueelle kohdistuvaa rakentamista. Yksi mahdollisuus lisätä hulevesien hallintaa rakennetulla alueella olisi piharemonttien tai katusaneerausten yhteydessä. Voisikin olla tarpeen miettiä, millä keinoin voitaisiin näiden yhteydessä lisätä hulevesien luonnonmukaista hallintaa. Miten taloyhtiöitä tai kiinteistöjä voisi kannustaa huomioimaan hulevedet remonttien yhteydessä tai voisiko kaupunki kehittää toimintatapoja, jossa hulevesiä hallinnan kehittämismahdollisuuksia tutkitaan aina esimerkiksi katusaneerausten yhteydessä?

Hulevesien hallinta otetaan täydennysrakentamisen yhteydessä huomioon kaavoituksessa ja rakentamisessa ja tästä esimerkkinä oli Jukolan S-marketin asemakaavassa viheralueelle sijoitettu hulevesialue. Viheralue sijaitsi alueella, jonne sijoittui monta tekijää, jotka tekivät hulevesien hallinnan kehittämistä merkittävää. Se sijaitsi tulvaherkällä alueella, sen ympärillä oli paljon päällystettyä pintaa, se oli osa isoa hulevesiverkoston osavaluma-alueita, jonka verkoston kapasiteetissa oli ollut haasteita ja sen läheisyyteen sijoittui useampi laadullista riskiä aiheuttava riskipiste. Vaikka viheralue onkin pieni, sen kaltaiset alueet voisivat mahdollistaa huleveden hallinnan kehittämisen tällaisella hulevesien kannalta merkittävällä alueella. Pienikin ratkaisu voi vaikuttaa huleveden määrään, vähentää hulevesiverkoston kapasiteettiin kohdistuvaa rasitusta, toimia tulvareittinä tai tulvanhallinnassa ja vähentää huleveden aiheuttamia laadullisia riskejä. Jo rakennetuilla alueilla tällaiset pienetkin tilat tulisi huomioida hulevesien hallinnan kannalta mahdollisuuksina lisätä hulevesien hallintaa, etenkin täydennysrakentamisen yhteydessä.

Hulevesien hallinnan kehittämisessä erityisesti Myllyojan uoma Hirsimäenkadun molemmin puolin nousi esiin potentiaalisena kohteena. Tälle alueelle suuntautui suurin osa kehitysehdotuksista ja sillä sijaitsee kartoitettu mahdollinen kosteikkokohde. Alue on tulvaherkää, joten sille kerääntyy luontaisesti vesiä ja se onkin luontaista kosteikkoaluetta. Alue sijaitsee tiiviisti asuinalueiden yhteydessä ja ainakin osittain alueella on jo nyt jonkinlaisia virkistysarvoja, joita hulevesien hallinnan kehittäminen voisi lisätä. Koska alue sijaitsee pitkällä uomastossa, viivytyksratkaisut tässä vaikuttaisivat hulevesiin isolta alueelta ja niillä olisi vaikutusta myös uuden kaava-alueen hulevesiin. Tähän sijoittuvalla ratkaisulla hulevesien hallintavelkaa voisi pienentää. Pienempiä, paikallisempia ratkaisuja voisi sijoittaa isommilla valuma-alueilla niihin kohtiin, joissa hulevedet kulkevat avouomassa ennen

purkautumista Myllyjojaan. Kaksi tällaista kohtaa olivat Hirsimäenkadun pohjoispuolella sijaitseva kohde ja Nummen virkistysalue. Mikäli Nummen alueen lisärakentamisen vuoksi hulevesiverkoston kapasiteettiin kohdistuu entistä enemmän painetta esimerkiksi lisärakentamisen myötä, voisi myös levannotko toimia hulevesien viivytyalueena. Näiden lisäksi Penninpyörylän tien osavaluma-alueella oli ilmeisesti tulvareittinä toimiva avouoma. Tähän avouomaan ei purkautunut hulevesiä, vaan purkuputki sijaitsi Myllyjojan uoman lähellä. Voisiko hulevesien purkuputken sijaintia muuttaa, niin, että ne purkautuisivat jo avouoman alkuosuudelle?

Maastokäynnillä avouomassa oli havaittavissa roskia erityisesti Nummen koulun kohdilla, ja puutarhajätettä oli kertynyt runsaasti Hirsimäenkadun pohjoispuolelle, jossa uoma melko umpeen kasvanut. Vaikka kasvillisuus on hulevesien hallinnan kannalta hyvä asia, koska se hidastaa virtausta ja puhdistaa vesiä, voi se asukkaille näyttäytyä ”ryteikköisenä” alueena, eikä sen arvoa ymmärretä. Voi olla, että tällainen tiiviin kasvuston ympäröimä uoma lisää houkutusta puutarhajätteen hävitykseen. Hulevesien hallinnan kehittäminen samalla kun alueen virkistyskäyttöä kehitetään, luo alueelle arvoa ja voi tuoda hulevedet näkyväksi myös asukkaille. Toisaalta vaikka alueelle ei tehtäisi muutoksia, voisi asukkaille suuntautunut viestintä uoman merkityksestä, hulevesien hallinnasta ja ihmisen toiminnan vaikutuksista ehkäistä ihmisten haitallista toimintaa ja luoda arvoa lähiympäristölle.

Lähteet

Ahveniston sairaala. (n.d.). *Usein kysytyt kysymykset—Miten Assin hulevedet johdetaan?*
Assi, Ahveniston sairaala. <https://ahvenistonsairaala.fi/tietoa/ukk/>

Arge, L., Agarwal, P. K., Molhave, T., & Revsbaek, M. (2024). *SCALGO Live* [digitaalinen vesienhallinnan suunnittelutyökalu].

Avoin Tiede. (1.2.2018). *Todennettavuus ja toistettavuus*.
<https://avointiede.fi/fi/ajankohtaista/todennettavuus-ja-toistettavuus>

Butler, D., Digman, C. J., Makropoulos, C., & Davies, J. W. (2018). *Urban Drainage* (4th edition). CRC Press.

Eskola, H., & Hirvonen, A. (2009). *Monivaikutteisten kosteikkojen ja luonnon monimuotoisuuden yleissuunnitelma*. Hämeen ympäristökeskus.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-3478-4>

Eskola, J., Lätti, J. & Vastamäki, J. (2018). Teemahaastattelu: lyhyt selviytymisopas.
Teoksessa R. Valli (toim.), *Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1* (ss. 29–30). PS-kustannus.

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Davies, A. S., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2014). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7)), 525–542.

Google. (2023–2024). *Google Map Satellite*. [Rajapinta-aineisto].
<http://mt0.google.com/vt/lyrs=s&hl=en&x={x}&y={y}&z={z}>

GTK. (n.d.). *Maalajien ominaisuudet ja soveltuvuus eräisiin käyttötarkoituksiin*. Geologian tutkimuskeskus. <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/kuvat/maalajiominaisuudet.pdf>

Happonen, M., & Bossman, E.-R. (2018). *Hämeenlinnan hulevesitulvariskiarvion päivitys vuonna 2018 (Hämeenlinnan ympäristöjulkaisuja 37)*. Hämeenlinnan kaupunki.

https://www.hameenlinna.fi/wp-content/uploads/2019/02/Hameenlinnan-hulevesitulvariski-arvion-paivitys-vuonna-2018_raportti.pdf

Helsingin kaupunki, Lahden kaupunki, Turun kaupunki, Vantaan kaupunki, HSY, Ilmatieteen laitos, & Turun yliopisto. (n.d.-a). *Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito*. Ilmastonkestävän kaupunki.

https://www.ilmastotyokalut.fi/suunnitteluopas/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteet-ja-niiden-kunnossapito_ty%C3%B6kalu.pdf

Helsingin kaupunki, Lahden kaupunki, Turun kaupunki, Vantaan kaupunki, HSY, Ilmatieteen laitos, & Turun yliopisto. (n.d.-b). *Hulevesien mitoitus tontilla työkalu*. Ladattavissa osoitteesta: <https://ilmastotyokalut.fi/hulevesien-hallinta/hulevesien-hallintarakenteet/index.htm>

Helsingin kaupunki, & WSP. (2021). *Helsingin viherkerroinmenetelmän vaikuttavuuden arviointi*. Helsingin kaupunki. https://helsinginilmastoteot.fi/wp-content/uploads/2022/05/Helsingin_viherkertoimen_vaikeuttavuus_20211230_II.pdf

HS-Vesi. (n.d.). *Hulevesi*. <https://hsvesi.fi/yritykset-ja-isannoitsijat/hulevesi/>

HS-Vesi. (3.1.2022.). *Jyrätien jätevesivuoto näkyy Lehijärvellä*. <https://hsvesi.fi/ajankohtaista/jyratien-jatevesivuoto-nakyy-lehijarvella/>

Hämeenlinnan kaupunki. (4.4.2018). *Kantakaupungin yleiskaava 2035, selostus 4.4.2018*. Hämeenlinnan kaupunki. <https://www.hameenlinna.fi/wp-content/uploads/2019/03/9512-Selostus-4.4.2018.pdf>

Hämeenlinnan kaupunki. (2024) *Yleiskaava*. Hämeenlinnan kaupunki. Tarkasteltu sähköisessä karttapalvelussa osoitteessa: <https://kartta.hameenlinna.fi/ims/>

Hämeenlinnan väestöennuste. (n.d.). *Hämeenlinnan väestöennuste. Hämeenlinnan kaupungin ennustettu väestönkehitys kolmessa skenaariossa vuoteen 2040*. <https://www.hameenlinna.fi/wp-content/uploads/2021/11/Hameenlinnan-vaestoennuste.pdf>

Illgren, M. (2011). Hydrology of Urban Environment. Teoksessa J. Niemelä (toim.), *Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications* (ss.59-70). Oxford University Press,

Incorporated. <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/reader.action?docID=800872>

Helsingin kaupunki, Lahden kaupunki, Turun kaupunki, Vantaan kaupunki, HSY, Ilmatieteen laitos, Turun yliopisto. (n.d.). *Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito*.

https://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteet-ja-niiden-kunnossapito_ty%C3%B6kalu.pdf

Ilmatieteenlaitos, SYKE & Luonnonvarakeskus. (6.6.2017). *Sademäärät kasvavat ja*

rankkasateet voimistuvat. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/sademaarat-kasvavat>

Jutila, H. (2009). *Hämeenlinnan kaupungin hulevesistrategia*. Hämeenlinnan kaupunki.

https://www.hameenlinna.fi/wp-content/uploads/2019/02/Hulevesistrategia_liitteinen.pdf

Kaisto, T. (2016). *Myllyojan vesien laatu ja määrä. Kaupunkialueen vaikutus veden laatuun, Vuorentaan laskeutusaltaiden toiminta ja hulevesien hallinta*. [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu].

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605025892>

Kautto, N. (2021). *Nature-based solutions for stormwater management in the Helsinki Metropolitan Area, Finland – Prerequisites and good practices*. HSY.

<https://julkaisu.hsy.fi/pdf/nature-based-solutions-helsinki-metropolitan-area.pdf>

Keski-Korpela, N. (16.2.2018). *Lehijärvi toipumassa hitaasti suuresta jätevesivuodosta*. YLE.

<https://yle.fi/a/3-10079171>

Lahti, R. (2023). *Hulevesien hallinta- ja viivytyiskeinot. Kohteena Ahveniston ulkoilukeskus*

[diplomityö, Tampereen yliopisto]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202304173810>

Laine, J. (2022). *Vesiensuojelun tehostamisohjelma -Kaupunkivesien hallinta ja haitallisten aineiden vähentäminen, viemärylivuodot*. HS-Vesi.

https://hsvesi.fi/app/uploads/2022/09/Loppuraportti_HS-Vesi_9.9.2022.pdf

Lähde, E. (2021). Monitoiminnallinen vihreä infrastruktuuri hulevesien hallinnan tavoitteena.

Vesitalous, 2021(2), 19–20.

Maankäyttö ja rakennuslaki 132/1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

- Marila, E. (n.d.). *Puiden rooli hulevesien hallinnassa*. <https://www.vyl.fi/alan-kehittaminen/teemavuodet-ja-kampanjat/puunhalausviikko/tietoa/terveellinen-ja-turvallinen-ymparisto/hulevedet/>
- Mettälä, J. (2020). *Asemakaavan selostus. Ahveniston Sairaala (ASSI)*. (Kaavanro 2555). Hämeenlinnan kaupunki. https://kartta.hameenlinna.fi/HML_IKP_kaavaliitteet/2555_ASSI_kaavaselostus_200108.pdf
- MML. (6.6.2024a). *Historialliset kartat 1952 ja 1996*. Kuvakaappaus osoitteesta <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>
- MML. (2024b). *Peruskartta* [rajapinta-aineisto]. <https://tiles.kartat.kapsi.fi/peruskartta>
- Nikulainen, T. (2015). *Sampo-Alajärven osayleiskaavan hulevesiselvitys. Vaihe 2*. Sito Oy.
- Pancewicz, M. (11.4.2024). *Getting started 2: Workspaces and Modelspaces* [webinaari]. SCALGO Live. <https://scalgo.com/fi/webinaarit/getting-started-2-workspaces-and-modelspaces-2>
- Pantsu, J., Saario, S., Törmäkangas, M., Vastamäki, N., Järveläinen, S., Korpi, Y., Pykäläinen, P., Stedt, S., Tapper, A., Toikkanen, N., Sauvola, E., Mustasilta, P., Syrenius, J., Toivola, H., Leinonen, A., & Jensen, M. (2023). *Myllyojan valuma-alueen hulevesiriskiselvitys OLO-hankkeelle. Laadullisten riskien kartoitus ja arviointi* [projektityö]. Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2024/04/Myllyojan-valuma-alueen-hulevesiriskit.pdf>
- Perini, K., & Sabbion, P. (2017). *Urban Sustainability and River Restoration: Green and Blue Infrastructure*. John Wiley & Sons, Incorporated. <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/detail.action?docID=4771481>
- Puusa, A. & Juuti, P. (2020). Laadullisen tutkimuksen luotettavuus. Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.): *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (ss. 166–167). Gaudeamus.
- Rakentamislaki 751/2023. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751#Lidm46111192145552>

- Remes, A. (2020). *Asemakaavan selostus. Jukolan S-market, (Kaavanro 2578)*. Hämeenlinnan kaupunki.
https://kartta.hameenlinna.fi/HML_IKP_kaavaliitteet/2578_Jukolan-S-market-kaavaseloustus.pdf
- Ritari, H. (2023). *Hämeenlinnan velvoitetarkkailu 2022. Ahveniston vanha kyläkaatopaikka*. WSP Finland Oy.
- Ritari, H. (2024). *Hämeenlinnan velvoitetarkkailu 2023. Sammon kaatopaikka*. WSP Finland Oy.
- Saloranta, P. (2016). *Asemakaavan selostus. 2525 Tohkakallio. (Kaavanro 2525)*. Hämeenlinnan kaupunki.
https://kartta.hameenlinna.fi/HML_IKP_kaavaliitteet/2525_selostus_Tohkakallio_2016_09_07.pdf
- SCALGO Live. (2024a). *Buildings* [paikkatietoaineisto].
- SCALGO Live. (2024b). *Flash Flood Map* [paikkatietoaineisto].
- SCALGO Live. (2024c). *Land Cover* [paikkatietoaineisto]
- SCALGO Live. (2024d). *Soil Type* [paikkatietoaineisto]
- SCALGO Live. (2024e). *Water* [paikkatietoaineisto]
- SCALGO Live. (2024f). *Watershed* [paikkatietoaineisto]
- Simola, A., & Jutila, H. (2006). *Valumavesien käsittelymenetelmät Kanta-Hämeen järvet kestävään kehitykseen -hankkeessa*. Hämeenlinnan seudullinen ympäristötoimi.
- Sitra. (n.d.) *Tulevaisuussanasto. Luontopohjaiset ratkaisut*.
<https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/luontopohjaiset-ratkaisut/>
- Suomen kuntaliitto. (2012). *Hulevesiopas*. Suomen kuntaliitto. Ladattavissa osoitteesta:
<https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas>

Suomen Kuntaliitto. (2017). *Hulevesioppaan päivitettyt luvut lainsäädännön muutosten osalta*.
<https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2017/1829-hulevesioppaan-paivitetyt-luvut-lainsaadannon-muutosten-osalta>

SYKE. (2013). *Kaupunkiseutujen vihreän infrastruktuurin käsitteitä*. ViherKARA- verkosto. Suomen ympäristökeskus.
<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/8fbefe64-8ec2-431d-bc73-59e778d83a46/content>

SYKE. (14.5.2014). *Ahvenistonjärvi (35.237.1.004)*.
[https://www.jarviwiki.fi/wiki/Ahvenistonj%C3%A4rvi_\(35.237.1.004\)](https://www.jarviwiki.fi/wiki/Ahvenistonj%C3%A4rvi_(35.237.1.004))

SYKE. (14.7.2016). *Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia*. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmastonmuutos-sekoittaa-suomen-vesipalettia>

SYKE. (28.10.2019). *Mitä on hulevesi*. <https://www.vesi.fi/vesitieto/mita-on-hulevesi/>

SYKE. (29.9.2021a). *Lehijärvi*. Järvi-Meri Wiki.
[https://www.jarviwiki.fi/wiki/Lehij%C3%A4rvi_\(35.237.1.001\)](https://www.jarviwiki.fi/wiki/Lehij%C3%A4rvi_(35.237.1.001))

SYKE. (20.9.2021b) *Väheneekö maatalouden vesistökuormitus?*
<https://www.vesi.fi/vesitieto/vaheneeko-maatalouden-vesistokuormitus/>

SYKE. (1.2.2022). *Hulevesien aiheuttamat tulvariskit*. <https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-aiheuttamat-tulvariskit/>

SYKE. (28.9.2023). *Rehevoityminen*. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/meri/suomen-meriympariston-tila-2024/rehevoityminen>

SYKE. (15.5. 2024a). *Hulevesitulvakartta kaikille taajama-alueille*.
<https://storymaps.arcgis.com/stories/e8c828bf3e7c443085a1b33032430896>

SYKE. (2024b). *Pohjavesialueet* [paikkatietoaineisto]. Ladattu palvelusta:
https://www.syke.fi/fi-fi/avoin_tieto/paikkatietoaineistot/ladattavat_paikkatietoaineistot#N

- SYKE. (2024c). *Yleispiirteinen hulevesitulvakartta 2024* (testipalvelu) [rajapinta-aineisto].
<https://paikkatiedot.ymparisto.fi/geoserver/tulva/wms>
- SYKE, Ilmatieteenlaitos, ELY- keskus, Tulvakeskus. (n.d.-a). *Ilmastoskenaario*.
<https://www.vesi.fi/sanasto/ilmastoskenaario/>
- SYKE, Ilmatieteenlaitos, ELY- keskus, Tulvakeskus. (n.d.-b). *Pohjavesi*.
<https://www.vesi.fi/sanasto/pohjavesi/>
- SYKE, Ilmatieteenlaitos, ELY- keskus, Tulvakeskus. (n.d.-c). *Valuma-alue*.
<https://www.vesi.fi/sanasto/valuma-alue/>
- SYKE, Ilmatieteenlaitos, ELY- keskus, Tulvakeskus. (n.d.-d). *Virtaama*.
<https://www.vesi.fi/sanasto/virtaama/>
- SYKE, Ilmatieteenlaitos, ELY- keskus, Tulvakeskus. (n.d.-e). *Ylivirtaama*.
<https://www.vesi.fi/sanasto/ylivirtaama/>
- Tilastokeskus. (n.d.) *Taajama. Määritelmä 2*. Tilastokeskus.
<https://stat.fi/meta/kas/taajama.html>
- Tornivaara-Ruikka, R. (2006). *Hulevesien käsittely maankäytön suunnittelussa*. Uudenmaan ympäristökeskus.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/44961/suojattu%2c%20ei%20pysty%20kopioimaan%20UUDra_3_2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vakkilainen, P. (2014). *Hydrologinen kierto* [kurssimateriaali]. Aalto- yliopisto.
https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1286900/mod_folder/content/0/1-Hydrologinen%20kierto.pdf?forcedownload=1
- Vakkilainen, P., Kotola, J., & Nurminen, J. (2005). *Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta*. Ympäristöministeriö. <http://hdl.handle.net/10138/40647>
- Valtanen, M., Paavilainen, P., Jalonen, J., Sopanen, S., Suvanto, S., & Haapalainen, J. (2023). *Selvitys hulevesien laadusta*. Suomen kuntaliitto.
<https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2023/2220-selvitys-hulevesien-laadusta>

Valtioneuvoston kanslia. (n.d.-a). *Kestävän kehityksen globaali toimintaohjelma Agenda2030*. <https://kestavakehitys.fi/agenda-2030>

Valtioneuvoston kanslia. (n.d.-b). *Tavoite 6. Varmistaa veden saanti ja kestävä käyttö sekä sanitaatio kaikille*. <https://kestavakehitys.fi/web/kestava-kehitys/agenda2030/tavoite-6>

Valtioneuvoston kanslia. (n.d.-c). *Tavoite 11. Taata turvalliset ja kestävät kaupungit sekä asuinyhdyskunnat*. <https://kestavakehitys.fi/web/kestava-kehitys/agenda2030/tavoite-11>

Valtioneuvoston kanslia. (n.d.-d). *Tavoite 13. Toimia kiireellisesti ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan*. <https://kestavakehitys.fi/web/kestava-kehitys/agenda2030/tavoite-13>

Valtioneuvoston kanslia. (n.d.-e). *Tavoite 14. Säilyttää meret ja merten tarjoamat luonnonvarat sekä edistää niiden kestävää käyttöä*. <https://kestavakehitys.fi/web/kestava-kehitys/agenda2030/tavoite-14>

Valtioneuvoston kanslia. (n.d.-f). *Tavoite 15. Suojella maaekosysteemejä, palauttaa niitä ennalleen ja edistää niiden kestävää käyttöä; edistää metsien kestävää käyttöä; taistella aavikoitumista vastaan; pysäyttää maaperän köyhtyminen ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen*. <https://kestavakehitys.fi/web/kestava-kehitys/agenda2030/tavoite-15>

Veijalainen, N., Vehviläinen, B., Nurmi, T., Jakkila, J., Marttunen, M., & Käyhkö, J. (2012). Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos—Vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. Teoksessa *Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan sopeutua? Yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla* (ss.61–66.). Maa- ja metsätalousministeriö. https://mmm.fi/documents/1410837/1721026/MMM_julkaisu_2012_6.pdf/c01a813c-8538-4efa-b29e-4844d723c0af

Vesihuoltolaki 119/2001. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#L1>

Vesilaki 587/2011. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Ympäristöministeriö. (15.3.2023). *Mitä on kestävä kehitys?* <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>

Ympäristönsuojelulaki (YSL) 527/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Åström, H. (8.4.2024). *Getting started: Tools and Analyses* [webinaari]. SCALGO Live. <https://scalgo.com/fi/webinaarit/getting-started-1-tools-and-analyses-2>

Liite 1. Aineistohallintasuunnitelma

1 Tutkimusaineiston tallennus ja säilytys

Tutkimusaineistona käytetään haastatteluja, mallinnuksia ja paikkatietoaineistoja.

Mallinnuksia käsitellään SCALGO Live ohjelmalla, joka tallentaa aineiston tekijän käyttäjätilille. Käyttäjätilille on vahva salasana ja ohjelmaa käytetään ainoastaan henkilökohtaisella koneella. Käyttäjätunnus on voimassa elokuun 2024 loppuun. Opinnäytetyöhöni liitetyn kartta-aineisto siirretään SCALGO Liven ohjelmasta koneen kovalevylle. Muuta mahdollista paikkatietoa käsitellään QGIS- paikkatieto-ohjelmalla ja aineisto tallennetaan henkilökohtaisen koneen kovalevylle. Haastatteluaineisto kerätään Teams tallenteena ja ne tallennetaan opinnäytetyöprosessin ajaksi henkilökohtaisen koneen kovalevylle.

Aineistoja säilytetään vuoden ajan opinnäytetyön hyväksymisen jälkeen, jonka jälkeen aineisto tuhoetaan.

2 Henkilötietojen ja arkaluonteisten tietojen käsittely

Opinnäytetyössä ei käsitellä mitään henkilötietoja. Haastattelut käsitellään anonymisti.

3 Opinnäytetyöaineiston omistajuus

Aineiston omistajuus säilyy opinnäytetyön tekijällä. Mikäli tilaaja tai muu taho tarvitsee aineiston käyttöönsä, tästä sovitaan tarvittaessa.

4 Opinnäytetyöaineiston jatkokäyttö työn valmistumisen jälkeen

Opinnäytetyöaineistoa voi käyttää myöhemmin OLO-hankkeen puolesta, mikäli tästä sovitaan erikseen.

