

HULeveden hallinta kaupunkiVALuma-aluelähtöisessä TUrvallisuussuunnittelussa

HULVATTU-hanke

Salla Leppäkoski & Anu Koponen (toim.)



Loppuraportti (ESAELY/160/2021)



Sisällys

1. Johdanto	8
2. Water Shed Safety Plan (WSSP) – kaupunkivaluma-alueiden hulevesiriskin hallinta .	10
2.1 WSSP:n tausta	12
2.2 Kaupunkivaluma-alueiden erityisluonne.....	16
2.3 WSSP kaupunkisuunnittelun ohjauksessa.....	17
2.4 Riskialueiden määrittelystä suunnittelun ohjaukseen	20
3. Nykytilan kartoitus	24
3.1 Kuntien hulevesien hallinnan nykytila.....	25
3.2 Työpajasarja kuntaorganisaatioiden kanssa	29
3.3 Rakennettujen hulevesikohteiden havainnointi	41
4. Toimivuuden ääritilanteet	46
4.1 Kasvipeitteisen imeytysrakenteen toiminta.....	47
4.2 Hulevesien käsittely Karanojan jätteidenkäsittelyalueella.....	52
4.3 Hulevesien hallinta Ämmässuon biosuodatusalueella	57
5. Kertarakenteet	65
5.1 Kertasuodatuskokeissa käytetyt materiaalit	66
5.2 Kertasuodatusrakenteiden suodatinmateriaalikokeet	70
5.3 Työmaavesien kiintoaineksen vähentämispotentiali	75
6. WSSP:n laatimisen vaiheet	81
6.1 Kaupunkivaluma-alueen määrittely	84
6.2 Maankäyttöluokkien ja muutosalueiden määrittely	92
6.3 Biofyysiset riskitekijät.....	99
6.4 Ihmisen toiminnan aiheuttamat riskit.....	104
7. Viestintä	110
8. Jatkokehittelyn aiheita	112
Liitteet.....	114

Käytetyt termit

Biosuodatus (biopidätys, sadepuutarha)

Imeytyspainanne, jossa pinnassa oleva kasvillisuus ja sen alla olevat erilaiset maa-aineskerrokset keräävät, suodattavat ja imeyttävät hulevesiä maaperään tai edelleen johdettavaksi hulevesijärjestelmään. Suodatuksen yhteydessä hulevedestä pidättyy erityisesti kiintoainesta ja siihen sitoutuneita epäpuhtauksia.

Collaborative learning – yhteistoiminnallinen oppiminen

Yhteistoiminnallinen oppiminen tarkoittaa aktiivista ja vuorovaikutteista ryhmässä tapahtuvaa oppimista oppimistavoitteiden saavuttamiseksi.

FOSS4G (Free and Open-Source Software for Geospatial)

Kokoelma avoimen lähdekoodin paikkatietojärjestelmiä.

GRASS, GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System)

Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto. Ohjelmistoa voidaan käyttää geospaatialisen aineiston hallintaan, analysointiin, temporaalisspatiaaliseen mallintamiseen ja visualisointiin sekä taittamiseen.

GDAL

Kirjasto erimuotoisten rasteri- ja vektoripaikkatietoformaattien käsittelyn mahdollistamiseksi.

Hulevesi

Rakennetuilla alueilla maan pinnalta, rakennuksen katolta ja muista vastaavista paikoista pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä. Lainsäädännössä myös perustusten kiuatusvedet rinnastetaan hulevesiin.

Hulevesimaksu

Vuosittainen maksu, jonka kunta voi periä kunnan hulevesijärjestelmästä sille aiheutuneiden kustannusten kattamiseksi hulevesijärjestelmän vaikutusalueella sijaitsevien kiinteistöjen omistajilta tai haltijoilta.

Hulevesiohjelma, hulevesistrategia

Päämäärät, keinot ja linjaukset hulevesien hallinnan järjestämiseksi. Yleensä kuntakohmainen.

Hulevesiviemäri

Hulevesiviemäriissä hulevesi ja rakenteiden kuivatusvedet johdetaan vesistöihin tai mereen joko suoraan tai kunnan hulevesijärjestelmään kuuluvien ojien sekä viivytys- ja muiden rakenteiden kautta. Vesistöihin purkautuva hulevesi on pääsääntöisesti puhdistamatonta.

Kaupunkivaluma-alue

Maanpinnan (topografian) mukaan määräytyvä ja kaupunkialueelle sijoittuva osavaluma-alue, jonka laajuus on ”korjattu” maan alaisen verkostokartan mukaiseksi.

Kemiallinen hapenkulutus (COD)

Kemiallinen hapenkulutus tarkoittaa hapen määrää, jonka vedessä olevat aineet kuluttavat kemiallisessa reaktiossa. COD-analyysiä käytetään orgaanisen aineksen määrän arvioimiseksi mm. kotitalouksien ja teollisuuden jätevesistä. COD käsittää myös biologisen hapenkulutuksen (BOD), joten mikrobitoiminnalla on suora vaikutus COD arvoon.

Kiintoaines

Kiinteä aine, joka joko kelluu veden pinnalla tai on suspensiona vedessä, jätevedessä tai muussa nesteessä ja joka on poistettavissa laboratoriossa suodatuksen avulla.

KIM – kasvipintaiset imeytysrakenteet, KIM-kenttä

Vuonna 2016 HAMKin Lepaan yksikköön hulevesien hallintaan rakennettu tutkimuskenttä, joka muodostuu neljästä kasvipeitteisestä ja yhdestä hiekkapintaisesta hulevesien imeytysrakenteesta.

Luonnonmukainen huleveden hallintamenetelmä

Luonnonmukainen hulevesien hallinta perustuu luonnon omaan veden kiertoon ja veden laatuun vaikuttavien tekijöiden hyödyntämiseen. Yksittäinen rakenne (yleensä maarakenne), joka vähentää tai puhdistaa hulevettä imeyttämällä, viivyttämällä, varastoimalla tai haihduttamalla.

Luonnonmukainen hulevesirakenne

Ratkaisut, jotka toteutetaan hyödyntämällä maaston muotoilua, maa-aineskerroksien vettä imeyttäviä, suodattavia ja puhdistavia ominaisuuksia sekä kasvillisuuden vettä puhdistavia, kulkua ohjaavia ja vettä haihduttavia ominaisuuksia. Luonnonmukaisilla hulevesirakenteilla pyritään hallitsemaan ja käsittelemään hulevesiä lähellä niiden syntypaikkoja ja siten säilyttämään kaupunkialueilla rakentamista edeltävää aikaa vastaavat hydrologiset olosuhteet.

QGIS

Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto, joka tukee geospaatialisen aineiston katselua, muokkaamista, taittamista ja analysointia.

SAGA, SAGA GIS

Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto, joka tukee geospaatialisen aineiston muokkaamista.

Valuma-alue

Valuma-alue on vedenjakajien rajaama alue, jolta kaikki vedet valuvat maanpinnan muotojen ohjailemana samaan vesistöön. Vesistön muodostavat valuma-alueella olevat lammet, joet ja järvet.

Käytetyt menetelmät

Kiintoaineksen määrittäminen

Kiintoaineksen määrittämistä varten lasikuitusuodattimet (Whatman GF/C) esikuivattiin 105°C:ssa vähintään 4 tuntia. Kuivatuksen jälkeen suodattimet punnittiin yksitellen. Kiintoainemääritys tehtiin imusuodatuslaitteistolla suodattamalla näyte membraanisuolettimen läpi. Näytteen suodattamisen jälkeen suodattimet kuivattiin samalla tavalla, kuin esikuivatuksessa (105 °C, vähintään 4 tuntia). Kuivatuksen jälkeen lasikuitusuodattimet punnittiin, jonka jälkeen kiintoaineen määrä laskettiin kaavalla

$$KA = \frac{F2 - F1}{V} * 1000$$

jossa KA=kiintoainepitoisuus (g/l), F1=filtterin paino (g) ennen suodatusta, F2=filtterin paino (g) suodatuksen jälkeen, V=suodatettu tilavuus (ml).

Maanäytteen otto rakeisuuskäyrää varten

Maanäytteet otettiin maanäytekairalla. Kairausnäytteitä otettiin kymmeniä, jotta saatiin yhteen näyte-erään tarvittava yli 5 dl näytettä. Kairausnäytteitä otettiin eri puolilta tutkittavaa aluetta ja näytteet kerättiin ämpäriin, jossa yksittäiset näytteet sekoitettiin. Sekoituksen jälkeen näyte-erä pakattiin salpapussiin. Näyte-erien koot vaihtelivat 6–9 dl välillä. Näytteet lähetettiin analysoitaviksi Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:lle ja niistä tutkittiin rakeisuuskäyrä ja hehikutushäviö.

Näytteenottohetkellä ilman vesipintaa olevissa kohteissa näytteet otettiin tutkittavan alueen alimmalta tasolta, ja vesipintaissa kohteissa juuri vesirajan yläpuolelta. Kohteissa, joissa oli käytetty maisemointikangasta, kairausnäytteet otettiin istutetun pensaan vierestä kankaattomasta kohdasta. Mikäli pinnalla oli katemateriaalia, se siirrettiin pois ennen näytteenottoa.

Maanäytteenoton tarkempi menetelmäkuvaus liitteessä 1.

Laboratorioanalyysit vesinäytteistä

Syöttövesi- ja suotovesinäytteistä analysoitiin laboratoriossa kemiallinen hapenkulutus (COD), fosfaattifosfori (PO₄-P), nitraattityppi (NO₃-N), sinkki (Zn) sekä kupari (Cu). Analyysit toteutettiin Hach-testikiteillä ja spektrofotometrillä (DR3900 ja DR2800, Hach). Mittaamiseen käytettiin kahta eri laitemallia, mutta laitetta ei vaihdettu kesken kulloinkin määritettävän parametrin mittausta.

Ravinneanalyysiin käytetyt analyysimenetelmät ja määrittämisalueet:

- COD (LCI400, 0–1000 mg/L, Hach): ISO 15705:2002
- Fosfaattifosfori (LCK349, Hach): ISO 6878-1-1986
- Nitraattityppi (LCK339; 0,23–13,50 mg/L; Hach): ISO 7890-1-2-1986
- Sinkki (LCS360; 0,02–0,80 mg/L; Hach)
- Kupari (LCK529; 0,01–1,00 mg/L; Hach)

1. Johdanto

kirjoittajat: Outi Tahvonen, Harri Mattila

Kaupunkien tiivistyminen tarkoittaa läpäisemättömien pintojen lisääntymistä ja asukkaiden entistä monimuotoisempia ulkotilan käyttötapoja. Nämä kaksi muutosta vaikuttavat myös huleveden laatuun ja määrään. Aiempaan verrattuna hulevettä syntyy enemmän, kun sen luontaiset imeytymispaikat vähenevät ja samalla runsastunut käyttäjäjoukko aiheuttaa huleveden laatuun uudenlaista kuormaa.

Huleveden hallintakeinovalikoima on myös meillä Suomessa siirtymässä kohti monitoiminnallisuutta eli usean eri tavoitteen yhtäaikaista ratkaisemista. Hulevesirakenne voi määrän hallinnassa olla viiveen lisääjä tai laadun hallinnassa jotain tiettyä haitta-ainetta tai ravinnetta vähentävä. Samalla hallintarakenteen sijoittamispaikka voi asettaa muitakin, enemmän kaupunkikuvaan liittyviä tehtäviä, kuten leikkiympäristöön tai keskeiselle kohtaamispaikalle sovitettavan toiminnallisuuden tai kasvilajistoon ja rakennettujen habitaattien muodostamiseen liittyviä tavoitteita. Hulevesien hallintarakenne voi olla erityisesti tiiviissä kaupunkirakenteessa tärkeä tilanrajaaja, näkösuoja, kukkapenkin korvike ja lintujen tai kasvilajiston keidas käytettävissä olevan tilan mukaan.

Jatkuvat tehostamistoimet ja julkisen sektorin varsin rajalliset resurssit pakottavat nykykaupungit pohtimaan tarkoin mihin ja missä laajuudessa investointeja on tarkoituksenmukaista kohdistaa. Huleveden hallinnassa priorisointi tulee erityisen hyvin näkyväksi, sillä huleveden laatu ja määrä syntyvät laajojen alueiden hajakuormituksena. Yksittäisiä ja selkeitä kuormituspisteitä on suhteellisen helppo tunnistaa ja myös valvoa, mutta hajakuormituksen vähentäminen vaatii toisenlaisia työkaluja. Hajakuormituksessa yksittäisen rakenteen sijasta huomion tuleekin kohdistua erityisesti kaupunkialueilla ihmisen toimintatavoista muodostuviin alueisiin ja niissä ihmisten toiminnan uusimuotoiseen ohjaamiseen. Tämän pitäisi olla yhtä tärkeää, kuin biofyysisten tekijöihin, kuten läpäisemättömän pinta-alan määrän tai maaperän hienojakoisuuden huomioiminen.

HULVATTU-hankkeessa on yhdessä kaupunkien kanssa kehitetty ja käytännössä kokeiltu kaupunkivaluma-alueen hulevesien hajakuormituksen riskikartoitusta. Tavoitteena on ollut tunnistaa huleveden hallinnan todelliset tarpeet ja nykyhaasteet kaupunkiorganisaatioissa ja kehittää helppo- ja nopeakäyttöinen koko kaupunkivaluma-alueen pinta-alan läpäisevä riskinmäärittelyn työkalu. Riskikartan perusteella pystytään tunnistamaan hallintarakenteita tai vähintään hyvää huomiota vaativat alueet. Kaupunkien hulevedet syntyvät kuivalla maalla, joten ratkaisujen on noustava vastaanottavan vesistön rantapenkalta ylös huleveden syntypaikoille.

Tämä raportti kuvaa riskien hallinnan kehittämistyömme eli HULVATTU-hankkeen keskeiset tulokset. Julkaisun alkuun, lukuun kaksi, on nostettu kehitystyön tulos. Sen jälkeen esittelemme luvuissa 3–6 eri työpakettien yksityiskohtaisemmat tulokset. Nykytilan kartoitus (luku 3) perustuu kaikille kaupungeille tarkoitettuun kyselyyn ja hulevesiseminaariin sekä kolmen kaupungin kanssa työpajasarjoissa toteutettuun yhteiskehittämiseen. Lisäksi nykytilan kartoitukseen kuului myös aiemmin rakennettujen biosuodatusrakenteiden kartoitus, toiminnan ja kuntoisuuden arviointi rakenteen ikääntymisen näkökulmasta.

Toimivuuden ääritilanteet (luku 4) käsittelee huleveden hallintarakenteiden toimintaan liittyviä erilaisia ääritilanteita kuten biosuodatusrakenteiden kiintoainekuorman sietoa ja talvitointia, erilaisten biohiilisuodattimien kykyä erityisen heikkolaatuisen veden suodattamisessa sekä yhdyskuntaliitteestä valmistetun biohiilen käyttöä. Luvussa 5 käsitellään rakentamiseen liittyvää työmaa- ja hulevesisuojausta. Kaupunkiympäristössä rakentamista ja erilaisia muutostöitä tapahtuu jatkuvasti ja maanrakentamiseen liittyy huomattavan korkeat kiintoainepitoisuudet hulevedessä. Luku esittelee siirrettävien ja työmaakäyttöön soveltuvien suodatinmateriaalien vertailukokeen tuloksia, pohtii työmaavesien hallintaa sekä esittää hyvän työmaavesien hallinnan tuottaman kiintoaineen vähenemäpotentiaalin.

Luku 6 keskittyy riskityökalun ja sen perusteiden yksityiskohtaiseen esittelyyn. HULVATTU-hankkeessa erilaisten riskien muuttaminen numeeriseen muotoon perustuu kirjallisuuden ja kaupunkityöpajojen tuottamaan tietopohjaan, jota on sovellettu ja kehitetty edelleen parhaan näkemyksemme mukaan. Haluamme avata numeroiden takana olevat tekijät niin, että ne ovat jatkossa muokattavissa erilaisten kaupunkien tarpeisiin ja olosuhteisiin ja erilaisten

riskiarvioijien tarpeisiin. Luku kuvaa myös paikkatietopohjaisen työskentelyn vaiheittaisen etenemisen QGIS-ohjelmistolla, joka tässä hankkeessa toimii keskeisenä työkaluna riskin määrittelyssä. Riskien määrittelyn logiikka on kuvattu mahdollisimman avoimesti, jotta työtapana on siirrettävissä muihinkin paikkatieto-ohjelmistoihin.

Luku 7 kuvaa hankkeen viestintätoimet ja luku 8 kokoaa yhteen tässä hankkeessa tehdyn kehitystyön ja hahmottelee tämän hankekokemukseemme perusteella jatkokehittelyn mahdollisuuksia tulevaisuuteen.

Kaikki raportissa esitetyt kartat ovat hankkeen tuottamia lukuun ottamatta kuvassa 22 olevaa karttaa. Kartoissa käytetyt pohja-aineistot ilmoitetaan lukukohtaisissa lähdeluetteloissa.

Ympäristöministeriö rahoitti HULVATTU-hanketta 306 332 eurolla vesiensuojelun tehostamisohjelmasta.

2. Water Shed Safety Plan (WSSP) – kaupunkivaluma-alueiden hulevesiriskin hallinta

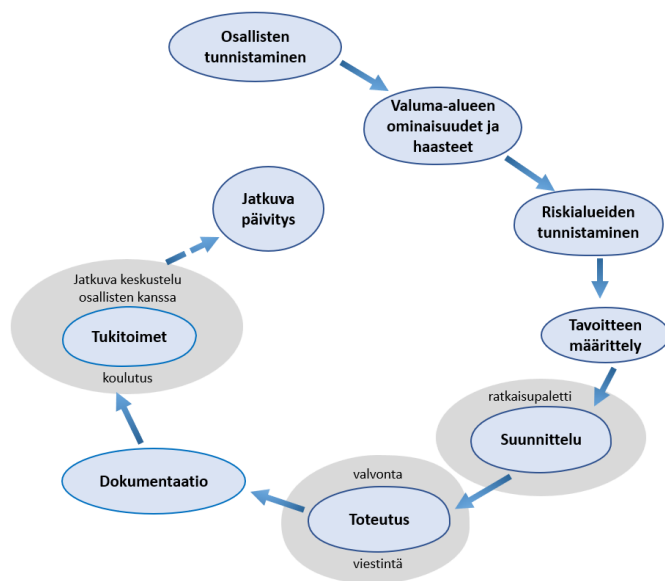
Kirjoittajat: Outi Tahvonen, Harri Mattila, Virpi Hannuksela, Anu Koponen

Huleveden hallinta ja sen merkitys toimivalle kaupunkiympäristölle on tärkeää. Yksittäisten rakennuspaikkojen ja tonttien ratkaisut vaikuttavat suoraan hulevesiverkoston paikalliseen kapasiteettiin. Mikäli asfalttikentiltä ja laajoilta kattopinnoilta johdetaan hulevedet suoraan sadevesiverkostoon, siirtyy ilmastonmuutosskenaarioiden mukaan arvioidut, entistä suuremmat kertasateiden vesimäärät kuormittamaan putkistoja. Kaupungeissa huleveden hallinnan ajankohtaisuus perustuu kolmeen yhtäaikaiseen ilmiöön. Ensinnäkin edellä mainittu kertasadannan kasvu ja toisaalta läpäisemättömien pintojen lisääntyminen kaupunkirakenteen tiivistyessä lisäävät putkistoon johdetun veden määrään. Kolmanneksi rakennetut kaupunkien ja taajamien hulevesiverkostot ovat saavuttamassa peruskorjausiän, jolloin on kriittisesti harkittava, onko jatkuva putkiverkoston kapasiteetin kasvattaminen taloudellisesti ja ekologisesti, jopa sosiaalisesti mielekkäin vaihtoehto.

Kaupunkiympäristö on luonteeltaan jatkuvassa muutoksessa, joten huleveden hallinnan mallikin tulisi rakentaa jatkuvassa muutoksessa kehittyväksi ja muokkautuvaksi. Huleveden hallinnan ydin on ratkaisujen tuottama turvallisuus niin rakenteille ja rakennuksille kuin myös ihmisille. Tavat, joilla tähän tavoitteeseen päästään voivat sen sijaan vaihdella ajan, paikan ja maanalan käytön mukaan.

Kaupunkiympäristön monimuotoisuuteen ja jatkuvaan muutokseen sopeutuminen edellyttävät huleveden laadun ja määrän riskien kokonaisvaltaista hahmottamista kaupunkivaluma-alueilla (kuva 1). Kokonaiskuvan ja erityisten riskialueiden tunnistaminen tukevat hallintarakenteiden sijoittamista valuma-alueelle, ohjaavat uusien alueiden läpäisemättömien pintojen määrää sekä nostavat uudella tavalla esille osallistamisen aiemmin rakennettavien alueiden toimijoiden houkuttelemiseksi tonttikohtaisten hallintarakenteiden tekemiseen.

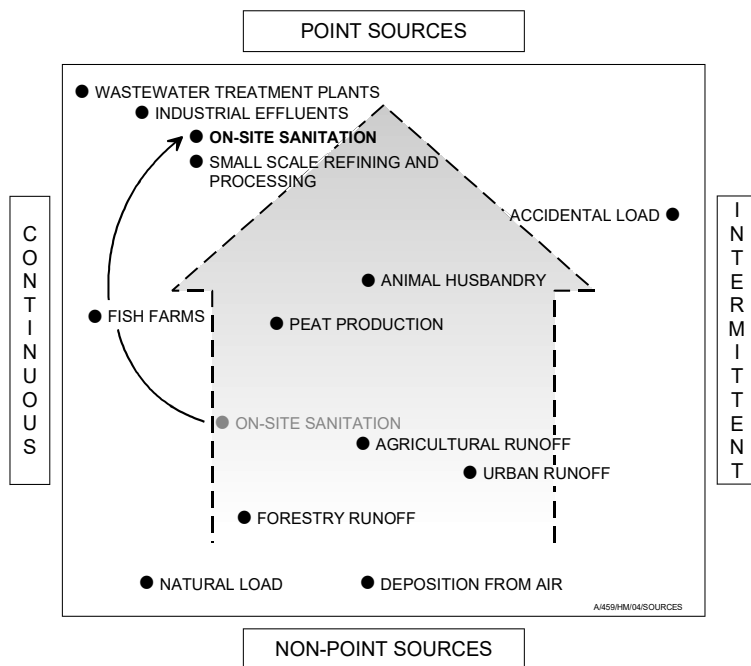
Kaupunkiorganisaatiossa huleveden hallinta on sekä sadevesiverkoston purkuputkesta tulevan vesimäärän ja sen laadun hallintaa mutta erityisesti maankäytön ratkaisuja, läpäisemättömien pintojen hallintaa ja ihmistoiminnan ennakkointia. Vastuut jakautuvat usealle hallinnon alalle eikä ratkaisu voi syntyä yhdessä projektissa. Toimintamalli kehittyy jatkuvassa vuoropuhelussa sekä kaupunkiorganisaation sisällä että sidosryhmien välillä. Pelkkä määräysten ja ohjeistusten laatiminen ei riitä vaan myös bottom up -toimintaa tarvitaan.



Kuva 1 Jatkuvan kehittämisen kehä huleveden hallinnassa. HULVATTU-hankkeessa on työstetty kehän neljää ensimmäistä vaihetta, mutta myös hahmoteltu viidennen vaiheen luonnetta.

2.1 WSSP:n tausta

Suomen vesistöjä kuormittaa eniten hajakuormitus. Viime vuosisadan alussa pistemäiset päästöt, asutuskeskusten sekä teollisen toiminnan jätevedet olivat vesistöjen pahimpia kuormittajia. Kohti 2000-lukua siirtyessä pistekuormituksen aiheuttajat saatiin kuriin lainsäädännöllä ja jätevesien käsittelyn kehittyessä (kuva 2). (Mattila 2005.)



Kuva 2 Yhä pienemmät ympäristöä kuormittavat lähteet ovat siirtyneet hajakuormituskäsitteen alta kohti pistekuormituslähteitä. Kuvassa esimerkkinä kiinteistökohtainen jätevesihuolto, joka 2000-luvun alussa siirtyi kohti kuvan vasenta yläkulmaa lainsäädännön kehittymisen vuoksi. (Mattila 2005.)

Pistekuormituksen lähteet tunnetaan ja niitä seurataan erilaisilla valvontajärjestelmillä. Tunnistetuissa kuormituspisteissä edellytetään säännöllistä haitta-aineiden määrän seurantaa ja selkeissä muutostilanteissa suojaustoimet voidaan suoraan kohdistaa kyseiselle alueelle. Hajakuormituksen lähteitä on sen sijaan vaikeampi löytää ja siten myös hallita tai valvoa. Hulevesien muodostumisen keskeisiä paikkoja ovat tiiviisti rakennetut ja laajasti pinnoitetut keskustan, kaupan ja teollisuuden alueet sekä tiivistämISRakentamisen alueet. Näiden alueiden voidaan sanoa olevan kokonaisuutena kuormittavia alueita, mutta näiltä alueilta on hyvin vaikeaa osoittaa jotain tiettyä kattoa tai asfalttikenttää varsinaiseksi kuormituspisteeksi.

Kaupunkivaluma-alueiden kuormitus on hajakuormitusta, jonka luonne muuttuu eri maankäyttöluokan mukaan. Kullekin maankäyttöluokalle on tyypillistä omanlaiset läpäisevien ja läpäisemättömien pintojen laajuudet ja vaihtelu kaupunkirakenteessa. Lisäksi rakentamisen ja

maanmuokkauksen tavat sekä ihmisten tyypillinen toiminta eri maankäyttöluokissa muodostaa erilaisen hulevesien laatuun ja määrään liittyvän riskin.

Hule- ja valumavesien hallinnasta on Suomessa toistaiseksi puuttunut valuma-aluelähtöinen, järjestelmällinen toiminta. Erilaisia toimenpiteitä on toteutettu kiinteistökohtaisesti, esimerkiksi yksittäisellä maatilalla, metsä- tai suopalstalla tai taajaman puistoalueella. Kiinteistökohtainen toiminta on ollut ymmärrettävää esimerkiksi maatalouden ympäristötukijärjestelmän sääntöjen, kuntien yksittäisten rakennuskohteiden määrärahojen tai esimerkiksi jonkin vesiensuojelun kannalta erityisen selkeästi näkyvillä olevien kohteiden vuoksi. Valuma-aluelähtöisellä toiminnalla voitaisiin kuitenkin varmistaa käytettävissä olevien resurssien mahdollisimman kustannustehokas käyttö, jolloin olemassa olevat resurssit voidaan kohdentaa tehokkaammin.

HULVATTU-hankkeessa järjestelmälliseen valuma-alue-tarkasteluun haettiin mallia vesihuollossa käytössä olevasta Water Safety Plan (WSP)-työmenetelmästä (kuva 3) ja Sanitation Safety Planning (SSP) – ohjeistuksesta (World Health Organization 2015; Bartram ym. 2009). Näissä talousveden turvallisuuden varmistaminen lähtee raakavesilähteeseen kohdistuvien riskien tunnistamisesta sekä poistamisesta ja jatkuu veden käsittelyyn sekä jakeluun liittyvinä tarkasteluina. Systemaattisesti etenemällä koko vedentuotannon ketju käydään järjestelmällisesti läpi, jolloin vesiturvallisuus paranee.



Kuva 3 WHO:n lanseeraamat *Water Safety Plan* ja *Sanitation Safety Plan* -työmenetelmät ovat mal-
leina valuma-aluelähtöisen turvallisuustyömenetelmän kehittämisessä.

WSP-työmenetelmän järjestelmällistä riskien etsimistä ja eliminoimista sisältävää työtapaa pi-
lotoitiin HULVATTU-hankkeessa työnimellä Watershed Safety Plan (WSSP), jossa ajatuksena
on tarkastella kokonaisia tai osavaluma-alueita ja etsiä veden laatuun tai määrään kohdistuvia
riskejä sekä suunnitella niiden poistamista tai rajoittamista. Rajallisten resurssien vuoksi kai-
killa valuma-alueilla olisi ensivaiheessa järkevää hyödyntää kaikki olemassa oleva ja tarpeelli-
nen avoin data sekä monipuoliset paikkatietotyökalut. Kun erityiset riskialueet on saatu mää-
ritettyä, WSSP:n loppuun vieminen riippuu tarkasteltavana olevasta valuma-alueesta sekä sen
ominaisuuksista.

WSSP-työkalupakkiin sisältyvät kaikki työmenetelmät paikkatietotyökaluista ja esimerkiksi
drone-kuvauksista aina riskikohteilla tapahtuviin henkilökohtaisiin tarkastuksiin saakka. Olen-
naista on löytää ne riskikohteet, jotka ovat merkittäviä kyseessä olevan valuma-alueen vesien-
hallinnan kannalta. Näin toimenpiteet voidaan kohdentaa resurssitehokkaasti juuri sinne,
missä niiden vaikutus on maksimaalinen.

2.2 Kaupunkivaluma-alueiden erityisluonne

Huleveden aiheuttamat laaturiskit rakentuvat lukuisten eri tekijöiden kautta. Ne voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: biofyysisiin ympäristöön liittyviin riskeihin sekä ihmisen toiminnan aiheuttamiin riskeihin. Biofyysiseen ympäristöön liittyvät riskit, kuten maan kaltevuus, etäisyys vastaanottavasta vesistöstä, läpäisemättömien pintojen ja kasvipeitteisyyden määrä sekä maan veden johtavuus, ovat suhteellisen suoraviivaisia tekijöitä koota, kun riskitekijöiden keskinäiset painoarvot on ensin paikallisesti määriteltä. Kaupunkiympäristössä huleveden laaturiski rakentuu kuitenkin myös käyttövaiheesta eli ihmisen arkisesta toiminnasta ja rakentamisen sijoittumisesta eri maankäyttöluokkiin. Ihmisen toiminnan aiheuttama riski on monitahoisempi ja ajassa muuttuva kokonaisuus.

Hulevesilähtöinen maankäyttöluokittelu (ks. tarkemmin liite 6)

- Väljät asuinalueet
- Tiiviit asuinalueet
- Keskusta-alueet
- Työpaikka- ja teollisuusalueet
- Palvelualueet
- Avoimet viheralueet
- Metsäiset alueet
- Liikennealueet
- Kenttäalueet
- Maatalousalueet
- Vesialueet
- Erityisalueet

Ihmisen toiminnasta syntyvä riski vaihtelee suuresti. Sattumanvarainen toiminta missä tahansa kohtaa valuma-aluetta on mahdollista, mutta vaikeasti ennakoitavaa. Kaupunkivaluma-alueen mittakaavassa riskiä voidaan ajatella kunkin maankäyttöluokan sisältämänä

tyypillisenä toimintana ja sen muodostamana riskinä. Vaikka maankäyttöluokittelu perustuu-kin tässä yhteydessä huleveden hallinnan näkökulmaan, on sen perusteella tunnistettu käyttäjien tyypilliset toimintatavat kyseisessä maankäyttöluokassa ja niiden vaikutukset huleveden syntyyn. Ihmistoimintana ymmärretään tässä yhteydessä loppukäyttäjän lisäksi päätöksentekoon ja asiantuntijuuteen liittyvät tekijät. On hyvä huomata, että ihmistoiminnan riskien tunnistaminen tarjoaa mahdollisuuden myös toimintatavan muuttamiseen ja siten riskin kääntämisen huleveden laadun parantamiseksi.

Ihmistoiminnan muodostaman riskin osatekijät (ks. tarkemmin kappale 6.4)

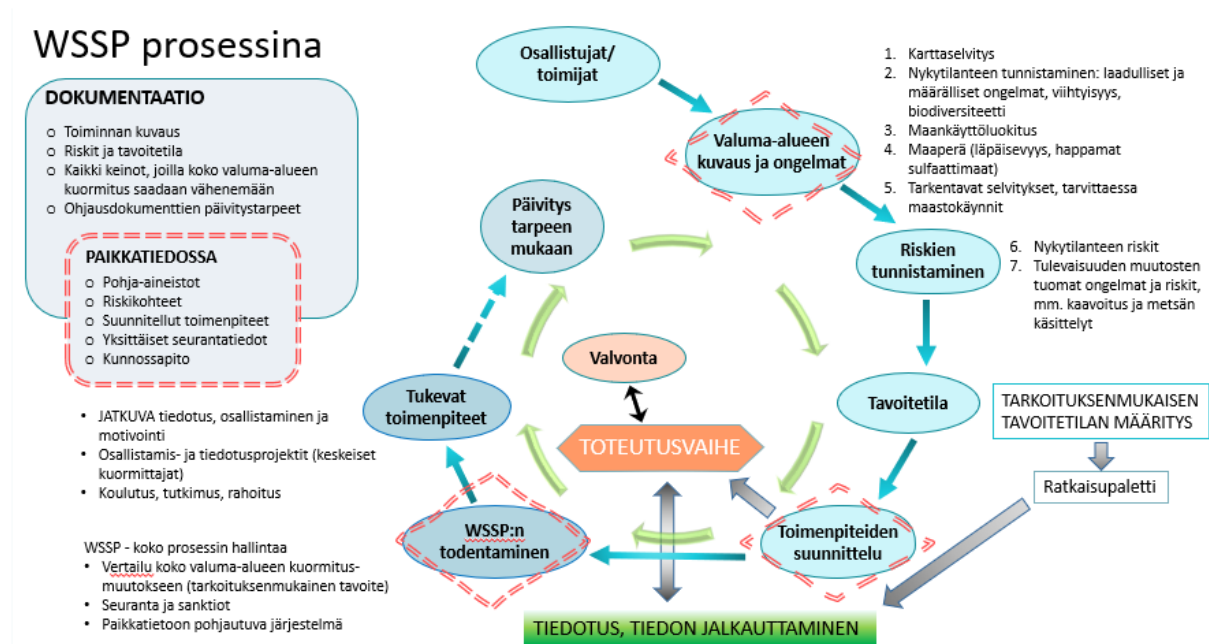
- päätöksentekijöiden määrä / pinta-ala
- satunnaisten käyttäjien aiheuttamat riskit
- hallinnoijan osaaminen ja vastuu
- tyypillisen toiminnan tuottama haitta-ainekuorma
- tyypillisen toiminnan tuottama kiintoainekuorma
- käytettävissä oleva tila maanvaraisille hallintarakenteille

2.3 WSSP kaupunkisuunnittelun ohjauksessa

Kaupunkivaluma-alueen hulevesiriskin hallintaan osallistuvat yhtä lailla maaomistajat ja alueen käyttäjät, viranomaiset ja rakennuttamista, rakentamista tai kunnossapitoa tekevät tahot. WSSP:n tavoitteena on tarjota eri toimijoille yhteistyöalusta sekä luoda luottamusta ja osaa- mista koko toimijaverkostolle. Tämä on keskeinen lähtökohta, kun puhutaan kaupunkimitta-kaavaisen hajakuormituksen hallinnasta.

Yhteistyön lähtökohtana on tunnistaa valuma-alueen ominaisuudet ja ongelmat ja niiden riit- tävän kattava kuvaaminen. Kaupunkivaluma-alueen mittakaavassa avoimet paikkatietoaineis- tot luovat useimmissa kaupungeissa toimivan perustan. Täydentävänä datana käytetään kaa- vakarttoja ja hulevesiverkoston kuvausta, jolloin päästään resurssiviisaasti kyllin hyvään tark- kuuteen kaupunkivaluma-alueen mittakaavassa. Tässä hankkeessa kehitetty paikkatietopoh- jainen WSSP-työkalu ja sen laatiminen esitellään luvussa 6.

Tarkastelun siirtyessä tunnistettujen riski- tai muutosalueiden yksityiskohtaisempiin tekijöihin, on ratkaisuja etsittävä huleveden määrän ja laadun hallinnan lisäksi viihtyisyyden ja biodiversiteetin kautta. Tiivis ja kestävä kaupunki edellyttää monitoiminnallisia ratkaisuja kaupunkitilan käyttöön. Maastokäynneillä voidaan tarkastella tarkemmin rajattuja alueita, mutta resurssitehokkuuden vuoksi pääosa tiedosta tulisi koota ennen maastokäyntivaihetta.



Kuva 4 WSSP:n jatkuvan kehittämisen kehä kuvaa valmistelutyön vaiheet ja niiden keskeisen sisällön. Mallin perusta soveltaa kuvan kolme (3) mukaisia toimintamalleja hulevesien hallintaan.

Nykytilanteen tunnistaminen luo perustan arvioida tulevaisuuden riskejä. Näitä voivat olla esimerkiksi kaavoitukseen liittyvät riskit, kuten tiivistäminen ja läpäisemättömien pintojen lisääntyminen, toiminnan muutoksista aiheutuvat riskit tai vaikka metsien hakkuuseen tai kaupunkivaluma-alueella sijaitsevien peltojen viljelytapoihin liittyvät riskit.

Huleveden hallinnan tavoitetilän määrittely tapahtuu eri hallintoaloja yhdistäen, jotta käytännön toiminta eri aloilla myös todellisuudessa tukee yhteistä tavoitetta. Ratkaisupaletti tarjoaa kokonaisriskin kannalta tarkoituksenmukaisia huleveden hallintakeinoja määritellyille

riskialueille. Herkkien vesistöjen tai suojelualueiden läheisyydessä tarvitaan tiukempaa hulevesien käsittelyä kuin isojen hyväkuntoisten vesistöjen alueilla. Ratkaisupaletin vaihtoehtoihin vaikuttaa paikan biofyysiset tekijät ja tyypillinen ihmistoiminta. Esimerkiksi savimailla ei voi imeyttää vettä eikä tiiviiseen kaupunkitilaan ehkä mahdu maanpäällisiä rakenteita.

Ratkaisupaletin tavoitteena on tarjota huleveden hallintaan vaihtoehtoja kaikkein keskeisimmille riskialueille ja auttaa priorisoimaan sekä sijoituspaikkojen että laadun ja määrän vähentämätavoitteiden osalta. Toimet kannattaa suunnata sinne missä niille on eniten tarvetta tai missä niissä saatava hyöty on suurin tai kustannustehokkain. Suunnitelmien perusteella alkaa yksittäisten hallintarakenteiden toteuttaminen ja rakentamisen valvonta. Erityisen suurta huomiota tulee kiinnittää rakentamisen aikaiseen huleveden hallintaan.

WSSP:n mukainen valmisteluprosessi eroaa perinteisestä toimintamallista siinä, että se on jatkuvasti päivittyvä ja ylläpidettävä kehittämisen kehä. Sen vuoksi WSSP-prosessin todentaminen ja seuranta on tehtävä osallisille näkyväksi niin omavalvontaprojekteina kuin myös luvitettuna ja sanktioituina ympäristölupakohteina. Seurannan tulisi kohdistua koko kaupunkivaluma-alueelta muodostuvaan hajakuormitukseen yksittäisten seurantakohteiden rinnalla.

WSSP jatkuvasti kehittyvänä prosessina vaatii myös tukitoimia. Näitä voivat olla tiedotus, osallistaminen sekä asukkaiden ja muiden toimijoiden motivointi, erilaiset projektit sekä koulutus, tutkimus ja siihen liittyvä rahoitus. Huleveden hallinta määrittyy kuntaorganisaation eri toimialojen valinnoista ja toteutuu yksityisten tonttien ja rakennuspaikkojen valinnoista, joten sidosryhmäverkosto on moninainen. Tiedonkulku organisaatiossa on välttämättömyys, jotta koko verkosto ja toteutusketju toimii. Hulevesi koskettaa isoa joukkoa kuntaorganisaation hallinnonaloja ja siksi on oleellista, että tieto kulkee suunnittelusta kunnossapitoon ja yhtä lailla myös kunnossapidosta palautteena suunnittelun ja rakentamisen suuntaan. Näin parhaimmillaan saadaan oppiva organisaatio, jossa jaetut kokemukset kehittävät koko huleveden käsittelyn hallintaketjua.

Yhtä lailla asukkaiden tiedottaminen ja kannustaminen fiksuihin ratkaisuihin on tärkeää. Asukkaat voivat pienillä arkisilla valinnoilla joko parantaa tai huonontaa huleveden laatua. Varsin

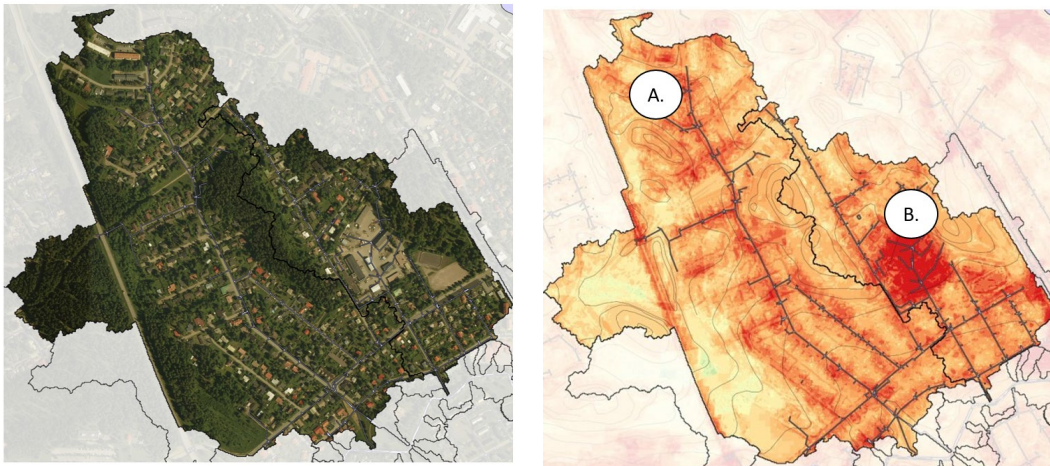
usein on kuitenkin kyse tietämättömyydestä tai ajattelemattomuudesta, vain harvoin piittämättömyydestä.

Prosessikaavion sisäkehän vihreä nuolisarja kuvaa prosessin päivittämistä. Koko WSSP-prosessi ei tarvitse päivittää alusta alkaen, vaan päivitystä voi tehdä mistä kohdasta tahansa riippuen mikä asia valuma-alueella muuttuu.

WSSP:n ajantasaisena pitämisessä auttaa mitä enemmän vaiheita tehdään paikkatietopohjaisesti. Käytännössä paikkatietomuodossa on iso osa lähtöaineistosta ja prosessin aikana paikkatietopohjaisesti kannattaisi ylläpitää ainakin suunnitelmat sekä seuranta ja valvontatiedot sekä mahdollisesti myös kunnossapidon käynnit ja havainnot. Paikkatietopohjainen järjestelmä voi toimia esimerkiksi suunnittelijoille myös palautteenantokanavana toteutettujen rakenteiden toimivuudesta.

2.4 Riskialueiden määrittelystä suunnittelun ohjaukseen

WSSP:n riskikartassa punaiset alueet kuvaavat muuta ympäristöä korkeamman riskin alueita olivat ne sitten yksityisellä tai julkisella alueella. Aluerajaus muodostuu kaupunkivaluma-alueen mukaisesti eli se rakentuu maastonmuotoihin perustuvista vedenjakajista, mutta täydentyy myös sadevesiviemäröinnin laajuudelta. Käytännössähän kaupunkivaluma-alueilla sadevesiviemäröinti voi ulottua luontaisen valuma-alueen ulkopuolelle ja siten laajentaa tai pienentää merkittävästi valuma-alueen kokoa.



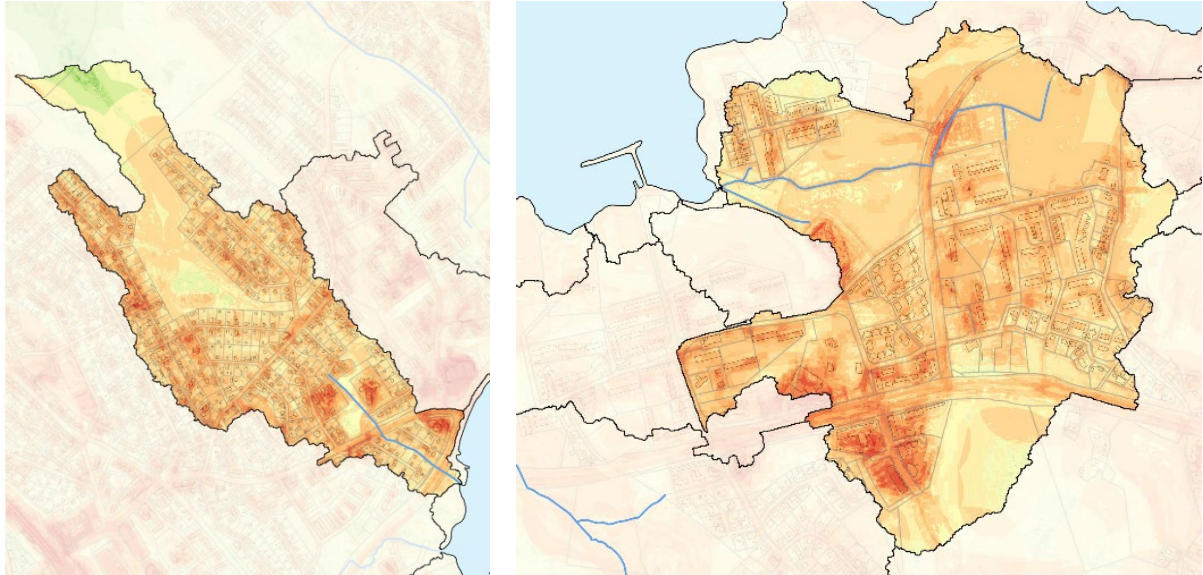
Kuva 5 WSSP:n riskikartta esittää hulevesiriskin alueet muuta ympäristöä punaisempina.

Riskikartan avulla voidaan kohdentaa huleveden hallintaa korkeimman riskin alueille. Kuvassa 5 on hahmoteltu, miten kahden eri täydennysrakentamiskohteen hulevesiriski muodostuu. Rakennuspaikassa A riski on huomattavasti matalampi kuin kohdassa B, jossa muutos ei kohdistu vain rakennuspaikkaan vaan myös sen välittömässä läheisyydessä olevaan jo entuudestaan korkean riskin alueeseen.

Riskikarttaa pystytään hyödyntämään myös hallintarakenteen sijoitteluvaihtoehtojen tarkastelussa. Molempien edellä kuvattujen rakennuspaikkojen huleveden hallinta on mielekkäintä hoitaa jo rakennuspaikalla. Jos se ei ole mahdollista, niin A-rakennuspaikan putkiverkoston varrelta löytyy useampi kohta, joihin voidaan julkisille alueille sijoittaa viivytysrakenteita. B-rakennuspaikan osalta sellaiselle ei ole tilaa.

Pirkkalan ja Hämeenlinnan esimerkivaluma-alueissa (kuva 6) korkeimman riskin alueet sijaitsevat vastakkaisissa kohdissa valuma-aluetta, Pirkkalassa (oikeanpuoleinen kuva) valuma-alueen yläosissa ja Hämeenlinnassa (vasemmanpuoleinen kuva) valuma-alueen alaosassa. Valuma-alueen yläosaan sijoituville riskialueille, jotka tuottavat suurta huleveden määrää, tulisi sijoittaa määrää vähentävät rakenteet heti huleveden syntypaikoille. Vaikka paikallinen huleveden käsittely onkin hulevesistrategioiden keskeinen prioriteetti, on sen toteutumista erityisesti valvottava tämän tyyppisillä alueilla. Paikallisen käsittelyn vaade syntyy toki myös

valuma-alueen alaosissa, mikäli riskialueen ja vastaanottavan vesistön välissä ei ole tilaa, kuten Hämeenlinnan esimerkissä havaitaan.



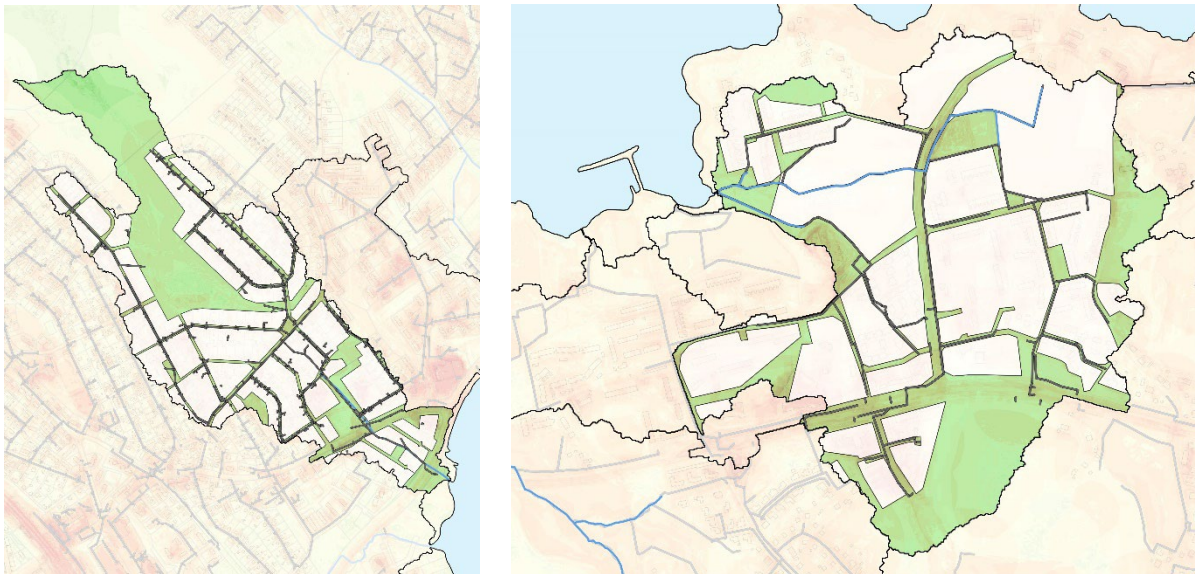
Kuva 6 Riskialueiden sijoittuminen Hämeenlinnan Katuma-järven ja Pirkkalan keskustan esimerkivaluma-alueilla.

Huleveden hallintarakenteiden sijoittaminen edellyttää valmiiksi rakennetuilla alueilla riittävää maa-alaa yleensä julkisilla alueilla. Uudisrakennusalueilla luonnonmukaiset huleveden hallintaratkaisut on helppo sijoittaa osaksi hulevesiverkostoa, mutta täydennysrakentamisen alueilla tilannetta pidetään haastavana. Kuitenkin kansainväliset esimerkit ns. *retrofitting* -projekteista antavat esimerkkiä rakentamisvaiheen jälkeisistä ratkaisuista (Roy ym. 2014). Edellytyksenä on, että hallintarakenteita ajatellaan hajautettuina, monimuotoisina osaratkaisuinä isossa verkostossa, joka koostuu sekä yksityisille että julkisille alueille sijoittuvista rakenteista. On selvää, ettei jätkikäteän voida velvoittaa tontinomistajaa toimiin mutta innostaminen, houkuttelu ja haastaminen toimivat osana paikallisia projekteja tai kolmannen sektorin toimintaa.

Tässä yhteydessä jako yksityisiin ja puolijulkisiin alueisiin on kuitenkin tarpeettoman karkea.

Jakoon olisi hyvä ottaa mukaan myös kunnallisten palvelujen puolijulkiset tontit kuten koulujen, päiväkotien, sairaaloiden ja seurakunnan tontit. Näille alueille on rakennusvaiheen jälkeen helpompaa ohjata sijoittamaan huleveden hallintarakenteita kuin mitä yksityiselle pientalo- tai yritystontille.

Kuvassa 7 on esitetty edellisen kuvaparin tilanne julkisen (vihreä) ja yksityisen maa-alan (vaalea) suhteessa. Pirkkalan esimerkkivaluma-alueella huleveden hallintarakenteet tulisi sijoittaa valuma-alueen yläosan tonteille (kuvan alalaidassa) tai sen välittömään läheisyyteen, jottei sieltä syntyvä huleveden suuri määrä aiheuta sadevesiviemärin tulvimista alajuoksulla. Hämeenlinnan esimerkkialueella sen sijaan määrän hallinnan kannalta on keskeistä säilyttää valuma-alueen yläosan rakentamattomat metsäalueet. Mikäli ne tulisivat rakennettaviksi, on hulevesiverkoston näkökulmasta tonteilta edellytettävä ja valvottava rakenteita, jotka pystyvät käsittelemään huleveden tonteilla. Hämeenlinnan esimerkkialueella sadevesiviemärin tulviminen Katumajärven lähellä ratkaistaan yläjuoksun pientaloalueiden tonteilla tai tiivistämisen ohjeistuksella.



Kuva 7 Yksityiset ja julkiset maa-alat Hämeenlinnan ja Pirkkalan esimerkkivaluma-alueilla auttavat hahmottamaan käytettävissä olevia hajautetun ja keskitetyn huleveden hallinnan ohjauskeinoja.

Lähteet

Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. 2009. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization.

Mattila, H. 2005. Appropriate Management of On-Site Sanitation, Doctoral Dissertation, Tampere University of Technology

Roy AH, Rhea LK, Mayer AL, Shuster WD, Beaulieu JJ, Hopton ME, et al. 2014. How Much Is Enough? Minimal Responses of Water Quality and Stream Biota to Partial Retrofit Stormwater Management in a Suburban Neighborhood. PLoS ONE.

World Health Organization. 2015. Sanitation safety planning: manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta. World Health Organization.

Karttojen pohja-aineistojen lähteet:

EEA. 2018. Imperviousness Density 2018. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/status-maps/imperviousness-density-2018>

Forssan kaupunki. n.d. Hulevesiverkosto.

Forssan kaupunki. n.d. Yleiskaavayhdistelmä.

GTK. 2019. Maaperä 1:20 000/1:50 000. <https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>

LUKE. 2019 Puuston keskipituus 2019(dm). <http://kartta.luke.fi/>

LUKE. 2019. Puuston latvuspeittävyys, koko puusto 2019 (%) <http://kartta.luke.fi/>

MML. 2021–2023. Ortoilmakuva. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/ortoilmakuva>

MML. 2022–2023. Korkeusmalli 2 m <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/korkeusmalli>

MML. 2022–2023. Maastotietokanta. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastotietokanta>

Pirkkalan Kunta. 2016. Osayleiskaava.

Pirkkalan Kunta. n.d. Hulevesiverkosto.

SYKE. 2021. NDVI:n maksimiarvo v.2021. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/ndvi-n-maksimiarvo-v-2021>

3. Nykytilan kartoitus

Kirjoittajat: Virpi Hannuksela, Salla Leppäkoski, Outi Tahvonen, Harri Mattila

Tässä luvussa esitetään hulevesien hallinnan nykytilaa, joka on koottu sekä kaupunkiorganisaation toimijoiden näkökulmasta että konkreettisten rakenteiden havainnoinnilla. Kaupunkiorganisaatioiden toimijoiden näkökulma on rakennettu kahdessa vaiheessa. Ensin selvitettiin

kaupunki- ja kuntaorganisaatiolle kohdennetulla kyselyllä ja sen tuloksia käsittelevässä verkoseminaarissa kokemuksia ja näkemyksiä huleveden hallinnasta. Sen jälkeen yhteistyössä kolmen pilottipaikkakunnan kanssa kehitettiin organisaatiolähtöisesti WSSP-toimintamallia. Nykytilan kuvaukseen kuului myös aiemmin toteutettujen kasvipeitteisten huleveden hallintarakenteiden toimivuuden ja kasvipeitteisyyden kuntoisuuden arviointi.

Työpaketin tärkeimmät tulokset:

- Yhteistyötä ja tiedonkulkua kuntaorganisaation eri yksiköiden välillä tulee lisätä ja parantaa
- Imeyttävän hulevesirakenteen tulee olla oikein mitoitettu valuma-alueen kokoon nähden, jotta se pysyy toimintakuntoisena mahdollisimman pitkään
- Imeyttävien hulevedenhallintarakenteiden pinta tukkeutuu ajan myötä

3.1 Kuntien hulevesien hallinnan nykytila

Kuntien hulevesien nykytilannetta kartoitettiin kyselyn avulla joulukuussa 2021. Kysely kohdistettiin sekä kaupunkiorganisaatioissa että yhdistyksissä ja järjestöissä hulevesien kanssa työskenteleville henkilöille. Kysely oli avoinna myös HULVATTU-hankkeen [www-sivuilla](http://www.sivuilla). Määräaikaan mennessä saatiin 65 vastausta, joista osa oli vastattu työyhteisön yhteisenä tiiminä. Kyselyyn vastattiin monipuolisesti kuntaorganisaation eri sektoreilta. Vastaajien edustamien kuntien koko ja rakenne vaihteli pienestä alle 8000 asukkaan kunnista yli 200 000 asukkaan kaupunkeihin ja selvästi kaupunkimaisesta ja tiiviisti rakennetusta kaupungista maaseutumaiseen rakenteeseen. Liitteessä 1 on toteutettu kysely saatetietoineen sekä liitteessä 2 vastaus-ten yksityiskohtaisempi analysointi.

Kyselyn tulokset

Kyselyn perusteella kasvipeitteisiä painanteita ja erilaisia imeytysrakenteita käytetään kunnissa yleisesti. Sen sijaa hulevesien käsittelyyn ei juurikaan käytetä viherkattoja. Suurin osa hulevesien hallintarakenteista on monitoiminnallisia eli ne viivytyksen lisäksi esimerkiksi imeyttävät, varastoivat ja puhdistavat hulevettä. Rakenteita on puistojen keskeisenä

elementtinä varsin paljon, jolloin ne toiminnallisen vaikutuksen lisäksi parantavat viihtyisyyttä ja ympäristön monimuotoisuutta.

Ohjausjärjestelmät

Kunnat kannustavat luonnonmukaisten hulevesimenetelmien käyttöön asemakaavan, rakennusjärjestyksen sekä rakennusluvan edellytyksenä olevan hulevesisuunnitelman avulla. Noin puolessa kyselyyn vastanneista kunnista hulevesimaksu oli käytössä. Hulevesimaksu määräytyy useimmiten tontin käyttötarkoituksen ja yleisesti myös pinta-alan mukaan. Sen sijaan tontikohtaiseen käsittelyyn kannustavia tekijöitä, kuten viherpeitteisyyttä, toteutettuja tonttikohtaisia rakenteita tai todettuja haittoja, käytetään määräytymisperusteena vain harvoin, sillä vastaajien mielestä sopiva resurssitehokas järjestelmä puuttuu.

Työmaiden hulevedet sekä rakenteiden ylläpito ja seuranta

Rakentamisen aikainen hulevesihallinta on vastausten perusteella varsin hajanaista. Useimmiten rakentamisen aikana hulevesihallintaa vaaditaan isoilla infra- ja talonrakennustyömailla, kun taas pientalorakentajia ohjeistetaan hulevesihallintaan varsin paljon, mutta velvoitteita siihen on harvoin. Vastausten perusteella vastuutahot olivat huonosti selvillä kuntaorganisaation sisällä, sillä vain reilu 20 % vastaajista koki, että valvontataho on aina selvillä.

Toteutettujen hulevesirakenteiden toimintaa seurataan yllättävän huonosti. Kunnossapitotoi tehdään, mutta se ei välttämättä ole kovin suunnitelmallista. Hulevesirakenteen läpi tulevan suotoveden laatua seurataan lähinnä satunnaisesti.

Keskeisimmät koetut ongelmat hulevesirakenteen elinkaareissa

Hulevesirakenteissa koetut ongelmatilanteet painottuivat eri tavoin eri ammattiryhmien vastauksissa. Myös hulevesirakenteiden elinkaaren aikana vastaan tulleet ongelmatilanteet nähtiin eri ammattiryhmissä eri tavoin.

Yleissuunnitteluvaiheessa kokonaisuudenhallinta, fyysisen tilan haasteet sekä riittämätön osaaminen koettiin haastavaksi. Kunnossapidossa ja rakentamisessa toimivat näkivät resurssipulan yleissuunnitteluvaiheen haasteeksi, kun taas rakennusvalvonnalle haasteita oli vastuutahoissa ja valvonnassa. Toteutussuunnitteluvaiheessa yleisimmät ongelmatilanteet ovat

samoja kuin yleissuunnitelmavaiheessa. Yhteistyön ja tiedonkulun puutteet korostuivat toteutussuunnitelmavaiheessa vastauksissa.

Rakentamisen aikana riittämätön osaaminen ja kokonaisuuden hallinta korostuivat vastauksissa. Suunnittelijoille resurssipula on suuri haaste, kun taas kunnossapidossa ja rakentamisessa työskentelevät kokivat eniten haasteita aikataulujen kanssa. Rakennusvalvonnan suurimpana haasteena on asenteet.

Kunnossapitovaiheessa vaivaavat eniten kokonaisuuden hallinta, riittämätön osaaminen sekä resurssien vähyys. Toimimattomat tai vaikeahoitoiset hulevesirakenteet kuormittavat kunnossapitoa. Kunnossapidossa kaivattiin enemmän yhteistyötä ja tiedonkulkua suunnittelijoilta mm. hulevesirakenteiden hoito-ohjeiden toimittamisessa.

Ympäristönsuojelun ja rakennusvalvonnan parissa työskentelevät kokivat haasteena vastuutahojen epäselvyyden sekä valvonnan ongelmat. Yhteistyön ja tiedonkulun puute oli kaavoittajien ja viheraluesuunnittelijoiden suurin haaste. Aina tieto kunnossapidossa ilmenevistä haasteista tai kuntalaisten antama palaute ei saavuta suunnittelutahojä, varsinkaan kaavoittajia.

Eri tahojen välistä vuoropuhelua tulisi vastausten perusteella lisätä. Myös vastuutahojen selkeyttämistä ja valvonnan roolitusta tulisi miettiä. Vaikka eri hallinnonalojen edustajat kokevat osin samoja haasteita, ne näyttäytyvät erilaisina eri vaiheissa. Isoina haasteina kyselyssä nousivat esiin tiedonkulun puute, yhteistyön riittämättömyys ja kokonaisuuden hallinnan heikkous.

Hulevesi ja asukkaat

Kyselyn vastausten perusteella asukkaita tiedotetaan hulevesiasioista satunnaisesti. Asukkaita osallistetaan hulevesirakenteiden suunnitteluvaiheessa vain vähän. Kuntalaiset tiedostavat hulevesihallinnan hyötyjä jonkin verran. Viihtyisyystekijät, tulvasuojelu ja vesistön laadun parantaminen tunnistettiin parhaiten, kun taas biodiversiteettihyödyt heikoiten. Asukailta saadaan hulevesirakenteista positiivista palautetta suunnilleen saman verran kuin negatiivista tai neutraalia palautetta. Positiivisissa palautteissa korostuu rakenteen kokeminen viihtyisyys-

tekijänä, negatiivisissa eniten vastauksissa korostuu rakenteen kokeminen vaaralliseksi ja moitteet kunnossapidosta. Osa asukkaista on kokenut rakenteen tarpeettomana.

Nykytila opinnäytetöiden näkökulmasta

Hämeen ammattikorkeakoulun YAMK-tutkintoa suorittaneiden opiskelijoiden tekemistä projekti- ja opinnäytetöistä saatujen huomioiden perusteella tiedetään, että suuremmissa kaupungeissa on varauduttu hulevesien hallintaan paremmin kuin pienemmissä kaupungeissa. Suurissa kaupungeissa on yleensä olemassa hulevesisuunnitelma, mutta kaupungeissa ei aina ole erikseen nimettyä henkilöä, jonka vastuulle huleveteen liittyvät asiat kuuluvat. Myös hulevesisuunnitelmien päivittämisessä on puutteita. Hulevesiverkostojen sijainnit ja varsinkin purkupisteiden paikat eivät ole aina tiedossa, mikä vaikuttaa varsinkin satunnaisten kaupunkitulvien taltuttamista tai rajaamista.

Lisäksi kuntien kaavoituksessa ja hulevesiohjelmissa kannustetaan käyttämään maanpäällisiä huleveden hallintamenetelmiä, joita ovat mm. läpäisevät päällysteet, avo-ojat, viivytysaltaat, painanteet ja kosteikot. Kaavamääräyksiin saatetaan liittää myös velvoite rakentaa viherkatuja tai sadepuutarhoja. Osa Suomen kaupungeista käyttää viherkerrointyökalua varmistamaan riittävän viherpinta-alan säilymisen ja hulevesitulvien ehkäisemisen. Viherkerroin kuvaa tontin kasvillisuuden ja vettä viivyttävien rakenteiden suhdetta tontin pinta-alaan.

Projekti- ja opinnäytetöistä selvisi myös, että rakennustyömaa-aikaisten hulevesien hallinnan ohjeistukset puuttuvat monista kunnista. Sen takia työmaiden hulevesien hallinta on monesti rakennusliikkeiden oman aktiivisuuden varassa. Vesien ja vesistöjen suojelu ei kuitenkaan ole ensisijaisesti rakennusliikkeiden intressinä, eikä niillä aina ole omaa ympäristönsuojeluun perehtynyttä henkilöstöä. Yhtenäisten ohjeistuksien avulla työmaiden valvonta olisi helpompi järjestää ja siitä tulisi luotettavampaa. Ympäristöasioihin on kuitenkin ilahduttavasti herätty ja esimerkiksi Helsingin Hanasaassa Vilhonvuorenkadun saneerauksessa pilaantuneen maan ja pohjaveden käsittelyyn räätälöitiin kohteeseen sopivat vedenkäsittelymenetelmät.

3.2 Työpajasarja kuntaorganisaatioiden kanssa

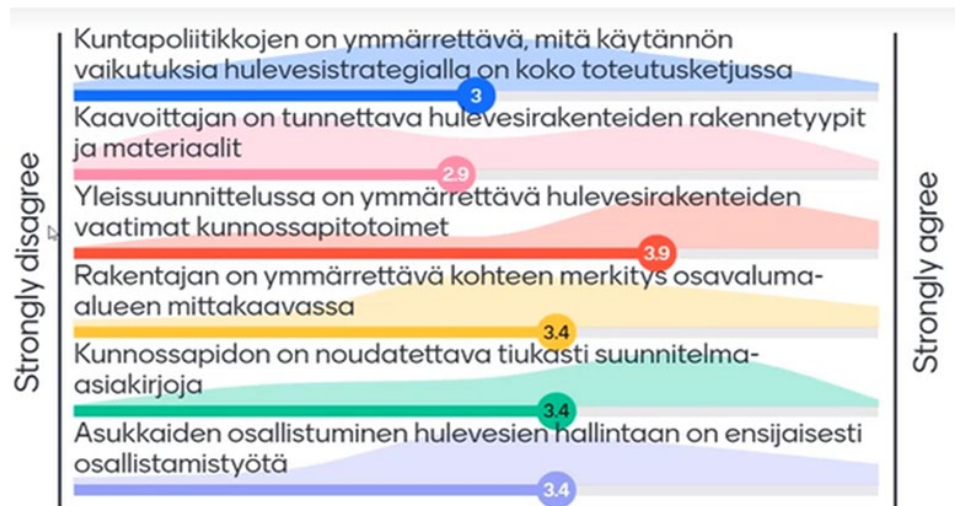
Hankkeen aikana järjestettiin yksi kuntaorganisaatioille suunnattu yleinen työpaja sekä kolmen työpajan sarja pilottipaikkakuntien, Hämeenlinna, Forssa ja Pirkkala, kanssa. Ensimmäiseen yleiseen työpajaan osallistui n. 30 henkilöä eri puolilta Suomea. Työpajan aikana keskityttiin kyselyssä nousseen kolmen teeman käsittelyyn: Miten ohjausjärjestelmää voidaan parantaa, millaista osaamista tarvitaan toteutusketjun eri vaiheissa ja mitä oman osaamisen taroituksenmukainen kehittäminen voisi olla.

Työpajaan osallistuneiden mielestä hulevesien hallinnan koordinointiin tarvittaisiin uusi henkilö tai osasto. Osallistujat kaipaivat myös parempaa keskusteluyhteyttä toteutusketjun eri osien välillä sekä lisäkoulutusta kaikille huleveden parissa työskenteleville. Isommissa kuntaorganisaatioissa on olemassa hulevesityöryhmä, johon kuuluu laaja-alaisesti eri osastojen edustajia. Pienemmissä kuntaorganisaatioissa työntekijöiden toimenkuvat ovat useimmiten laajat, jolloin uuden henkilön palkkaaminen hulevesien koordinointiin voisi olla toimivin ratkaisu. Oleellista on jalkauttaa osaamista eri yksiköihin ja niille, jotka työssään toimivat hulevesien kanssa.

Tietämys paikallisista olosuhteista koettiin tärkeäksi tekijäksi huleveden hallintarakenteiden suunnittelussa ja valinnassa. Tarkkoja mitoitusohjeita, kuten esimerkiksi huleveden varastoitumistila $1 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$ läpäisemätöntä pintaa, pidettiin hankalina, koska ne eivät huomioi paikallisia olosuhteita, kuten maaperää ja kaltevuutta. Tästä syystä samat hulevesiratkaisut eivät toimi kaikkialla, eikä samaa määräystä voi kopioida kaava-alueelta toiselle. Joskus pieneltä tuntuvalla asialla voi olla yllättävän suuri merkitys: Kaivuutöissä käytettävä kauha voi pahimmillaan tiivistää maahuokoset tukkoon, jolloin kaivuukuopan imeytyskyky heikentyy ja kuoppaan muodostuu vesiallas. Tärkeintä olisi hyödyntää kuntaorganisaatiossa olevaa hiljaista tietoa tehokkaasti.

Mentimeter-kysymyksen avulla vastaajilta kartoitettiin eri roolien merkityksestä hulevesien hallinnassa (kuva 8). Kysymyksen otsikkona oli: ”Roolit hulevesien hallinnassa”. Vastaajat näkivät tärkeänä koko prosessin ymmärtämisen eri rooleissa. Oman perustyön osaamisen lisäksi

olisi oleellista ymmärtää hulevesirakenteen elinkaaren eri vaiheet sekä oman toiminnan merkitys koko toimintaketjun ja kokonaisuuden kannalta.



Kuva 8 Mentimeter-kysymyksellä kartoitettiin eri roolien tärkeyttä hulevesien hallinnan kokonaisuudessa. 1 = täysin eri mieltä, 2 = eri mieltä, 3 = ei samaa eikä eri mieltä, 4 = samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä

Hulevesien kanssa toimivilla on osaamisvajetta vaihtelevasti. Työpajaan osallistujien mukaan tekniisiin ratkaisuihin kaivataan sekä varmuutta että kokemusperäistä tietoa, jolla voi perustella suunnitteluratkaisuja epäilijöille. Toimivien esimerkkien lisäksi auttaisi myös tiukka ohjeistus. Yhteistyötä eri toimijoiden ja osastojen välillä tulisi lisätä, jotta päästäisiin kustannustehokkaisiin ratkaisuihin. Lisäksi suunnitteluvaiheessa tarvitaan käytännön kokemusta ja paikallista tuntemusta, jotta suunnitellut ratkaisut ovat toimivia.

Kolmen kaupungin osallistavat työpajat

Yleisen nykytilaa kartoittavan työpajan jälkeen tavoite oli tarkastella hulevesiä valuma-alueitasoisesti tarkemmin kolmessa kaupungissa. Pilottipaikkakunniksi valikoituivat Pirkkala, Forssa sekä Hämeenlinna, joissa sekä pureuduttiin kunkin paikkakunnan käytänteisiin ja haasteisiin

tarkemmin ja lisäksi kehitettiin WSSP-työkalua eteenpäin Collaborative learning -menetelmällä.

Jokaisessa pilottikunnassa työpajaan osallistui henkilöstöä useilta eri hallinnonaloilta: kaavoituksesta, kunnallistekniikan ja viheralueiden suunnittelusta ja rakentamisesta tai rakennuttamisesta, kunnossapidosta, rakennusvalvonnasta, ympäristönsuojelusta sekä paikkatiedosta. Mikäli kunnan hulevedet olivat vesilaitoksen vastuulla, kutsuttiin mukaan myös vesilaitoksen edustaja. Jokaisen kuntaorganisaation kanssa pidettiin kolme työpajaa, joissa jokaisessa oli eri teema. Useimmat työpajoihin kutsutuista osallistuivat useampaan tai kaikkiin oman organisaationsa työpajoihin. Koska tiedonkulun puute, yhteistyön riittämättömyys sekä kokonaisuuden hallinnan heikkous koettiin alkukyselyn perusteella kuntaorganisaatioissa haasteeksi, työpajoissa tavoiteltiin kuntaorganisaatiossa hulevesiasioiden kanssa työskentelevien henkilöiden ryhmäyttäminen ja eri näkökulmien esiin tuominen.

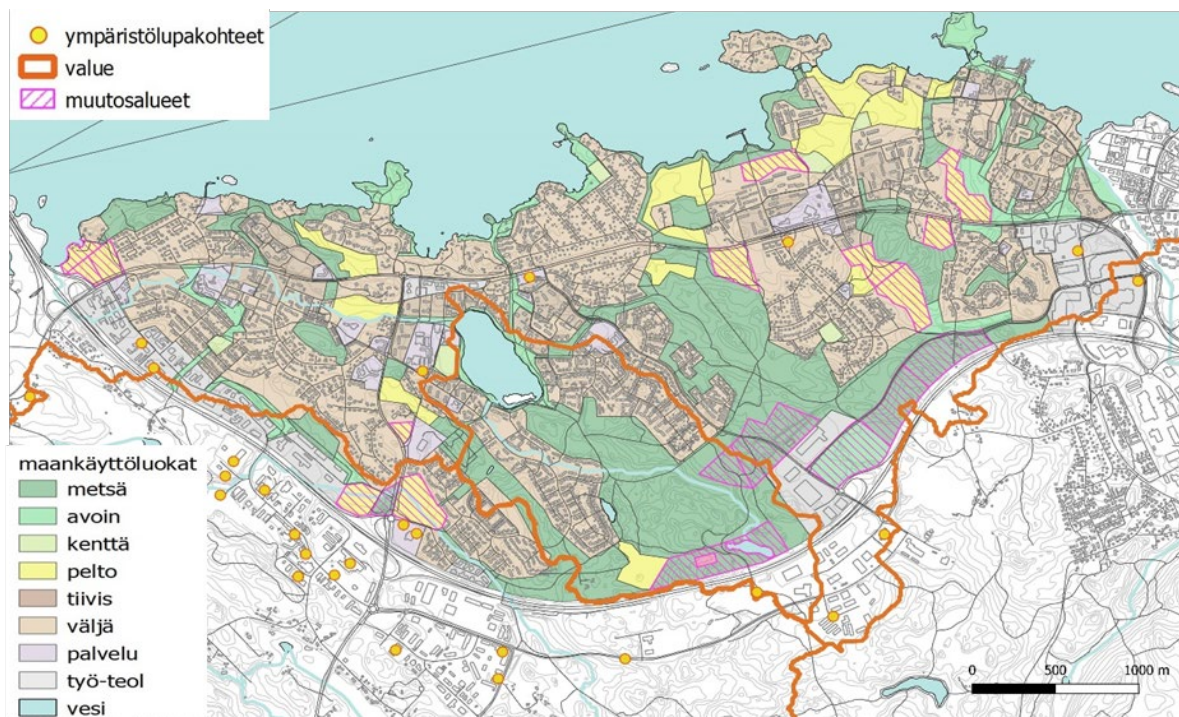
Ensimmäinen työpaja

Ensimmäinen työpaja pidettiin touko-kesäkuussa lähitapaamisena, jonka keskeisenä tavoitteena oli selvittää hulevesien ja yhteistoiminnan nykytilaa kullakin paikkakunnalla sekä ryhmäyttää osallistujia ja käynnistää uudenlaista ajatustyötä. Jokaisessa kuntaorganisaatiossa tunnistettiin hulevesihallinnan haasteita, mutta keskustelussa nousi esiin myös oppimiskokemuksia. Työpajan keskustelujen perusteella koostettiin hulevesien hallintaa varten alustava maankäyttöluokitus ja sen soveltaminen kohdekaupungissa esimerkiksi otetulla valuma-alueella (taulukko 1).

Taulukko 1 Luonnosversio ensimmäisen työpajan keskustelujen perusteella kootuista maankäyttöluokista sekä niiden hulevesiin liittyvät ominaisuuksista (vedenläpäisevyys tai läpäisemättömyys sekä toiminnot).

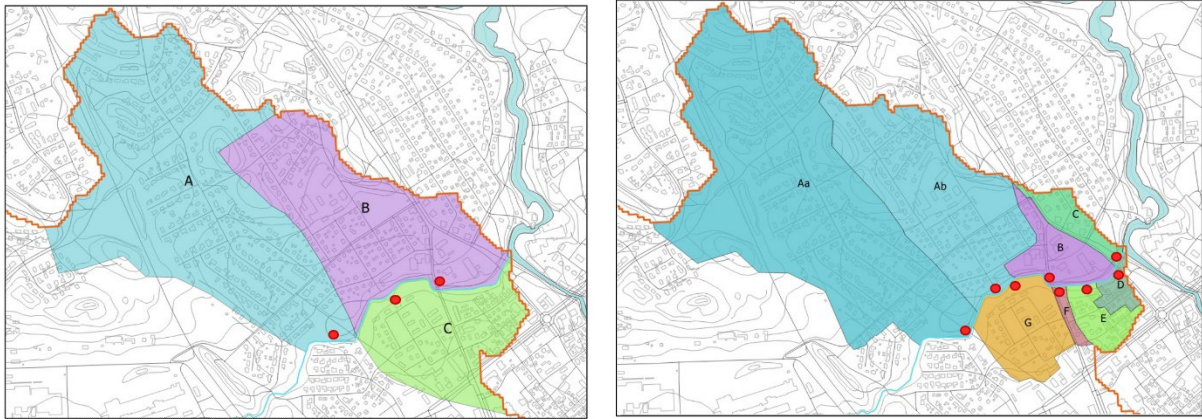
Maankäyttöluokka	Läpäisemätön pinta	Läpäisevä pinta	Toiminnot ja niiden riskit
Keskusta-toiminnot	Isot kattopinta-alat, laajat asfaltti- ja kiveysalueet	Vähäinen, nauhamainen tai pistemäinen kasvillisuus, yksittäiset puut	Tai Palvelut, asuminen, vapaa-aika. Tehokas kuivatus, liikenne, katupöly, suuret kertahuuhtoumat
Työ-teollisuus-alueet	ja Isot kattopinta-alat, laajat asfalttikentät, pysäköinti	Vähäinen, nauhamainen kasvillisuus, yksittäiset puut	Toiminnasta riippuen haitta-aine kuorma, suuret kertahuuhtoumat, katupöly, yl. tehokas kuivatus
Palvelut vähittäiskauppa	ja Paljon kattopinta-alaa, laajat pysäköintialueet, asfaltoidut pihat	Murskepinnat, kooltaan pienet kasvillisuusalueet, nurmikko, nauhamaiset puu- tai pensasalueet	Liikenne, pysäköinti. esim. Tehokkaasti kuivattuja alueita
Tiiviit asuinalueet	Suurehko kattopinta-ala, pysäköintialueet, asfalttipihat	Murskepinnat, nurmikko, Taloyhtiön ohjaama pensaita, puut yksittäin tai asukastoiminta nauhamaisesti	
Väljät asuinalueet	Pienehköt kattopinta-alat, isot terassit, asfaltoidut/ kivettyt pihat	Nurmikko, monikerroksellinen kasvillisuus; alueina, nauhoina tai pisteinä	Päätöksentekijänä asukas. Puutarhan hoito, auton pesu, altaat & paljut, kotieläimet
Metsät		Kaikki kasvuvaiheet	
Pellot			Jatkuva maanmuokkaus, ravinteet, kasvinsuojeluaineet
Avoimet		Nurmi- tai niittyalueet	Niitto
Kentät		Urheilukentät, nurmi-/kiviaines	Tehokkaasti hoidetut, rikkakasvien kemiallinen poisto, lannoitus ja kastelu

Tätä luokittelua käyttäen jokaisesta kaupungista tehtiin mallikartta yhdelle valuma-alueelle. Kuvassa 9 on Pirkkalan esimerkkialue. Yleiskaavasta saatua perusrakennetta tarkennettiin ilmakuvien perusteella erottelemalla puustoiset (yleensä kaavan V-alkuiset alueet) metsiin, avoimiin ja kenttäalueisiin. Lisäksi ilmakuvista saatavaa nykytilaa ja kaavaa vertaamalla eriteltiin muutosalueet, joita ovat esimerkiksi jo kaavoitetut, vielä rakentamattomana olevat alueet. Muutosalueisiin kuuluu myös metsäalueet, joihin on suunnitteilla isoja päätehakkuita, sillä hakkuu muuttaa aluetta radikaalisti hulevesien hallinnan kannalta moneksi vuosikymmeneksi.



Kuva 9 Mallikartta luonnosvaiheen maankäyttöluokittelusta Pirkkalan esimerkkialueella.

Avoimien aineistojen pohjalta alue-työkalulla saatiin tehtyä luonnolliset, topografiaan perustuvat valuma- ja osavaluma-alueet. Kaupunkiympäristössä rakennettu hulevesiverkosto ja isot väylät kuitenkin vaikuttavat luonnolliseen valuma-alueeseen, jolloin purkupaikkaan kohdistuvat vesimäärät voivat lisääntyä merkittävästi. Tämän takia hulevesiverkosto otettiin tarkasteluun mukaan. Kuvan 10 esimerkkikohteessa on huomioitu luonnollisen valuma-alueen lisäksi kaupunkiympäristön hulevesiverkosto, joka muuttaa luonnollisen valuma-alueen kokoa.



Kuva 10 Esimerkki osavaluma-alueiden muuttumisesta, kun valuma-alueiden määrittästyö on tehty käsin maaston muotojen perusteella (vasemmanpuoleinen kuva) ja kun tarkastelun pohjalla on käytetty myös alueen hulevesiverkostokarttaa (oikeanpuoleinen kuva). Punainen piste kuvaa osavaluma-alueen purkupistettä.

Työpajan karttatyöskentelyssä osallistujia pyydettiin merkitsemään kartalle onnistuneet hulevesikohteet sekä paikkoja, joissa huleveden kanssa on ollut tai odotetaan tulevan haasteita. Nämä ovat usein kohteita, joista paras tieto on paikallisilla toimijoilla esimerkiksi tulvien tai kuntalaispalautteen perusteella. Jokaisessa pilottipaikkakunnassa löydettiin kohteita, joita kartta-aineistojen perusteella ei olisi löydetty.

Työpajojen keskustelujen perusteella nähtiin tarpeelliseksi lisätä maankäyttöluokkiin myös erityisalue, johon sijoitetaan muihin luokkiin sopimattomia, tai niistä voimakkaasti poikkeavia erityiskohteita, kuten ampumaratoja, lumenkaatopaikkoja tai muita vastaavia huleveden laadun tai määrän kannalta poikkeavia alueita. Ensimmäisen työpajan perusteella pilottipaikkakuntien välillä on yhteisiä piirteitä, mutta myös eroja: ongelmia tunnistetaan melko hyvin, mutta kaikissa kaupungeissa luonnonmukaisia hulevesirakenteita ei ole vielä tehty lainkaan.

Alkukyselyssä esiin tullut yhteistyön vähyys hallinnon eri sektoreiden välillä tuli ilmi myös pilottipaikkakuntien työpajoissa. Henkilökemiat voivat joko auttaa tai haitata yhteistä keskustelua. Avoin ja rakentava tiedonjakaminen aiemmista virheistä sekä selkeä halu parantaa toimintatapoja yhdessä koettiin tärkeäksi. Joissain asenteissa ilmennyt jopa syyllistävä henki

siitä, miten muut eivät tee asioita oikein tai tarpeeksi, ei yleisesti ottaen ole paras mahdollinen yhteistyön lähtökohta.

Toinen työpaja

Toinen työpaja pidettiin pilottipaikkakunnilla verkkotapaamisena kesäkuussa 2022. Työpaja keskittyi työstämään hulevesiverkostokartan käytettävyyttä ja täydentämistarpeita yleisesti ja jokaisessa pilottipaikkakunnassa. Lisäksi tavoitteena oli kuvata huleveden syntyä eri maankäyttöluokissa sekä arvioida hulevesiriskiä paikallisesti ja pohtia työtapoja sen määrittämiseen. Jokaisella pilottipaikkakunnalla koettiin, että luontaisia valuma-alueita ja rakennettuja putkiverkostoja kuvaavan kartta-aineiston tulisi olla yhdessä, mieluiten paikkatietopohjaisessa järjestelmässä. Näin kokonaisuuden hallinta helpottuisi niin suunnittelussa kuin kunnossapidossakin. Nykyisellään aineistoja yhdistettäessä datassa on huomattu puutteita ja epäjatkuvuuskohtia, jolloin veden virtauksen suuntaa ei aina saada selville automaattisesti. Haasteita on myös mittaustiedon tuonnissa järjestelmiin. Aineiston korjaamisen todettiin olevan iso, jopa vuosia kestävä työ. Puutteellista karttatietoa on lisäksi täydennettävä paikallistuntemuksella.

Pilottipaikkakuntien esimerkkikohteita käytettiin apuna WSSP:n suunnittelussa. WSSP:n toivottiin olevan karttapohjainen, helppolukuinen ja tarpeelliset asiat esittävä. Kriteeristön toivottiin löytyvän helposti. WSSP:n automatisoinnin kehittämiseksi pilottipaikkakunnilta kysyttiin perustietoja mm. sadevesijärjestelmistä. Pilottipaikkakunnissa oli muitakin eroja, mm. maaperä ja kaltevuus vaihtelevat, joten esimerkiksi eroosio on ongelma toisaalla, mutta ei kaikkialla. Ongelmallista maaperää, kuten sulfidisavea tai arseenimaata ei ole kaikkialla. Myös pilottipaikkakuntien erityisalueet, mm. ravirata, ampumarata, golfkenttä tai iso maanläjitysalue, poikkeavat toisistaan. Myös kaupunkien tiivistämisen paine vaihtelee, toisaalla kaavavarantoa on runsaasti jo valmiina ja rakentamisen tahti rauhallinen, toisaalla tiivistäminen ja täydennysrakentaminen on vilkasta.

Kaupunkien välillä havaittiin yhtäläisyyksiä, mutta myös eroja, niin biofyysisissä tekijöissä kuin organisaatioiden tavassa järjestää toimintoja tai panostaa yhteistyöhön. Tästä syystä myös WSSP:n tulee mahdollistaa paikallisten tekijöiden huomioiminen.

Kolmas työpaja

Kolmas työpaja järjestettiin verkkotapaamisena syyskuussa 2022. Työpajassa käytiin läpi hankkeen eri työpakettien alustavia tuloksia ja WSSP:n tilannetta. Lisäksi käytiin keskustelua kunkin kaupungin hulevesisuunnitelmista, likaisimmista hulevesistä sekä työmaavesistä. Pilottipaikkakuntien kokemat haasteet on koottu kuvaan 11 ja parhaat käytänteet kuvaan 12. Keskeisiä haasteita ovat mm. osaamisen puute, resurssipula, tiedonkulun puute sekä lähtöaineistojen puutteet ja vanhentunut tieto. Pilottipaikkakunnilla tunnistettiin myös toimivia käytänteitä, kuten verkostoituminen ja avoin ajatusten vaihto sekä hulevesiverkoston ajantasaisuus.

Kaupunkityöpajojen yhteenveto

Keskeiset haasteet pilottikunnissa:

Ohjausjärjestelmät:

- Usein päivitysten tarpeessa (vanhentuneita)
- Kaivataan kokonaisnäkemyä ja selkeämpiä toimintaohjeita hulevesien käsittelyyn - usein kilpailevia teemoja, jotka vaatisivat ohjaukselta fokusointia
- Kaavojen kautta muutos on hidasta

Osaamisvajetta ja kokemuksen puutetta

Asenteet:

- Kuntalaisilla tietämättömyyttä ja muutosvastarintaa
- Rakentamisessa jopa välinpitämättömyyttä

Data:

- Putkikartoissa puutteita ja yhdistämistarpeita
- Lähtötieto sirpaleina eikä yhdessä paikassa helposti saatavilla
- Tiedontuottamisessa on tunnistettu haasteita eri toimijoiden välillä (urakoitsijat, oma tuotanto)

Vastuunjaon epäselvyys:

- Vesihuolto/ kaupunki
- Suunnittelu/ rakennusvalvonta/ [ymp.suojelu](#)

Suunnittelu:

- Ajan puutetta ja kiirettä
- Fyysisen tilan haasteet: tilan ahtaus rakenteille, läpäisemättömät maalajit, jo rakennettu putkisto ei houkuttele tai ohjaa muihin ratkaisuihin

Rakentaminen: tiukat aikataulut, joskus rakennetaan ennen suunnitelmia

Valvonta: resurssivajetta

Kunnossapito:

- Resurssivajetta
- Osaamisvajetta, ei ehkä ymmärretä mikä on yksittäisen rakenteen rooli kokonaisuudessa

Kuva 11 Alkukyselyssä sekä pilottipaikkakunnissa järjestetyissä työpajoissa esille tulleita kokemuksia huleveden hallinnan haasteista.

Verkosto:

- Ojat mukaan verkostotarkasteluun putkien kanssa samalla tavalla, pintamalli, ojat ja putket vektoreina, joilla ominaisuustietona korkeus ja suunta
 - Eri kunnossapitäjät (vesilaitos, kaupunki) – yhteinen malli -> parempi yhteistyö -> parempi verkoston kunnossapito
 - Kunnossapitotöiden kohdentaminen myös ojiin helpottuu, selvilläolovelan ajantasaisuus

Hulevesimaksu:

- Hulevesimaksun hyväksyttävyys paranee erityisesti verkoston ulkopuolella, jos myös ojat nähdään verkoston osina

Työtapa:

- Työyhteisössä matalan kynnyksen verkostoitumista: fyysisesti läheisesti sijoittuvat työpisteet, kahvihuonekeskustelut
- Avoin ajatustenvaihto, myös virheiden jakaminen ja niistä oppiminen koko työyhteisön kehittämiseksi, ns. **rakennusvirhepankki**



Kuva 12 Pilottipaikkakuntien työpajoissa esiin tulleita hyviä käytänteitä, joita kannattaa jatkaa ja lisätä oman organisaation sisällä.

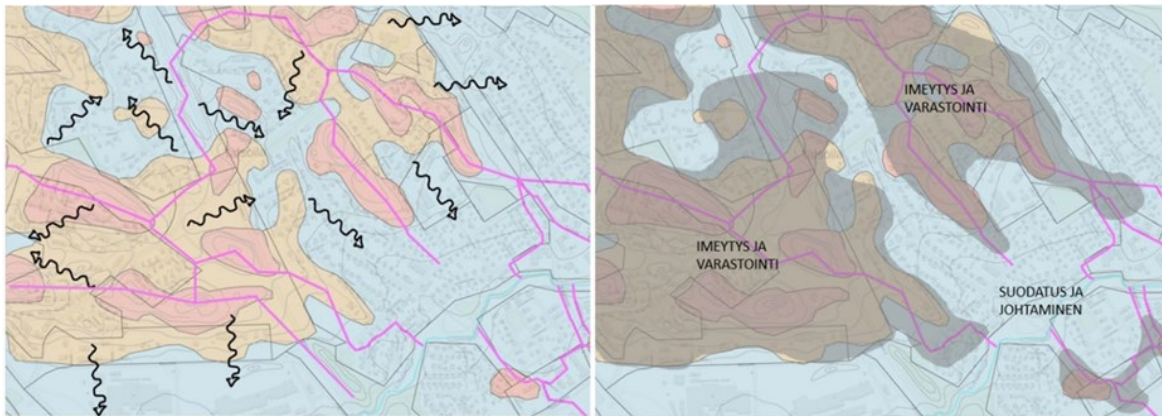
Kolmannessa työpajassa esiteltiin hankkeen aikana syntyneitä tuloksia ikääntyneistä huleve-sirakenteista (tarkemmin kappaleessa 3.3) sekä kasvipeitteisten huleveden imeytysrakenteen talviaikaisesta toiminnasta (tarkemmin kappaleessa 4.1). Lisäksi esiteltiin tuloksia lietebiohii-len vaikutuksesta jätteidenkäsittelyalueella syntyvän huleveden vedenlaatuun (tarkemmin kappaleessa 4.2) sekä suodatuskokeiden tuloksia (tarkemmin kappaleessa 5.3).

Työpajassa keskusteltiin työmaan hulevesien käsittelystä. Pilottipaikkakunnilla on erilaisia käytänteitä vaatia ja valvoa työmaa-aikaisten hulevesien käsittelyä. Osalla pilottipaikkakun-nista on käytössä perusohje, jonka mukaan hulevesiä ei saa puhdistamattomana johtaa kun-nan verkostoon, ja työmaan hallintasuunnitelmassa vaaditaan mm. esittämään, minkä altai-den kautta ja minne vesi ohjataan. Hulevesien ympäristömääräyksistä saatetaan muistuttaa aloituskokouksessa ja lisäksi ohjeistaa niiden käsittelystä tarkemmin. Vaikka varsinaista työ-maavesiohjeistusta ei vielä ole tehty kaikkiin pilottikuntiin, maalämpökaivojen poraamisessa syntyvät hulevedet on säännelty ja ohjeistettu kaikissa kunnissa. Kaikissa pilottipaikkakunnissa valvonnan resurssi koettiin riittämättömäksi. Urakoitsijoiden toiminnan koettiin huomioivan hulevesiasiat työmailla paremmin kuin aiemmin.

Työpajassa esiteltiin WSSP:n suunnitteluvaihe ja keskusteltiin esille nousseista haasteista ja ratkaisuvaihtoehdoista. WSSP:ssä riskien tunnistaminen on ensimmäinen vaihe, jonka jälkeen on vuorossa hallintarakenteiden valinta eri alueille niiden tarjoamien ominaisuuksien ja mahdollisuuksien mukaan (kuva 13).

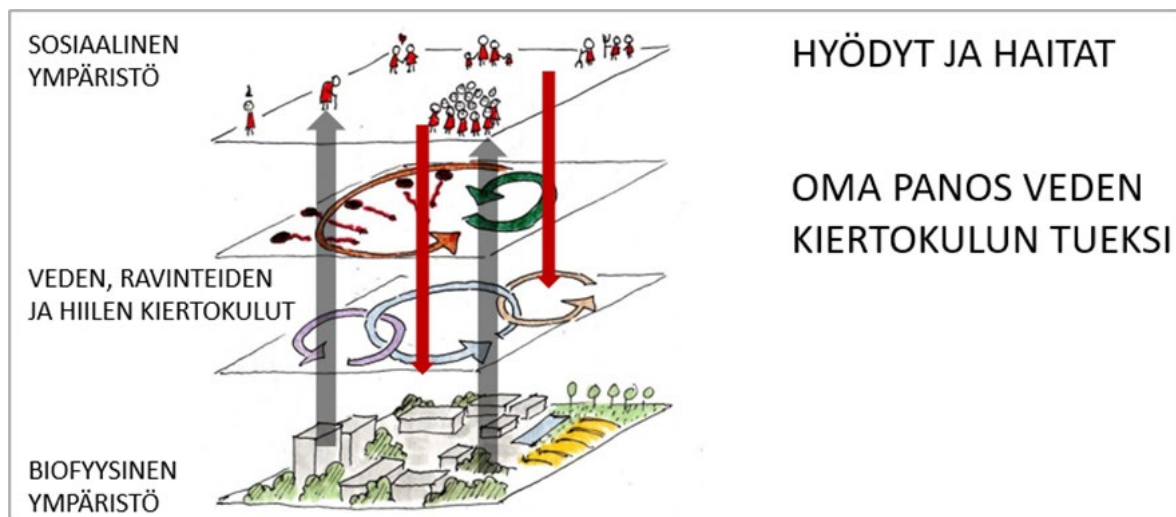
Huleveden hallintarakenteiden määrittämisen prioriteetit:

1. Luontaisen veden kiertokulun tuki maisemaekologisesta näkökulmasta
2. Maankäyttöluokka ja sen riski
3. Ihmisen toiminnan mahdollisuudet (+ / -)
4. Pistemäiset lisäriskit



Kuva 13 Kuvaparissa vasemmalla näkyy veden virtaussuunnat osavaluma-alueilla sekä maaperä. Nämä tekijät yhdistämällä saadaan huleveden käsittelyyn käytettävät menetelmät alueittain (oikealla).

WSSP:n maankäyttöluokituksen kehittämisessä huomioitiin paitsi rakentamisesta johtuva läpäisemättömän pinnan osuus, myös tyypillinen ihmistoiminta kussakin maankäyttöluokassa. Ihmisen toiminnan hyödyt ja haitat hulevesien hallintaan on koottu kuvaan 14.



Kuva 14 Ihminen vaikuttaa hulevesiin biofyysisen ympäristön lisäksi myös oman toimintansa kautta. Toiminta on usein ollut haitaksi, mutta oikeilla valinnoilla voimme myös parantaa tilannetta.

Ihmisten käytökseen ja valintoihin voidaan vaikuttaa. Työpajoissa pohdittiin keinoja, miten kunnan asukkaita, taloyhtiöitä, yrityksiä tai yhdistyksiä voitaisiin houkutella kestävään huleveden hallintaan ja kenen tehtävä sen tulisi olla. Työpajassa esille nousseita kehityskohteita ovat mm.

- Tiedon lisääminen: minkälainen hallintarakenne voidaan tehdä minnekin ja minkälainen aluevaraus rakenteelle tarvitaan.
- Hulevesimaksun alentaminen, jos rakennetaan esimerkiksi tonttikohtainen sadepuutarha tai iso vettäläpäisevä pinta.
- Yhteisöllisyyden lisääminen hulevesien vähentämiseksi: Hulevesien hallintaan tarkoitettuihin viherrakenteisiin tulisi nähdä maisemapalveluna kaikille. Asukkaiden innostuminen hulevesiasioista ja saada mukaan yksittäisten ihmisten lisäksi taloyhtiöt ja yritykset.
- Kunnossapito: Sadevesikaivojen sakkapesien oikea-aikainen tyhjennys, jossa taustatyönä mahdollisesti riskikartoituksella saatu tieto, missä on tihentynyt tyhjennystarve
- Kaavoitus: sosiaalisen ympäristön ja ihmisten toiminnan huomioiminen sekä kaupunkivihreän mukaan ottaminen suunniteltaessa tehokasta ja viihtyisää

kaupunkiympäristöä. Ilmastonmuutokseen varautuminen ja tiivistämisen paine luovat haasteita hulevesien hallinnan suunnittelulle.

WSSP-työkalun kehittäminen eteni saadun palautteen perusteella. Eri sektoreilta saadun palautteen perusteella kehitettiin etenkin ihmisen toimintaan liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia. Työpajaan osallistujilla heräsi omaan työkuvaan liittyviä kehitysideoita sekä ajatuksia, miten kuntalaisia saadaan innostettua huleveden hallintatalkoisiin.

HULVATTU-hankkeen loppuseminaari helmikuussa 2023

Hankkeen kolme pilottipaikkakuntaa kutsuttiin yhteisesti koolle vielä hankkeen omaan loppuseminaariin, jossa jaettiin WSSP:n kehittämisen kokemuksia, avattiin tarkennettuja riskikriteereitä sekä kerrottiin tiiviisti erillisten työpakettien keskeiset tulokset. Tavoitteena oli varmistaa, että hankkeeseen osallistuneet tahot saivat käyttöönsä myös erillisten selvitysten tulokset, vaikka eivät ottaisikaan WSSP-toimintamallia käyttöönsä.

Tilaisuudessa hahmoteltiin toimintamallin näkökulmasta seuraavia kehittämisen vaiheita. Keskustelun perusteella paikallisen tavoitetilän määrittelyn tulisi olla nykyistä hienosyisempää, eikä vain huleveden hallintaa. Olisi tarkoituksenmukaista tunnistaa alueet, joissa suositetaan imeyttäviä huleveden hallintarakenteita ja vettä johtavat rakenteet. Tämä määrittely voisi hyvin kuulua osaksi WSSP:tä ja siten yhdistää kaavoituksen, rakennusvalvonnan, katu- ja puistotoimen sekä vaikkapa alueurakoinnin toimijat kaupunkiorganisaation sisällä.

Toinen loppuseminaarin keskeisistä sisällöistä koski luonnonmukaisten hallintarakenteiden luotettavuutta eri sadetilanteissa ja sääolosuhteissa sekä toisaalta erilaisissa haitta-aineiden kuormitustilanteissa. WSSP-toimintamallin kehittämisen myötä on tullut entistä selvemmäksi, ettei näihin kysymyksiin ole yhtä yksiselitteistä vastausta. Huleveden hallinnan on oltava aina paikallisiin olosuhteisiin räätälöityä. WSSP-toimintamalli näyttää tarjoavan tarkoituksenmukaisen priorisointimahdollisuuden räätälöintikohteiden sijoittamisesta kaupunkirakentamiseen.

3.3 Rakennettujen hulevesikohteiden havainnointi

Hankkeen aikana selvitettiin, miten vuosia sitten rakennetut kasvipeitteiset hulevesirakenteet toimivat nykyhetkessä. Työpajoissa mukana olleissa pilottipaikkakunnissa ei ollut olemassa vanhoja hulevesirakenteita, joten kohteiksi valittiin Espoosta ja Vantaalta erilaisia hulevesirakenteita, joiden ikä oli 4–11 vuotta. Kohteiksi valikoitui sekä katualueelle kadun ja kevyenliikenteenväylän väliin sijoitettavia hulevesirakenteita (kuva 15) että isommille viheralueille sijoitettuneita viivyttyviä ja/tai suodattavia hulevesirakenteita (kuva 16).



Kuva 15 Katualueiden kohteita, vasen Meiramitieltä, oikea Tikkurilantieltä. Kuvat Virpi Hannuksela.



Kuva 16 Puistoalueiden kohteita, vasemmalla Pohjoisenneulanpuistoa, oikealla Kirkkojärvenpuistoa. Kuvat Virpi Hannuksela.

Kohdekäynnillä elokuussa 2022 jokaisesta kohteesta otettiin maanäytteet. Maanäytteenotto on kuvattu lyhyesti kohdassa Menetelmät (s.6) sekä tarkemmin liitteessä 3. Maanäytteenoton lisäksi arvioitiin kasvillisuuden peitteisyyttä ja kasvukuntoa, rakenteen toimivuutta

biosuodatuksessa sekä kohteen merkitystä viihtyisyyden ja monimuotoisuuden kannalta (kuva 17). Näytteenottoa oli edeltänyt pitkä poutakausi. Osa kohteista oli todella kuivia, mutta muutamat olivat sateettomuudesta huolimatta märkiä ja jopa vesipintaisia. Näissä suotautuminen oli joko hidasta tai loppunut kokonaan. Kuivien rakenteiden suodatuskyky vaikutti hyvältä, mutta osassa kasvillisuus oli kituliasta.

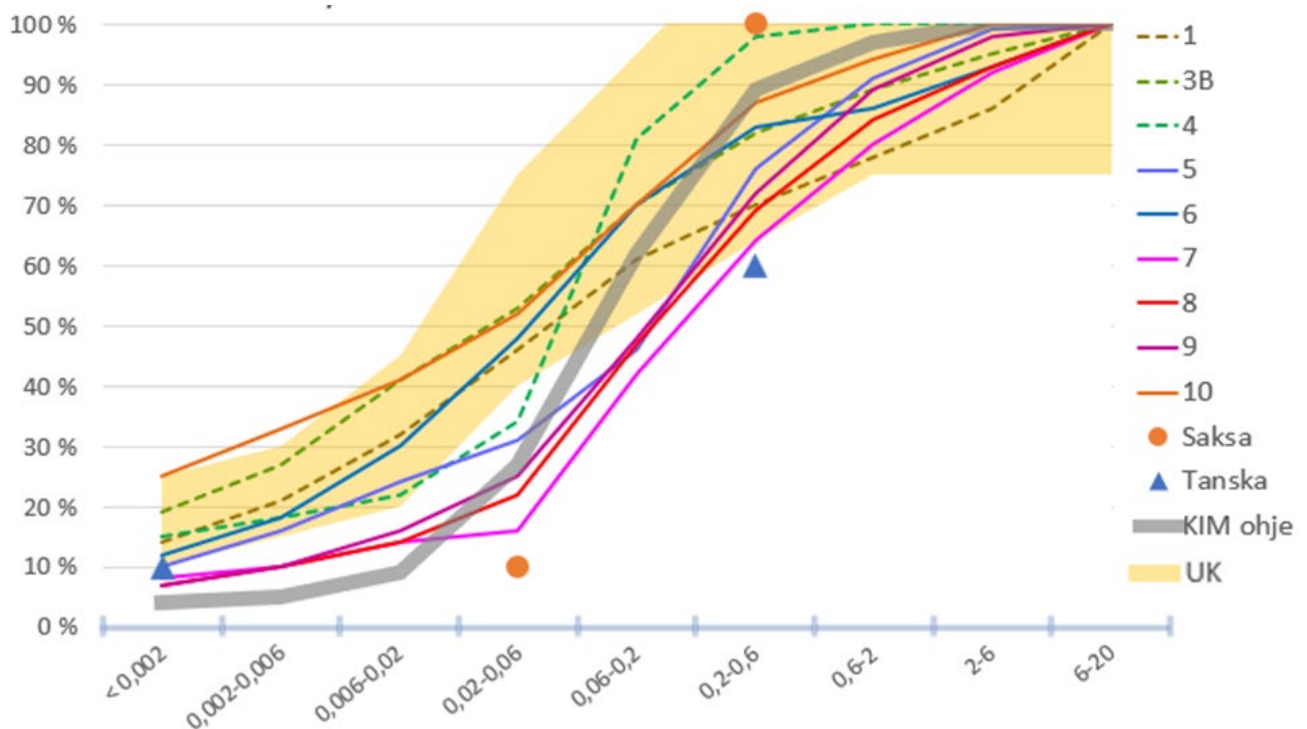
NÄYTE NRO	KOHDE ja rakennusvuosi	KUVAUS	PEITTEISYYS % ja KASVUKUNTO (1 heikko, 3 norm, 5 rehevä)	TOIMIVUUS BIOSUODATUKSESSA	VIHTYISYYS / MONIMUOTOISUUS
1	Pellaksenhaka (2015), hulevesikosteikko	lähinnä viivytysallas, tukkeutunut (ympärillä rakentamista). Umpeenkasvanut, luonnonkasvillisuus. Veden kyllästämä, osin vesipintaa. Suodatinkangas mudan alla.	100 %, kerroksellinen, myös puuvartista / 5		2 
2	Kirkkojärvenpuisto, 2013, uoma	pohja umpeenkasvanut, valtalaji osmankäämi, reunat niitetty. Pohjalla vesipinta, reunat kuivahkot (kivilouhe). Kivilouhe – ei maanäytettä.	100 % / 4		2 
3A ja 3B	Pohjoisneulanpuisto, 2015, kosteikot (Magneettikatu 10)	imeytystä pitäisi olla, keskellä vesipintaa paljon, reunat märät. Monilajinen luonnonkasvillisuus.	100 % / 5		3 
4	Pohjoisneulanpuisto, 2015, kosteikot (Magneettikatu 14)	imeytystä pitäisi olla, laaja vesipinta, reunat märät. Monilajinen luonnonkasvillisuus.	100 % / 5		2 
5	Merituulentie, 2018 (ei biohiili), kadun ja klv väli, perennat	perennat viihtyivät erinomaisesti, paremmin kuin biohiililohkolla. Maa kuivahko, kaivon lähellä hiukan kosteutta.	100 % / 5		4 
6	Merituulentie, 2018, (ei biohiili), kadun ja klv väli, pensaat	suunnitelmassa pensaat, nyt muutama matala paju reunoilla, muuten heinittynyt pahasti. Kuivahko.	pensaat 5 % / 1 ruohovartista 80 % / 3		1 
7	Meiramitie, 2011, kadun ja klv välialue, pihlaja-angervo 'Sem'	katekangas, näytteet pensaiden tyveltä. Pensaat rehevät. Maa kuiva.	80-90 % / 3		3 
8	Meiramitie, 2011, kadun ja klv välialue, pikkuherukka	katekangas, näytteet pensaiden tyveltä. Pensaat kituliaat ja alue osin heinittynyt. Maa kuiva.	70 % / 2		2 
9	Meiramitie, 2011, kadun ja klv välialue, rantavehniä	katekangas reunoilla rantavehniällä, pohjalla nurmi ilman kangasta, näytteet pohjalta. Rantavehniä hiukan heinittynyt, pohjan nurmi kitulias. Maa kuiva.	70 % rantavehniä / 3 50 % pohja / 2		3 
	(Koisotie), lumenkaatopaikka ja ympäröivän puiston altaat	ei näytettä, rakenne kiveä, välit täyttyneet kiintoaineksella. Vettynyt, alemman altaan reunoilla imevää pintaa, ylemmässä vesipinta.	90-100 % / 5		3 
10	Tikkurilantie, 2013, välialue, kurjenmiekka ja heinät	katekangas, näyte pohjalta kasvien tyveltä. Perennojen kasvukunto hyvä, mutta eivät voi kankaan vuoksi levitä. Maa kuiva.	60-70 % (kangas rajoittaa) / 3		3 

Kuva 17 Vanhojen hulevesirakenteiden rakenteiden tiedot, kasvipeitteisyys, kasvukunto sekä toimivuus biosuodatuksessa ja viihtyisyys sekä monimuotoisuus. Rakenteen suodatuskykyä kuvaavat vesipisarat, jossa 1=huono, 2=tyydyttävä, 3=hyvä. Alueen viihtyisyyttä on arvioitu numeerisesti asteikolla 1-4, jossa 1=heikko, 2=keskinkertainen, 3=hyvä ja 4=erinomainen. Hyönteisen koko kuvaa kolmiportaisella asteikolla arviota alueen monimuotoisuudesta.

Maanäytteistä teetettiin rakeisuuskäyrät. Erot koostumuksessa olivat isoja, erityisesti hienojakoisten lajitteiden osalta. Tutkituista kohteista ei ollut saatavilla alkuperäisen,

rakennusaikaisen kasvualustan tietoja, minkä takia absoluuttista kiintoaineksen lisäystä koh-
teessa ei voitu laskea. Hienojakoisen aineksen osuus oli kaikissa kohteissa suurempi kuin ra-
kentamisen aikana voimassa olleiden VYL-kasvualustasuosituksissa on suositeltu. Ainoastaan
Meiramitiellä kasvualusta hienojakoisen aineksen osuus jäi suositusrajan alle. Meiramitien
kasvualusta on saatettu rakentaa alun perin suosituksia karkeammaksi.

Maanäytteistä saatuja rakeisuuskäyriä verrattiin eurooppalaisiin biopidätys-kasvualustojen
suosituksiin (Ewing 2013, alkuperäisestä mukaeltuna). Eri maiden suositukset poikkeavat toi-
sistaan varsin paljon esitystapansa osalta, sillä kaikissa maissa varsinaista rakeisuuskäyrää ei
ole, vaan suositukset perustuvat tiettyjen raekokojen minimi- ja maksimimääriin (kuva 18).
Eurooppalaisten ohjeiden ”silt” sekä ”fine, medium ja coarse sand” täsmättiin vastaamaan
suomalaisia GEO- ja RT-luokituksia siten, että rakeisuudesta saatiin vertailukelpoiset. UK-suoi-
situksessa hienojakoisen aineksen osuus on suurin. Saksan suosituksessa on runsaasti hiekkaa,
mutta erittäin vähän savea ja silttiä. Tanskan suositus on lähellä UK:n karkean aineksen suosi-
tuksia, kun taas suomalainen KIM-ohje (Tahvonen 2018) suosii hietaa ja hienoa hiekkaa. Lähes
kaikkien tutkittujen kohteiden hienojakoisen aineksen osuus oli useampia suosituksia suu-
rempi, vaikkakin ne mahtuivat UK-suosituksen suurelle vaihteluvälille.



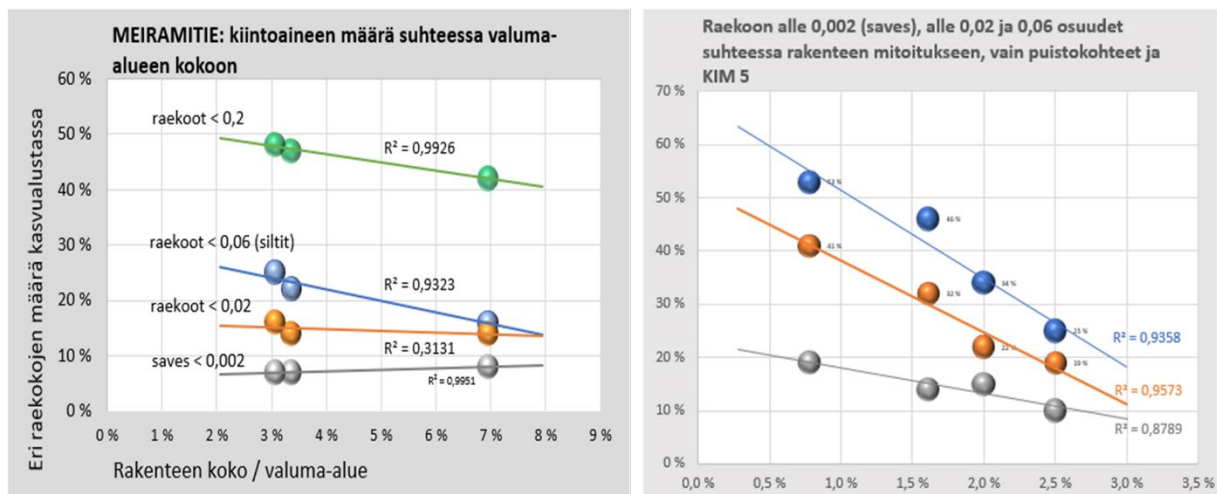
Kuva 18 Biosuodatuksen käytettävien kasvuvalustojen suosituksia Euroopassa sekä suomalainen KIM-ohje. Kuvassa myös tutkittujen kohteiden rakeisuuskäyrät. Puistoalueiden kohteet on merkitty katkoviivalla ja katualueille sijoittuvat kohteet yhtenäisellä viivalla. Meiramitien näytteissä (kohteet 7–9) hienojakoisen kiintoaineksen määrä on selkeästi pienin.

Analysointivaiheessa kohteiden kiintoainekoostumusta suhteutettiin kohteiden ikään ja suhteelliseen kokoon. Kohteiden suhteellinen koko laskettiin jakamalla rakenteen pinta-ala rakenteeseen johtavan valuma-alueen pinta-alalla. Isoimpien puistokohteiden valuma-alueet pystyttiin laskemaan paikkatieto-ohjelmiston avulla, mutta pienemmät katukohteet oli määritettävä kaupunkien karttapalvelun kautta saatavien karttojen, korkotietojen, ilmakuviin ja Googlen Street view-kuvien avulla. Puistoalueilla olevien kohteiden vaihteluväli 0,8–2,0 % (ka 1,5 %, mediaani 1,6 %) ja katualueilla olevilla kohteilla 3,1–21,5 % (ka 9,8 %, mediaani 5,7 %). Mitoituksessa huomattiin selkeä ero katu- ja puistoalueiden kohteiden välillä. Maastokäynnillä katukohteiden todettiin suodattavan hulevettä tehokkaasti, vaikka ne olivat vanhempia rakenteita kuin puistokohteet. Puistokohteissa hulevesirakenteiden suodatuskyvyn todettiin heikentyneen tai loppuneen kokonaan.

Kiintoaineksen rakeisuuden vertailussa käytettiin seuraavia kertymiä:

- < 0,002 mm: savi
- < 0,02 mm: RT-luokituksen hiesut, vastaa Tanskan luokituksen silttejä
- < 0,06 mm: RT-luokituksen Hs+hHt, Geo-luok. siltit, vastaa Saksan ja UK:n silttejä
- < 0,2 mm: RT-luokituksen Hs+Ht, Geo-luok siltit+hHk, vastaa muiden maiden hienoa hiekkaa

Mitoituksen ja kiintoaineen kertymisen väliltä havaittiin yhteys verratessa puistokohteita sekä Meiramitien kolmea kohdetta (kuva 19). Mitä pienempi mitoitus hulevesirakenteessa oli, sitä enemmän hienojakoista ainesta siihen oli kertynyt. Sitä vastoin kaikkia kohteita tai katu-kohteita vertaamalla yhtä selkeää yhteyttä ei ollut. Tätä saattaa suurelta osin selittää Meiramitien kohteiden ilmeisesti alun perin erilainen kasvualusta.



Kuva 19 Kiintoaineen kertymisen ja hulevesirakenteen suhteellisen koon välinen yhteys. Molemissa kuvaajissa raekoot on esitetty samoilla väreillä. Meiramitiellä olosuhteet kaikissa kolmessa havaintopisteessä olivat samat, vain rakenteen koko suhteessa valuma-alueeseen vaihtelee.

Kiintoaineen kertymisestä hulevesirakenteeseen tarvitaan vielä lisää tietoa, jotta esimerkiksi peruskunnostuksen tarvetta voitaisiin suunnitella ennakoiden. Myös hulevesirakenteen mitoitukseen tulee kiinnittää huomiota. Tässä hankkeessa saatujen tulosten perusteella

vaikuttaa siltä, että 1–2 % mitoitus ei ole riittävä, vaan hulevesirakenteen tulisi olla suositusta suurempi.

Lähteet

Ewing, C. 2013. Assessment of International Bioretention Soil Media: Guidelines and Experiences; University of Copenhagen: Copenhagen, Denmark.

Tahvonen, O. 2018. Adapting bioretention construction details to local practices in Finland. Sustainability, 10(2), 276.

Kartoissa käytetyt pohja-aineistot

MML 2022–2023. Maastotietokanta. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastotietokanta>

Pirkkalan kunta 2022. Ympäristölupakohteet.

Pirkkalan Kunta 2016. Osayleiskaava.

GTK 2019. Maaperä 1:20 000/1:50 000. <https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>

4. Toimivuuden ääritilanteet

Kirjoittajat: Salla Leppäkoski, Josefiina Ruponen, Linda Röman (HSY), Anu Koponen, Harri Mattila, Joni Niemi, Maritta Kymäläinen

Tässä luvussa käsitellään huleveden hallintarakenteiden toimintaan liittyviä ääritilanteita, kuten biosuodatusrakenteiden kiintoainekuorman sietoa ja talvitoimintaa, erilaisten biohiilisuodattimien kykyä erityisen heikkolaatuisen veden suodattamisessa sekä yhdyskuntaliitteestä valmistetun lietebiohiilen käyttöä.

Työpaketin tärkeimmät tulokset:

- Kasvipeitteiset imeytysrakenteet toimivat lähes läpi talven sääolosuhteista riippumatta
- Kasvipeitteiset imeytysrakenteet kestävät huomattavaa kiintoainekuormitusta

- Lietebiohiilen käyttämisessä hiekkasuodattimen tehostajana on potentiaalia äärimmäisen likaisten hulevesien, kuten vanhojen kaatopaikkojen suotovesien puhdistamisessa
- Kenttämittakaavan kokeissa lietebiohiiltä sisältävät suodattimet onnistuivat poistamaan keskimäärin 6–18 % suodattimiin tulevasta liukoisesta fosforikuormasta
- Ämmässuon biosuodatusalueella hulevedestä saatiin poistettua sekä kiintoainesta että ravinteita

Hulevesien asianmukainen hallinta on haastavaa useammasta eri syystä. Monissa kunnissa pelkästään olemassa olevien verkostojen sijainnin selvittämisessä on paljon tehtävää. Taajamissa ei tahdo olla riittävästi tilaa luonnonmukaisten ratkaisujen toteuttamiseen, vastuiden jakamisessa on puutteita ja niin edelleen. Erilaiset ääritilanteet lisäävät ongelmia huomattavasti. Erilaiset ympäristöonnettomuudet, rankkasateiden aikaiset runsaat hulevedet ja niiden heikko laatu monilta teollisuusalueilta, ratapihoilta ja jätehuollon alueilta tai esimerkiksi tukkeutuneiden (hulevesi-)viemäreiden aiheuttamat ylivuototilanteet eivät ole harvinaisia ilmiöitä. Kuten tiedämme, ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat sään ääri-ilmiöt tulevat mitä todennäköisemmin lisäämään sekä niiden aiheuttamia vahinkoja että niihin liittyviä hulevesien hallinnan ongelmia.

Lähitulevaisuudessa joudumme varautumaan sään ääritilanteisiin yhä enemmän. Eri alat yhdistävää tulevaisuuden suunnittelua kaivataan niin hulevesien hallintaan kuin muihinkin yhteiskunnan toimintoihin. Useissa yhteyksissä on todettu maankäytön suunnittelun olevan avainasemassa hulevesien asianmukaisessa hallinnassa. Kuitenkin jokainen sektori aina rakentamisesta ylläpitoon ja kunnostukseen saakka ovat tärkeä osa hulevesien hallintaa.

4.1 Kasvipeitteisen imeytysrakenteen toiminta

Kasvipeitteisiä huleveden imeytysrakenteita testattiin Lepaalle vuonna 2016 perustetulla koe-kentällä (KIM-kenttä), jossa seurattiin läpivirtaavan veden määrää, johtokykyä, lämpötilaa

sekä kaivossa olevan veden pinnankorkeutta. Koekentällä on viisi koesolua, joista kahdessa on huleveden hallintaan tarkoitettua hiekkaista kasvualustaseosta (KIM-seos) ja kahdessa kompostiseosta, jonka orgaanisen aineksen määrä on korkeampi kuin hiekkaisessa seoksessa. Molempia kasvualustoja on kahta eri syvyyttä, 80 ja 120 cm. Viidentenä koesoluna koekentällä on verranteena toimiva hiekkasuodatin, jonka syvyys on 80 cm. Koekenttää on aiemmin käytetty tutkittaessa, mikä on kasvipeitteisten imeytysrakenteiden veden suodatusnopeus verrattuna hiekkasuodattimeen. Kaikkiin varsinaisiin koesoluihin on istutettu samat kasvilajit, mutta vuosien saatossa kasvillisuus on muuttunut. Kasvillisuuden muutokset kartoitettiin syksyllä 2022.

Kiintoaines- ja ravinnekuormituksen vaikutus kasvipeitteisen imeytysrakenteen toimintaan

Aikaisempina vuosina koesoluista on tutkittu ainoastaan läpivirtaavan veden määrää. Kesällä 2022 koesolujen pintakerrokseen lisättiin kiintoainesta, jotta nähtäisiin, miten koesolujen toiminta muuttuu, kun kiintoainekuormitus etenee tai muuttuuko koesolujen toiminta tai suodatuskyky. Kevät vuonna 2022 oli pitkään kylmä ja lumipeite sulii vasta toukokuun alussa. Koesolut olivat ennen syöttökertojen aloitusta kosteita, sillä lumipeitteen takia sulamisvettä oli paljon. Kokonaisuudessaan kesä 2022 oli vähäsateinen ja lämmin.

Kiintoainesta lisättiin yhteensä neljä kertaa kerran viikossa (taulukko 2). Jokaisella annostelukerralla jokaiseen koesoluuun lisättiin kiintoainesta (savi, jonka orgaanisen aineksen pitoisuus oli 2,4 %) sekä ravinteita (nitraatti ja fosfaatti). Sekä kiintoaineen että ravinteiden määrät kaksinkertaistettiin edellisen annostelukerran pitoisuuksista. Jokaiseen soluun syötettiin lisäksi vettä 1250 litraa, joka vastasi 5,5 mm rankkasadetta 30 minuutin ajalla 227 m² kokoiselta vettä läpäisemättömältä valuma-alueelta.

Taulukko 2 KIM-kentän kuormituksessa käytetyt ravinne- sekä kiintoainespitoisuudet eri syöttökerroilla.

	PO ₄ ³⁻ , mg/l	PO ₄ ³⁻ , g/1250 l	NO ₃ ⁻ , mg/l	NO ₃ ⁻ , g/1250 l	TSS, mg/l	TSS, kg/1250 l
1 annostelu, 3.6.	0,3	0,73	3,0	6,18	8000	10
2 annostelu, 10.6.	0,6	1,46	6,0	12,36	16000	20
3 annostelu, 16.6.	1,2	2,93	12	24,71	32000	40
4 annostelu, 23.6.	2,4	5,85	24	49,42	64000	80

Jokaisella syöttökerralla mittakaivosta otettiin vesinäyte. Viimeisen annostelukerran jälkeen tehtiin yksi syöttö pelkästään vedellä, jotta nähtäisiin, onko kiintoaines sitoutunut suodatinmateriaaliin vai kulkeutuuko se kasvualustan läpi. Kesän päätteeksi tehtiin uudelleen yksi syöttökerta pelkällä vedellä, jonka tarkoituksena oli selvittää kiintoaineksen ja ravinteiden sitoutumista kesän aikana. Kesän 2022 näytteistä määritettiin kiintoaines, nitraattityppi- (NO₃-N) ja fosfaattifosforipitoisuus (PO₄-P) sekä COD. Kiintoaineksen määrittäminen sekä laboratorioanalyysien määrittäminen käytetyt testausmenetelmät on kuvattu kohdassa Menetelmät (s.6–7).

Odotetusti tehokkaimmin kiintoainesta suodatti hiekkasuodatin. Kasvipeitteisten imeytysrakenteiden suodatustehosta löydettiin myös eroavaisuuksia. Hulevesien käsittelyyn suunniteltu KIM-kasvialustaseos pidatti kiintoainesta paremmin kuin kompostiseos. Kiintoaineksen pidättymisen kannalta enemmän merkitystä oli kuitenkin rakenteen syvyydellä, sillä riippumatta kasvialustan koostumuksesta, molemmissa syvissä koesoluissa mitatut kiintoainespitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin matalissa koesoluissa. Vallitsevat sääolosuhteet vaikuttivat kasvipeitteisten imeytysrakenteiden toimintaan. Suodatusrakenteen kuivumisen sade- ja sadetustapahtumien välissä on todettu parantavan imeytysrakenteiden vedenjohtavuutta, jolloin rakenne kestää suuremman kiintoainekuormituksen ennen tukkeutumista (Li & Davis 2008).

Mittaustulosten perusteella nitraattityppeä sitoutui eniten molempiin KIM-soluihin sekä matalaan kompostiin. Näissä mitattu nitraattityypipitoisuus jäi jopa alle hiekkasuodattimesta mitattujen pitoisuuksien. Syvän kompostin nitraattityypin pitoisuudet olivat selkeästi korkeammat kuin muilla koesoluilla, joskin viimeisellä rankkasadetuksella syvän kompostin nitraattityypipitoisuus putosi alle hiekkasuodattimesta mitatun pitoisuuden. Vaikka typpeä

annosteltiin kokeen edetessä runsaammin, suotautuneesta vedestä mitattu pitoisuus ei nousut. Koesoluihin lisätyn typen voidaan olettaa sitoutuneen kasvualustaan tai menneen kasvilisuiden käyttöön.

Fosfaattifosforipitoisuudet vaihtelivat koesoluittain sekä mittauskerroittain paljon. Kesäkuussa otetuissa näytteissä matalimmat fosfaattifosforipitoisuudet mitattiin syvässä kompostisolussa, mutta viimeisellä sadetuskerralla pitoisuus kohosi reilusti. Koesoluihin lisättyä fosforia on voinut sitoutua kasvualustaan tai kasvit ovat voineet hyödyntää sen ravinteena kesän aikana. Koesoluista mitattu kemiallinen hapenkulutus oli pienintä hiekkasuodattimessa ja suurinta syvässä kompostisolussa. Orgaanista ainesta sisältävässä kasvialustassa on luontaisesti enemmän mikrobiologista toimintaa, mikä vaikuttanee saatuun tulokseen. Muiden koesolujen COD-pitoisuudet olivat keskenään samansuuruisia.

Kasvipeitteisen imeytysrakenteen kasvillisuudessa tapahtuneet muutokset

KIM-kentän koesolujen kasvillisuus määritettiin syksyllä 2022. Kaikkia istutettuja kasvilajeja ei enää löytynyt, mutta vastaavasti osa kasvilajeista oli viihtynyt koesoluissa hyvin (taulukko 3). Kasvialusta vaikutti rakenteen syvyyttä enemmän siihen, miten kasvit menestyivät koesoluissa. Konnanyrtti, punaluppio ja lännenheisiangervo olivat levinneet uusille kasvupaikoille kaikissa koesoluissa, kun taas kääpiöpunapajua ja kanadanatsaleaa ei löydetty yhdestäkään koesoluista. Ainoa havukasvi, mustakuusi, oli kasvanut hitaasti, parhaiten matalassa kompostiseoksessa.

Tyrni viihtyi hyvin kaikissa koesoluissa. Ainoastaan syvässä kompostiseoksessa se ei ollut pystynyt kilpailemaan muiden kasvilajien kanssa kovin tehokkaasti. Siperiankurjenmiekka viihtyi parhaiten KIM-soluissa. Kompostisolussa siperiankurjenmiekka oli jäänyt muiden kasvilajien alle. Pohjanrantakukkaa löytyi koesoluista vain vähän, samoin kuin lehtoängelmää. Ojakelukka viihtyi parhaiten koesolujen reuna-alueilla, mutta ei ollut levittäytynyt kovin laajalle alkuuperäisiltä istutuspaikoilta.

Taulukko 3 KIM-kentän kasvillisuuskartoitus syksyllä 2022. - = kasvia ei ole koesolussa, + = kasvi on elossa koesolussa, ++ = kasvi on levittäytynyt koesolussa, * = kuollut runko jäljellä

kasvi	Syvä komposti	Matala komposti	Syvä KIM	Matala KIM
<i>Alnus glutinosa</i> - tervaleppä	++	- *	++	++
<i>Betula pubescens</i> - hieskoivu	++	++	-	+
<i>Chelone obliqua</i> - konnanyrtti	++	++	+	+
<i>Geum rivale</i> – ojakellukka	++	++	+	+
<i>Hippophaë rhamnoides</i> - tyrni	+	++	++	++
<i>Iris sibirica</i> - siperiankurjenmiekka	+	++	++	++
<i>Lathyrus salicaria</i> - pohjanrantakukka	+	-	+	+
<i>Physocarpus opulifolius</i> - lännenheisiangervo	++	++	++	++
<i>Picea mariana</i> - mustakuusi	- *	++	+	+
<i>Rhododendron canadense</i> - kanadanatsalea	-	-	-	-
<i>Salix purpurea</i> 'Gracilis' - kääpiöpunapaju	-	-	-	-
<i>Sanguisorba officinalis</i> - punaluppio	++	++	++	++
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> - lehtoängelmä	+	++	+	+

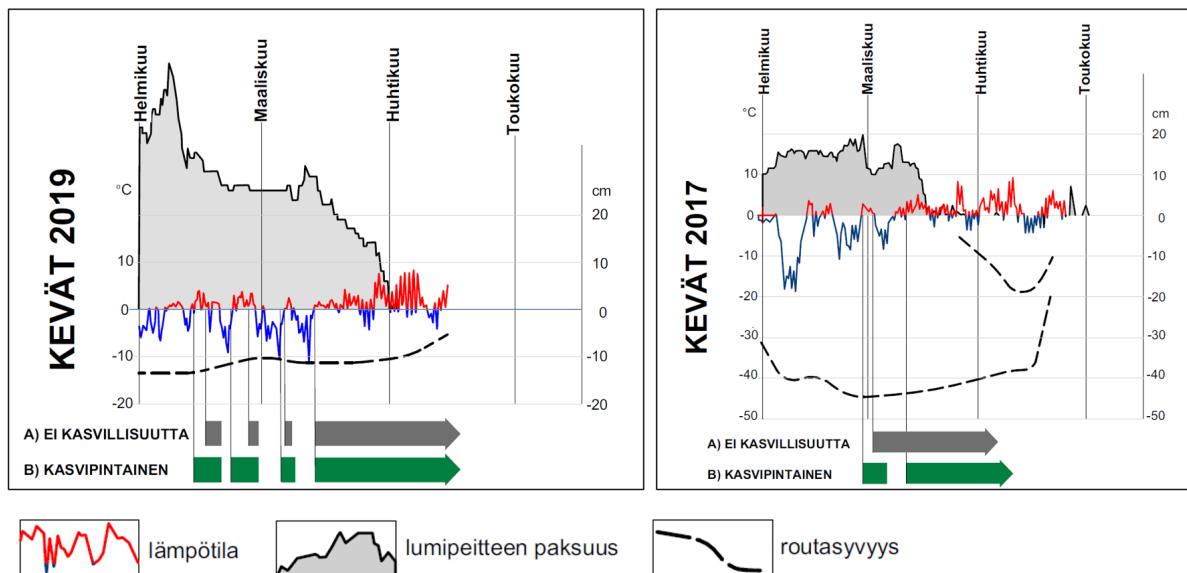
Roudan ja talven vaikutukset kasvipeitteisten imeytysrakenteiden toimintaan

Maaperän jäätyminen vaikuttaa kasvipeitteisten imeytysrakenteiden toimintaan. KIM-kentän mittaustulosten avulla selvitettiin, jäätyvätkö eri kasvialustaseokset talven aikana ja onko rakenteen syvyydellä vaikutusta jäätymiseen. Tarkastelujakson 2016–22 aikana olosuhteet vaihtelivat vähälumisesta runsaslumiseen. Joinain vuosina paksu lumipeite satoi sulaan maahan, jolloin routaa muodostui maaperän pintakerrokseen vain vähän. Toisaalta useampana talvena roudan syvyys oli 40 cm, jolloin kasvialustakerros on ollut jäätyneenä. Talven 2019–20 aikana pysyvää lumipeitettä ei satanut ollenkaan, mutta koska vuorokauden keskilämpötila vaihteli nollan molemmin puolin, ei routaakaan muodostunut kuin maan pintaosiin.

Talvitoiminnan määrittämisessä käytettiin Ilmatieteenlaitoksen Lepaan mittausaseman vuorokautisen ilman keskilämpötilan, lumensyvyyden sekä sademäärän mittaustuloksia. Säätielotodasta määritettiin ne päivät, jolloin kahden vuorokauden ajalla ilman keskilämpötila on ollut alle 0 °C. Koesoluissa tapahtuneen läpivirtauman viive laskettiin vuorokausissa 2 vrk:n pakkasjakson jälkeen.

Koesolujen talven aikaisissa läpivirtaumatapahtumissa havaittiin, että kasvipeitteisten imeytysrakenteiden toiminta jatkui osittain läpi talven (kuva 20). Syvissä imeytysrakenteissa

havaittiin läpivirtaamaa lähes yhtä usein kuin verranteena olleesta hiekkasuodattimessa eikä kasvualustan koostumuksella ollut merkitystä rakenteen talven aikaisen toimivuuden kannalta. Matalissa imeytysrakenteissa hulevesien imeyttämiseen tarkoitettu hiekkaisen KIM-seoksen havaittiin toimivan useammin talven läpi kuin runsaammin orgaanista ainesta sisältävän kompostiseoksen. Lumipeite suojasi imeytysrakenteita talven aikaiselta jäätymiseltä, jos lunta oli yli 10 cm. Vuorokauden keskilämpötilan noustessa plussalle, imeytysrakenteissa havaittiin läpivirtauman runsastuneen lumipeitteestä ja mahdollisesta roudasta huolimatta. Tulosten perusteella voidaan todeta, että talven aikaiset sääolosuhteet vaikuttavat imeytysrakenteiden toimintaan, mutta eivät tee niistä täysin toimimattomia.



Kuva 20 Koesolujen hydraulinen toiminta kahden erityyppisen kevään aikana. Olosuhteita kuvaavan kuvion alla olevat nuolet esittävät ajankohtia, jolloin koesolun mittakaivoon on suotautunut vettä.

4.2 Hulevesien käsittely Karanojan jätteidenkäsittelyalueella

Jätteidenkäsittelyalueen tasausallas

Kiertokapula Oy:n Hämeenlinnassa sijaitsevan Karanojan jätteidenkäsittelyalueella on hule-, prosessi- ja suotovesiä keräävä tasausallas (Kiertokapula 2021). Tasausaltaan vesimäärissä ja

vedenlaadussa on suurta vaihtelua ja se kuvastaa kaupunkisuunnittelun mittakaavassa huleveden heikkolaatuisinta ääripäätä. Tämä vesi valittiinkin HULVATTU-hankkeen tutkimuskohteeksi yhtenä ääriesimerkkitapauksena. Tasausaltaaseen on ohjattu alueella syntyviä suoto-, prosessi- ja hulevesiä viemäriverkostoja pitkin altaan perustamisesta 2002 alkaen kesäkuuhun 2022 asti. Merkittävä osa altaaseen kulkeutuvista vesistä on koostunut jätetäyttöalueiden suotovesistä. Jätteidenkäsittelyalueelle valmistui toinen tasausallas kesällä 2022, josta lähtien vanhaan tasausaltaaseen on siitä lähtien ohjattu ainoastaan jätetäyttöalueiden suotovesiä. Vaihdos tapahtui kesken tämän hankkeen tutkimusjakson.

Tasausaltaan syvyys on n. 2 m ja käyttötilavuus 1 850 m³ (Kuva 21). Tasausallas on tyhjennetty lietteistä edellisen kerran 2012. Tasausaltaasta vedet johdetaan Hämeenlinnan Seudun Veden (HS-Vesi) verkostoa pitkin Hämeenlinnan Paroisten jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. Vuonna 2021 puhdistamolle toimitettiin tasausaltaasta 79 692 m³ jätevettä (Taulukko 4). Altaasta johdetaan vettä puhdistamolle vuorokaudessa keskimäärin n. 160 m³.

Alueella tapahtuvaa toimintaa ohjaavat Kiertokapula Oy:n Karanojan 15.12.2017 päivätty ympäristölupapäätös Nro 246/2017/1 (Dnro ESAVI/10840/2014) sekä 18.12.2020 päivätty ympäristölupapäätös Nro 473/2020 (Dnro ESAVI/11420/2019), mihin lukeutuu myös suotovesien määrän ja laadun seuranta (taulukko 4) (Kiertokapula 2021). HULVATTU-hankkeen koetoiminta vaati viranomaisen luvan ja se toteutettiin koetoimintailmoituksen ja toiminnan muutamisilmoituksen perusteella saatujen päätösten mukaisesti (päätökset nro 239/2021, dnro ESAVI/18457/2021 ja nro 324/2021, dnro ESAVI/31154/2021).

Taulukko 4 Karanojan jätteidenkäsittelyalueen ympäristötarkkailun tuloksia vuosilta 2019–2021.

Karanojan jätteidenkäsittelyalue	2019	2020	2021
Kerätyn kaatopaikkakaasun määrä (milj. Nm ³)	0,4	2,2	2,3
Kaatopaikkakaasun metaanipitoisuus (%)	54	49	43
Jätevesi puhdistamolle (m ³)	57 235	76 596	79 692
Kiintoainees (mg/l)	40	35	25
Sähkönjohtavuus (mS/m)	383	520	610
pH	7,5	7,6	7,6
Biologinen hapenkulutus (BOD7) (mg/l)	13	40	41
Kokonaistyyppi (mg/l)	127	200	230
Ammoniumtyppi (mg/l)	120	118	126
Kokonaisfosfori (mg/l)	0,6	1,3	0,6
Sulfaatti (mg/l)	220	343	548
Kloridi (mg/l)	323	470	698

Suodatuskokeiden tavoite ja toteutus

Hankkeessa tehdyissä tutkimuksissa oli tarkoituksena selvittää, parantaako lietebiohiilisyys perinteisen hiekkasuodattimen puhdistustehoa ja sitä kautta tasausaltaan vedenlaatua. Lietebiohiilen käytöstä kyseisen veden suodatuksessa oli saatu lupaavia tuloksia aiemmissa laboratoriotason suodatuskokeissa (Elo ym. 2021). HULVATTU-hankkeen kokeissa käytetty lietebiohiili oli valmistettu HSY:n Ämmäsuon koetoimintalaitoksessa. Lietebiohiiltä valmistetaan pyrolysoimalla eli märkäpolttamalla kuivattua mädätettyä jätevesilietettä ja puumateriaalia korkeassa lämpötilassa hapettomissa olosuhteissa (HSY 2022). Kenttätutkimus koostui kahdesta eri kokeesta, joista ensimmäinen toteutettiin syksyllä 2021 ja toinen kesällä 2022. Molemmat kenttäkokeet olivat kestoltaan noin 2 kk. Lisäksi tasausaltaan vedellä toteutettiin 14 vrk:n laboratoriomittakaavan suodatuskoe syksyllä 2023. Tässä on esitetty tiivistelmä kokeiden toteutuksesta ja johtopäätökset, perustuen liitteen 4 osaraporttiin ”Biohiilen testaus jätteidenkäsittelyalueen hule- ja suotovesien laadunhallinnassa” ja siinä esitettyihin tarkempiin tuloksiin.

Suodattimina toimivat suodatinmateriaaleilla täytetyt muoviset IBC-kontit, joiden kerroksellisen pohjarakenne koostui kahden eri raekoon sepelistä. Varsinaisessa suodatinmateriaalikerroksessa oli kontrollisuodattimessa hiekkaa ja muissa suodattimissa hiekan joukossa haluttu

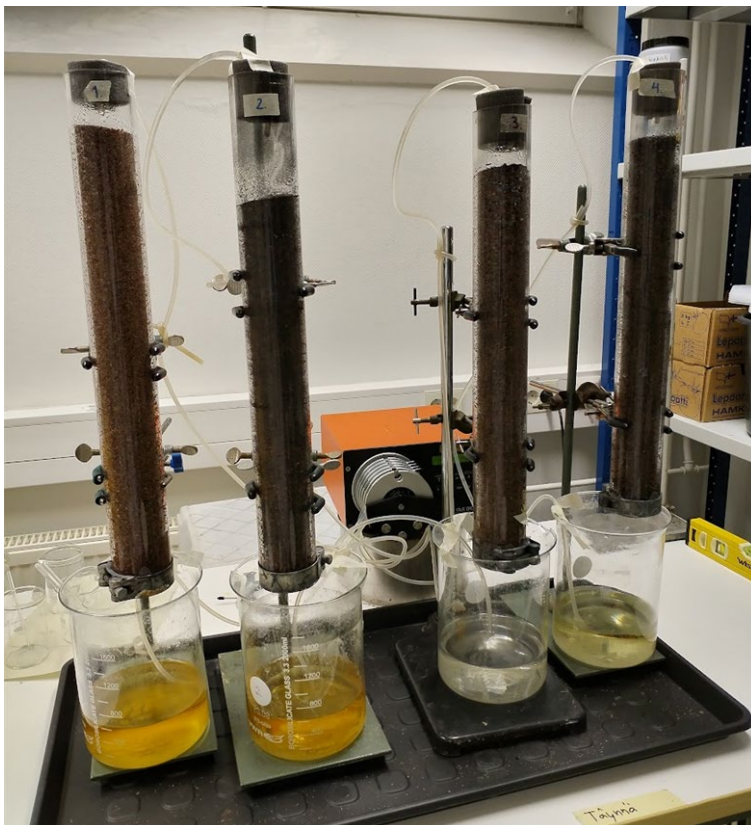
määrä testattavaa biohiiltä tai lietebiohiiltä. Syksyllä toteutetussa kokeessa 1 kontrollihiekka-suodattimen lisäksi oli käytössä seuraavat suodattimet: LBH70 (lietebiohiili:hiekka 7:3) ja LBH30 (lietebiohiili:hiekka 3:7). Kesällä 2022 suoritettussa kokeessa 2 oli kontrollihiekkasuodatin sekä suodattimet VLBH30 (lietebiohiili:hiekka 3:7, kokeessa 1 mukana ollut suodatin), LBH30 (lietebiohiili:hiekka 3:7) ja BH30 (biohiili:hiekka 3:7). Tasausaltaan vesi ohjattiin suodattimiin esiselkeytyskontin kautta kiintoainekuorman vähentämiseksi. Kontteihin asennettiin virtauksen pysäytysautomaatiikka estämään mahdolliset ylivuodot, joka katkaisi vedentulon pinnan kohotessa lähelle kontin yläreunaa.



Kuva 21 Tutkimuskohteena ollut Karanojan jätteidenkäsittelyalueen tasausallas. Taustalla vuoden 2021 suodatinkoeasetelma. Kuva: Anu Koponen 2021

Kenttämittakaavan tulosten perusteella päädyttiin testaamaan suodatinmateriaalien käyttäytymistä myös laboratoriotasolla, toteuttamalla suotovedellä 14 vrk mittainen suodatuskoe. Laboratoriossa toteutetuissa suodatuskokeissa testattiin kenttäkokeissa käytettyä HSY:n lietebiohiiltä, HS-Veden lietemädätteestä HAMKissa valmistettua lietehiiltä sekä Carbofex Oy:n kaupallista puupohjaista biohiiltä. Kontrollina käytettiin suodatushiekkaa (n. 1–3 mm). Biohiiltä sisältävissä suodattimissa materiaalien tilavuussuhde oli 3:7 (biohiili:hiekka). Koeasetelma on esitetty kuvassa 22. Syöttövesi panostettiin kerran, jonka jälkeen se kiersi suljetussa systeemissä useita kertoja kokeen aikana.

Sekä kenttämittakaavan että laboratoriotason suodatinkokeissa ennen ja jälkeen näytteistä analysoitiin pH, sähkönjohtokyky, ammoniumtyppi ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), kokonaisfosfori (P-tot) tai fosfaattifosfori ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) sekä kemiallinen hapenkulutus (COD). Kenttäkokeiden aikana mitattiin jatkuvatoimisesti muutamaa keskeistä vedenlaatutekijää sekä vesinäytteistä määritettiin pistokoemaisesti relevantti valikoima metalleja.



Kuva 22 Laboratoriossa toteutettujen suodatuskokeiden koeasetelma. Kuva: Josefiina Ruponen 2022

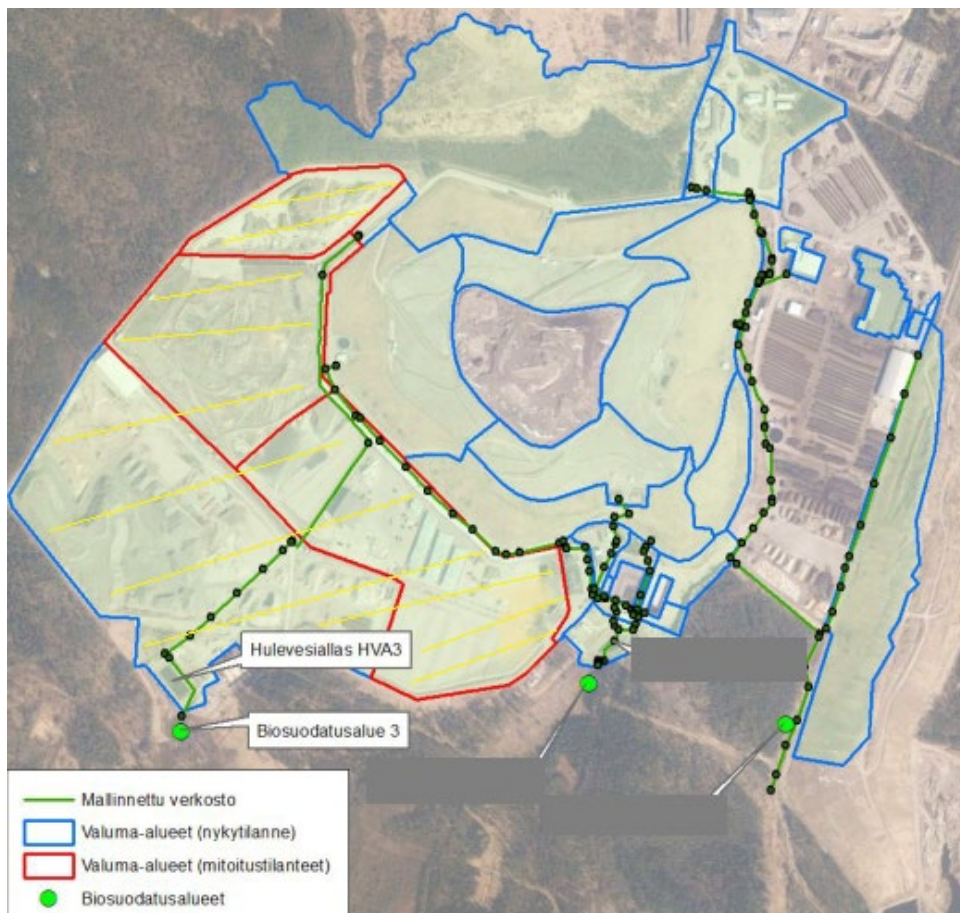
Johtopäätökset suodatuskokeista

Tässä hankkeessa toteutettujen suodatuskokeiden tulosten perusteella voidaan sanoa, että lietebiohiilen käytöllä hiekkasuodattimien tehostajana on potentiaalia jätteidenkäsittelyalueen suotovesien käsittelyssä. Kenttämittakaavan kokeissa lietebiohiiltä sisältävät suodattimet onnistuivat poistamaan keskimäärin 6–18 % suodattimiin tulevasta liukoisesta fosforikuormasta, mikä on kohtalaisen hyvä tulos ottaen huomioon syöttöveden korkeat fosforipitoisuudet (keskimäärin 0,9 mg/l). Sen sijaan, erityisesti laboratoriotason kokeissa lietebiohiili-hiekkasuodattimista näytti ajoittain vapautuvan fosforia. Vaikka suotovesialtaalla tehdyissä kokeissa typen pidättyminen jäi keskimäärin vähäiseksi, laboratoriomittakaavassa onnistuttiin poistamaan typpi suotovedestä lähes täydellisesti. Tämä viittaa siihen, että vastaava saattaisi olla mahdollista myös kenttäolosuhteissa. Suodatinten toimivuuteen vaikuttavat prosessit ovat kuitenkin monimutkaisia ja ei-toivottujen yhdisteiden poistotehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Lisäksi eri tekijöiden keskinäisiä syy-seuraussuhteita ei välttämättä täysin tunneta ja kaikkia tekijöitä voi olla käytännössä epärealistista mitata. Tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta, jotta saataisiin selkeämpi käsitys siitä, miksi typen, fosforin ja orgaanisen aineksen poistaminen käsiteltävästä vedestä välillä onnistuu ja välillä ei.

4.3 Hulevesien hallinta Ämmässuon biosuodatusalueella

Helsingin seudun ympäristöpalvelut kuntayhtymä (HSY) toteutti Espoon Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen alueella, biosuodatuksen perustuvan hulevesien käsittelyjärjestelmän rakentamisen keväällä 2021. Biosuodatusalue on pinta-alaltaan noin 1000 m². Suodatusjärjestelmä on HSY:ltä omaehtoinen lisätoimenpide Ämmässuon päästöjenhallinnan tehostamiseksi, jonka tavoitteena on hulevesien laadun parantaminen ennen niiden johtamista maastoon. Biosuodatusalueelle johdetaan puhtaita hulevesiä, jotka koostuvat kaatopaikkojen pintarakenteen päältä valuvista vesistä, liikenne- ja piha-alueiden vesistä sekä kaatopaikan laajennusalueelta tulevista vesistä. Kentälle johdettavan huleveden laatu vastaa tavanomaisia kaupunkihulevesiä. Hulevedet johdetaan kosteikkoaltaaseen työalueen pohjoispuolella olevasta hulevesien tasausaltaasta (HVA 3), josta vedet ohjataan kosteikkoaltaan (pinta-ala noin

80 m²) sen pohjoispäähän. Kosteikkoaltaasta hulevedet ohjataan edelleen biosuodatukseen neljän Ø 160 muovirummun avulla. Valuma-alue on kooltaan 29 ha ja se on esitetty kuvassa 23 keltaisella viivoituksella. Suodatusjärjestelmä toimii samalla tutkimusalustana, mahdollistaen käytännön tutkimuksen biohiilten kyvystä tehostaa hulevesien suodatusta.



Kuva 23 Ämmäsuon alue. Vasemmassa alanurkassa vihreällä merkitty hankkeen biosuodatusalue 3, keltaisilla viivoilla esitetty valuma-alue. Lähde: Ramboll.

Biosuodatusalueen keskeisenä tavoitteena on ollut pilotoida kolmea eri kasvialustaseosta ja vertailla niiden vaikutuksia huleveden laatuun. Erityisesti haluttiin selvittää, kuinka HSY:n pyrolyysikoelaitoksessa puhdistamolietteestä tuotettu lietebiohiili soveltuisi hulevesien käsittelyyn. Biosuodatuskäsittelyssä kasvillisuudella on suuri merkitys ja siksi alueelle on valittu sellainen kasvillisuus ja kasvialusta, jotka parantavat veden laatua. Biosuodatuskenttä (kuva 24)

on jaettu kevyillä seinämillä kolmeen osaan, joista vedet ohjataan eri kaivoihin. Kuhunkin osaan istutettiin samanlainen kasvillisuus, koripaju (*Salix viminalis*) sekä niittykasvillisuuden (niittysiemenseos, 50 g/aari) ja suojaheinäseoksen (100 g/aari) sekoitus. Kylvö tehtiin kesäkuussa 2021. Alueella 1 on tuotteistettu kasvualusta, joka toimi ikään kuin verrokkina. Alueelle 2 lisättiin kaupallista puupohjaista biohiiltä 10 % (Carbofex Oy:n kuusihiili). Alueen 3 kasvualustaan lisättiin (10 %) HSY:n puhdistamolietteen pyrolyysin koetoimintalaitoksen tuottamaa lietehiiltä. Suodatusrakenne valmistui kesällä, mutta siinä tehtiin pieniä korjauksia, joilla varmistettiin, että vesi virtaa tasaisesti kaikkiin kolmeen lohkoon. Korjaustyöt saatiin valmiiksi lokakuussa ja seuranta, joka käynnistyi loppuvuodesta 2021, on tehty konsultin toimesta. Seuranta sisältää vesinäytteenottoa ja kasvualustan analyysit sekä kasvillisuuskartoitukset.



Kuva 24 Suodatusjärjestelmän rakentaminen 2021 kesällä. Biosuodatusalue on jaettu väliseinillä kolmeen osaan, joiden vedet ohjataan eri kaivoihin. Kuva: Ramboll 2021

Kasvillisuuskartoitukset

Kasvillisuuskartoituksia on toteutettu tähän mennessä kolme. Ensimmäinen kasvillisuuskartoitus tapahtui vasta marraskuussa 2021 (kuva 25), mikä oli kasvillisuuden kannalta myöhäisen ajankohta. Tällöin altaan pohjalla oli melko hyvä kasvipeite, alueet (3/2/1) 70 %-100 %-

100 %. Kaikilla alueilla pajut olivat kasvaneet heikosti, korkeus oli 1,5 m ja vain muutama versovarsi. Maassa näkyvien jälkien perusteella valkohäntäkauriit ja hirvet ovat käyneet syömässä pajut. Vesipeitto alueella oli 50 % - 20 % - 10 %. Luiskissa oli heikko kasvipeite, vain noin 20 % pinta-alasta. Eroosiosuojamatto oli revennyt pohjoisluskasta. Alueella ei kumminkaan havaittu haitallisia vieraskasvilajeja. Kylvö tehtiin kesäkuun puolessavälissä, joten siemenillä on ollut hyvin aikaa itää ja kasvipeitteen tulisi olla jo parempi. Vieraslajeja ei havaittu.



Kuva 25 Marraskuussa 2021 tehty kasvillisuuskartoitus. Kaikilla kolmella alueella oli pohjalla melko hyvä kasvipeite. Pajut olivat kasvaneet alueilla heikosti. Kuva: Ramboll 2021

Toisessa kasvillisuuskartoituksessa (kuva 26) kesäkuussa 2022 altaan pohjalla havaittiin laajalti levää ja vaikutti siltä, että alueella 3 kasvualusta oli tiivistynyt eikä vesi päässyt suodattumaan lävitse. Koska alue 3 sijaitsee lähimpänä tulorumpuja, eniten vettä ohjautuu pääosin tälle alueelle. Kasvipeite oli vaihteleva eri alueilla (3/2/1): (20 %-100 %-10 %) ja pajut olivat edelleen kasvaneet heikosti. Vesipeitto oli myös vaihteleva (3/2/1): (33 % - ei näkyvissä - 40 %). Luiskissa oli edelleen huonohko kasvipeite, ei tasaista peittävyttä, vaan yksittäisiä kasveja. Eroosiosuojamatto oli revennyt pohjoisluskasta hieman lisää. Positiivista oli, että alueelle on levinnyt

siemenestä leviäviä kasveja, ja alueelle on siten saatu lisää lajeja. Haitallisia vieraskasvilajeja ei havaittu.



Kuva 26 Kesäkuussa 2022 tehty kasvillisuuskartoitus. Veden huomattiin ohjautuvan kuvassa vasemmalla olevaan alueeseen. Kasvipeite oli vaihtelevaa ja pajut kasvoivat edelleen heikosti. Kuva: Ramboll 2022

Viimeinen kasvillisuuskartoitus tehtiin syyskuussa 2022 ja kasvusto oli selkeästi kehittynyt kesäkuusta. Alueella 3 oli heikoin kasvipeite noin 70 % verrattuna alueisiin 1 ja 2 joissa kasvipeite oli noin 95 %. Vesipeittoa ei ollut. Pajut olivat edelleen erittäin huonossa kunnossa, mutta muita kasvilajeja oli aikaisempaa enemmän. Lisäksi myös muualta kulkeutuneita ruohovartisia lajeja oli enemmän. Alueella havaittiin pari komealupiinia, joka on haitallinen vieraslaji.

Kasvualustan analyysit

Maanäytteet otettiin syyskuussa 2022. Kaikista alueista sekä luiskasta otettiin 8 kpl osanäytteitä, jotka sekoitettiin ämpärissä (lapiokaivuu 0–20 cm syvyydestä). Maaperänäytteiden tuloksia on verrattu Viherympäristöliitto ry:n suositusten mukaisiin kasvualustan ravinteisuustyyppeihin. Näytteet analysoi Eurofins Viljavuuspalvelu Oy.

Alueen 1 näyte oli hyvin kuivaa, vaalean ruskeaa, hiekkaista. Alueen 2 näyte oli tummempaa kuin alueen 1, kosteampaa ja sisälsi pieniä hiilen palasia. Alueen 3 näyte oli tummintaa, kosteinta ja helpoiten kaivettavaa. Tuloksia on verrattu Viherympäristöliitto ry:n suosituksiin kasvualustan rakeisuudesta 2018. Alueen 3 rakeisuus poikkeaa osittain suosituksesta. Karkeaa hiekkaa ja soraa on enemmän ja hienoa hiekkaa on vähemmän, kuin suosituksissa, toisaalta hienoaainesta ja humusta on taas suhteessa paljon. Tällöin vähäinen hieno hiekka ja suuri määrä karkeaa hiekkaa ja soraa aiheuttaa sen, että kasvualustan hienoaaines pääsee tiivistymään ja siinä on vähemmän huokosia. Vastaavasti alueilla 1 ja 2 rakeisuus ei juuri poikennut suosituksesta. Koealueet (altaan pohja) määritellään rakeisuuden mukaan hietamoreeniksi ja eloperäisen aineksen määrä on 3–6 % (multava). Maaperänäytteiden ravinteisuusanalyysin tulokset eivät ole hälyttäviä ja niiden perusteella kasvualustat soveltuvat kasvualustakäyttöön eikä ravinteita tarvitse lisätä. Tiivis maa-aines aiheuttaa sen, että kasvit eivät viihdy kovin hyvin. Tämä voi johtua siitä, että kasvualustassa voi olla liian vähän hiekkaa.

Vesinäytteitä otettiin kertainäytteinä sekä tulorumpujen että purkuputken päästä. Talviaikaan rakenne oli jäässä. Vesinäytteenoton ajoittaminen sadetapahtuman yhteyteen oli yllättävän haastavaa, vaikka säätiedotusta pyrittiin seuraamaan. Lisäksi kevät ja syksy olivat 2022 hyvin kuivia ja sadepäiviä oli vähän. Näin ollen kohteessa käytiin kuusi kertaa, mutta kahtena kertana rakenne oli joko jäässä tai näytettä ei saatu otettua kuivuuden takia. Lohkokohtaista

vesinäytteenottoa salaojien kokoojakaivoista ei tehty, sillä kaivoissa oli vettä liian vähän tai virtaavaa vettä ei käytännössä ollut. Näytettä ei haluttu ottaa seisovasta vedestä, koska se olisi vääristänyt koetuloksia. Näytteet voitiin ottaa vain tulo- ja lähtöpäästä, eikä erillisistä lohkoista kuten alun perin suunniteltu.

Kokonaisuudessaan tutkittujen haitta-aineiden arvot ovat matalia tai kohtalaisia (taulukko 5). Suomessa hulevedelle ei ole määritelty raja-arvoja, joten vertailuna on käytetty Tukholman mallin raja-arvoja. Kiintoaineksen määrä näytteissä on ollut pääosin matala (< 50000 µg/l, vrt. Tukholman raja-arvot). Metallien arvot näytteissä ovat matalia ja sinkkiä on selkeästi sitoutunut biosuodattimeen. Typen määrä oli kohtalainen (1250–5000 µg/l, vrt. Tukholman raja-arvot) eikä merkittävää eroa tulo- ja lähtöpäässä havaittu. Fosforin pitoisuus oli matala ja kokonaispitoisuus oli matalampi lähtöpäässä. Veden pH on vaihdellut 7,7–8,6 välillä. Alueelle tulevan veden pH on ollut hieman koholla, mutta biosuodatus on selkeästi laskenut pH:ta.

Taulukko 5 Vesinäytteiden tuloksia Ämmässuon biosuodatusalueelta. Tukholman raja-arvot ylittävät pitoisuudet on lihavoitu.

Haitta-aine	Vesinäyte-analyysien keskiarvo TULO (µg/l)	Vesinäyte-analyysien keskiarvo PURKU (µg/l)	Puhdistus-reduktio %	Tukholman raja-arvo (µg/l)
Kiintoaines	9567	6633	31	40000
Kokonaistyyppi	2400	2267	6	2000
Kokonaisfosfori	36	28,7	20	160
Kupari	7,7	6,7	13	9
Sinkki	10,8	6,7	39	60
pH	8,1	7,8		
Sameus FNU	19,3	13,7		
Sähkönjohtavuus mS/m	27,7	27,3		
Lämpötila °C	7,4	7,3		

Päätelmät ja tulevaisuus

Tuloksia tulkinnassa on huomioitava, että rakenne ei vielä toimi suunnitellulla tavalla. Vesien ohjautuminen ei korjatuista toimenpiteistä huolimatta ollut näytteiden oton aikaan tasaista.

Rumpuja tullaan mahdollisesti korjaamaan, jotta veden jakautuminen alueelle olisi tasaisempaa. Tämän hankkeen kokeiden aikana alue 3 sai selkeästi enemmän vettä kuin muut. Levä, jota oli erityisesti lietehiililohkolla (alue 3), kertoo maaperän hapettomuudesta. Kasvualusta on ilmeisesti tiivistynyt oletettua enemmän, koska se on voinut olla liian hienojakoista ja huokokset ovat myös pieniä. Märissä olosuhteissa kasvualustan huokokset täyttyvät vedellä eikä hapelle jää tilaa. Tämä selittäisi kasvien heikon kasvun.

Kasvipeite on menestynyt parhaiten puubiohiiltä sisältäneessä lohossa. Tämä selittynee puubiohiilen huokoisuuden suotuisista vaikutuksista kasvualustaan, mutta myös vesien ohjautuminen kyseiselle lohkolle on todennäköisesti ollut muita vähäisempää eikä vesi ole jäänyt alueelle seisomaan. Altaan pohja oli jo suunnitelmissa loiva, koska veden haluttiin virtaavan hitaasti ja imeytyvän koko alueelle. Rummut oli rakennettu liian alas ja tilannetta yritettiin korjata kaivamalla uomia rummun päihin, mutta silti vesi ei pääse virtaamaan hyvin, koska pohjalla on kumpuja.

Vastarakennetuilla biosuodatusalueilla on usein havaittu, että kasvialustasta saattaa alkuun huuhtoutua ravinteita. Näin ei kuitenkaan vaikuta käyneen tämän biosuodatusalueen kohdalla. Alueen ympärille tullaan rakentamaan peura-aita keväällä 2023. Biosuodatusalueen seuranta jatketaan ainakin syksyyn 2023 asti.

Lähteet

Elo, A., Nummela, J. & Kymäläinen, M. 2021. Biohiili kiertotalousratkaisuna Kanta-Hämeessä. Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-835-0>

Kiertokapula. 2021. Karanojan jätteidenkäsittelyalue, Hämeenlinna. <https://vuosikatsaus.kiertokapula.fi/2021-2/ymparistokatsaus/karanojan-jatteidenkasittelyalue-hameenlinna/>

Li, H. ja Davis, A. 2008. Urban particle capture in bioretention media. I. Laboratory and field studies. Journal of environmental engineering.

Ympäristölupapäätös Nro 246/2017/1 Dnro ESAVI/10840/2014. <https://ylupa.avi.fi/api/v1/documents/attachment/8932883>

Ympäristölupapäätös Nro 473/2020 Dnro ESAVI/11420/2019. <https://ylupa.avi.fi/api/v1/documents/attachment/8932883>

5. Kertarakenteet

Kirjoittajat: Salla Leppäkoski, Anu Koponen, Virpi Hannuksela, Josefiina Ruponen, Harri Mattila, Marika Tossavainen

Tässä luvussa keskitytään työmaakäyttöön soveltuvien ja siirreltävien suodattimien suodatinmateriaalien vertailukokeen tuloksiin, pohditaan työmaavesien hallintaa sekä lasketaan hyvän työmaavesien hallinnan vaikutusta kiintoaineksen vähenemäpotentiaaliin.

Työpaketin päätulokset ovat:

- Typensidonta oli kertosuodatuskokeissa tehokasta lietebiohiilellä ja biohiilellä. Fosforin sitoutuminen sen sijaan oli heikkoa, sillä sitä jopa liukeni suodatinmateriaaleista läpi suotautuneeseen veteen.
- Hiekka, järviruokokorsi ja järviruokosilppu sitoivat tehokkaasti fosforia, mutta heikosti typpeä.
- Typen ja fosforin sidonta voitaisiin maksimoida käyttämällä suodattimessa useampaa materiaalia. Esimerkiksi lietebiohiilen ja ruokomateriaalin seos tai näiden materiaalien käyttö kerroksittain tehostaisi ravinteiden sidontaa ja oletettavasti mahdollistaisi myös veden hallitun suotautumisajan.
- Hiekka, lietebiohiili sekä biohiili vähentävät kiintoaineksen kulkeutumista rakentamisen aikana tontin ulkopuolelle. Minkä tahansa kokeessa käytetyn suodatinmateriaalin käyttäminen on kuitenkin parempi kuin ei ollenkaan suodatusta.

Suurin osa hulevesien hallinnan tarpeista liittyy kiinteisiin ja jatkuvatoimisiin järjestelmiin. Yhteiskunnassa toteutetaan myös runsaasti toimintoja, jotka kaipaavat entistä tarkempaa huomiota satunnaisiin ja tilapäisiin kohteisiin. Näistä poistuvien hulevesien laatu saattaa vaarantaa ympäristön ja etenkin alapuolisen vesistön kunnon.

Selkein esimerkki tällaisesta tilapäistä hulevesien tehostettua hallintaa vaativasta kohteesta on rakennustyömaa. Ainakin uudisrakennuskohteet, olivat ne sitten maarakentamista tai

muunlaista infrastruktuurikohteita, edellyttävät poikkeuksetta maaperän muokkaamista. Kun maan pintakerrokset rikotaan, riski hulevesien kiintoaineskuormitukseen, mutta myös ravinnekuormitukseen, kasvaa. Kertasuodatusrakenteiden tarpeeseen on herätty vasta viime vuosina ja vuosikymmenenä. Kertasuodatusrakenteita koskevan tutkimuksen ja tuotekehityksen parissa on kuitenkin vielä runsaasti töitä tehtävänä.

Työmaavesien hallinnan ohjaukseen ei tällä hetkellä ole nimenomaan sitä koskevaa lainsäädäntöä. Kaikissa toiminnoissa on noudatettava maankäyttö- ja rakennuslain sekä ympäristönsuojelulain periaatteita. Maankäyttö- ja rakennuslaki pyrkii parantamaan rakennustoiminnan laatua ja ympäristönsuojelulaki taas ehkäisemään ympäristön pilaantumista.

Erikseen voidaan mainita ympäristönsuojelulain periaatteet, jotka ovat ympäristön pilaantumisen ennaltaehkäisy, haittojen minimointi, toimenpiteiden vaikutusten selvittäminen ja vaatimukset käyttää aina parasta käytettävissä olevaa teknologiaa sekä ympäristön kannalta parhaita käytänteitä. Edellisten perusteella kunnat ovat omissa määräyksissään antaneet ohjeita rakentamisen aikaisten ympäristöhaittojen, mukaan lukien hulevesien hallinta, minimoiseksi. Viimeaikaisten tutkimusten mukaan hulevesien hallintaan kaivataan juuri tähän tarkoitukseen räätälöityjä yhtenäisiä ohjeita, jotta erilaisilta sekaantumisilta välttyttäisiin ja jotta esimerkiksi urakkatarjousten tekeminen olisi selkeämpää.

5.1 Kertasuodatuskokeissa käytetyt materiaalit

Keinotekoinen hulevesi

Keinotekoisien huleveden suunnittelussa käytettiin pohjatietoina aiemmin Suomessa tehtyjä hulevesitutkimuksia. Lisäksi kartoitettiin erilaisia keinotekoisien huleveden koostumuksia. Eri tutkimusten vertailua vaikeutti se, että käytettyjen ravinnepitoisuuksien ilmoitustapa vaihteli. Kaikista kerätyistä tiedoista ei ollut saatavilla esim. raskasmetallipitoisuuksia tai niitä ei ollut kyseisessä tutkimuksessa tutkittu lainkaan. Ravinnepitoisuuksissa päätettiin mukailla Valta-
nen ym. (2017) lysimetrikokeiden mukaisia pitoisuuksia. Lysimetrikokeiden

ravinnepitoisuudet perustuivat Helsingin Yliopiston tekemiin mittauksiin Lahden keskustan alueella vuosina 2008–2010 (taulukko 6).

Huleveden sisältämän kiintoaineksen määrä on havaittu vaihtelevan paljon eri mittauspisteissä. Lisäksi vaihtelua tapahtuu myös samasta pisteestä mitattuna lyhyelläkin aikavälillä. Tutkimustulosten mukaan valumaveden kiintoaineksen määrä rakentuvalla kaupunkialueella on ollut lähes 4400 mg/l, kun taas pientaloalueella maksimikuormitus on n. 2600 mg/l ja kerrostaloalueella vain 700 mg/l (Vakkilainen ym. 2005). Vastaavasti Sillanpään (2013) seurannassa rakentuvan kaupunkialueen kiintoainekuorma voi olla jopa 8300 mg/l. Koska HULVATTU-hankkeessa kiintoaineksen määrän haluttiin noudattavan rakentamisen aikaista maksimikuormaa, kiintoaineksenä käytettävää savea päädyttiin lisäämään keinotekoiseen huleveteen 8000 mg/l (taulukko 6).

Taulukko 6 Kertasuodatuskokeissa käytetyn keinotekoisien huleveden resepti.

	pitoisuus, mg/l	käytetty yhdiste
PO ₄	0,3	K ₂ HPO ₄
PO ₄ -P	0,1	
NO ₃	3	NaNO ₃
NO ₃ -N	0,7	
Zn	0,1	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
Cu	0,1	CuSO ₄ ·5H ₂ O
TSS (kiintoaines)	8000	savi

Materiaalivertailu siirrettäviin suodatusrakenteisiin

Kertasuodatusrakenteella tarkoitetaan hulevesien suodattamiseen tarkoitettuja suodatusrakenteita, joilla voidaan hallita työmaavesiä ja niistä syntyviä haittoja, kuten kiintoaineksen ja ravinteiden kulkeutumista vesistöihin. Työmaa-aikaiset suojausrakenteet eivät ole Suomessa vielä kovin yleinen käytäntö, mutta esimerkiksi Yhdysvalloissa erilaiset suojausrakenteet ovat pakollinen osa rakennusprosessia. Suodatusrakenteet ovat usein joko nauhamaisia tai piste-mäisiä ja näiden yhdisteleminen suodattaa työmaavesiä tehokkaasti. Suodatinmateriaalit ovat vaihdelleet käyttökohteen ja -tarkoituksen mukaan. Taulukkoon 7 on koottu aiemmissa

tutkimuksissa käytettyjä suodatinmateriaalien palakokoja sekä suodatinrakenteen vaatima tilavuus.

Taulukko 7 Aikaisemmissa tutkimuksissa käytettyjen suodatinmateriaalien materiaalikuvaukset, käytetty palakoko, suodatinrakenteen vaatima tilavuus sekä muita huomioita suodatinmateriaalista.

	MATERIAALIKUVAUS	PALAKOKO	SUODATINRAKENTEEN TILAVUUS	MUUTA
PUUHAKE	Sekapuuuhake [1, 2] tai koivuhake [2, 3]. Myös metsäntähdehake sekä sahanpuru [4].	10–50 mm välillä	Hakepaali tai hakesäkki, mitoitus tarpeen mukaan.	Biofilmi puhdistaa vettä [5].
BIOHIILI	Eloperäisestä aineesta pyrolyysillä valmistettu materiaali [10]. Hulevesien suodatuksessa biohiili sitoo pääasiassa ravinteita (N, P), haitta-aineita sekä mikrobeja [11].	< 100 mm	Tilannekohtaista Biohiili + puuhake Biohiili + suodatinhiekkä	Kiintoaines helposti tukkeuttaa biohiilen, jolloin se ei enää sido muita haitta-aineita -> porrastettu suodatus
LIETEBIOHIILI	Jätevesilietteestä ja puumateriaalista pyrolysoimalla valmistettu materiaali. Hulevesien suodatuksessa liete-biohiili sitoo raskasmetalleja sekä fosforiravinnetta [6].	< 100 mm		Lietebiohiilelle on tunnistettu useita käyttökohteita, mutta niiden toteutettavuus viranomaisten ja lainsäädännön näkökulmasta on vielä työn alla. [6]
JÄRVIRUOKOKORSI	Suodattaa hulevedestä typpeä, fosforia, kiintoainesta ja mahdollisesti mikromuovia [7]	1–3 metrin pituisia nippuja	Niput ladottuna vuorotellen latva/tyvipuoli, mitoitus kohteen mukaan.	Biofilmi merkittävässä roolissa veden epäpuhtauksien poistamisessa [8].
JÄRVIRUOKOSILPPU	Ruokopaalien on havaittu pidättävän melkein kolmanneksen kiintoaineksesta, viidenneksen fosforia ja 15 % kionaistyyppä [9]	silpun koko keskimäärin 20–50 mm	Paaleina, joissa ruokobiomassan tiheys on n. 100–130 kg/m ³ [12].	Biofilmi merkittävässä roolissa veden epäpuhtauksien poistamisessa [8].
SUODATINHIEKKÄ	Suodattaa hulevedestä mm. kiintoainesta, ravinteita, metalleja ja muita epäpuhtauksia. [13, 14]	0–8 mm, vaihtelee tarpeen ja käyttökohteen mukaan	Tilannekohtaista, usein maanalaisia rakenteita. Voidaan sijoittaa väliaikaisesti myös ojiin, rakennustyömaille [13]	Suodatuskyky perustuu mm. raekokoon, -muotoon, mineraalikoostumukseen, paino- ja kokojakaumaan. [13]

Puuhake: Suomessa tehdyissä suodatinkokeissa on pääasiassa käytetty sekapuuhaketta, mutta tutkimuksia on tehty myös koivuhakkeella. Havu- ja sekapuuhake sisältävät pihka-aineita, jotka hidastavat hakkeen maatumista, mikä selittää seka- ja havupuuhakkeen suosiota. Yksittäisiä suodatainkokeita on tehty myös metsäntähdehakkeella sekä sahanpurulla, mutta sahanpurussa ongelmaksi voi muodostua suodattimen nopea tukkeutuminen ja siitä aiheutuva tulvariski ja ohivirtaukset. Tästä syystä useimmissa tutkimuksissa käytetyn puuhakkeen palakoko on ollut 10–50 mm. Yleisin luonnonvesissä käytetty suodatinmalli on hakepaa-leista tai -säkeistä tehty suodatin, jonka koko on mukautettu tutkimuskohteen ja tarpeen mukaan. Puuhakkeen suodatuskyky perustuu pääasiassa puumateriaalin pinnalle muodostuvaan päällyskasvustoon ja siinä olevaan mikrobitoimintaan (biofilmi), jonka on todettu puhdistavan vettä.

Biohiili: Biohiili on pyrolyysillä eloperäisestä aineesta, usein puuhakkeesta, valmistettu materiaali, jonka ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet riippuvat valmistusprosessista. Pyrolysoitavan materiaalin palakoon olisi hyvä olla pienempi kuin 100 mm, jotta pyrolyysi ulottuu palan sisälle. Toisaalta hyvin hienojakoinen materiaali jauhaantuu helposti, jolloin suodatusrakenne saattaa tukkeutua. Tästä syystä biohiiltä on usein käytetty puuhakkeen tai suodatinhiekan kanssa osana porrastettua suodatusta, jolloin biohiilen osuus on ollut noin 30 %. Biohiiltä on käytetty vesien puhdistuksessa erilaisissa suodatusrakenteissa joko suoraan ojissa tai ojankenkoilla, maaperässä, pintamaahan lisättynä, padoissa tai altaissa. Hulevesien suodatuksessa biohiilen on todettu pääasiassa sitovan ravinteita, kuten typpeä ja fosforia, sekä haitta-aineita ja mikrobeja.

Lietebiohiili: Lietebiohiili on yhdyskuntajätteestä ja puuhakkeesta pyrolysoimalla valmistettu biohiili. Lietehiiltä voidaan valmistaa ilman puumateriaalin lisäämistä, mutta silloin lietehiilen kuivaamista varten energiaa pitää tuoda prosessin ulkopuolelta. Noin 20 % puumateriaalin lisääminen pitää prosessin lämpötaseen hyvänä sekä parantaa lopputuotteen hiilipitoisuutta. Puuaines myös parantaa lietebiohiilen ominaisuuksia maanparannusaineena, jolloin osa hiilestä ja suurin osa fosforista voidaan kierrättää. Hulevesien suodatuksessa lietebiohiilen on arvioitu pystyvän poistamaan hulevesistä raskasmetalleja sekä ravinteista erityisesti fosforia.

Lietebiohiilen valmistuksessa tarpeeksi korkea lämpötila tuhoaa patogeenit ja suurimman osan orgaanisista haitta-aineista sekä muoveista.

Järviruoko: Suomessa tehdyissä ruokosuodatkokeissa on ruokosuodattimen havaittu suodattavan ravinteita, kiintoaineksesta ja mahdollisesti myös mikromuovia. Kuten puuhakeissa, myös järviruoko on tehokas epäpuhtauksien poistamisessa perustuu sen pinnalle muodostuvaan biofilmiin. Järviruoko on verrattain uusi materiaali hulevesitutkimuksessa, eikä sen käytöstä ole vielä paljon tutkittua tietoa, tosin järviruoko on kerääminen pois vesistöistä vähentää jo itsessään vesistöjen ravinnekuormaa.

Suodatinhiekkä: Hiekan suodatuskyky perustuu hiekan luonnollisiin ominaisuuksiin, kuten muotoon, paino- ja kokojakaumaan sekä mineraalikoostumukseen. Suodatinmateriaalina hiekkä soveltuu lähes kaikkiin kohteisiin, sillä se on luonnollinen, tehokas ja varsin edullinen materiaali. Suomessa suodatinhiekkää käytetään yleisesti vesien puhdistuksessa vesilaitoksilla ja jäteveden maasuodattamoissa. Suodatinhiekkalla tehty hulevedensuodatusrakenteet ovat yleensä maanalaisia, mutta suodattimia voidaan sijoittaa harkitusti myös ojiin ja rakennustyömaiden eri kohteisiin. Suodatinhiekan raekoko vaihtelee käyttökohteen ja tarkoituksen mukaan. Suodatinhiekan suodatuskyky perustuu suodattimen rakenteeseen ja virtausnopeuteen. Suodatinrakenteen tulee olla tarpeeksi tiivis, ettei suodatinhiekkä pääse valumaan siitä läpi, mutta samaan aikaan sen tulisi sallia riittävä veden virtausnopeus. Liian suuri virtausnopeus voi heikentää suodattimen kykyä poistaa haluttuja epäpuhtauksia. Suodatinhiekan on havaittu puhdistavan vedestä kiintoainesta, ravinteita ja muita epäpuhtauksia.

5.2 Kertasuodatusrakenteiden suodatinmateriaalikokeet

HULVATTU-hankkeen suodatuskokeeseen valittiin materiaaleja, jotka ovat yleisiä ja helposti saatavissa. Yhtenä kriteerinä oli myös se, että materiaaleja on jo käytetty tai tutkittu vesien suojelussa aikaisemmin. Suodatuskokeeseen valitut materiaalit olivat suodatinhiekkä, puuhake (20–50 mm), biohiili (palakoko 0–20 mm), lietebiohiili (palakoko 0–12 mm) ja järviruoko. Järviruoko on suodatuskykyä testattiin sekä kortena (korren pituus 30 cm) että tarkkuussilppurilla leikattuna silppuna (palakoko 20–50 mm). Suodatuskokeen tavoitteena oli tutkia, miten

hyvin eri materiaalit suodattavat kiintoainesta ja sitovat ravinteita, kun suodattimien läpi syötetään keinotekoista hulevettä.

Esisuodatuskokeet suodatinmateriaaleille

Suodatinmateriaaleille tehtiin puhtaan veden esisuodatuskoe, jossa selvitettiin, irtoaako suodatinmateriaaleista kiintoainesta. Suodatinmateriaaleja testattiin yhdessä akryylisärmiöissä, joiden tilavuus oli 8 litraa. Suodatinmateriaalia laitettiin särmiöihin 25 cm (n. 7 litraa). Särmiöt asetettiin aluslaatikossa olevaan kehikkoon, jolloin suodatinmateriaalista läpi suotautunut vesi pääsi valumaan suodattimen läpi vapaasti. Vedensyöttöä varten oli rei'itetty syöttöastia, jotta syöttövesi saatiin jakautumaan suodatinmateriaaliin tasaisesti.

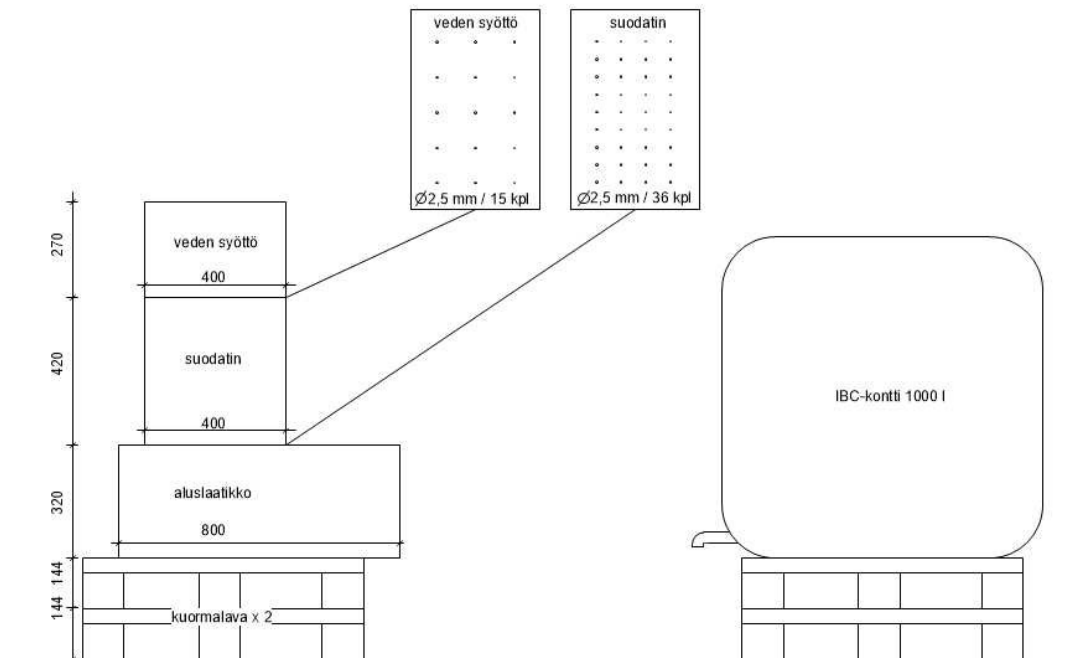
Syötettävän veden määrässä huomioitiin Suomen keskimääräinen vuotuinen sademäärä, joka vaihtelee 500–650 mm välillä (Ilmasto-opas.fi n.d.-a; Bratieres ym. 2008). Vettä syötettiin särmiöihin 2,7 litraa ja vedensyöttöjä tehtiin peräkkäin kolme, niin että jokaisen syötön väliin jäi aikaa 48 h. Ennen uutta syöttöä suodattimen läpi suotautuneesta vedestä kerättiin vesinäyte kiintoainesmäärittystä varten ja aluslaatikot tyhjennettiin. Vesinäytteet pakastettiin ja kaikki kiintoainesmääritykset tehtiin yhdellä kertaa. Esisuodatuskokeessa huomattiin, että varsinkin hiekasta ja lietebiohiilestä irtosi kiintoainesta huomattava määrä. Tästä syystä suodatuskokeeseen tulevat suodatinmateriaalit päätettiin huuhdella puhtaalla vedellä ennen kokeen aloitusta, jotta suodatinmateriaaliin sitoutunut kiintoaines saadaan poistettua.

Suodatuskokeen järjestelyt

Suodatuskoe tehtiin laatikoissa, jotka aseteltiin päällekkäin. Suodatinmateriaalilaatikko asetettiin poikittain aluslaatikon päälle (kuva 27). Molemmat laatikot sijoitettiin kahden kuormalavan päälle. Suodatinmateriaalilaatikkoon laitettiin suodatinmateriaalia 30 cm (n. 62 litraa) paksuinen kerros. Jokaista suodatinmateriaalia oli kolme laatikkotornia. Suodatinmateriaalit huuhdeltiin ennen ensimmäistä syöttökertaa. Samalla testattiin myös suodatinmateriaalien suotautumisaikaa ja todettiin, että syötettävä vesimäärä oli läpäissyt kaikki suodatinmateriaalit 46 h kuluessa syötöstä.

Keinotekoisien huleveden, eli syöttöveden pohjana käytettiin klooraamatonta vesijohtovettä. Keinotekoinen hulevesi tehtiin IBC-konttiin, johon laskettiin 1000 litraa vettä. Konttiin lisättiin

ioninvaihtoveteen liuotetut kemikaalit sekä savi (ks. määrät taulukko 6). Kiintoaineeksena käytetty savi kuivattiin lämpökaapissa ja jauhettiin hienoksi ennen IBC-konttiin lisäämistä. Kiintoaineeksena käytettävän saven sisältämä orgaaninen aines (n. 3 %) määritettiin hehkutushäviön avulla. Keinotekoinen hulevesi valmistettiin aina kolme vuorokautta ennen syöttöä. Keinotekoista hulevettä sekoitettiin kokeen aikana pumpulla, jotta kiintoaines ei pääsisi painumaan kontin pohjalle. Yhdellä syöttökerralla keinotekoista hulevettä lisättiin 25 litraa jokaiseen laatikkotorniin.



Kuva 27 Havainnekuva suodatinkoejärjestelystä. Jokaista suodatinmateriaalia oli kolme laatikkotornia, joissa oli aluslaatikko sekä suodatinmateriaalilaatikko. Syöttövetenä käytetty keinotekoinen hulevesi valmistettiin kuormalavojen päälle asetettuun IBC-konttiin.

Suodatuskoe suodatinmateriaaleilla

Yhdellä syöttökerralla torneihin annosteltiin 25 litraa keinotekoista hulevettä. Syöttöjä oli kaksi kertaa viikon aikana ja koesarja kesti kolme viikkoa. Suodatinmateriaaleista läpi

suotautuneesta vedestä otettiin näyte 46 h syötön jälkeen (Later Flush, LF), joka kuvasi läpi-suotautuneen veden kokonaisvaltaista puhdistustulosta.

Vesinäytettä otettaessa aluslaatikkoon läpi suotautunut vesi sekoitettiin huolellisesti. Näytteestä analysoitiin ravinne- ja kiintoainespitoisuudet sekä pH ja johtokyky. pH ja johtokyky mitattiin heti näytteenoton jälkeen (mittarina pHenomenal® MU6100L). Näytepullot lämmitettiin vesihauteessa (25 °C) ennen mittaamista. Laboratoriossa näytteistä analysoitiin nitraattityppi (NO₃-N), fosfaattifosfori (PO₄-P), kupari (Cu) ja sinkki (Zn) sekä kemiallinen hapenkulutus (COD). Analyysit on kuvattu tarkemmin kohdassa Menetelmät (s. 7). Kiintoainemääritys on tarkemmin kuvattu kohdassa Menetelmät (s. 6).

Tulokset suodatuskokeista

Suodatinmateriaaleista läpi suotautuneen veden pH-arvoissa ei tapahtunut suuria muutoksia suodatuskokeen aikana. Alhaisimmat pH-arvot mitattiin järviruokosilpulla (6,8–7,1) ja korkeimmat lietebiohiilellä (8,0–8,3). Muiden suodatinmateriaalien läpi suotautuneessa vedessä pH-arvo oli välillä 7,0–7,9. Läpi suotautuneen veden johtokyky vaihteli eri suodatinmateriaaleja käytettäessä. Hiekan, puuhakkeen, järviruokokorsien ja järviruokosilpun johtokyky suotautuneessa vedessä oli matala koko kokeen ajan (100–143 µS/cm). Sen sijaan lietebiohiilellä ja biohiilellä suotautuneen veden johtokyky oli huomattavan korkea (2267 ja 394 µS/cm) kokeen alkaessa. Näissä kahdessa suodatinmateriaalissa johtokyky aleni kokeen edetessä, mutta biohiilellä suotautuneen veden johtokyky kokeen päättyessä oli edelleen huomattavan korkea (479 µS/cm).

Lietebiohiili ja biohiili sitoivat keinotekoisesta huleveden sisältäneen nitraattityypen lähes täysin suodatuskokeen aikana. Hiekka ja järviruokokorret eivät pidättäneet keinotekoisesta huleveden sisältämää nitraattityppeä. Järviruokosilpusta ja puuhakkeesta vapautui materiaaliin sitoutunutta nitraattityppeä, sillä suotautuneesta vedestä mitatut pitoisuudet olivat 1,4–1,8 kertaa suurempia kuin syöttövedessä olleet pitoisuudet.

Parhaiten fosfaattifosforia sitoivat hiekka, järviruokokorret sekä järviruokosilppu. Lietebiohiilellä, biohiilellä ja puuhakkeella suotautuneen veden fosfaattifosforipitoisuudet olivat korkeampia kuin syöttövedessä, mikä viittaa siihen, että materiaaleista liukeni fosforia

suotautuneeseen veteen. Kaikki suodatinmateriaalit sitoivat syöttövedestä kuparia. Kuparipitoisuudet laskivat kokeen edetessä kaikissa käsittelyissä ja kokeen päättyessä pitoisuudet jäivät alle analyysimenetelmän määrittäysrajan. Sinkin osalta pitoisuudet jäivät alle analyysimenetelmän määrittäysrajan.

Hiekka, lietebiohiili sekä biohiili poistivat kiintoainesta tehokkaasti koko suodatinkokeen ajan. Näissä suotautuneesta vedestä mitatut kiintoainepitoisuudet olivat alle 500 mg/l. Järviruokokorsilla, järviruokosilpulla tai puuhakkeella, suotautuneen veden kiintoainepitoisuudet vaihtelivat 1500–3000 mg/l välillä.

Kemiallinen hapenkulutus (COD) oli korkein (n. 50–120 mg/l) puuhakkeella ja järviruokosilpulla. Näillä suodatinmateriaaleilla suotautuneen veden kiintoainepitoisuus oli myös suurempi kuin muilla suodatinmateriaaleilla. Todennäköisesti orgaaninen kiintoaines stimuloi mikrobitoimintaa suotautuneessa vedessä, mistä seurasi COD-pitoisuuden kohoaminen. Muilla suodatinmateriaaleilla COD-pitoisuudet olivat alle 20 mg/l.

Suodatinmateriaalien kyky pidättää vettä vaihteli. Suotautumisajat olivat pisimmät hiekalla, biohiilellä ja lietebiohiilellä. Hiekka- ja lietebiohiilisuodattimissa suurin osa syöttövedestä kulkeutui suodatinmateriaalin läpi kahden tunnin aikana. Biohiilen sisältämä hienoa-aine tukki osan suodatinlaatikon pohjareijästä, mikä hidasti veden suotautumista. Puuhakkeen, järviruokokorsien ja järviruokosilpun vedenpidätyskapasiteetti oli heikko. Näillä materiaaleilla valtaosa syöttövedestä valui suodatinmateriaalin läpi ensimmäisen puolentunnin aikana. Järviruokosilppu homehtui kokeen aikana, mikä saattoi hidastaa veden suotautumista kokeen loppuvaiheessa.

Siirrettävien työmaasuodattimien ideointi Design Factory -yhteistyössä

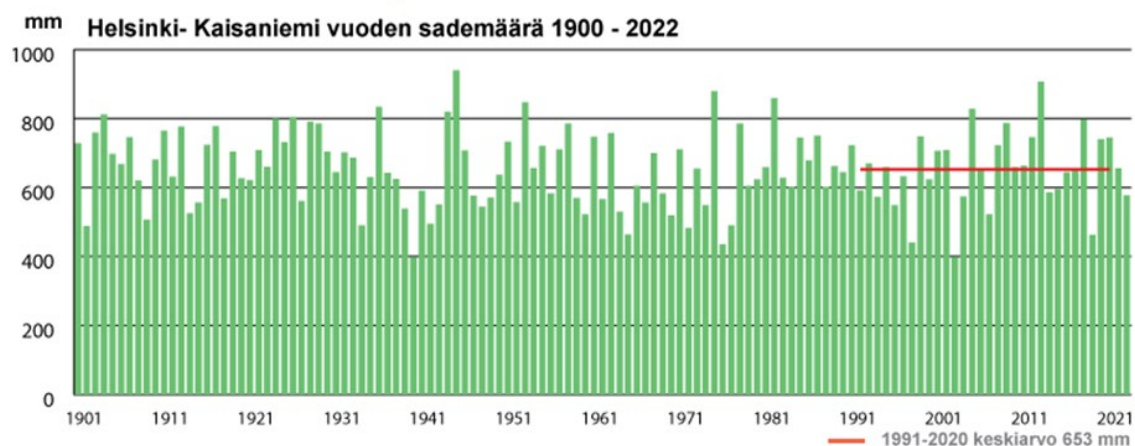
HULVATTU-hankkeeseen liittyi myös opiskelijayhteistyötä pistemäisten suojarakenteiden keittelemiseksi. HAMK Design Factoryn opiskelijoiden tavoitteena oli ideoida ratkaisuja työmaalla syntyvien hulevesien helppoon käsittelyyn ja kiintoaineen pääsyn estämiseksi sadevesiverkostoihin. Ideoinnin lähtökohtana oli suunnitella HULVATTU-hankkeessa testatuille suodatinmateriaaleille pistemäisiä suojarakenteita, jotka olisivat helposti siirrettäviä ja käytettäviä, mutta myös niin kestäviä, että ne toimisivat rakennustyömaan vaativissa olosuhteissa.

Opiskelijayhteistyön tuotoksena syntyi kolme erilaista suodatinrakenne ideaa, joiden kaikkien toiminta perustui suodatinmateriaalien yhdistelemiseen. Yhdistelmäsuodatin mahdollistaisi suodattimen räätälöinnin tapaus- ja tilannekohtaisesti, jolloin suodatin pystyisi vastaamaan parhaalla mahdollisella tavalla rakennustyömaiden erilaisiin tarpeisiin.

5.3 Työmaavesien kiintoaineen vähentämispotentiaali

Rakentamisen aikana maan pinta on pitkiä aikoja paljaana ja alttiina huuhtoutumille ja eroosiolle. Työmaan haittavaikutukset riippuvat kohteesta ja siitä, mihin kiintoaines päätyy. Työmaiden aiheuttamia haittoja ovat esimerkiksi hulevesikaivojen sakkapesien tukkeutuminen, jo rakennettujen luonnonmukaisten hulevesirakenteiden tukkeutuminen suunniteltua nopeammin sekä lähivesistöjen kiintoainekuormituksen lisääntyminen ja samentuminen. Lisäksi monet haitta-aineet sitoutuvat kiintoainekseen. Kun kiintoaineen pääsy vesistöön estetään, vähennetään samalla vesistöön kohdistuvaa haitta-ainekuormitusta. Suuret sademäärät ja voimakkaat sateet kasvattavat huuhtoumaa. Mitä pidempään maa on paljaana, sitä enemmän kiintoainesta lähtee liikkeelle.

Vuosisademäärät Helsingissä



Kuva 28 Vuosisademäärät Helsingissä Ilmatieteenlaitoksen vuositilastojen mukaan (Ilmatieteen laitos, n.d.).

Hankkeessa tehtiin kaksi esimerkkilaskelmaa talonrakennustyömaan aiheuttamasta kiintoainekuormasta. Sadannan määräksi valittiin 653 mm/a, joka on Helsingin sadantakeskiarvo vuosilta 1991–2020 (kuva 28). Pohjoisemman Suomen sademäärät ovat pienemmät, mutta ilmastonmuutoksen myötä sademäärän ennustetaan kasvavan ja muutos on Pohjois-Suomessa suurempi kuin Etelä-Suomessa (Ilmasto-opas n.d-b). Esimerkkilaskelmina käytettiin omakotitalon (kuva 29) ja kerrostalon rakennustyömaita (kuva 30). Esimerkkilaskelmissa työmaalla syntyvän huleveden määrä on laskettu hyödyntämällä vuosittaista sademäärää kaavalla

$$V = (C * P * A) * 100$$

jossa V = huleveden määrä eli tilavuus (m³), C = valumakerroin, P = sademäärä (mm) ja A = valuma-alueen pinta-ala (ha).

Esimerkkilaskelmissa valuma-alueen pinta-alana käytettiin tontin pinta-alaa ja oletettiin, että naapuritonttien hulevedet eivät ohjaudu ko. tontille. Kiintoaineksen määrä 8 kg/m³ perustuu hankkeessa käytetyn keinotekoisen huleveden pitoisuuteen sekä aiempiin tutkimuksiin (Sillanpää 2013). Laskemissa käytettiin valumakerrointa 0,5. Molemmissa esimerkeissä työmaa on savimaalla.

Esimerkki 1:

Kohteena omakotityömaa, jonka tontin koko on 1000 m². Talon perustukset tehdään kaivamalla. Savimaan vuoksi tarvitaan paljon massanvaihtoja. Kaivumaita säilytetään läjitettyinä ja suojaamatta tontilla ennen pihan muotoilua ja rakentamista. Aika, jonka pinnat ovat auki ja alttiina huuhtoumalle, on 18 kk.

Esimerkkityömaalla muodostuvan huleveden tilavuus on

$V = (0,5 * 653 * 0,1 \text{ ha}) * 100 = 3265 \text{ m}^3$ vuodessa eli 18 kk kestävä työmaan aikana yhteensä **4897,5 m³**.

Kiintoaineksen määrät ovat vastaavasti (kaavalla $V * 8 \text{ kg/m}^3$) 26120 kg vuodessa ja koko työmaan aikana **39180 kg**.

Kuva 29 Esimerkkilaskelma omakotitalon rakennustyömaan aiheuttamasta kiintoainekuormituksesta.

Esimerkki 2:

Kohteena kerrostalotyömaa, jonka tontin koko on 2500 m². Rakennuksen perustukset tehdään kaivamalla. Kaivumaita säilytetään tontilla. Aika, jonka pinnat ovat auki ja alttiina huuhtoumalle on 24 kk.

Työmaalla muodostuvan huleveden tilavuus on

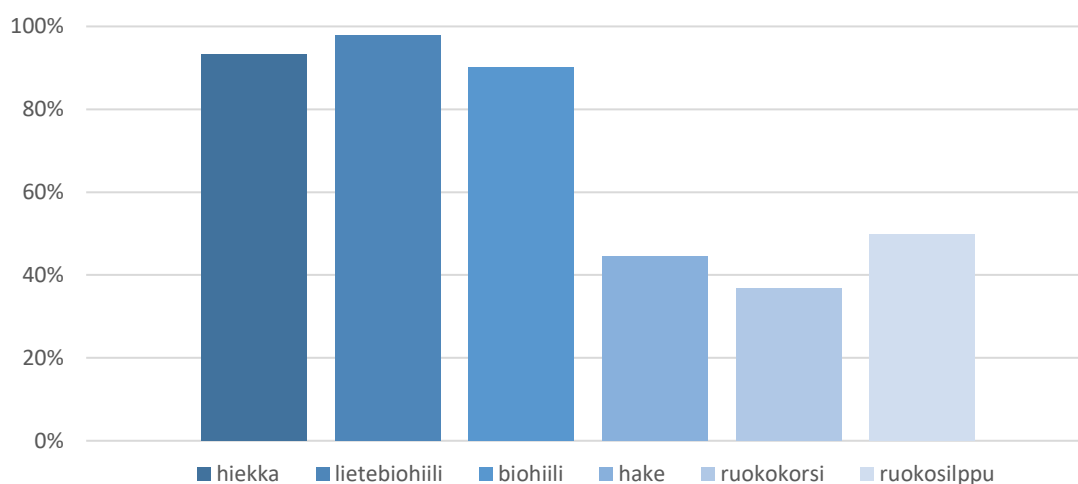
$V = (0,5 * 653 * 0,25 \text{ ha}) * 100 = 8162,5 \text{ m}^3$ vuodessa eli 24 kk kestävä työmaan aikana yhteensä **16325 m³**.

Kiintoaineksen määrät ovat vastaavasti (kaavalla $V * 8 \text{ kg/m}^3$) 65300 kg vuodessa ja koko työmaan aikana **130600 kg** (130,6 tn).

Kuva 30 Esimerkkilaskelma kerrostalon rakennustyömaan aiheuttamasta kiintoainekuormituksesta.

Esimerkissä 1 omakotitalon rakennustyömaalta syntyneen kiintoaineskuorman suuruus on koko työmaan aikana 39 tonnia. Esimerkissä 2 kerrostalon rakennusvaiheessa syntynyt kiintoaineskuorma on 130 tonnia.

Hankkeen aikana kertasuodatusrakenteiden suodatuskokeissa vertailtiin eri materiaalien kykyä sitoa haitta-aineita ja kiintoainesta. Kiintoaineen laskennallista vähenemää muodostettaessa käytettiin pohjatietona kertasuodatusrakenteiden suodatuskokeesta saatuja tuloksia. Koska työmailla rakentamisen aika on pitkä, hulevesien käsittelyyn tarkoitettavat suodatusrakenteet ovat paikallaan pitkään. Kertasuodatusrakenteiden kokeessa hiekka, biohiili sekä lietebiohiili poistivat kokeessa kaikki yli 90 % kiintoaineksesta (kuva 31). Orgaanista ainesta runsaammin sisältäneet suodatinmateriaalit, puuhake, järviruokokorsi sekä järviruokosilppu, poistivat 37–50 % kiintoaineksesta.



Kuva 31 Suodatuskokeessa saaduissa tuloksissa suodatinmateriaalien kyky sitoa itseensä kiintoainesta vaihteli. Tehokkaimmin kiintoainesta poisti hiekka, lietebiohiili sekä biohiili. Puuhake sekä järviruokokorsi ja -silppu poistivat vain noin puolet syötetystä kiintoaineksesta.

Kaikkia suodatuskokeissa olleita materiaaleja voitaisiin käyttää rakennustyömailla vähentämään tontilta poistuvaa kiintoaineskuormitusta. Eri materiaalien kiintoaineen vähentämispotentiaali on kuvattu taulukossa 8. Kuvan 29 esimerkkitöymaalla kiintoaineskuormaa

pystyttäisiin vähentämään rakentamisaikana jopa 38 tonnia, jolloin tontin ulkopuolelle pääsevän kiintoaineksen määrä olisi enää yksi tonni. Kuvan 30 esimerkkityömaalla tontilta poistuvan kiintoainekuorman määrää voitaisiin vähentää jopa 127 tonnia, jolloin tontin ulkopuolelle päätyisi kolme tonnia kiintoainesta.

Taulukko 8 Eri materiaalien kiintoaineksen laskennallinen vähentämispotentiali omakotitalon esimerkkityömaalla ja kerrostalon esimerkkityömaalla 2.

Suodatin- materiaali	suodatus- teho, %	OK-työmaa	kiintoaines-	KT-työmaa	kiintoaines-
		kuorma 39 tn/18 kk	kuorma tontin	kuorma 130 tn/24 kk	kuorma tontin
		suodattimen poistama kiintoaines, tn	ulkopuolelle, tn	suodattimen poistama kiintoaines, tn	ulkopuolelle, tn
hiekkä	93	36	3	121	9
lietehiili	98	38	1	127	3
biohiili	90	35	4	117	13
hake	44	17	22	58	72
järviruokokorsi	37	14	25	48	82
järviruokosilppu	50	19	20	65	65

Työmaiden hulevesistä kannattaa siis huolehtia, sillä suodatusrakenteilla voidaan pienentää lähivesistöjen kiintoainekuormitusta ja samalla saadaan vähennettyä myös muita kiintoainekseen sitoutuneita haitta-aineita. Kertasuodatusrakenteissa käytettyjen materiaalien tulisi olla kevyitä asentaa paikoilleen ja siirtää työmaalla kohteesta toiseen, mutta myös kierrätettävissä käytön jälkeen. Hiekan suodatusteho on hyvä, mutta sen käyttö työmaakohteissa on haastavaa materiaalin painon takia. Kuitenkin materiaaleja yhdistämällä voidaan löytää jokaiseen kohteeseen sopiva suodatusrakenne.

Lähteet

Bratieres, K., Fletcher, T.D., Deletic, A., Zinger, Y. 2008. Nutrient and sediment removal by stormwater biofilters: A large-scale design optimisation study. Water Research.

Ilmasto-opas, n.d.-a Nykyinen ilmasto - 30 vuoden keskiarvot. Haettu osoitteesta <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/nykyinen-ilmasto-30-vuoden-keskiarvot>

Ilmasto-opas, n.d.-b. Sademäärät kasvavat ja rankkasateet voimistuvat. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/sademaarat-kasvavat>

Ilmatieteen laitos, n.d. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuositolastot>

Sillanpää, N. 2013. Effects of suburban development on runoff generation and water quality. Helsinki: Aalto University, School of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering.

Vakkilainen, P., Kotola, J., & Nurminen, J. 2005. (toim.). Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 776.

Valtanen, M., Sillanpää, N. & Setälä, H. 2012. Lysimetrikoe hulevesien biosuodatukselta kylmässä ilmastossa. Teoksessa: Sankio, L., & Sillanpää, N. (toim.) STORMWATER-hankkeen loppuraportti - Taajamien hulevesihaasteiden ratkaisut ja liiketoimintamahdollisuudet.

Taulukossa 7 käytetyt lähteet

[1] S. Sirviö, V. Honkala, J. Kosamo & V. Käyhkö. 2020. Välimaan sivutuotteita hyödyntävän vesiensuojelurakenteen suunnittelu, rakentaminen ja seuranta. <https://www.ouka.fi/documents/18161254/19559701/V%C3%A4limaan+vesiensuojelurakenteen+suunnittelu+rakentaminen+ja+toimivuuden+seuranta+08122020.pdf/09c79d2b-e066-484d-9be6-8ed2b12a047b>

[2] J. Lantto & I. Lindfors. 2005. Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma: Hakesuodatuskokeet. Porin Vesi, Lounais-Suomen Ympäristökeskus, Porin kaupungin ympäristötoimisto ja Kullaan kunta. <https://docplayer.fi/30592751-Joutsijarven-ja-tuurujarven-ve-siensuojelusuunnitelma-hakesuodatuskokeet.html>

[3] A. Kaseva, K. Laine, T. Ajosienpää, J. Niemi & M. Mononen. 2020. Biohiili- ja hakesuodattamo salaojavesien käsittelyssä. Pilotoinnin tulokset 2019. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/346286/Kaseva_etal_Biohiili_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[4] A. Kirveslahti, T. Viitasaari, K. Kekäläinen, V. Yli-Antola, J. Hawel, R. Miettinen & H-K. Koponen. 2019. Hakkuutähteen ja hakkeen uudet käyttökohteet. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/266416/978_952_7173_44_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[5] K-M. Vuori, M. Leppänen, S. Koljonen, J. Jämsén, A. Vaso, E. Keskinen, H. Hämäläinen, M. Nieminen, E. Huotari & J. Soimasuo. 2021. Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuinostuksiin. PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti. <https://www.syke.fi/hankkeet/puumavesi>

[6] HSY. 2019. Selvitys lietehiiden lupaprosesseista viranomaisten näkökulmasta. Haettu 15.12.2021 osoitteesta <https://docplayer.fi/182058631-Raportti-hsy-selvitys-lietehiiden-lupaprosesseista-viranomaisten-nakokulmasta.html>

[7] Maaseudun tulevaisuus. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/ymparisto/artikkeli-1.1371152>

[8] M. Heikura. 2021. "Vesistöjen jäte" muuttuikin puhdistajaksi, kun se nostettiin ylös – 300 nippua järviruokoa valjastettiin estämään mikromuoveja pääsemästä veteen. Yle-uutiset 21.4.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-11894065>

[9] HuleRuoko-hanke. 2019. HuleRuoko. <https://www.kokeilupaikka.fi/en/kokeilu/huleruoko>

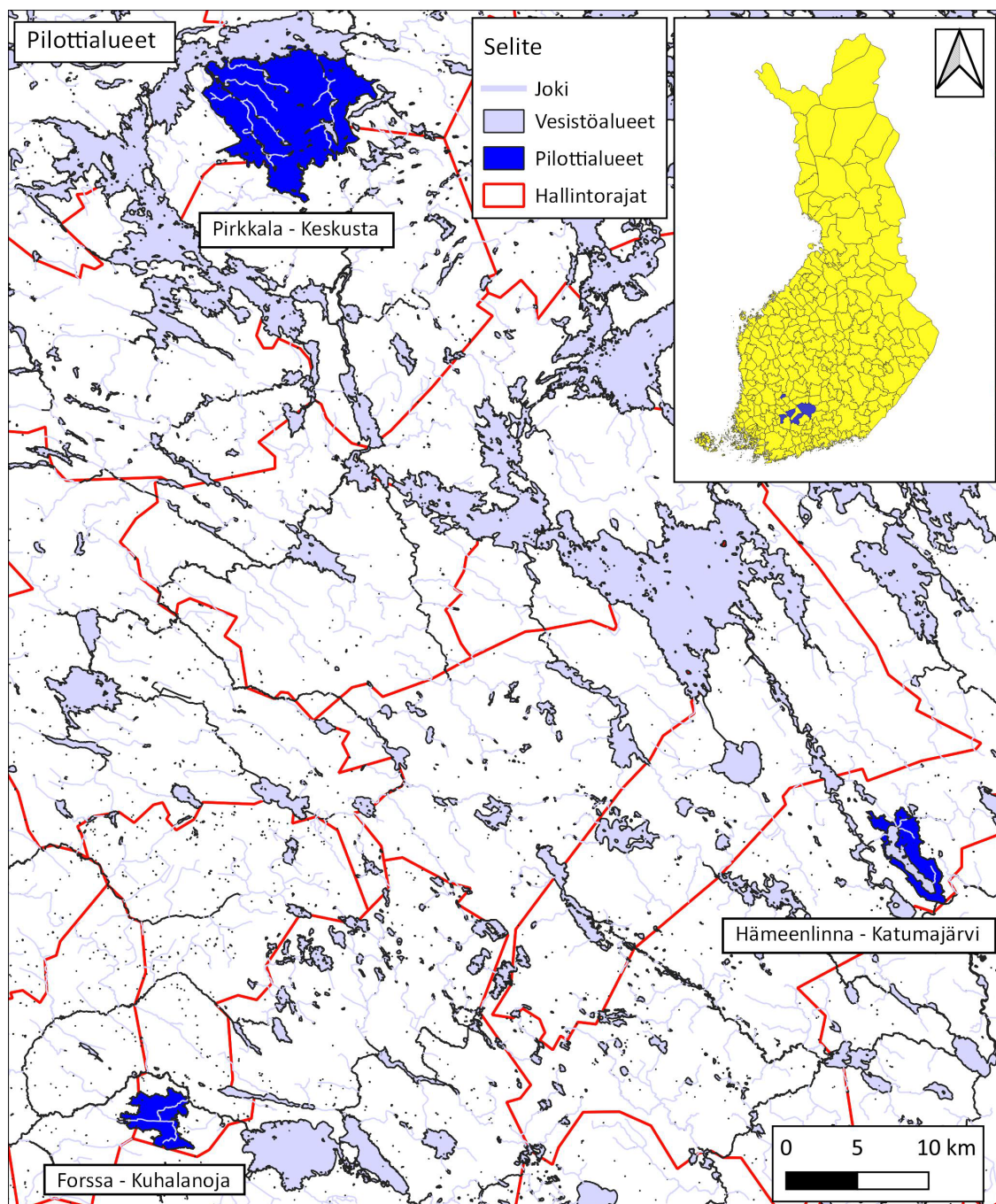
- [10] T. Kirjokivi. 2018. Biohiilisuodatin hulevesien käsittelyssä: Case Espoo Otsonlahti. Opinnäytetyö. Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu.
- [11] Elo, A. 2020. Biohiili valumavesien suodatuksessa. <https://www.vanajavesi.fi/2020/wp-content/uploads/2019/03/Biohiili-valumavesien-suodatuksessa-Hamk.pdf>.
- [12] Isotalo, I., Kauppi, P., Ojanen, T., Puttonen, P. & Toivonen, H. 1981. Järviruoko energiakasvina. Vesihallitus. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/152668/Vesihallitus%20Tiedotus%20210.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [13] Schueler, T. 2000. Developments in Sand Filter Technology to Treat Stormwater Runoff: The Practice of Watershed Protection. Center for Watershed Protection, Ellicott City, MD. <https://owl.cwp.org/?mdocs-file=4825>
- [14] Urbonas, B.R. 2008. Stormwater Sand Filter Sizing and Design A Unit Operations Approach. <http://urly.fi/35PZ>

6. WSSP:n laatimisen vaiheet

Kirjoittajat: Samuli Riihijärvi, Outi Tahvonen

Tässä luvussa kerrotaan WSSP-työkalun pilotointiprosessista ja siitä, miten työkalu on laadittu. Tarkoituksena oli pilotoida ratkaisu hulevesien hajautetulle hallinnalle, jossa hulevesien aiheuttamat riskit sovitetaan yhteen maankäytöllisten mahdollisuuksien ja rajoitteiden kanssa. Pilotointi toteutettiin 2022–2023 osana kestävän kehityksen koulutusohjelman toiminnallista opinnäytetyötä: Water shed safety plan -työkalun kehittäminen ja pilotointi Kuhalanojan valuma-alueella. Pilotoinnin ja opinnäytetyön toiminnallisena tuloksena syntyivät WSSP-ohjeet (liite 5) ja WSSP-tietokanta (liite 6). Tässä luvussa paikkatietopohjaisesta WSSP-työkalusta käytetään tästä eteenpäin termiä WSSP.

WSSP:n pilottialueina toimivat Pirkkalan kunnan yleiskaavan alue, Hämeenlinnan Katumajärven ja Forssan Kuhalanojan valuma-alueet, joiden sijainti on esitetty kuvassa 32. Opinnäytetyö keskittyi Kuhalanojalle, jossa prosessi vietiin pisimmälle. Kaikille pilottialueille onnistuttiin tuottamaan WSSP-ohjeita soveltamalla WSSP-tietokannan mukaiset paikkatietokannat. Pilotointi toteutettiin QGIS 3.22.7 paikkatieto-ohjelmistolla, jonka kautta käytettiin kaikkia FOSS4G geospaatialisia kirjastoja (GDAL) sekä muita sovelluksia (GRASS GIS). Alusta valittiin aiemman käyttökokemuksen, avoimen lähdekoodin sekä suhteellisen suuren käyttäjäkunnan takia (Gispo 2021; Qgis.org n.d).



Kuva 32 Pilottikuntien sijainnit kartalla sekä alustavat pilottialueina käytetyt valuma-alueet.

Ensimmäisen kaupunkityöpajan keskustelujen perusteella todettiin, että paikkatietopohjaisen ratkaisun tulisi olla halpa, nopea ja helppo toteuttaa. Taloudellisten rajoitteiden takia päätettiin käyttämään avoimia lähtöaineistoja sekä avoimen lähdekoodin ohjelmistoa. Ajallisista

syistä WSSP:ssä hyödynnettiin mahdollisimman paljon valmiita aineistoja ja -ohjeistuksia. Tämän takia kenttätöyskentelyä ei otettu osaksi WSSP:tä. WSSP:tä varten luotiin myös käyttövalmiit ohjeet, jolloin osaamisesta ei muodostu este WSSP:n käyttämiselle.

WSSP-ohjeissa käydään vaihe vaiheelta läpi, kuinka aineistoja käsitellään ja muokataan käyttötarkoitusta vastaavaksi. Ohjeiden perimmäisenä tarkoituksena on löytää vähintään yksi avoin ja ilmainen tapa suorittaa WSSP. WSSP-tietokannassa kuvaillaan ja perustellaan yksityiskohtaisesti WSSP:ssä määritettyjen paikkatietokantojen ominaisuustiedot, formaatit ja käytetyt arvot sekä parametrit.

WSSP:ssä käytettävää paikkatietoaineistoa etsittiin Maanmittauslaitoksen (MML) paikkatietokunnasta ja paikkatietohakemistosta (MML n.d-a; MML n.d-b). Lisäksi tarkasteltiin Luonnonvarakeskuksen (LUKE) avointen aineistojen latauspalvelua ja Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) paikkatietoaineistot (SYKE n.d; LUKE n.d). Kunnallisiin aineistoihin tutustuttiin keväällä 2022. Tutustumisen perusteella saatiin käsitys siitä, millaisia aineistoja kunnilla on käytettävissä.

Kunnallisia ja kansallisia paikkatietoaineistoja täydennettiin yleiseurooppalaisilla aineistoilla EEA:n palveluista (EEA n.d-a). WSSP:ssä hyödynnettäviin lähtöaineistoihin tutustuttiin nimien ja saatavilla olevien metatietokuvausten perusteella. Valikoidut aineistot testattiin ja kelpoisimmat aineistot otettiin käyttöön pilottipaikkakuntien etuja ajatellen. Kaikki WSSP:ssä käytetyt aineistot ovat avoimia ja maksuttomia ja niitä muokkaamalla sekä prosessoimalla kyetään hallitsemaan hulevesiä turvallisuuspohjaisesti. Aineistot ja aineistoista johdettuja tuloksia esiteltiin pilottipaikkakunnille toisessa kaupunkityöpajassa.

WSSP:stä pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman modulaarinen. Tällä tarkoitetaan, että osia voidaan pääpiirteisesti toteuttaa toisistaan erillisenä ja prosessiin tarvittavaa ajankäyttöä voidaan tarpeen mukaan hillitä. WSSP koostuu kolmesta moduulista, jotka ovat WSSP-valuma-aluemoduuli, WSSP-maankäyttö- ja -muutosaluemoduuli sekä WSSP-riskimoduuli.

WSSP-valuma-aluemoduulin avulla pystytään määrittämään kaupunkivaluma-alueet halutussa skaalassa ja halutulla tarkkuudella huomioiden hulevesiviemäriverkon peitteisyys. WSSP-maankäyttö- ja -muutosaluemoduulin avulla arvioidaan ihmistoiminnan vaikutuksia

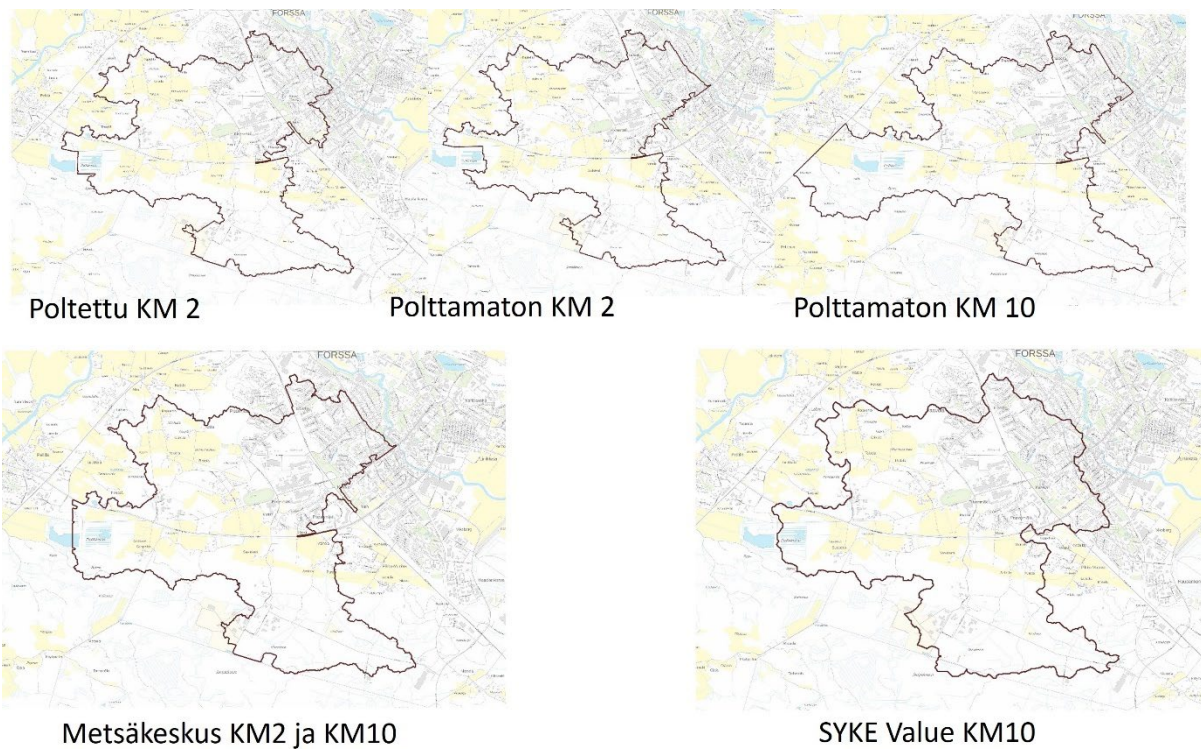
hulevesiin hulevesikohtaisen maankäyttöluokittelun avulla. Tässä moduulissa pystytään paikantamaan myös hulevesien kannalta muuttuvat alueet. WSSP-riskimoduulissa voidaan arvioida hulevesiin kohdistuvia biofyysisiä ja ihmistoiminnan aiheuttamia riskejä sekä kohdistaa toimenpiteitä resurssiviisaasti.

6.1 Kaupunkivaluma-alueen määrittely

Vesistöjen tutkimus käyttää tarkastelualueena valuma-aluetta, sillä mm. hydrologinen, geomorfologinen ja vesiekologinen tutkimus vaati tyypillisesti vesistön valuma-alueen määrittelyä. Valuma-alueella tarkoitetaan maantieteellistä aluetta, josta vesistö saa vetensä. Valuma-alueet voidaan erottaa toisistaan aseman ja vedenjakajien avulla, joilla tarkoitetaan muuta ympäristöä korkeampia alueita. (Strahler 2013; Pidwirny 2006.)

Perinteisesti tämä jako on tehty karttatyönä piirtämällä alueet korkeuskäyrien avulla, mikä on kuitenkin aikaa vievä ja inhimillisille virheille altis prosessi. Sen takia valuma-alueet määritetään yleensä digitaalisesti. Valuma-alueen digitaalinen määrittäminen vaatii aina digitaalisen korkeusmallin ja siihen sopivan virtaussuunta-algoritmin, jonka avulla pystytään määrittämään virtauksen suunta tai suunnat korkeusmallista (Esri n.d; GISGeography 2022a).

Valuma-alueet voidaan jakaa vedenjakajien avulla haluttuun skaalaan osavaluma-alueiksi. Ainoa rajoittava tekijä vedenjakajien lisäksi on korkeusmallin tarkkuus (Pidwirny 2006). Korkeusmalli on maanpinnan korkeusarvon esitys numeerisessa muodossa. Suomessa avoimen korkeusdatan tuottaa MML kahdella eri hilakoolla: 2 metriä ja 10 metriä (MML n.d-c). Hilakoolla on merkitystä valuma-alueiden määrittämisessä. Paremmalla resoluutiolla, eli pienemmällä hilakoolla, saadaan tarkempia valuma-alueita, mutta laskenta-ajat kasvavat (Chang 2016). Kuvassa 33 on esitettyä pilottipaikkakunnista Forssassa sijaitseva Kuhalanojan valuma-alue laskettuna eri valuma-alue työkaluilla sekä hilakoolla. Kuvan yläosassa valuma-alueet on laskettu samalla työkalulla.



Kuva 33 Hilakoon, polttamisen ja työkalun merkitys valuma-alueen määrittämisessä. Polttamisesta selitetään edempänä.

Valuma-alueen määrittelyn digitaaliseksi korkeusmalliksi valittiin MML:n Korkeusmalli 2 m (KM 2) aineisto, joka on hilakooltaan tarkempi kuin toinen MML:n tuottama korkeusmalli Korkeusmalli 10 m (KM 10). Aineisto on hilakooltaan kaksi metriä ja sen korkeustarkkuus vaihtelee laatuluokittain 30–100 cm välillä. Alkuperäisen laserkeilausaineiston pistetiheys on 0,5 m². KM 2 edustaa niin sanottua paljaan maan topografiaa eli siitä on poistettu kiinteät rakenteet, kasvillisuus ja ei-kiinteät geologiset kohteet. (MML n.d.-c.)

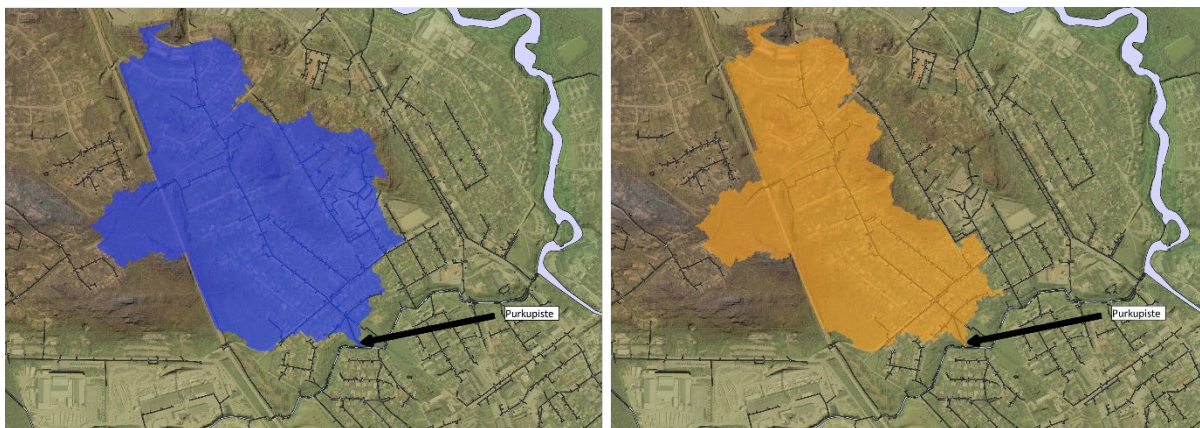
Vaihtoehtona Korkeusmalli 2 m -aineistolle harkittiin MML:n 5 p laserkeilausaineiston hyödyntämistä ja droonikuvausta. Laserkeilausaineiston käyttöönoton esteeksi muodostuivat käyttö- lupa- ja lisenssikulut sekä pilottipaikkakuntien intressit (MML n.d.-e). Laserkeilausaineiston LAZ-formaatin muuntaminen hilamuotoiseksi korkeusmalliksi onnistuu QGIS sovelluksen kautta LAsTools -työkalulla (Qgis.org n.d-b). Tämä prosessi todettiin testiaineiston perusteella liian työlääksi. Lisäksi sovelluksen käyttämiseksi tulisi hankkia lisenssi LAsTools-ohjelmaan ja

laserkeilausaineistoon (rapidlasso n.d), mikä lisää kustannuksia. Lopullinen hylkäys tapahtui, kun todettiin, että laserkeilausaineistot eivät kattaneet jokaista pilottialuetta kokonaan (MML n.d-f).

Droonikuvauksen esteeksi nousivat pilottipaikkakuntien intressit, kuten hinta ja luvat sekä käytettävyys. Yli 500 gramman droonin lennättäminen vaatii lentolupakirjan sekä erityisluvan droonin lennättämiseen asutettujen alueiden yllä (Traficom 2022). Kaikki pilottialueet sijaitsivat asutuksen läheisyydessä. Lisäksi pilottialueet olivat ajankäytön takia liian suuria kuvattavaksi droonilla pilottivaiheessa.

Kaupunkiympäristössä ja taajamissa vesi kulkee usein pinnan alla peitteisenä joko rummuissa, putkissa tai siltojen alla. Vettä ohjataan hulevesiverkkoon pääosin painovoimaisesti, mutta vettä voidaan myös ohjata painovoiman vastaisesti pumppuilla (Kuntaliitto 2012). Pilotoinnissa ei otettu huomioon veden pumppausta, sillä pilottialueilla ei ollut pumppuja merkittävästi käytössä.

Jotta kaupunkimaisilla alueilla voidaan määrittää valuma-alueet tarkasti, on digitaalisen korkeusmallin huomioitava hulevesiverkoston peitteisyys. Hulevesiverkoston suuri peitteisyys on syy miksi kaupunkimaista valuma-aluetta ei voi suoraan määrittää MML:n korkeusmallista. Uomat on saatava edustetuksi korkeusmallissa, muuten valuma-alueiden määrittäminen on epätarkkaa. WSSP:ssä hulevesiverkosto tuodaan korkeusmalliin polttamisen avulla. Polttamisella (myös kovertaminen) tarkoitetaan digitaalisen korkeusmallin hilan arvojen laskemista ennalta määritetyistä kohdista alemmiksi arvoiksi. Polttaminen on tyypillinen tapa virtausuunnan ohjaamiseksi korkeusmallissa (Lindsay 2015; Lindsay 2012). Kuvassa 34 on kuvattu polttamisen vaikutusta erääseen valuma-alueeseen. Kuvasta huomataan, että ilman polttamista hulevesiverkon peitteisyys vääristää valuma-alueita. Kuvassa sininen valuma alue on vääristynyt ja oranssia suurempi, koska hulevesiverkoston peitteisyyttä ei ole huomioitu korkeusmallissa.



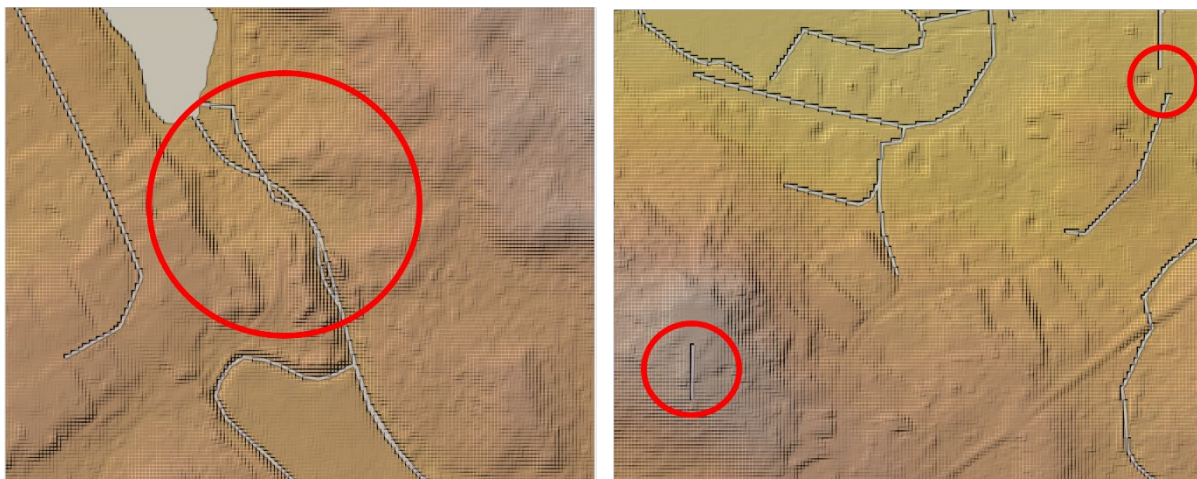
Kuva 34 Sininen valuma-alue on vääristynyt ja oranssia suurempi, koska hulevesiverkoston peitteisyyttä ei ole huomioitu korkeusmallissa.

Polttotapoja on useita erilaisia. Pilotoinnissa kuitenkin pyrittiin pitämään polttoprosessi mahdollisimman yksinkertaisena. Pilotoinnissa ei vertailtu erilaisia polttotapoja tai niiden vaikutusta valuma-alueen mallintamisen tarkkuuteen. WSSP:ssä korkeusmalli poltetaan samanaikaisesti yhdellä kertaa niin sanotun polttotason avulla. Polttotaso koostuu kunnallisesta hulevesiverkosta ja MML:n maastotietokannan hydrografisista kohteista sekä altaista, joista muodostetaan monikulmiomuotoinen vektori. Aineistot valittiin helppokäyttöisyyden ja tarkkuuden takia. Polttamisen vaikutukset korkeusmalliin on demonstroitu kuvassa 35, jossa poltetut uomat näkyvät muuta ympäristöä tummempina hiloina.



Kuva 35 Vasemmalla polttamaton ja oikealla poltetu korkeusmalli. Polttaminen näkyy korkeusmallissa selkeästi tummempina hiloina ja uomaverkosto on yhtenäisempi.

Pilottipaikkakunnat toimittivat tiedot hulevesiverkostosta teknisenä piirustuksena. Tekniset piirustukset sisälsivät vesilaitoksen hulevesiverkkoon kuuluvat avouomat, rummut sekä hulevesiputket ja kaivot. Pilottialueilla ei ollut sekaviemäröintiä. Joissain tapauksissa myös vakavesistöt, eli lammet, järvet ja altaat, tulivat aineistojen mukana. Hulevesiverkoston teknisen piirustuksen tarkkuus, laatu ja luonne sekä formaatti vaihtelivat pilottipaikkakunnittain. Jokaisen pilottipaikkakunnan hulevesiverkostossa havaittiin epäjatkuvuuskohtia ja puutteita, joilla oli vaikutusta valuma-alueen mallintamiseen. Epäjatkuvuuskohdiksi laskettiin ne kohteet, jotka eivät olleet hydrologisessa yhteydessä muuhun vesiverkostoon. Lisäksi toisinaan kunnallisen hulevesiverkon ja maastotietokannan tiedot uoman sijainnista vaihtelivat paljon. Joissain tapauksissa tämä saattaa johtaa virheellisesti kaksoisuomien syntymiseen. Kuvassa 36 on esimerkkejä epäjatkuvuuskohdista ja eroista kunnallisen ja kansallisen aineistojen välillä.



Kuva 36 Vasemmalla sama uoma poikkeaa sijainniltaan kunnallisen hulevesiverkoston ja maastotietokannan aineistojen välillä. Oikealla on kuvattu kaksi epäjatkuvuuskohtaa, jolloin poltetut uomat eivät ole hydrologisessa yhteydessä muuhun uomastoon.

WSSP:ssä kunnallinen hulevesiverkosto ja kansalliset maastotietokannan kohteet sulatetaan yhdeksi polttotasoksi. Polttotaso edustaa kokonaisvaltaisesti vesiverkostoa hulevesien kanalta. Pilotoinnissa polttotasoa ei korjattu mitenkään. Menetelmään saadaan lisää tarkkuutta korjaamalla poltossa käytettävää tasoa, sillä erityisesti vesiverkoston jatkuvuus ja uomien tarkemmat sijainnit parantaisivat tuloksia (Ollila 2022). Pilotoinnissa ei huomioitu kaivoja valuma-alueen määrittelyssä. Todellisuudessa vesi kulkeutuu kaivojen kautta putkistoon, mutta tästä huolimatta peitteisiä hulevesiverkoston osia kohdeltiin avouomina. Myöskään putkien ja rumpujen korkoa, halkaisijaa tai materiaalia ei huomioitu pilotointivaiheessa.

Polttamisen vaihtoehtona pohdittiin osavaluma-alueiden korjaamista hulevesijärjestelmän ja tonttirajojen avulla. Tässä oletuksena on, että hulevedet käsitellään aina tontilla ja niitä ei johdeta viereisille tonteille, vedet kulkevat aina lähimpään hulevesijärjestelmään tai luonnolliseen vesistöön painovoimaisesti sekä kaikki rakennetut tontit ovat liittyneet hulevesiverkoon. Valuma-alueet muodostettaisiin halutussa skaalassa ja valuma-alueisiin lisättäisiin tai poistettaisiin tontteja oletusten mukaisesti. Kokeilun perusteella huomattiin, että menetelmä ja sen oletukset synnyttivät useita ongelmia. Osa pilottialueiden tonteista oli niin laajoja, että ne ulottuivat joissain tapauksissa useille osavaluma-alueille, jotka purkivat vettä eri suuntiin.

Tonteilla saattoi myös olla useita rakenteita, joiden vedet voisivat purkaa eri osavaluma-alueille. Kuvassa 37 esitetty testien ongelmakohteita, joita oli testialueella useita. Osavaluma-alueen korjaaminen tonttirajojen avulla hylättiin testien perusteella.



Kuva 37 Tonttijaon ongelmia. Kuvassa mustalla viivalla tonttirajat ja punaisella viivalla (hule)vesiverkosto. Taustan eri värit (sininen, violetti, punainen ja vihreä) tarkoittavat eri valuma-alueita. Vihreillä nuolilla osoitettujen talojen ja tonttien vedet voivat purkaa yhtä todennäköisesti kummalle tahansa tontteja leikkaavalle valuma-alueelle.

Valuma-alueen määrittelytyökaluksi pilotoinnissa valittiin GRASS GIS r.watershed ja sitä tukemaan r.water.outlet. R.watershed on D8 -virtaussuunta-algoritmiin perustuva valuma-alue työkalu, jonka avulla voidaan tuottaa valuma-alueet, virtaussuunnat ja virtojen sijainnit halutussa skaalassa. Työkalu on parametreiltään erittäin muunneltava ja sallii laskenta-alueen rajauksen jopa lennosta. Tämä lyhentää laskuaikaa ja mahdollistaa erittäinkin tarkkojen

parametrien käyttämisen pienemmille alueille ilman korkeusmallin leikkaamista. (GRASS Development Team, n.d.-a.)

R.water.outlet on GRASS GIS työkalu, jolla pystytään osoittamaan r.watershedin tuottamasta virtaussuuntatasosta mille tahansa osoitetulle hilalle sen alapuolinen valuma-alue (GRASS Development Team, n.d.-b). Pilotoinnissa SAGA GIS:in hydrologiset työkalut osoittautuivat helpokäyttöisiksi, mutta eivät parametreiltään yhtä muunneltaviksi eikä työkaluissa ollut mahdollisuutta laskualueen rajaukseen. Lisäksi SAGA GIS tuki on loppumassa QGIS:in 3.30 versiossa ja ohjelmaa tulee sen jälkeen käyttää oman käyttöliittymänsä kautta (Github, n.d-a).

R.watershed:in etuna on lisäksi niin kutsuttu least-cost search-algoritmi, jonka avulla virtaussuunta ei pysähdy korkeusmallin kuoppiin, satuloihin, tasanteisiin tai huippuihin. Algoritmi etsii naapurihilojen kaltevuuden perusteella virtauksen kannalta edullisimman reitin. Algoritmin johdosta r.watershed:ssa käytettyä korkeusmallia ei tarvitse täyttää, mikä säästää työaika, kun kelpoisinta täyttötyökalua ei tarvitse etsiä. Tästä syystä pilotoinnissa ei testattu eikä WSSP-ohjeissa esitetä, kuinka valuma-alueet täytetään. Least-cost search-algoritmi sallii myös erittäin suurien polttoarvojen käyttämisen, sillä virtaus nousee aina kuopasta, oli syvyys mikä tahansa. (GRASS Development Team, n.d.-a.) Esimerkiksi Raudaskoski (2016) käyttää hulevesitutkimuksessaan sadan metrin polttoarvoa samalla työkalulla.

WSSP:ssä valuma-alue on maankäytön ja riskikartan kanssa huleveden hallinnan työkalu. Käytetyt menetelmät huomioivat kaupunkivaluma-alueen peitteisyyden ja valittu työkalu on kelpoisin saatavilla olevista FOSS4G-työkaluista. WSSP-valuma-aluemoduulin tuloksena syntyvät valuma-alueet ovat ainoastaan niin tarkkoja kuin käytetyt lähtöaineistot. Paras mahdollinen tulos saadaan jatkuvalla ja tarkalla viivamuotoisella hulevesiverkoston teknisellä piirustuksella sekä tarkkaresoluutioisella korkeusmallilla. Valuma-alueen määrittelyä voidaan muuttaa modulaarisuuden avulla, joka sallii sekä parametrien ja valuma-alueen määrittämisen työkalun vaihdon. WSSP-valuma-aluemoduuli on melko nopeahko toteuttaa.

6.2 Maankäyttöluokkien ja muutosalueiden määrittely

WSSP:ssä maankäyttöluokalla tarkoitetaan aluetta, jossa ihmistoiminta ja biofyysinen ympäristö vaikuttavat alueen hulevesien muodostumiseen, riskeihin ja ratkaisuihin. Muutosalueet ovat alueita, jotka voivat muuttua tulevaisuudessa hulevesien kannalta sellaisella tavalla, ettei niitä voida pitää enää samana maankäyttömuotona. Esimerkiksi metsäalueen muuttuminen palvelualueeksi johtaa viherpeitteisyyden ja vettä läpäisevien pintojen vähenemiseen. Tämän lisäksi ihmistoiminnan luonne alueella muuttuu täysin. Muutosalueiden tunnistaminen auttaa hahmottamaan ja valmistautumaan tuleviin hydromorfologisiin muutoksiin. Lisäksi maankäyttömuodoille voidaan antaa riskiarvo, jonka avulla ihmistoiminnasta syntyvää riskiä voidaan arvioida alueellisesti.

Maankäyttöluokka on jaettu 12 maankäyttömuotoon, joita ovat:

- Keskustatoimintojen alueet
- Työ- ja teollisuusalueet
- Palvelualueet
- Kenttäalueet
- Liikennealueet
- Väljät asuinalueet
- Tiiviit asuinalueet
- Maatalousalueet
- Avoimet viheralueet
- Metsäalueet
- Vesistöalueet
- Erityisalueet

Maankäyttömuodot on kuvailtu yksityiskohtaisesti liitteessä 6. Maankäyttöluokan maankäyttömuotojen muodostamiseen vaikuttivat pilottipaikkakuntien tarpeet ja resurssit,

lähtöaineisto sekä aiemmat hulevesitutkimukset. Maankäyttöluokittelu katsottiin tarpeelliseksi, koska sen avulla voitiin arvioida ihmistoiminnan aiheuttamaa riskiä ja arvioida huleveden hallintakeinojen kelpoisuutta alueellisesti erityisesti hulevesien näkökulmasta.

Maankäyttöluokan maankäyttömuotojen muodostamisessa oli kolme periaatetta:

1. Hulevesiin vaikuttava ihmisen toiminta alueella. Ihmisen toiminta kuormittaa hulevesiä eri tavalla ja eri skaalassa riippuen alueen käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi Kuntaliiton (2012) mukaan teollinen toiminta eroaa olennaisesti asuinalueista kuormitukseltaan ja haitta-aineiltaan sekä haittatekijöiltään.
2. Hulevesien kannalta merkittävä rakentamaton alue, joissa ei synny merkittävässä määrin hulevettä. Näitä ovat esimerkiksi rakentamattomat metsä- ja maatalousalueet sekä avoimet viheralueet. Alueet ovat kuitenkin merkittäviä, koska ne voivat toimia tilaa vaativien hulevesirakenteiden sijoituspaikkoina. Vaikka hulevesikuormitus ei ole suurta, on maa- ja metsätalousalueiden hajakuormitus merkittävä tekijä vesistöjen kuormituksessa (MTK, 2020; MTK, 2021).
3. Omistussuhteiden ja ihmistoiminnan asettamat rajoitteet hulevesiratkaisuille. Ihmistoiminta luo alueittain toisistaan poikkeavia ympäristöjä. Esimerkiksi keskusta- ja teollisuusalueilla on laajoja läpäisemättömiä pintoja, kuten teitä ja pysäköintialueita. Hulevedet ohjataan usein suoraan katoilta ja läpäisemättömiltä pinnoilta suoraan maan alle hulevesi- tai sekaviemäriin. Omakotitaloalueilla on usein enemmän läpäiseviä pintoja, kuten nurmialueita sekä piha- ja puutarha-alueita.

Näiden kolmen tekijän lisäksi pyrittiin huomioimaan pilottipaikkakuntien erikoistarpeet. Maankäyttöluokittelu ei voi kuvata maailmaa absoluuttisen tarkasti, vaan luokittelua on karkeistettava sidosryhmien resurssien ja lähtöaineistojen ehdoilla. Tästä syystä maankäyttöluokassa ei muodosteta täysin homogeenisiä kohteita. Maankäyttömuodon sisällä vettä läpäisevän pinnan määrä ja ihmistoiminnan intensiteetti sekä skaala saattavat vaihdella. Esimerkiksi teollisuusalueita ei ole WSSP:ssä eritelty raskaaksi tai kevyeksi teollisuudeksi, eikä

asuinalueita ei ole luokiteltu tonttikoon tai käytetyn rakennusoikeuden mukaan omiksi maankäyttömuodoikseen.

Myös aikaisempien Suomalaisten hulevesitutkimusten (Peltola-Thies 2005; Kuusisto 2003) maankäyttöluokittelut auttoivat hahmottelemaan maankäyttömuotoja. Hulevesiopus (Kuntaliitto 2012) ei systemaattisesti erottele maankäyttöä erotettaviksi luokiksi. WSSP:ssä maankäyttöluokan maankäyttömuotoihin kiinnitetään vain ihmistoiminta ja sen aiheuttama riski. Datan selkeyttämisen ja helppokäyttöisyyden takia maankäytön kohteen minimikooksi asetettiin 0,5 hehtaaria. Tällä yksikkökoolla pyrittiin korjaamaan alueiden sirpaleisuutta ja helpottamaan digitointia. Kohteiden kapeutta ei huomioitu pilotoinnissa, joten hyvin kapeat ja pitkät muodot ovat mahdollisia.

Pilotoinnissa haluttiin luoda aineisto, joka huomioi nykytilan lisäksi muutosalueet. Tällaista aineistoa ei ole valmiina, vaan sen luomiseksi on käytettävä apuna kunnallisen yleiskaavan antamaa tietoa. Yleiskaava kuvaa nykytilan lisäksi sitä miksi ympäristö halutaan muuttaa. Yleiskaavalle pohdittiin vaihtoehtoja hankkeen aikana. HAMKin vesitekniikan moduulissa syksyllä 2021 hyödynnettiin Corine maanpeite 2018-aineistoa maankäyttöluokittelun pohjana. Kansallinen Corine on 20 metrin hilakoon omaava rasteriaineisto, jossa pienin kuvio on 0,5 HA ja hilakoko 20 metriä (Ymparisto.fi n.d). Aineistossa käytetyn resoluution vuoksi siitä katoaa rakennuksia, rakenteita ja pienempiä teitä, joten aineiston todettiin olevan liian epätarkka WSSP:hen.

Maankäyttöluokittelun työkaluksi kokeiltiin myös Semi-automatic-classification kaukokartoitustyökalua QGIS 3.16 versiossa. Tämän liitännäisen avulla voidaan toteuttaa avoimesti ja ilmaiseksi puolivalvottua kaukokartoitusluokittelua. Maankäyttöluokittelun luomiseksi tarvitaan pilvetön satelliittikuva, josta määritellään valon aaltopituuden mukaan luokat käyttäjän asettamilla parametreilla. Tarvittava satelliittikuva voidaan ladata liitännäisen kautta. (Congedo 2021.) Menetelmä todettiin kuitenkin liian raskaaksi tavaksi tuottaa aineistoa.

Pilotoinnissa kokeiltiin myös yleiseurooppalaista EEA:n tuottamaa Urban Atlas 2018 aineistoa, joka on kaupunkialueiden maankäyttöä kuvaava vektoriaineisto. Aineisto on tuotettu kaukokartoitusta ja väestötiheyttä hyödyntäen. Urban Atlas -aineiston etuna on tarkkuus ja

käytettävyys, mutta aineisto kattaa nykyisellään ainoastaan vain osan Suomea. Pilottipaikkakunnista ainoastaan Pirkkala oli aineiston kattamaa. (EEA n.d-b.)

Kaikille yleiskaavan vaihtoehdoille yhteistä on se, ettei niistä voida johtaa muutosalueita. Pilotoinnissa ei vertailtu Corinen, Urban Atlaksen tai kaukokartoituksen avulla tuotettua maankäyttöluokittelua yleiskaavasta tuotettuun maankäyttöön. Corinen osittaista hyödyntämistä voitaisiin harkita esimerkiksi siinä tapauksessa, kun yleiskaava ei kata valuma-aluetta. Yleiskaavaa ei kuitenkaan kokonaan voida kokonaan hylätä, mikäli aineistosta halutaan löytää muutosalueet.

Jokaisesta pilottikunnasta saatu kaavan tekninen piirustus oli erityyppinen ja erilaatuinen. Tiedostomuodot, ominaisuustiedot ja geometrian muodot vaihtelivat kunnittain, kuten myös tarkkuus. Tämä johtunee toisistaan poikkeavista työtavoista ja käytetyistä ohjelmistoista. Jokaisen pilottikunnan lähtöaineisto tuotti omanlaisia haasteitaan. Koska erilaisia lähtöaineistoja on todennäköisesti yhtä monta kuin on kuntaakin, ei jokaista yleiskaavan tuottamaa ongelmatilannetta voitu ratkaista pilotoinnissa.

Paras mahdollinen lähtötilanne WSSP:ssä saavutetaan, kun yleiskaava on yhtenäinen jatkuva monikulmio, jossa jokaisella kohteella on kaavan käyttötarkoitusta vastaava yksilöitävä tunniste ominaisuustietona. Kaavan käyttötarkoituserkintää vastaavan kirjainlyhenteen havaittiin olevan parhaiten ymmärrettävä ominaisuustieto ja WSSP-ohjeistus tukeutuu osittain siihen, että kohteilla on kirjainlyhenne. Kaavan käyttötarkoitusta vastaava tieto ei osoittautunut täydelliseksi WSSP:n maankäyttö- ja muutosalueiden määrittämisessä. Osa kaavan osoittamista käyttötarkoituksista ei sovi yhteen WSSP-maankäyttöluokan maankäyttömuotojen kanssa. Näitä ovat esimerkiksi kaavan M (Maa- ja metsätalousvaltainen alue) ja V (Virkistysalueet). Maa- ja metsätalouden alueet voivat kuulua joko WSSP:n maatalousalueet tai metsäalueet maankäyttömuotoon. Samoin virkistysalueet voivat olla WSSP:n maankäyttömuodoissa joko metsäalueita tai avoimia viheralueita.

Pilottipaikkakunnilta saaduissa monikulmiomuotoisista yleiskaavoista löytyi topografiavirheitä, esimerkiksi geometrian hukkapaloja, limittäisyyksiä ja reikiä. Limittäisyys edustaa aineistossa virheellistä dataa ja haittaa erityisesti muutosalueiden määrittämisessä. Reiät

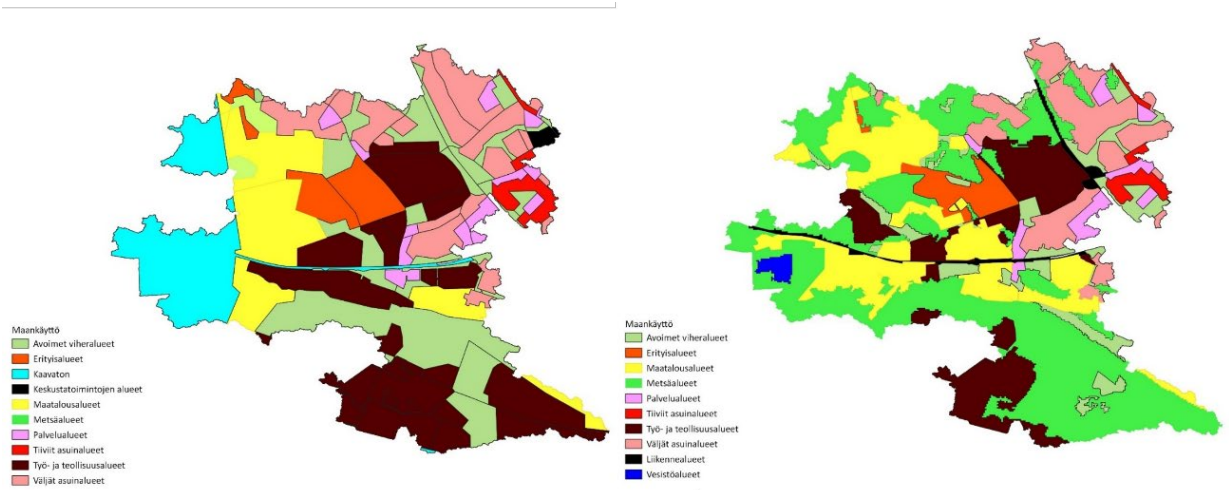
kuvaavat puuttuvaa aineistoa. Hukkapalat vaikuttavat tulokseen, kun kohteita liitetään toisiinsa yhteisen jaetun rajan perusteella. Chang (2016) mukaan nämä virheet ovat hyvin tyypillisiä ja endeemisiä digitointiprosessille. Pilotoinnissa pyrittiin korjaamaan kaikki topografiset virheet mahdollisimman automaattisesti, mutta prosessia ei saatu toimimaan täysin tyydyttävästi. Topografinen korjaus vaatiikin käyttäjältä paljon työaikaa.

GRASS v.clean -työkalua ei saatu toimimaan johdonmukaisesti QGIS-käyttöliittymästä käsin. Työkalu antoi eriäviä tuloksia käytettäessä GRASS GIS -ohjelmiston kautta. Työkalu on tarkoitettu topografian automaattiseen korjaukseen, mikä helpottaa topografiavirheiden korjaamista (GRASS Development Team n.d.-c). Geometry checker -ja Topology Checker -liitännäiset esittivät toisistaan eriäviä topologisia tuloksia. Geometry checker on liitännäinen, jonka avulla voidaan tarkistaa vektoritason validiteettia ja korjata geometrisia virheitä sekä paikantaa virheiden sijainteja (Qgis.org n.d-c). Topology checker -liitännäinen osoittaa käyttäjän asettamilla parametreille virheiden sijainnit (Qgis.org, n.d-d). Geometry checker ei pilotoinnissa kyennyt korjaamaan kaikkia pilottikuntien aineistoja täysin tyydyttävällä tavalla.

Maankäyttöluokitellusta ja topografisesti ehjästä aineistosta saadaan nykytilaa kuvaava kokonaisuus yhdistämällä siihen täydentäviä vektoriaineistoja. Pilotoinnissa nykytila muodostettiin täydentämällä yleiskaavaa MML:n maastotietokannan kohteilla. Maastotietokannasta valittiin ne kohteet, joista pystyttiin muodostamaan maankäyttöluokan maankäyttömuotoja. Täysin WSSP:hen sopivaa metsiä kuvaavaa vektoriaineistoa ei löydetty pilotoinnin aikana. Pilotoinnissa metsät muodostettiin Luonnonvarakeskuksen Puuston keskipituus (dm) ja Puuston latvuspeittävyys, koko puusto (%) -rasteriaineistojen avulla. (LUKE 2019a; LUKE 2019b) Metsäksi määriteltiin FAO:ta (2020) mukaillen 0,5 HA yhtenäiset, yli 10 % latvuspeitteisyyden ja 5 metrin korkuiset alueet. Pilotoinnissa poikettiin FAO:n (2020) 20 metrin leveysvaatimuksesta, mikä johtui LUKE:n lähtörasteriaineiston resoluutiosta, joka on 16 metriä.

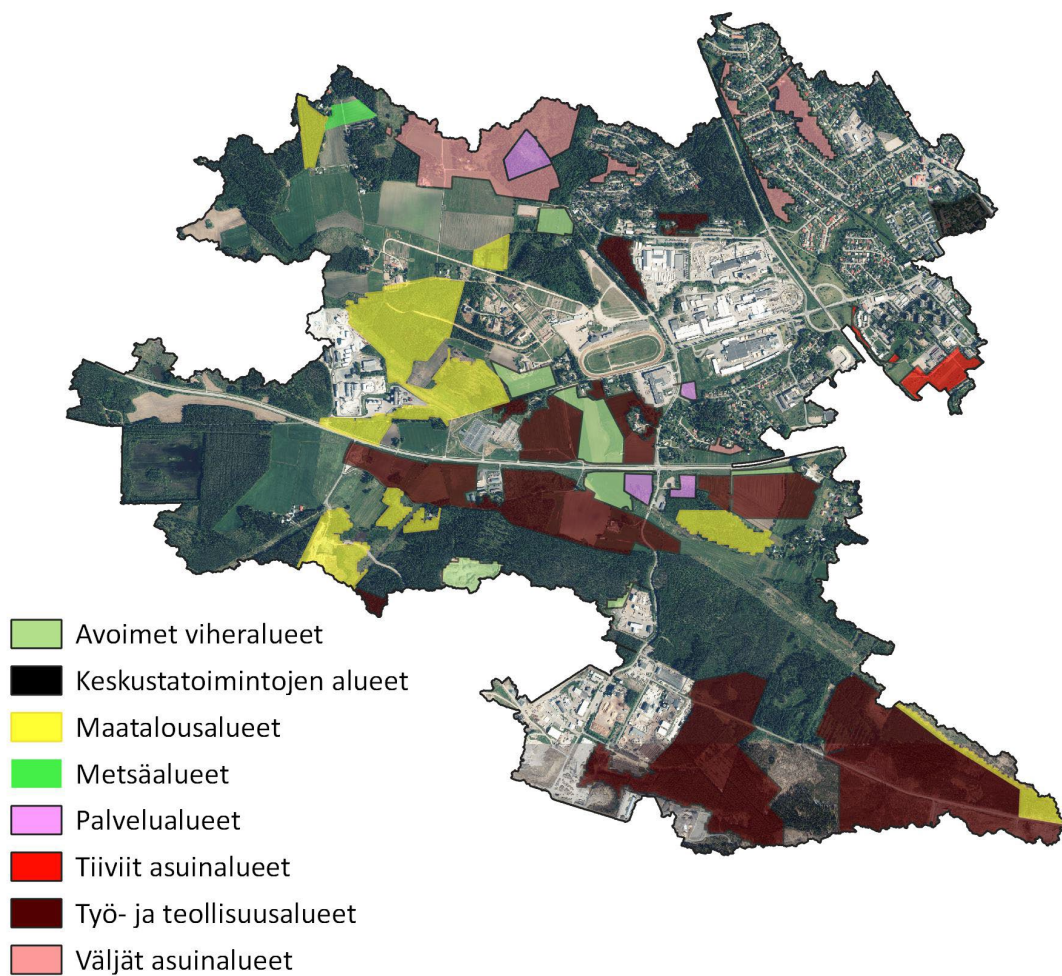
Täydentävät aineistot lisättiin WSSP:ssä yleiskaavaan hierarkkisessa järjestyksessä. Pilotoinnissa tarkin aineisto oletettiin olevan maastotietokanta, sitten luotudut metsävektorit ja viimeisenä yleiskaava. Maankäyttövektori viimeisteltiin digitoimalla sitä ilmakuvan avulla, mutta WSSP:ssä voidaan myös hyväksyä epätarkkuus ilman digitointia. Digitoinnin laajuus on kiinni

WSSP:n käyttäjän tarpeista. Ilmakuva, paikallistuntemus ja digitointi kuitenkin tarkentavat lopputulosta. Kuvassa 38 on esitetty yleiskaavasta maankäyttöluokiteltu ja tästä täydentävillä aineistoilla johdettu nykytilaa kuvaava maankäyttövektori.



Kuva 38 Korjaamaton ja korjattu maankäyttöluokittelu. Vasemmalla yleiskaavasta johdettu WSSP:n mukainen maankäyttö. Oikealla nykytilaa edustava WSSP:n maankäyttö.

Muutosalueet määritetään vertaamalla keskenään maankäytön mukaan luokiteltua täydentämätöntä yleiskaavaa ja nykytilaa kuvaavaa maankäyttöaineistoa. Luotujen paikkatietoaineistojen väliltä määritetään leikkaavat kohteet ja vertaamalla leikkaavien kohteiden ominaisuustietoja, voidaan määrittää muutosalueet. Muutosalueiden määrittäminen on yhtä tarkka kuin lähtöaineisto. Yleiskaavan puutteet tai vanhentuneen yleiskaavan käyttäminen tulee esiin muutosalueiden virheinä. Muutosalueiden määrittämisessä korostuu myös paikallistuntemus, sillä kaavattomille alueille ei voida osoittaa muutosalueita. Kuvassa 39 on esitetty Kuhalanojan muutosalueet, jossa maankäyttömuodot kuvaavat sitä miksi alue voi muuttua.



Kuva 39 Muutosalueet Kuhlanojan pilottialueella. Maankäyttöluokat kuvaavat muutosta ilmakuvaa vasten.

Valitusta lähtöaineistosta johtuen hulevesien maankäytön ja muutosalueiden määrittäminen oli WSSP:ssä työlästä ja osittain haastavaa. Ohjeista ei saatu niin suoraviivaisia tai automatisoituja kuin olisi ollut toivottavaa, sillä lähtöaineistona olleiden yleiskaavojen pienet erot ja standardisoinnin puute vaikuttivat tuloksiin sekä oli osittain esteenä prosessin automatisoinnille. Tästä syystä moduuli sisältää useita monimutkaisia prosesseja ja on altis inhimillisille virheille. Moduulin nopeuttamiseksi ja automatisoinnin mahdollistamiseksi lähtöaineiston tulisi WSSP:n seuraavissa kehitysvaiheissa olla paremmin standardisoitua tai lähtöaineistoksi tulisi

valita jokin muu aineisto, kuin yleiskaava. Moduulin suorittamiseen arvioidaan menevän aikaa lähtöaineiston ja tarkasteltavan alueen koosta riippuen noin 8–12 h.

6.3 Biofyysiset riskitekijät

Riskien tunteminen ja sijoittaminen kartalle ovat olennainen osa hulevesien turvallisuuspohjaista hallintaa. Pilotoinnissa riskiksi laskettiin tekijä, joka vaikuttaa negatiivisella tavalla Kuntaliiton (2012) määrittämiin hulevesien hallinnan tavoitteisiin. Pilottipaikkakunnissa riskit laskettiin kuudelle tekijälle:

- (NVDI) kasvillisuuden puutteen aiheuttama riski
- etäisyyden valuntaverkkoon aiheuttama riski
- läpäisemättömyyden aiheuttama riski
- maaperän hydrologisen johtavuuden tuottama riski
- kaltevuuden tuottama riski
- ihmistoiminnan aiheuttama riski

Lisäksi pilotoinnissa kokeiltiin tulvamallinnusta ja arvioitiin happamien sulfaattimaiden sekä pohjavesien riskejä. Kaikki pilotoidut riskit on kuvailtu yksityiskohtaisesti ja perusteltu arvioineen liitteessä 6.

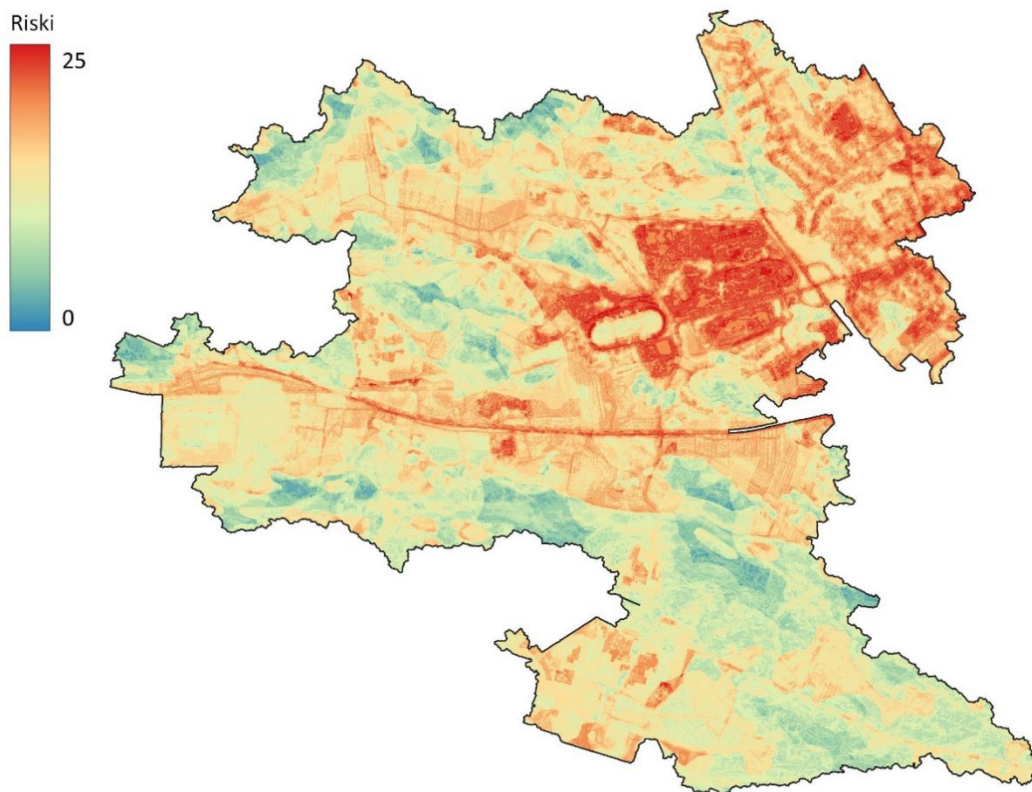
Pilotoitavien riskien valinnassa huomioitiin lähtöaineistojen saavutettavuus, käytettävyys ja pilottipaikkakuntien edut. Työpajoissa nousi esille joitakin kuntakohtaisia erityistarpeita, kuten arseenimaat ja ympäristötoimen valvontakohteet. Lisäksi riskiluokituksessa toivottiin saatavan paremmin esille kunnossapidon arvoja. Pilotoinnissa ei pystytty huomioimaan kaikkia kuntakohtaisia erityistoiveita tai ominaisuuksia. WSSP-riskimoduuli on kuitenkin rakennettu siten, että siihen on mahdollista lisätä uusia riskejä. Riskikartoitus tuleekin sovittaa jokaisen kunnan erityistarpeiden mukaiseksi ja huomioida tarpeen mukaan esimerkiksi esteettiset, kulttuuriset tai maisemalliset arvot, joita pilotoinnissa ei huomioitu.

WSSP laskee riskit rastereiksi 2 metrin hiloille hyödyntäen kansallista karttalehtijakoa ja -koordinaattijärjestelmää. Hilakoon arvioitiin olevan riittävän tarkka kuvaamaan riskiä, mutta ei

liian raskas käsiteltäväksi kuntatasolla. Käyttämällä kansallista koordinaatistoa ja - karttalehtijakoa säästytään enimmiltä rasterin muunnoksilta, sillä hilakoon ja koordinaatiston muuntaminen voi johtaa epätarkkuuksiin (GISgeography 2022b). Pilotoinnissa riskien aineistot ovat kansallisia, ja kansallisessa koordinaattijärjestelmässä, lukuun ottamatta ihmistoiminnan sekä läpäisemättömyyden pohja-aineistoja.

WSSP:ssä riskin merkittävyyttä kuvataan arvolla 0–5. Riskiarvot ovat lainattu aiemmista hulevesitutkimuksista tai ne ovat suoria uudelleenskaalauksia erilaisista arvoista asteikoille 0–5. HULVATTU-hankkeessa tehtiin ihmistoiminnan aiheuttama maankäyttömuotokohtainen riskin merkittävyyden arviointi, sillä tarvittavaa lähtöaineistoa ei ollut tarjolla. Riskiä kuvaava arvo ei ole eksakti totuus, vaan enemmänkin sumea arvo, jonka käyttäjä itse on määritellyt itse luoduilla standardeilla. WSSP:n käyttäjän on tiedostettava menetelmien ja lähtöaineistojen puutteet sekä tarkasteltava tulosta kriittisesti. Myös paikallistuntemus on tärkeää riskikarttaa tarkasteltaessa.

Kaikki riskit voidaan laskea lopuksi yhteen, jonka tuloksena saadaan muodostettua yhteinen riskikartta. Tällä ei voida ennustaa kuinka todennäköinen jokin tietty riski on, vaan kuinka merkittävä yhteenlaskettu riski on alueella. Riskikartan avulla voidaan tunnistaa ne alueet, jossa riskiä esiintyy, mikä auttaa kohdentamaan hulevesiratkaisuja kyseiselle alueelle. Kuvassa 40 on esitettyä yhteenlasketut riskit Kuhalanojan pilottialueelle.



Kuva 40 Kauhajoen pilottialueen hulevesiin kohdistuva yhteenlaskettu riski. Siniseksi värityneillä alueilla riski on pieni ja punaisilla alueilla suuri.

Tulvariski on erittäin olennainen osa hulevesien hallintaa. Pilotoinnissa kokeiltiin tulvasimulointia GRASS r.sim.water -työkalun avulla. R.sim.water on simulaatiomalli, joka huomioi alueellisesti vaihtelevan maaston, sademäärän ja päällysteen sekä maaperän. Työkalulla tuotetaan tietoa sadetapahtuman aikana syntyvästä veden virtaamasta ja veden syvyydestä, halutulla aikavälillä sekä parametreilla. (GRASS Development Team, n.d-d.) Kyseistä tulvasimulointityökalua on käytetty Norjassa vuosina 2020–21 mallintamaan hulevesitulvia (Li ym., 2020; Virtue 2021).

R.sim.water vaatii toimiakseen korkeusmallin sekä sen täyttämisen (Harmon n.d). Mallinnus toimii myös ilman täyttöä, mutta pilotoinnissa havaittiin, ettei täyttämätön korkeusmalli anna

loogisia tuloksia. Pilotoinnissa polttotason avulla poltettu korkeusmalli täytettiin GRASS GIS r.fill.dir työkalun avulla.

Tulvasimulointityökaluun tarvittava sadannan määrä hankittiin Suomen mitoitusasteiden muotokirjastosta (Ilmasto-opas.fi 2017). Kerran 100 vuodessa toistuva 60 minuutin sadetapahtuma simuloitiin Kuhalanojan pilottialueella useita kertoja eri parametreillä. Pilotoinnissa hyödynnettiin maantieteellisesti lähintä saatavilla olevaa sadetapahtumaa.

Maaperän vedenjohtavuus ilmoitetaan työkalulle kiinteänä arvona tai rasteritasona, jossa hilan arvot edustavat infiltraatiota millimetreinä tunnissa. R.sim.water ei kykene huomiomaan maaperän saturaatiota sadetapahtuman edetessä. (GRASS Development Team, n.d-d.) Maaperän vedenjohtavuutta kokeiltiin simuloida luomalla rasteritaso, pohjaten Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) maaperäpaikkatietoaineistoihin (GTK n.d). GTK:n (n.d) maalajeille annettiin FAO:n (n.d) määrittämät vedenjohtavuusarvot, minkä jälkeen vektoriaineisto rasteroitiin arvojen mukaisesti. Luodun rasteritason kertoimena käytettiin EEA:n läpäisemättömyys-rasteria, pintojen veden läpäisemättömyystietojen mallintamiseksi. Saturaation mallintamisen puutteen ja lähtöaineistojen epätarkkuuksien takia luotu vedenjohtavuusrasteri osoittautui pilotoinnissa liian epätarkaksi.

Työkalu vaatii myös Manningin kitkakertoimen standardiarvona tai rasteritasona (GRASS Development Team, n.d-d). Standardiarvon sijaan pilotoinnissa luotiin rasteritaso, jossa pohja-aineistona ja kitkakertoimina hyödynnettiin kansallista Corinea ja Papaioannou ym. (2018) tutkimuksessa käytettyjä kitkakertoimia. Corine luokiteltiin Papaioannou ym. (2018, s 11) mukaisesti uusiksi. Rasterin tuottaminen ja käyttöönotto onnistui mutkattomasti, lukuun ottamatta muutamia maankäyttöaineiston luokkaeroja Papaioannou ym. (2018 s 11) ja kansallisen Corinen välillä. Ulkopuolelle jääneiden Corine-luokkien kitkakertoimet otettiin lähimmästä vastaavasta Corine-luokasta.

R.sim.water:ssa voidaan myös simuloida veden kulkua hidastavia rakenteita estetason avulla (GRASS Development Team, n.d-d). Rasterimuotoinen estetaso luotiin digitoimalla veden kulun kannalta merkittäviä esteitä, jotka pilotoinnissa olivat putket, sillat, rummut ja padot. Lisäksi maastotietokannan mukaiset rakennukset poltettiin malliin. Estetasolle annettavia

arvoja työkalun vaatimia arvoja asteikolle 0–1 ei löydetty kirjallisuudesta, joten pilotoinnissa arvot osoitettiin kohteille seuraavasti:

- putki 0,5
- rumpu 0,5
- pato 0,5
- rakennus 1
- pato 1.

R.sim.water todettiin pilotoinnissa käyttötarkoitukseen soveltumattomaksi, mikä johtui QGIS:n 3.22 versiossa olevista ohjelmointivirheistä. Aikamallinnuksen toimimattomuus nosti laskenta-ajan tunnin mittaisella sadetapahtumalla tyypillistä pidemmäksi. QGIS 3.22 käyttäytymisestä käsin r.sim.water vaatii rasteritasojen luontia, jotka voisi normaalisti esittää kiinteänä arvona tai jättää kokonaan pois. (Github n.d-b; Github n.d-c.) Työkalun huomattiin toimivan moitteetta GRASS GIS sovelluksen kautta ja laskenta-ajan olevan normaali. Tästä syystä toisen paikkatieto-ohjelmiston käyttöönotto ei ole toivottavaa. Jotta työkalu tuottaisi parhaan mahdollisen tuloksen, tulee luoda estetaso ja kitkatasot sekä hakea mitoitusasteen arvo. Näiden tasojen luominen on pitkäkö prosessi ja lisäksi estetason vaatimat arvot tulisi osoittaa perustellusti. Pilotoinnissa tulvasimuloinnin prosessia ei saatu toimimaan tarpeeksi tyydyttävällä tavalla, joten tulvasimulaatiota ja tulvakarttojen luomista ei otettu osaksi WSSP:tä. On kuitenkin suositeltavaa, että tulvariskitiedot hankitaan muuta kautta.

Riskikartoituksen avulla saadaan alustava käsitys siitä, missä suurin alueellinen riski sijaitsee. Riskikartan yhdistäminen maankäyttöön, muutosalueisiin ja valuma-alueisiin helpottaa huleveden resurssitehokasta hallintaa. WSSP-riskimoduuli on nopeahko toteuttaa. Riskien laskeminen viimeisenä WSSP-moduulina nojaa osin aikaisempien moduulien tuloksiin, mutta soveltamalla ohjeita voidaan lähes koko riskimoduuli toteuttaa ilman aiempia moduuleita. Riskikartoitukseen on myös mahdollista ottaa lisää riskitekijöitä kunnan erityispiirteiden mukaisesti tai riskitekijöistä voidaan toteuttaa vain osittain.

6.4 Ihmisen toiminnan aiheuttamat riskit

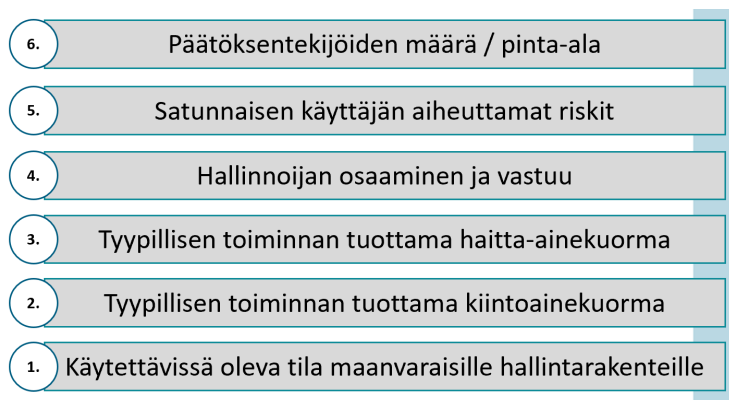
Kaupunkialueella ihmisen toiminta tuottaa erityistä ja osin ennakoimatonta riskiä. WSSP-riskityökaluun ihmistoiminnan riski on rakennettu maankäyttöluokittain. Lähtökohtana oli luoda maankäyttöluokittelu hulevesien hallintamahdollisuuksien näkökulmasta sekä tunnistaa ihmisille tyypillisiä toimintatapoja laaditussa luokittelussa. Ihmistoiminnalla tarkoitetaan asukkaiden ja maanomistajien toimien lisäksi myös esimerkiksi päätöksentekoketjuja sekä päätöksentekijöiden lukumäärää alueella.

Ihmistoiminnan aiheuttamat riskit hulevesien laatuun voivat tapahtua missä tahansa kaupunkivaluma-alueen osalla. Ison ja kertaluonteisen riskin toteutuminen, esimerkiksi haitallista ainetta sisältävän säiliöauton rikkoutuminen tai loka-auton tyhjennys sadevesiverkkoon, voivat olla vastaanottavalle vesistölle äärettömän hankalia tapahtumia. WSSP:n ihmistoiminnan riski kuitenkin keskittyy jatkuvaan ja maankäyttöluokalle tyypilliseen toimintaan ja sen riskin arviointiin. Tavoitteena on tämänkin riskin osalta kohdentaa arviointi hajakuormitukseen yksittäisten pisteiden sijasta.

Käytettävissä oleva tila erityisesti maanvaraisille huleveden hallintarakenteille on kriteeri, joka käytännössä sijoittuu biofyysisten tekijöiden jatkoksi, mutta jota käytetään ihmistoiminnan riskitekijöissä korostamaan maankäyttöluokkien merkitystä. Umpinaiset säiliöt ja kattovihreä toimivat osana huleveden hallintaa, mutta painotus maanvaraiseen huleveden hallintaan pyrkii tukemaan hydrologista kiertoa ja pohjaveden korkeuden säilyttämistä. Esimerkkinä maankäyttöluokkien eroavaisuudesta on työpaikka- ja teollisuusalueiden kapeat ja nauhamaiset istutusalueet laajojen asfaltti- tai kattopintojen välissä ja toisaalta pientaloalueiden korttelirakenteen keskelle syntyvät laajat kasvillisuusalueet, mikäli rakentaminen sijoittuu ensisijaisesti tonttien etuosiin. Huleveden imeyttäminen kapeaan nauhamaiseen alueeseen vaatii huolellista suunnittelua, jottei imeytyvä vesi kulkeudu ympäröivän tasopinnan perustuksiin tai salaojiin.

Tyypillisen toiminnan tuottama haitta-aine ja kiintoainekuorma on WSSP:n ihmistoiminnan riskeissä käsitelty erillisinä tekijöinä (kuva 41). Haitta-aineriski kuvaa hyvin yleisellä tasolla ravinteiden, metallien ja bakteerien muodostamaa kokonaisriskiä, joka on hyvin erilainen

metsäisiltä alueilta, teollisuusalueilta ja asuinalueilta muodostuvassa hulevedessä. Kiintoainesta kulkeutuu huleveden mukana eniten maanrakennustöistä, jotka voivat vaihtelevasti sijoittua mihin tahansa maankäyttöluokkaan. Kuitenkin kiintoainesta kertyy eniten läpäisemättömiltä pinnoilta hiekoituksesta ja asfaltin kulumisesta syntyvänä katupölykuormana, joten kiintoainekuorman on ajateltu olevan korkeimmillaan niissä maankäyttöluokissa, joissa on suhteessa eniten vettä läpäisemättömiä pintoja. Toki myös tiettyihin maankäyttöluokkiin, kuten maanviljely tai pientaloalueiden kasvimaat, sisältyy toiminnan kautta jatkuvaa maan muokkausta tai avointa mullospintaa.



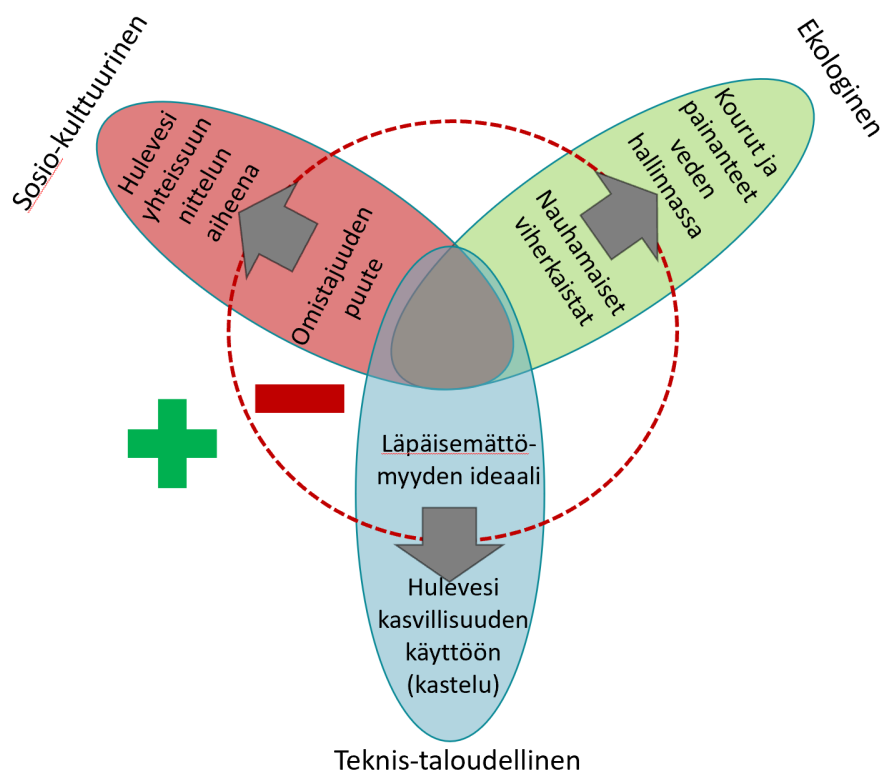
Kuva 41 WSSP:ssä on ihmistoiminnan riskin määrittelyssä käytetty kuuden tekijän keskiarvoa, jotka on esitetty kuvassa hierarkkisesti järjestettyinä.

Ihmistoiminnan riskeihin kuuluu myös päätöksentekijän osaaminen ja vastuu. Eri maankäyttöluokissa päätöksiä tekevät sekä asiantuntijat ja virkamiehet että yksittäiset harrastajat. Metsiin, peltoihin ja puistoihin liittyvä päätöksenteko tehdään asiantuntijatyönä, mutta palvelualueilla ja pientaloalueilla hulevesiin liittyvät päätökset saatetaan tehdä ymmärtämättä toimien vaikutuksesta hulevesien laatuun. Esimerkiksi päiväkotipihaan tai senioritalon viljelyprojektin ravinteiden huuhtoutuminen tuottaa erilaisen riskin kuin julkisen puiston maanäytettiin perustuva harkinnan varainen lannoittaminen.

Koko kaupunkivaluma-alueella ja sen eri maankäyttöluokissa syntyvän riskin kannalta on oleellista, kuinka monta päättäjää ylimalkaan alueella on. Pientaloalueella yksi

päätöksentekijä hallinnoi suhteellisen pientä aluetta, joten hänen päätöksellään ei ole suurta vaikutusta koko alueen huleveden laatuun. Sen sijaan, jos yksi päätöksentekijä vastaa isosta alueesta, voi riski muodostua merkittäväksi esimerkiksi laajoja läpäisemättömiä pintoja käsittävällä keskusta- tai teollisuusalueella. Osa laajojen alueiden yksittäisistä päätöksentekijöistä on asiantuntijapäättäjiä, kuten katu- ja puisto-osastojen virkamiehiä, maanviljelijöitä tai metsätillaisia, mutta myös näissä tapauksissa yksittäisen päätöksentekijän valinnoilla on laajat vaikutukset koko maankäyttöluokan ominaisuuksiin ja siten huleveden laatutekijöihin.

Satunnaisten käyttäjän aiheuttama riski eri maankäyttöluokissa perustuu kunkin maankäyttöluokan tyypilliseen toimintaan (kuva 42). Esimerkiksi työpaikka- tai teollisuusalueella materiaalien isot volyymit nostavat riskiä, mikäli satunnainen tavaratoimitus tehdään väärään paikkaan ja siten aiheutetaan vaikkapa kiintoaineksen huuhtoutumista suoraan sadevesijärjestelmään.



Kuva 42 Tiiviin asuinalueen eli kerrostaloalueen ihmistoiminnan hulevesille aiheuttamat riskit on esitetty kuvion keskellä. Osa riskeistä on hyvällä suunnittelulla ja asukkaiden osallistamisella kuitenkin muutettavissa mahdollisuuksiksi.

Maankäyttöluokkakohtaisen riskin tunnistaminen voi olla myös hyvä mahdollisuus määritellä toteutus suunnittelun lähtökohtia ja kääntää sitä kautta riski alueen vahvuudeksi. Suunnittelutyön luonteeseen kuuluu eri tekijöiden välillä tasapainoilu kulloinkin määritellyn tavoitteen osalta. Ihmisen toiminta käsittää suunnittelutyön lisäksi varsinaisen käyttövaiheen, jossa yksittäiset asukkaat muokkaavat ympäristöään. Riskistä vahvuudeksi –ajattelussa pääosan asukkaista ja alueiden käyttäjistä oletetaan olevan kykeneviä toimimaan ympäristön parhaaksi. Sopiva ympäristö tai käyttäjälähtöiset interventiot voivat houkuttaa merkittävän osan käyttäjistä toimimaan huleveden hallinnan kannalta tarkoituksenmukaisesti. Kaikkia maankäyttöluokan toimijoita ei välttämättä tarvita mukaan uusimuotoiseen toimintaan, joillain valuma-alueen osilla riittänee joidenkin kymmenien prosenttien osallistuminen.

Lähteet

Chang, K. 2016. Introduction to Geographic Information Systems. University of Idaho.

Congedo, L. 2021. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

EEA n.d.-a. Pan-European. <https://land.copernicus.eu/pan-european>

EEA n.d.-b. Urban atlas 2018. <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018?tab=metadata>

ESRI n.d. How Flow Direction works. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analysis/how-flowdirection-works.htm>

FAO 2020. Global Forest Resources Assessment 2020. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome.

FAO n.d. Infiltration rate and infiltration test. <https://www.fao.org/3/s8684e/s8684e0a.htm>

GISgeography 2022a. Flow Direction Calculates Water Direction Using Slope. <https://gisgeography.com/flow-direction/>

GISgeography 2022b. Raster Resampling for Discrete and Continuous Data. <https://gisgeography.com/raster-resampling/>

GISPO 2021. How big is the QGIS community <https://www.gispo.fi/en/blog/how-big-is-the-qgis-community/>

Github n.d.-a. Drop unmaintained saga provider from QGIS install <https://github.com/qgis/QGIS/pull/50834>

Github n.d.-b. r.sim.water parameters. <https://github.com/qgis/QGIS/issues/50568>

Github n.d.-c. updated parameters for r.sim.sediment. <https://github.com/qgis/QGIS/pull/50637>

GRASS Development Team n.d.-a. r.watershed. <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.watershed.html>

GRASS Development Team n.d.-b. r.water.outlet. <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.water.outlet.html>

GRASS Development Team n.d.-c. v.clean. <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/v.clean.html>

GRASS Development Team n.d.-d. r.sim.water. <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.sim.water.html>

GTK n.d. Maaperä 1:20 000/1:50 000. https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/maapera_20_50k.html

Harmon, B. n.d. Flooding in GRASS GIS A tutorial on flooding in GRASS GIS. <https://baharmon.github.io/flooding-in-grass>

Ilmasto-opas.fi 2017. Mitoitussateiden muotokirjasto. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/mitoitussateiden-muotokirjasto>

Kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas>

Kuusisto, P. 2002. Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. HELSINGIN YLIOPISTON MAANTIETEEN LAITOKSEN JULKAISUJA B48. <https://docplayer.fi/16706646-Kaupunkirakentamisen-vaikutus-pieniin-valuma-alueisiin-ja-vesistoihin-suomessa.html>

Li, H., Gao, H., Zhou, Y., Xu, C-X., Ortega, R. & Sæthun, R. 2020. Usage of SIMWE model to model urban over-land flood: a case study in Oslo. Hydrology Research. <https://doi.org/10.2166/nh.2020.068>

Lindsay, J. 2015. The practice of DEM stream burning revisited. Earth Surf. Process. Landforms 41, 658–668. <https://doi.org/10.1002/esp.3888>

Lindsay, J. 2012. Burn streams into DEM. <https://jblindsay.github.io/ghrg/Whitebox/Help/BurnStreams.html>

LUKE. 2019a Puuston keskipituus 2019(dm). <http://kartta.luke.fi/>

LUKE. 2019b. Puuston latvuspeittävyys, koko puusto 2019 (%) <http://kartta.luke.fi/>

MML n.d.-a. Paikkatietohakemisto. <https://www.paikkatietohakemisto.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>

MML n.d.-b. Paikkatietoikkuna. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

MML n.d.-c. Korkeusmallit. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/korkeusmallit>

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

MML n.d.-e. Laserkeilausaineisto 5 p. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/laser-scanning-data-5-p>

MML n.d.-f. Tilannekartta. <https://tilannekartta.maanmittauslaitos.fi/laserkeilaus>

Ollila, K. 2022. Pintavalunnan GIS-pohjainen mallintaminen – tapauksena topografialtaan tasainen metsäojitettu Jäälänjärven valuma-alue [Pro Gradu, Oulun yliopisto] <http://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202209203429>

Papaioannou, G., Efstratiadis A., Vasiliades L., Loukas A., Papalexioiu, S-M., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I. & Kossieris, P. 2018. An Operational Method for Flood Directive Implementation in Ungauged Urban Areas. *Hydrology* 2018, 5, 24. <https://doi.org/10.3390/hydrology5020024>

Peltola-Thies, J. 2005. Rakennetun ympäristön aiheuttama vesistökuormitus. <https://docplayer.fi/24437535-Rakennetun-ympariston-aiheuttama-vesistokuormitus.html>

Pidwirny, M. 2006. Fundamentals of Physical Geography. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/contents.html>

Qgis.org n.d.-a. Sustaining members and Donors. https://qgis.org/fin/site/about/sustaining_members.html

Qgis.org n.d.-b. LAsTools. <https://plugins.qgis.org/plugins/LAsTools/>

Qgis.org n.d.-c. Geometry checker. https://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user_manual/plugins/plugins_geometry_checker.html

Qgis.org n.d.-d. Topology Checker. https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/plugins/core_plugins/plugins_topology_checker.html

Rapidlasso n.d. Pricing. <https://rapidlasso.com/pricing/>

Raudaskoski, O. 2016. Hulevesien hallintavaihtoehtojen mallinnus tiiviissä taajamassa. Diplomityö, Aalto-yliopisto. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201603291566>

Strahler, A. 2013. Introducing Physical Geography. 6th edition. Wiley.

SYKE n.d. Paikkatietoaineistot. https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot

Traficom 2022. Dronea saa lennättää vain sallituilla alueilla. <https://traficom.fi/fi/ajankohtaista/dronea-saa-lennattaa-vain-sallituilla-alueilla>

Ymparisto.fi n.d. Corine maanpeite 2018. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/corine-maanpeite-2018>

Virtue J. 2021. Using the SIMulated Water Erosion (SIMWE) hydrological model to analyse potential flooding hotspots and the effects of Low Impact Developments (LIDs). A case study for the management of the Alna River catchment in Oslo, Norway.

Karttojen pohja-aineistot

EEA. 2018. Imperviousness Density 2018. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/status-maps/imperviousness-density-2018>

Forssan kaupunki. n.d. Hulevesiverkosto.

Forssan kaupunki. n.d. Yleiskaavayhdistelmä.

GTK. 2019. Maaperä 1:20 000/1:50 000. <https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>

LUKE. 2019. Puuston keskipituus 2019(dm). <http://kartta.luke.fi/>

LUKE. 2019. Puuston latvuspeittävyys, koko puusto 2019 (%) <http://kartta.luke.fi/>

Metsäkeskus. 2020. Valuma-alueen määrittäjätyökalu. <https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=4ab572bdb631439d82f8aa8e0284f663>

MML. 2021–2022. Hallintorajat, teemakartoille, ei merialueita. <https://paituli.csc.fi/download.html>

MML. 2021–2023. Maastokartta (rasteri) https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastokartta_rasteri

MML. 2021–2023. Ortoilmakuva <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/ortoilmakuva>

MML. 2021–2023. Taustakartta (rasteri) https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/taustakartta_rasteri

MML. 2022. Kiinteistörekisterikartta (vektori) https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/kiinteistorekisterikartta_vektori

MML. 2022–2023. Korkeusmalli 2 m. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/korkeusmalli>

MML. 2022–2023. Maastotietokanta. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastotietokanta>

Pirkkalan Kunta. 2016. Osayleiskaava.

Pirkkalan kunta. 2022. Ympäristölupakohteet.

Pirkkalan Kunta. n.d. Hulevesiverkosto.

SYKE. 2021. NDVI:n maksimiarvo v.2021. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/ndvi-n-maksimiarvo-v-2021>

SYKE. 2022. Valuma-alueen rajaustyökalu. <https://paikkatieto.ymparisto.fi/value/>

7. Viestintä

Kirjoittaja: Päivi Vartiainen

Hankkeessa saadun tiedon välittäminen pyrittiin toteuttamaan tehokkaasti ja laajasti eri kohderyhmille. Heti hankkeen alussa viestinnän tarpeita ja sopivia käytänteitä pohdittiin ja viestintää varten laadittiin suunnitelma, jota noudatettiin koko hankkeen ajan. Suunnitelmassa määriteltiin ydinviestit, kohderyhmät, tarvittavat käytännön toimenpiteet ja viestinnän kanavat. Viestintäsuunnitelmaa päivitettiin hankkeen edetessä ja viestinnän tarpeiden täsmentyessä. Viestinnän pääasiallisia kohderyhmiä olivat kunnat ja kaupungit (maankäytön suunnittelu, infra, ympäristönsuojelu ja -valvonta ja terveydensuojelu), alan yritykset (jätehuoltoyritykset, suunnittelutoimistot, rakentajat ja materiaalivalmistajat) sekä osallistujakaupunkien asukkaat, joista erityisesti tavoiteltiin Kanta-Hämeeseen sijoittuvan pilottialueen asukkaita. Viestinnässä pyrittiin aktiivisesti kaksisuuntaisuuteen. Hankkeen aikana tavoitteena oli vastaanottaa palautetta eri kohderyhmistä ja saada uusia näkökulmia tutkimuksen eteenpäin viemiseksi.

Ensimmäisen vuoden aikana hankkeessa tehdystä työstä viestittiin lehdistötiedotteella, sanomalehtiartikkeleina ja sosiaalisessa mediassa. Lisäksi kaupunkitoimijoille tehtiin kysely, jossa selvitettiin kuntien luonnonmukaisten ja hajautettujen hulevesijärjestelmien nykytilannetta. Kyselyyn pyydettiin vastauksia kuntaorganisaatioiden eri sektoreiden toimijoilta.

Toisen toteutusvuoden alkupuolella järjestettiin ensimmäinen työpaja, jonka toteutus onnistui suunnitellusti Teams-alustalla. Kohderyhmän tavoitteessa onnistuttiin hyvin. Paikalla oli kuntien rakentamisen, kunnossapidon, rakennusvalvonnan, suunnittelun ja ympäristönsuojelun parissa toimivia asiantuntijoita. Työpajassa käsiteltiin nykytilannetta kartoittavan kyselyn tuloksia ja käytiin vilkasta keskustelua hulevesien hallintaan liittyvistä ongelmakohtista. Lisäksi kerättiin osallistujien palautetta hankkeen toimenpiteistä kertyneistä käytännön kokemuksista. Työpajalle saatiin lisänäkyvyyttä, kun puheenvuorojen kärkeemat viestittiin Twitterissä työpajan aikana. Helmikuussa 2023 pidettiin hankkeen loppuseminaari, jossa esiteltiin hankkeen tulokset ja käytiin vilkasta keskustelua. Seminaari toteutettiin hybridinä, joten

osallistujia oli paikan päällä Hämeen ammattikorkeakoulukeskuksella sekä verkossa. Seminaarista tehtiin myös tallenne, joka on saatavilla jälkikäteen.

Suunnitelmaan kirjatut avoimet demotilaisuudet jäivät toteutumatta COVID-19-pandemiaan liittyneiden kokoontumisrajoitusten vuoksi. Syksyn mittaan hanke oli mukana Lepaan näyttelyssä, joka on puutarha-alan suurin vuosittainen ammattilaistapahtuma, Hämeen ammattikorkeakoulun järjestämässä Tutkijoiden yö -tapahtumassa Hämeenlinnan pääkirjastolla sekä kansainväliselle tutkijaverkostolle ja HAMKin sidosryhmille suunnatussa verkostotapahtumassa. Näissä esiteltiin demomenetelmällä erilaisten maa-ainesten vaikutusta veden suodattumiseen. Ideana oli havainnollistaa käytännössä hankkeen aikana tehtyjä suodatuskokeita ja kertoa hankkeen aikana tehdystä työstä ja alustavista tutkimustuloksista. Hankkeessa tehty työ ja etenkin odotettavissa olevat tulokset herättivät kiinnostusta kaikissa tapahtumissa. Viestinnän tavoitteiden kannalta demomenetelmä osoittautui onnistuneeksi myös kohtaamisten ja keskustelun kannalta. Myös pandemian vuoksi peruuntuneet demotilaisuudet saatiin osittain korvattua tällä toteutuksella.

Hankkeen aikana julkaistiin neljä blogitekstiä. Syksyllä 2022 julkaistiin kaksi blogitekstiä, jotka käsittelivät kaupunkitulvien helpottamista hulevesisuunnittelun avulla ja hulevesimaksukäytänteitä sekä yksi koskien kasvipeitteisen huleveden imeytysrakenteen kiintoaines- ja ravintekuormitusta. Keväällä 2023 julkaistiin blogiteksti koskien kasvipeitteisten huleveden imeytysrakenteiden talviaikaista toimintaa. Hankkeen lopussa julkaistiin WSSP-työkalua koskeva opinnäytetyö ja hankkeessa tehdyn tutkimuksen vaiheita havainnollistava video.

Sosiaalisen median kanavista hankkeen viestintää varten oli käytössä HAMK Bio tutkimusyksikön Twitter, jonka odotettiin tavoittavan hankkeen kohderyhmät tehokkaimmin. Twitterissä haluttiin tuoda säännöllisesti esille hankkeen etenemistä ja tuloksia. Twitteriin toteutettavaksi suunniteltu viestintä onnistui osittain. Vaikka julkaisuja ja viestintää tässä kanavassa suunniteltiin etukäteen, viestintä osoittautui haasteelliseksi erityisesti sisällöntuottamisen suhteen. Suunnitelma suhteessa julkaistavissa olevaan materiaaliin ei aina toiminut parhaalla mahdollisella tavalla. Lähetettyjen viestien statistiikka osoitti myös, että tavoitettavuus oli odotuksia heikompaa. Viestintä Twitterissä ei myöskään herättänyt keskustelu tai kommentointia.

Viestinnän kohderyhmä oli kapea. On mahdollista, että hankkeen kohderyhmään kuuluvat henkilöt eivät seuraa sosiaalista mediaa aktiivisesti tai he käyttävät itse jotain muuta kanavaa. Jatkossa onkin hyödyllistä miettiä sosiaaliseen mediaan tuotettavaa sisältöä kriittisesti. Tälle kohderyhmälle toimivampi ratkaisu voisi olla esimerkiksi uutiskirje. Kohderyhmä tavoitettiin sähköpostitse hyvin. Esimerkiksi työpajakutsuihin reagoitiin aktiivisesti, kun ne lähetettiin sähköpostilla.

8. Jatkokehittelyn aihioita

Kaupunkivaluma-aluelähtöisessä riskien tarkastelussa siirretään katse yksittäisistä purkupisteistä maa-alueisiin, joista hulevesi syntyy. WSSP-toimintamallin tavoitteena on selvittää valuma-alueelta vesiin ja pohjavesiin kohdistuvia riskejä sekä suunnitella ja toteuttaa näitä riskejä rajoittavia ja poistavia toimenpiteitä. Täydellinen WSSP pitää sisällään koko ketjun myös toteutuksen jälkeisestä seurannasta ja tulosten raportoinnista aina uuteen tarvekartoitukseen asti. Myös mahdollisesti tarvittavat tukitoimenpiteet koulutuksesta tiedotukseen ja eri tasoi- seen valistukseen asti kuuluvat WSSP:n työkaluihin. HULVATTU-hankkeessa prosessi pilotoitiin valuma-alueiden riskialueiden määrittämiseen asti. Jatkon toteuttaminen jää pilottipaikkakuntien harkintaan. Toivottavaa on, että WSSP:n tutkimus- ja kehitystyöhön saadaan jatkossa myös hankerahoitusta, koska loppuun asti kehitetyn työmenetelmän tavoite on lopulta säästää eri osapuolten resursseja ja kohdentaa ne mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Hulevesien hallinnassa eräs keskeisistä haitta-aineista on kiintoaines, sillä hulevesi huuhtoo ja putsaa kivilta pinnoilta roskat, hienojakoisen kaupunkipölyn ja kaiken siltä väliltä mukaansa. Luonnonmukaisiin hulevesirakenteisiin kerääntyy siten väistämättä kiintoainesta ja niiden hydraulinen johtavuus laskee ajan saatossa. Suomalaisiin olosuhteisiin tarvitaan tutkimukseen perustuvaa tietoa siitä, miten luomurakenteet pitäisi mitoittaa ja miten niiden hoitoon eli pin- tamaan vaihtoon pitäisi varautua.

Työmaavedet ovat eräs merkittävimmistä kiintoainekuorman aiheuttajista. Työmaa-aikai- sesta hulevesien suojauksesta puhutaan meillä Suomessa työmaavesien hallintana.

Työmaavesiin sisältyy huleveden lisäksi erilaisista pumppauksista syntyvät vedet, jolloin työmaalta syntyvä vesikuorma ei noudata luontaista sadantaa. Useat kaupungit edellyttävät rakennuspaikoilta työmaavesien hallintaa, sillä niiden mukana kulkeutuu merkittävä määrä kiintoainetta. Työmaakäyttöön on tarjolla joitakin kaivokohtaisia suodatusrakenteita, mutta yksittäistä kaivoa keskeisempää on määritellä työmaa-alueen avoimen maan pinnan laajuus, maanlajitusalueet, kaivuutöiden sijainnit sekä mahdolliset pumppauksiin liittyvät paikat ja pyrkiä suojausrakenteilla vähentämään näiltä alueilta lähtevää kiintoainekuormaa. Työmaavesien suojaus on siten nauhamaisten suojarakenteiden ja pistemäisten suojauskohteiden yhdistelmä ja näiden toteuttamiseen tarvitaan erilaisia demoja ja kokeiluja asuntotuotannon, infarakentamisen ja pientalorakentamisen ympäristöissä.

Paikkatietopohjaisen WSSP-työkalun kehittämistä raamittivat helppokäyttöisyys, resurssitehokkuus ja järjestelmien edullisuus. Paikkatieto ei usein ole halpaa nopeaa tai helppoa. Jos haluttiin nopeutta, katosi tarkkuutta. Jos haluttiin tarkkuutta, työ hidastui. Edullisuuteen päästiin käyttämällä avoimen lähdekoodin ohjelmistoa, mutta on huomioitava, että ohjelmiston opettelu maksaa työtunteina ja koulutuksena. WSSP-työkalun pilotointi olikin jatkuvaa tasapainottelua useiden tekijöiden kanssa ja tulos useiden tekijöiden kompromissi. Menetelmä on kuvattu kuitenkin niin yksityiskohtaisesti, että jatkossa voitaisiin kokeilla työkalun vaiheistusta eri paikkatieto-ohjelmistoissa.

Kaikki WSSP:n tulokset, aineistot, alustat ja menetelmät on esitelty kaupunkityöpajoissa ja loppuseminaarissa pilottipaikkakunnille. Lopputuloksessa on pyritty kuuntelemaan pilottipaikkakuntien erilaisia tarpeita. WSSP-ohjeet ja -tietokanta testattiin kuitenkin vain HULVATTU-työryhmän sisäisesti. Olisikin ehdottoman tärkeää, että seuraavassa vaiheessa työkalua testattaisiin myös kaupunkiorganisaatioiden sisällä, jotta sen kehittäminen voisi jatkua tarvelähtöisesti.

Liitteet

Liite 1 Alustava kysely kaupungeille

Liite 2 Kysely analysoituna

Liite 3 Maanäytteenottomenetelmä

Liite 4 Karanoja osaraportti

Liite 5 WSSP–ohjeet

Liite 6 WSSP–tietokanta