

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infratekniikka, maa- ja kalliotekniikka

Janne Jormalainen

Nauhakuusenkadun alueen hulevesiselvitys

Opinnäytetyö 2015

Tiivistelmä

Janne Jormalainen

Nauhakuusenkadun alueen hulevesiselvitys, 72 sivua, 1 liite

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka, maa- ja kalliotekniikka

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: tuntiopettaja Eija Mertanen, Saimaan ammattikorkeakoulu, kaupungininsinööri Lassi Nurmi, Imatran kaupunki

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Imatran kaupungille Nauhakuusenkadun alueen hulevesimäärät nykytilassa sekä kaavamuutoksen jälkeen ja suositella sopivaa hulevesienkäsittelymenetelmää.

Käytin 3D-win- ja Autocad-ohjelmistoja pinta-alojen arviointiin. Valumakertoimia arvioin ilmakuviosta sekä paikalla käymällä.

Opinnäytetyössä käsitellään hulevesien syntymiseen ja laatuun vaikuttavia tekijöitä ja erilaisia hallinta- ja käsittelymenetelmiä. Hulevesirakenteiden mitoitus vaatii lisälaskelmia.

Asiasanat: hulevesi, valuma-alue, ympäristönsuojelu

Abstract

Janne Jormalainen

Stormwater analysis of Nauhakuusenkatu zone, 72 pages, 1 appendix

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Degree Programme in Construction Engineering

Civil Engineering

Bachelor's Thesis 2015

Instructors: Ms Eija Mertanen, Lecturer of Saimaa University of Applied Sciences, Mr Lassi Nurmi, Engineer of the City of Imatra

The purpose of the study was to determine the amount of stormwater flow rate today and in the future after the zoning of the area. The main score was to find out the most optimal stormwater treatment method for this zone. The study was commissioned by the City of Imatra.

To carry out this project 3D-win- and Autocad-programs were used to calculate the areas for counting stormwater flow rates for separate areas. The run-off factors were estimated by visiting at the area and from the aerial photos. Further study is required to design the stormwater structures more accurately.

The law part of this thesis tells shortly about laws around the stormwater. The theoretical part takes a view to causes behind the stormwater and tells about stormwater treatment methods. The applied part tells how these methods could help the zone of Nauhakuusenkatu.

Keywords: stormwater, drainage basin, environmental protection

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Hulevesien hallintaa koskeva lainsäädäntö	6
2.1	Vesilaki (587/2011)	6
2.2	Vesihuoltolaki (119/2001).....	7
2.3	Ympäristönsuojelulaki (527/2014).....	8
2.4	Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010	9
2.5	Muut lait.....	10
3	Kaavoitus	10
3.1	Maakuntakaava.....	10
3.2	Yleiskaava.....	10
3.3	Asemakaava	11
4	Muita tapoja hulevesien hallintaan kunnassa	12
5	Hulevesien muodostuminen.....	12
5.1	Sadanta.....	13
5.2	Haihunta.....	16
5.3	Valunta	17
6	Mitoitusvirtaama.....	19
7	Mitoitussade	20
7.1	Yleistä	20
7.2	Kesto aika	20
7.3	Todennäköisyys	21
7.4	Mitoitussateen määrittäminen	21
8	Hulevesien laatu.....	23
8.1.1	Hulevesien laatuvaatimukset.....	23
8.1.2	Yleistä.....	23
8.1.3	Talviolosuhteet	25
8.2	Haittavaikutukset.....	25
8.2.1	Vesistöjen haittavaikutukset	26
8.2.2	Pohjavesivaikutukset.....	26
9	Hulevesien hallinnan yleiset periaatteet.....	28
9.1	Yleistä	28
9.2	Hulevesien hallinnan suunnittelu.....	28
10	Hulevesien hallinta- ja käsittelymenetelmiä	30
10.1	Imeyttäminen	31
10.1.1	Yleistä.....	31
10.1.2	Imeytyspinnat / vihreät pinnat	34
10.1.3	Vihreät katot / viherkatot	35
10.1.4	Imeytysallas	35
10.1.5	Maanalaiset imeytys- ja viivytyrakenteet	36
10.1.6	Yhdistetty imeytysallas ja imeytysoja	37
10.1.7	Läpäisevät päällysteet.....	38
10.2	Suodattaminen.....	39
10.2.1	Suodattaminen maaperässä	39
10.2.2	Suodattaminen ja johtaminen maan pinnassa	43
10.3	Viivyttäminen	44
10.3.1	Johtaminen ja viivyttäminen avouomissa.....	45
10.3.2	Viivyttäminen ja pidättäminen lammikoissa ja kosteikoissa	46
10.3.3	Viivyttäminen purojen tulva-alueilla ja purojen kunnostus.....	49

10.3.4	Huleveden virtauksen hidastaminen ranta-alueella	49
10.4	Muita hulevedenkäsittelymenetelmiä	50
10.4.1	Öljynerotin	50
10.4.2	Suodatinkaivot	50
10.4.3	Kaivosuodatin	51
11	Selvitysalue	52
11.1	Selvitysalueen sijainti	52
11.2	Maankäyttö	54
11.3	Topografia	54
11.4	Maaperä	55
12	Valuma-alue, hulevesien hallinta ja hulevesimäärät	57
12.1	Valuma-alueen kuvaus	57
12.2	Hulevesimäärät	59
12.2.1	Valuma-alue 1	59
12.2.2	Valuma-alue 2	59
12.2.3	Valuma-alue 3	59
13	Suunniteltu maankäyttö ja sen vaikutukset	60
14	Suosittelut hulevesien hallinta- ja käsittelymenetelmät	61
14.1	Kiinteistökohtaiset menetelmät	62
14.2	Aluekohtaiset menetelmät	63
14.3	Hulevesien johtamisen toteutusvaihtoehtoja	63
14.3.1	Vaihtoehto 1	63
14.3.2	Vaihtoehto 2	65
14.3.3	Kustannustietoa	65
15	Yhteenveto ja pohdinta	67
	Kuvat	69
	Kuviot	69
	Taulukot	70
	Lähteet	71

Liitteet

 Liite 1 Valuma-alueelaskelmat

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suositella Nauhakuusenkadun alueelle Imatralle sopivaa hulevesienhallintamenetelmää kaavoitusta varten. Alue on nykyään lähes rakentamatonta ja sinne johdetaan hulevesiä hieman hallitsemattomasti. Aluetta kaavoitetaan ja kaavaluonnoksen mukaan alueelle tulee paljon vettä heikosti läpäisevää pintaa, mikä tulee todennäköisesti johtamaan hulevesimäärien lisääntymiseen ja laadun heikkenemiseen.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään hulevesimäärien nykytila ja rakentamisen vaikutukset valuma-alueelaskelmilla, ohjataan kaavoitusta hulevesien hallitussa johtamisessa vesistöön, tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoja hulevesien hallintaan sekä arvioidaan eri hulevesienkäsittelymenetelmien soveltuvuutta kohteeseen, mutta ei mitoiteta niitä. Lähtötietoina käytetään Imatran kaupungin maaperätutkimuksia ja laserkeilausaineistoa alueelta, omia mittauksia, valuma-alueelaskelmia sekä havainnointia. Opinnäytetyön sisältö muodostuu lakiosiesta, teoriaosiesta ja kohteeseen soveltavasta osiosta.

2 Hulevesien hallintaa koskeva lainsäädäntö

2.1 Vesilaki (587/2011)

Vesilain tarkoituksena on edistää ja sovittaa yhteen vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä, parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa sekä ehkäistä vesivarojen käytöstä aiheutuvia haittoja (Vesilaki 1 luku 1 §). Vesistön pilaantumisen vaaraa aiheuttavia toimintoja säännellään ympäristönsuojelulailla. Hulevesien hallintaan vesilaki liittyy lähinnä ojituksen ja hulevesien johtamisessa käytettävien rakenteiden mahdollisen luvantarpeen vuoksi.

Vesilain mukaan vesitaloushanke tarvitsee aluehallintoviraston myöntämän luvan, jos hanke voi muuttaa vesistöä, vesiympäristöä tai pohjaveden laatua tai määrää niin, että tästä aiheutuu yleistä tai yksityistä etua loukkaava vahingollinen vaikutus tai se melkoisesti vähentää luonnon kauneutta, ympäristön viihteyttä tai vaarantaa puron uoman luonnontilan säilymisen (Vesilaki 3 luku 2 §). Vesitaloushankkeella tarkoitetaan vesi- tai maa-alueella toteutettavaa toimenpi-

dettä tai rakennelman käyttämistä, joka voi vaikuttaa pinta- tai pohjaveteen, vesiympäristöön, vesitalouteen tai vesialueen käyttöön (Vesilaki 1 luku 3 §).

Käytännössä hulevesienkäsittelyhankkeet, jotka aiheuttavat korkeintaan vähäisiä vaarallisten aineiden pitoisuuksia vastaanottavaan vesistöön eivät ole luvanvaraisia. Kunnan ympäristöviranomaiset tekevät tarvittaessa kaavoituksen kanssa yhteistyötä hulevesien käsittelytarpeen arvioinnissa.

Ojituksella sekä ojan käyttämisellä on oltava aluehallintoviraston myöntämä lupa, jos siitä voi aiheutua ympäristönsuojelulaissa tarkoitettua ympäristön pilaantumista tai jos siitä aiheutuu vesilain mukaan lupaa edellyttävä vaikutus vesistöissä tai pohjavedessä (Vesilaki 5 luku 3 §). Lisäksi on otettava huomioon esimerkiksi ojitukseen käytettävän noron luonnontilaisuus ja sen vaarantuminen ja tähän liittyvän poikkeusluvan tarve (Vesilaki 2 luku 11 §).

2.2 Vesihuoltolaki (119/2001)

Vesihuoltolakia sovelletaan asutuksen vesihuoltoon sekä jollei toisin säädetä, asutukseen rinnastuvan elinkeino ja vapaa-ajantoiminnan vesihuoltoon (Vesihuoltolaki 2 §). Vesihuoltolaissa käsitellään kunnan ja vesihuoltolaitoksen sekä kiinteistön omistajan velvollisuuksia. Vesihuoltolaki ei ota kantaa hulevesienhallintamenetelmiin.

Vesihuollolla tarkoitetaan vedenhankintaa eli veden johtamista, käsittelyä ja toimittamista talousvetenä käytettäväksi sekä viemäröintiä eli jäteveden, huleveden ja perustusten kuivatusveden poisjohtamista ja käsittelyä (Vesihuoltolaki 3 §).

Kiinteistön omistajalla on ensisijainen vastuu kiinteistön vesihuollosta eli myös hulevesien ja perustusten kuivatusvesien poisjohtamisesta ja käsittelystä (Vesihuoltolaki 6 §). Vesihuoltolain mukaan vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella oleva kiinteistö on liitettävä laitoksen vesijohtoon, jätevesiviemäriin ja hulevesiviemäriin, mutta liittymisestä voi hakea vapautusta perustelluista syistä (Vesihuoltolaki 10 §; Vesihuoltolaki 17 §).

2.3 Ympäristönsuojelulaki (527/2014)

Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on:

- *ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja;*
- *turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö, tukea kestävää kehitystä sekä torjua ilmastomuutosta;*
- *edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia;*
- *tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomiioon ottamista kokonaisuutena; sekä*
- *parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon. (Ympäristönsuojelulaki 1 §.)*

Ympäristönsuojelulakia sovelletaan toimintaan, josta saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Lakia sovelletaan myös toimintaan, jossa syntyy jätettä, sekä jätteen käsittelyyn (Ympäristönsuojelulaki 2 §). Kunnan on alueellaan huolehdittava paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta asianmukaisin menetelmin (Ympäristönsuojelulaki 143 §).

Toiminnanharjoittajalla on selvilläolovelvollisuus. Toiminnanharjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristöriskeistä ja niiden hallinnasta sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. (Ympäristönsuojelulaki 6 §.)

Toiminnanharjoittajalla tarkoitetaan ympäristönsuojelulain mukaan luonnollista henkilöä tai oikeushenkilöä, joka harjoittaa ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaa toimintaa tai joka tosiasiallisesti määrää toiminnasta (Ympäristönsuojelulaki 5 §).

Toiminnanharjoittajan on järjestettävä toimintansa niin, että ympäristön pilaantuminen voidaan ehkäistä ennakolta tai rajoittaa mahdollisimman vähäiseksi mikäli kokonaan ehkäiseminen on mahdotonta (Ympäristönsuojelulaki 7 §).

Ympäristöluvan vaatii toiminta, josta saattaa aiheutua vesistön pilaantumista eikä kyse ole vesilain mukaan luvanvaraisesta hankkeesta sekä jätevesien johdaminen, josta saattaa aiheutua ojan, lähteen tai vesilain 1. luvun 3 §:n 1 momentin 6 kohdassa tarkoitettun noron pilaantumista. (Ympäristönsuojelulaki 27 §.)

Ympäristönsuojelulain mukaan *ainetta, energiaa tai pieneliöitä ei saa panna, päästää tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että:*

- *tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka pohjaveden laatu voi muutoin olennaisesti huonontua;*
- *toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka tehdä pohjaveden kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai*
- *toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua (pohjaveden pilaamiskielto). (Ympäristönsuojelulaki 17 §.)*

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä sellaisista aineista, jotka ovat ympäristölle ja terveydelle vaarallisia ja joiden päästäminen suoraan tai epäsuorasti pohjaveteen on kielletty (Ympäristönsuojelulaki 17 §).

2.4 Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010

Tulvariskilain tarkoituksena on vähentää tulvariskejä ja tulvista aiheutuvia vahinkoja sekä sovittaa yhteen tulvariskien hallintaa vesialueiden muun hoidon kanssa (Laki tulvariskien hallinnasta 1 §.)

Kunnan tehtävänä on tulvariskilain nojalla huolehtia hulevesistä aiheutuvien tulvariskien arvioinnista ja hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta (Laki tulvariskien hallinnasta 5 §).

Elinkeino- liikenne ja ympäristökeskuksen tehtäviä ovat muun muassa tehdä alustava arviointi vesistöjen ja merenrannikon tulvariskeistä sekä avustaa kuntia tulvariskien alustavassa arvioinnissa, tulvariskialueiden nimeämisessä ja tulvariskien hallintasuunnitelmien laatimisessa. Tavoitteena on myös edistää viranomaistahojen yhteistyötä ja tietoutta tulvariskiasioissa. (Laki tulvariskien hallinnasta 4 §.)

Maa- ja metsätalousministeriö hyväksyy vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien hallintasuunnitelmat (Laki tulvariskien hallinnasta 18 §.)

Suomen ympäristökeskus huolehtii siitä, että tiedot merkittävistä tulvariskialueista, tulvavaara- ja tulvariskikartat sekä hyväksytyt tulvariskien hallintasuunnitelmat ovat tietoverkossa yleisön saatavilla (Laki tulvariskien hallinnasta 27 §.)

2.5 Muut lait

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittelee kunnan tehtäväksi huolehtia alueiden käytön suunnittelusta sekä rakentamisen ohjauksesta ja valvonnasta alueellaan (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 20 §). Kunnalla tulee myös olla rakennusjärjestys (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 14 §). Rakennusjärjestyksellä voidaan antaa mm. paikallisista oloista johtuvia rakentamismääräyksiä sekä määräyksiä hulevesien poisjohtamisesta tai imeyttämisestä.

Luonnonsuojelulain mukaan kunnan tulee edistää luonnon- ja maisemansuojelua alueellaan (Luonnonsuojelulaki 6 §).

3 Kaavoitus

3.1 Maakuntakaava

Maakuntakaava on kaavoituksen ylin taso ja sillä ohjataan alempien tasojen kaavoitusta. Maakuntakaavassa kiinnitetään huomiota suuressa mittakaavassa usean kunnan alueelle ulottuvien alueiden käytön ekologiseen kestävyyteen, ympäristön ja talouden kannalta kestäviin liikenteen ja teknisen huollon järjestelyihin sekä vesi- ja maa-ainesvarojen kestävään käyttöön.

Luonnonsuojelulain mukaisten ohjelmien ja päätösten tulee olla ohjeena maakuntakaavaa laadittaessa. Hulevesien kannalta tärkeitä asioita ovat esimerkiksi eri toimintojen vaikutukset vesiensuojelun kannalta tärkeisiin kohteisiin kuten pohjaveteen, vedenhankinta-alueisiin ja -vesistöihin sekä Natura-alueisiin ja -vesistöihin. (Kuntaliitto 2012, s. 48.) Myös tulvareittien huomioiminen kaavoituksen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on tärkeää vesiensuojelun kannalta etenkin laajoissa hankkeissa.

3.2 Yleiskaava

Yleiskaavalla ohjataan maankäytön sijoittumista kunnan sisällä. Yhdyskunta-kaavoituksessa kiinnitetään huomiota mm. yhdyskuntarakenteeseen, vesi- ja jätehuoltoon, elinympäristöön ja ympäristöhaittoihin. Yleiskaavoituksessa tulee ottaa huomioon myös odotettavissa oleva hulevesien määrän lisääntyminen ja

tästä mahdollisesti aiheutuvat tulvimis- ja vedenlaatuhaitat. (Kuntaliitto 2012, s. 49.)

Yleiskaavoituksen yhteydessä on tarpeen tehdä selvitys tai suunnitelma hulevesistä aiheutuvien vaikutusten arvioimiseksi ja hulevesien hallinnan tarpeiden ja keinojen selvittämiseksi esimerkiksi tulevaa rakentamista varten. (Kuntaliitto 2012, s. 49)

3.3 Asemakaava

Asemakaava on yksityiskohtaisin kaavataso ja asemakaavoituksessa keskitytään johonkin kunnan osaan. Asemakaavassa määritellään aluevaraukset ja toimintojen sijoittaminen sekä rakentamista koskevia määräyksiä yleiskaavassa esitetyille toiminnoille (Kuntaliitto 2012, s. 52). Asemakaavassa voidaan antaa asemakaavamääräyksiä, joita kaavan tarkoitus ja sen sisällölle asetettavat vaatimukset huomioon ottaen tarvitaan asemakaava-aluetta rakennettaessa tai muutoin käytettäessä (Maankäyttö- ja rakennuslaki 57 §).

Asemakaavamääräyksillä voidaan muun muassa asettaa vaatimuksia hulevesien hallinnasta, kuten viivyttämisestä, imeyttämisestä tai käsittelystä niiden puhdistamiseksi (Kuntaliitto 2012, s. 52). Määräykset voivat myös koskea kellareiden rakentamista, alimpia lattiakorkeuksia sekä hulevesijärjestelmien yleisiä tai tonttikohtaisia aluevarauksia (Kuntaliitto 2012, s. 34). Pohjavesialueiden suojelemiseksi on asemakaavaa laadittaessa huomioitava sellaiset pinnat, joilta hulevedet on johdettava pohjavesialueen ulkopuolelle (Kuntaliitto 2012, s. 47).

Vanhojen, rakennettujen alueiden kaavamuutoksissa on mahdollista palauttaa pohjavesien kertymää lähemmäksi luonnollista muodostumista esimerkiksi edellyttämällä kattovesien imeyttämistä (Kuntaliitto 2012, s. 47).

Hulevesirakenteille tarvittavat tilavaraukset määritellään asemakaavoituksen yhteydessä tehtävän erillisen suunnitelman perusteella. Kaavassa on varattava erilaisten hulevesienkäsittelymenetelmien tarvitsema tila esimerkiksi tilapäiselle lammikoitumiselle (Kuntaliitto 2012, s. 52).

4 Muita tapoja hulevesien hallintaan kunnassa

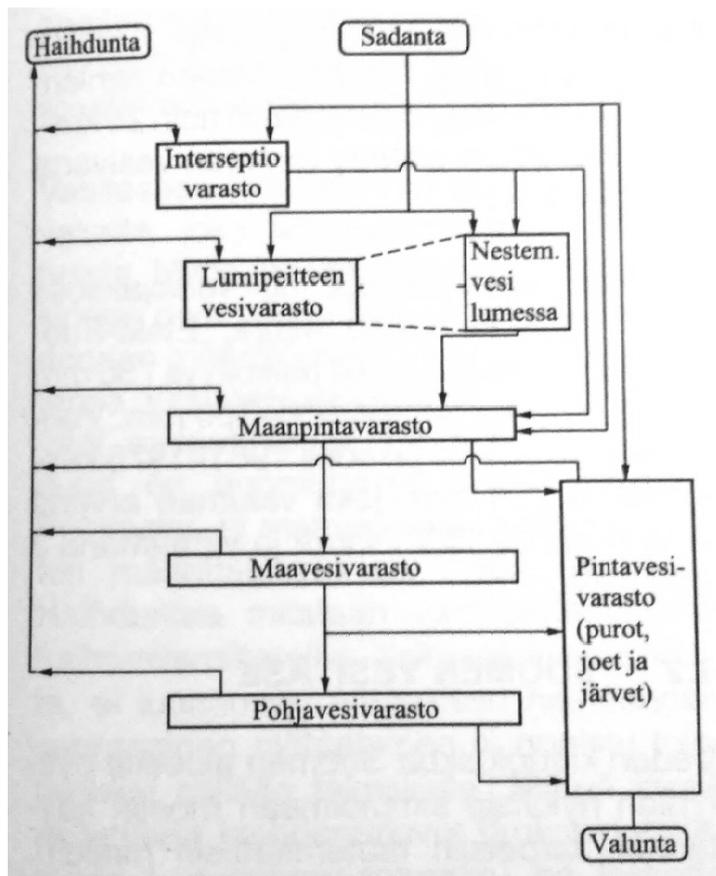
Hulevesien hallintaa voidaan ohjata kunnassa laatimalla ja vahvistamalla hulevesiohjelma tai -strategia. Näissä voidaan määritellä kunnan toimintaperiaatteet ja visiot hulevesien hallinnalle.

Kaavamääräysten tukena tarkempia määräyksiä hulevesien käsittelystä voidaan antaa tontin luovutus- tai maankäyttösopimuksessa (Kuntaliitto 2012, s. 34). Sopimuksessa voidaan antaa ehtoja alueelle tarpeellisista yhteisjärjestelyistä hulevesien johtamisessa. Lisäksi voidaan sopia korttelisuunnitelman tai vastaavan tekemisestä ja toimittamisesta viranomaisen hyväksyttäväksi. Myös katusuunnitelmilla voidaan vaikuttaa hulevesien käsittelyyn.

5 Hulevesien muodostuminen

Hulevesien muodostumiseen vaikuttaa olennaisesti kaikki veden kiertokulun vaiheet: sadanta, valunta ja haihdunta. Kuvassa 1 on esitetty veden kiertokulku kaaviona.

Maanpinnalle tulevasta sadannasta osa pidättyy puihin ja aluskasvillisuuteen (interseptio) haihtuakseen suoraan ilmaan. Maanpintaan tulleesta sadannasta osa imeytyy maahan (infiltraatio) ja osa kerääntyy maapinnalla oleviin painanteisiin (painannesäilyntä). Kun painanteet ovat täyttyneet, vesi alkaa valua maanpintaa pitkin kohti vesiuomia (maanpäällinen valunta). Maahaan imeytynyt osa lisää aluksi maan kosteutta, mutta sateen jatkuessa valuu osa imeytyneestä vedestä ylimpiä maakerroksia pitkin vesiuomia kohti (pintakerrosvalunta). Osa imeytyneestä vedestä painuu syvempiin maakerroksiin ja muodostaa pohjavettä, joka aikanaan valuu vesiuomiin (pohjavesivalunta). Kuviossa 1 on esitetty veden kiertokulku kaaviomuodossa. (RIL 124-1-2003 Vesihuolto I, s. 73; Kuntaliitto 2012, s. 91.)



Kuvio 1. Veden kiertokulun kaavio (RIL 124-1-2003 Vesihuolto I, s. 73).

Hulevesien määrän vähentämisessä ensisijaisena keinona pidetään läpäisemättömien pintojen minimointia ja sadevesien imeyttämistä.

5.1 Sadanta

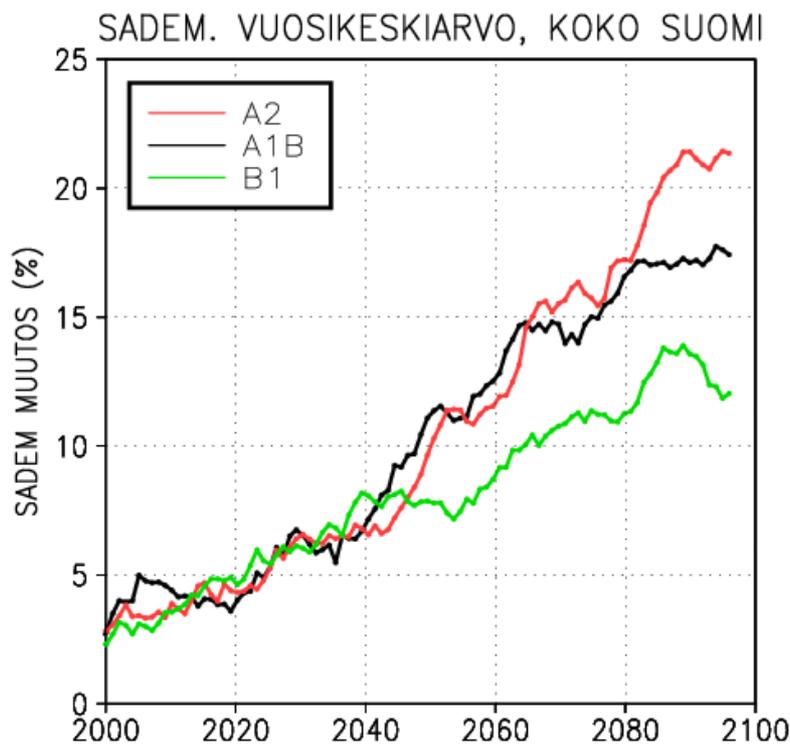
Suomessa runsaimmat sateet ajoittuvat kesään, jolloin ilma on lämmintä ja se voi sisältää paljon kosteutta. Taajamatulvia aiheuttaakseen sateen on kestettävä samalla alueella riittävän pitkään riittävän voimakkaana. Taajamissa sadanнан lisäystä voivat aiheuttaa saastumisen aiheuttama ilmassa tapahtuva lisätiivistyminen, tiivistymisytimien runsaus ilmakehässä, korkeiden rakennusten ja pintojen karheuden vaikutus ilmavirtojen pyörteisiin sekä paikallisesti voimistunut konvektio eli lämmön siirtyminen. (Vakkilainen & Kotola & Nurminen 2005, s. 12.) Konvektion taustalla on sekä kaupunkisaarekeilmiön suora vaikutus sekä tiivistymisytimien eli "kosteuden" tehostunut nousu korkeuksiin, jossa pilvipisarot lisääntyvät (Kuntaliitto 2012, s. 91). Suurissa kaupungeissa sademääri-

en on havaittu olevan keskimäärin 10 % suurempia kuin ympäröivällä maaseudulla (Vakkilainen ym. 2005, s. 12).

Sadanta vaikuttaa ratkaisevasti toisten perussuureiden, haihdunnan ja valunnan suuruuteen.

Rankkasateet ja ilmastonmuutos

Tulevaisuuden Suomessa sataa enemmän. Kasvihuoneilmiön vaikutuksesta sademäärien odotetaan lisääntyvän noin viidenneksellä sadassa vuodessa. Sademäärien kasvu ei kuitenkaan ole yhtä selkeää kuin lämpötilan kohoaminen. Sademäärien suuren luontaisen vaihtelun takia ilmastonmuutoksen vaikutus ei tule kunnolla esiin vielä lähivuosikymmeninä. (Kuntaliitto 2012, s. 98.) Kuviossa 2 esitetään vuotuisen sademäärän keskiarvon muuttuminen eri kasvihuonekaasuskenaarioilla.



Kuvio 2. Vuotuisen sademäärän muuttuminen Suomessa vuosina 2000–2100 verrattuna jakson 1971–2000 keskiarvoon (prosentteina). Muutokset ovat 19 ilmastomallin tulosten keskiarvoja, jotka on esitetty erikseen kolmelle kasvihuonekaasuskenaariolle (A2: suuret päästöt, A1B: melko suuret päästöt ja B1: pienet päästöt) (Ilmasto-opas.fi).

Vuodenajoittain tarkasteltuna sademäärät lisääntyvät etenkin syksyllä ja talvel-la. Kesäisin sadepäivät eivät lisääny yhtä paljon suhteessa sademäärään mikä ilmenee sateiden voimistumisena. Myös talvella sateet voimistuvat, mutta lisäksi sadetta saadaan talvisin aiempaa useimmin. Näin ollen kokonaissademäärä lisääntyy talvella hieman enemmän kuin mitä rankimmat sateet voimistuvat. Tästä voidaan päätellä, että hulevesijärjestelmät tulisi mitoittaa noin 20 % suu-remmille sademäärille kuin aiemmin. (Kuntaliitto 2012, s. 98.)

Myös tulevaisuudessa rankimmat sateet esiintynevät kesällä ja alkusyksystä, vaikka talvella rankkasateet voimistuvat enemmän kuin kesällä. Muutosten suu-ruudesta on useita laskentatuloksia, mutta kahdenkymmenen prosentin lisäys on useimmiten kuvaava luku kohtuullisen rankkojen kesäsateiden lisäykseksi vuosisadan loppuun mennessä. (Kuntaliitto 2012, s. 98.) Taulukossa 1 esite-tään suurimman vuorokausisademäärän muutos eri vuodenaikoina ja taulukos-sa 2 kuvataan sademäärien muutoksia alueittain eri vuodenaikoina.

	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Koko vuosi
Sademäärä	+35 %	+13 %	+8 %	+22 %	+19 %
Suurin vuorokausisademäärä	+32 %	+18 %	+16 %	+24 %	+20 %

Taulukko 1. Koko vuoden kokonaissademäärän ja keskimäärin suurimman vuo-rokaussademäärän muutos eri vuodenaikoina ilmatieteenlaitoksen seitsemän maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvon perusteella siirryttäessä jaksolta 1971-2000 jaksolle 2081-2100 (Kuntaliitto 2012, s. 98).

Muuttuja	Alue	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Vuosi
Keskimääräinen sademäärä	Pohjois-Suomi	kasvaa huomattavasti	kasvaa	kasvaa	kasvaa	kasvaa
	Etelä-Suomi	kasvaa	kasvaa	ennallaan	kasvaa	kasvaa
Sadepäivien määrä	Pohjois-Suomi	lisääntyy	ennallaan	ennallaan	lisääntyy	lisääntyy
	Etelä-Suomi	lisääntyy	ennallaan	ennallaan	ennallaan	lisääntyy
Rankkasateiden voimakkuus	Pohjois-Suomi	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy
	Etelä-Suomi	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy
Sateettomien poutajaksojen pituus	Pohjois-Suomi	lyhenee	ennallaan	ennallaan	lyhenee	lyhenee
	Etelä-Suomi	lyhenee	ennallaan	ennallaan	ennallaan	ennallaan

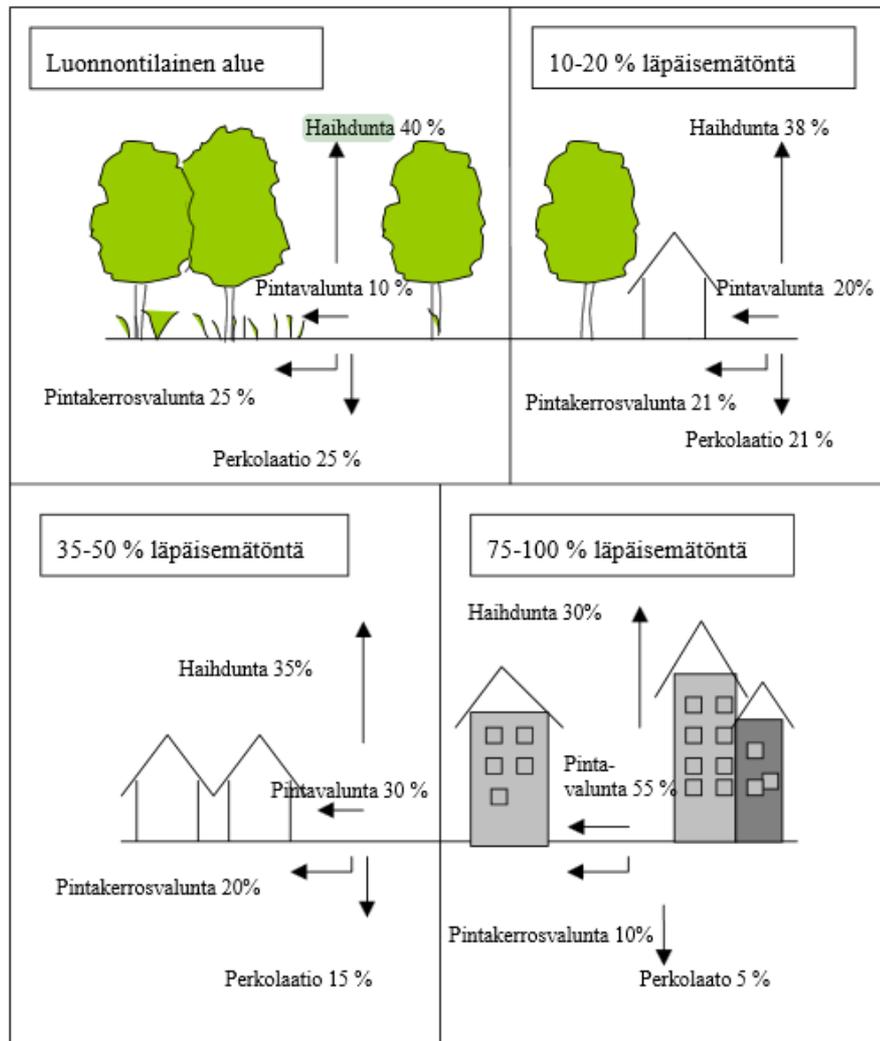
Taulukko 2. Suuntaa-antava kuvaus sateisiin liittyvistä muutoksista Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosisadan lopulle tultaessa vuodenajoin. Ennallaan-merkintä tarkoittaa, että asiassa ei odoteta tapahtuvan merkittävää muutosta. (Ilmasto-opas.fi.)

5.2 Haihdunta

Kokonaishaihdunnan eli evapotranspiraation kolme osatekijää ovat transpiraatio, evaporaatio ja interseptio. Transpiraatiolla tarkoitetaan kasvien elintoimintoihin liittyvää haihduntaa, evaporaatiolla haihduntaa maan, veden tai lumen pinnasta ja interseptiolla kasvien pinnoille pidäytyneen veden haihtumista. (Kuntaliitto 2012, s. 91.)

Kokonaishaihdunta jää taajamissa yleensä luonnontilaista pienemmäksi. Transpiraatiota ja interseptiota vähentää kasvillisuuden vähyys. Taajamassa haihdunta on suurimmillaan auringon kuivattaessa päällystettyjä pintoja, mutta tämä evaporaatiohuippu jää kuitenkin lyhytaikaiseksi. Suurimman osan ajasta päällystetyiltä pinnoilta ei juurikaan tapahdu haihduntaa. (Kuntaliitto 2012, s. 91.) Päällystetyt pinnat myös johtavat vedet nopeasti pois alueelta mikä lisää pinta-

valuntaa ja vähentää haihduntaa. Kuva 1 kuvaa läpäisemättömän pinnan määrän vaikutusta kaupunkialueen vesitaseeseen.



Kuva 1. Läpäisemättömän pinnan vaikutus kaupunkialueen vesitaseeseen Federal Interagency SRWG 2000 ref. Metropolitan Council/Barr Engineering Co, USA mukaan (Ahponen 2003, s. 17).

Haihdunnan määrä Etelä-Suomessa on keskimäärin 60 % ja Pohjois-Suomessa 50 % vuosisadannan määrästä. Haihdunnasta noin puolet tapahtuu kesäkuukausien aikana (RIL 124-1-2003 Vesihuolto I, s. 82).

5.3 Valunta

Valunta on se osa sadannasta joka virtaa vesistöihin maanpinnalla, maaperässä ja kallioperässä.

Alueen runsas läpäisemättömän ja heikosti vettä läpäisevän pinnan määrä edesauttaa pintavalunnan syntymistä, mutta vähentää pintakerros- ja pohjavesivaluntaa. Luonnonoloissa pintavalunnan osuus kokonaisvalunnasta on usein vähäinen. (Kuntaliitto 2012, s. 93.)

Hulevesivalunnan muodostumiseen vaikuttaa useat eri tekijät: sateen intensiteetti ja kesto, sadetapahtumaa edeltävän kuivan ajan pituus, maanpinnan kaltevuus ja maaperän ominaisuudet (Kuntaliitto 2012, s. 93).

Valunnan likimääräinen keskiarvo on 10 l/s*km^2 . Vuoksen vesistön valuma ajanjaksolla 1961 - 1990 on $9,8 \text{ l/s*km}^2$ (RIL 124-1-2003 Vesihuolto I, s. 84). Hetkellinen valunta on suurimmillaan rakentamattomilla alueilla sulantakaudella ja kaupunkialueilla kesä- ja syysateiden esiintyessä (Vakkilainen ym. 2005, s. 29).

Valumakerroin

Valumakerroin kuvaa pinnalta valumaan lähtevän veden osuutta pinnalle sataneesta vedestä. Valumakerrointa käytetään määrittäessä valuma-alueelta tuleva vesimäärä mitoitussateen ja valuma-alueen pinta-alan avulla.

Keskimäärin valumakerroin on sitä suurempi, mitä suurempi on sadetapahtuman sadanta, koska maaperän pintakerrokset kyllästyvät vedestä ja aiheuttavat pintavaluntaa. Valumakerroin vaihtelee voimakkaasti sadetapahtumasta toiseen. (Vakkilainen ym. 2005, s. 29.)

Valumakertoimeen vaikuttavat mm. pinnan materiaalin ominaisuudet, tiivistyneisyys, topografia ja kasvillisuus. Valumakertoimia arvioivia taulukoita on eri julkaisuissa useita, joista monet eivät huomioi maalajin vaikutusta tai pinnan kaltevuutta. Taulukossa 3 on valumakertoimen arvoja maankäytön, maaperän ja rinteiden kaltevuuden mukaan.

Rinteen kaltevuus Maaperäluokka*	0-1°			1-4°			> 4°		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Harva pientaloalue	0,05	0,1	0,15	0,1	0,15	0,2	0,15	0,2	0,25
Tiivis pientaloalue	0,1	0,15	0,2	0,15	0,2	0,25	0,2	0,25	0,3
Hyvin tiivis pientaloalue	0,15	0,2	0,25	0,2	0,25	0,3	0,25	0,3	0,35
Rivi- tai pienkerrostaloalue, väljä	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6
Tiivis kerrostaloalue, teollisuus- ja liikealueet, koulut	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7
Hyvin tiivis kerrostaloalue	0,4	0,55	0,7	0,5	0,65	0,8	0,6	0,75	0,9
Puisto	0,05	0,1	0,13	0,15	0,2	0,25	0,2	0,3	0,35
Metsä	0,01	0,05	0,1	0,05	0,1	0,2	0,1	0,2	0,25
Liikennealue-asfaltoitu	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
Liikennealue – sorapintainen	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Pelto, niitty, nurmi	0,05	0,1	0,15	0,15	0,25	0,35	0,3	0,4	0,55
Sorakentät	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5

Taulukko 3. Valumakertoimen määräytyminen maankäytön, maaperän ja rinteen kaltevuuden perusteella. Arvot on saatu yhdistämällä ja muokkaamalla eri lähteissä esitettyjä arvoja. Taulukossa maaperäluokka A kuvaa soraa, hiekkaa ja turvetta, B moreenia ja C savea, silttiä, liejua ja kalliota. (Vakkilainen ym. 2005, s. 48.)

6 Mitoitusvirtaama

Mitoitusvirtaama lasketaan yksinkertaisimmillaan valumakertoimen, mitoitusasteen intensiteetin ja alueen pinta-alan avulla kuten kaavassa 1.

$$Q = C \times i \times A \quad (1)$$

kaavassa Q [l/s] on mitoitusvirtaama, C valumakerroin, i [l/s*ha] mitoitusasteen keskimääräinen intensiteetti ja A [ha] valuma-alueen pinta-ala.

Vastaavasti huleveden määrä eli tilavuus voidaan laskea kaavalla 2.

$$V = \frac{C \times i \times A \times t}{1000} \quad (2)$$

kaavassa V [m³] on hulevesien määrä eli tilavuus, t [s] mitoitusasteen kestoaika ja muut tekijät ovat samoja kuin kaavassa 1. (Kuntaliitto 2012, s. 101.)

7 Mitoitussade

7.1 Yleistä

Mitoitussade on hulevesien hallintajärjestelmien keskeinen mitoitus suure. Mitoitussade muodostuu neljästä määräävästä ominaisuudesta: sateen kesto, sateen rankkuus eli intensiteetti, sademäärä ja toistuvuus eli todennäköisyys kyseisen sadetapahtuman esiintymiselle. Sateen intensiteetti pienenee sateen keston kasvaessa ja suurenee mitä harvinaisempaa toistuvuutta käytetään. (Kuntaliitto 2012, s. 102.)

Hulevesien hallintarakenteet kannattaa mitoittaa keskimääräisten sateiden mukaan, jotta kosteikot eivät ole kuivana aikanaan täysin ilman vettä eikä haitallisia ylivuotoja, joissa hulevedet jäävät käsittelemättä, pääse syntymään. (Vakkilainen ym. 2005, s. 77). Mitoittaessa tulisi myös määrittää alueet, joille hulevedet voivat tulvia sadetapahtuman ylittäessä mitoitus sateen. Esimerkiksi puistojen alaville alueille voidaan johtaa hulevesiä ilman haitallisia vaikutuksia ympäristöön.

7.2 Kesto aika

Mitoitussadetta määritettäessä on ensin selvitettävä mitoittavan sateen kesto aika. Jos mitoitusperusteena on hetkellinen huippuvirtaama, kestoajan tulisi olla mahdollisimman pieni, jolloin intensiteetti kasvaa. Mikäli mitoitusperusteena on hulevesien määrä, kesto aika voi olla suurempi, jolloin intensiteetti pienenee. (Kuntaliitto 2012, s. 102.)

Valuma-alueen laajuus huomioiden mitoitus sateen kesto aikaa voidaan pienentää ja intensiteetistä saadaan alhaisempi, koska laajassa valuma-alueessa kaikki vesi ei tule yhtä aikaa tarkasteltavaan pisteeseen. Taulukossa 4 on esitetty ohjeellisia mitoitus sateen kesto aikoja erikokoisille valuma-alueille.

Valuma-alueen pinta-ala	Mitoitussateen kestoaika
< 2 ha	5 min
2...5 ha	10 min
5...20 ha	20 min
20...100 ha	60 min

Taulukko 4. Ohjeelliset mitoitussateen kestoajat erikokoisille valuma-alueille Tielaitoksen (1993) mukaan (Kuntaliitto 2012, s. 209).

7.3 Todennäköisyys

Mitoitussateen todennäköisyys valitaan ympäristöolosuhteiden ja mitoitettavan järjestelmän tai rakenteen mukaan. Mitä harvinaisempaan todennäköisyyteen pyritään, sitä rankempaan sateeseen ja suurempaan sademäärään on mitoituksessa varauduttava. Todennäköisyyden valinta on usein optimointia kustannusten, riskien ja järjestelmän mitoituksen ylittämisestä aiheutuvien seurausten välillä. (Kuntaliitto 2012, s. 103.)

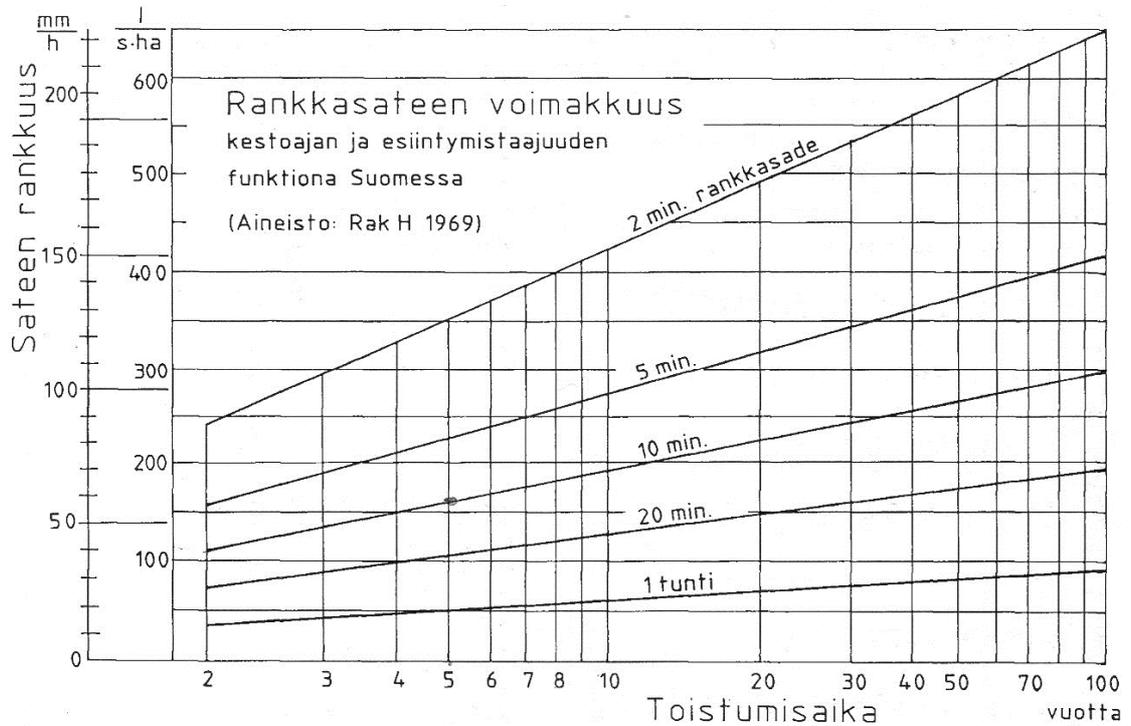
Kaupunkien hulevesiviemärijärjestelmät mitoitetaan yleensä kerran 2 - 3 vuodessa toistuvalla rankkasateelle. Pääteissä käytetään yleensä 10 vuoden toistumisaikaa ja tulvareittien toistumisaika voi olla 100 - 200 vuotta. Hulevesirakenteiden suunnittelussa voidaan tapauksesta riippuen käyttää jopa muutaman kuukauden välein toistuvia sateita ja suurempien sateiden vedet voidaan johtaa rakenteen ohi, mikäli tästä ei aiheudu huomattavaa haittaa ympäristölle. (Kuntaliitto 2012, s. 103.)

7.4 Mitoitussateen määrittäminen

Kuten sanottu, mitoitussateen valinta on usein optimointia ja hulevesien hallintarakenteissa mitoitussateen arvot ovat tapauskohtaisia. Erilaisia rakenteita ei välttämättä mitoiteta samalla intensiteetillä. Yleisesti sadevesiviemärien mitoituksessa on käytetty 2 - 3 vuoden välein toistuvaa 10 minuutin sadetta, intensiteetiltään 120 - 130 l/s*ha (Jääskeläinen 2010, s. 81).

Pienempää mitoitussateen intensiteettiä voidaan käyttää esimerkiksi kohteissa, joissa hallittu tulviminen on mahdollista. Kuviossa 3 on esitetty rankkasateen voimakkuuksia kestoajan ja esiintymistajuuden funktiona Suomessa ja taulu-

kossa 5 säätukamittauksiin perustuvia keskimääräisiä intensiteettejä. Taulukossa 6 on keskimääräisiä intensiteettejä korjattu ilmastonmuutoksen ennakoitulla vaikutuksella.



Kuvio 3. Rankkasateen voimakkuus kestoajan ja esiintymistäajuuden funktiona Suomessa RIL: Liikenne ja väylät (1975) mukaan (Katu 2002, s. 121).

Keskimääräinen intensiteetti (l/s*ha)									
Toistuvuus	Sateen kesto								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	117	80	78	50	33	18	11	6,9	4,2
1/2 a	167	120	100	61	42	21	13	8,3	5
1/3 a	183	130	111	72	47	23	14	8,8	5,2
1/5 a	217	150	122	83	53	25	16	9,7	5,8
1/10 a	233	180	156	100	64	30	19	10,9	6,9

Taulukko 5. Säätukamittauksiin perustuvat intensiteetit keskimäärin noin 1 km²:n aluesadannalle Etelä-Suomessa (Kuntaliitto 2012, s. 207).

Keskimääräinen intensiteetti (l/s*ha)									
Toistuvuus	Sateen kesto								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	140	96	94	60	40	22	13	8,3	5,0
1/2 a	200	144	120	73	50	25	16	10,0	6,0
1/3 a	220	156	133	86	56,4	28	17	10,6	6,2
1/5 a	260	180	146	100	64	30	19	11,6	7,0
1/10 a	280	216	187	120	77	36	23	13,1	8,3

Taulukko 6. Sateen intensiteetit keskimäärin noin 1 km²:n aluesadannalle ottaen huomioon ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus (Kuntaliitto 2012, s. 210).

8 Hulevesien laatu

8.1.1 Hulevesien laatuvaatimukset

Hulevesien laatuvaatimukset ovat tapauskohtaisia. Laatuvaatimukseen vaikuttaa luontoon laskettavien hulevesien määrä ja haitta-ainepitoisuudet sekä hulevesiä vastaanottavan vesistön tila, pilaantumisherkkyys ja käyttötarkoitus. Lisäksi pohjaveden pilaamiskiellon vuoksi imeytettäessä hulevesiä pohjavedeksi, imeytettävät hulevedet eivät saa sisältää haitallista määrää haitallisia aineita.

8.1.2 Yleistä

Yleisimpiä hulevesien sisältämiä haitta-aineita ovat kiintoaine, ravinteet, metallit, kloridi, öljyt, rasvat, torjunta-aineet ja eräät muut orgaaniset yhdisteet. Haitta-aineita päätyy hulevesiin mm. kuiva- ja märkälasseumana, liikenteen pakokaasuista, ajoneuvojen ja rakennusmateriaalien korroosiosta, tierakenteiden kulumisesta sekä liukkaudentorjuntaan käytetyistä aineista. (Kuntaliitto 2012, s. 124.)

Lisäksi erityisesti asutusalueiden hulevesissä on usein korkeita määriä suolistoperäisiä bakteereja. Pohjaveden laatua vaarantavia, hulevesissä esiintyviä aineita ovat mm. torjunta-aineet, liukkaudentorjunta-aineet ja polttoaineessa lyijyn asemasta käytettävä metyyli-tert-äri-*n*-butyylietteri (MTBE). (Kuntaliitto 2012, s. 124.)

Useat hulevesien haitallisista vesistövaikutuksista liittyvät joko suoraan tai epäsuorasti kiintoaineen kulkeutumiseen ja sisältämiin haitta-aineisiin. Kiintoaine itsessään samentaa vesistöä ja kertyy verkostoihin ja hulevesien varastorakenteisiin. Lisäksi kiintoaineeseen sitoutuneena kulkeutuu myös haitta-aineita, esimerkiksi fosforia ja metalleja. (Kuntaliitto 2012, s. 124.) Sadevesiä imeyttämällä ja läpäisemättömän pinnan määrää vähentämällä vähennetään myös suoraan valuma-alueelta pintavaluntana poistuvaa ainehuuhtoumaa.

Kesäniemen (2014) mukaan niin kutsutulla Schuelerin (1994) menetelmällä taa-jamapuroja voidaan luokitella ja niiden kuntoa arvioida valuma-alueen vettä lä-

päisemättömän pinnan osuuden mukaan. Schuelerin (1994) menetelmässä taajamapuron tila on luokiteltu kolmeen ryhmään valuma-alueen vettä läpäisemättömän osuuden mukaan. Muutoksia voidaan havaita jo vettä läpäisemättömän pinnan osuuden noustessa 10 prosenttiin valuma-alueen pinta-alasta. (Ilmastotyökalut.fi). Tämä kuvaa hyvin läpäisemättömän pinnan merkitystä hulevesikuormitukseen. Päälystetyn pinnan määrän on havaittu useissa tutkimuksissa olevan tärkein tekijä alueen hydrologisten ja vesistöjen ekologisten vaikutusten kannalta (Vakkilainen ym. 2005, s. 59). Taulukossa 7 on luokiteltu Suomen oloihin sovelletulla Schuelerin (1994) menetelmällä taajamapurojen vettä läpäisemättömän pinnan mukaan.

Puron ja valuma-alueen kestävyysmääreet	Taajamapuron luokka ja valuma-alueen maankäyttö		
	LUONNONTILAISEN KALTAINEN PURO 0-10 % valuma-alueesta vettä läpäisemätöntä	MUUNTUNUT PURO 11-25 % valuma-alueesta vettä läpäisemätöntä	TAANTUNUT PURO yli 25 % valuma-alueesta vettä läpäisemätöntä
Uoman vakavuus	Vakaa	Epävakaa	Erittäin epävakaa
Vedenlaatu	Hyvä	Kohtalainen	Kohtalainen-huono
Biologinen monimuotoisuus	Erinomainen-hyvä	Hyvä-kohtalainen	Vähäinen
Puroekosysteemin suojelun tavoitteet	Puron biologisen monimuotoisuuden ja uoman vakavuuden suojelu. Valuma-alueen ja uoman säilyminen luonnontilaa vastaavalla tasolla.	Puron tärkeimpien ominaispiirteiden ylläpito. Toimenpiteinä vedenlaatua ja virtaamia korjaavat hulevesien hallintamenetelmät valuma-alueella ja uomassa.	Purkuvesistöön kohdistuvan haitta-ainekuormituksen rajoittaminen. Korjaavia hulevesien hallinnan menetelmiä mahdollisuuksien mukaan.
Vedenlaadun hallinnan ensisijaiset kohteet	Kiintoaineen kertymä ja lämpötila	Ravinne- ja metallikuormat	Ulosteperäiset mikrobit
Hulevesien hallintamenetelmien valintaperusteet	Välilliset ympäristövaikutukset laajasti	Välitön puhdistustehokkuus	Välitön puhdistustehokkuus
Maankäytön ohjauksen perusteet	Läpäisemättömän pinnan rajoittaminen valuma-alueella ja rakennuskohteissa	Läpäisemättömän pinnan rajoittaminen rakennuskohteissa	Suosittelaa taajamarakentamisen tiivistämistä ja täydennysrakentamista
Ensisijaiset seurantamenetelmät	Läpäisemättömän pinta-alan kartoitus ja ympäristön biologisen tilan seuranta	Haitta-aineiden seuranta	Haitta-aineiden ja mikrobin seuranta
Rakennusluvut	Uudet rakennushankkeet pyritään ohjaamaan muualle	Ei sallita	Uudet rakennushankkeet sallitaan
Suojavyöhykkeet	Laaja ja yhtenäinen suojavyöhykeverkosto	Mahdollisimman tasokkaat suojavyöhykkeet	Suojavyöhykkeet mahdollisuuksien mukaan

Taulukko 7. Suomen oloihin sovellettu Schuelerin (1994) taajamapurojen oma luokitus (ilmastotyökalut.fi).

Maankäytöllä on suuri vaikutus hulevesissä esiintyviin haitta-aineisiin. Esimerkiksi asuinalueiden hulevesissä on yleensä runsaasti bakteereja ja ravinteita, kun taas teollisuus- ja liikennealueilla on enemmän metalleja ja yhdisteitä (Kun-

taliitto 2012, s.127). Geigerin ym. (1987) mukaan huleveden kiintoainehuuhtouma moottoritieltä oli yli 500-kertainen ja rakennettavalta alueelta Songozni ym. (1980) mukaan 2500-kertainen väljästi rakennetun asuinalueen huleveden kiintoainehuuhtoumaan verrattuna (Vakkilainen ym. 2005, s. 14).

Kaupungistuminen yleensäkin heikentää hulevesien laatua. Kaupungissa hulevesissä esiintyy useita haitta-aineita, minkä lisäksi kaupungeista puuttuvat luonnolliset hulevettä puhdistavat tekijät (Vakkilainen ym. 2005, s. 8). Toisaalta kaupunkialueiden aiheuttama ravinnekuormitus ei ole yhtä suurta kuin peltoalueilla (Vakkilainen ym. 2005, s. 9).

On myös syytä muistaa, että käytettäessä imeyttäviä ja suodattavia hulevesienkäsittelymenetelmiä, esimerkiksi raskasmetallit jäävät imeytysrakenteen avulla maaperään, jossa ne ovat ympäristöongelmana kuten vesistöissäkin. Hulevesien käsittelymenetelmien ohella tulisi myös kiinnittää huomiota päästölähteisiin ja päästöjen vähentämiseen. (Vakkilainen ym. 2005, s. 77.)

8.1.3 Talviolosuhteet

Talviolosuhteissa hulevesiä kuormittaa erityisesti suolan ja hiekoitushiekan käyttö liukkaudentorjunnassa. Lumen auraus ja nastarenkaiden käyttö lisäävät tiepintojen kulumista. Tiesuola todennäköisesti edistää myös muiden haitta-aineiden kulkeutumista liukoisessa muodossa. Hiekoitushiekasta aiheutuva kiintoainehuuhtouma tulee ottaa huomioon erityisesti suunniteltaessa hulevesien imeytysrakenteita. (Kuntaliitto 2012, s. 132.)

Lumen sulamisen aiheuttamia haittavaikutuksia voidaan vähentää kiinnittämällä huomiota lumen sijoituspaikkaan. Lumenkaatopaikat tulisi valita siten, että ne eivät ole lähellä vesistöjä tai pohjavesialueita. Lumien sulamisvesiin voidaan soveltaa luvussa 10.2 mainittuja hulevesien käsittelymenetelmiä. Etenkin tulisi suosia kestävästä kasvillisuuslajeista koostuvia kasvillisuuspainanteita. (Vakkilainen ym. 2005, s. 74.)

8.2 Haittavaikutukset

Haittavaikutukset voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, akuutteihin ja kroonisiin vaikutuksiin. Akuutit vaikutukset ovat lyhytkestoisia, maksimissaan viikon kes-

toisia. Tavallisesti akuutteja vaikutuksia havaitaan virtaavissa vesissä kuten puroissa ja joissa. Akuutteja vaikutuksia ovat mm. veden huono hygieeninen laatu sateen jälkeen ja sekaviemäröidyillä alueilla ylivuotojen aiheuttamat kalakuolemat (Kuntaliitto 2012, s. 132). Ajan kuluessa haittavaikutukset voivat muuttaa purkuvesistöjen veden laatua ja eliöstöä (Vakkilainen ym. 2005, s. 15).

8.2.1 Vesistöjen haittavaikutukset

Erityisen arkoja haittavaikutuksille ovat matalat lammet, pienet järvet sekä järvenlahdet. Hulevesien kulkeutuminen ja ojitus lisää usein vesistön ravinnekuormitusta, joka edistää leväkukintojen muodostumista ja rehevöitymistä. Tiesuola (NaCl) voi nostaa äkillisesti purovesistöjen suolapitoisuutta ja liuottaa metalleja hulevesiin. Myös onnettomuustilanteet ja sammutusvedet ja -kemikaalit voivat edistää myrkyllisten aineiden kulkeutumista vesistöihin. (Kuntaliitto 2012, s. 134.)

Krooniset vaikutukset ovat pitkällä aikavälillä, kuukausien tai vuosien kuormituksen aiheuttaneita. Kroonisia vaikutukset ovat tavallisesti rehevöityminen, haitta-aineiden kertyminen pohjasedimentteihin sekä pohjaveden pilaantuminen. Krooniset vaikutukset havaitaan usein vasta kun vesistön tai pohjasedimentin laadun jokin kriittinen arvo ylittyy tai vaikutukset ovat aistittavia. Useat yllä mainitut vaikutukset voivat johtaa pohjaelimestön yksipuolistumiseen ja kalaston vähenemiseen ja häviämiseen. (Kuntaliitto 2012, s. 132.)

Suurina määrinä liukoisessa muodossa kulkeutuvat haitta-aineet voivat herkästi aiheuttaa huomattavia akuutteja vaikutuksia pienvesissä. Jos haitta-aineet ovat kiintoaineeseen sitoutuneita, haittavaikutukset ovat todennäköisesti kroonisia (Kuntaliitto 2012, s. 133). Hulevesien aiheuttamat haittavaikutukset ovat yleensä kroonisia.

8.2.2 Pohjavesivaikutukset

Pohjavesialueella suositaan puhtaiden sadevesien imeyttämistä pohjavedeksi. Imeyttämisellä taataan veden luonnollinen kiertokulku ja pohjavesivarastojen täyttyminen. Päälystetyt pinnat sekä vesien johtaminen putkistoilla heikentävät veden laatua, vähentävät muodostuvan pohjaveden määrää, pienentävät poh-

javesivirtausta uomiin sekä alentavat pohjaveden pintaa. Hulevesiä imeytettäessä pohjavedeksi tulee varmistua etteivät hulevedet sisällä pohjavedelle haitallisia aineita etenkin vedenhankinta-alueilla.

Pohjavedenpinnan lasku sekä pohjaveden muodostumisen väheneminen voi aiheuttaa hapellisuus- ja rautaongelmia pohjavedessä, kasvillisuuden heikkenemistä ja kuolemista, kaivojen vedenantoisuuden ja veden laadun heikkenemistä, kokoonpuristuvien maakerrosten varaan perustettujen rakenteiden painumista ja vaurioitumista, paalukuormien lisääntymistä painuvien maakerrosten vuoksi, puisten perustuspaalujen lahoamista, teräspaalujen korroosion nopeutumista sekä eroosiota. (Lonka & Nikula 2008, s. 39; Liikennevirasto 2013, s. 13.)

Pitt ym. (1999) mukaan maaperä itsessään voi sisältää aineita jotka hulevesi saa liikkeelle sen läpi kulkiessaan. Liikkeelle lähtevät aineet voivat olla ihmisen toiminnasta aiheutuneita tai luonnollista alkuperää, kuten kiviaineksen sisältämät metallit. Suomessa on pohjavedestä todettu vanhoja jo käytöstä poistuneita torjunta-aineita sekä niiden hajoamistuotteita. Hulevesissä esiintyvien haitta-aineiden aiheuttamaan pohjaveden pilaantumisriskiin vaikuttaa pääasiassa haitta-aineen esiintymismuoto, ovatko haitta-aineet liukoisessa muodossa vai kiinto-aineeseen sitoutuneena, haitta-aineiden pitoisuus sekä kulkeutuvuus maaperässä. (Kuntaliitto 2012 s. 136.)

Suolan käyttö liukkaudentorjunnassa on tunnetuin uhka pohjavesille, sillä vesiliukoisena aineena suola kulkeutuu erittäin helposti pohjaveteen. Vedenhankintaan soveltuvilla alueilla tarvitaankin pohjavesisuojaus pääteiden ja -katujen hulevesiä sekä onnettomuustilanteita varten. Hulevedet myös johdetaan pohjavesialueen ulkopuolelle. (Kuntaliitto 2012, s. 136.)

Monilla haitallisilla aineilla pohjavesien pilaantumisriski pienenee, jos hulevedet imeytetään maanpinnalta kasvillisuuskerroksen läpi ja imeytysrakennetta edeltää kiintoainetta laskeuttava esikäsitteilyrakenne. Pilaantumisriski on suurin, mikäli hulevedet johdetaan suoraan maanalaisiin imeytysrakenteisiin ilman maanpinnalla tapahtuvaa imeyttämistä. Päälystetyillä alueilla sijaitsevat imeytyskaivot ovat pohjavesien kannalta huono ratkaisu. (Kuntaliitto 2012, s. 136.) Poh-

javesien pilaantumisen riskiä voidaan pienentää erilaisilla imeytystä edeltävillä vesien käsittelyillä, kuten öljynerotuskaivoilla. Ratkaisujen toimivuus tulisi arvioida riskitarkastelun perusteella (Lonka & Nikula 2008, s. 53).

Erytistapauksissa, kuten teollisuusalueilla ja tiesuolaa käytettäessä tulisi hulevesien imeyttämistä harkita tapauskohtaisesti (Kuntaliitto 2012, s. 136). Maanpäällisen toiminnan luonteesta riippuen hulevedet saattavat sisältää pohjavesiä pilaavia aineita, kuten öljyä ja suoloja.

Taajama-alueilla tulisi välttää maanalaisia imeytysrakenteita ja suosia hulevesien imeyttämistä kasvillisuuskerroksen läpi, jolloin imeytysrakennetta tulisi edeltää jokin kiintoainetta laskeuttava esikäsittelyrakenne (Kuntaliitto 2012, s. 136).

9 Hulevesien hallinnan yleiset periaatteet

9.1 Yleistä

Hulevesien hallinnalla tavoitellaan taajamien hallittua kuivatusta, taajamatulvien torjuntaa, pohja- ja pintavesien suojelua sekä käytännöllisen ja viihtyisän ympäristön luominen mahdollisimman luonnonmukaisin menetelmin. Hulevesien hallinnan suunnittelun yleiset periaatteet priorisoidussa järjestyksessä ovat:

- 1. hulevesien muodostumisen estäminen*
- 2. hulevesien käsittely ja hyödyntäminen syntypaikalla*
- 3. johtaminen suodattavalla ja hidastavalla menetelmällä*
- 4. johtaminen yleisillä alueilla oleville hidastus- ja viivytysalueille*
- 5. johtaminen purkuvesiin ja pois alueelta. (Kuntaliitto 2012, s. 20.)*

Rajoittamalla hulevesien muodostumista, imeyttämällä muodostuneita hulevesiä tai haihduttamalla niitä kasvillisuuden avulla huleveden kokonaismäärää voidaan vähentää ja siirtää hulevettä pintavalunnasta osaksi maa- ja pohjavettä tai ilmakehän vettä. (Kuntaliitto 2012, s. 20.)

9.2 Hulevesien hallinnan suunnittelu

Hulevesien hallintaa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon useita tekijöitä kuten alueen ilmasto, maaperä, vesistöt, topografia, pohjavesi, kasvillisuus, erilaiset suojelukohteet sekä maa- ja vesialueiden käyttö ja tila. (Kuntaliitto 2012, s. 24.)

Maankäytön suunnitteluun liittyvän hulevesien suunnittelun tavoitteena on antaa kokonaiskuva suunnittelualan nykyisestä ja tulevasta hydrologiasta. Suunnittelun lähtötiedoiksi tarvitaan:

- *kartat, ilmakuvat ja maaperätiedot valuma-alueesta*
- *kartat ja tiedot olemassa olevasta hulevesijärjestelmästä*
- *virtaama- vedenkorkeus ja laatutiedot, tulvavaara-alueet, vesiensuojelun ongelmakohteet, aluetta koskevat vesienhoito- ja kunnostussuunnitelmat ja määräykset, suojelukohteet, jne.*
- *pohjavesialueet ja niitä koskevat suojelusuunnitelmat, tiedot pohjaveden laadusta ja pohjaveden pinnankorkeudesta sekä sen vaikutuksista rakenteisiin, vedenottamoiden suoja-aluepäätökset, jne. (Kuntaliitto 2012, s. 76).*

Teollisuus- ja liikealueiden hulevedet tulisi pääsääntöisesti käsitellä tonttialueilla ja yleisten katu- ja pysäköintialueiden vedet vastaavasti viherkaistoilla, jotta hulevesien hallinta olisi selkeästi aiheuttajan vastuulla (Kuntaliitto 2012, s. 52).

Hulevesien hallintarakenteita voidaan teollisuus- ja liikealueilla käyttää alueiden ilmeen parantamiseen samaan tapaan kuin asuinalueillakin.

Hulevesien hallinta suuria hulevesivirtaamia muodostavilla laajoilla paljon huonosti vettä läpäisemätöntä pintaa sisältävillä alueilla vaatii erityistä huomiota. Suunnittelussa on otettava huomioon imeytys- ja viivytyjärjestelmien riittävä mitoitus. Tällaisissa kohteissa voidaan eritellä hulevesistä puhtaammat kattovedet ja käsitellä muut hulevedet erikseen.

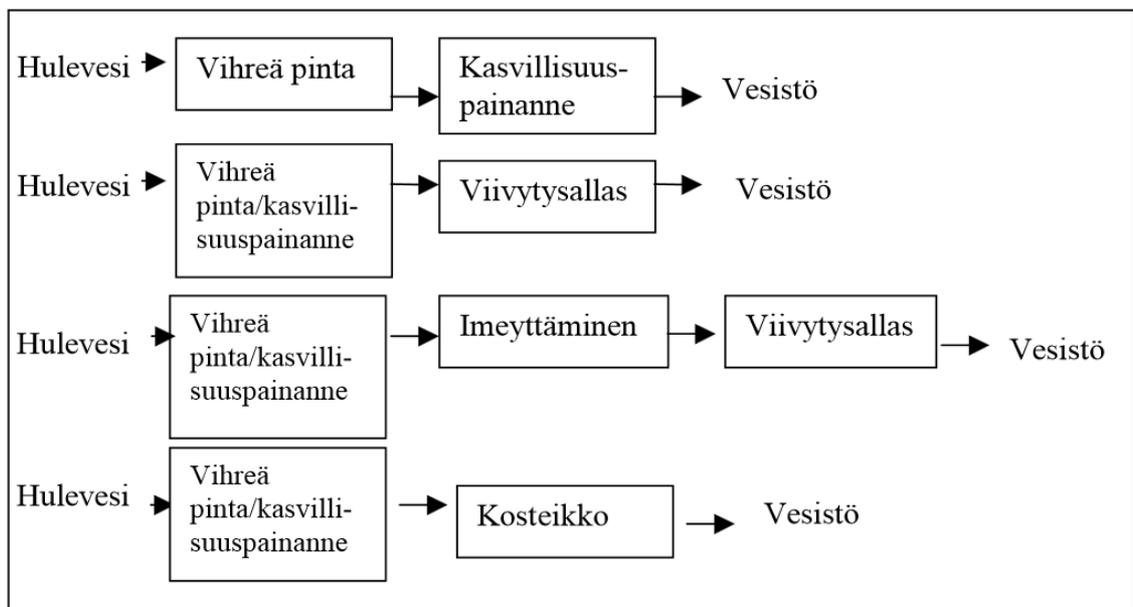
Kaupungistumisen aiheuttamia negatiivisia hydrologisia vaikutuksia ja vesistövaikutuksia voidaan ehkäistä maankäytön suunnittelulla. Suunnittelualuetta voidaan esimerkiksi tarkastella valuma-alueena, josta kartoitetaan vesitalouden kannalta tärkeät imeytymis- ja kerääntymisvyöhykkeet sekä rakentamista parhaiten kestävät rinnealueet (Vakkilainen ym. 2005, s. 11).

Perinteisesti hulevesiongelmiin on vastattu putkia suurentamalla ja ritiläkaivoja lisäämällä, mikä tulee kalliiksi ja ongelma siirretään pahimmassa tapauksessa tulevaisuuteen. Nykyään saneerattavissa kohteissa harkitaan vaihtoehtoisia menetelmiä, kuten vesimäärien hajuttamista pintojen muotoilulla ja uusia putkia rakentamalla, virtaamia hidastamalla, imeyttämällä ja luomalla hallittuja tilapäisiä tulvimisalueita esimerkiksi puistoihin.

10 Hulevesien hallinta- ja käsittelymenetelmiä

Hulevesien luonnonmukaisilla käsittelymenetelmillä voidaan muun muassa parantaa hulevesien laatua, tasapainottaa taajamavesistöjen virtaamia, maiseroida ympäristöä, parantaa pohjaveden muodostumisedellytyksiä ja ehkäistä tulvatilanteita (Lonka & Nikula 2008, s. 52).

Hulevesiä voidaan hallita ja käsitellä imeyttämällä, johtamalla, viivyttämällä ja suodattamalla tai edellä mainittuja menetelmiä yhdistämällä kuten kuviossa 4. Lundbergin ja Lindmarkin (1994) mukaan huleveden johtamismenetelmiä voidaan käyttää esikäsittelymenetelmänä muille hulevesien käsittelymenetelmille, jos se on mahdollista. (Vakkilainen ym. 2005, s. 71.)



Kuvio 4. Lundbergin ja Lindmarkin (1994) esittämiä hulevedenkäsittelymenetelmien yhdistelmäratkaisuja (Ahponen 2003, s. 71).

Hulevesien hallintamenetelmillä voidaan myös edesauttaa viihtyisän taajamaympäristön muodostumista. Puhtaita ja suodatettuja hulevesiä voidaan esimerkiksi viivyttää puistoalueille suunniteltavissa lammissa ja kosteikoissa ennen niiden purkautumista vesistöihin. (Kuntaliitto 2012. s. 47.)

Luonnonmukaisia hulevesienkäsittelymenetelmiä suunniteltaessa on tärkeää, että aluksi kartoitetaan kohdealueen luonnonolosuhteet. Perinteisiin huleveden-

käsittelymenetelmiin nähden luonnonmukaisten menetelmien toimivuuteen vaikuttavat useammat tekijät, kuten ilmasto-olosuhteet, kasvillisuus, maaperä ja mikrobitoiminta. (Vakkilainen ym. 2005, s. 76.)

Vähäisille vesimäärille sopivat parhaiten imeytys- ja viivytysohjeet, joissa on vettä vain väliaikaisesti. Ohjeet voivat olla esimerkiksi kivimateriaalilla päällystettyjä tai kasvillisuusohjeita. (Kuntaliitto 2012 s. 47.)

Huleveden käsittelymenetelmä/vaikutus		Maa- ja pohjavesivastojen ylläpitäminen	Virtaama huippujen pienentäminen	Viivytymisen lisääminen	Kiintoaineen laskeuttaminen	Puhdistaminen suodattamalla	Mikrobiologinen puhdistaminen
Johtaminen	Kasvillisuusohjeet	X	X	X	X	X	X
Imeyttäminen menetelmät	Imeytyspinnat/vihreät pinnat	X	X	X		X	X
	Imeytysaltaat	X	X	X	X	X	X
	Maanalainen imeytysrakente	X	X	X		X	X
	Yhdistetty imeytysallas ja oja	X	X	X	X	X	X
	Läpäisevät päällysteet	X	X	X		X	X
Viivyttäminen	Viivytysohjeet		X	X	X		X
Kosteikkokäsittely	Kosteikot		X	X	X		X

Taulukko 7. Hulevesien luonnonmukaisten käsittelymenetelmien vaikutustavat Ahposen (2003) mukaan (Uski 2012, s. 37).

10.1 Imeyttäminen

10.1.1 Yleistä

Luontaista sadeveden imeytymistä pohjaveteen voidaan turvata jättämällä rakentamattomia luonnonalueita etenkin selännealueille, joilla maalajit ovat hyvin vettä läpäiseviä.

Imeytysmenetelmät soveltuvat parhaiten käytettäväksi hulevesien syntypaikoilla sekä valuma-alueen yläosissa, joissa imeytymistä tapahtuu luonnostaankin. Pohjaveden pilaantumisen riski on otettava huomioon imeytettäessä erityisen likai-

sia, kuten katu- ja pysäköintialueiden hulevesiä. (Vakkilainen ym. 2005, s. 76.) Kohteissa, joissa hulevesien mukana voi kulkeutua pohjavettä pilaavia aineita, voidaan harkita esimerkiksi vain puhtaampien kattovesien imeyttämistä mikäli mahdollista.

Imeyttäessä hulevettä pyritään pidättämään esimerkiksi imeytysaltaassa, josta hulevesi imeytyy maahan ja osa mahdollisesti myös pohjaveteen asti. Tällöin hulevesi suodattuu maakerrosten läpi ja laatu paranee. Fergusonin (1998) mukaan savea tai humusta sisältävän maan kyky pidättää haitallisia aineita ja ravinteita hulevedestä on suurempi kuin vähäsavisen ja -humuksisen maaperän. Savimineraaleilla ja humuksella on taipumus sitoa vedestä mm. metalleja ja ravinteita nk. kationinvaihtomekanismilla. (Vakkilainen ym. 2005, s. 67). Huleveden imeyttäminen erittäin hienorakeisissa maalajeissa ei kuitenkaan ole toimivaa heikon vedenläpäisevyyden vuoksi.

IMEYTYSMENETELMÄT	
Vaikutus huleveden laatuun ja määrään	<ul style="list-style-type: none"> - Maa- ja pohjavesivarastojen ylläpitäminen - Virtaamahuiput pienenevät - Viipymä lisääntyy - Kiintoainetta suodattuu maaperään - Vesi puhdistuu mikrobiologisen toiminnan vaikutuksesta
Imeytyspinta	
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Jako-oja pinnan alkupäässä edistää huleveden jakaantumista koko pinta-alalle - Pituus >5-25 m (Fransson ja Larm 2000, Nordfeldt 1998)
Mitoituksessa huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> - Leveys >2,5-3 m (Urban Drainage and Flood Control District 1999, Vägverket 1999) - Kaltevuus 2-5 % (Urban Drainage and Flood Control District 1999) - Valuma-alueen koko <5 ha - Pohjavedenpinta vähintään 0,5 m syvyydellä maanpinnasta (VAV P46 1983)
Maanpäällinen imeytysallas	
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Matalat, loivat reunat
Mitoituksessa huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> - Syvyys noin 20-30 cm riippuen maaperän vedenläpäisevyydestä - Pinta-ala noin 10 % kattopinta-alasta, jos imeytetään kattovedet
Maanalainen imetyksrakente / imeytysoja	
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Suorakaiteen muotoinen - Mahdollisimman vähän kalteva, imeytysoja mieluiten vaakasuora
Mitoitus	<ul style="list-style-type: none"> - Vähintään 1 m pohjavedenpinnan yläpuolella ja routimattomassa kerroksessa - Tarkastuskaivot n. 50 m välein imeytysojassa - Rakennusten perustusten kuivanapito turvattava
Läpäisevät päällysteet	
	<ul style="list-style-type: none"> - Betonilaatoista tehdyn päällysterakenteen väleihin voidaan istuttaa nurmikkoa - Suodatinkangas esim. parkkipaikan läpäisevän päällysteen alla lisää puhdistustehoa - Sorakerroksen alle asetettua putkea myöten hulevedet voidaan johtaa esim. jatkokäsittelyyn
Kaikki imeytysmenetelmät	
Talviolosuhteiden vaikutus toimintaan	<ul style="list-style-type: none"> - Routa vähentää imeytymistä maaperään - Jos imeytyminen ei tarpeeksi tehokasta, maaperä voi vettyä johtaen alueen luonnollisten imeytymisominaisuuksien muuttumiseen
Huomioitavaa talviolosuhteissa	<ul style="list-style-type: none"> - Hiekoitushiekka tukkii helposti läpäisevän päällysteen - Lumen auraus saattaa aiheuttaa päällysterakenteen rikkoutumista. - Maanalaiset imetyksrakenteet sijoitettava routarajan alapuolelle - Imetyksrakenteen alla oleva ojitussärjestelmä edesauttaa maaperän kuivumista ja ehkäisee roudan muodostumista - Imeytyspainanteen pohjalla oleva sora- tai hiekkakerros ehkäisee roudan syntymistä
Huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none"> - Tarvittaessa irtonaisten lehtien ja roskien poisto maanpäällisistä imeytyspainanteista - Maa-aineksen vaihto erityisesti hyvin likaisia hulevesiä käsiteltäessä, tarvitaan kuitenkin harvoin - Läpäisevät päällysteet puhdistettava säännöllisesti hiekasta ja roskista
Sovelluskohteet	<ul style="list-style-type: none"> - Alueille, joilla maaperä on hyvin vettä läpäisevää - Valuma-alueen yläosiin, jotka ovat luonnollisia imeytymisalueita; myös muilla alueilla tärkeää imeyttää jonkin verran - Maanpäälliset imeytysaltaat piha- ja puistoalueilla - Maanalaiset imetyksrakenteet teiden varsilla, esim. yhdistettynä normaalia pienemmäksi mitoitettuun sadevesiviemäriverkostoon - Läpäisevät päällysteet hidasliikenteisillä kaduilla sekä parkkipaikoilla

Taulukko 8. Kooste Imeytysmenetelmien toiminnasta (Vakkilainen ym. 2005, s. 72)

Imeytettäessä hulevesiä pohjavedeksi on erittäin tärkeää tuntea maaperän ominaisuudet ja pohjavesiesiintymien käyttäytymistä (Lonka & Nikula 2008, s. 39).

Esimerkiksi anisotrooppisuuden eli vedenläpäisevyyden ominaisuuksien pysyvuuntaisen vaihtelun eriaiteisen tiivistymisen myötä vaihteleva vedenläpäisevyys vaikuttaa kerrostumassa tapahtuvaan suotovirtaukseen. Suomessa akviferit ovat mannerjäätikön muovaamia, ja siten yleisimmin huomattavan anisotrooppisia. (Liikennevirasto 2013, s. 9.) Moreenimaalajeilla vedenläpäisevyyteen vaikuttaa suuresti myös moreeniaineksen raekoostumus (Liikennevirasto 2011, s. 17). Taulukossa 9 on esitetty vedenläpäisevyyden, kokonaishuokoisuuden ja ominaisantoisuuden arvoja eri maalajeille.

Maalaji	Vedenläpäisevyyskerroin k [m/s]	Kokonaishuokoisuus [%]	Ominaisantoisuus S_y [%]
Sora	$10^{-1} \dots 10^{-4}$	25...50	25...37
Karkea sora	> 1	24...36	23
Keskikarkea sora	$1 \dots 10^{-2}$		24
Hieno sora	$1 \dots 10^{-3}$	25...38	25
Hiekkainen sora	$10^{-2} \dots 10^{-6}$		
Hiekka	$10^{-2} \dots 10^{-6}$	25...50	25...38
Karkea hiekka	$10^{-1} \dots 10^{-4}$	30...46	27
Keskikarkea hiekka	$10^{-2} \dots 10^{-5}$	30...40	28
Hieno hiekka	$10^{-3} \dots 10^{-6}$	26...53	10...28
Siltti	$10^{-5} \dots 10^{-9}$	35...61	8
Karkea siltti	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	30...35	
Hieno siltti	$10^{-5} \dots 10^{-8}$	40...50	
Savi	$< 10^{-8} \dots 10^{-10}$	34...70	3...10
Laiha savi		40...60	
Lihava savi		60...75	
Moreeni		20...55	
Soramoreeni	$10^{-4} \dots 10^{-7}$		16
Hiekkamoreeni	$10^{-6} \dots 10^{-8}$		16
Silttimoreeni	$10^{-7} \dots 10^{-10}$		6

Taulukko 9. Maalajien vedenläpäisevyyden, kokonaishuokoisuuden sekä ominaisantoisuuden arvoja Suomen ympäristökeskuksen (2010) mukaan (Liikennevirasto 2013, s. 12).

10.1.2 Imeytyspinnat / vihreät pinnat

Larm ym. (1999) mukaan yksinkertaisin tapa imeyttää hulevesiä on ohjata hulevedet nurmikoon peittämällä pinnalle, josta vesi imeytyy maaperään. Imeytyspinnan on hyvä olla loivasti kalteva, jotta vesi virtaa kasvillisuuden peittämän pin-

nan yli ja imeytyy lopulta maahan. Virratessaan kasvillisuuden peittämän pinnan yli vedestä pidättyy kiintoainetta kasveihin ja maaperän mikrobitointia puhdistaa hulevettä. (Vakkilainen ym. 2005, s. 67.) Imeytyspinnat sopivat parhaiten pienille hulevesimäärille.

10.1.3 Vihreät katot / viherkatot

Kasvillisuuden peittämän katon avulla voidaan katoille satavat vedet imeyttää heti eikä jatkokäsittelyä maan pinnalla tarvita. Vihreä katto koostuu vedenpitävästä kerroksesta, vettä johtavasta kerroksesta, sekä irtonaisesta maakerroksesta tai kasvimatosta. Vihreät katot soveltuvat parhaiten tiheään rakennetuille alueille, joilla ei ole tilaa kovin tilaa vieville ratkaisuille. Viherkattoja suunniteltaessa on otettava huomioon rajallinen vedenvarastointikyky. (Vakkilainen ym. 2005, s. 67.)

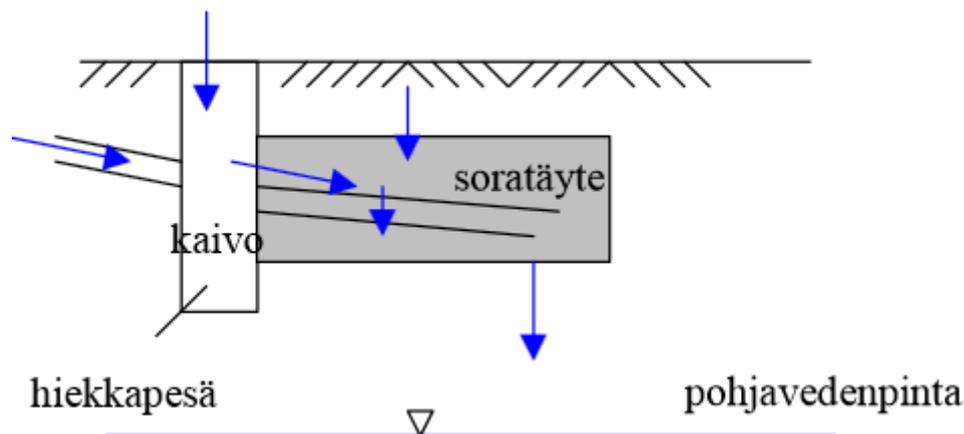
Henkilökohtaisesti en pidä vihreitä kattoja kovin tehokkaina hulevesienkäsittelyrakenteina sillä katoille satava vesi on puhtaampaa kuin maanpinnalla pintavaluntana liikkuva hulevesi, joten puhdistusvaikutus jää vähäiseksi. Mielestäni viherkattoja tulisi harkita etenkin laajoille kattopinnoille sillä ne voivat kerätä paljon epäpuhtauksia jotka sadetapahtuma saa liikkeelle.

10.1.4 Imeytysallas

Imeytysallas on matala, maanpinnan syvennys tai painanne, johon sadevesi johdetaan. Vesi varastoituu altaaseen kunnes imeytyy maahan ja samalla kiintoainetta suodattuu vedestä maaperään. Altaassa oleva kasvillisuus pidättää hulevedestä ravinteita ja pitää maan huokoisena ja hyvin vettä läpäisevänä. Königin (1996) mukaan sopiva syvyys imeytysaltaalle on noin 20 - 30 cm riippuen maan vedenjohtavuudesta ja sademäärästä. Imeytysaltaita voidaan rakentaa useita peräkkäin hieman kaltevalle maaperälle, jolloin edellisen altaan ylivuotovesi virtaa seuraavaan alemmalla tasolla olevaan altaaseen. Imeytysaltaita suunnitellessa kannattaa maastosta kartoittaa mahdollisia luonnollisia imeytykseen sopivia painanteita ja hyödyntää niitä. (Vakkilainen ym. 2005, s. 67.)

10.1.5 Maanalaiset imeytys- ja viivytyrakenteet

Imeytys-/viivytyksallas tai rakenne voidaan sijoittaa myös maan alle, mikäli maan pinnalla ei ole tilaa tai maan pintakerros on huonosti vettä läpäisevää (Vakkilainen ym. 2005, s. 68). Maaperästä riippuen rakenne on vettä imeyttävä tai pelkästään viivyttävä (Finnish Consulting Group 2010, s. 26). Kuvassa 2 on esitetty maanalaisen imeytysrakenteen periaate. Tarvittaessa kaivannon eteen voidaan tehdä öljyn- tai hiekanerotin.



Kuva 2. Maanalaisen imeytysrakenteen periaate Larm ym. (1999) mukaan (Ahponen 2003, s. 49).

Bingmanin (1983) ajatus maanalaisesta imeytysrakenteesta on maahan tehty kaivanto, joka on täytetty hiekalla, soralla tai muulla vettä läpäisevällä maa-aineksella. Päälimmäisenä on kerros pintamaata, esimerkiksi multaa. Vesi johdetaan maanalaiseen imeytysrakenteeseen joko läpäisevän pinnan tai sadevesikaivojen kautta. Vesi suodattuu läpäisevän täytteenä olevan maa-aineksen läpi ja jatkaa imeytymistä ympäröivään maaperään. (Vakkilainen ym. 2005, s. 68.)

Fergusonin (1998) mukaan rakenteeseen voidaan lisätä rei'itetty putki tehostamaan veden jakautumista maaperään, tällöin puhutaan imeytysojista (Vakkilainen ym. 2005, s. 68). Maanalainen imeytysrakenne voi myös olla pelkkä pohjaton sadevesikaivo eli imeytyskaivo, jolla voidaan imeyttää esimerkiksi puhtaampia kattovesiä tai jo esikäsiteltyjä hulevesiä. Maanalaiset imeytysrakenteet tulisi sijoittaa routarajan alapuolelle (Vakkilainen ym. 2005, s. 77.)

Maanalaisissa imeytys- ja viivytysrakenteissa voidaan käyttää myös muovikennostoja, jolloin hyötytilavuus saadaan suuremmaksi, kuten kuvassa 3. Käytettäessä täyttömateriaalina esimerkiksi louhetta tai seulottua mursketta saadaan hyötytilavuudeksi 25 - 30 %. Teollisesti valmistetuilla kaseteilla hyötytilavuudeksi voidaan saada jopa 95 %.



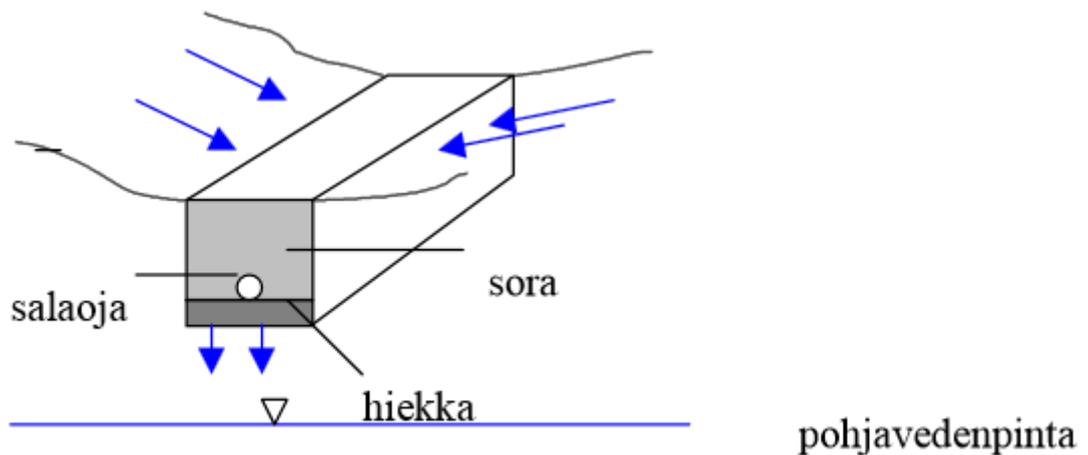
Kuva 3. Muovikennostolla täytetty maanalainen imeytys-/viivytyskaivanto. Kuva: Wabin Labko Oy, 2007 (Finnish Consulting Group Oy 2010, s. 26).

10.1.6 Yhdistetty imeytysallas ja imeytysoja

Königin (1996) mukaan yhdistettäessä maanpäälliset imeytysaltaat ja maanalaiset imeytysojat saadaan hyödynnettyä imeytysaltaiden puhdistusvaikutuksen ja imeytysojien varastointi- ja imeytysominaisuuksien yhteisvaikutus (Vakkilainen ym. 2005, s. 68).

Vesi imeytyy altaasta maanpinnan alla sijaitsevaan soralla tai hiekalla täytettyyn kaivantoon ja kaivannosta edelleen maaperään. Kaivantoon asennetaan salajaputki, jonka tarkoituksena on altaan täytyessä johtaa vettä ylivuotokaivantoon. Yhdistettyä imeytymisrakennetta voidaan käyttää joko kokonaan tai osittain korvaamaan perinteinen sadevesiviemärointi. Huleveden ollessa erityisen

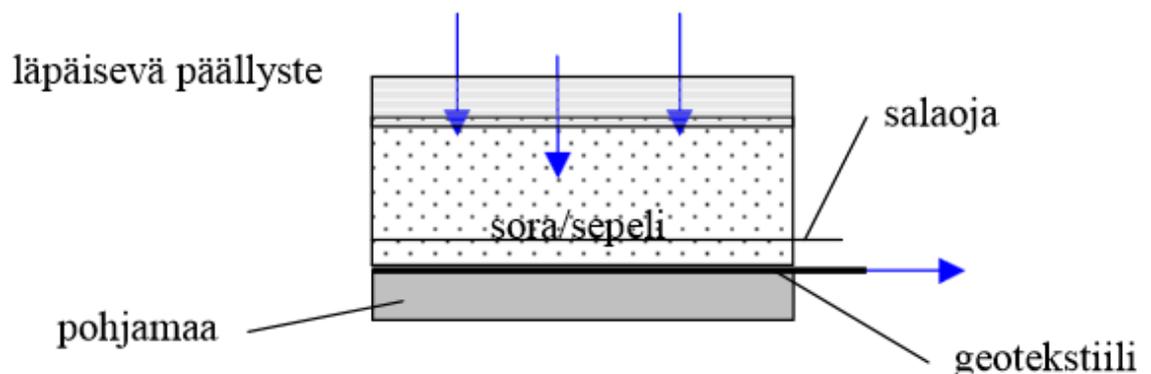
likaista, voidaan imeytyskaivannon ympärille sijoittaa suodatinkangas pidättämään likaantunutta kiintoainesta. (Vakkilainen ym. 2005, s. 68.) Yhdistetyn imeytysaltaan ja imeytysojan periaate on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Yhdistetyn imeytysaltaan ja imeytysojan periaate Larm ym. (1999) mukaan (Ahponen 2003, s. 50).

10.1.7 Lämpäisevät päällysteet

Larm ym. (1999) mukaan lämpäisevä päällyste on päällyste, joka lämpäisee vettä koostumuksensa ansiosta. Vesi suodattuu päällysteen läpi kiintoaineen jäädesä päällysteen alla sijaitsevaan suodattimena toimivaan sorakerrokseen. Sorakerroksen alle voidaan asentaa salaojaputki, jota pitkin hulevesi voidaan ohjata edelleen jatkokäsittelyyn. (Vakkilainen ym. 2005, s. 68.) Kuvassa 5 on esitetty lämpäisevän päällysterakenteen periaate.



Kuva 5. Lämpäisevän päällysterakenteen periaate Larm ym. (1999) mukaan (Ahponen 2003, s. 52).

Läpäiseviä päällysteitä ovat mm. avoin asfaltti (AA), harvat kiveykset, kennonosora ja reikälaatoitukset. Läpäisevän päällysmateriaalin reiät voidaan esimerkiksi täyttää mullalla ja istuttaa niihin nurmea, tämä luo viihtyisyyttä, tehostaa huleveden puhdistumista ja vähentää eroosiota. (Vakkilainen ym. 2005, s. 68.) Kuvassa 6 on esimerkki läpäisevästä päällysteestä.



Kuva 6. Esimerkki läpäisevästä päällysteestä, kuvan lähteenä Londong ja Nothnagel (1999) (Ahponen 2003, s. 51).

Huleveden ollessa likaista, voidaan kiintoaineen suodattumista tehostaa sora-kerroksen alle asennettavalla suodatinkankaalla. Läpäisevät päällysmateriaalit sopivat erityisesti vähä- ja hidasliikenteisille alueille kuten pysäköintialueille. (Vakkilainen ym. 2005, s. 68.) Läpäisevät päällysmateriaalit voidaan myös yhdistää muiden hulevesienkäsittelymenetelmien kanssa.

10.2 Suodattaminen

10.2.1 Suodattaminen maaperässä

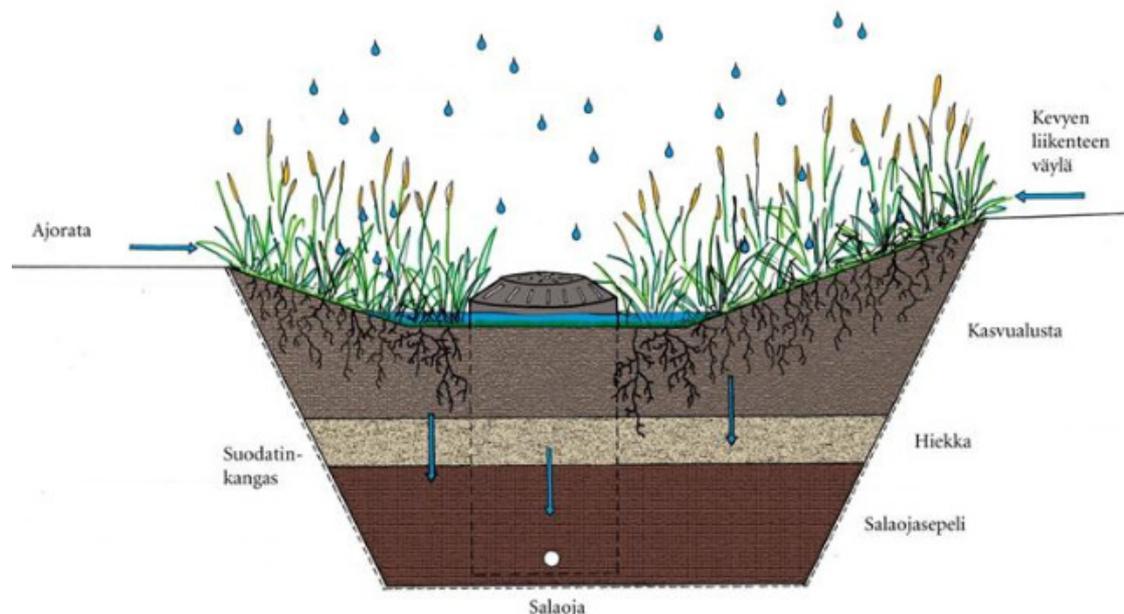
Sekä pohjavesialueilla että heikosti vettä johtavassa maaperässä voidaan kaiken tyyppisiä hulevesiä johtaa suodatukseen maa-ainesten läpi, koska maaperä puhdistaa tehokkaasti hulevesiä ja koska samalla voidaan viivyttää hulevesien virtausta eteenpäin. Etenkin sateen ja sulamisen alkuvaiheen alkuhuuhtouma on tärkeää saada suodatetuksi. (Kuntaliitto 2012, s. 83.)

Teollisuusalueiden, vilkkaasti liikennöityjen katujen ja pysäköintialueiden yhteyteen tehtyjen biopidätyskaistojen on todettu tasaavan virtaamia ja pidättävän lähes 100 % raskasmetalleista. Vertailtaessa eri käsittelymenetelmien toimivuutta kylmissä olosuhteissa on todettu, että maasuodatukseen perustuvat, huokostilavuutta sisältävät rakenteet toimivat myös talvisateiden yhteydessä lähes yhtä hyvin kuin kesällä huolimatta 15 - 25 cm paksuisesta routaantuneesta pintakerroksesta. (Kuntaliitto 2012, s. 83.)

Suodattimen pohjalle asennetaan salaoja varmistamaan suodattimen kuivumista ja johtamaan suodattuneen veden pois, jolloin rakenne toimii myös talvella. Suodatinrakenteesta voi tapahtua myös puhdistuneen huleveden osittaista imeytymistä pohjaveteen. (Kuntaliitto 2012, s. 83).

Biopidätysalueet ovat ympäristöä alempana olevia kasvillisuuden peittämiä paineita. Biopidätysalueella hulevedet suodatetaan kasvukerroksen ja suodatuskerroksen läpi. Mikäli maaperä on hyvin vettä läpäisevää biopidätysalue voi tyhjentyä kokonaan imeytymisen vuoksi. Heikoimmin vettä läpäisevässä maaperässä rakenne voidaan varustaa salaojilla. Biopidätysalueeseen liittyy aina lammikoitumistila, jossa voidaan hetkellisesti varastoida ja viivyttaa melko suuriakin vesimääriä. (Finnish Consulting Group Oy 2010, s. 26.)

Likaantuneille hulevesille suodatusalue tehdään aina biopidätysalueena, jossa on kasvillisuutta, biologisesti aktiivinen kate- tai humuskerros ja syvemmillä hiekkakerros, johon on sekoitettu savea. Tarvittaessa suodatus tai biopidätysrakenne voidaan eristää ympäröivästä maaperästä pohjaveden suojausmenetelmien. (Kuntaliitto 2012, s. 83.) Kuvissa 7 - 14 on esitetty erilaisia biopidätysalueiden ratkaisuja.



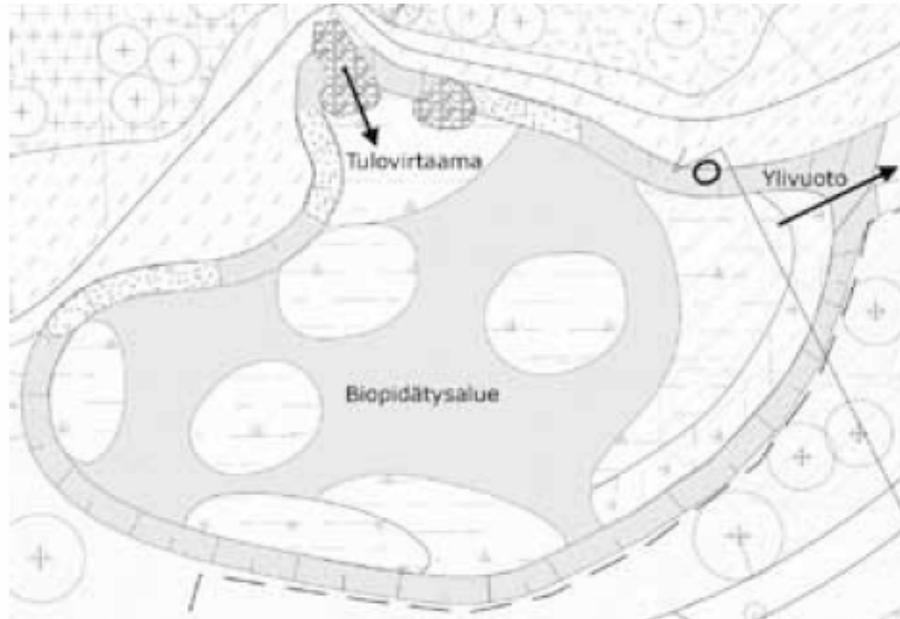
Kuva 7. Biosuodatusalue ajoradan ja kevyen liikenteenväylän välissä (ilmasto-tyokalut.fi).



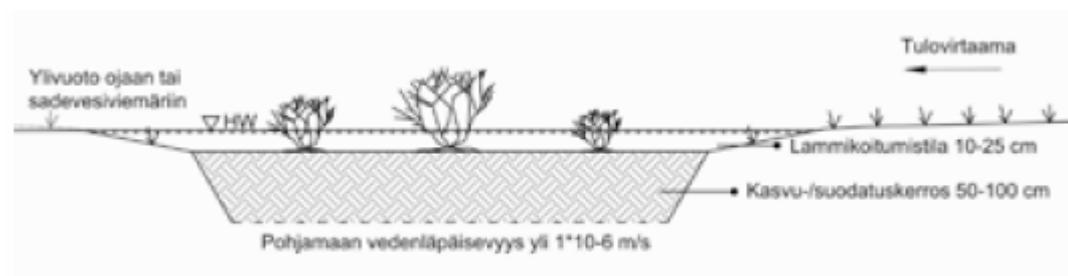
Kuva 8. Vastakkaisten pysäköintialueiden välissä olevan biosuodatusalueen tyyppiratkaisu (ilmastotyokalut.fi)



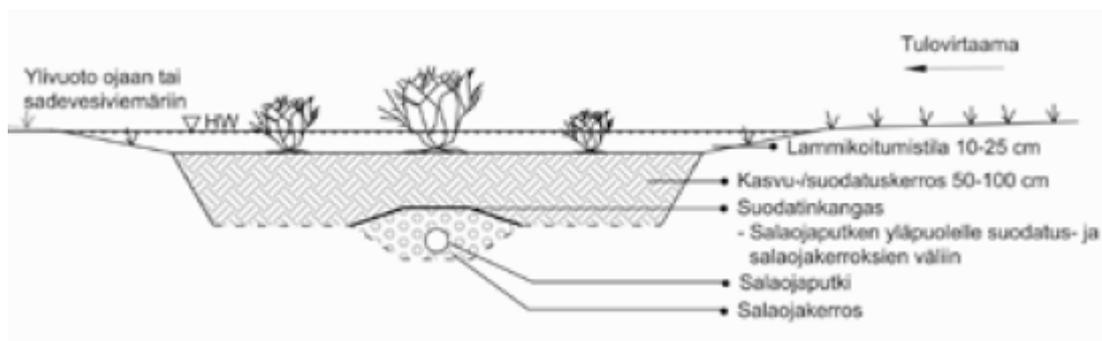
Kuva 9. Esimerkki imeytys-/suodatuspainanteesta pysäköintipaikan vieressä:
Kuva Finnish Consulting Group Oy, Seattle (Kuntaliitto 2012, s. 153).



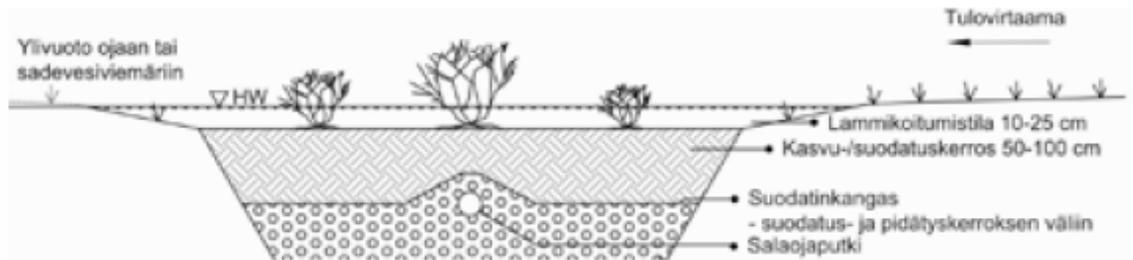
Kuva 10. Biopidätysalueen asemapiirros-esimerkki. Kuva: Finnish Consulting Group Oy (Kuntaliitto 2012, s. 152)



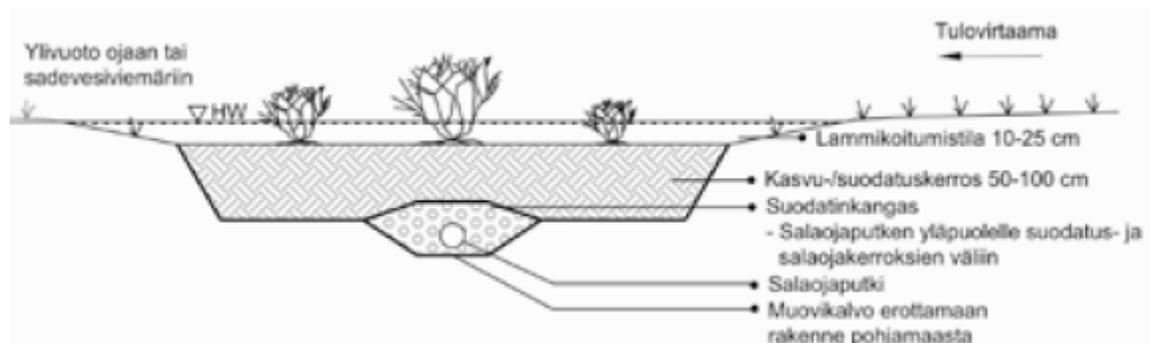
Kuva 11. Imeytys-/suodatuspainanne hyvin vettä läpäisevässä maaperässä. Kuva: Finnish Consulting Group Oy (Kuntaliitto 2012, s. 152)



Kuva 12. Imeytys-/suodatuspainanne kohtalaisesti vettä läpäisevässä maaperässä. Kuva: Finnish Consulting Group Oy (Kuntaliitto 2012, s. 152).



Kuva 13. Imeytys-/suodatuspainanne varustettuna kasvukerroksen alapuolisella varastotilalla. Kuva: Finnish Consulting Group Oy (Kuntaliitto 2012, s. 153).



Kuva 14. Kalvorakenteella eristetty suodatuspainanne. Kuva: Finnish Consulting Group Oy (Kuntaliitto 2012, s. 153).

10.2.2 Suodattaminen ja johtaminen maan pinnassa

Huleveden johtamisella tarkoitetaan sitä, että hulevesi johdetaan ensisijaisesti perinteisten sadevesiviemärien sijasta kasvillisuuden peittämällä painanteilla tai pintavalutuksena vastaanottavaan vesistöön. Osa vedestä voi etenkin sateen alussa imeytyä pintamaahan ja valua pintakerrosvaluntana, mikä puhdistaa alkuhuhoumaa (Kuntaliitto 2012, s. 83).

Fergusonin (1998) mukaan johdettaessa hulevettä kasvillisuuden peittämään painanteeseen, sen viipymä lisääntyy ja virtaamahuiput pienenevät. Jos veden virtaus on tarpeeksi pieni, voivat painanteet myös suodattaa kasvillisuuden avulla kiintoainetta hulevedestä ja osa hulevedestä imeytyy maaperään. Lisäksi hulevedestä poistuu jonkin verran ravinteita ja epäpuhtauksia maaperän ja kasvien mikrobiologisen toiminnan seurauksena. (Vakkilainen ym. 2005, s. 66.) Heikosti vettä johtavassa maaperässä voidaan hulevesiä suodattaa kuivatusputkistoilla varustetuissa, vettä läpäisevästä materiaalista tehdyissä painanteissa. (Kuntaliitto 2012, s. 47).

Johdettaessa hulevesiä rinteessä, avopainanteeseen kannattaa tehdä kynnyksiä, jolloin painanteeseen muodostuu perättäisiä imeytys- tai suodatuspainanteita. Rakennetussa ympäristössä hulevesiä voidaan johtaa myös muuratuissa tai kivetyissä kouruissa. (Kuntaliitto 2012, s. 83).

Fergusonin (1998) mukaan kasvillisuuspainanteen tulee olla tarpeeksi pitkä jotta sillä olisi positiivinen vaikutus veden laatuun. Rakentamalla viivytyks- ja imeytysaltaita painanteen yhteyteen sekä muotoilemalla uoman poikkileikkaus epä säännölliseksi voidaan hidastaa veden virtausta ja lisätä viipymää. Virtausnopeuden hidastuminen sekä kasvillisuuden juuret painanteen reunoilla vähentävät myös eroosiota. (Vakkilainen ym. 2005, s. 66).

10.3 Viivyttäminen

Ferguson (1998) on kuvaillut, että hulevesien viivyttämisellä tarkoitetaan huleveden varastoitamista viivytyksaltaisiin, jolloin virtaama pienenee ja viipymä kasvaa. Viivytyksaltailla pystytään hallitsemaan suuriakin hulevesimääriä ja niistä voidaan laskea vettä pois halutulla nopeudella. Veden laatu paranee kiintoaineen laskeutumisen myötä sekä tulvimis- ja eroosioriskit pienenevät. (Vakkilainen ym. 2005, s. 69.)

Viivyttäminen ja kosteikkokäsittely soveltuvat parhaiten valuma-alueen alaosaissa sijaitseville heikosti vettä läpäiseville alueille (Vakkilainen ym. 2005, s. 77).

VIIVYTYSMENETELMÄT	
Vaikutus huleveden laatuun ja määrään	<ul style="list-style-type: none"> - Virtaamahuiput pienenevät - Viipymä lisääntyy - Kiintoaine laskeutuu - Vesi puhdistuu mikrobiologisen toiminnan vaikutuksesta
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Loivat, vaihtelevan muotoiset rannat - Saaret, niemet ja lahdenpohjukat lisäävät viipymää ja tehostavat veden puhdistumista - Ulos- ja sisääntulokohdat syvempiä kuin muu allas – virtaus hidastuu ja kiintoaineen laskeutuminen tehostuu - Pitkänomainen, meandroiva muoto, sisään- ja ulostulokohtia kohti kapeneva - Mielellään kasvillisuusvyöhyke vesisyvyydellä 0,15-0,3 m altaan ympärillä, myös muualla kasvillisuutta (Urban Drainage and Flood Control District 1999)
Mitoituksessa huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> - Leveys : pituus noin 1 : 2 - Syvyys 1,5-2 m, rannan/luiskan kaltevuus [1:3; pysyvän vedenpinnan yläpuolella 1:4 (Urban Drainage and Flood Control District 1999, WEF ja ASCE 1998, Vägverket 1999, SEPA 1997, Hvitved-Jakobsen et al. 1994, Larm 1994, Persson 1999) - Altaan pinta-ala vähintään 0,015 ha (Fransson ja Larm 2000), suositeltava vähimmäispinta-ala 0,25 ha - Valuma-alueen pinta-ala 10 -100 ha (Lönngren 1995, Schueler 1987)
Talviolosuhteiden vaikutus toimintaan	<ul style="list-style-type: none"> - Jääpeite pienentää altaan varastotilavuutta - Jääpeite estää huleveden pääsyn altaaseen ja kiintoaineen laskeutumisen - Partikkeleiden laskeutumisnopeus hidastuu veden kylmetessä, koska veden viskositeetti pienenee
Huomioitavaa talviolosuhteissa	<ul style="list-style-type: none"> - Altaan tulo- ja menovirtaaman putket tulisi asettaa routarajan alapuolelle - Varastotilavuutta tulisi voida säädellä, jolloin keväällä saadaan sulamisvesille pidempi viipymä
Huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none"> - Pohjasedimentin poisto säännöllisin väliajoin - Rakennusvaiheessa pohjalle kertynyt sedimentti poistettava ennen käyttöönottoa
Sovellukset /sovelluskohteet	<ul style="list-style-type: none"> - Väliaikaisen vesivaraston ja pysyvän vesivaraston omaavat altaat; pysyvä vesivarasto suositeltava - Soveltuvat parhaiten valuma-alueen alaosiin, missä maaperä on huonosti vettä läpäisevää

Taulukko 10. Kooste viivytysmenetelmien toiminnasta (Vakkilainen ym. 2005, s. 73)

10.3.1 Johtaminen ja viivyttäminen avouomissa

Suurehkoja hulevesivirtaamia voidaan johtaa avouomissa, jotka nykyisin ovat yleisesti osa hulevesiverkostoa. Hulevesien johtamiseen soveltuvat suoria ojia paremmin luonnontilaisia uomia muistuttavat ojat, joissa mutkittelu ja kynnykset hidastavat virtausta. Avouomien reunalle tarvitaan yleensä kiviainesta eroosiosuojausta varten virtaamahuippujen vuoksi. (Kuntaliitto 2012, s. 84.)

KASVILLISUUSPAINANTEET	
Vaikutus huleveden laatuun ja määrään	<ul style="list-style-type: none"> - Jonkin verran imeytymistä maaperään - Virtaamahiiput pienenevät - Viipymä lisääntyy - Kiintoainetta suodattuu ja laskeutuu - Hulevesi puhdistuu mikrobiologisen toiminnan vaikutuksesta
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Uoman poikkileikkauksen epätasainen muoto lisää viipymää ja vähentää eroosiota, parabolinen tai trapetsoidinen muoto parempia kuin v-muoto - Hidastusaltaat painanteen yhteydessä tehostavat puhdistusvaikutusta
Mitoitus	<ul style="list-style-type: none"> - Tarpeeksi pitkä painanne (>60m) (Vägverket 1998) - Pituuskaltevuus 0,2-1 %, luiskan kaltevuus [1:4 - 1:5 (Urban Drainage and Flood Control District 1999, Vägverket 1999, SEPA 1995) - Pohjan leveys 0,5-3,0 m (Vägverket 1998) - Syvyys < 0,1 m (Vägverket 1998)
Talviolosuhteiden vaikutus toimintaan	<ul style="list-style-type: none"> - Mikrobiologinen puhdistustoiminta ja kiintoaineen pidäytyminen vähenevät - Imeytyminen maaperään vähenee maan jäätyessä
Huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none"> - Painanteen pohjalle kerääntyvän lietteen ja roskien poisto säännöllisesti, erityisesti keväällä sulamiskauden jälkeen
Sovellukset /sovelluskohteet	<ul style="list-style-type: none"> - Teiden varsilla putkiojien sijasta - Tonteilla kattovesien johtamiseen - Yhdysväylänä muiden luonnonmukaisten hulevedenkäsittelymenetelmien välillä

Taulukko 11. Kooste kasvillisuuspainanteiden toiminnasta (Vakkilainen ym. 2005, s. 71)

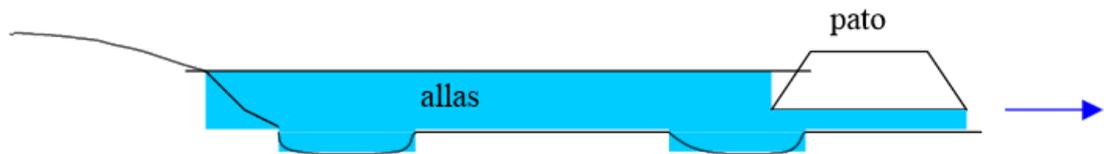
10.3.2 Viivyttäminen ja pidättäminen lammikoissa ja kosteikoissa

Viivytyksaltaissa varastoituvan veden määrä vaihtelee sateiden mukaan. Viivytyksaltaissa on yleensä pysyvä vesipinta, mutta se voi tyhjentyä sadetapahtuman jälkeen kokonaan. Veden annetaan virrata padon alitse ulosvirtauskanavaa myöten. (Vakkilainen ym. 2005, s. 69.)

Fergusonin (1998) mukaan pysyvän vesipinnan omaava allas sopii yleensä paremmin ympäristöönsä ja virkistyskäyttöön kuin välillä kuivuva allas. Väliaikaisen vesipinnan omaavissa altaissa vesivarasto on pieni sateen alkaessa, tästä johtuen myös viipymä on lyhyt ja suurimmat haitta-ainepitoisuudet omaavasta alkuhuuhtoumasta vain karkein sedimentti ehtii laskeutua. Tulovirtaama myös saattaa sateen alkaessa huuhtoa altaan pohjalle kertynyttä sedimenttiä uudelleen ylös. Edellä mainituista seikoista johtuen pysyvän vesipinnan altaat ovat tehokkaampia hulevesien laadun parantamisessa. (Vakkilainen ym. 2005, s. 70.)

Ferguson (1998) on myös todennut, että viivytyksaltaat tulisi mitoittaa usein toistuvan sateen mukaan eli pienelle virtaamalle. Usein toistuvat sateet ja niiden ainekuormitus vaikuttavat hulevesien laatuun enemmän kuin harvinaiset, suuret

sadetapahtumat. Mikäli altaat mitoitettaisiin harvoin toistuvien sadetapahtumien mukaan, altaista tulisi suhteettomien suuria. (Vakkilainen ym. 2005, s. 70.) Harvoin toistuviin sateisiin tulee varautua tulvareiteillä tai sallimalla tietty hallittu tulviminen alueella.



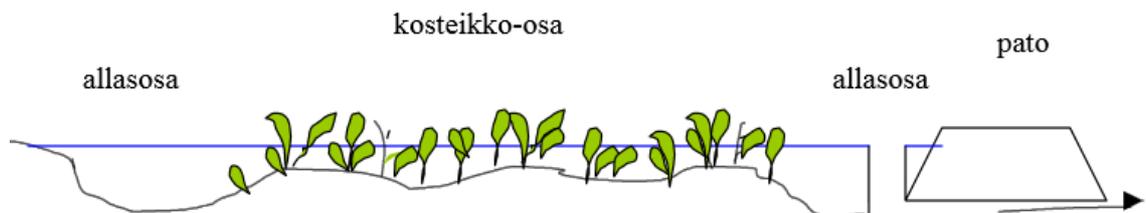
Kuva 15. Periaatekuva viivytyksaltaasta väliaikaisella vesivarastolla, kuvan lähde Ferguson (1998) (Ahponen 2003, s. 57).



Kuva 16. Periaatekuva viivytyksaltaasta pysyvällä vesivarastolla, kuvan lähde Ferguson (1998) (Ahponen 2003, s. 57).

Puhdistuskykyä voidaan tehostaa kasvillisuuden käytöllä (Finnish Consulting Group 2010, s. 26). Lundbergin ja Lindmarkin (1994) mukaan tällöin puhutaan usein kosteikoista, etenkin jos kasvillisuus on umpeenkasvanutta. Keinotekoisesti tehtyjen kosteikkojen ja pysyvän vesivaraston omaavien viivytyksalueiden ero on usein hyvin liukuva. (Vakkilainen ym. 2005, s. 70.)

Kosteikkojen toiminnassa yhdistyvät virtaamahuippujen pienentyminen, huleveden viipymän lisääntyminen sekä huleveden puhdistuminen mikrobiologisesti (Vakkilainen ym. 2005, s. 70).



Kuva 17. Fergusonin (1998) versio kosteikon periaatteesta (Ahponen 2003, s. 62.)

KOSTEIKOT	
Vaikutus huleveden laatuun ja määrään	<ul style="list-style-type: none"> - Virtaamahuiput pienenevät - Viipymä lisääntyy - Kiintoaine laskeutuu - Vesi puhdistuu mikrobiologisen toiminnan vaikutuksesta
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Kosteikon tulisi sisältää sekä syvempiä, avoimia allasosia että matalampia, kasvillisuuden peittämiä alueita - Kosteikkoon ei tulisi muodostua kanavia; virtaaman jakaannuttava tasaisesti koko pinta-alalle - Pitkänomainen, sisään- ja ulostulokohtia kohti kapeneva muoto, loivat, vaihtelevan muotoiset rannat, saarekkeet - Rantojen kaltevuus [1:5 - Laskeutusallas ennen kosteikkoa tehostaa puhdistusta, tilavuus 5-10 % kosteikon tilavuudesta
Mitoituksessa huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> - Pinta-ala noin 1-2 % valuma-alueen pinta-alasta - Syvyys on noin 0,5-0,7 m kuivimpana aikana - Suositeltava viipymä on noin 3-5 vrk - Vapaata vesipintaa n. 40 % pinta-alasta, vedenpinnan yli ulottuvaa kasvillisuutta 60 % pinta-alasta (Urban Drainage and Flood Control District 1999, SEPA 1997) - Valuma-alueen pinta-ala > 4-10 ha (Schueler 1992)
Talviolosuhteiden vaikutus toimintaan	<ul style="list-style-type: none"> - Mikrobiotoiminnan vaikutus vähenee heikentäen puhdistustulosta - Jääpeite pienentää altaan varastotilavuutta - Jääpeite estää huleveden pääsyn altaaseen ja kiintoaineen laskeutumisen - Partikkeleiden laskeutumisnopeus hidastuu veden kylmetessä, koska veden viskositeetti pienenee - Varastotilavuuden säätelyllä saadaan aikaan sulamisvesille pidempi viipymä
Huomioitavaa talviolosuhteissa	
Huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none"> - Kosteikon kasvillisuuden ja pohjasedimentin poisto säännöllisin väliajoin

Taulukko 12. Kooste kosteikkojen toiminnasta (Vakkilainen ym. 2005, s. 74)

Mikäli hulevesien laatua tarvitsee parantaa merkittävästi, tulisi viivytyalueiden toimintaa tehostaa esimerkiksi suodatuksella. Tällöin puhutaan biopidätysalueesta. Järjestelmän alkupäähän voidaan rakentaa tasausallas erottelemaan karkeimman kiintoaineen. Järjestelmän purkupäähän on myös suositeltavaa jättää pieni allas laskeutuvalla kiintoaineelle. (Finnish Consulting Group 2010, s. 26.)

Helppimmillaan viivytyksallasjärjestelmä voidaan toteuttaa rakentamalla purku-uomaan pato, jonka ohittava virtaama säädetään halutun mukaiseksi ja vedenpinta nousee halutun kosteikon alueelle (Finnish Consulting Group 2010, s. 26).

Hulevettä voidaan myös viivyttää avouomien yhteyteen tehtävinä uomalaajenuksilla, lammikoilla ja kosteikoilla, joissa virtausnopeus hidastuu ja huleveden mukana kulkeutuvaa kiintoainetta laskeutuu (Kuntaliitto 2012, s. 84).

10.3.3 Viivyttäminen purojen tulva-alueilla ja purojen kunnostus

Taajamapuroissa hulevesien kuormitus lisää purojen ylivirtaamia, jolloin purot tulvivat alaville alueille. Kasvaneet virtaamat kuitenkin yleensä samalla kuluttavat ja avartavat uomia. Jos hulevesiä ei voida viivyttää ennen niiden joutumista puroihin ja tulvimisesta ei ole haittaa, tulva-alueet voidaan säilyttää ja näin luoda luonnollisia kosteikkoja. Uoman syöpymistä voidaan hillitä esimerkiksi kiviaineksen, pajujen tai vesikasvillisuuden avulla luodulla eroosiosuojauksella. (Kuntaliitto 2012, s. 84.)

Jos tulvimista on rajoitettava, purojen varteen voidaan kaivaa tulvatasanteita, joihin vesi pääsee virtaamaan. Uoman virtaus hidastuu ja eroosio vähenee. Myös hulevesien mukana uomassa kulkeutuvaa kiintoainetta laskeutuu tulvakasvillisuuden sekaan. (Kuntaliitto 2012, s. 84.)

Kalojen olosuhteita voidaan huomioida taajamapuroissa rakentamalla alivirtausuoma kapeana, jolloin veden korkeus suurenee. Uomaan voidaan lisätä kiviä ja soraa sekä kalojen, että eroosion vuoksi. (Kuntaliitto 2012, s. 84.)

10.3.4 Huleveden virtauksen hidastaminen ranta-alueella

Viimeinen mahdollisuus huleveden mukana kulkeutuvan kiintoaineksen talteen ottamiseksi ennen vesistöön purkua on hidastaa virtausta uoman suistossa ranta-alueella. (Kuntaliitto 2012, s. 84.)

Pienestä taajamapurosta, hulevesiviemäristä tai -ojasta purkautuvaa vettä voidaan johtaa rantavyöhykkeelle tai vesikasvillisuuden sekaan kaivettaviin ojastoihin, joissa virtaus jakaantuu ja tasaantuu, ja kiintoaine voi suodattua kasvillisuuteen. (Kuntaliitto 2012, s. 84.)

Hulevesiä purkavan uoman suistoon voidaan kaivaa laskeutusallas tai kosteikko. Uoma voidaan erottaa maapenkereellä järven tai meren matalasta ranta-alueesta esimerkiksi lahdenpoukamassa. (Kuntaliitto 2012, s. 84.)

Vesialueen kaivaminen ja pengertäminen vaatii yleensä ilmoituksen Elinkeino- ja ympäristökeskukselle ja voi edellyttää myös aluehallintoviraston myöntämän vesilain mukaisen luvan, koska alkuperäiselle vesialueelle ja eliöstölle voi aiheutua haittaa. (Kuntaliitto 2012, s. 84.)

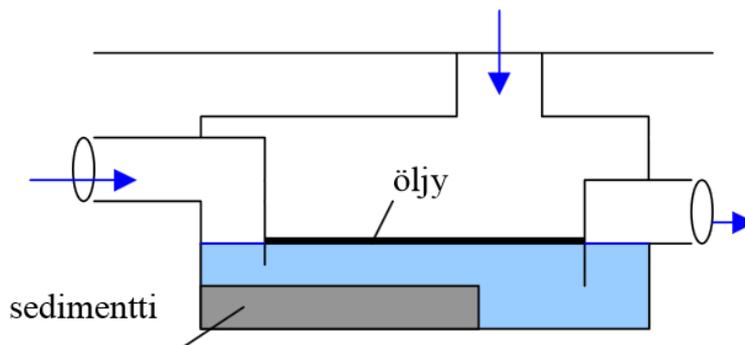
10.4 Muita hulevedenkäsittelymenetelmiä

Muut hulevedenkäsittelymenetelmät eivät ole luonnollisia, mutta myös niiden tavoitteena on vaikuttaa positiivisesti käsiteltävien hulevesien laatuun.

10.4.1 Öljynerotin

Öljynerottimet vaaditaan usein pohjavesialueille toteutettaviin, pohjaveden pilaamisen riskin aiheuttaviin kohteisiin kuten pysäköintialueille. Öljynerottimen tehtävä on nimensä mukaisesti puhdistaa hulevettä öljystä ja kiintoaineksesta.

Öljynerottimen toiminta perustuu veden ja öljyn tiheyseroon. Öljyn tiheys on veden tiheyttä pienempi, joten öljy nousee veden pinnalle erotinaltaassa ja vedessä olevat raskaat partikkelit laskeutuvat erottimen pohjalle. Puhdistettu vesi johdetaan altaan toisesta päästä pois. (Vakkilainen ym. 2005, s. 75.) Öljynerottimen periaate on esitetty kuvassa 18.



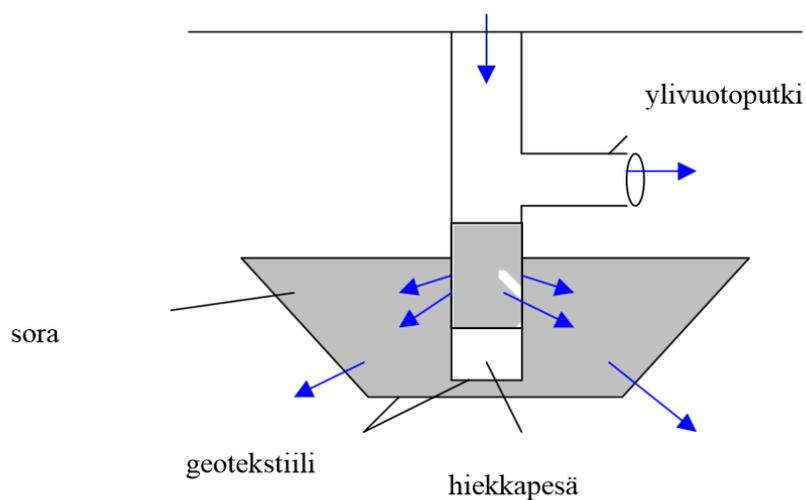
Kuva 18. Öljynerottimen periaate Larm ym. (1999) mukaan (Ahponen 2003, s. 74).

10.4.2 Suodatinkaivot

König (1996) mukaan suodatinkaivoista on useita erilaisia ratkaisuja. Suodatinkaivo voi olla pohjaton sadevesikaivo, jonka alaosassa on noin 50 cm paksuinen kerros suodatinhiekkaa tai soraa. Kiintoainepartikkelit jäävät suodatinhiekkään veden suodattuessa läpi. Suodatinkerroksen yläreunan tulee olla vähintään 1.5 m pohjavedenpinnan yläpuolella suodatusvaikutuksen varmistamiseksi. Suodatinkaivot soveltuvatkin Königin (1996) mukaan parhaiten alueilla, jossa

pohjavedenpinta on syvällä ja maaperä huonosti vettä läpäisevää. (Vakkilainen ym. 2005, s. 75.)

Suodatinkaivo voi olla myös Larm ym. (1999) mukaan myös umpipohjallinen ja alaosaan reiällinen, josta vesi suodattuu kaivoa ympäröivään hiekka- tai soratäytteeseen. Osa kiintoaineesta laskeutuu jo kaivon umpinaiseen pohjaan. Sora- tai hiekkatäytön ympärille voidaan asentaa geotekstiiliverhous pitämään materiaalia paikoillaan ja estämästä rakenteen sekoittuminen pohjamaahan. (Vakkilainen ym. 2005, s. 75.) Suodatinkaivon periaate on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Suodatinkaivon periaate Larm ym. (1999) mukaan (Ahponen 2003, s. 75).

10.4.3 Kaivosuodatin

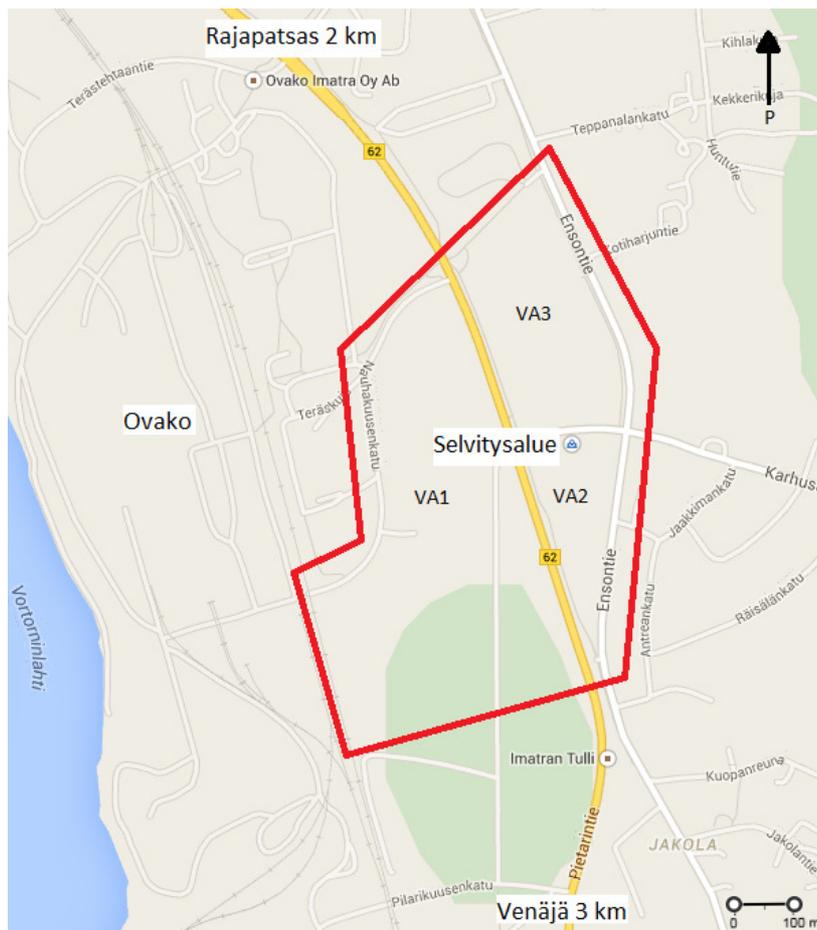
Larm ym. (1999) mukaan kaivosuodatin on sadevesikaivoon asennettava erillinen suodatinrakenne. Karkeampi sedimentti kerääntyy suodattimen alapuolelle kaivon pohjalle, kun taas hienompijakoinen aines jää itse suodattimeen. Kaivosuodattimissa käytettyjä suodatinmateriaaleja ovat mm. aktiivihiili, polypropyleeni, selluloosamateriaali ja rakeinen turve. Kaivosuodattimet vaativat muihin suodatusmenetelmiin nähden paljon huoltoa, sillä suodatinmateriaali on vaihdettava 2 - 4 kertaa vuodessa. (Vakkilainen ym. 2005, s. 76.)

11 Selvitysalue

11.1 Selvitysalueen sijainti

Selvitysalueena on Nauhakuusenkadun alue, joka sijaitsee Imatralla, Pietarintien eli Maantien 62 Mikkeli-Imatra ja Nauhakuusenkadun välissä, Ovakon terästehtaan itäpuolella (valuma-alue 1). Lisäksi tarkastellaan Pietarintien itäpuolisia, Pietarintiehen, Karhusuontiehen ja Ensontiehen rajautuvaa "Disa's Fishin tonttia" (valuma-alue 2) sekä Pietarintiehen, Kuonapolkuun ja Ensontiehen rajautuvaa Kultakuusenkujan aluetta (valuma-alue 3).

Selvitysalueen laajuus on noin 30 ha. Kuvassa 20 on esitetty selvitysalueen sijainti ja rajaus, kuvassa 21 on satelliittikuva selvitysalueesta ja kuvassa 22 on ilmakuva selvitysalueen itäosasta.



Kuva 20. Selvitysalueen sijainti ja rajaus



Kuva 21. Satelliittikuva selvitysalueesta



Kuva 22. Ilmakuva selvitysalueen itäosasta. Kuvassa etualalla Pietarintie ja Di-sa's fishin kalakauppa.

11.2 Maankäyttö

Selvitysalue on pääosin kuusi- ja mäntymetsää. Selvitysalueen länsiosassa, Nauhakuusenkadun varrella on pienehkö teollisuusalue ja alueen itäosassa, Pietarintien Itäpuolella sijaitsee liikerakennuksia.

11.3 Topografia

Kuten kuvasta 23 ilmenee, selvitysalue on kokonaisuudessaan suhteellisen tasaista. Maanpinnankorkeudet Pietarintien länsipuolella (VA1) ovat välillä +55.00 - 61.00 m (N43), alimpien pisteiden sijaitessa länsiosassa, Nauhakuusenkadun varrella. Pietarintien itäpuolisen osan maanpinnankorkeudet ovat välillä +59.00 - 63.00 m (N43), alimpien pisteiden sijaitessa länsiosassa, Pietarintien varrella.



Kuva 23. Korkeuskäyrät alueelta 0,5 m välein. Lähtötietona Imatran kaupungin laserkeilausaineisto.

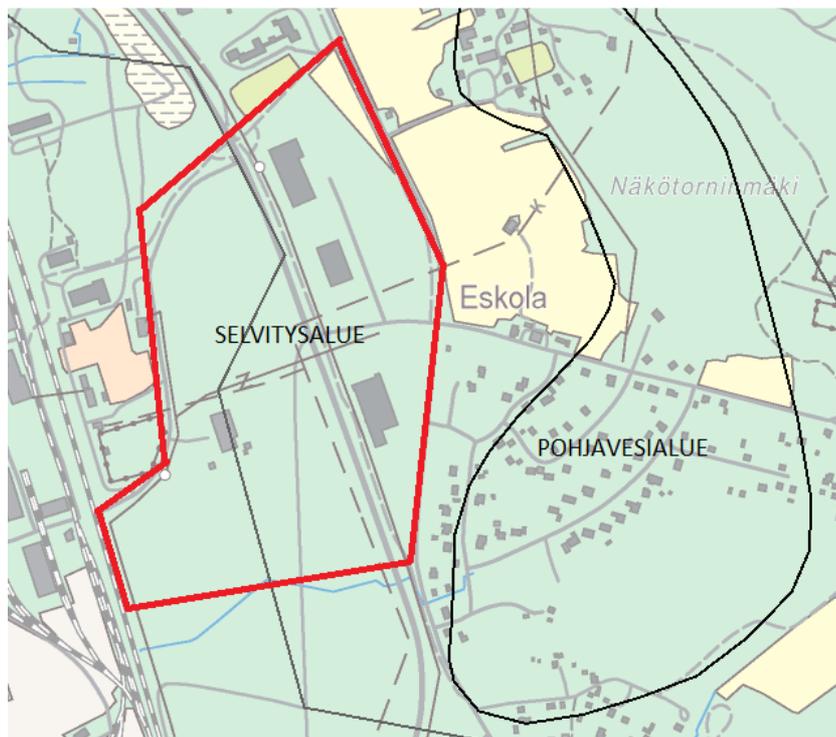
11.4 Maaperä

Pietarintien länsipuolella sijaitsevalla alueella on tehty maaperätutkimuksia Imatran kaupungin toimesta. Tutkimukset suoritettiin painokairaamalla.

Alueen maaperä on hyvin tasalaatuista. Ohuehkon, 0 - 0,4 m paksun humus-/multa-/turvekerroksen alla on useiden metrien paksuinen silttikerros. Tutkimuspisteessä 1 pintakerroksena oli metrin paksuinen kuona-/sorakerros silttikerroksen yläpuolella. Kalliota ei havaittu. Pohjavedenpintaa ei tutkittu.

Hienorakeisilla maalajeilla, kuten savella, siltillä ja liejulla on heikko vedenjohtavuus ja varsinkin savessa vesi ei pääse liikkumaan juuri lainkaan. Tästä johtuen hienorakeisista maakerroksista mitattu vesipinta ei vastaa pohjavedenpinnan tasoa. (Liikennevirasto 2013, s. 11).

Valuma-alue 1:n itäosa sekä valuma-alue 3 sijaitsevat pohjavesialueen suoja-
vyöhykkeellä. Kuvassa 24 on esitetty selvitysalueen sijainti pohjavesialueeseen nähden.



Kuva 24. Pohjavesialueen sijainti selvitysalueella

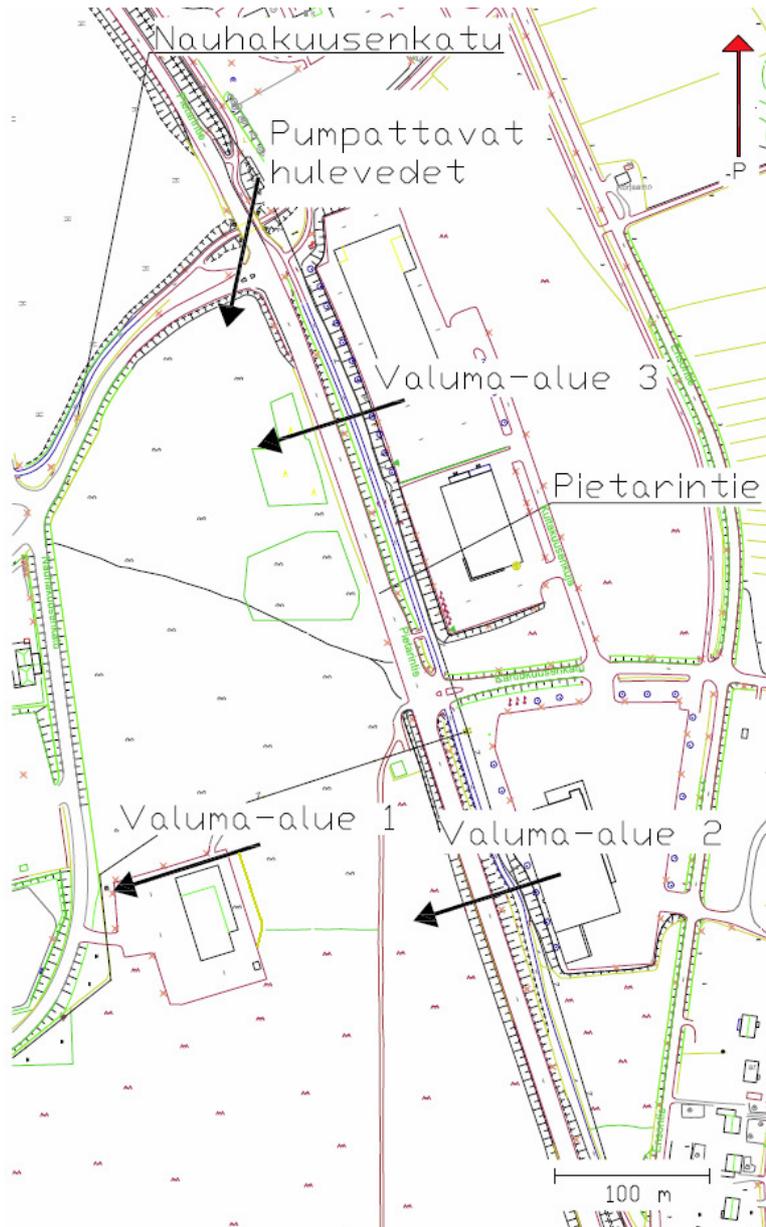
12 Valuma-alue, hulevesien hallinta ja hulevesimäärät

12.1 Valuma-alueen kuvaus

Valuma-alueen kokonaispinta-alaksi olen määrittänyt noin 30 ha, josta valuma-alue 1:n osuus on 16,9 ha, valuma-alue 2:n osuus 4,3 ha ja valuma-alue 3:n osuus 8,6 ha.

Valuma-alue 1 on niin kutsuttu Nauhakuusenkadun alue, alueelle puretaan hulevesiä tierummun välityksellä Kultakuusenkujan alueelta eli Valuma-alueelta 3. Valuma-alueelta 2 tulee myös hulevesiä tierummun välityksellä Pietarintien vie-reisiin ojiin.

Valuma-alue 1:n pohjoisosaan pumpataan alikulkukäytävään kertyviä hulevesiä, mutta määrät ovat niin pieniä, että sillä ei ole vaikutusta hulevesijärjestelmien suunnitteluun, koska virtaama on käytännössä 0. Eniten hulevesiä pumpattiin alueelle vuoden 2013 huhtikuussa, tällöinkin vain 268 m³/kk. Kuva 25 havainnollistaa valuma-alueiden huleveden valumissuuntia suuntanuolin.



Kuva 25. Havainnekuva huleveden valumissuunnista selvitysalueelta nykytila-
saan

Imatran kaupungin johtokartan mukaan selvitysalueella ei sijaitse hulevesiviemärointiä, lukuun ottamatta Nauhakuusenkadun alueella sijaitsevan nykyisen teollisuuskiinteistön hulevesiä, jotka on johdettu jätevesiviemäriin. Kyseisen kiinteistön pinnat on kuitenkin laskettu mukaan valuma-alue 1:n päällystetyn pinnan määrään.

12.2 Hulevesimäärät

Hulevesimääriä arvioitaessa olen liitteen 1 mukaisesti käyttänyt mitoitussadetta intensiteetiltä 100 l/s. Mitoitussadetta sekä hulevesimääriä on syytä tarkistaa mitoitettavan kohteen mukaan. Valumakertoimen arvoksi olen valinnut kohteen mukaan katto- ja päällystepinnalle 0,9, päällystämättömälle pinnalle 0,07 - 0,25 ja tulevalle teollisuus- ja katualueelle 0,8 - 0,85.

Laskemani arvot valuma-alueiden aiheuttaman hulevesivirtaaman prosentuaaliselle kasvulle ovat suuruusluokan antavia. Hulevesien hallintarakenteita mitoitettaessa tulisi arvoja ja etenkin mitoitussadetta tarkistaa mitoitettavan kohteen mukaan.

12.2.1 Valuma-alue 1

Valuma-alue 1:n kokonaispinta-ala on 16,9 ha. Nykyään päällystetyn- ja kattopinnan osuus valuma-alue 1:stä on noin 1,35 ha (7,9 %).

Valuma-alue 1:n aiheuttama hulevesivirtaama on nykytilassa 229,7 - 431,3 l/s. Virtaama tulee olemaan kaavan jälkeen 1100,7 - 1206,9 l/s eli prosentuaalisesti hulevesivirtaama tulee kasvamaan 180 - 379 %.

12.2.2 Valuma-alue 2

Valuma-alue 2:n kokonaispinta-ala on 4,3 ha ja päällystetyn- ja kattopinnan osuus kokonaispinta-alasta on noin 2,18 ha (50,6 %).

Valuma-alue 2:n aiheuttama hulevesivirtaama on nykytilassa 228,4 - 249,6 l/s. Kaava ei tule vaikuttamaan valuma-alue 2:n aiheuttamaan virtaamaan muutoin kuin mahdollisesti erityisalueen (EV) osalta. Olen huomioinut EV-alueen valumakertoimella 0,15 - 0,25.

12.2.3 Valuma-alue 3

Valuma-alue 3:n pinta-ala on 8,6 ha ja päällystetyn- ja kattopinnan osuus on kokonaispinta-alasta 2,98 ha (34,6 %).

Valuma-alue 3:n aiheuttama hulevesivirtaama on nykytilassa 292,1 - 351,9 l/s. Virtaama tulee olemaan kaavan jälkeen 458,4 - 496,4 l/s eli prosentuaalisesti hulevesivirtaama tulee kasvamaan 41 - 57 %.

13 Suunniteltu maankäyttö ja sen vaikutukset

Selvitysalueelle ollaan kaavoittamassa kuvan 26 mukaisesti teollisuus- ja puistoalueita. Alueen päällystetyn pinnan osuus tulee kasvamaan runsaasti. Alueen päällystetyn pinnan kasvu vaikuttaa hulevesien määrään luvun 11.5 mukaisesti sekä haitallisesti hulevesien laatuun.



Kuva 26. Kaavaluonnos selvitysalueesta

14 Suositellut hulevesien hallinta- ja käsittelymenetelmät

Selvitysalueen ja Vuoksi-joen välissä sijaitsee Ovakon terästehtaan tehdasalue. Mikäli alueen hulevesille ei rakenneta pumppaamaa, hulevedet joudutaan jättämään tehdasalueen läpi.

Vuoksi hulevesiä vastaanottavana vesistönä on hyvä, sillä virtaavana vesistönä joen veden vaihtuvuus on suuri. Käsittelemättömien hulevesien purkamista Vuokseen hillitsee joen runsas virkistyskäyttö.

Käsittelytarpeen arvioinnissa sekä hulevesien johtamistavan ja purkupaikan valinnassa tulisi tehdä yhteistyötä kaavoituksen, teknisten viranomaisten, ympäristöviranomaisten ja Ovakon tehtaan edustajien kanssa.

Luvussa 9 on kerrottu hulevesien hallinnan yleisiä periaatteita. Hulevesien muodostumisen estämisen todetaan olevan ensimmäinen prioriteetti hulevesien hallinnassa. Tämä tarkoittaa suoraan vettä läpäisemättömän pinnan minimointia ja läpäisevien päällysteiden käyttöä. Läpäisevien päällysteiden käyttöä tulisi harkita tapauskohtaisesti, sillä silttipitoinen maaperä on itsessään heikosti vettä läpäisevää, kuten luvun 10.1.1 taulukosta 9 ilmenee. Läpäiseviä päällysteitä voidaan käyttää tonttien kuivatukseen kohtalaisesti vettä läpäisevillä maalajeilla.

Alueelle voidaan harkita luvussa 10.1.3 mainittuja viherkattoja laajoille kattopin-
ta-aloille, mutta en suosisi niitä kustannusten, ylläpitokulujen, heikon saavutetun
hyödyn ja alueen kauppa- ja teollisuusympäristön vuoksi. Mikäli halutaan kui-
tenkin panostaa turistien viihtyvyyteen, sillä Pietarintie on Lappeenrannan- ja
Imatran alueen toinen portti Venäjälle, voidaan katot suunnitella loiviksi, Pieta-
rintielle näkyviksi kasvillisuusmatoiksi, jolloin kattojen kasvillisuus loisi viihtyvyyt-
tä Pietarintiellä matkaaville.

14.1 Kiinteistökohtaiset menetelmät

Tämän opinnäytetyön lähtötietona oli, että kiinteistöistä tulevat hulevedet olisi-
vat suhteellisen puhtaita, eli tonteilta ei purkautuisi erityisen likaisia hulevesiä.
Jotta tähän päästäisi, voidaan kaavamääräyksissä edellyttää hulevesien käsitte-
lyä.

Teollisuustonttien pysäköintialueille sekä mahdollisen kevyenliikenteenväylän ja
kadun väliin voidaan esimerkiksi suunnitella luvussa 10.2.1 mainittuja biopidä-
tysalueita.

Luvussa 10.4.1 esiteltyjä öljynerottimia voidaan tarvita teollisuuslaitoksen toi-
minnan niin edellyttäessä. Ympäristöviranomaiset voivat vaatia öljynerottimia

rakennettavaksi myös kuvassa 24 näkyvän, tärkeän pohjavesialueen suoja-
vyöhykkeellä sijaitseville pysäköintialueille.

14.2 Aluekohtaiset menetelmät

Aluekohtaisten menetelmien tarpeeseen vaikuttaa suuresti kaavoituksen ja to-
teutuksen ratkaisut.

Mikäli alueen hulevedet päätetään johtaa painovoimaisesti luvussa 14.3.1 esi-
tettyyn rautatien alittavaan rumpuun, se voidaan toteuttaa edullisesti esimerkiksi
luvussa 10.2.2 mainituilla kasvillisuuspainanteilla. Painanteiden kaltevuuksien
ollessa pieniä ja etäisyyksien ollessa suuria, hulevesissä tapahtuu puhdistumis-
ta matkan aikana.

Hulevesiä päätyy kyseiseen rumpuun myös muilta alueilta. Rummun edustalle
voitaisiin suunnitella viivytysallas tai kosteikko, kuten luvussa 10.3.2. Tällöin
hulevesiä saataisiin puhdistettua lisää ennen niiden purkamista Vuokseen. Vii-
vytysmenetelmien käyttö pienentäisi myös virtaamahuippuja.

Mikäli hulevesiä päädytään johtamaan suoraan viemäriin, kuten luvussa 14.3.2,
alueelle voidaan suunnitella hulevesien kiinteistökohtaisesta käsittelystä ja pur-
kupaikasta riippuen esimerkiksi biopidätysalue, mutta se vie paljon tilaa.

Nauhakuusenkadun alue voitaisiin lisäksi suunnitella siten, että mahdollisessa
tulvatilanteessa hallintarakenteiden kapasiteetin ylittävät hulevesimäärät johde-
taan alueen puistoihin suunniteltuihin tulvatiloihin. Tällöin välttyttäisiin rakentei-
den liialta ylimitoitukselta.

14.3 Hulevesien johtamisen toteutusvaihtoehtoja

14.3.1 Vaihtoehto 1

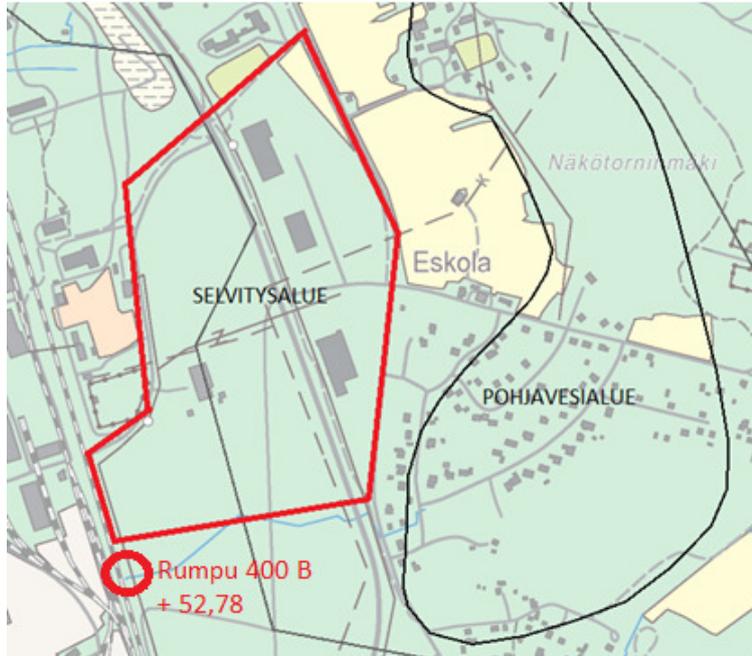
Suunnittelualueen lounaisosassa rautatien alittaa kuvassa 27 näkyvä hal-
kaisijaltaan 400 mm betonirumpu. Rummun sijainti on esitetty kuvassa 28. Sel-
vitysalueen alimmat pisteet sijaitsevat Nauhakuusenkadun varrella. Alimpien
pisteiden korkeus on noin + 55,50 (N43) ja rummun lähdön korkeus + 52,78
(N43), joten alueen tasauksen suunnittelun myötä hulevesien purkaminen ky-

seiseen pisteisiin on mahdollista. Tosin esittämäni purkupisteen ja Nauha-
kuusenkadun välisessä maastossa on pienehköjä korkeuseroja.

400 B putken kapasiteetti arvioimallani 1 %:n kaltevuudella on noin 200 l/s. Ny-
kyinen putkikoko ei riitä, mikäli kaavaluonnoksen toteutuessaan aiheuttama hu-
livesivirtaama johdettaisiin putkeen.



Kuva 27. Radan alittaa halkaisijaltaan 400 mm betonirumpu



Kuva 28. Rautatien allittavan betonisen rumpuputken sijainti selvitysalueeseen nähden

14.3.2 Vaihtoehto 2

Toinen vaihtoehto hulevesien johtamiselle on alueelle rakennettava painovoimainen tai paineistettu hulevesiviemäryhteys. Mikäli hulevesiviemäri purkaa suoraan vesistöön, olisi hyvä myös varata tilaa mahdollisille hulevesien käsittelymenetelmille hulevesien syntypaikkojen läheisyyteen ennen hulevesien johtamista viemäriin.

14.3.3 Kustannustietoa

Kustannuksiin vaikuttaa alueen rakentamisen tulevat ratkaisut ja hulevesien hallinnan järjestäminen. Hulevesien hallintajärjestelmät tulisi ensin mitoittaa ennen kustannusten arviointia. Taulukoissa 13-16 on esitetty tyypillisten hulevesien käsittelyratkaisujen kustannuksia yksikköhinnoin.

Rakenne	Kustannukset [€/m ³]
Imeytyskaivanto	
pintavalunta	140
tasauskaivo	370
Huluvesikasettirakenne	300
Imeytyspainanne	190
rakennettu varastointi	190
tasauskaivo	370
Allas	640
Lammikko	80
Kosteikko	40

Taulukko 13. Kustannuksia hulevesirakenteille ILKKA-hankkeen raportin mukaan (ilmastotyökalut.fi).

Hulevesien vähentämismenetelmät		
Menetelmä	Kustannus	Huomattavaa
Läpäisevät päällysteet; kennosora tai reikäkiveys	Pintamateriaali asennettuna 30–50 €/m ²	Rakenteen kokonaiskustannus määräytyy rakennekerrosten ja pohjamaan perusteella
Imeytyskaivanto	Esikäsitellynä pintavalutuskaista: 140 €/m ³ hulevettä Esikäsitellynä tasauskaivo (betoninen EK-kaivo): 370 €/m ³ hulevettä	Kustannukset on laskettu menetelmille, joiden mitoitus-tilavuus on 10 m ³
Imeytyspainanne	Imeytyspainanne, rakennettu varastointi/imeytyskerros: 190 €/m ³ hulevettä Imeytyspainanne, ei varastointi/imeytyskerrosta: 90 €/m ³ hulevettä	Kustannukset on laskettu menetelmille, joiden mitoitus-tilavuus on 10 m ³

Taulukko 14. Hulevesien vähentämismenetelmien toteutuskustannuksia (Kuntaliitto 2012, s. 198).

Hulevesien johtamismenetelmät		
Menetelmä	Kustannus	Huomattavaa
Viherpainanteet	Kapea painanne pohjapadoilla, leveys 3 m, syvyys 0,4 m: 40 €/m Leveä painanne maapadoilla, leveys 7 m, syvyys 1 m: 90 €/m	Painanne maaleikkauksessa
Rakennetut kanavat ja norot	190 - 480 €/m	Maaleikkauksessa
Kivetyt painanteet ja kourut	Kourulaatta, betonia: 25 €/m Vesikouru betonikivistä: 20 €/m Vesikouru graniittikivistä: 45 €/m Painanne betonikivistä: 25 €/m	

Taulukko 15. Hulevesien johtamismenetelmien toteutuskustannuksia (Kuntaliitto 2012, s. 198).

Hulevesien viivyttämismenetelmät		
Menetelmä	Kustannus	Huomattavaa
Hulevesilammikko	noin 40 €/pinta-m ²	Hoidetussa puistossa, maankaivua 0,75 m ³ /lammikko-m ² , pinta nurmetettu ja kivetty, purkukaivo
Rakennettu allas	noin 320 €/pinta-m ²	Maankaivua 0,75 m ³ /lammikko-m ² , graniittilaattaverhoilu
Hulevesikosteikko	noin 20 €/pinta-m ²	Maankaivua 0,5 m ³ /kosteikko-m ² , pinta nurmetettu, pensasistutuksia

Taulukko 16. Hulevesien viivyttämismenetelmien toteutuskustannuksia (Kuntaliitto 2012, s. 199).

15 Yhteenveto ja pohdinta

Tässä opinnäytetyössä on tutkittu hulevesiin liittyvää lainsäädäntöä, hulevesien muodostumista ja liikkumista, vaikutusta ympäristöön, hulevesien hallintaa ja sivuttu hulevesirakenteiden mitoituksen periaatteita. Opinnäytetyössä laskettiin myös hulevesimäärien ennustettu kasvu kaavan toteutuessa. Tutkitun aineiston perusteella on ehdotettu sopivia hulevesien käsittelymenetelmiä Nauhakuusenkadun alueelle.

Lähtötavoitteenani oli vaikuttaa konkreettisemmin laskemillani hulevesimäärillä alueen kehitykseen, mutta opinnäytetyöstä tuli teoriapohjaisempi kuin lähtötilanteessa suunnittelin. Rakenteiden mitoittaminen tosin rajattiin pois jo aloituskokouksessa. Opinnäytetyössäni olisi voitu myös hyödyntää mallinnusohjelmistoja optimaalisten, rakenteiden mitoittamiseen soveltuvien arvojen saavuttamiseksi. Opinnäytetyötä tehdessäni opin runsaasti hulevesien haittavaikutuksista, käsittelymenetelmistä ja mitoitusvirtaaman määrittämisestä.

Kuvat

- Kuva 1. Lämpäsemättömän pinnan vaikutus kaupunkialueen vesitaseeseen Federal Interagency SRWG 2000 ref. Metropolitan Council/Barr Engineering Co, USA mukaan, s. 17
- Kuva 2. Maanalaisen imeytysrakenteen periaate Larm ym. (1999) mukaan, s. 36
- Kuva 3. Muovikennostolla täytetty maanalainen imeytys-/viivytykskaivanto, s. 37
- Kuva 4. Yhdistetyn imeytysaltaan ja imeytysojan periaate Larm ym. (1999) mukaan, s. 38
- Kuva 5. Lämpäisevän päällysterakenteen periaate Larm ym. (1999) mukaan, s. 38
- Kuva 6. Esimerkki lämpäisevästä päällysteestä, s. 39
- Kuva 7. Biosuodatusalue ajoradan ja kevyen liikenteenväylän välissä, s. 40
- Kuva 8. Vastakkaisten pysäköintialueiden välissä olevan biosuodatusalueen tyyppiratkaisu, s. 41
- Kuva 9. Esimerkki imeytys-/suodatuspainanteesta pysäköintipaikan vieressä, s. 41
- Kuva 10. Biopidätysalueen asemapiirros-esimerkki, s. 42
- Kuva 11. Imeytys-/suodatuspainanne hyvin vettä lämpäisevässä maaperässä, s. 42
- Kuva 12. Imeytys-/suodatuspainanne kohtalaisesti vettä lämpäisevässä maaperässä, s. 42
- Kuva 13. Imeytys-/suodatuspainanne varustettuna kasvukerroksen alapuolisella varastotilalla, s. 43
- Kuva 14. Kalvorakenteella eristetty suodatuspainanne, s. 43
- Kuva 15. Periaatekuva viivytyksaltaasta väliaikaisella vesivarastolla, s. 47
- Kuva 16. Periaatekuva viivytyksaltaasta pysyvällä vesivarastolla, s. 47
- Kuva 17. Fergusonin (1998) versio kosteikon periaatteesta, s. 47
- Kuva 18. Öljynerottimen periaate Larm ym. (1999) mukaan, s. 50
- Kuva 19. Suodatinkaivon periaate Larm ym. (1999) mukaan, s. 51
- Kuva 20. Selvitysalueen sijainti ja raja, s. 52
- Kuva 21. Satelliittikuva selvitysalueesta, s. 53
- Kuva 22. Ilmakuva selvitysalueen itäosasta. Kuvassa etualalla Pietarintie ja Disa's fishin kalakauppa, s. 53
- Kuva 23. Korkeuskäyrät alueelta 0,5 m välein. Lähtötietona Imatran kaupungin laserkeilausaineisto, s. 55
- Kuva 24. Pohjavesialueen sijainti selvitysalueella, s. 56
- Kuva 25. Havainnekuva huleveden valumissuunnista selvitysalueelta nykytilaansa, s. 58
- Kuva 26. Kaavaluonnos selvitysalueesta, s. 61
- Kuva 27. Radan alittaa halkaisijaltaan 400 mm betonirumpu, s. 64
- Kuva 28. Rautatien alittavan betonisen rumpuputken sijainti selvitysalueeseen nähden, s. 65

Kuviot

- Kuvio 1. Veden kiertokulun kaavio, s. 13

Kuvio 2. Vuotuisen sademäärän muuttuminen Suomessa vuosina 2000–2100 verrattuna jakson 1971–2000 keskiarvoon, s. 14

Kuvio 3. Rankkasateen voimakkuus kestoajan ja esiintymistaajuuden funktiona Suomessa RIL: Liikenne ja väylät (1975) mukaan, s. 22

Kuvio 4. Lundbergin ja Lindmarkin (1994) esittämiä hulevedenkäsittelymenetelmien yhdistelmäratkaisuja, s. 30

Taulukot

Taulukko 1. Koko vuoden kokonaissademäärän ja keskimäärin suurimman vuorokausisademäärän muutos eri vuodenaikoina ilmatieteenlaitoksen seitsemän maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvon perusteella siirryttäessä jaksolta 1971-2000 jaksolle 2081-2100, s. 15

Taulukko 2. Suuntaa-antava kuvaus sateisiin liittyvistä muutoksista Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosisadan lopulle tultaessa vuodenaikoittain, s. 16

Taulukko 3. Valumakertoimen määräytyminen maankäytön, maaperän ja rinteiden kaltevuuden perusteella, s. 19

Taulukko 4. Ohjeelliset mitoitussateen kestoajat erikokoisille valuma-alueille Tielaitoksen (1993) mukaan, s. 21

Taulukko 5. Sääntökamittauksiin perustuvat intensiteetit keskimäärin noin 1 km²:n aluesadannalle Etelä-Suomessa, s. 22

Taulukko 6. Sateen intensiteetit keskimäärin noin 1 km²:n aluesadannalle ottaen huomioon ilmastomuutoksen ennakoitu vaikutus, s. 22

Taulukko 7. Suomen oloihin sovellettu Schuelerin (1994) taajamapurojen uoma-luokitus, s. 24

Taulukko 8. Kooste Imeytysmenetelmien toiminnasta, s. 33

Taulukko 9. Maalajien vedenläpäisevyyden, kokonaishuokoisuuden sekä ominaisantoisuuden arvoja Suomen ympäristökeskuksen (2010) mukaan, s. 34

Taulukko 10. Kooste viivytyksen menetelmien toiminnasta, s. 45

Taulukko 11. Kooste kasvillisuuspainanteiden toiminnasta, s. 46

Taulukko 12. Kooste kosteikkojen toiminnasta, s. 48

Taulukko 13. Kustannuksia hulevesirakenteille ILKKA-hankkeen raportin mukaan, s. 66

Taulukko 14. Hulevesien vähentämismenetelmien toteutuskustannuksia, s. 66

Taulukko 15. Hulevesien johtamismenetelmien toteutuskustannuksia, s. 67

Taulukko 16. Hulevesien viivyttämismenetelmien toteutuskustannuksia, s. 67

Lähteet

Ahponen, H. 2003. Kohti luonnonmukaisempaa taajamahydrologiaa. Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö. Vesitalous ja vesirakennus.

FCG Finnish Consulting Group Oy 2010. Elmon urheilupuiston yleissuunnitelma. Suunnitelmaselostus.
http://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaa_wwwstructure/30516_elmosuunn230410.pdf. Luettu 15.11.2014.

Jääskeläinen, M. 2010. Toimintamallin kehittäminen hulevesien hallinnalle ilmastomuutosolosuhteissa Suomessa. Lappeenrannan Teknillinen yliopisto. Diplomityö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.

Kesäniemi, O. 2014. Schuelerin vettä läpäisemättömän pinnan osuuteen perustuvan taajamapurojen luokittelun soveltuminen Vantaan pienvaluma-alueille.
http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/schuelerin_luokittelun_soveltuvuus_Vantaa_lle2.pdf. Luettu 11.10.2014.

Kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. Helsinki: Suomen kuntaliitto.
http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=2714

Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010.

Ilmatieteenlaitos 2013. Ilmasto-opas. Suomen muuttuva ilmasto.
https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/27922915-7ee5-4122-ae60-51f58e6aef9a/sademaarat-kasvavat.html#h_Tulevaisuuden_Suomessa_sataa_enemm_n. Luettu 11.10.2014.

Ilmastotyokalut.fi. Ehdotukset huleveden käsittelyn tyyppiratkaisuksi liikennealueilla.
http://www.ymk-projektit.fi/suunnitteluopas/files/2014/07/liikenteen-tyyppiratkaisut_ty%C3%B6kalu.pdf. Luettu 20.12.2014.

Liikennevirasto 2013. Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla. Liikenneviraston oppaita 1/2013. Helsinki.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lop_2013-01_pohjaveden_hallinta_web.pdf. Luettu 8.11.2014.

Lonka, H. & Nikula J. 2008. Maankäyttö ja kunnallistekninen suunnittelu taajamien tulvariskien hallinnassa. Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 1/2008. Kouvola: Kaakkois-Suomen ympäristökeskus.

Luonnonsuojelulaki 20.12.1996/1096.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.

Martio, J. 2011. Pohjavesitilanteentarkastelu alikulkusilta- ja alikulkusillapaikoilla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2011. Helsinki.

http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-13_pohjavesitilanteen_tarkastelu_web.pdf. Luettu 8.11.2014.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 2003. RIL 124-1-2003 Vesihuolto I. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.

Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003. Katu 2002. Helsinki: Suomen kuntatekniikan yhdistys.

Uski, P. 2012. Hulevesikuormitus ja sen vähentäminen rakennetulla alueella. Lappeenrannan Teknillinen yliopisto. Diplomityö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.

Vakkilainen, P., Kotola J. & Nurminen Jyrki 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Lähtötilanne
Minimi

Valuma-alue 1 Nauhakuusenkadun alue

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	16,85			
Päällystetty pinta	1,35	0,9	100	121,15
Päällystämätön pinta	15,51	0,07	100	108,56
			Yhteensä:	229,71

Valuma-alue 2 Disa's fishin tontti

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	4,31			
Päällystetty pinta	2,18	0,9	100	196,45
Päällystämätön pinta	2,13	0,15	100	31,92
			Yhteensä:	228,36

Valuma-alue 3 Kultakuusenkujan alue

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	8,58			
Päällystetty pinta	2,98	0,85	100	252,91
Päällystämätön pinta	5,60	0,07	100	39,23
			Yhteensä:	292,14

Pumppaamo

0,00

Lähtötilanne
Maksimi

Valuma-alue 1 Nauhakuusenkadun alue

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	16,85			
Päällystetty pinta	1,35	0,9	100	121,15
Päällystämätön pinta	15,51	0,2	100	310,17
			Yhteensä:	431,33

Valuma-alue 2 Disa's fishin tontti

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	4,31			
Päällystetty pinta	2,18	0,9	100	196,45
Päällystämätön pinta	2,13	0,25	100	53,20
			Yhteensä:	249,64

Valuma-alue 3 Kultakuusenkujan alue

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	8,58			
Päällystetty pinta	2,98	0,9	100	267,79
Päällystämätön pinta	5,60	0,15	100	84,07
			Yhteensä:	351,86

Pumppaamo

0,00

Kaavan jälkeinen tilanne
Minimi

Valuma-alue 1 Nauhakuusenkadun alue

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	16,85			
Päällystetty pinta	1,35	0,9	100	121,15
Uusi teollisuus ja kadut	11,93	0,8	100	954,50
Päällystämätön pinta	3,58	0,07	100	25,04
			Yhteensä:	1100,70

Valuma-alue 2 Disa's fishin tontti

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	4,31			
Päällystetty pinta	2,18	0,9	100	196,45
Uusi teollisuus ja kadut	0,00	0,8	100	0,00
Päällystämätön pinta	2,13	0,15	100	31,92
			Yhteensä:	228,36

Valuma-alue 3 Kultakuusenkujan alue

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	8,58			
Päällystetty pinta	2,98	0,85	100	252,91
Uusi teollisuus ja kadut	2,28	0,8	100	182,24
Päällystämätön pinta	3,33	0,07	100	23,29
			Yhteensä:	458,44

Pumppaamo

0,00

Kaavan jälkeinen tilanne
Maksimi

Valuma-alue 1 Nauhakuusenkadun alue

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	16,85			
Päällystetty pinta	1,35	0,9	100	121,15
Uusi teollisuus ja kadut	11,93	0,85	100	1014,16
Päällystämätön pinta	3,58	0,2	100	71,55
			Yhteensä:	1206,86

Valuma-alue 2 Disa's fishin tontti

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	4,31			
Päällystetty pinta	2,18	0,9	100	196,45
Uusi teollisuus ja kadut	0,00	0,85	100	0,00
Päällystämätön pinta	2,13	0,25	100	53,20
			Yhteensä:	249,64

Valuma-alue 3 Kultakuusenkujan alue

	Pinta-ala [ha]	Valumakerroin	Mitoitussade [l/s*ha]	Mitoitusvirtaama [l/s]
Kokonaispinta-ala	8,58			
Päällystetty pinta	2,98	0,85	100	252,91
Uusi teollisuus ja kadut	2,28	0,85	100	193,63
Päällystämätön pinta	3,33	0,15	100	49,90
			Yhteensä:	496,44

Pumppaamo

0,00