

NIKO NURHONEN
HULEVESITULVIEN SYNTY JA HALLINTA

Kandidaatintyö

Tarkastaja: Minna Leppänen

TIIVISTELMÄ

NIKO NURHONEN: Hulevesitulvien synty ja hallinta
Development and Management of Urban Stormwater Floods
Tampereen yliopisto
Kandidaatintyö, 38 sivua
Huhtikuu 2019
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Pääaine: Infrarakenteet
Tarkastaja: Yliopisto-opettaja Minna Leppänen

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli hulevesitulvien syntyyn vaikuttavien tekijöiden ja mahdollisten ehkäisykeinojen selvittäminen. Kandidaatintyö toteutettiin kirjallisuusselvityksenä. Keskeisiä tutkimuskysymyksiä olivat miten hulevesitulva syntyy, mitä vaikutuksia sillä voi olla ja miten hulevesitulvia voi ehkäistä.

Taustaksi selvitetään valunnan muodostumista ja siihen vaikuttavia hydrologisia tekijöitä, kuten sadantaa ja haihduntaa sekä huleveden syntyä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Lyhyesti käsitellään myös huleveden laatuun liittyviä asioita, mutta työssä keskitytään huleveden määrään vaikuttaviin tekijöihin.

Hulevesien varastointiin ja johtamiseen käytettävissä olevan kapasiteetin ylittyminen johtaa hulevesitulvaan. Tällöin vettä kertyy esimerkiksi kadulle tai muille alaville paikoille. Erityisesti tiivistyvä kaupunkirakenne ja tämän mukana kasvava läpäisemättömän pinnan osuus kasvattavat hulevesitulvan riskiä. Hulevesitulva vaikuttaa liikenteeseen estäen liikkumista ja jopa vaurioittaen ajoneuvoja. Lisäksi rakennuksiin päästessään vesi voi aiheuttaa kosteusvaurioita ja johtaa sisäilma-ongelmiin. Hallitsemattomasti virtaava hulevesi voi aiheuttaa eroosiota, joka voi vaurioittaa rakenteita.

Ratkaisu hulevesitulviin esitettiin kolmiosaisena. Ensisijaisesti pitäisi pyrkiä hulevesien vähentämiseen esimerkiksi imeyttämällä tai pyrkimällä säilyttämään mahdollisimman paljon luonnonmukaista imeytymiskapasiteettia. Toisena ratkaisuna on hulevesien viivyttäminen, jolla estetään hulevesien äkillinen kertyminen epäedullisiin paikkoihin. Tähän sopivia ratkaisuja ovat esimerkiksi erilaiset altaat ja painanteet. Kolmantena keinona on huleveden tehokas johtaminen, johon turvaututaan, kun muilla ratkaisuilla ei pystytä tarpeeksi vähentämään tulvan todennäköisyyttä. Tällöin tulva siirretään toisaalle. Myös johtamiseen tarkoitettut rakenteet voidaan varustaa viivyttävillä elementeillä.

Avainsanat: hulevesi, hulevesitulva

KÄSITELUETTELO

Alivaluma (mm)	Valunnan pienin arvo valitulla ajanjaksolla
Alivirtaama (l/s)	Virtaaman pienin arvo valitulla ajanjaksolla
Evaporaatio (mm)	Maan pinnasta tapahtuva haihdunta
Evapotranspiraatio (mm)	Kokonaishaihdunta, koostuu evaporaatiosta, transpiraatiosta ja interseptiohaihdunnasta (Hulevesiopas 2012)
Haihdunta (mm/a)	Tietyssä aikayksikössä haihtuvan veden määrä
Hulevesi	Rakennetuilta pinnoilta pois johdettava sade- ja sulamisvesi
Hulevesitulva	Huleveden muodostama tulvatilanne
Hydrologinen kierto	Veden kiertokulku maapallolla
Imeyntä (mm)	Sadannasta maahan imeytyvä osuus
Interseptiohaihdunta (mm)	Kasvien pinnoille pidättäytyneen veden haihtuminen
Painannesäilyntä	Se osa sadannasta tai sulannasta, joka kastelee maan pinnan ja lätköityy painanteisiin (Hulevesiopas 2012)
Pintakerrosvalunta	Maan pintaosissa tapahtuva valunta
Pintavalunta	Sadannan pintoja pitkin kulkeutuva osuus
Pohjavesi	Maa- ja kallioperässä pohjavesivyöhykkeessä varastoituva ja virtaava vesi
Pohjavesivyöhyke	Maanalaisen veden vyöhyke, jossa kaikki huokoset ovat veden täyttämiä
Pohjavesivalunta	Sadannan pohjavesivyöhykkeessä kulkeutuva osa
Sadanta (mm/a)	Tietyssä aikayksikössä alueelle sataneen veden tai lumen määrä. Käytetään myös ilman aikayksikköä.
Sadevesiviemäröinti	Viemäröintijärjestelmä, joka on tarkoitettu hulevesille. Toiselta nimeltään hulevesiviemäröinti.

Sekaviemäröinti	Viemäröintijärjestelmä, jossa jätevedet ja hulevedet johdetaan samoja putkia pitkin
Transpiraatio (mm)	Kasvien kautta tapahtuva haihdunta
Valuma ($l/s/km^2$)	Alueelta aikayksikössä purkautuva vesimäärä pinta-alayksikköä kohti (Hulevesiopus 2012)
Valuma-alue	Alue, jolta vesi valuu pois tietyn uoman poikkileikkauksen läpi
Valunta (mm/a)	Se sadannan osa, joka valuu kohti uomaa maan pinnalla tai sisällä (Hulevesiopus 2012)
Virtaama (l/s)	Uomassa tietyssä ajassa virtaava vesimäärä
Ylivirtaama (l/s)	Virtaaman suurin arvo valitulla ajanjaksolla

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	HULEVESIEN MUODOSTUMINEN	2
2.1	Hydrologinen kierto	2
2.2	Sadanta	3
2.3	Haihunta	5
2.4	Veden imeytyminen maaperään	7
2.5	Valunta	8
2.6	Hulevesi.....	10
3.	HULEVEDEN MÄÄRÄ.....	11
3.1	Sateen ominaisuuksien vaikutukset.....	11
3.2	Imeytymiseen vaikuttavat tekijät	12
3.3	Painannesäilyntä.....	12
3.4	Muut tekijät	13
4.	HULEVEDEN LAATU	14
5.	HULEVESITULVATILANTEEN SYNTY	15
6.	HULEVESITULVIEN SEURAUKSET	17
6.1	Vaikutukset rakennusten kuivatukseen	17
6.2	Vaikutukset liikenteeseen.....	18
6.3	Erosio ja kiintoaineksen kulkeutuminen	19
7.	HULEVESITULVIIN VARAUTUMINEN	21
7.1	Hulevesien synnyn vähentäminen.....	22
7.1.1	Kaavoitus ja suunnittelu.....	23
7.1.2	Imeyttäminen	25
7.1.3	Kasvillisuuden lisääminen	28
7.1.4	Viherkatot.....	28
7.2	Hulevesien viivyttäminen.....	29
7.2.1	Allasratkaisut	29
7.2.2	Kosteikot	30
7.3	Hulevesien pois johtaminen	31
8.	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET.....	36

1. JOHDANTO

Tiivistyvä kaupunkirakenne ja sään ääri-ilmiöt ovat aiheuttaneet erityisesti viime vuosina kaupungeissa tilanteita, joissa kuivatusjärjestelmien kapasiteetti ylittyy ja vettä kertyy epäedullisiin paikkoihin. Näillä tulvatilanteilla on merkittäviä vaikutuksia rakennettuun ympäristöön. Rakennetun alueen pintavaluntaa kutsutaan hulevesiksi, ja niiden aiheuttamasta tulvatilanteesta käytetään nimeä hulevesitulva. Tämä kandidaatintyö käsittelee hulevesitulvien syntyä, seurauksia ja syntymisen ehkäisyä.

Hulevesien määrään vaikuttavat useat ympäristölliset tekijät. Erityisesti ääri-ilmiöt, kuten rankkasateet, vaikuttavat olennaisesti maan pinnalla valuvan veden määrään. Sateen vastaanottavan pinnan ominaisuudet puolestaan vaikuttavat siihen, kuinka nopeasti satanut vesi lähtee liikkeelle, ja erityisesti päällystettyjen pintojen osuudella on suuri merkitys hulevesien syntymisessä. Myös muut tekijät, kuten pinnan kaltevuus, tasaisuus ja kasvillisuuden määrä vaikuttavat hulevesien määrään.

Hulevedelle varatun kapasiteetin ylittymisestä seuraa tulvatilanne, josta aiheutuu monia ongelmia. Rakennusten kuivatus ei toimi tarkoitetulla tavalla, kertyvät vesimassat haittaavat liikennettä ja väärässä paikassa virtaavat suuret vesimäärät aiheuttavat eroosiota, sortumia ja kiintoaineksen kulkeutumista. Hulevesitulvien aiheuttamien ongelmien taloudelliset seuraukset ovat kaupunkioloissa usein merkittäviä, ja siksi on tärkeää pystyä ennaltaehkäisemään tällaisen tilanteen syntyminen.

Hulevesitulviin voidaan varautua useammalla tavalla, ja tärkeää hulevesitulvien ehkäisyssä on ymmärtää hulevesien syntymekanismi. Huolellisella ja hulevedet huomioivalla suunnittelulla voidaan vaikuttaa hulevesien määrään. Ongelmia voi välttää suunnittelemalla ja kaavoittamalla kaupunkialueita niin, että vettä imeytetään, viivytetään tai varastoidaan ennen eteenpäin virtaamista. Tärkeää on myös ennaltaehkäistä mahdollisen tulvatilanteen aiheuttamia ongelmia suunnittelun avulla.

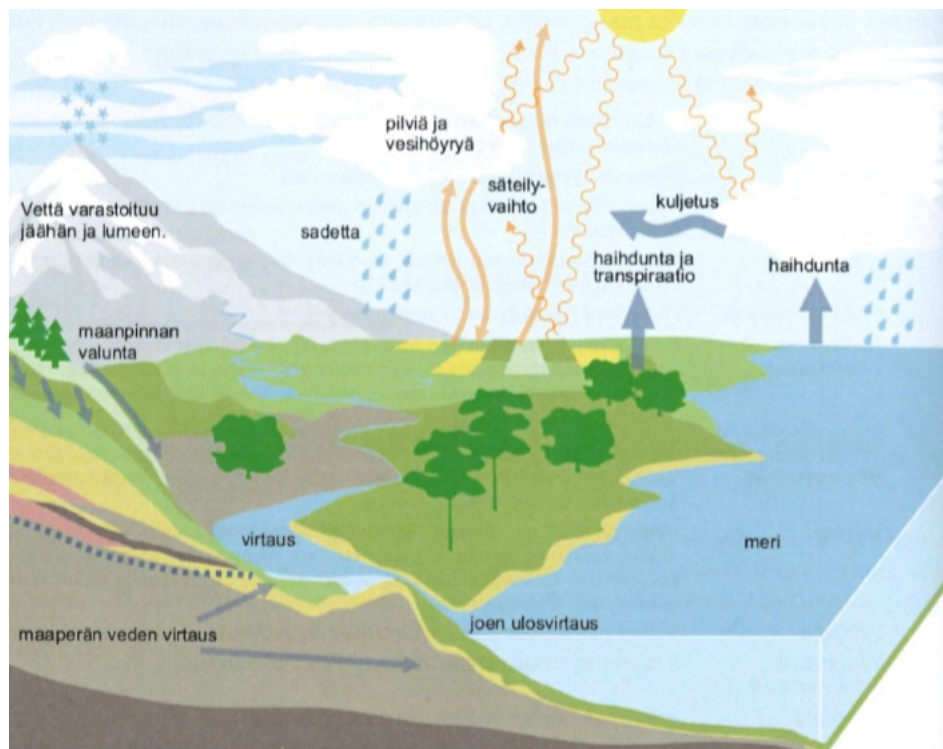
Tässä kandidaatintyössä kuvataan kirjallisuuden perusteella, miten hulevesien tulvatilanne muodostuu, mitkä ovat hulevesitulvan vaikutukset, ja miten hulevesitulvia voi ehkäistä. Aluksi kerrotaan huleveden muodostumisesta ja määrästä. Lopuksi käsitellään hulevesitulvan mahdollisia seurauksia ja tulvatilanteen ehkäisykeinoja. Myös hulevesien laatuun liittyviä seikkoja käsitellään lyhyesti. Työssä keskitytään veden liikkeisiin, varastoitumiseen ja näiden vaikutuksiin.

2. HULEVESIEN MUODOSTUMINEN

2.1 Hydrologinen kierto

Vesi on luonnossa jatkuvassa kiertävässä liikkeessä. Karkeasti jaettuna veden kiertokulku eli hydrologinen kierto, koostuu sadannasta, haihdunnasta ja valunnasta. Hulevesistä puhuttaessa käsitellään pintavaluntaa, joten tässä tapauksessa valunta jaetaan vielä pintavaluntaan ja veden suotautumiseen maaperään.

Vettä haihtuu maan ja veden pinnalta ilmaan. Sopivissa olosuhteissa ilman sisältämän vesihöyry tiivistyy vedeksi tai lumeksi ja alkaa tippua kohti maan pintaa muodostaen sadetta. Maahan päädyttyään se joko haihtuu takaisin ilmaan tai lähtee painovoiman vaikutuksesta virtaamaan alemmille alueille, joko maan pinnalla tai maan sisäisenä valuntana. (Leppäranta et al. 2017, s. 56-57) Näiden lisäksi vettä voi varastoitua maaperään pitkiksikin ajoiksi pohjavesivarantoihin. Alla olevassa kuvassa on esitetty hydrologinen kierto pääpiirteittäin.



Kuva 1. Veden hydrologinen kierto. Haihtunut vesi tiivistyy sateeksi ja päätyy maahan tai suoraan veteen. Pintavalunnan lisäksi myös pohjavesi on osa valuntaa, jossa vesi etsiytyy kohti matalampia paikkoja, yleensä merta. (Leppäranta et al, 2017)

Veden esiintyminen ja sen kiertokulku ei ole maapallolla tasaisesti jakautunut, vaan ominaista sille on suuri ajallinen ja alueellinen vaihtelu (RIL-141, 1982). Veden kierto ja

vesitase Suomen olosuhteissa poikkeaa huomattavasti esimerkiksi lämpimämpien tai kuivempien alueiden veden kiertokulusta.

Hydrologiset perussuureet, sadanta (P), haihdunta (E) ja valunta (Q) ilmaistaan yleensä millimetreissä tarkasteltavaa jaksoa kohti, esimerkiksi millimetriä vuodessa (mm/a) (Sovellettu hydrologia 1986, s. 14). Suunnittelussa käytetään tavallisesti johdettuja suureita, kuten valumaa ($l/s/km^2$) ja virtaamaa (m^3/s , l/s). Virtaama on uoman valitun poikkileikkauksen läpi tietyssä ajassa virtaava virtaama vesimäärä, ja valuma on virtaama jaettuna muodostumisalueen pinta-alalla. (RIL-141 1982, s.11)

Edellä lueteltujen hydrologisten perussuureiden riippuvuutta toisistaan kuvaan yksinkertaisimmillaan vesitaseyhtälö (Sovellettu hydrologia 1986):

$$P = Q + E + \Delta S \quad (1)$$

P = sadanta

Q = valunta

E = haihdunta

ΔS = vesivarastojen muutos

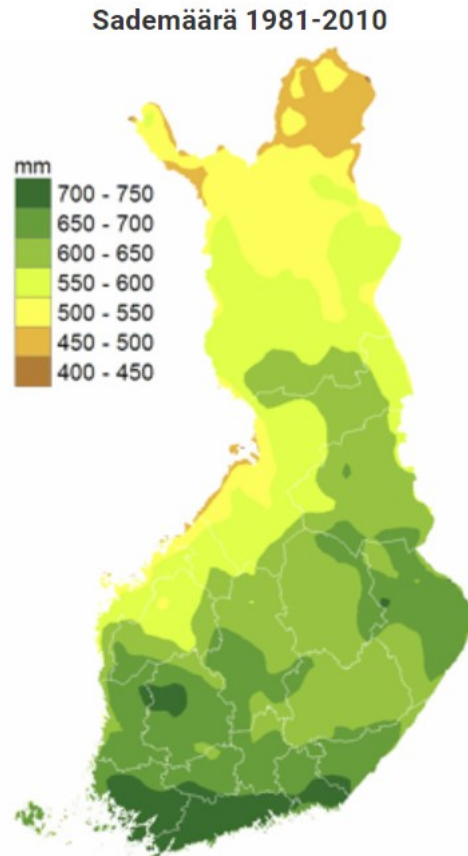
Tarkasteltaessa vuoden mittaista ajanjaksoa, voidaan varastotermi ΔS jättää yleensä huomioimatta. Koska hydrologiset olosuhteet ovat riippuvaisia vuodenaikasta, on varastotermi tärkeää huomioida vuotta lyhempiä jaksoja tarkasteltaessa. (Sovellettu hydrologia 1986, s.14) Jos tarkastellaan pelkkää hulevettä, voidaan valunta Q ajatella pelkäksi pintavalunnaksi, jolloin maahan imeytyvän veden ajatellaan olevan varastoituvaa vettä (Hyöty 2003, s.13). Jo näinkin yksinkertaisella kaavalla voidaan kuvata muodostuvan valunnan määrää, vaikka imeytyvän osuuden arvioimiseen tarvitaankin laajaa tietämystä veden käytäytymisestä sekä maaperän ominaisuuksista.

2.2 Sadanta

Sadannalla eli sademäärällä tarkoitetaan tietyssä aikayksikössä alueelle satanutta vettä tai lunta. Se ilmaistaan usein millimetreinä aikayksikössä, esimerkiksi mm/vrk. (RIL-92 1973, s.70) Sade syntyy, kun ilma jäähtyy kastepisteeseen eli lämpötilaan, jossa ilma on vesihöyryllä kyllästynyt. Sadannasta osa päättyy kasvien pinnoille ja osa maanpinnalle, lumipeitteeseen tai suoraan vesistöön. (RIL-141 1982)

Sadannan suuruus ja jakautuminen vaikuttavat merkittävästi veden virtaamiseen ja kiertokulkuun. Suomessa sadanta vaihtelee kuukausien ja eri vuosienkin välillä, vaikka se yleisesti ottaen noudattaakin vuodenaikojen rytmiä. Vähäsateisin kuukausi on maaliskuu (noin 5 % vuosisadannasta) ja runsassateisin elokuu (13 %), ja kokonaissadanta vaihtelee Etelä-Suomen lähes 800 mm:stä Lapin alle 450 mm:iin (RIL-141 1982, s.12). Lumena

tulevan sadannan osuus vaihtelee Lounais-Suomen alle 30 %:sta Pohjois-Suomen lähes 50 %:in. Yleisesti ottaen sadanta on Suomessa pienempi pohjoisessa ja alavilla rannikko-alueilla esimerkiksi Pohjanmaalla. Maaston kohotessa sademäärä yleensä lisääntyy. (Sovellettu hydrologia 1986) Alla olevassa kuvassa on esitetty sadannan jakautuminen Suomessa eri alueiden välillä vuosina 1981-2010.



*Kuva 2. Keskimääräinen vuotuinen sademäärä Suomessa 1981-2010.
(Ilmatieteen laitos a)*

Sademäärän lisäksi sateen intensiteetti eli voimakkuus vaihtelee suuresti. Suomessa tyypillinen intensiteetti on noin 1-5 mm/h (RIL-141 1982, s.17). Toistumisaika pitenee sateen intensiteetin kasvaessa, ja Suomessa yhdessä paikassa esimerkiksi 20 mm sadekertymä tunnin aikana toistuu noin kuuden vuoden välein (Ilmasto-opas). Vuorokausisadannan ennätys Suomessa on Espoosta vuodelta 1944, jolloin satoi 198,4 mm (Ilmatieteen laitos b). Runsaimmat sateet tulevat Suomessa kesäaikaan. Rankkasateet ovat Pohjois-Suomessa harvinaisempia kuin muussa Suomessa. (Hulevesiopas 2012, s.91)

Suomessa ilmastonmuutoksen seurauksena sademäärien arvellaan kasvavan, minkä lisäksi lumena tulevan sadannan osuus vähenee, mistä on jo tehty havaintoja esimerkiksi Vantaan vesistöalueella. Koska kesäkuukausina sadepäivien lukumäärän ei oleteta kasvavan, tarkoittaa tämä kesäsateiden voimistumista. (Hulevesiopas 2012)

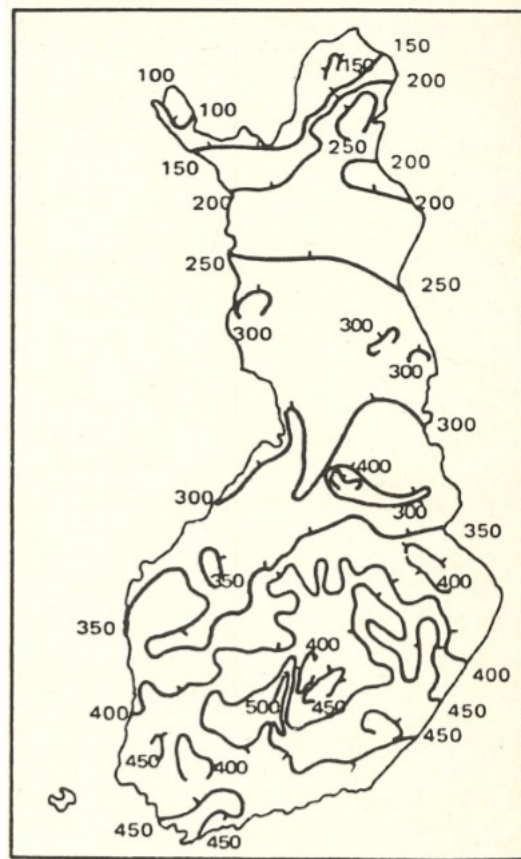
Ilmatieteen laitos ylläpitää Suomessa noin 800 sadeasemaa. Tavallisessa sademittarissa sadevesi kerääntyy keräysastiaan, joista satanut vesi tyhjennetään päivittäin. Sademittari voi olla myös rekisteröivä, jolloin astiassa olevan uimurin avulla saadaan jatkuvaa kertymätietoa, ja tyhjennys tapahtuu ajoittain lapolla. Astian ympärillä oleva suojus vähentää tuulen aiheuttamaa virhettä. (Leppäranta et al. 2017, s. 74-75)

2.3 Haihdunta

Haihdunnalla tarkoitetaan tietyssä aikayksikössä alueelta haihtuneen veden määrää. Haihdunta on voimakkaasti riippuvainen lämpötilasta, ja siksi se onkin suurempaa Etelä-Suomessa, jossa on suuremman osan vuotta haihdunnalle otolliset olosuhteet. Haihdunta painottuu Suomessa kesäkuukausille niin, että kesä-elokuun osuus vuoden haihdunnasta on Etelä-Suomessa 50-60 % ja Lapissa 70-80% (RIL-141 1982, s.12).

Haihtumiseen tarvittavan lämmön lisäksi merkittävä tekijä on ilmankosteus, sillä mitä korkeampi kosteusprosentti on, sitä vähemmän ilmaan mahtuu haihtuvaa vettä. Suomessa ilman kosteusprosentti on alhaisimmillaan touko-kesäkuussa, jolloin se on noin 60-70 %, kun taas kosteinta ilma on marras-joulukuussa (90-95 %) (RIL-141 1982, s.15). Tämä kosteuden vaihtelu yhdessä lämpötilan kanssa selittääkin hyvin, miksi haihtuminen jakautuu niin epätasaisesti. Ilman viiletessä haihtuminen saattaa jopa kääntyä negatiiviseksi, jolloin pinnoille tiivistyy kosteutta.

Haihdunta on Suomen olosuhteissa keskimäärin 340 mm/a, tosin sen alueellinen jakautuminen on hyvin suurta Lapin haihdunnan ollessa vain 25-50 % Etelä-Suomen haihdunnasta. Sadannasta haihtuu Etelä-Suomessa noin 60 % ja Pohjois-Suomessakin vastaava lukemakin on lähes 50 %. (Sovellettu hydrologia 1986) Seuraavassa kuvassa on esitetty vuoden keskimääräisen haihdunnan alueellinen jakautuminen Suomessa. Kuvasta voi nähdä haihdunnan vähenevän huomattavasti pohjoista kohti mentäessä. Toinen kartassa ilmenevä on suurten järvien, kuten Saimaan, Oulujärven ja Lapin tekojärvien haihduntaa lisäävä vaikutus, jonka syitä on käsitelty tarkemmin myöhemmin.



Kuva 3. Vuoden keskimääräinen haihdunta. (Sovellettu hydrologia, 1986, s. 79)

Maa-alueilta tapahtuva haihdunta (evapotranspiraatio) jaetaan kasvien pinnoille pidättyneen veden haihduntaan (interseptiohaihdunta), maan pinnasta tapahtuvaan haihduntaan (evaporaatio) sekä kasvien kautta tapahtuvaan haihduntaan (transpiraatio). Lisäksi haihtumista tapahtuu suoraan vedenpinnasta. Erilaisten haihduntojen suhteet vaihtelevat olosuhteiden mukaan, ja esimerkiksi kuivana aikana kasvien transpiraatio voi olla ainut merkittävä haihdunnan muoto. (RIL-141 1982, s.38) Toisaalta havupuiden interseptiota voi tapahtua tehokkaasti myös lumipeitteen aikana, jolloin muu haihdunta on vähäistä (RIL-92 1973, s.27). Haihdunta lumen pinnasta on vähäistä (Sovellettu hydrologia 1986, s.79). Yleistetyesti voisi kuitenkin sanoa, että haihduntaa tapahtuu lähes jokaisessa veden kiertokulun vaiheessa.

Sateen tuoma vesi ei luonnontilaisessa ympäristössä lähde heti virtaamaan eteenpäin, vaan pidättyy esimerkiksi kasveihin tai maahan painannesäilynnäksi. Varastoituneesta vedestä osa haihtuu pian takaisin ilmaan, mikä voi pienentää huomattavasti alueen valumia ja täten myös hulevesien määrää. Kesällä pienen sateen vesi voikin haihtua kokonaisuudessaan hyvin pian takaisin ilmakehään, jos kasvillisuus varastoi vettä tai maa on kuiva (RIL-141 1982, s.10). Toisaalta kuivunut maanpinta vähentää maasta tapahtuvaa haihduntaa voimakkaasti (Sovellettu hydrologia 1986, s.66).

Yksi tärkeimmistä haihdunnan määrään vaikuttavista tekijöistä on haihduntaan saatavilla olevan veden määrä. Tämän veden määrä vaihtelee paikallisesti ja ajallisesti hyvin paljon. Eniten vettä on saatavilla paljaassa vesipinnassa, kuten järvissä ja lammissa. Järvistä haihdunta vuodessa onkin noin 50 mm enemmän kuin ympäröivällä maa-alueella (RIL-141 1982, Sovellettu hydrologia 1986). Vaikka järvistä haihtuvan veden määrän vuosi-vaihtelu on suurta, maan eri osien välillä se ei vaihtelee merkittävästi (RIL-92 1973, s.28).

Taajamien paljaista vesipinnoista haihtuminen on lämpimänä ja tuulisena päivänä 5-10 mm/vrk. Kuitenkin haihtuminen on taajamissa selvästi luonnonmukaisia alueita vähäisempää, sillä pinnat kuivuvat nopeasti, eikä kuivasta päällysteestä haihdunutta juuri tapahdu. (Hulevesiopas 2012, s.91). Vesitaseyhtälön perusteella haihdunnan väheneminen kasvattaa valunnan osuutta.

Haihdunnan määrää voi mitata haihtumisastioilla ja lysimetreillä. Haihtumisastia on vedellä täytetty astia, joka sijaitsee joko maalla tai vedessä. Lysimertissä astia on täytetty maalla ja kasvillisuudella, ja haihdunutta mitataan vesitaseen avulla. (Leppäranta et al. 2017, s. 83)

2.4 Veden imeytyminen maaperään

Sadannasta osa haihtuu. Osa maahan sataneesta vedestä lammikoituu paikannesäilyneeksi. Loppu sataneesta vedestä imeytyy maahan tai lähtee pääosin painovoiman vaikutuksesta virtaamaan pintaa pitkin, ja näin muodostuu valuntaa. Imeyntällä tai infiltraatiolla tarkoitetaan sitä osuutta sadannasta, joka suotautuu maaperään (Hulevesiopas 2012, s. 11).

Maaperään imeytyvä vesi voi suotautua yhä syvemmälle muodostaen pohjavettä, joka voi säilyä maassa hyvin pitkiä aikoja, kunnes se purkautuu maasta vesistöön pohjavesivaluntana. (RIL-141 1982, s.10) Pohjavettä käytetään myös kunnallisessa vesihuollossa (Leppäranta et al. 2017, s. 149).

Veden imeytymiseen vaikuttavat esimerkiksi maan rakeisuus ja rakenne, kosteusolosuhteet, maanpinnan kaltevuus ja kasvillisuus. Karkeammassa hiekka- ja soramaassa veden imeytyminen maaperään on suurta, mikä tasaa valunnan vaihteluita varastoimalla vettä sateiden aikana ja kasvattamalla alivalumaa kuivina aikoina. Niukkakasvisilla runsaasti rakoilevilla kallioilla ja paljailla soramailla jopa kaikki sadanta imeytyy maaperään, jolloin haihdunta ja pintavalunta voivat jäädä merkityksettömän pieniksi. (Sovellettu hydrologia 1986) Suomen metsämaastossa pintavalunta onkin yleensä vähäistä (RIL-141 1982, s.55). Päällystetyillä pinnoilla imeyntää ei juuri tapahdu, vaan sadanta muuttuu suurimmalta osalta pintavalunnaksi. (Kuusisto 2012, s. 9)

Moreenimailla imeytyvän veden osuus vaihtelee mm. moreenin tiiviiden ja koostumuksen sekä kasvipeitteen mukaan. Moreenimaille satavasta vedestä yleensä noin 10-20 % suotautuu pohjaveteen, joskus jopa yli 50 %. Hienorakeisten koheesiomaalajien, eli esimerkiksi saven, alueella lähes kaikki satanut vesi poistuu muilla tavoin kuin imeytymällä, ja siksi savimaahan muodostuu helposti lammikoita. Suurinta imeytyminen on turvekerrokseen, keskimäärin 80-90 % satavasta vedestä. (Sovellettu hydrologia 1986)

Myös sateen intensiteetti vaikuttaa siihen, kuinka suuri osuus sateesta imeytyy maaperään. Jos sateen intensiteetti ylittää maan imeyntäkyvyn, vesi lammikoituu tai lähtee virtaamaan muodostaen pintavaluntaa. Intensiteetin ollessa imeyntäkykyä pienempi valunnan osuus jää pieneksi (Sovellettu hydrologia 1986, s. 158).

Imeyntäkyky ei myöskään maassa ole aina vakio. Sadetapahtuman alussa se on usein suhteellisen suuri, kunnes se sateen jatkuessa laskee vakiotasolle. Vedellä kyllästynyt jäänyt maa läpäisee vettä hyvin huonosti. (Sovellettu hydrologia 1986, s.93) Maan ollessa jäässä imeytymistä tapahtuu vain karkeimpiin maalajeihin (Hyöty 2003, s.46).

2.5 Valunta

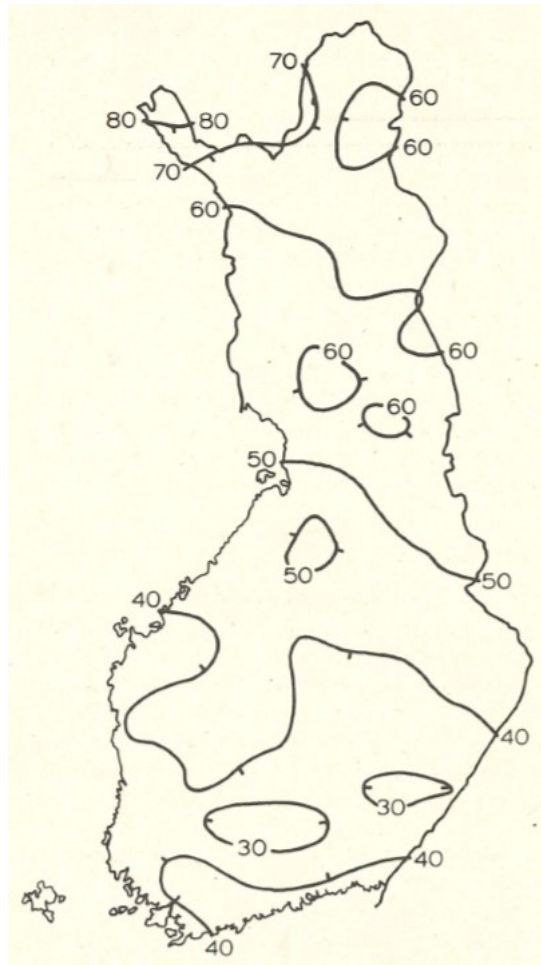
Kokonaisvalunta jakautuu pintavaluntaan, pintakerrosvaluntaan ja pohjavesivaluntaan. Valunta syntyy alueelle tulevasta sateesta, pohjavesivarastoista alueella ja alueella tapahtuvasta jään ja lumen sulamisesta. (RIL-141 1982) Kuten edellä todettiin, hulevesistä puhuttaessa keskitytään pelkkään pintavaluntaan.

Valunnalla tarkoitetaan aikayksikössä alueelta virtaavan veden määrää, joka ilmaistaan yleensä millimetreinä aikayksikössä, esimerkiksi mm/kk (RIL-93 1973, s.70-71). Valuma kertoo syntyvän virtaaman pinta-alayksikköä kohti.

Valuntaa ja sen määrää tarkasteltaessa puhutaan usein valuma-alueista. Valuma-alueella tarkoitetaan aluetta, jolta valuva vesi virtaa vesiuoman tietyn poikkileikkauksen läpi (RIL-92, s.70). Valuma-alueita rajaavat vedenjakajat, jotka seurailevat korkeita maastonkohtia (Leppäranta et al. 2017, s. 57).

Valunnan määrä muodostuu yksinkertaistetussa muodossa sadannan ja haihdunnan erotuksesta. Lisäksi siihen vaikuttaa erilaisten vesivarastojen, kuten pohjaveden ja järvien, varastojen muutos. Keskivalunta on Suomessa noin 300 mm vuodessa, mikä tarkoittaa valumaksi muutettuna noin 9,5 l/s/km². Valunta on Etelä-Suomessa maa-alueilta noin 200-300 mm/a, ja Lapissa keskimäärin 300-400 mm/a. (RIL-141 1982) Vaikka sadanta on etelässä suurempi, valunnan vähyys selittyy haihdunnan suuruudella, kun vertaillaan Etelä- ja Pohjois-Suomen lukuja.

Alla olevassa kuvassa on esitetty valunnan alueellinen jakauma Suomessa. Jos kuvan valunnan millimetriarvot halutaan ilmaista valumana, on ne kerrottava luvulla 0,0317 (RIL-141 1982, s.56).



Kuva 4. "Valuntakerroin (%) sademäärältään keskimääräisenä vuotena Suomessa."
(Sovellettu hydrologia, 1986, s. 158)

Suomessa sadannan, haihdunnan ja valunnan vaihtelu noudattaa selvää vuodenaikaisryhmiä, vaikka niiden alueellinen vaihtelu onkin melko pientä. Vuoden mittaan voi ylivirtaama vähäjärvisessä vesistössä olla yli 100-kertainen kuivan jakson alivirtaamaan verrattuna. (RIL-141 1982, s.12) Kevätvalunta on Suomen olosuhteissa hyvin suuri. Kun ottaa huomioon sen, että talvella haihtuminen on hyvin pientä, ja kesällä suurin osa sata-vasta vedestä haihtuu, on helppo ymmärtää, miksi kevätvalunnan osuus on jopa yli puolet vuosivaluunnasta, vaikka lumena ei näin suurta osuutta sadannasta tulekaan. Kesällä valunta on huomattavasti vähäisempää, vain 10-40 mm, ja kesä- ja heinäkuussa valunnan osuus sadannasta on vain 1-3 % suuren haihdunnan takia (RIL-141 1982).

Myös valuntamuotojen keskinäiset suhteet muuttuvat vuodenaikojen mukaan. Keväällä lumien sulaessa maanpäällinen valunta ja pintakerrosvalunta ovat pääosassa, kun taas talvipakkasilla valunta on pääosin pohjavesivaluntaa. (RIL-92 1973, s.31)

2.6 Hulevesi

Hulevedellä tarkoitetaan rakennetun ympäristön pintavaluntaa. Rakennetuille alueille on ominaista suuri läpäisemättömien pintojen määrä, mikä vähentää imeytyvän veden osuutta. Läpäisemättömät pinnat usein myös viivyttävät vettä huonosti ja siirtävät satavan veden tehokkaasti eteenpäin, mistä johtuen myös haihdunta jää vähäisemmäksi. Näiden takia erityisesti kaupunkien keskustoissa virtaaman vaihtelut ovat hyvin suuria vettä viivyttävien alueiden puuttuessa paikoin lähes kokonaan.

Perinteisesti hulevedet on pyritty johtamaan kaupunkialueilta mahdollisimman nopeasti pois sadevesiviemäröinnin avulla. Tästä aiheutuvat suuret virtaaman vaihtelut ja tulvahuiput aiheuttavat ongelmia purkupaikoissa ja eroosiota purku-uomissa. (Hyöty 2003, s.8) Hulevesien suora johtaminen aiheuttaa myös laadun heikkenemistä purkuvesistöissä. Tiivistyvissä kaupunkikeskustoissa hulevesien aiheuttamiin ongelmiin on alettu kiinnittää huomiota, jotta ongelmia voitaisiin mahdollisuuksien mukaan ehkäistä tai ainakin vaurautua niihin paremmin.

3. HULEVEDEN MÄÄRÄ

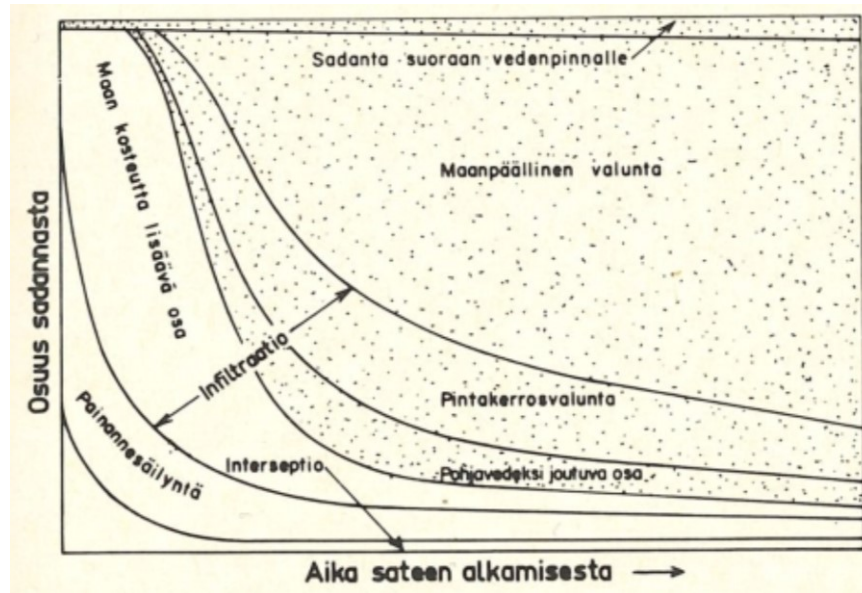
Kaupunkialueella veden imeytyminen ja varastoituminen poikkeavat luonnonmukaisesta, erityisesti läpäisemättömien pintojen määrän ja veden pois johtamisen takia. Jopa sadanta voi olla kaupunkialueella suurempi johtuen hiukkaspäästöistä ja ilmajvirtojen lisääntyneestä pyörteilystä (Vakkilainen et al, 2005, s. 81). Vesitaseyhtälöön perustuen huleveden määrään vaikuttavat sadanta, haihdunta, varastoituminen sekä imeytyminen. Vettä varastoimattoman pinnoitetun alan kasvaminen vähentää sekä imeytymistä että haihduntaa johtaen veden nopeammin muualle suurentaen hulevesistä muodostuvaa tulvahuippua.

Valumaan lähtevän veden osuutta sadannasta kuvaa valuntakerroin. Yleisesti ottaen sateen rankkuuden kasvaessa myös valuntakerroin kasvaa, suurelta osin läpäisevien pintojen läpäisykyvyn ylittymisen takia. (Hulevesiopas, 2012, s. 94)

3.1 Sateen ominaisuuksien vaikutukset

Sateen intensiteetti ja sen kesto vaikuttavat huleveden määrään. Sateen alussa vesi kasvattaa maan kosteutta ja varastoituu maan painanteisiin ja epätasaisuuksiin, kaupunkialueella esimerkiksi asfaltin koloihin. Sateen jatkuessa nämä pienet varastot täyttyvät ja vesi alkaa virtaamaan pintoja pitkin. Mikäli sade on intensiteetiltään vähäistä, voi kaikki vesi pinnoittamattomilla alueilla imeytyä, mutta rankan sateen aikana vesi ei ehdi imeytyä ja valunnan osuus kasvaa. Varastoituminen ja imeytyminen pienenevät myös sateen kestäessä pitkään. Pitkähköllä valuma-alueella jopa saderintaman kulun suunta alavirtaan päin voi suurentaa tulvahuippua, kun alueen yläosasta tulevan valunnan huippu sattuu samaan aikaan alaosan valunnan kanssa. (Sovellettu hydrologia 1986, s. 153-159)

Seuraavassa kuvassa on esitetty sateen muuttuminen valunnan eri komponenteiksi ajan funktiona sateen jatkuessa. Siinä näkyy erityisesti maanpäällisen osuuden kasvaminen ja maahan varastoituvan osuuden pieneneminen sateen jatkuessa pidempään.



Kuva 5: "Rankkuudeltaan tasaisen sadannan jakautuminen valuntaan ja muihin komponentteihin ajan funktiona." (Sovellettu hydrologia, 1986, s. 153)

3.2 Imeytymiseen vaikuttavat tekijät

Veden imeytymiseen vaikuttaa suurelta osin pintamateriaali. Kaupunkioaloissa on paljon pinnoitettua alaa, esimerkiksi talojen kattoja ja asfalttia, ja näiltä valunnan osuus on hyvin suuri osa sadannasta, sillä imeytymistä ei tapahdu. Toisaalta myös pinnoittamattomat alueet on usein muotoiltu siten, että varastoivia lammikoita syntyy luonnonmukaista vähemmän. Pinnoittamattomilla alueilla maaperän ominaisuudet vaikuttavat imeytymiseen, sillä saviseen maahan imeytyminen on pientä, kun taas paljailla sora-alueilla lähes kaikki satava vesi voi imeytyä (Sovellettu hydrologia 1986, s. 102, 153).

Mikäli sateen intensiteetti on pieni, voi kaikki satava vesi imeytyä. Tällöin sade ei ylitä imeyntäkapasiteettia (RIL-141 1982, s.63). Kaupunkialueilla tämä on harvinaisempaa johtuen pinnoitetun alan suuresta osuudesta.

Kaupunkialueilla veden imeytymistä voi lisätä erilaisilla ratkaisuilla. Esimerkiksi veden viivyttäminen painanteiden avulla lisää imeytymisaikaa, päällystettyjen pintojen jakaminen osiin erilaisilla viherkaistoilla estää veden suoraa virtaamista eteenpäin ja erilaisilla imeytymispinnoilla voidaan suoraan lisätä imeytymistä.

3.3 Painannesäilyntä

Olellainen osa hulevesien muodostumisesta on maan pinnan painannesäilyntä, jolla tarkoitetaan maata kastelevaa ja painanteisiin lätäköityvää osaa sadannasta (Hulevesiopas 2012, s. 12). Tämä pinnan varastotilavuus vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti sadanta alkaa

4. HULEVEDEN LAATU

Huleveden määrän lisäksi on syytä kiinnittää huomiota myös laadullisiin tekijöihin. Huleveden kuljettamat epäpuhtaudet, ravinteet ja kiintoaineet voivat vaikuttaa negatiivisesti alapuolisen vesistön tilaan. Yleisimpiä haitta-aineita hulevedessä ovat kiintoaine, ravinteet, metallit, kloridi ja erilaiset orgaaniset yhdisteet (Hulevesiopas, 2012, s. 124). Huleveteen liuenneet epäpuhtaudet voivat kulkeutua myös pohjaveteen.

Haitta-aineet kulkeutuvat hulevesiin eri lähteistä, kuten pakokaasuista, ajoneuvojen ja rakennusten korroosiosta, tien kulumisesta, liukkaudentorjunnasta, eroosiosta, lannoitteista ja torjunta-aineista. Huleveteen päätyy myös ulosteperäisiä bakteereja. (Hulevesiopas, 2012, s. 124-125)

Fosforin ja typen suurimmat päästöt tulevat maataloudesta, ja rakennetun ympäristön hulevesien osuus näiden osalta on vain noin 2 %. Jos huleveden ravinteet purkautuvat verrattain pienille alueille, niiden vaikutus voi paikallisesti olla suuri. (Vakkilainen et al, 2005, s. 40, 44)

Vesistön raskasmetallikuormitus on kasvanut kaupunkirakentamisen seurauksena. Kaupunkialueilla näitä päästöjä tulee mm. liikenteestä, kattorakenteista ja pinnoitteista, kun aiemmin lähteinä oli mm. rapautuminen. (Vakkilainen et al, 2005, s. 60)

Kiintoainesta huleveteen päätyy esimerkiksi liikenteen, teiden kunnossapidon ja rakentamisen seurauksena (Hulevesiopas 2012, s. 126). Veden kuljettamien partikkeleiden määrään vaikuttaa mm. virtaavan veden nopeus ja partikkeleiden koko (Leppäranta et al. 2017, s. 137). Kasvipeite vähentää maanpinnan eroosiota (Sovellettu hydrologia 1986, s. 201).

Paikallisesti huleveden laatuongelmat voivat olla merkittäviä. Huleveden laadun parantaminen onnistuu osin samoilla menetelmillä kuin määränkin tasaaminen, ja siksi on syytä ottaa huomioon sekä laatuun että määrään vaikuttavia seikkoja hulevesijärjestelmiä suunniteltaessa.

5. HULEVESITULVATILANTEEN SYNTY

Tilannetta, jossa vesi suuren määränsä vuoksi hakeutuu myös sinne, minne sitä ei haluta, kutsutaan tässä työssä tulvatilanteeksi. Kun kappaleessa 3.3 kuvattu painannesäilynnän varastokapasiteetti täyttyy, muodostuu lähes koko sadannasta kaupunkialueella pintavaluntaa. Tällöin vesi alkaa etsiä kohti painanteita. Tämän aiheuttamat ongelmat on helppo ymmärtää pelkistetyn esimerkin avulla. Jos oletettaisiin jonkin rakennetun alueen keskimääräiseksi varastokapasiteetiksi 10 mm, 15 mm sateen kohdalla valunnaksi muuttuu 5 mm. Jos taas sade onkin 30 mm, vettä muuttuu valunnaksi jo nelinkertainen määrä, sillä varastokapasiteetti ei kasva merkittävästi sademäärän kasvaessa. Todellisuudessa tilanne ei ole näin yksinkertainen, sillä painannesäilynnän osuus sadannasta pienenee vähitellen (Sovellettu hydrologia 1986, s. 153).

Luonnollisessa tilanteessa rakentamattomassa ympäristössä on usein paljon tulvaa vaimentavia tekijöitä. Esimerkiksi suot, kosteikot ja tulvatasanteet muodostavat sateen aikana varastoja vedelle, ja mutkittelevat uomat hidastavat veden virtausta. Myöskin runsas kasvillisuus ja maaston epätasaisuus viivyttävät valuntaa, sekä vähentävät sitä lisäämällä imeyntää sekä haihduntaa.

Ihminen on kuivatusta parantaakseen suoristanut uomia ja kuivannut järviä sekä tulvalueita. Suorat uomat ja tehostunut kuivatus ovat lisänneet ylivalumia ja siten tulvahuipuja. Vaikka ojituksen takia paikoitellen tulvahaittoja on saatu pienennettyä, on seurauksena ollut suurempia tulvia alajuoksulla. Näin pienempikin sade voi nykyään saada aikaan suuremman tulvatilanteen, erityisesti rakennetuilla alueilla, jossa veden varastoituminen on pienentynyt.

Hulevesitulvan syntymistä voi edesauttaa esimerkiksi läpäisemättömien pintojen suuri osuus, muutokset virtausreiteissä, maaperän tiivistyminen, riittämätön hulevesiverkostojen mitoitus, kunnossapidon puutteet ja tiivistyvä kaupunkirakenne. Myös ilmastonmuutoksen on ennustettu lisäävän taajamatulvien todennäköisyyttä. Sademäärien arvellaan kasvavan jonkin verran, mutta kesäisin muutos näkyy erityisesti rankkojen sateiden yleistyminenä. Vuorokauden suurimpien sademäärien arvellaan kasvavan noin 20 %. Tämä kehitys myös lyhentää tietyn kokaisen tulvan toistumisväliä. (Hulevesiopus, 2012)

Hulevesitulva syntyy silloin, kun hulevesien johtamisen kapasiteetti ylittyy tai ne tukkeutuvat. Tällöin vettä alkaa kertyä esimerkiksi kaduille tai muille alaville paikoille. Myös jäänyt hulevesiviemäröinti voi johtaa hulevesien tulvimiseen, kuten Pomarkussa kävi keväällä 2018 (Satakunnan kansa 2018). Kaupunkioloissa pinnat ovat usein läpäisemättömiä, joten vesi ei pääse poistumaan myöskään imeytymällä. Tällöin veden pinta jatkaa nousua tasolle, jolla se pääsee virtaamaan pois pintaa pitkin, tai kunnes veden tulo lam-

mikkoon lakkaa. Lammikon kasvaminen voi rajoittua myös, jos vesi noustessaan saavuttaa toisen hulevesikaivon tai pinnan, johon se pääsee tarpeeksi imeytymään. Tämän takia lammikon mahdollinen syvyys vaihtelee lammikoitumispaikan pinnanmuotojen mukaan. Esimerkiksi alikulkuihin voi vettä kertyä runsaasti, kuten alla olevasta kuvasta voi nähdä.



Kuva 6: Mustasuon alikulku tulvii Oulussa kesällä 2013. Vettä on tiellä noin metrin verran.

Kuva: Vesa Kärki. (Kaleva 2013)

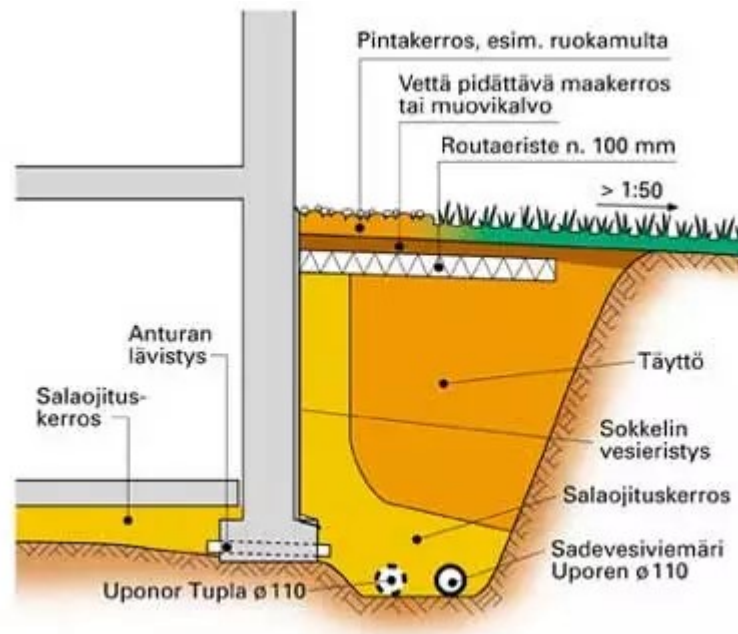
Kuten on sateidenkin kanssa, mitä suurempi hulevesitulva, sen harvinaisempi se on. Tästä seuraa, että hulevesitulviin varautuminen on pohjimmiltaan riskien arviointia, sillä hulevesiverkoston mitoittaminen niin, ettei tulva voisi syntyä missään tapauksessa, ei useinkaan ole taloudellisesti järkevä vaihtoehto. Toisaalta juuri suuret tulvat aiheuttavat suurimmat vahingot.

6. HULEVESITULVIEN SEURAUKSET

Tulvatilanne on epätoivottu tapahtuma, ja tässä luvussa käsitellään sen seurauksia. Rakennetulla alueella käytännössä kaikki suunnittelematon ja hallitsematon muutos on haitallista ja siten epätoivottua. Hulevesitulvalla on monia vaikutuksia, sekä tulvan muodostumisalueella että alajuoksun puolella. Sekä kerääntyvä että virtaava vesi aiheuttavat omat ongelmansa, jotka liittyvät esimerkiksi kuivatukseen ja kiintoaineen liikkeeseen.

6.1 Vaikutukset rakennusten kuivatukseen

Tulvatilanteessa vesi hakeutuu paikkoihin, joihin sitä ei ole suunniteltu, ja pahimmassa tapauksessa myös sinne, mistä sitä erityisesti halutaan pois. Esimerkiksi Lappeenrannassa vesisateet aiheuttivat elokuussa 2018 veden pääsyn rakennuksen alakerran varastojen lattialle (Etelä-Saimaa, 2018). Suunniteltua suurempi vesimäärä, esimerkiksi kadulta hulevesitulvan mukana tuleva, voi estää kuivatusrakenteita toimimasta kunnolla, jolloin riski rakennuksen kosteusvaurioon kasvaa. Alla olevassa kuvassa on esimerkki rakennuksen kuivatusratkaisusta.



Kuva 7: Esimerkki omakotitalon kuivatusratkaisusta ja salaojan sijoittamisesta. (rakentaja.fi)

Maanpinnan alapuoliset rakenteet voivat huonossa tapauksessa myös muuttua huleveden varastotilaksi veden tulviessa joko ulkopuolelta tai hulevesiviemärin kautta viemäriverkoston kapasiteetin ylittyessä. Tällöin myös veden kuljettamat epäpuhtaudet kulkeutuvat

rakenteisiin. Uusia rakennuksia rakennettaessa tai rakennusten pohjia korotettaessa saatetaan muuttaa vesien, ja erityisesti tulvavesien kulkureittejä ja siten ohjata ne alavammille alueille (Vakkilainen et al, 2005, s.82-83).

6.2 Vaikutukset liikenteeseen

Kulkuväylille kerääntyvä vesi aiheuttaa omat ongelmansa liikenteeseen. Kun hulevesiviemärit eivät enää vedä, tapahtuu lammikoitumista. Tällöin tien tai kulkuväylän pinta katoaa näkyvästä, eikä mahdollisia kuoppia pysty havaitsemaan, jolloin esimerkiksi jalankulkija voi joutua syvään veteen. Roiskuva vesi haittaa näkyvyyttä ja kastelee jalankulkijoita, ja liikenneturvallisuus heikkenee muutenkin. Lisäksi vesi voi aiheuttaa vaurioita moottorillassa, esimerkiksi ilmanotossa tai sähkölaiteissa. Esimerkiksi Porissa jouduttiin kesällä 2011 hinaamaan kaksi veden pysäyttämää autoa pois tulvineesta alikulusta (Yle uutiset 2011). Alla olevassa kuvassa huleveden tulviminen haittaa sekä autoilua että jalankulkua ja pyöräilyä.



***Kuva 8:** Hulevesitulva Mikkelissä elokuussa 2018. Jalkakäytävä, reunakiveys ja kadun pinta ovat näkymättömissä ja ohi kulkevat autot aiheuttavat aaltoja. Vesi huuhtelee rakennuksen seinän alalaitaa. Kuva: Niko Nurhonen.*

Hulevesien haittoja liikenteelle voidaan vähentää esimerkiksi painanteilla, avo-øjilla ja katujen tasauksen suunnittelulla. Putkikokojen kasvattaminen ei aina ole viisasta, sillä silloin ojituksen tapaan siirretään ongelma alajuoksulle.

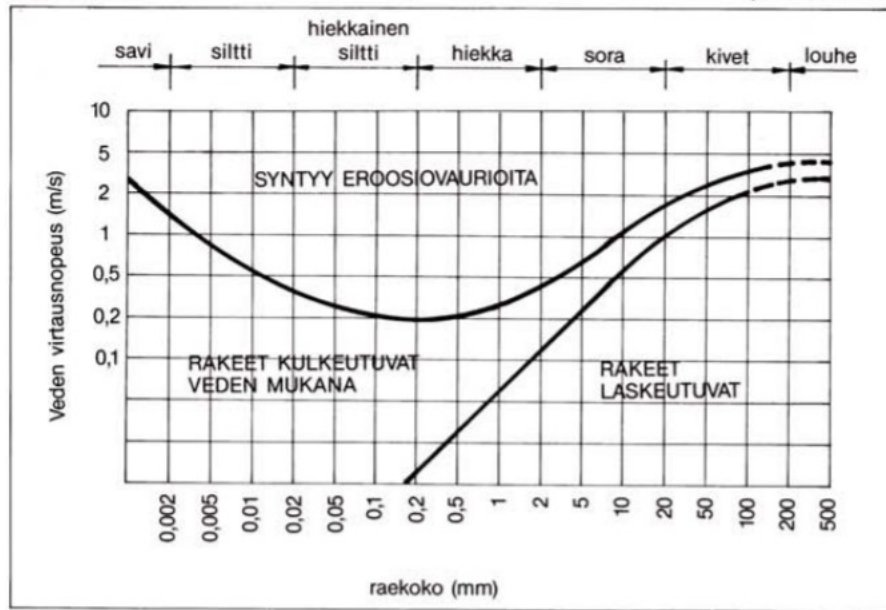
6.3 Eroosio ja kiintoaineksen kulkeutuminen

Eroosio voi olla esimerkiksi pintavesi- pohjavesi- tai virtauseroosiota. Pintavesieroosiossa syntyy uria esimerkiksi luiskaan, kun pintamaa kulkeutuu pintavalunnan mukana veden virtausnopeuden ollessa riittävän suuri. Esimerkiksi Vantaalla tapahtuneessa hulevesitulvassa avo-øjasta tontille tulvinut vesi oli kuljettanut tontin pintamaita naapuritontin puolelle (Vantaan kaupunki 2018). Vesi voi aiheuttaa luiskassa myös sortuman veden täyttämän maan menettäessä lujuutensa. Pohjavesieroosiossa hienot maapartikkelit lähtevät veden mukana liikkeelle synnyttäen rakenteeseen tyhjättilaa. Tämä johtaa maan löyhymiseen ja voi lisätä pohjaveden virtaamista saaden yhä suurempia partikkeleita liikkeelle. (Liikennevirasto 2010, s. 72-73) Löyhtyvä ja vedellä täyttynyt pengeri on alttiimpi sortumille, ja maahan voi myös ilmestyä onkaloita virtaavan veden vaikutuksesta, kuten alla olevasta kuvasta voi nähdä.



*Kuva 9: Paineellisen pohjaveden aiheuttama eroosio ja tien sortuminen.
(Liikennevirasto, 2010)*

Myös virtaava vesi aiheuttaa eroosiota veden leikkausvoiman ylittäessä maapartikkeleita paikallaan pitävät voimat. Painovoima estää maapartikkeleiden liikkeelle lähtöä huomattavasti enemmän kuin pohjassa. (Silko 1.901) Virtauksen hidastuessa vettä raskaampi kiintoaines alkaa laskeutumaan pohjaan. Huleveden virtausnopeutta voi pienentää vesien viivyttämällä ja uomien muotoilulla, jolloin myös eroosio vähenee. Kiintoaines vedessä on myös laadullinen ongelma. Seuraavassa kuvassa on esitetty eroosioherkkyys virtavedessä raekokoon mukaan.



Kuva 10: Veden virtausnopeuden ja raekoon vaikutus eroosioherkkyyteen. (Silko 1.901)

Eroosiota pystyy vähentämään virtausnopeuden vähentämisen lisäksi eroosiosuojauksilla. Suojauksena pinta- ja pohjavesieroosiolle toimii kasvillisuuspeite, eroosioverkko, maaston ojitus, sora- tai murskekerros ja luiskan loivennus. Virtauseroosiota voidaan vähentää esimerkiksi kasvillisuudella, eroosiomatoilla, kivi-, murske- ja louheverhouksella sekä kivikoreilla. (Liikennevirasto 2010, s. 77)

7. HULEVESITULVIIN VARAUTUMINEN

Hulevesitulvien ehkäisy ja niihin varautuminen voidaan karkeasti jakaa kolmeen osaan: 1) hulevesien synnyn ehkäisyyn, 2) hulevesien viivyttämiseen ja 3) hulevesien pois johtamiseen. Onnistuminen ensimmäisessä vähentää ongelmia seuraavilla tasoilla. Yhdistelemällä erilaisia rakenteita mahdollisuuksien mukaan voidaan saada aikaan systeemi, joka vähentää hulevesitulvien riskiä.

Suomessa ensimmäiset viemäröintijärjestelmät olivat sekaviemäreitä, joissa johdettiin samassa viemärissä jäte- ja hulevedet. Vanhoissa kaupunkikeskustoissa on sekaviemäreitä edelleen, mutta nykyään rakennetaan erillisviiemäreitä, joissa jäte- ja hulevedet kulkevat erillisissä putkissa. Sekaviiemäröinnissä rankkasateet ja kevään sulamisvedet voivat aiheuttaa tilanteita, joissa viemäriverkoston kapasiteetti ylittyy. Tällöin myös jätevesiä voi purkautua maastoon tai vesistöön. (Hulevesiopas 2012, s. 190) Sekaviiemärin tulvat voivat aiheuttaa kiinteistöillä hygienia- ja kosteusriskejä. Sekaviiemäröinnin takia jätevedenpuhdistamon kapasiteetti voi ylittyä ja puhdistusprosessi kärsii sade- ja sulamisvesien kylmyyden ja biologisen jätevedenpuhdistuksen heikkenemisen takia (Hulevesiopas 2012, s. 41).

Hulevesien viemäröinti aiheuttaa myös suuria virtaamavaihteluita alapuolisessa vesistössä, rantavyöhykkeen eroosiota sekä hulevesien pidättymisen ja imeytymisen vähentymistä. (Hulevesiopas 2012, s. 189) Hulevesien imeytymisen vähentyminen muuttaa alueen pohjavesiolosuhteita.

Luonnonmukaista hulevesien käsittelyä on Suomessa toteutettu esimerkiksi Tampereen Vuoreksessa (kuva 12), Vaasan vanhan keskustan alueella sekä Helsingin Viikissä (Vakkilainen et al, 2005, s. 76).



*Kuva 11: Ilmakuva kosteikkojen, lammikoiden ja puron yhdistelmästä Vuoreksessa.
(Maanmittauslaitos)*

Hulevesien järjestelyyn vaikuttaa moni laki. Esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslaissa, vesihuoltolaissa, vesilaissa ja tulvariskilaissa on esitetty suunnittelussa huomioitavia asioita. Hulevesiverkoston alueella kiinteistöllä on velvollisuus liittyä siihen, mutta liittymisestä voi saada vapautuksen perustelluista syistä. Vesihuoltolain mukaan vesihuoltolaitos vastaa kunnan määrittämällä alueella hulevesien poisjohtamisesta ja käsittelystä. Kunnan vastuulla taas on esimerkiksi kaavoitus ja sen toteutumisen valvominen. Lisäksi vastuuta on mm. Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskuksilla ja ministeriöillä. (Hulevesiopas, 2012, s. 26-38, 41)

7.1 Hulevesien synnyn vähentäminen

Ensimmäinen tapa hulevesitulvien vähentämiseen on hulevesien synnyn estäminen. Tällöin vesi ei edes lähde liikkeelle, jolloin kaikkialle päätyy vain sen verran vettä kuin sinne sataa.

Suomen ilmastossa tämä ei ole ongelman ainoana ratkaisuna realistinen, sillä vettä sataa enemmän kuin haihtuu. Paikan päällä varastoinnin merkittävä vaikutus onkin tulvia leik-

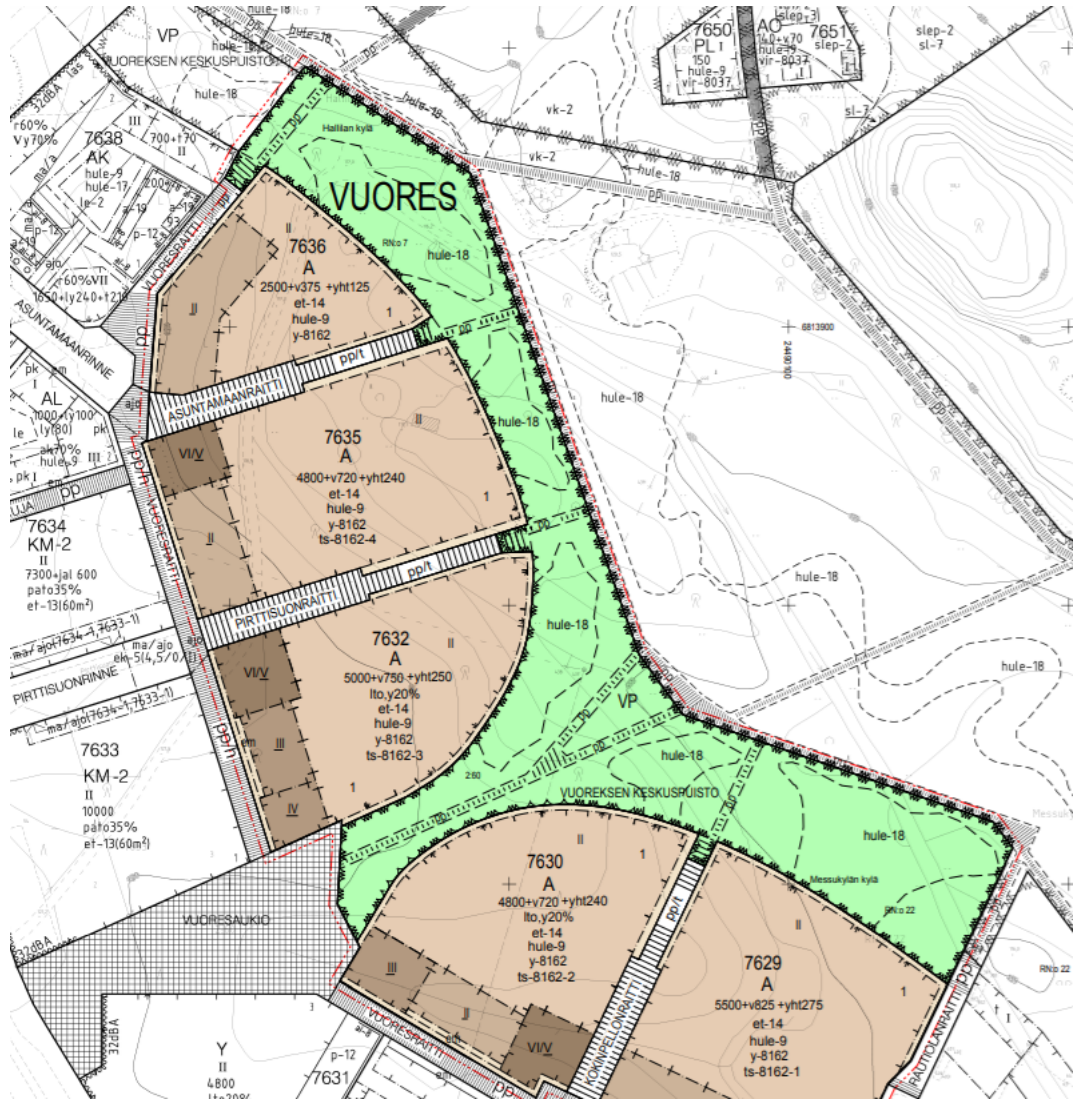
kaavana ja viivyttävänä tekijänä. Toisaalta myös imeyttäminen on hulevesien synnyn estämistä. Myös kasvillisuus vähentää hulevesiä lisäämällä haihtumista (Hulevesiopus, 2012, s. 142). Seuraavaksi on lueteltu eri tapoja vähentää hulevesien syntymistä.

7.1.1 Kaavoitus ja suunnittelu

Hulevesitulvista koituvia ongelmia on mahdollista vähentää huolellisella suunnittelulla. Suunnittelu tarvitsee pohjaksi kattavat tiedot esimerkiksi alueen topografiasta, virtausolosuhteista sekä kasvillisuudesta (Vakkilainen et al, 2005, s. 64).

Täydennysrakentaminen aiheuttaa omat ongelmansa lisäämällä entisestään hulevesien muodostumista ja vähentämällä veden luonnonmukaisen kierron alueita. Näistä seuraa sekä kasvaneita hulevesimääriä, että pohjaveden pinnan laskua. Mahdolliset hulevesiongelmat olisikin hyvä ratkaista jo kaavoitusvaiheessa (Hulevesiopus, 2012, s. 142).

Maankäyttöä ohjaa maankäyttö- ja rakennuslaki ja maankäyttö- ja rakennusasetus sekä eri tason kaavat. Tärkeimmät kaavatasot hulevesien hallinnan kannalta ovat yleis- ja asemakaava. Yleiskaavan yhteydessä selvitetään hulevesien vaikutuksia. Myös hulevesirakenteiden mitoittamiseen voidaan antaa ohjeita yleiskaavassa. Asemakaavatasolla vaikutus hulevesiin korostuu, sillä siinä määritellään esimerkiksi rakentamisen väliin jäävien viheralueiden osuus. Asemakaavamääräykset määrittelevät hulevesiratkaisujen toteutustapa ja niiden sijoittumista, ja tässä on syytä huomioida valuma-alueajat, maaperä sekä virtaussuunnat. Asemakaavoitusvaiheessa voidaan osoittaa paikat huleveden käsittelyyn ja varastointiin. Määräyksillä voidaan edellyttää mm. tontilla syntyvien vesien imeyttämistä tai puhdistamista. Myös katu- ja tiealueiden hulevesien vaatimat tilat on syytä suunnitella. Maakuntakaavan suurien linjojen takia tarkemmat kaavat ovat merkityksellisempiä hulevesien käsittelyn kannalta. Kunta voi myös laatia hulevesiohjelman tai -strategian, jossa käsitellään esimerkiksi tavoitteita ja aikatauluja hulevesiratkaisujen toteuttamiselle. (Hulevesiopus, 2012, s. 22, 45-53) Seuraavassa kuvassa on esimerkki asemakaavamerkinnöistä hulevesiin liittyen.



Kuva 12: Esimerkki hulevesiin liittyvistä kaavamerkinnöistä Tampereen Vuoreskeskuksen itäosan asemakaavakartasta 8162. Kuvan alue on osin sama kuin kuvassa 12. (Tampereen kaupunki 2012)

Merkintöjen selitteet:

hule-9: Vettäläpäisemättömiltä pinnoilta tulevia hulevesiä tulee viivyttää alueella siten, että viivytyispainanteiden, -altaiden tai -säiliöiden mitoitustilavuuden tulee olla yksi kuutiometri jokaista sataa vettäläpäisemättömää pintaneliometriä kohden. Viivytyispainanteiden, -altaiden tai -säiliöiden tulee tyhjentyä 12 tunnin kuluessa täyttymisestään ja niissä tulee olla suunniteltu ylivuoto. (Tampereen kaupunki 2012)

hule-17: Kortteli tulee liittää alueelliseen hulevesijärjestelmään. (Tampereen kaupunki 2010)

hule-18: Ohjeellinen alueelliselle hulevesijärjestelmälle varattu alueen osa, jonka kautta johdetaan korttelien hulevesiä ja viivytetään katualueiden hulevesiä allas- ja ojarakentein. (Tampereen kaupunki 2012)

Hulevesien hallintaa on syytä suunnitella uudis- ja täydennysrakennuskohteissa valuma-aluekohtaisesti. Suunnitelmissa käsitellään esimerkiksi pinta- ja pohjaveden laadun suojelua sekä hulevesien määrää ja reittejä. (Hulevesiopas 2012, s. 22)

7.1.2 Imeyttäminen

Toinen, konkreettisempi tapa estää huleveden syntymistä on sen imeyttäminen. Imeytymisen voidaan ajatella pienessä mittakaavassa hulevesiä tarkasteltaessa olevan vesitaseyhtälön varastoitumista. Tällöin imeytyvä osuus vesitaseyhtälön mukaan pienentää valuntaa, etenkin pintavaluntaa eli hulevesiä. Imeytysjärjestelyt soveltuvat parhaiten valuma-alueen latvaosiin (Vakkilainen et al, 2005, s. 76).

Kaiken sateen imeyttäminen ei kuitenkaan ole realistista kuin esimerkiksi harjualueilla. Toisaalta epäpuhtauksia sisältävien hulevesien imeytymistä etenkin vedenottokäytössä olevaan pohjaveteen pitäisi estää. Kääntöpuolena imeytymisen estämisessä on pohjaveden pinnan lasku, mikä vaikuttaa esimerkiksi kasvillisuuteen ja muodostuvan pohjaveden määrään.

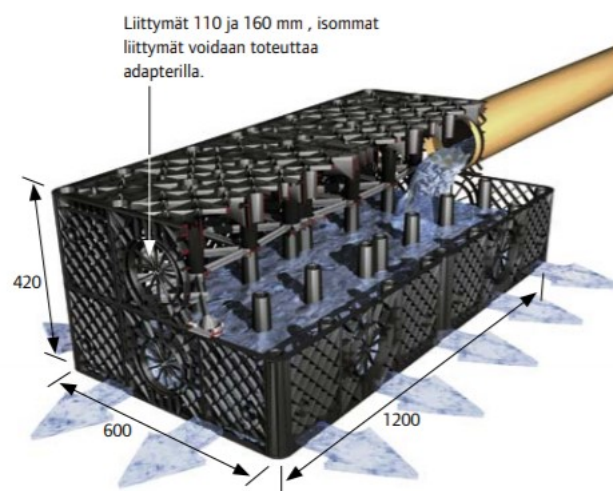
Huleveden imeyttämisen ratkaisut ovat tasapainoilua pohjaveden muodostumisen määrän ja laadun välillä. Tässä voidaan hakea parasta ratkaisua sijoittamalla imeyttämistä sinne, missä valumavedet ovat puhtaampia. Keino tähän on esimerkiksi rakentamisen välttäminen tärkeillä imeytymisalueilla. Mikäli pohjaveden muodostumisalueella halutaan imeyttää hulevesiä, voidaan niitä puhdistaa ennen imeyttämistä. (Hulevesiopas, 2012) Imeyttämisessä myös huleveden laatu paranee sen suotautuessa maakerrosten läpi (Vakkilainen et al, 2005, s. 66-67).

Imeyttäminen voidaan jakaa imeytuspintoihin, -altaisiin, maanalaisiin imeytysrakenteisiin, läpäiseviin pintoihin sekä yhdistettyihin järjestelmiin. Imeytyspinnassa kyse on yksinkertaisimmillaan vain veden johtamisesta esimerkiksi nurmikentälle. Sopivan kaltevuuden avulla vesi jakautuu suuremmalle alueelle ja lopulta imeytyy maaperään. Imeytysaltaassa vastaavasti on kyse paikasta, jonne vettä ohjataan lammikoitumiseen asti, jolloin kyseessä on painanne. Kasvillisuus painanteen pohjalla ylläpitää huokoisuutta. Luonnonmukaisiakin painanteita voi käyttää tähän tarkoitukseen. (Vakkilainen et al, 2005, s. 66-67) Painanteet voivat olla myös kivipäällysteisiä (Hulevesiopas, 2012, s. 47). Seuraavassa kuvassa on esimerkki imeytysrakenteesta.



Kuva 13: Avoin imeytyskaivanto piha-alueella. (Hulevesiopas 2012, s. 150)

Maanalaisessa imeytysrakenteessa maana pinnan alla oleva tila on täytetty karkealla, hyvin vettä läpäisevällä ja huokoisella materiaalilla, kuten hiekalla tai soralla. Tämä ratkaisu voi olla hyvä silloin, kun maan pinnalla ei ole tilaa hulevesijärjestelyille. Luonnonmateriaalin avulla voidaan päästä parhaimmillaan 20-30 % huokostilavuuteen, mutta maanalainen imeytyskaivanto voi muodostua myös esimerkiksi muovisista hulevesikaseteista, jolloin huokostilavuus kasvaa jopa yli 90 prosenttiin. Erilaisista yhdistelmistä voidaan tehdä laajempia kokonaisuuksia jopa korvaamaan sadevesiviemärointiä. Myös läpäisevillä pinnoilla voidaan parantaa imeytymistä erityisesti hitaan liikenteen alueilla ja pysäköintipaikoilla. Lisäksi suodatinkaivoja voi käyttää huleveden imeyttämiseen. Esimerkkejä läpäisevästä pinnasta ovat erilaiset reikälaatat, kennosora ja avoin asfaltti (Vakkilainen et al, 2005, s. 68-69, 72, 75, Hulevesiopas, 2012, s. 144-149). Seuraavissa kuvissa on kaksi imeytys- ja viivytysratkaisua.



Kuva 14: Uponor-hulevesikasetti. Tehollinen tilavuus 95 %. (Uponor Suomi Oy)



***Kuva 15:** Oy ViaCon Ab:n StormTech-hulevesitunneli huleveden viivyttämiseen ja imeyttämiseen. Ratkaisu kestää suuria kuormia ja soveltuu siksi myös liikennöityjen alueiden alle.
(Oy ViaCon Ab)*

Talvi aiheuttaa imeyttämässä ongelmia, sillä maan routautuminen vähentää imeytymistä. Talviaikaisen imeytymisen parantamiseksi imeytysrakenteet olisi syytä sijoittaa routarajan alapuolelle. Myös karkeamman maa-aineksen käyttäminen parantaa tilannetta. Lisäksi hiekotushiekka voi tukkia rakenteita, erityisesti läpäiseviä päällysteitä. Läpäisemätön routakerros haittaa imeytymistä. Toisaalta imeytysrakenteisiin liittyvät painanteet varastoivat vettä myös jäätyneenä tai tukkeutuneena. (Vakkilainen et al, 2005, s. 72, 76, Hulevesiopus, 2012, s. 101, 156)

Imeytysrakenteen tukkeutumisen estämiseksi ennen imeytysrakennetta olisi hyvä olla jonkinlainen esikäsitteily kiintoaineksen laskeuttamiseksi tai suodattamiseksi, kuten allas tai kasvillisuusalue. Esikäsitteilyaltan sopiva koko on noin 25 % mitoitusvesimäärästä. Mikäli paikassa on suurempi riski kemikaalionnettomuudelle, on jonkinlainen viivyttävä ratkaisu ennen imeyttämistä erityisen tärkeä. Toisaalta esimerkiksi suolattavilla alueilla pohjavedeksi imeyttämistä pitää välttää, ja pohjavettä jopa suojata imeytymiseltä. (Hulevesiopus, 2012, s.147, 155)

Imeytysrakennetta suunniteltaessa täytyy myös huomioida ympäröivän maaperän ominaisuudet, jotta imeytyvä vesi pystyy siirtymään rakenteesta eteenpäin. Lisäksi suuria virtaamia varten on syytä sisällyttää imeytysrakenteeseen ylivuotoreitti, jotta ylimääräinen vesi poistuu hallitusti (Vakkilainen et al, 2005, s. 77).

7.1.3 Kasvillisuuden lisääminen

Kasvillisuus vaikuttaa hulevesien määrään vähentävästi sekä pidättämällä vettä että haihduttamalla sitä. Se tekee maaperästä myös huokoisemman, jolloin imeytyminen on helpompaa, minkä lisäksi maaperän mikrobiologiset toiminnot puhdistavat vettä poistamalla ravinteita ja muuttamalla niitä haitattomampaan muotoon. (Hulevesiopus, 2012, s. 144)

Kasvillisuus vähentää myös eroosiota sitomalla maata ja suojaamalla sitä veden kulutukselta. Sopiva kasvillisuus myös lisää viihtyisyyttä ja vaihtelua kaupunkiympäristöön.

7.1.4 Viherkatot

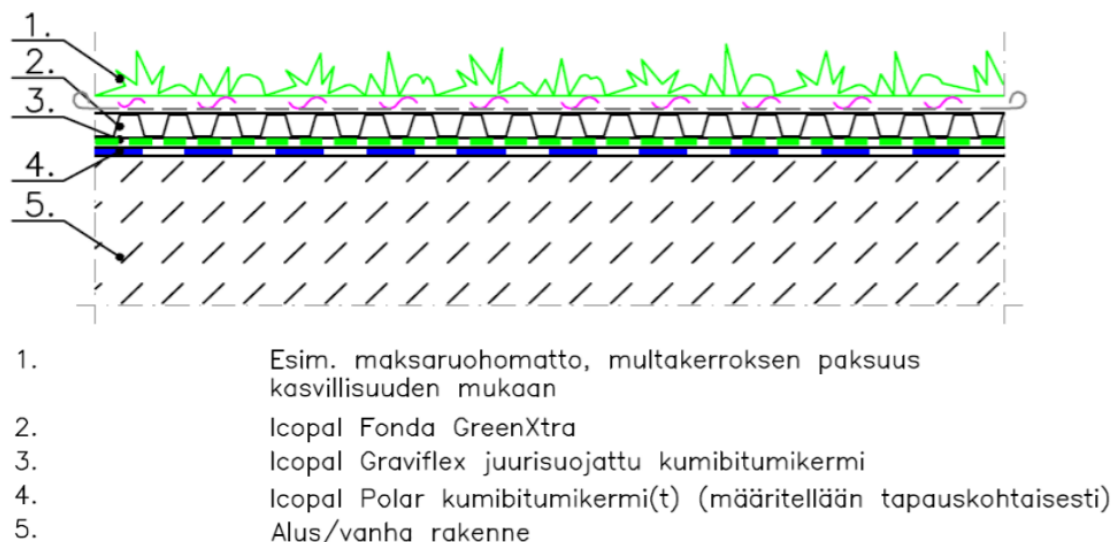
Viherkatossa on elementtejä kaikista kolmesta hulevesien hallintatoiminnosta. Viherkattojen on todettu vähentävän katoilta tulevaa valuntaa merkittävästi, sillä erityisesti kesällä haihdunta on suurta. Valuntaa katolta tulee, kun viherkatto on kyllästynyt vedellä. (Hulevesiopus 2012, s. 280)



Kuva 16: Tampereen yliopiston Hervannan kampuksen Kampusareenan viherkatto. (editori.fi)

Sadeveden pidättämisen lisäksi viherkatto suojaa vesikatetta ultraviolettisäteilyltä, eristää rakennusta vähentäen lämmitys- ja jäähdytystarvetta ja lisää taajamaluonnon monipuolisuutta. Viherkatto myös lisää viihtyisyyttä sekä estetiikan että mahdollisten katolla sijaitsevien oleskelutilojen muodossa. (Hulevesiopus 2012, s. 280-281)

Seuraavassa kuvassa on esimerkkipoikkileikkaus viherkaton rakenteesta.



Kuva 17: Viherkaton rakenteen esimerkkitapaus. (Icopal Oy, 2010)

7.2 Hulevesien viivyttäminen

Hulevesien vähentämisen lisäksi toinen usein hulevesien syntypaikan lähellä tehtävä toimenpide on hulevesien viivyttäminen. Tällöin huleveden virtaamahuiput pienenevät ja viipymä kasvaa. Viivyttämisessä voidaan usein samalla myös parantaa huleveden laatua. Viivyttämiseen sopivia ratkaisuja ovat esimerkiksi erilaiset allasratkaisut, kosteikot ja ratkaisut ojien pohjien muotoilussa. (Vakkilainen et al. 2007, s. 69-71) Pysäköintialueilla ja muilla laajoilla kentillä huleveden viivyttäminen voi tapahtua erilaisilla kasvillisuuskaistaleilla.

Altaiden ja kosteikkojen haastavana puolena on niiden jäätyminen talven aikana. Matalat alueet voivat jäätyä pohjaan asti, jolloin veden kulku häiriintyy. Talvella sade- tai sulamisvesi voi nousta jään päälle (Hulevesiopas 2012, s. 291). Paksu jää pienentää sulan veden tilavuutta ja sitä kautta kasvattaa virtausnopeutta ja pienentää viipymää.

7.2.1 Allasratkaisut

Allasrakenteiden avulla varastoidaan osa tai jopa kaikki tulevasta hulevesistä joksikin aikaa. Tällöin alapuolisen vesistön tulvahuippu pienenee ja virtaama jakautuu tasaisemmin myös kuivemmille jaksoille. Allas voi kuivana kautena joko tyhjäntyä kokonaan tai siinä voi olla pysyvä vesipinta. Tässä mielessä ero altaan ja painanteen välillä voi olla häilyvä.

Altaalla on muitakin hyviä puolia veden varastoinnin lisäksi. Virtausnopeuden pienentyessä kiintoainesta painuu pohjaan, jolloin myös huleveden laatu paranee. Viipymisaika vaikuttaa laskeutuneiden partikkeleiden osuuteen kokonaismäärästä, ja tässä mielessä jatkuvasti vettä sisältävä allas puhdistaa vettä paremmin. Laskeutuvien partikkeleiden takia olisikin hyvä, jos altaan alkupäässä olisi esikäsittelyallas, jonne suurimmat partikkelit laskeutuisivat, vähentäen varsinaisen altaan täyttymistä (Hulevesiopas, 2012, s.174). Allas luo myös vaihtelua ympäristöön, ja soveltuu virkistyskäyttöön. (Vakkilainen et al, 2005, s. 69-70) Hyvä esimerkki monikäyttöisestä allasratkaisusta on Tampereen Vuoreksessa sijaitseva allas.



Kuva 18: Hulevesiallas Tampereen Vuoreksessa. Virkistyskäyttö huomioitu rantaratkaisulla. (Vuores Palvelu Oy)

Altaiden varasto-ominaisuuksia voidaan säätää padon muodolla. Kapea-aukkoinen pato tasaa virtaamia voimakkaammin, kun taas leveällä aukolla altaan pinnan vaihtelut jäävät vähäisemmiksi. Padon muodossa on myös huomioitava suurten tulvien ylivuotomahdollisuus, jotta altaan vahingollinen tulviminen voidaan välttää. Altaan veden vaihtuvuuden ja riittävyuden takaamiseksi voidaan allas rakentaa niin, että se saa perusvirtaamansa jostakin alueen purosta tai rakennusten kuivatusvesistä. (Hulevesiopas, 2012, s. 47)

7.2.2 Kosteikot

Altaan ja kosteikon ero on häilyvä, ja joskus ratkaisu voikin olla jonkinlainen yhdistelmä näistä. Kosteikoissa vesi- ja kosteikkokasvillisuus on runsasta. Veden syvyys vaihtelee paikoittain keskisyvyyden ollessa muutamia kymmeniä senttejä. Kosteikon kasvillisuus toimii veden puhdistajana sitomalla ja pidättämällä kiintoainesta ja ravinteita. Paras puhdistusteho saadaan usean kasvilajin avulla. (Hulevesiopas 2012, s. 175, 225, 259)

Kosteikko on hyvin monipuolinen ratkaisu hulevesitulvien torjuntaan. Kääntöpuolena on sen vaatima suurehko tila, minkä vuoksi se on vaikea sovittaa tiheimmän rakentamisen

keskelle. Toisaalta varaamalla kosteikoille erillinen tila osana puistoaluetta on sillä myös virkistyskäyttöisiä hyötyjä. Seuraavassa kuvassa on puistossa oleva kosteikko Savitaipaleella.



***Kuva 19:** Kapakojan kosteikko Savitaipaleella. Kosteikko on tehty suoran ojan paikalle, ja sen keskellä on saarekkeita. Kosteikon ympärillä kiertää polku lisäten virkistyskäyttöarvoa.*

Kuva: Niko Nurhonen

Kosteikkojen koko tulisi olla 1-2 % valuma-alueesta, ja lammikoiden noin 1 %. (Hulevesiopus, 2012, s. 182)

7.3 Hulevesien pois johtaminen

Etenkin vanhoissa keskustoissa hulevesien käsittely ja viivyttäminen paikalla ei tilanpuutteen vuoksi ole aina kovin helposti mahdollista. Tällöin tulvien ehkäisyn kannalta tehokas veden johtaminen pois alueelta on tarpeen. Tämä siirtää tulvaongelman toisaalle,

alueelle, jossa siitä on vähemmän haittaa. Huleveden käsittelyä voi olla syytä tehdä ennen vesistöön laskemista esimerkiksi kosteikon avulla.

Hulevesien johtamisperiaate voidaan jakaa avoimiin järjestelmiin ja putkijärjestelmiin. Avoimilla järjestelmillä tarkoitetaan puroja, painanteita, kouruja ja muita avouomia. Näistä avoimet järjestelmät ovat siinä mielessä parempia, että niiden avulla virtaamat tasaantuvat, kiintoainesta laskeutuu ja hulevesien puhdistuminenkin on mahdollista. Myös imeytyminen mahdollistuu paremmin avoimissa järjestelmissä. (Hulevesiopas, 2012, s. 21)

Avouomissa virtausnopeuden tulisi jäädä tarpeeksi alhaiseksi eroosion estämiseksi. Eri maalajeilla ja verhousmateriaaleilla tämä nopeus on erilainen, vaihdellen savien 0,3 metristä sekunnissa kivikon yli metriin sekunnissa ja betoniverhouksen jopa neljään metriin sekunnissa. (Hulevesiopas, 2012, s. 170)

Pääosin veden johtamiseen tarkoitettuja rakenteita voidaan käyttää mahdollisuuksien mukaan myös veden viivyttämiseen. Avo-ojiin voi tilan mahdollistaessa sijoittaa erilaisia painanteita, allasratkaisuja ja veden virtaamista hidastavia elementtejä. Altaat ja painanteet myös laskeuttavat kiintoainesta hallittuihin paikkoihin, josta sitä voi helpommin poistaa. Ojan epätasaiset pinnat hidastavat veden liikettä ja voivat olla myös visuaalisesti tasaista ojan pintaa parempi ratkaisu. Erilaiset hidastavat patoratkaisut ovat myös tarpeen eroosion estämiseksi jyrkemmällä osuuksilla, kun kaltevuus on yli 1-3 % (Hulevesiopas, 2012, s. 158).

Uoman vaihtelu, suvannot ja virtapaikat, tekevät uomasta luonnonmukaisemman myös eliöille. Tätä voi parantaa myös esimerkiksi rakentamalla kutusoraikkoja virtakutuisille kaloille, mikäli uomassa on vesitys ympäri vuoden. (Hulevesiopas 2012, s. 252-253) Tällöin myös vaellusesteet, kuten liian korkealla uoman pohjasta olevat rummut, on pyrittävä poistamaan. Uomat toimivat myös ekologisina käytävinä (Hulevesiopas 2012, s. 226).

Huleveden kulkureittinä voi toimia putkituksen ja varsinaisten avo-ojien lisäksi myös erilaiset painanteet, joiden rajaaminen voi olla epätarkkaa. Tällöin tulvan noustessa vesi voi levitä esimerkiksi painanteen yhteydessä oleville viivytyalueille (Hulevesiopas 2012, s. 159-160)

Suuria hulevesitulvia varten on myös syytä suunnitella tulvareittejä, joita pitkin vesi pääsee kulkemaan kapasiteetin ylittyessä. Tällaisina reitteinä voi käyttää esimerkiksi reuna-kiveyksellisen kadun pintaa. Suunnittelemalla tällaisia reittejä erikoistapauksia varten voidaan vähentää tulvan aiheuttamia ongelmia ja vaurioita, tai ainakin ohjata niitä vähemmän haitallisille alueille. (Hulevesiopas 2012, s. 169)

Tulvareittitarkastelussa laaditaan tulvareittikartta muodostumisalueelta purkupaikalle asti reitteineen ja riskikohteineen. Myös mahdolliset eroosiohaitat tulvareittien tullessa käyttöön on hyvä huomioida. Tulvavesien suoraa purkamista vesistöön tulisi heikon laadun

takia välttää. Virtaamia tasaamassa voi olla alavirrassa tulva-alueita. (Hulevesiopus, 2012)

Kiintoaineksen ja roskien laskeutuminen aiheuttaa ylläpitotarvetta uoman ominaisuuksien säilymistä takaamiseksi. Avo-ojat tulisi myös perata 5-10 vuoden välein (Hulevesiopus, 2012, s. 252).

8. YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä tarkasteltiin hulevesitulvien muodostumista ja niiden ehkäisyä kirjallisuusselvityksen perusteella. Lisäksi käsiteltiin hulevesitulvan vaikutuksia. Työ keskittyi huleveden määrään, ja huleveden laatua sivuttiin vain lyhyesti. Hulevesi määritellään rakennetun alueen pintavesiksi.

Pintavaluntaan vaikuttavat sateen, haihdunnan ja imeytymisen määrät. Kaupunkialueella haihtuminen ja erityisesti imeytyminen jäävät vähemmäksi kuin luonnontilaisella alueella, jolloin pintavalunnan määrä kasvaa päällystetyn alan kasvaessa. Myös maaperän varastokapasiteetin pieneneminen lisää pintavaluntaa.

Hulevesitulva syntyy, kun hulevesien siirtämiseen varattu kapasiteetti ylittyy, ja vesi alkaa kerääntymään epäedullisiin paikkoihin. Vanhoilla kaupunkialueilla hulevesiä on johdettu sekaviemärissä yhdessä jätevesien kanssa. Viemärien kapasiteetin ylittyminen voi saada veden virtaamaan viemäristä esimerkiksi alikulkuihin, ja myös tämä voi lisätä tulvaa alavalla alueella. Tiivistyvä kaupunkirakenne ja sitä mukaa kasvava päällystetyn pinnan osuus pahentavat tilannetta.

Hulevesitulvat aiheuttavat harmia liikenteelle, voivat vaurioittaa rakenteita ja aiheuttavat toisinaan myös eroosiota. Kadulle kertyvät syvät lätäköt estävät liikkumista, erityisesti jalankulkua, ja vaurioittavat ajoneuvoja. Kaupunkialueelle lammikoituva vesi haittaa rakennusten kuivatusta ja saattaa myös päätyä rakennusten sisään joko viemärin kautta tai muuta reittiä aiheuttaen kosteusvaurion vaaraa. Veden löytäessä itselleen uuden, suunnittele mattoman reitin, voi aiheutua haitallista eroosiota. Tällöin maiseman muuttumisen lisäksi esimerkiksi rakennusten ja kulkureittien perustukset voivat vaurioitua.

Hulevesitulviin voi varautua tekemällä tulvia vähentäviä toimenpiteitä. Nämä voidaan jakaa kolmeen osaan: hulevesien synnyn vähentämiseen, hulevesien viivyttämiseen sekä huleveden pois johtamiseen. Toimenpiteet tulisi tehdä tässä järjestyksessä, sillä toimenpiteet ensimmäisessä vähentävät tarvetta seuraavien käytölle.

Hulevesien vähentäminen tapahtuu pääosin sen muodostumispaikalla. Tällöin pyritään vähentämään sateella heti liikkeelle lähtevää vettä sekä pintavaluntaa, ja tällöin imeyttäminen on tärkeässä osassa. Myös kasvillisuuden lisääminen vähentää pintavaluntaa, sillä se lisää haihduntaa ja pitää pintamaata kuohkeampana lisäten näin imeytymistä. Myös kaavoituksella ja hulevesien synnyn huomioivalla suunnittelulla voidaan ennaltaehkäistä hulevesitulvia ja niiden haittoja.

Toinen tapa ehkäistä hulevesitulvia on hulevesien viivyttäminen esimerkiksi altaiden tai kosteikkojen avulla. Lisäksi voi olla erilaisia painanteita, maanalaisia säiliöitä tai vettä

varastoivaa karkeaa maa-ainesta. Viivytyksratkaisuiden välinen jaottelu on häilyvä, ja kokonaisuus voikin toimia parhaiten juuri erilaisten ratkaisuiden yhdistelmänä, jäljitellen näin myös luonnonmukaisuutta. Tällöin rakenteet teknisten ominaisuuksien lisäksi myös lisäävät alueen virkistyskäyttöarvoa. Viivytyksmenetelmät myös samalla parantavat huleveden laatua.

Viimeisenä ratkaisuna on hulevesien pois johtaminen, jolloin tulva siirretään toisaalle. Perinteisesti tähän on käytetty viemärointiä, ja tiiviillä kaupunkialueella tämä voi olla hyvä ratkaisu. Toisaalta avo-ojiin on mahdollista liittää erilaisia viivytyksratkaisuita. Huleveden syntymisen vähentämisen ja viivyttämisen avulla myös tarve hulevesien johtamisjärjestelmien kapasiteetille pienenee. Kapasiteetin ylittymiseen varaudutaan suunnitteleamalla valmiiksi tulvareittejä, joita pitkin vesi lähtee hallitusti virtaamaan. Tällainen tulvareitti voi olla esimerkiksi reunakivetetty katu.

LÄHTEET

editori.fi. (2016) Viherkatto on rakennuksen kruunu. Saatavissa: <https://www.editori.fi/artikkeli/viherkatto-on-rakennuksen-kruunu/>. Viitattu 24.2.2019.

Etelä-Saimaa. (2018) Lappeenrannassa on sunnuntaina lainehtinut myös maan päällä – Hietalankadun alikulussa oli metri vettä. Saatavissa: <https://esaimaa.fi/uutiset/lahella/0acd4cc3-4c17-4810-9774-38389b5fb341>. Viitattu 23.2.2019.

Hulevesiopas. (2012) Suomen Kuntaliitto. 297 sivua.

Hyöty, P. (2003) Hulevesien ekologinen hallinta – kohdealueena Vuores. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Ympäristö- ja energiatekniikan osasto, Bio- ja ympäristötekniikan laitos. 110 sivua.

Icopal Oy. (2010) Icopal Green. Viherkattojen suunnitteluohjeet loiville katoille. Saatavissa: http://www.icopal.fi/~media/uploadfolder/others/icopalfi/asennusohjeet/viherkatto_suunnitteluohjeet_10112010.pdf. Viitattu 24.2.2019.

Ilmasto-opas. Lyhytkestoisten sateiden rankkuus ja toistuvuus aika Suomessa. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/videot-ja-visualisoinnit/-/artikkeli/b4df9633-7e1f-4389-9dd0-a0539588f211/visualisoinnit.html#rankkasateiden-toistuvuus>. Viitattu 22.2.2019.

Ilmatieteen laitos a. Suomen ilmastoa kuvaavat vertailukauden 1981-2010 keskiarvot. Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmastollinen-vertailukausi>. Viitattu 21.1.2019.

Ilmatieteen laitos b. Sade-ennätyksiä. Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/sade-ennatysia>. Viitattu 22.2.2019.

Kaleva. (2013) Mustasuon alikulku tulvii – metrin verran vettä. Saatavissa: <https://www.kaleva.fi/uutiset/oulu/mustasuon-alikulku-tulvii-metrin-verran-vetta/633202/>. Viitattu 23.2.2019.

Kuusisto P. (2002) Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. Maantieteen laitos, Helsingin yliopisto. 63 sivua.

Liikennevirasto. (2010) Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu, Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. Liikenneviraston ohjeita 9/2010. Liikennevirasto. 120 sivua.

Leppäranta M., Virta J. & Huttula T. (2017) Hydrologian perusteet. Fysiikan laitos, Helsingin yliopisto. 234 sivua.

Maanmittauslaitos. Paikkatietoikkuna. Saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi>. Viitattu 28.1.2019.

Oy ViaCon Ab. Hulevesitunnelit. Saatavissa: <https://www.viacon.fi/tuote/hulevesitunnelit/>. Viitattu 24.2.2019.

rakentaja.fi. Terveellä talolla on kuivat jalat. Saatavissa: https://www.rakentaja.fi/artikkelit/8585/terveella_talolla_on.htm. Viitattu 23.2.2019.

RIL-92. (1973) Vesirakennus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. 434 sivua.

RIL-141. (1982) Yleinen vesitekniikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. 433 sivua.

Satakunnan kansa. (2018) Pomarkun alikulussa sulamisvedet aiheuttivat ongelmia – pelastuslaitos kävi pumppaamassa vettä pois. Saatavissa: <https://www.satakunnan-kansa.fi/a/200856385>. Viitattu 23.2.2019.

Silko 1.901. (1987) Siltojen korjaus. Siltaan liittyvät rakenteen. Siltapaikan viimeistely. Tie- ja vesirakennushallitus, sillanrakennustoimisto 1987. 24 sivua.

Sovellettu hydrologia. (1986) Vesiyhdistys. 503 sivua.

Tampereen kaupunki. (2010) Asemakaavakartta nro. 8038. Saatavissa esimerkiksi: <https://www.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8038/8038.pdf>.

Tampereen kaupunki. (2012) Asemakaavakartta nro. 8162. Saatavissa esimerkiksi: https://www.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8162/hyvaksytyt/8162_kaava_120618.pdf.

Uponor Suomi Oy. Uponor-hulevesikasetit ja -tunnelit. Suunnittelu- ja asennusohje. Saatavissa: <https://www.uponor.fi/UponorInternet/DirectDownload?did=8900E2C315E145DB9B6E6E71C3C03465>. Viitattu 28.1.2019.

Vantaan kaupunki. (2018) Hulevesitulvariskien alustava arviointi Vantaalla, alustavan arvioinnin 2. kierros. Saatavissa: https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/140846_Hulevesitulvariskien_alustava_arviointiraportti.pdf. Viitattu 23.2.2019.

Vakkilainen P., Kotola J. & Nurminen J. (2005) Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Ympäristöministeriö. 112 sivua.

Vuores Palvelu Oy. Tampereen kaupunki sai 1,44 miljoonaa euroa hulevesien hallinnan kehittämiseen. Saatavissa: <https://vuores.fi/ajankohtaista/uutiset/517-tampereen-kaupunki-sai-1-44-miljoonaa-euroa-hulevesien-hallinnan-kehittamiseen>. Viitattu 28.1.2019.

Yle uutiset. (2011) Rankkasade tukki taas alikulun Porissa. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-5407573>. Viitattu 23.2.2019.