



Leo Korhonen

# Hulevesijärjestelmät ja niiden riittävyys muuttuvassa ympäristössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

28.2.2024

## Tiivistelmä

Tekijä: Leo Korhonen  
Otsikko: Hulevesijärjestelmät ja niiden riittävyys muuttuvassa ympäristössä  
Sivumäärä: 49 sivua + 0 liitettä  
Aika: 28.2.2024

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto  
Ammatillinen pääaine: Infrarakentaminen  
Ohjaajat: Tutkintovastaava Jouni Ruotsalainen  
Rakennusmestari Markus Junttila

---

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on esitellä hulevesijärjestelmät koko laajuudessaan ja pohtia samalla niiden riittävyttä tulevaisuudessa suhteessa pinnoitettaviin pinta-aloihin.

Opinnäytetyössä kerrotaan, mitä hulevedet ovat ja kuinka niitä hallitaan eri tavoin sademäärien alati lisääntyessä, joiden seurauksena tulvariskit ovat lisääntyneet. Työ tarjoaa eri vaihtoehtoja hulevesien hyödyntämiseen esimerkiksi kasteluvesinä eri järjestelmineen niin omakotitaloasujille kuin laajemmin rakennetun ympäristön käyttöön. Opinnäytetyössä myös pohditaan, voisiko kyseisiä hulevesijärjestelmiä kehittää ja hyödyntää tulevaisuudessa vesivarantojen ehtyessä nykyistä tehokkaammin ja näin vähentää runkoverkoston kuormitusta.

Työn tuloksena tehtiin asennuskortti, joka toimii niin aloittajille kuin kokeneemmillekin asentajille, sekä perämiehille Maaco Oy:n yrityksen käyttöön. Tavoitteena on laatukriteerien yhtenäistäminen yrityksen sisällä.

Avainsanat: Hulevedet, Hulevesijärjestelmät, Salaojat

## Abstract

Author: Leo Korhonen  
Title: Stormwater systems and Their adequacy in changing environment  
Number of Pages: 49 pages + 0 appendices  
Date: 18 December 2023

Degree: Bachelor of Construction Management  
Degree Programme: Construction Site Management  
Professional Major: Infra Construction  
Supervisors: Jouni Ruotsalainen, Senior lecturer  
Markus Junntila, Maaco Oy

---

The purpose of the final year project was to present stormwater systems in their entirety and simultaneously to consider their adequacy in the future in relation to the surfaces to be coated.

The thesis explains the stormwaters as concept and how it is managed in different ways as the amount of rain and thereby flood risk are constantly increasing. The study provides different options for using stormwater, for example as irrigation water with different systems, both for residents of single-family houses and in the wider built environment. The thesis also explored whether the storm water systems in question could be developed and utilized in the future as the water reserves are depleted more efficiently than at present and thus reduce the load on the main network.

As a result of the study an installation card was drawn up functioning as a tool for beginners as well as for more experienced installers and co-pilots of Maaco Oy. The goal is to unify quality criteria within the company.

Keywords: stormwater, stormwater systems, sewers

# Sisällys

## Lyhenteet

- 1 Johdanto1
- 2 Mitä hulevedet ovat2
  - 2.1 Miten hulevedet muodostuvat2
  - 2.2 Hulevesien muodostuminen2
  - 2.3 Rakennetun ympäristön vaikutukset3
  - 2.4 Hulevesien vähentäminen4
- 3 Lainsäädäntö ja vastuut6
  - 3.1 Vastuualueet6
  - 3.2 Lainsäädäntö6
  - 3.3 Tulvariskin hallinta8
- 4 Hulevesien hallintamenetelmät8
  - 4.1 Hydrologinen kierto8
  - 4.2 Hulevesien vähentäminen10
    - 4.2.1 Kasvillisuus ja hulevesikosteikot11
    - 4.2.2 Läpäisevät päällysteet12
    - 4.2.3 Imeyttäminen13
    - 4.2.4 Biosuodatus14
    - 4.2.5 Imeytyskaivanto15
  - 4.3 Mitoitus16
  - 4.4 Hulevesien johtaminen17
    - 4.4.1 Avo-ojat17
    - 4.4.2 Viherpainanne18
    - 4.4.3 Katualueen painanne19
    - 4.4.4 Rakennetut kanavat ja uomat20
    - 4.4.5 Kourut22
    - 4.4.6 Tulvareitit22
  - 4.5 Hulevesien viivyttäminen24
    - 4.5.1 Lammikot24
    - 4.5.2 Rakennetut altaat26
    - 4.5.3 Kosteikot26

#### 4.5.4 Viivytyspainanteet ja viivytyaskaivannot28

### 5 Hulevesitulvat30

#### 5.1 Tulvariskit30

#### 5.2 Taajamatulvat ja ilmastonmuutos31

#### 5.3 Case Rautatieaseman metrotunneli31

### 6 Huleveden laatu32

#### 6.1 Kuormitus vesistöihin32

#### 6.2 Hulevesien vaikutukset ympäristöön33

### 7 Kiinteät hulevesijärjestelmät omakotitaloon34

#### 7.1 Hulevesisäiliö34

#### 7.2 Mihin talteen kerättyä vettä sitten käytettäisiin?38

### 8 Salaojien ja sadevesien asennusohje perämiehille ja putkiasentajille39

#### 8.1 Yleistä asennuksesta39

#### 8.2 Työvaiheet39

### 9 Yhteenveto46

### Lähteet47

## **Lyhenteet:**

JV: Jätevesi

KAM: kalliomurske, raekoon vaihteluväli 0–32 mm

KKH: Kaivinkone hydraulinen

KV: Käyttövesi

LVI: lämpövesi-ilma

PEM: Juomavesi hyväksytty paineputki

PVK: Perusvesikaivo

SV: Sadevesi

TK: Tarkastuskaivo

VJ: Vesijohto

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee hulevesijärjestelmiä ja esittelee tavat hallita ja johdattaa niitä muuttuvassa ympäristössä. Salaojat ovat vesimäärällisesti pieni mutta tärkeä osa kokonaisuutta, varsinkin rakennuksien ja teiden kuivatukselle, kun tarkastelee hulevesien kokonaislitramääriä. Katot, tiet, kadut, avo-ojat ja koko rakennettu ympäristö kerää talteen valtavan määrän vettä hulevesien runkoverkostoon, mistä ne lopulta päätyvät mereen, monesti puhdistamattomina.

Huleveden laatu tulee olemaan yhtenä osana tätä tutkimusta, koska se on olennainen osa pohdittaessa hulevesien kokonaiskuormitusta ympäristöön nähden ja mahdollista uudelleen käyttöä puhdistustekniikoiden alati kehittyessä. Teiden suolauksesta valumavesien mukana valuvat kloridit ovat yksi tällainen merkittävä tekijä, jolla on epäsuotuinen vaikutus ympäristöön. Huleveden laadun parantamiseen on kehitteillä uusia keinoja, näistä viimeisimpänä biosuodatus, jota tässä työssä myös sivutaan yhdessä muiden vaihtoehtojen kanssa.

Ensiksi määrittelen hulevedet yleisellä tasolla ja kerron mitä ne ovat. Sitten perehdyn hulevesien hallintajärjestelmiin, joihin kuuluvat vähentäminen, imeytys, johtaminen ja viivytys. Käyn läpi myös hulevesien yleistä lainsäädäntöä.

Salaojista ja sadevesistä, jotka yhdessä muodostavat putkitetut hulevedet, esittelen lyhyt asennuskortti liitteenä yhdessä sadevesilinjojen kanssa Maaco Oy:n putkiasentajien ja perämiesten käyttöön, joissa kerrotaan pääpiirteittäin, kuinka itse putkiarinat ja putket sijoitetaan järkevästi ja oikeaoppisesti samaan kaivantoon olemassa olevia määräyksiä noudattaen (Ryl ja RATU). Siinä selvitetään käytettävät materiaalit, työjärjestykset, kalusto ja tarvittavat työryhmät.

Pohdin myös, miten hulevettä voisi hyödyntää ja kierrättää tehokkaammin tulevaisuudessa ja esittelen mahdollisia tulevaisuuden ratkaisuja ja vaihtoehtoja,

sekä sen vaikutuksia nopeasti muuttuvan ympäristön kantokykyyn ja olemassa olevien hulevesijärjestelmien riittävyttä suhteessa muutoksen nopeuteen.

## **2 Mitä hulevedet ovat**

### **2.1 Miten hulevedet muodostuvat**

Hulevesi on sade- ja sulamisvesiä sekä rakennusten perustusten kuivatusvesiä. Hulevettä syntyy rakennetussa ympäristössä sateen tai lumen sulamisen seurauksena. Se virtaa maan pinnalla tai rakennuksen kattoja tai muita pintoja myöten. Hulevedet pyritään johtamaan hallitusti kiinteisiin kaivoihin, avo-ojiin tai imeyttämään takaisin luontoon. Rakennetussa ympäristössä joudutaan kuitenkin usein tyytymään kiinteään ratkaisuun, eli hulevedet johdetaan kiinteisiin kaivoihin, josta ne jatkavat matkaansa kaupungin sadevesiviemäriin. Salaojavedet kulkevat puolestaan perusvesikaivon (PVK) kautta samaan kaivoon, mistä sadevesikaivon/ kokoojakaivon poistoputki kaupungin viemäriin lähtee. Kaikki tämä rasittaa, varsinkin pääkaupunkiseudulla, jo ennestään tiukoilla olevaa sadevesiputkiston runkoputki-verkostoa.

### **2.2 Hulevesien muodostuminen**

Hulevesivalunnan muodostumiseen vaikuttavat useat eri tekijät: sateen intensiteetti ja kesto, sadetapahtumaa edeltävän kuivan ajan pituus, maanpinnan kaltevuus ja maaperän ominaisuudet ja pinnoitettujen pintarakenteiden kuten, asfaltti, betonilaatoitukset ja kiviladokset, eli kaikki se, mitä päällystämme heikosti vettäläpäisevillä pinnoitteilla. Myös kaikki erilaisten rakennusten katot ovat osatätä kokonaisuutta. Tähän otetaan kantaa ja visioidaan mahdollista ratkaisua tulevaisuutta varten. Olennaisin tekijä on kesäsateiden aikana läpäisemättömän

pinnan osuus suhteessa järjestelmien kantokykyyn. Mitä enemmän alueella on läpäisemätöntä pintaa, sitä nopeammin ja runsaammin hulevedet synnyttävät pintavaluntaa, rakennusten katoista puhumattakaan. Siksi taajama-alueilla vallan ajalliset vaihtelut ovat selvästi luonnontilaisia alueita nopeammat ja voimakkaammat. [4. s,18.]

Maanpinnalta hulevedet johdetaan yleensä hulevesiviemäriin tai avo-ojiin, joiden kautta se yleensä päätyy mereen tai muuhun vesistöön [18]. Hulevettä syntyy erityisesti siellä, missä maan pinta on katettu asfaltilla tai kivetyksellä [14].

Hulevedet on johdettu aikoinaan samaan viemäriputkeen kuin jätevedet ja näin ollen kaupunkien vanhoissa viemäriverkostoissa virtaakin edelleen sekaisin hulevettä ja jätevettä. Uusille asuinalueille on kuitenkin rakennettu erilliset jäte- ja hulevesiverkostot. [13.] Enää ei myöskään ole sallittua johtaa hulevettä jätevesiviemäriin. Näin on saatu vähennettyä jäteveden puhdistamoiden vesikuormaa ja vähennetty tulvimista.

### 2.3 Rakennetun ympäristön vaikutukset

Veden kiertokulku jaetaan neljään osaan: sadantaan, valuntaan, haihduntaan ja infiltraatioon eli suotautumiseen maaperään. Veden luonnollisessa kiertokulussa sadevedet imeytyvät maaperään suodattuen ajan kuluessa pohjavedeksi. Osa vesistä kulkeutuu pintavalumana lähimpiin vesistöihin haihtuen lopulta ilmakehään. [4 s,18.]

On todettu, että taajama-alueilla sataa enemmän vettä ja haihtuu vähemmän. Siellä on myös enemmän vettä läpäisemätöntä pintaa kuin luonnossa. Nämä koostuvat ihmisen rakentamasta ympäristöstä kuten teistä, parkkialueista, rakennuksien katoista, jotka ovat monesti yli puolet taajaman pinta-alasta. Luonnollinen yhteys maanpinnan ja pohjavesien suhteen on siis vettä

läpäisemättömillä pinnoilla lähestulkoon poikki kokonaan. Pientä valumaa maaperään kuitenkin tapahtuu esimerkiksi asfaltin murtumien ja rakojen kautta ja kiveyksien saumojen lävitse ajan kuluessa.

Juuri tämän asian takia tarvitsemme useampia erilaisia ratkaisuja ja ennen kaikkea luovia keinoja puhdistaa ja kierrättää vettä huomattavasti nykyistä tehokkaammin. Yksi tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuoda niitä esille ja esitellä muutamia vaihtoehtoja näistä tarkemmin, eritoten omakoti-, rivi-, pienkerrostaloasujalle ja visioida voisiko hulevesiä puhdistaa tulevaisuudessa niin hyvin, että sitä olisi mahdollista tehdä isommissakin kiinteistöissä ja voisiko se helpottaa tulevaisuuden vesikriisejä edes jollain tapaa. Maanviljelyssä ja ruuan tuotannossa olisi potentiaalia käyttää tätä ongelmaa hyödyksi.

Veden luontaisen kiertokulun ohella taajamissa on vesihuoltoon liittyvä veden kiertokulku. Nämä kaksi sekoittuvat toisiinsa useilla tavoilla, merkittävimmin sekaviemäroinnissä. [4 s,18.] Sekaviemärointi alkaa onneksi olla pikkuhiljaa katoava muinaisjäännös, koska jokaisen kiinteistöremontin yhteydessä ne yleensä, uusitaan jätevesiviemäriksi (JV), sekä sadevesiviemäriksi (SV), johon salaoja tarkastuskaivon (TK) kautta umpiputkella liitetään. Toki useimmiten välissä on vielä perusvesikaivo (PVK).

## 2.4 Hulevesien vähentäminen

Yksi takuuvarma ratkaisu on vähentää hulevettä jo synnyinpaikalla jättämällä esimerkiksi piha tai parkkialue päällystämättä, jotta sadevesi imeytyy maahan, eikä sitä tarvitse johtaa pois [13]. Tämä harvoin käytännössä kylläkään toteutuu, eikä näin ollen ole realistinen vaihtoehto, sillä kaupungeissa alueet yleensä järjestäen pinnoitetaan ja silloin muut ratkaisut ovat oleellisessa osassa hulevesien tehokasta hallintaa. Aina ei voida rakentaa kosteikkaa tai valuma-allasta laulavina lintuineen vaan pitäisi tehdä rakennus, tiet rakennukselle, parkkipaikat

ja leikkialueet lapsille, sekä saada mahdutettua tasapuoliset urheilumahdollisuudet tähän kokonaisuuteen.

Yleensä noin kaksi kolmasosaa taajama-alueiden läpäisemättömistä pinnoista koostuu kaduista ja väylistä sekä parkkialueista, jotka ovat suoraan kytkettynä alueen hulevesi- tai sekaviemärointiin. Varsinkin pääkaupungissamme Helsingissä tämä on merkittävä ongelma, joita toki muutetaan remonttien yhteydessä mahdollisuuksien mukaan siten, että hulevedet ja jätevesiviemärointi muutetaan niin, että ne ohjataan omiin putkistoihinsa.

Kaikilla läpäisemättömillä pinnoilla ei kuitenkaan aiheudu pintavaluntaa, sillä vesi voi päätyä ympärillä oleville läpäiseville alueilla ja imeytyä maahan. Suomalaisilla alueilla välitöntä pintavaluntaa tuottava tehoisa osuus on tyypillisesti 50–80 % läpäisemättömästä pinnasta. [4. s, 20–21.]

Hulevedet vaikuttavat ympäristöön kahdella eri tavalla. Ensiksi niiden sisältämät haitta-aineet heikentävät purkuvesistöjen ja pohjavesien laatua sekä toiseksi ne voivat aiheuttaa tulvia kaduilla, pihilla ja viemäriverkostossa sekä purkuvesistöissään. [4. s,21.]

Päällystettyjen pintojen lisääntyminen ja yleistyneet rankkasateet voivat panna järjestelmät kovalle ja siksi niihin on syytä kiinnittää yhä enemmän huomiota ja miettiä uusia ratkaisuja. Tässä opinnäytetyössä pohdinkin mahdollisuuksia, miten hulevesiä voisi hyödyntää tässä muuttuvassa ympäristössä ja esittelen joitakin mahdollisia vaihtoehtoja.

### 3 Lainsäädäntö ja vastuut

#### 3.1 Vastuualueet

Pääkaupunkiseudun alueella ympäristöpalveluiden hulevesien hallinta ja vastuukysymykset on jaoteltu seuraavasti:

Kaupungit vastaavat hulevesien hallinnasta omalla alueellaan. Tämä tarkoittaa hulevesiohjelman laatimista sekä katujen kuivauksesta ja tulvareiteistä huolehtimista. Kaupunkien vastuulla on myös kunnan hulevesijärjestelmän rakentaminen ja kunnossapito. Tähän kuuluvat mm. avo-ojat ja viivytyrakenteet. Kaupungin vastuulla on erikseen määritellyillä huleveden viemäröintialueella huleveden runkoviemäriverkoston rakentaminen ja kunnossapito.

Kiinteistön omistaja tai haltija vastaa rakennuksen kuivatuksesta ja kiinteistöllä muodostuvien hulevesien hallinnasta. Hulevettä voidaan imeyttää, viivyttää sekä johtaa hallitusti kaupungin tai kunnan viemäriverkoston tai hulevesijärjestelmään. Kiinteistön tulee liittyä hulevesiviemäriin, jos se sijaitsee huleveden viemäröintialueella. Kiinteistöissä omistaja tai haltija on puolestaan vastuussa rakennuksen hulevesijärjestelmästä ja sen toimivuudesta kaupungin sadevesiviemäriin asti. [4. s, 26.]

#### 3.2 Lainsäädäntö

Hulevesien kokonaishallintaa koskeva lainsäädäntö sisältyy maankäyttö- ja rakennuslakiin.

Lain tavoitteena on parantaa hulevesien hallintaa ilmastonmuutoksen voimistuksessa ja päällystettyjen pintojen määrän kasvaessa yhteiskunnissa. Säännöksissä määrätään selkeästi, että vastuu hulevesien hallinnan järjestämisestä asemakaava-alueella kuuluu kunnalle.

Lain 103 i §:n mukaan kunnan tulee huolehtia siitä, että ryhdytään tarvittaessa toimenpiteisiin kunnan hulevesijärjestelmän ja vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkoston toteuttamiseksi tai hulevesien hallitsemiseksi muulla tavoin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kunnalla on oikeus periä maksuja kiinteistön omistajilta tai haltijoilta erinäisten hulevesijärjestelmäkustannusten kattamiseksi. Sillä on oikeus myös tarvittaessa laatia hulevesisuunnitelma erillisine hulevesijärjestelmäratkaisuineen (MRL 103 i §). Kunta voi määrätä toimielimen, joka voi antaa tarkempia määräyksiä hulevesien hallinnasta eli koskien hulevesien määrää, laatua, maahan imeyttämistä, viivyttämistä ja tarkkailua sekä hulevesien käsittelyä kiinteistöllä, kiinteistön hulevesijärjestelmän liittämistä kunnan hulevesijärjestelmään tai muita hulevesien hallintaan liittyviä seikkoja, ellei yleis- tai asemakaavassa ole asiasta toisin määrätty (MRL 103 j §).

Lain tavoitteena on siirtyä hulevesien viemäroinnistä kattavaan hulevesien hallintaan, jossa hyödynnetään etenkin maanpäällisiä ratkaisuja ja imeytetään hulevesiä jo niiden kerääntymispaikalla.

Lakia perustellaan, sillä että kunnilla on parhaat edellytykset rakentaa tilaa vaativia hulevesijärjestelmiä ja antaa ohjeita kiinteistökohtaiseen hulevesien hallintaan. Tämä liittyy terveellisen ja turvallisen elinympäristön parantamiseen, mikä on yksi kaavoituksen tavoitteista. [1.]

Mielestäni yksittäisellä kunnan virkamiehellä on paljon toimivaltaa suhteessa kiinteistön omistajiin tai haltijoihin. Kyseinen laki voi hankaloittaa kiinteistön omistajien tai haltijoiden yksilöllisten ratkaisujen toteuttamista omalla alueellaan, kuten itsenäisten kiinteiden hulevesijärjestelmien rakentamista, joita käsittelen myöhemmin tässä opinnäytetyössä. Ympäristön muuttuessa nopeasti lainsäädäntö ei aina ole ajan tasalla, joten sitä olisi hyvä säännöllisesti kriittisesti tarkastella.

### 3.3 Tulvariskin hallinta

Vuonna 2010 astuivat voimaan laki (620/2010) ja asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010). Tulvariski-lainsäädännöllä toteutettiin vuonna 2007 voimaan tullut EU:n tulvadirektiivi (2007/60/EY). Kyseisen lain tarkoituksena on ennakoita ja vähentää tulvariskejä sekä lieventää tulvavahinkoja edistämällä niihin varautumista.

Lain ja asetuksen tavoitteena on sovittaa yhteen tulvariskien hallinta ja vesistö-alueiden hoito ottaen huomioon vesivarojen kestävä käyttö ja niiden suojeleminen. Laissa määritetään, että tulvariskien hallintaan sisältyvät tulvariskien alustava arviointi, tulvavaara- ja tulvariskikarttojen laatiminen sekä tulvariskien hallintasuunnitelmat. Lakia sovelletaan kaikkiin vesistöihin ja rannikkoalueisiin ja se koskee kaikkia tulvia lukuun ottamatta viemäreistä nousevia.

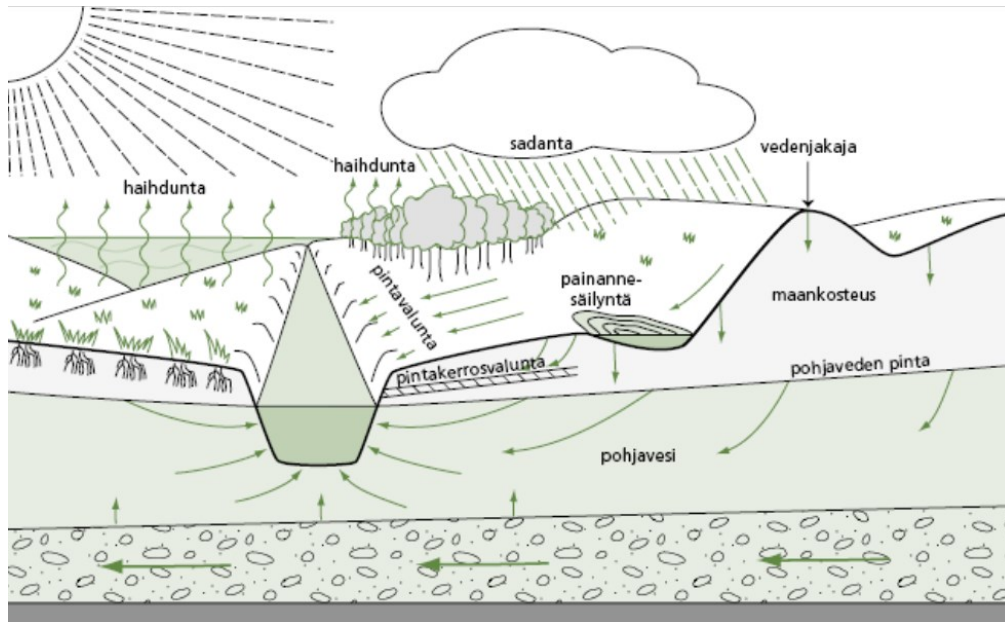
Kuntien vastuulla on hulevesitulvariskien hallinta. Niiden tulee tehdä alustava arviointi hulevesitulvista aiheutuvista tulvariskeistä ja määrittää merkittävät hulevesitulvien riskialueet sekä tehdä niitä varten tulvavaara- ja riskikartat. Merkittävillä riskialueella kuntien on lisäksi laadittava hulevesitulvariskien hallintasuunnitelmat. [2.]

## 4 Hulevesien hallintamenetelmät

### 4.1 Hydrologinen kierto

Hulevesien hallinta määritellään kokonaisvaltaisiksi ratkaisuuksi, joilla yritetään parantaa rakennettujen alueiden hydrologista kiertoa ja valunnan laatua rakentamista edeltänyttä tasoa vastaamaan. Päteviin ratkaisuihin päästykseen edellytetään riittävän laajaa, monesti valuma-alueelähtöistä tarkastelua. Toimenpiteet

on myös kohdistettava hulevesien syntypaikoista lopullisiin purkupisteisiin asti. [5. s 74.] Kuvassa 1 on havainne luonnollisesta vedenkiertokulusta.



Kuva 1. Veden kierto valuma-alueella. [5. s, 74.]

Hydrologinen kierto koostuu perussuureista, jotka ovat sadanta (P), haihdunta (E), valunta (Q) sekä eri muodoissa tapahtuva varastoituminen (S). Nämä kuvaavat vesimääriä pinta-ala-yksikköä kohden ja niiden yksikkönä käytetään millimetriä (mm). Lisämääränä käytetään tarkasteltavan jakson pituutta, joka tavallisimmin on vuorokausi (d), kuukausi (kk) tai vuosi (a). [5. s, 74.]

Hulevesien hallintamenetelmät luokitellaan niiden vähentämiseen, käsittelyyn, viivyttämiseen tai johtamiseen käytettäviin menetelmiin. Hulevesien muodostumista voidaan ehkäistä mm. käyttämällä läpäiseviä päällysteitä ja viherkattoja, joissa kasvillisuus käyttää ja haihduttaa vettä. Hulevesiä voidaan käsitellä viivyttämällä, imeyttämällä ja suodattamalla. Imeyttämiseen ja viivyttämiseen

perustuvilla menetelmillä voidaan estää tulvia kattavasti. Hulevesien johtamisessa olisi hyvä käyttää viemäriverkostojen sijasta avouomia. [4. s, 20.]

Oleellista hulevesien hallinnassa on kokonaisvaltainen suunnittelu, jonka avulla päästään yleensä parhaaseen lopputulokseen, jossa yhdistyy monet eri menetelmät ja toimenpiteet. Tapauskohtainen suunnittelu on näin avainasemassa, jossa huomioidaan käytettävissä oleva tila, alueen riskikohteet sekä laadulliset ja esteettiset tavoitteet. Ensisijainen toimi on hulevesien muodostumisen ehkäiseminen sekä vähentäminen. Toissijainen toimi on viivyttäminen ja hallittu johtaminen. Johtamista hulevesiverkoston tulisi siis välttää, jos muut keinot ovat mahdollisia, kuten tontilla varastoiminen tai käsittely. Avoin järjestelmä, kuten avo-ojat, painanteet ja kanaalit ovat suositeltavia, jotka eivät kuitenkaan kaikissa tapauksissa ole mahdollisia. Kaupunkien hulevesiverkostoihin perustuvia järjestelmiä ei näin ollen voida täysin korvata. Haasteena ovat etenkin jo rakennetut alueet, joiden muokkaaminen jälkikäteen on haastavaa. [4. s, 21.]

Mitkään järjestelmät eivät ole suunniteltu oikein rankoille sateille, joten kaikkia haittoja ei pystytä ehkäisemään. Näin ollen kaikkea hallintaa ei ole kannattavaa suorittaa hulevesien hallintamenetelmillä. On tärkeää muistaa, että myös tulva-reittien suunnittelu ja kunnossapito ovat keskeinen osa hulevesien hallintaa.

## 4.2 Hulevesien vähentäminen

Hulevesien vähentämisellä tarkoitetaan sen muodostumisen ehkäisemistä sekä jo muodostuneiden hulevesien määrän vähentämistä. Toimenpiteet voivat olla ei-rakenteellisia tai rakenteellisia. Hulevesien vähentämisellä hydrologista kiertoa voidaan ennallistaa rakentamista edeltänyttä tilaa vastaavaksi. Hulevesien muodostumista voidaan rajoittaa vain (ts. rakennettujen pintojen määrää pienentämällä), imeyttämällä muodostuneita hulevesiä tai haihduttamalla niitä. Kasvillisuuden avulla hulevesien kokonaismäärää pystytään vähentämään ja

hulevesiä siirtämään pintavalunnasta osaksi maa- ja pohjavettä tai ilmakehän vettä.

Ensisijaisen tärkeää hulevesien vähentämisessä ovat selkeät toimintatavat ja ohjeistukset sekä hyvä ja laadukas maankäytön suunnittelu. Tämä olisi oleellista ratkaista jo kaavoitusta tehtäessä. [4. s, 142.]

#### 4.2.1 Kasvillisuus ja hulevesikosteikot

Kasvit ja kasvillisuus ovat merkittävässä osassa hulevesien vähentämisestä, koska ne imevät ja hyödyntävät ja haihduttavat vettä. Ekosysteemi muokkaa maaperän koostumusta huokoisemmaksi ja paremmin vettä läpäiseväksi. Näin veden imeytyminen vähintään maaperän pintakerrokseen asti kasvaa merkittävästi verrattuna rakennettuihin maapintoihin. Maakerros on hyvä suodatin, johon hulevesien kiintoaines ja siihen sitoutuneet epäpuhtaudet rikastuvat. Maaperän mikrobiologisella toiminnalla on oleellinen merkitys hulevesien mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien ja ravinteiden poistamisessa ja muuttamisessa vaarattomaan muotoon. [4. s, 142.]

Kasvillisuus on keskeisessä roolissa viivytysohjeissa eli nk. biopidätys- ja suodatusalueilla sekä viherkatoissa. Kasvillisuus tehostaa myös kosteikkojen toimintaa.

Suomeen on tehty jonkin verran kosteikkoja hulevesien käsittelemiseksi. Näillä tarkoitetaan alueita, jotka ovat osittain tai kokonaan kasvillisuuden peittämiä, ja jotka ovat pysyvästi tai tilapäisesti veden peittämiä alueita. Näin voidaan viivyttää tai hidastaa hulevesiä, estää tulvia sekä parantaa huleveden laatua, sillä hulevesi ei ole täysin ongelmaton, koska siihen yleensä kertyy kaduilta likaa, kuten tiesuolaa, öljyä, raskasmetalleja ja eläinten jätöksiä. Hulevesikosteikoissa, puroissa ja lammikoissa nämä kiinteät hiukkaset laskeutuvat pohjalle ja lisäksi

kosteikkokasvillisuus sitoo ravinteita ja epäpuhtauksia. Tämän ns. kiintoaineksen mukana poistuvat vaarallisimmat haitta-aineet. Ne siis hidastavat huleveden kulkua vesistöihin. [4. s, 22.]

#### 4.2.2 Lämpäisevät päällysteet

Lämpäisevillä päällysteillä ehkäistään huleveden muodostumista. Ne vähentävät huleveden kokonaismäärää ja virtaamaa sekä lisäävät pohjaveden muodostumista. Lämpäisevä päällyste koostuu vettä lämpäisevästä pintakerroksesta ja sen alapuolisista karkeasta kiviaineksesta tehdyistä rakennekerroksista. Pintakerroksen lämpäisevä hulevesi varastoituu hetkellisesti karkean kiviaineksen huokostilaan, josta se imeytyy ympäröivään maaperään tai johdetaan eteenpäin salaojilla. Lämpäisevien päällysteiden käytössä on tärkeää ottaa huomioon hulevesien laatu. Tämä koskee kaikkea hulevesien imeyttämistä. Lämpäiseviä päällysteitä ei voi käyttää tai ne on suunniteltava tarkasti, jos hulevesien imeytyminen aiheuttaa riskin pohjaveden pilaantumiselle. Lämpäisevät päällysteet eivät juuri puhdistu hulevettä. Näin ne eivät sovellu teollisuusalueille, vilkkaasti liikennöidyille katu- ja tiealueille eivätkä muihin kohteisiin, joissa hulevedet voivat sisältää huomattavia määriä epäpuhtauksia tai kemikaalipäästöjen riski on olemassa. [4. s, 144.]

Lämpäisevänä päällysteenä voi toimia rei'itetyt betonilaatat, harvaan tehty kiveys tai lämpäisevä (avoin) asfaltti. On myös olemassa toisiinsa kytkettäviä muovisia kennorakenteita, jotka voidaan täyttää kiviaineksella tai nurmettaa. Kiviainekseksi soveltuu sepeli, sora tai singel eli luonnonsorasta seulottua raekooltaan pientä kiviainesta. Vettä varastoivan eli kantavan kerroksen huokostilavuuden täytyy olla riittävä mitoitusvesimäärälle. [4. s, 144.]

### 4.2.3 Imeyttäminen

Tämä menetelmä on suositeltavin, jos hulevesien synnyn estäminen ei ole mahdollista. Näin saadaan vähennettyä huleveden kokonaismäärää ja voidaan myös parhaiten vaikuttaa hulevesien laatuun ja puhdistaa niitä fysikaalisesti maakerrosten läpi imeyttäessä. Imeyttäminen ei kuitenkaan auta, jos tulvatilanne on paha, joka on huomioitava mietittäessä alueen tulvimista ja sademääriä. Imeyttämällä voidaan jossain tapauksissa pienentää hulevesiverkostojen kokoa, jos ne oikein suunniteltu. Imeytysjärjestelmiin voidaan yhdistää myös viivytystilavuutta ja näin parantaa hulevesiverkostojen riittävyttä.

On huomioitava maaperän rakenne ja sen vedenläpäisevyys, jotta imeyttämismenetelmää voidaan käyttää. Huonommin läpäisevään maaperään on parasta rakentaa salaojitus, jolloin osa hulevesistä imeytyy ja osa suodattuu.

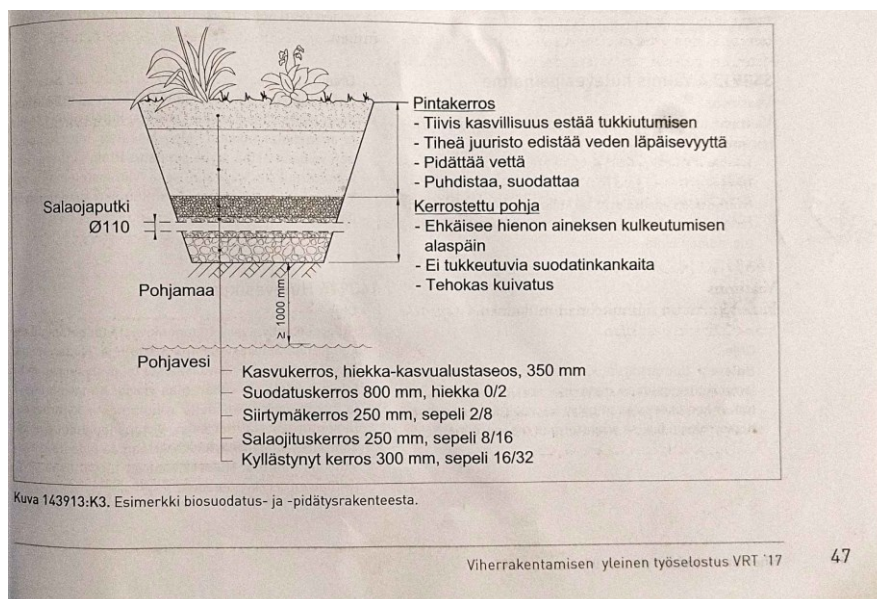
Imeytysrakenteita mietittäessä, erityisesti kaivantojen ollessa kyseessä, voi olla tarpeellista tehdä kiintoaineen esikäsittelyjärjestelmä, jotta imeytysrakenne ei tukkeudu. Tänä voi toimia tasausallas tai pintavalutuskaista, joka on kasvillisuuden peitossa. Tärkeää on muistaa, että suola ei poistu hulevesistä imeyttämällä ja näin ollen imeyttämistä ei voida käyttää pohjavesialueella, jos niihin on sekoittunut esimerkiksi tiesuolaa. Onnettomuusriskin takia pohjavesialueilla tarvitaan pääteiden varressa pohjavesisuojaus. Tämän päällä olevissa kerroksissa on syytä käyttää biosuodatusta, jolloin muuten puhdistetut suolavedet johdetaan alueen ulkopuolelle. Myös muun aineen kuin suolankäyttö liukkaiden torjunnassa mahdollistaa imeyttämismenetelmien käytön pohjavesialueella. Tällöin on kuitenkin huolehdittava, että imeytystä edeltävä viipymä on vähintään yksi vuorokausi onnettomuuksien varalta. [4. s, 146–147.]

En usko, että edellä mainittuja toimia välttämättä toteutetaan käytännössä niiden kustannusten vuoksi. Kustannustehokkainta on pääteiden varsissa johtaa hulevedet pois alueelta.

Imeytysjärjestelmistä yleisimmät ovat biosuodatus, imeytyskaivannot ja painanteet, jotka esittelen seuraavissa luvuissa. Eri imeytysmenetelmiä voidaan myös hajauttaa riippuen alueesta. Osassa tapauksista vesiä johdetaan vaan pieneltä alueelta ja toisessa tapauksessa saattaa virrata keskitetympin isomman alueen vesivirrat. Suunnittelu on tässä avainasemassa. On esimerkiksi tärkeää huomioida, että järjestelmien ja rakennusten välillä on riittävä etäisyys, jotta ei tule kosteus ongelmia ja rakennusten perustukset pysyvät kuivina.

#### 4.2.4 Biosuodatus

Biosuodatus on maailmalla käytetty hulevesien käsittelymenetelmä, jota Suomessa vielä käytetään melko harvoin. Sen ideana on suodattaa hulevedet maakerrosten läpi, jolloin vesi puhdistuu. Osa vedestä imeytyy maaperään, mutta tavallisesti suodattunut vesi kerätään salaojiin ja johdetaan eteenpäin. Biosuodatuksessa hulevettä ohjataan maanpinnalla olevaan painanteeseen suodattumaan. Voidaan puhua myös sadeputarhoista. [13. s, 3.] Kuvassa 2 on havainnekuva biosuodatus- ja pidätysrakenteesta.



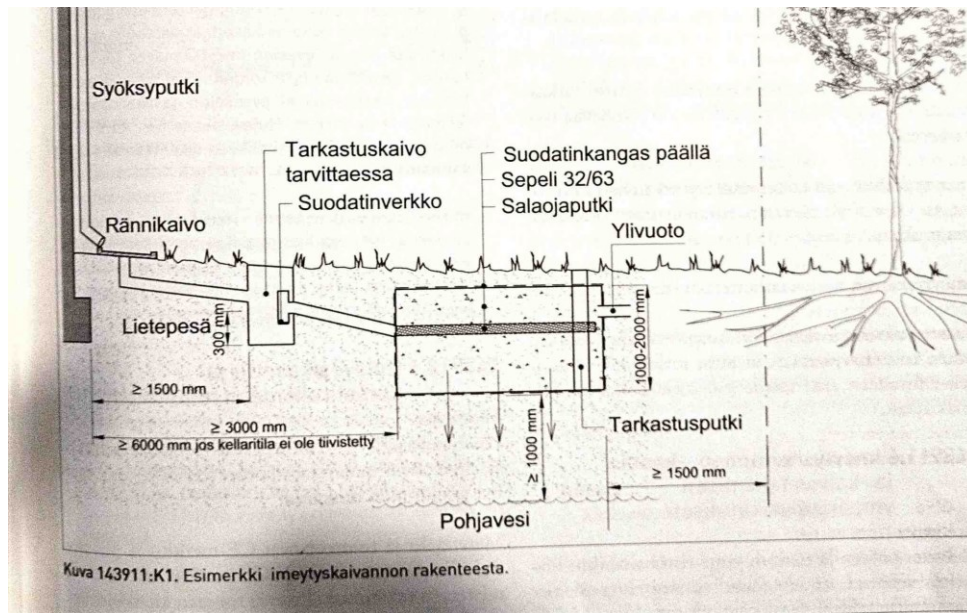
Kuva 2. Periaate leikkaus bio- ja pidätysrakenteesta [15. s, 47]

#### 4.2.5 Imeytyskaivanto

Imeytyskaivanto muodostuu karkeasta kiviaineksesta, johon ohjattu hulevesi varastoituu täytemateriaalin huokoisvesitilaan ja imeytyy pikkuhiljaa maaperään. Kaivanto on yleensä avoin ja hulevedet johdetaan siihen pintavaluntana. Joskus kaivannot voivat olla myös maan alla, jonne hulevedet johdetaan salaojituksella tai hulevesiviemäreillä. Tämä on kuitenkin aika hypoteettista Suomen ilmastollisissa olosuhteissa, jossa maaperä on roudassa suuren aikaa vuodesta. Kaikki nämä kaivannot tulee tarvittaessa varustaa hulevesien esikäsittelyllä, jotta kiintoaines saadaan poistettua, eikä järjestelmä tukkeudu. Avoimien järjestelmien esikäsittelynä toimivat viherpainanteet, pintavalutuskaistat sekä viivytyjärjestelmät. Kiviaineksen sijaan voidaan käyttää myös keinotekoisia muovikennostoja tai muuta huokoista materiaalia. Nämä soveltuvat järjestelmiin, jotka on kytketty suurehkoihin maanalaisiin hulevesijärjestelmiin.

Imeytyskaivannot tulee aina eristää ympäröivästä maasta suodatinkankaalla ympäröivien maalajien ja niiden sekoittumisen varalta. Näin on myös tehtävä avoimessa imeytyskaivannossa, jossa pintakerros tulee erottaa alemmasta kerroksesta suodatin kankaalla, jolloin alemmat kerrokset eivät tukkiudu. Suodatin kangasta valittaessa olisi huomioitava, että sen vedenläpäisykyky on sellainen, ettei se aiheuta lammikoitumista kaivannon pinnalle. Kankaat voivat kuitenkin tukkeutua ajan mittaan, joten niiden säännöllisestä kunnossapidosta on huolehdittava. Kankaat voidaan myös korvata siirtymäkerroksella.

Imeytyskaivannon tulee sisältää tarkastusputki, jonka avulla kaivannon vedenpintaa voidaan seurata. Joskus tarvitaan myös salaojitus, jos ympäröivän maaperän läpäisykyky ei riitä. Tällöin alle on jätävä tarpeeksi tilaa imeytettävälle vedelle. Myös ylivuotoreitistä on huolehdittava avoimissa kaivannoissa [4. s, 148.]. Kuvassa 3 on esitetty hulevesikaivannon rakenne.



Kuva 3. Periaateleikkaus hulevesikaivannosta. [15. s, 38.]

Imeytysjärjestelmiä suunniteltaessa on tärkeää huomata, että imeytyksen mitoitusalue on yleensä pienempi kuin muilla hulevesien hallintamenetelmillä. Tämä johtuu siitä, että luonnontilaisillakin alueilla muodostuu poikkeuksellisten sateiden aikana pintavaluntaa eikä koko vesimäärä imeydy pohjavedeksi.

### 4.3 Mitoitus

Järjestelmät pitää mitoittaa niin, että imeytettävä vesimäärä mahtuu joko rakenteen täytemateriaalin huokostilaan (kaivannot) tai maanpäälliseen viivytystilaan (painanteet). Jos järjestelmällä on tarkoitus lisäksi viivyttää vettä enemmän kuin imeytymistä tapahtuu, täytyy tilavuutta kasvattaa. [4. s, 155.]

Imeytyspainanteet mitoitetaan tavalla, jossa lammikoitumistilan tulee olla riittävä mitoitusvesimäärän varastoimiseen. Jos painanteella pyritään myös hulevesien määrälliseen hallintaan, täytyy lammikoitumistila mitoittaa suuremmaksi kuin

ainoastaan hulevesien laadulliseen hallintaan ja imeytykseen tarkoitetulla painanteella. [4. s, 156.]

#### 4.4 Hulevesien johtaminen

Hulevesien johtamisjärjestelmät koostuvat rakenteista, joilla hulevesiä kootaan ja johdetaan hallitusti käsiteltäviksi tai pois kuivatettavalta alueelta. Menetelmiä on kahdenlaisia: pinta- ja putkijärjestelmiä. Pintajohtamisen menetelmät ovat avo-ojat, purot, viherpainanteet, kourut, kanavat yms., jotka perustuvat avouomavirtaukseen veden kuljettamisessa. Putkijärjestelmät koostuvat hulevesiviemäreistä ja salaojista, jotka ovat pitkään olleet vallitsevana johtamismenetelmänä rakennetuilla alueilla. [4. s, 156.]

Pintajohtamisessa pyritään hidastamaan huleveden kulkua niin, että virtaama hidastuu ja epäpuhtauksien laskeutuminen ja imeytyminen mahdollistuu. Tätä on mahdollista tehostaa hulevesireiteille sijoitettavalla kasvillisuudella, pienellä pituuskaltevuudella ja riittävällä pituudella. Hulevesien määrällisessä ja laadullisessa hallinnassa soveltuvin tapa on ns. avoin kuivatusjärjestelmä, joka koostuu painanteista, avo-ojista ja tarvittavilta osin rummuista ja hulevesiviemäri-osuuksista. [4. s, 156.]

##### 4.4.1 Avo-ojat

Avo-ojat voivat olla syviä ja jyrkkäluiskaisia, johon voidaan johtaa myös salaojavesiä ja näin kuivattaa ympäristön rakenteita. Hulevesien johtamiseen maantiejään on aina saatava tienpitäjän lupa. Salaojavedet voivat talvisin aiheuttaa paannejäää, joka voi johtaa rummun jäätymiseen ja veden tulvimiseen tielle. Paannejää on puro- tai pohjavedestä muodostunut aiemman jäänpinnalle kerroksittain kertyvä, useimmiten kyhmyinen jäämuodostuma.

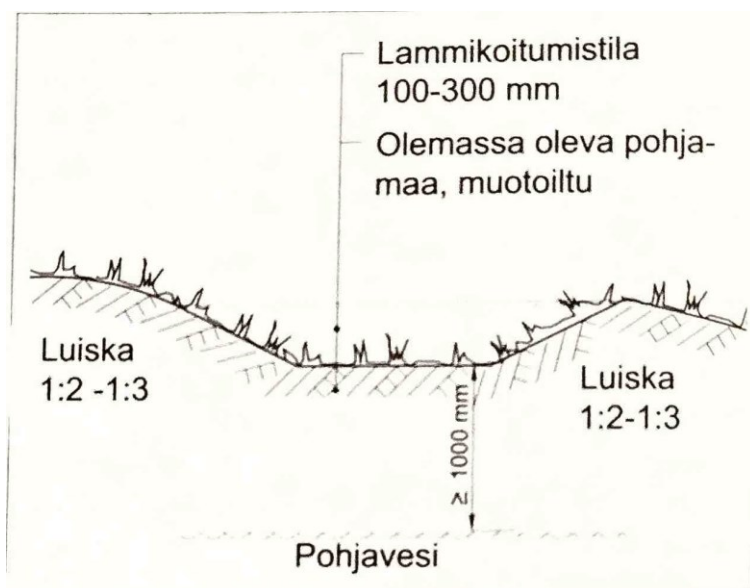
Ojan syvyyttä, viettoa ja muotoa vaihtelemalla voidaan korostaa haluttua toiminnallista ominaisuutta eli imeytystä, varastointia tai johtamista. Maaperä vaikuttaa siihen, kelpaako oja imeytykseen.

Avo-ojien kohdalla on pohdittava sitä, kuinka suuria vesimassoja niiden on tarkoitus kattaa. Jyrkkäluiskaiset ojat myös rumentavat kaupunkikuvaa ja voivat olla vaarallisia ja hankalia kunnossa pidettäviä. Niiden suurimpina haasteina ovat eroosio ja sortumat. Nämä johtuvat liian jyrkistä luiskista, puutteellisesta eroosiosuojauksesta sekä ojien kunnossapidon laiminlyönneistä. Ojien suunnittelussa tulisikin kiinnittää enemmän huomiota niiden ulkonäköön ja ekologiseen merkitykseen. Eroosiota voidaan taas ehkäistä ojien alhaisella pituus- ja luiskakaltevuudella. Eroosion hallinnassa on olennaista kiinnittää huomiota hulevesien viivytukseen ennen niiden johtamista avo-ojiin.

Syvät avo-ojat ovat viime aikoina vähentyneet, koska ojia on putkitettu ja alueiden kuivatus tapahtuu hulevesiviemäreillä. Tämä ei ole suotuisa kehityskulku, koska ojat myös viivyttävät ja tasaavat hulevesiä. Ojan tulvaherkkyys on myös pienempi kuin hulevesiviemärin. [4. s, 159.]

#### 4.4.2 Viherpainanne

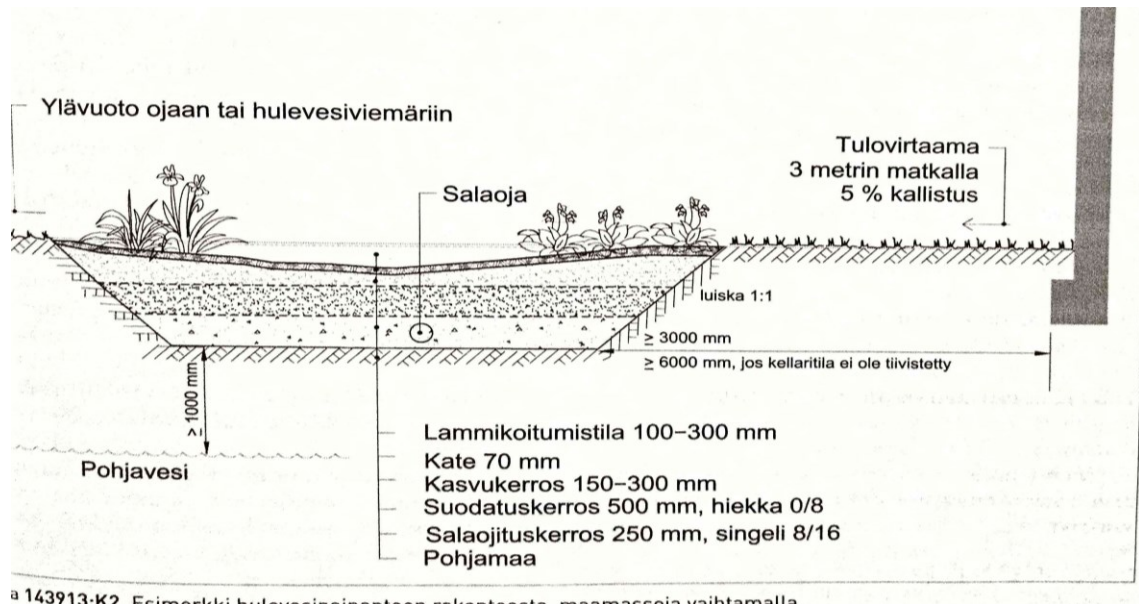
Viherpainanteiden ajatus on osittain sama kuin avo-ojissa, mutta ne ovat rakenteeltaan kuitenkin jokseenkin erilaisia. Niiden on tarkoitus olla matalia, loivaluiskaisia ja kauttaaltaan nurmetettuja tai muuten verhoiltuja. Niihin voi liittyä runsaasti kasvillisuutta, kiveyksiä tms. Ne eivät myöskään mataluutensa vuoksi sovellu alueiden kuivatukseen, kuten avo-ojat. Ne on tarkoitettu ensisijaisesti pintavalunnan johtamiseen, mutta niillä voidaan myös käsitellä hulevesiä imeytyksen, suodatuksen tai viivytyksen kautta. [4. s, 159.] Kuvassa 4 on esitetty hulevesipainanteen rakenne maastoon muotoiltuna [15. s, 46].



Kuva 4. Periaateleikkaus maastonmuotoja hyödyntävästä painanteesta. [15. s, 46.]

#### 4.4.3 Katualueen painanne

Tie- ja katualueen painanteet on mahdollista toteuttaa suodattavina rakenteina. Näin voidaan parantaa hulevesien laatua muodostumisalueen välittömässä läheisyydessä maaperästä riippumatta. Painanteen pituuskaltevuuden olisi suositeltavaa olla 1–3 % ja enintään 5 %. Leveys voi vaihdella suuresti riippuen sen käyttötarkoituksesta. Painanteisiin voidaan rakentaa pohjapatoja tai syvennyksiä huleveden viivytystarkoituksiin. Maapadot ovat alttiita eroosiolle, joten niitä käytettäessä ainakin kynnyskohtien on kestettävä veden virtausta ja ne ovat suositeltavaa varustaa purkuputkella tai aukolla, jota pitkin viivytetty vesimäärä voi poistua. [4. s, 159.] Kuvassa 5 on esimerkkikuva hulevesipainanteen rakenteesta maamassoja vaihtamalla. [15. s, 49.]

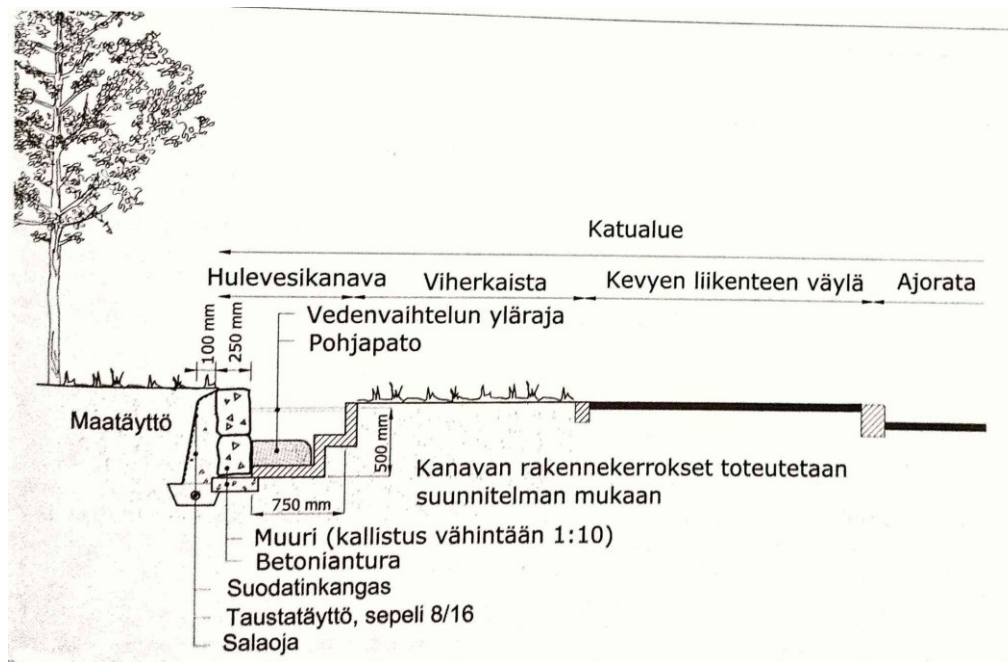


Kuva 5. Periaateleikkaus hulevesipainanteesta. [15. s, 49.]

#### 4.4.4 Rakennetut kanavat ja uomat

Rakennetut kanavat ovat linjoiltaan suoraviivaisia usein betonista tai kivistä rakennettuja hulevesien johtamisreittejä, joiden leveys voi vaihdella suuresti muutamista sentteistä useisiin metreihin. Reunat ovat jyrkkäluiskaisia tai pystysuoria. Rakenteen takia kanavat eivät läpäise vettä, mutta hulevesiä voidaan kuitenkin viivytellä niissä patorakenteen avulla. Jos vettä halutaan viivytellä ja imeyttää kanavissa, niin niiden yhteyteen on rakennettava erillisiä viivytys ja imeytysalueita, jonne voidaan ohjata vettä esimerkiksi tietyn vesisyvyyden ylittymisen jälkeen.

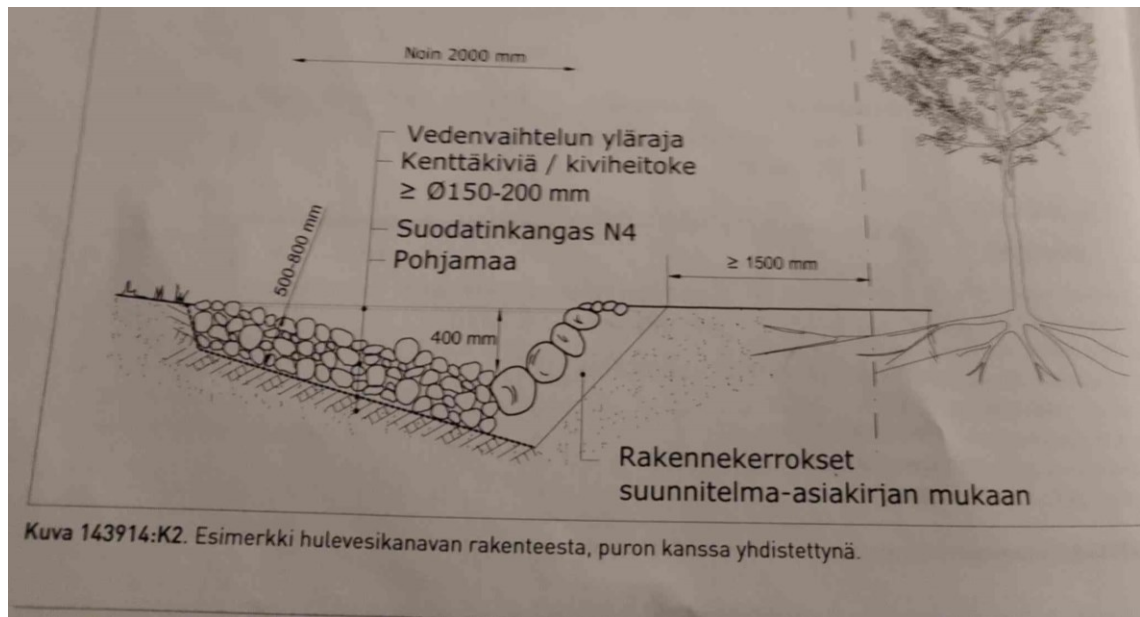
Kuvassa 6 on esitelty esimerkki hulevesikanavan rakenteesta taajama-alueella, katualueen reunassa, jossa kaato on suunnattu kadun pinnantasaus suunnitelman mukaisesti. [15. s, 49.]



Kuva 6. Periaateleikkaus hulevesikanavasta taajamassa. [15. s, 49.]

Rakennetut uomat ovat luonnonmukaisenkaltaisia avouomia. Ne voivat olla varta vasten kaivettuja tai muotoilemalla ja linjausta parantamalla rakennettuja avo-ojia. Ne ovat usein mutkittelevia ja niihin liittyy monesti levennyksiä, lampia, tulvatasanteita sekä runsasta kasvillisuutta. Niitä reunustetaan usein kiveyksillä tai kasvillisuudesta muotoilulla luiskaverhoilulla.

Nämä soveltuvat yleensä hulevesien pääpurkureiteiksi virkistysalueilla. Mutkittelevuutensa ansiosta ne viivytävät hyvin hulevesiä sekä niiden tuntumaan on helppo tehdä rakennettuja kosteikkoalueita hulevesien käsittelyä tehostamaan. Uoman pituuskaltevuuden tulisi olla pieni, korkeintaan 1 %. Jyrkissä maastokohdissa on suotavaa käyttää pohjapatoja tai luonnonkiviä hidastamaan virtausnopeutta. Puistoissa ja keskusta-alueella kanavat ja uomat limittyvät yleensä toisiinsa. [4. s, 164.] Kuvassa 7 on esitetty hulevesikanavan rakenne puroon yhdistettynä [15. s, 50].



Kuva 7. Periaateleikkaus hulevesirakenteesta. [15. s, 50.]

#### 4.4.5 Kourut

Hulevesikourut ovat pintavesien johtamiseen käytettäviä betonisia tai kivistä valmistettuja matalia ja kapeita painanteita, jotka johtavat pieniä määriä hulevesiä. Ne soveltuvat hulevesien johtamiseen katoilta tai pysäköintialueilta viheralueille viivytettäväksi. Kourut voidaan varustaa ritiläkansilla, jolloin ne toimivat linjavesikouruina. Myös leveämmät, loivapiirteiset kourulaatat ovat yleisiä rakennustuotteita. Lisäksi niitä voidaan latoa luonnonkivistä tai betonikivistä sekä yhdistää laatoitettavaan alueeseen. [4. s, 168.]

#### 4.4.6 Tulvareitit

Tulvareitit ovat tärkeä osa hulevesien johtamisjärjestelmiä. Tulvareitit voivat koostua monesta eri hulevesien johtamismenetelmästä ja niiden suunnittelu on alueeseen vahvasti sidoksissa. Esimerkiksi kaupunkialueella usein turvautaan suurikokoisiin putki- ja kanavarakennelmiin, kun taas vähemmän

rakennetussa ympäristössä kourut ja painanteet ja reunakivetty ajorata voivat olla riittäviä.

Suurta tarvetta tulvareiteille esiintyy erityisesti imeyttävissä, suodattavissa ja hulevesiä erottavissa järjestelmissä, joita ei ole suunniteltu suurille virtaamille. Myös altaiden patorakenteissa olevat ylivuotoaukot tai reitit ovat tyypillisiä tulvareittejä, jotka ovat nimenomaan tehty kapasiteetin ylikuormittumisen varalle.

Tulvareittien suunnittelussa on otettava huomioon eroosiohaitat tulvareiteillä ja rantavyöhykkeillä sekä veden laadun heikkeneminen ja mahdolliset sortumat. Näiden haittojen takia tulvareittien purkamista suoraan vesistöihin tulisi välttää ja sen sijaan johtaa virtaamia erillisille tulva-alueille, joilla hulevesien määrää voidaan vähentää ja laatua parantaa. [4. s, 169.]

Huleveden pintajohtamisreitit mitoitetaan avouomavirtauksen mukaisesti käyttäen ns. Manningin kaavaa, jonka avulla selvitetään virtaaman, uoman muodon, pituuskaltevuuden sekä pintamateriaalista johtuvan vastuksen suhde [4. s, 170]. Alla on kuvattuna Manningin kaavan matemaattinen yhtälö.

$$V = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3}$$

V (m/s) virtausnopeus

n (S/m<sup>1/3</sup>) Manningin kerroin

R (m) Hydraulinen säde= poikkileikkaus m<sup>2</sup>/märkäpiiri (m)

S (-) Uoman pituuskaltevuus

## 4.5 Hulevesien viivyttäminen

Hulevesien viivytyksen menetelmillä tarkoitetaan rakenteita, joilla hulevesivirtaamaa hidastetaan ja pidätetään. Tarkoituksena on siis varastoida menetelmään johdettava hulevesi tietyksi aikaa ja vapauttaa se vähitellen tulovirtaaman loppumisen jälkeen. Viivytyksen menetelmät jaetaan kosteikkoihin, lammikoihin ja rakennettuihin altaisiin, joissa on pysyvä vesipinta sekä painanteisiin ja kaivantoihin, jotka kuivuvat sateiden välissä. [4. s, 173.]

Viivytyksjärjestelmillä voidaan tehokkaasti vähentää hulevesivirtaamaa järjestelmän alapuolisilla purkureiteillä ja näin vähentää tulvariskejä ja eroosiota. Näin pystytään parantamaan huleveden laatua, koska kiinteään ainekseen sitoutuvat epäpuhtaudet pääsevät laskeutumaan. Kasvillisuus lisää myös tätä vaikutusta, koska se sitoo myös ravinteita itseensä, joita huleveden mukana kulkee. Viivytyksjärjestelmien avulla hulevettä voidaan varastoida ja näin hyötykäyttää vaikka kasteluvetänä. [4. s, 173.]

### 4.5.1 Lammikot

Hulevesilammikot ovat hulevesien viivytykseen rakennettuja pienikokoisia lammikoita. Ne soveltuvat taajama-alueiden hulevesien hallintaan, kuten virkistysalueilla jo olemassa olevien ojien ja uomien yhteyteen tai läheisyyteen. Varsinaisten vesistöjen muutoksia tulee välttää, kuten patoamista. Vesilain vaatimukset tulee ottaa huomioon eikä esimerkiksi eliöiden vapaata kulkua saa estää. [4. s, 173.] Kuvassa 8 on hulevesilammikko taajama-alueella [11].



Kuva 8. Hulevesilammikosta Varilassa. [11.]

Lammikot tasaavat ja alentavat hulevesien virtausnopeutta ja vähentävät hulevesien epäpuhtauksia. Lammikon puhdistusteho on sidoksissa lasketukseen ja epäpuhtauksien sitoutumiseen kasvillisuuteen sekä bakteerien ja muiden mikro-organismien avulla tapahtuvaan epäpuhtauksien hajottamiseen. Sen puhdistusteho vaihtelee keskinertaisesta hyvään.

Hulevesilammikot toimivat alueellisina keskitettyinä hallintajärjestelminä, joihin vedet voidaan johtaa valuma-alueilta. Lammikot ovat vesisyvyydeltään melko suuria. Jotta altaassa olisi aina pysyvä vesipinta eli myös kuivina kausina, pitää pysyvän osan keskisyvyyden olla vähintään metrin luokkaa. Lammikon maksimisyvyys tulee olla alle 2,5 metriä, jotta kaivu- ja pengerrystöistä ei tule liian massiivisia.

Lammikoissa viivytystilavuutta ja purkautuvan veden määrää voidaan säädellä padolla tai juoksutusrakenteella. Pato on yleensä tiivistetystä savesta ja moreenista tehty pengeri, joka on verhoiltu kivillä. Siihen on liitetty ylivuotoreuna tai penkereen läpäisevä purkuputki tai purkukaivo. Huollon kannalta lammikon pohjaan on syytä rakentaa myös tyhjennysputki, jolla pysyvä vesi saadaan tarvittaessa tyhjennetyksi. [4. s, 173.]

Lammikon alkupäähän on syytä rakentaa tasausallas esikäsitteilyä varten, johon suuremmat kiintomäärät laskutuvat. Näin varsinaisen altaan liettyminen vähenee ja näin myös huollon tarve.

Tasausaltaan tilavuuden tulee olla 10–15 % lammikon mitoitustilavuudesta ja sen tulee olla tyhjennettävissä kaivinkoneella. Tasausallas erotetaan varsinaisesta lammikosta pohjapadolla. [4. s, 174.]

#### 4.5.2 Rakennetut altaat

Rakennetut altaat koostuvat täysin keinotekoisista vesialtaista, jotka on tarkoitettu hulevesien viivyttämiseen. Ne voivat olla tehty kivistä tai betonista tai muistuttaa lammikkoja. Altaissa pyritään säilyttämään pysyvä vesipinta eli ne on tehtävä vesitiiviiksi vuoraamalla pohja vettä läpäisemättömällä muovikalvolla, savikerroksella, bentoniittimatolla tai pohjan kivilaattaverhoilulla. Vesisyvyys altaissa on normaalisti matala eli vain joitakin kymmeniä senttimetrejä. Ne on varustettava ylivuotoreitillä tai tyhjennysputkella mahdollista huoltoa silmällä pitäen. [4. s, 174.]

#### 4.5.3 Kosteikot

Kosteikot ovat rakenteeltaan samankaltaisia kuin lammikot, mutta ne ovat yleensä vesisyvyydeltään matalampia, vain muutamia kymmeniä senttimetrejä,

ja niissä on monipuolisempaa kasvillisuutta. Kosteikko on alue, joka on suuren osan vuodesta veden peitossa ja muutenkin säilyy kosteana. Niiden tarkoitus on viivyttää ja puhdistaa hulevettä.

Kosteikoissa on tyypillisesti runsasta vesi ja kosteikkokasvillisuutta ja ne ovat pinnanmuodoiltaan vaihtelevia, joilla turvataan erityyppisten kasvien ja eliöiden kasvuympäristö, joka takaa mahdollisimman monipuolisen biologisen toiminnan. Ne on hyvä sijoittaa olemassa olevien pintavalunnan purkureittien yhteyteen ja maastopainanteisiin, joihin hulevedet ovat helposti johdettavissa. Luiskakaltevuuksien tulisi olla kosteikoissa 1:4 tai 1:5. Kannattaa myös ottaa huomioon, että ne vaativat tilaa, joten ne eivät ole soveliaita kaikkiin puistoihin. [4. s, 175.]

Kosteikon yksinkertaisin toteutus tapahtuu patoamalla avo-oja sen purku-uoman yhteyteen, jolloin veden pinta nousee kovalla sateella yli äyräiden ja muodostaa tulva-alueen. Kuivana aikana vesi poistuu padosta purkuputkea pitkin ja sitä on vaan kosteikon syvimmissä osissa. Purkurakenteet tulisi mitoittaa niin, että kosteikon viivytystilavuus tyhjenee viimeistään kahden vuorokauden kuluessa täyttymisestään. Padon rakenteet on tehtävä riittävän vahvaksi, jotta ne kestävät kovaakin ylivirtaamaa tiettyinä aikoina vuodesta.

Kosteikon alkupäähän on suositeltavaa toteuttaa tasausallas, joka on pinta-alaltaan noin 10–15 % koko kosteikon tilavuudesta, joka toimii kiintoaineksen laskeutumisalueena. Toinen syvemmän veden alue tulee sijaita kosteikon purkupäässä, joka toimii ns. lietealueena. Monesti toimivan kosteikon tai lammikon rakentaminen edellyttää kaivuutöitä, koska luonnontilaiset uomat ovat yleensä kapeita.

Kosteikon toimivuuden takaa se, että vesi jakaantuu tasaisesti koko alueelle eikä oikovirtauksia esiinny. Tärkeää on ottaa huomioon myös kasvillisuuden kehittymiseen ja kasvuun menevä aika, joka on vähintään yksi kasvukausi, jotta kosteikko kestää virtaaman vaikutuksen. [4. s, 175.]

#### 4.5.4 Viivytyispainanteet ja viivytyaskaivannot

Viivytyispainanteet ovat suhteessa ympäristöönsä alempana olevia alueita, joihin hulevesien on mahdollista lammikoitua. Ne eroavat imeytyspainanteista siinä, että viivytyispainanteissa imeytymistä ei ole tarkoitus tehostaa, eli niihin ei tehdä imeytys- ja varastointikerrosta.

Viivytyispainanteihin tulee rakentaa virtaaman säätelevät rakenteet, joka tyhjentää viivytystilavuuden noin parin vuorokauden välein. Tyhjeneminen tapahtuu purkuputkella, joka johtaa hulevesiviemäriin tai karkeasta maa-aineksesta tehdyn patorakenteen läpi suodattamalla. [4. s, 177.]

Viivytyaskaivannot koostuvat maanalaisista hulevesien viivyttämiseen tarkoitettuista rakenteista. Ne soveltuvat kohteisiin, joissa hulevesien viivyttäminen on tarpeellista, mutta tilaa maanpäällisille ratkaisuille ei ole. Tyypillisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi isojen automarkettien pihat.

Viivytyaskaivantoja voidaan verrata rakenteeltaan imeytyskaivantoihin. Niissä hulevettä ei ole tarkoitus imeyttää, joten niihin on tehtävä salaojitus ja purkuputki, joilla kaivanto voidaan tyhjentää vedestä. Viivytyaskaivannot ovat siis osa hulevesiviemäriverkostoa.

Maanpäälliset viivytyksen menetelmät mitoitetaan siten, että viivytystilalla on riittävä mitoitusvesimäärän varastoimiseen. Siinä on otettava huomioon, että hallintamenetelmän läpi on yleensä päästettävä tietty rakentamista edeltäneen tilanteen virtaama. [4. s, 177.]



Kuva 9. Hulevesikosteikon rakennustyöt. [10.]

Kuvassa 9 rakennetaan hulevesikosteikon pohjarakennetta Lappeenrannan Skinnarilaan vuonna 2013. Alue on 1.5 ha pinta-alaltaan ja sen keskivirtaama on 25 l/s. Kuvassa näkyvä kosteikko valmistui vuonna 2021 ja on nykyään osa suurempaa hulevesikosteikko kokonaisuutta. Samantapaisia kosteikkoja rakennettiin Lappeenrantaan 7 kappaletta vuosien 2011–2016 aikana. [10.]



Kuva 10. Valmis kosteikko muutama vuosi valmistumisesta. [10.]

## 5 Hulevesitulvat

### 5.1 Tulvariskit

Ilmaston muutoksen myötä kasvaviin tulvaongelmiin pyritään etsimään ratkaisuja. Kuntien vastuulla on hulevesitulva-alueiden nimeäminen. Tulvariskien merkittävyyttä arvioitaessa otetaan huomioon tulvan todennäköisyys sekä tulvasta aiheutuvat vahingolliset seuraukset ihmisten terveydelle ja turvallisuudelle, yhteiskunnan kannalta tärkeille toiminnoille, taloudelliselle toiminnalle, ympäristölle sekä kulttuuriperinnölle.

Jos kunnan alue on tulvariskialuetta, on sen laadittava tulvavaara- ja tulvariskikartat sekä tulvariskien hallintasuunnitelmat. Tämä prosessi toistuu kuuden vuoden välein, jotta riskien hallinnassa hyödynnettävä tieto olisi mahdollisimman tuoretta ja hallinta tehokasta. [19.]

## 5.2 Taajamatulvat ja ilmastonmuutos

Useiden arvioiden mukaan sadannat lisääntyvät Etelä-Suomessa 10–15 % vuosina 2071–2100 mennessä ja pohjoisosissa hieman enemmän. Lyhytkestoisten rankkasateiden määrän lisääntymistä on vaikeaa arvioida, mutta oletettavasti rankkasateiden vuodenaikaiserot tasoittuvat sateiden runsastuessa talvisin.

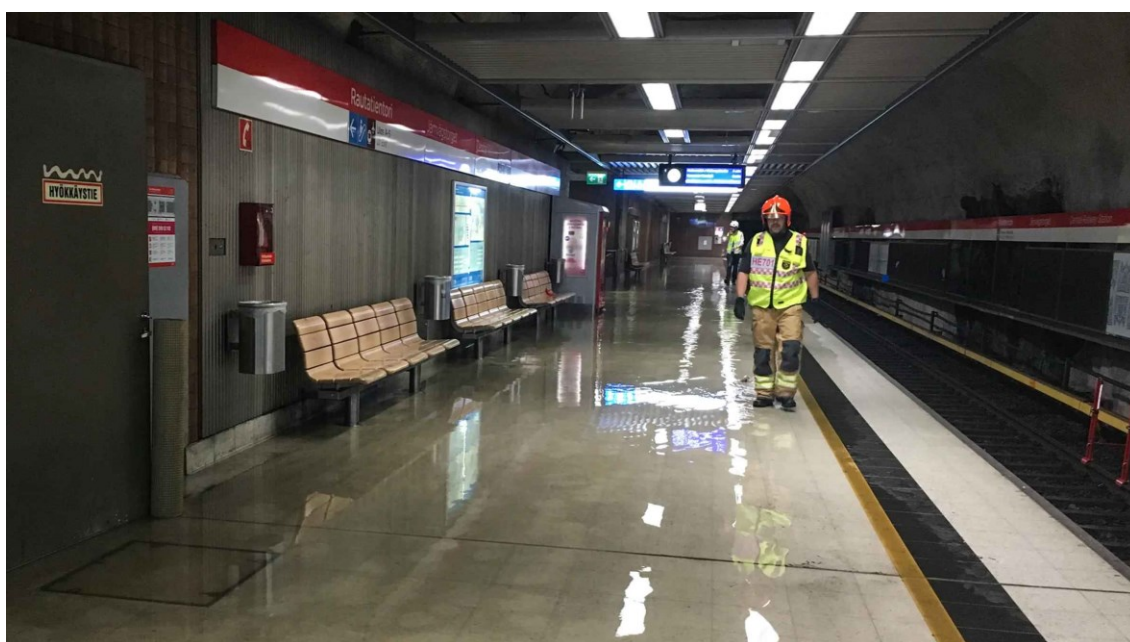
Etelä-Suomen talvet muuttuvat vähälumisimmiksi ja onkin havaittu mm. Vaasaan lumen maksimiviesiarvon puolittuneen kahdenkymmenen vuoden aikana.

Ensisijainen hulevesien lisääntymiseen ja taajamatulviin vaikuttava tekijä on kuitenkin rakentamisen aiheuttama valuntaolojen muutos. Suurimmat ongelmat ovat tiiviisti rakennetuilla keskusta-alueilla, joita ei voida ratkaista mitoitusta muuttamalla. Suurimpia hulevesivirtaamia ei ole kannattavaa hallita varsinaisilla hulevesien hallintamenetelmillä. Näin ollen on tulvareittien suunnittelu ja niiden ylläpito keskeinen osa hulevesien hallintaa. [4. s, 19.]

## 5.3 Case Rautatieaseman metrotunneli

Tulvareittien tarkoituksena on johtaa hulevedet hallitusti tilanteissa, joissa varsinaisen hulevesijärjestelmän mitoitusta on ylittynyt. Näin yritetään estää tulvimista riskikohteiden lähetyvillä ja johtaa vedet nopeasti pois purkuvesistöön tai turvallisemmalle tulvimisalueelle. Jos varsinaisia tulvareittejä ei ole suunniteltu, tulvivat hulevedet löytävät oman, usein ihmistoiminnan ja rakenteiden kannalta vahingollisen tulvareittinsä eteenpäin.

Näin tapahtui esimerkiksi 23.8.2019 Helsingin rautatieaseman metrotunnelissa, jonne valui rankkasateen aiheuttaman tulvan seurauksena runsaasti vettä. Tämän takia metron hissit vaurioituvat ja olivat poissa käytöstä yli puoli vuotta. Itse metroasema oli suljettuna viikonlopun ajan. Raju vesimäärä rikkoi Elielin aukion sijaitsevan sadevesiviemärin rakenteita, mikä aiheutti valtavien vesimassojen pääsemisen asematunneliin sekä Elielin aukion parkkihalliin. Tuhoihin ei osattu varautua, sillä sadevesiviemärin rakenteita ei osattu epäillä. Kuvassa 11 on näkymä tulvan jälkeen. [16.]



Kuva 11. Tulvatuhoja metrotunnelissa. [16.]

## 6 Huleveden laatu

### 6.1 Kuormitus vesistöihin

Biopohjaisilla ratkaisuilla ja yhdistämällä erilaisia puhdistusyksiköitä on saatu tyyppi ja raskasmetallipitoisuudet vähenemään jäte- ja valumavesistä pohjoisilla alueilla. Oulun yliopiston ja SYKEN yhteistyöprojektissa on yhdistelty mm. sammalaltaita, puuhakkeeseen lisättyä sienirihmastoja, bioreaktoreita ja kosteikkoja.

Kaivokset, jätevedet, hulevedet, maatalous ja turvetuotanto lisäävät typen- ja raskasmetallien määrää vesistöissä. Passiiviset vesienkäsittelymenetelmät eli kemikaalittomat menetelmät voivat olla kustannustehokas ratkaisu tai osaratkaisu vesien puhdistamiseen. [9.]

## 6.2 Hulevesien vaikutukset ympäristöön

Hulevesien vaikutus näkyy ympäristössä kahdenlaisesti. Ne saattavat aiheuttaa taajamatulvia tai tulvia purkuvesistöissä sekä niiden sisältämät haitalliset aineet voivat mahdollisesti kuormittaa vesistöjä ja heikentää purkuvesistöjen ja pohjaveden laatua.

Maan pinnalla esiintyvistä tulvista käytetään nimitystä taajamatulva. Siinä vettä kasautuu kaduille ja pihuille tai muille alueille hallitsemattomasti ja aiheuttaen vahinkoa.

Tulva voi esiintyä myös viemäriverkostossa, jolloin puhutaan viemäritulvasta. Silloin verkoston padotuskorkeus ylittyy. Näin vedet pääsevät viemärien kautta rakennuksiin tai tulvivat kaduille. Lämpisemättömien pintojen osuus taajama- ja viemäritulvien synnyssä on oleellinen. Myös pintavalunnan luontaisten varastoalueiden ja virtausreittien muuttuminen sekä hulevesijärjestelmän kapasiteetin riittämättömyys ja vajavainen kunnossapito sekä ilmastonmuutos vaikuttavat tähän. [4. s, 46.]

Purkuvesistöihin hulevedet voivat vaikuttaa haitallisesti. Ne voimistavat suurimpia virtaamia, joka voi lisätä vesistötulvia ja uomien ja rantojen eroosiota. Niiden mukana kulkeutuu erilaisia haitta-aineita heikentäen vesistöjen tilaa. Näin ollen vesistöt voivat liettyä, umpeen kasvaa ja rehevöityä, joka voi tuoda ekosysteemiin haitallisia aineita. Hulevesien aiheuttamat esteettiset haitat voivat heikentää vesistöjen virkistyskäyttöpotentiaalia.

Yleisimpiä haitta-aineita hulevesissä ovat kiintoaine, ravinteet, metallit, kloridit, erilaiset orgaaniset yhdisteet (mm. öljyt, rasvat, polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet) ja metyyliitertiäributyylieetteri MTBE), liukkauden torjunta-aineet ja kasvinsuojeluaineet. Hulevesissä havaitaan usein myös suolistoperäisiä bakteereja.

Hulevesien haittavaikutukset jaetaan akuutteihin ja kroonisiin. Akuutit vaikutukset ovat lyhytaikaisia ja ohimeneviä, kuten uimarantojen veden huono hygieeninen laatu sateiden jälkeen tai viemäreiden ylivuotojen aiheuttamat kalakuolemat. Krooniset vaikutukset sen sijaan näkyvät pitkällä aikavälillä ja johtuvat pikkuhiljaa kertyvästä kuormituksesta. Kroonisista vaikutuksista tavallisia ovat vesistöjen rehevöityminen, haitta-aineiden kertyminen pohjasedimentteihin tai pohjaveden pilaantuminen.

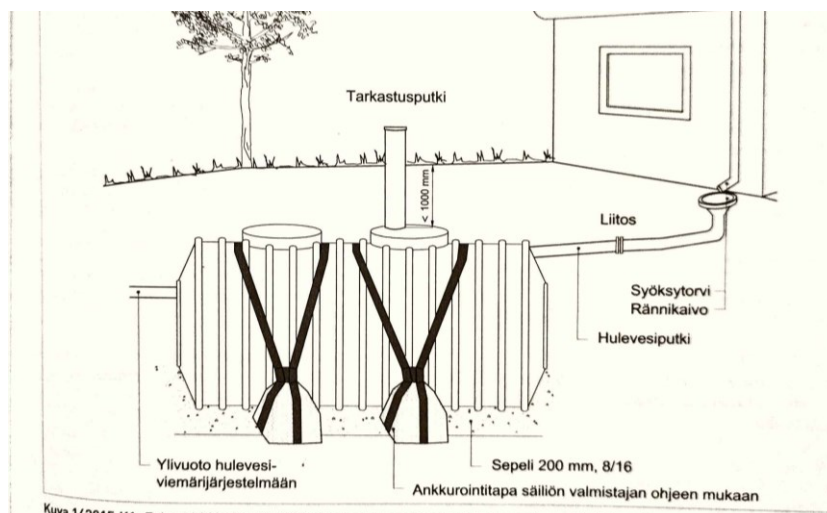
Tavoilla, joilla haitta-aineet esiintyvät hulevesissä, on suora vaikutus niistä aiheutuviin vesistövaikutuksiin. Kiintoaine ja siihen sitoutuneet haitta-aineet aiheuttavat yleensä kroonisia vaikutuksia. Tämä näkyy veden samenessena ja sen kertymisenä verkostoihin, hulevesien varastorakenteisiin ja vesistöihin. Fosfori ja monet metallit ovat usein sitoutuneina kiintoaineeseen. Liukoisessa muodossa olevat haitta-aineet sitä vastoin aiheuttavat monia akuutteja vaikutuksia. (4. s, 46.]

## **7 Kiinteät hulevesijärjestelmät omakotitaloon**

### **7.1 Hulevesisäiliö**

Perusajatuksena tässä järjestelmässä on johtaa kaikki valuvat vedet kiinteään säiliöön, mikä on tilavuudeltaan käyttötarkoitukseen sopiva. Yleensä tämä tarkoittaa mahdollisimman suurta säiliötä, mikä antaa liikkumavaraa veden uudelleen käytön suhteen. Tässä järjestelmässä niin salaoja- kuin sadevedet

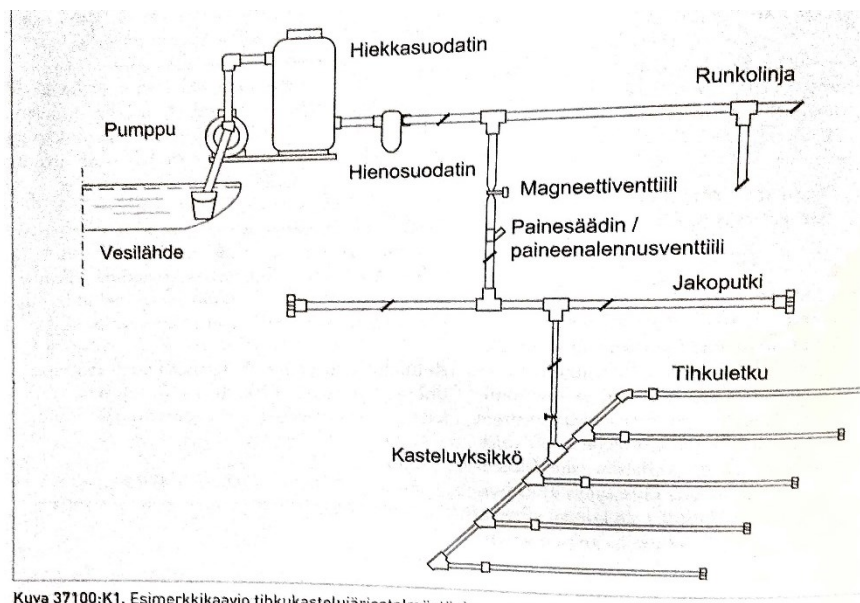
johdetaan samaan säiliöön ilman PVK:ta, kuten liittyessä kaupungin viemäriin. Tämä helpottaisi, varsinkin omakotitalorakentajaa, kun liittymiskorosta ei tarvitsisi välittää vaan kaiken voisi yhdistää vapaasti tontin sisäiseen yleissuunniteluun eli mihin korkeusasemaan tontin sisäiset sadevesi- / salaojaputket ja kaivot olisi yhdessä muuhun maahan asennettavan tekniikan kanssa järkevin asentaa määräyksiä unohtamatta. Tällöin myös kaikki putket voidaan asentaa riittävän syvälle, eikä eristystä näin ollen tarvita. Kuvassa 12 on esitetty hulevesisäiliön rakenne yhdistettynä kattovesien poistojärjestelmään.



Kuva 12. Kattovesien poistojärjestelmä. [15. s 51.]

Alla esitettyssä kuvassa 13 on esimerkkikaavio perinteisestä tihkukastelujärjestelmästä. Asiat voisi tehdä myös toisin. Tosin säiliön koko ja asema tulisi vaihtaa ylösalaisin, jos painovoimainen veden talteenotto ei onnistu. Suomi kuuluu valitettavasti tähän kategoriaan ja siksi meidän tulee myös toimia suunnannäyttäjinä tässä asiassa, vaikka meillä toistaiseksi makeaa vettä riittää kaikkiin elintärkeisiin toimintoihin.

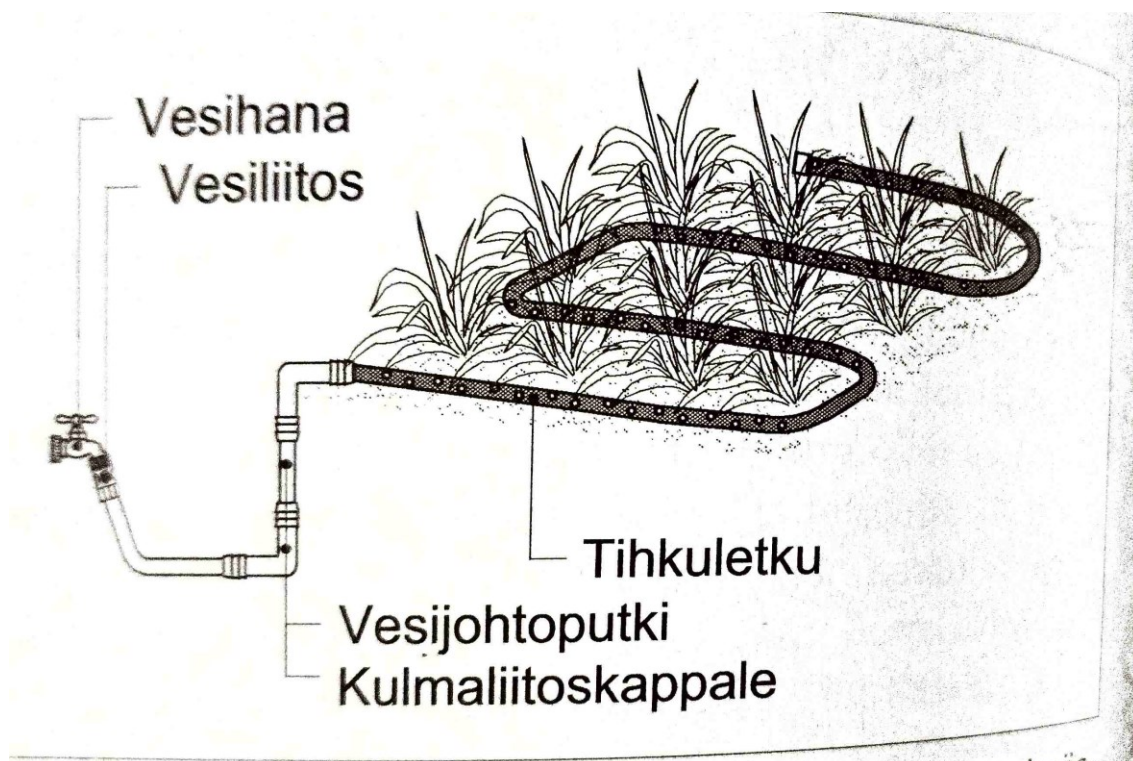
Joka tapauksessa, kun alla olevan kuvan kääntää ylösalaisin, niin että säiliö on vielä tarpeeksi suuri käyttötarpeisiin. Pumpun avulla voimme nosta säiliöön ker-tyvän veden katoilta ja pinnoitetuilta pinnoilta, sekä ottaa salaojavedet talteen haluttuihin, rakennuksen kannalta optimikorkeusasemiin. Kun alla olevaa kuvaa mieltii yllä olevien ajatusten höystämänä, voi saada paremmin käsityksen ide-asta eli jos käännämme kuvan ylösalaisin ja laskemme katon pinta-alan ja tontin pinnoitetut alueet, saamme jonkinlaisen käsityksen, siitä kuinka suuri säiliön tu- lisi olla, että se vastaa kiinteistön tarpeita ja kuinka paljon siitä on hyödynnettä- vissä.



Kuva 13. Tihkukastelujärjestelmä. [15. s, 156.]

Kuvassa 14 on esimerkki perinteisestä kastelujärjestelmästä. Tätä samaa me- kaniikkaa on mahdollista hyödyntää maanpinnalla asennettuna ennen kuorikat- teita, joilla ne yleensä naamioidaan ja näin kosteus sitoutuu maaperään eikä pääse haihtumaan yhtä voimakkaasti, koska kuorikate sitoo kosteutta.

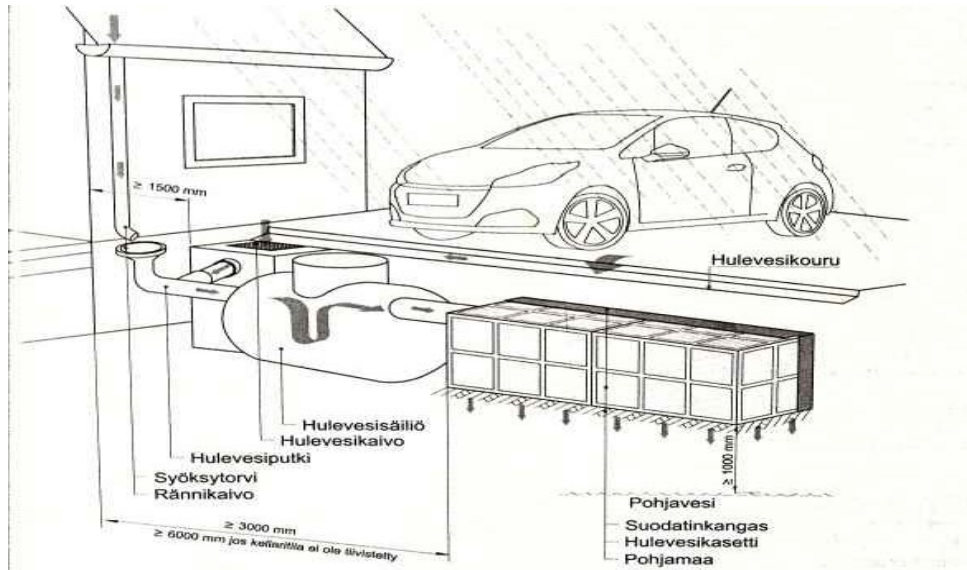
Kyseessä on myös esteettinen näkökulma, jolla saadaan se maastoutumaan istutuksiin.



Kuva 14. Perinteinen kastelujärjestelmä. [15. s, 156.]

Tällä hetkellä näemme sen lähinnä kasteluun hyödynnettävänä, mutta entä jos suodatustekniikkamme kehittyvät riittävästi tai jopa niin paljon, että voisimme käyttää kaiken sade- ja salaojavesistämme hyödyksi ja vaikuttaa positiivisella tavalla veden kiertokulkuun. Omakotitaloasukas säästää ainakin liittomaksuissa ja myös näyttää esimerkkiä muille, kuinka hän huolehtii koko ajan muutoksessa olevasta ympäristöstämme omalla esimerkillään vettä kierrättäen ja näin säästää luonnonvaroja. Kuvassa 15 on esimerkki hulevesirakenteesta yhdistettynä kattovesien poistojärjestelmään. Yksi vaihtoehto veden hyödyntämiselle tulevaisuudessa voisi olla vastaavanlainen järjestelmä, jossa säiliöön tulevaa vettä voitaisiin hyödyntää viheralueiden kasteluun kesäisin. Lisäksi kyseiseen

järjestelmään voitaisiin liittää koko salaojajärjestelmä kokooja-perusvesikaivoineen erillisellä tuloputkella PVK:sta umpisäiliöön.



Kuva 15. Kattovesien poistojärjestelmä. [15. s,157.]

## 7.2 Mihin talteen kerättyä vettä sitten käytettäisiin?

Ensimmäinen mieleen tuleva käyttökohde omakotitalorakentajalle olisi luontaisesti oma puutarha ja mahdollinen nurmikko istutuksineen. Tulevaisuudessa suodatustekniikan ja suodattimien kehittyessä saattaa olla mahdollista käyttää näitä vesiä huomattavasti nykyistä laajemmin. Tämän avulla olisi mahdollista olla edelläkävijä ja taas askeleen lähempänä Evergreen-rakennusta pientalorakentamisen puolella.

## **8 Salaojien ja sadevesien asennusohje perämiehille ja putki- asentajille**

### 8.1 Yleistä asennuksesta

Oikeaoppisen salaoja/sadevesipetien eli arinoiden tekeminen on periaatteessa helppoa ja laatuvaatimukset ovat tarkistettavissa aina kulloinkin voimassa olevasta Infra-Ryllistä [6], joka toimii yhdessä Ratu-kortiston [12] kanssa rakentajien raamattuna ja ovat tärkeässä asemassa silloin kuin laatuvaatimuksia tarkastellaan esimerkiksi riitatilanteissa.

Näistä ohjeistuksista löytyy vastaukset minimikaltevuuksista peittosyvyyksiin sijoittelua unohtamatta. Ne on kaikkien kyseisiä töitä tekeviä tai valvovia tärkeää tietää, ettei ainakaan tietoisesti toimi tai anna toimia niitä vastaan, koska silloin joutuu usein maksumieheksi.

### 8.2 Työvaiheet

Yksinkertaisuudessaan SO- tai SV-arinan teko kulkee seuraavasti:

1. Tarkistetaan kaivojen korot tasolaserilla, jos ovat olemassa olevia muuten, ne asennetaan tasolaserin avulla suunnitelmien mukaisiin korkeusasemiin. Kuvassa 16 on olemassa olevien putkikorkojen tarkistus meneillään.
2. Kaivetaan LVI-asemakuvan mukaisten korkoasemien mukainen kaivanto vesijuoksun alapuolelle 15–30 cm riippuen pohjamaasta.



Kuva 16. Kuvassa jätevesi, hulevesi ja vesijohtoliitokset [8.]

Kuvassa 17 näkyvässä kaivannossa on jouduttu kaivamaan vesijohdon takia routarajan alapuolelle eli 2.4 metriin, joka on huomattavasti syvemällä kuin hulevesien poistoputkien LVI-asemakuvassa ilmoitettu korkeusasema eli vesijuoksu (VJ).



Kuva 17. Vesijohtokaivanto [8.]

3. Levitetään suodatinkangas, joka näkyy yllä olevassa kuvassa olosuhteet huomioiden. Tässä tapauksessa syynä oli aikainen kevät (Hyvinkää, Kytäjä) ja ympärillä isot valuma-alueet, jotka tuottivat haasteita niin kaivannon kuivana pidon kuin arinan pohjan, eli savimaan pitäminen häiriintymättömänä.

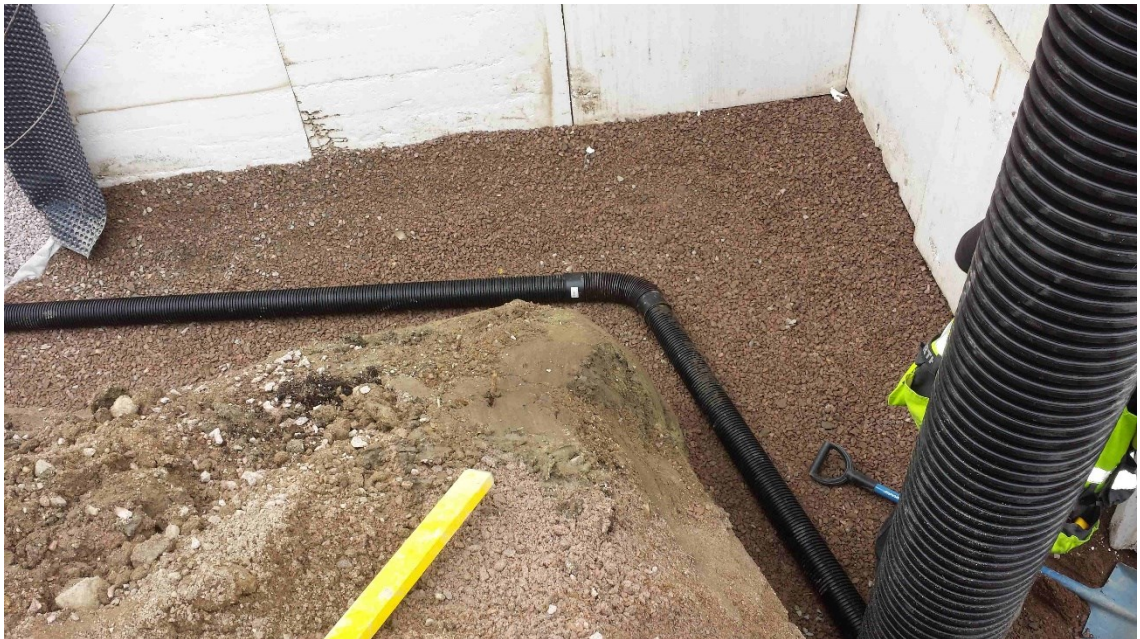
Tämän jälkeen kaivinkoneella (KKH) levitetään murskepohja perämiehen ohjeiden mukaisesti ja lopputasaus suoritetaan henkilötyönä työntökolalla tai piikkiharavalla, sekä tietenkin lapiolla, jos kyse on umpinaisesta hulevesien poistoputkesta, kuten alla olevassa kuvassa on kysymys.

4. Tehdään arina nykyään aina pohjaolosuhteista ja suunnitelmista riippuen joko 5–16 mm tai 6–32 mm sepelistä kapilaarikatkon korkeuden ollessaan minimissään 0,2 m putkiarinan pohjasta. [6. s, 140.] Ennen tehtiin hiukan toisella tavalla ja aukotonta todistetta siitä, eikä aukotonta tietoa siitä, että kumpi metodeista olisi parempi, ei ole. Jos kapilaarinen nousu on kova, on järkevää käyttää 6–32 mm salaojasepeliä, kerrosvahvuuden ollessa 15–30 cm suunnitelmista ja pohjaolosuhteista riippuen. Kuvassa 18 on arinan valmistus käyttäen putkilaseria, johon oikea kaltevuus on näppäilty valmiiksi.



Kuva 18. Salaojan asennusta putkilaserilla. [8.]

5. Arina tiivistetään 90/200/400 kg tärylätkillä riippuen kerrospaksuudesta. Laadukasta arinaa, jonka kaato on 0,5 % eli 0,5 m/1 cm tehtäessä on oltava iso 200/400 ja 90 kg pyörivä bensalätkä, jolla voi viimeistellä viimeisen tasauseroksen (3–5 cm) valmiiksi putkien asennusta varten. Kuvassa 19 on esitetty tiivistetty salaoja-arina 1 cm/m kaadolla ja salaojaputki asennettu kahden kaivon väliin.



Kuva 19. Salaoja arinan koron tarkistus. [8.]

Samaa tärylätkää tarvitaan, kun päästään tiivistämään suojatäyttöä asennettujen putkien päälle. Alle 3 cm kerrosta ei ole Infra-Ryllin mukaan enää tiivistettävä tärylätkällä, koska se tiivistyy tasatessa ja putkea asentaessa riittävästi. [6. s, 141.] Tämän kerroksen tarkoitus on saada salaojaputki makaamaan koko pituudeltaan tasaisesti arinaa vasten niin, että kaato on mahdollisimman tasainen koko putken matkalla ja että maapaine, jota täyttämisen aikana syntyy, käyttäytyy koko putken matkalla samankaltaisesti.

6. Kun alempi putki eli yleensä salaojaputki on asennettu arinalle, kuten alla olevassa kuvassa 15 on Haagan työmaalla tehty, sen jälkeen pääsemme täyttöhommiiin, mikä on erittäin tärkeä työvaihe, jolloin on oltava tarkkana ja kärsivällisenä, jotta tähän mennessä tehty työ ei valu hukkaan. Tämä vaatii kone- ja perämiehen saumatonta yhteistyötä ja sen tärkeyttä ei aina ymmärretä. Kuvassa 20 on kuvattu tuplasalaoja, jonka suojatäyttö on aloitettu kapillaarikatkosepelillä, joka on 5–16 mm raekooltaan olevaa kalliosepeliä. Siitä hienoaines on seulottu pois, koska salaojaputkessa on reikiä, jotta ne eivät tukkeudu.



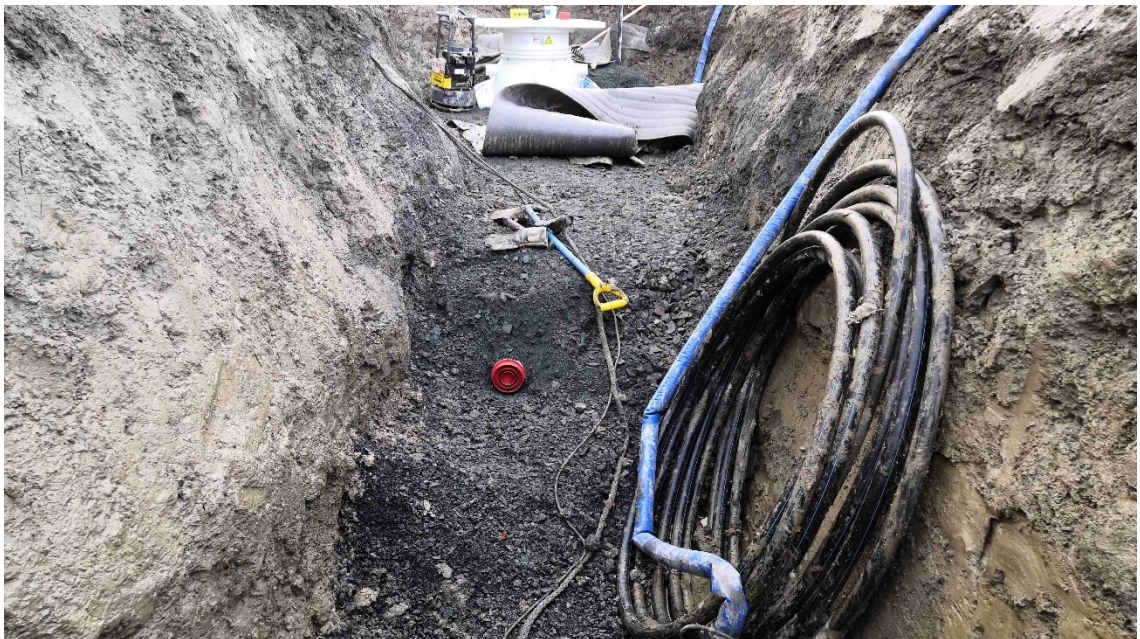
Kuva 20. Salaoja putkien asennus työkohteessa. [8.]

Kun putket on asennettu, putkiarinan putken selän korko tarkistetaan 1 metrin välein putkilaserin avulla niin, että koko putkilinjan matkalla kaato on sama koko matkalla.

7. Seuraava vaihe on alemman putken suojatäyttö ja ylemmän putken arinan teko kohdassa 5 esitetyillä materiaalivaihtoehdoilla. Jos koroissa on varaa niin

ylemmän putken vesijuoksu (VJ) on 5–10 cm ylempänä kuin alemman putken selkä. Kun putki on asennettu, se tarkistetaan 6 kohdan mukaisesti. [6. s, 141.]

8. Kun molemmat putket on asennettu ja niille on tehty asianmukaiset suoja-  
täytöt, kaivanto täytetään huolellisesti vaadituilla materiaaleilla kerroksittain ja  
tiivistäen 30–50 cm kerroksissa riippuen tiivistyskalustosta. Esimerkiksi 400 kg  
lätkeä käyttäen on maksimi kerrospaksuus täyttäessä 40 cm. [6. s, 143.]



Kuva 21. Hulevesikaivanto Kytäjällä. [8.]

Yllä olevassa kuvassa 21 on esimerkki perinteisestä hulevesikaivannossa Hyvinkään Kytäjällä, jossa ollaan tuomassa paineellista vesijohtoa (110 mm) ja huleveden runkolinjaa 240 metrin päästä liitoksesta, joka liitettiin myöhemmin hyötykäyttöön putkiliitoksin avulla alla olevassa kuvassa 22 näkyvään tihkukastelujärjestelmään eli Kuntan, metsänpohjamaton kasteluun, vaikka asiakkailta olisi ollut järvi vieressä. Tähän voisi toimia kuvan 12 ratkaisu, jolloin jäisi kalliit väli-  
täyttömateriaalit kalliomurskeesta tekemättä ja tarvitsisi ainoastaan käyttää suo-  
jatäyttöä vesijohdolle ja näin ollen hyödyntää kaivumaita paremmin ja välttää  
niiden poisajamista.



Kuva 22. Ylijäämämaita, kaivannon kuivatusta. [8.]

Asiakkaan puolustukseksi on todettava, että kun tehtiin KV-liitos, niin huleveden runkoputkisto tuli samalla kertaa tehdyksi.

Kyseistä kaivulinjaa hyödynnettiin myös sähköputkien runkolinjoihin, minkä vuoksi kuvassa 16 näkyy hulevesiputken päällä olevat välitäyttöinä olevat kantavat rakenteet, jotka tehtiin kalliomurskeesta eli KAM (0–32 mm). Suojatäyttonä vesijohtoputken päällä käytettiin 0–16 mm kalliomursketta, joka soveltuu vesijohtolle, joka on PEM 40 mm (kuva 22).

## 9 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä on esitelty eri tapoja hallita, käsitellä ja hyödyntää hulevesiä tulevaisuudessa entistä paremmin, sekä kannustaa Maaco Oy:tä olemaan edelläkävijä näiden järjestelmien toteuttajana.

Asennuskortin avulla yritys voi yhtenäistää toimintatapojaan näiden järjestelmien asentamisessa, vaikka henkilökunnassa tapahtuisi muutoksia sukupolvien vaihtuessa. Olen halunnut korostaa eri menetelmien avulla hulevesien yhteiskunnallista hyötypotentiaalia makean veden varantojen ehtyessä. Toivon, että se herättää lukijaansa miettimään ja kyseenalaistamaan nykyisiä toimintatapoja ja esimerkiksi pinnoitettujen alueiden suhdetta eri hulevesiverkoston kantokykyyn.

## Lähteet

1. Finlex. Verkkoaineisto < HE 218/2013 - Hallituksen esitykset - FINLEX ®>. Luettu 23.5.2022.
2. Finlex. Verkkoaineisto. < Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX ®. Luettu 23.5.2023
3. HSY. Verkkoaineisto. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/hulevesi/>>. Luettu 20.5.2022.
4. Hulevesiopas 2020. Suomen kuntaliitto.
5. Hydrologinen kierto. Verkkoaineisto. < 1-Hydrologinen kierto (1).pdf >. Luettu 23.9 2022.
6. InfraRyl. Verkkoaineisto. <InfraRYL (rakennustieto.fi)>. Luettu 25.9.2023
7. Luonnonmukaisen vesirakentamisen perusteet. Verkkoaineisto. < Maanvesijaravinnetalous\_Salaojayhdistys\_2016.pdf (aalto.fi)>. Luettu 22.8.2022.
8. Oma valokuva-arkisto.
9. Oulun Yliopisto. Verkkolähde. <Jäte- ja valumavesien puhdistukseen uusia ratkaisuja yhdistämällä biopohjaisia menetelmiä | Oulun yliopisto>. Luettu 20.10.2023.
10. Pien-Saimaa. Verkkolähde. < <https://www.piensaimaa.fi/vesiensuojelurakenteet/hulevesikosteikot/>>. Luettu 13.12.2023.
11. Puheenaineet.fi. Verkkoaineisto. <<https://www.puheenaiheet.fi/uutiset/hulevesilammikko-rakentui-varilaan/>>. Luettu 12.12.2023

12. Ratu-kortisto. Verkkoaineisto. <Ratu-kortisto (rakennustieto.fi)>. Luettu 20.9.2023.

13. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. Verkkoaineisto. < content (helsinki.fi)content (helsinki.fi)>. Luettu 20.10.2023.

14. Vesi.fi. Verkkoaineisto. <<https://www.vesi.fi/vesitieto/mita-on-hulevesi/>>. Luettu 20.5.2022.

15. VRT 17, Viherrakentamisen yleinen työselostus, Viherympäristön julkaisu nro 57. Toimittanut Hanna Tajakka.

16. Yle. Verkkoaineisto. <<https://yle.fi/uutiset/3-11160601>>. Luettu 28.9.2022.

17. Ympäristö.fi. Verkkoaineisto. <<https://www.ymparisto.fi/hulevedet>>. Luettu 20.5.2022.

18. Ympäristö.fi. Verkkoaineisto. <[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Jate\\_ja\\_valumavesien\\_puhdistukseen\\_uusia\(59678\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Jate_ja_valumavesien_puhdistukseen_uusia(59678))>. Luettu 15.2.2021.

19. Ympäristö.fi. Verkkoaineisto. < <https://www.ymparisto.fi/hulevesitulvat>>. Luettu 22.9.2023.

19. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. < Rakentamismääräykset - Ympäristöministeriö Lainsäädäntö>. Luettu 24.5.2022.



1

1

Lite 2

1 (1)

1

1