

Anna Rautakoski

HULLUOJAN HULEVESIALTAAN KUNNOSTUSSUUNNITELMA

HULLUOJAN HULEVESIALTAAN KUNNOSTUSSUUNNITELMA

Anna Rautakoski
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikka

Tekijä(t): Anna Rautakoski

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Hulluojan hulevesialtaan kunnostussuunnitelma
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Repair planning of Hulluoja run-off water system

Työn ohjaaja(t): Jere Kangas

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 71 + 5 liitettä

Opinnäytetyön aiheena oli Hulluojan hulevesialtaan kunnostussuunnitelma. Tavoitteena oli laatia yleissuunnitelma huonokuntoisen hulevesialtaan ja sitä ympäröivän puistoalueen parantamiseen. Hulevesialtaan keskeisen sijainnin vuoksi myös sen ympäristön esteettisyyteen haluttiin panostaa normaalia enemmän. Samalla pyrittiin hakemaan suunnittelun pohjaksi helppohoitoisia ja kustannustehokkaita kunnossapitoratkaisuja.

Työssä hankittiin hulevesialtaan mitoittamiseen tarvittavat lähtötiedot, joiden pohjalta mitoitettiin uusi laskeutusallas nykyisen huonokuntoisen hulevesialtaan paikalle. Sen jälkeen altaasta ja puistoalueesta piirrettiin yleissuunnitelma. Altaan muoto muutettiin ovaalinmuotoisesta enemmän pitkänomaiseksi. Allasta ympäröivä puistoalue muutettiin helppohoitoisemmaksi kiinnittämällä huomiota kunnossapitoon.

Tuloksena on periaatteellinen yleissuunnitelma rakennussuunnittelun pohjaksi. Suunnitelmassa on huomioitu altaan ja puistoalueen yhteensopivuus sekä niiden toimivuus, viihtyisyys, helppohoitoisuus ja kustannustehokkuus.

Asiasanat: hulevesi, hulevesiallas, yleissuunnitelma

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author(s): Anna Rautakoski
Title of thesis: Repair Plan of Hulluoja Run-off Water System
Supervisor(s): Jere Kangas
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020
Pages: 71 + 5 appendices

The subject of the work has been planning a renovation for the Hulluoja run-off water system. The target was to get a master plan as a basis for the construction plan of the run-off water system and the surrounding park area. Because the run-off water system is located in a central place, more attention was paid to the aesthetics of the environment than normally. At the same time, the target was to find manageable and cost-effective solutions as a ground for the planning, also at point of management.

In the work, the necessary source information was gathered in order to dimension the new run-off water system. After the dimensioning, a new master plan was drawn of the run-off water system and surrounding park area. The form of tank was changed from oval to elongated. For maintenance, the surrounding park area was prepared to easy maintenance.

The result is in principle a master plan to form a basis for the construction plan. The plan takes into account the compatibility of the run-off water system and surrounding park area, their functionality, comfort, ease of maintenance and cost effectiveness.

Keywords: run-off water, run-off sewage water system, a master plan

ALKULAUSE

Jo opintojen alkuvaiheessa minulla oli haave opinnäytetyöstä, jossa voisin hyödyntää aiempaa osaamistani hortonomina. Aiheena hulevedet ja niiden käsittely kiinnostivat minua jo hortonomiopintojen aikana, jolloin kuitenkin koin aiheen liian vaikeaksi. Nyt sain haastaa niiden kanssa itseni tavalla, jossa hortonomin osaamista pääsin hyödyntämään puistoalueen vihersuunnittelun osiossa. Lisäksi halusin tehdä suunnittelutyön, koska suunnittelu on oman mukavuusalueeni ulkopuolella.

Työni oli paikoitellen uuden oppimista kaikille, niin minulle kuin ohjaajillekin. Asiat ja työ etenivät kuitenkin varsin jouhevasti, kun välillä pysähdyttiin yhdessä pohtimaan asioita.

Kiitokset Oulun kaupungin yhdyskunta- ja ympäristöpalveluille tämän työn mahdollistamisesta, etenkin Marjo Honkamaa-Eskolalle ja Anne Määtälle sekä Oulun veden Jukka Heinospelälle. Kiitokset myös Jere Kankaalle ohjaustyöstä koulun puolelta.

27.4.2020

Anna Rautakoski

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 HULEVEDET RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ	10
2.1 Veden kiertokulku ja hydrologia	10
2.2 Hulevedet	13
2.3 Hulevesiverkostot	15
2.4 Hulevesien käsittelyn luonnolliset menetelmät	20
2.5 Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja muut tulevaisuuden tavoitteet	24
2.6 Kaavoitus ja hulevesien hallinta	26
3 HULEVESIALTAAT YMPÄRISTÖSSÄ	31
3.1 Hulevesialtaan rakentaminen ja kunnossapito	31
3.2 Hulevesialtaan maisemakuvallinen vaikutus	33
3.3 Kasvillisuus	36
3.4 Hulevesikasvillisuuden kasvualusta	39
4 HULLUOJAN HULEVESIALTAAN NYKYTILANNE	42
4.1 Suunnittelualueen lähtötiedot	42
4.2 Laskennallinen vesimäärä ja valuma-alue	49
4.3 Altaan nykytilanne	53
5 HULLUOJAN HULEVESIALTAAN KUNNOSTAMINEN	60
5.1 Suunnittelun lähtökohdat	60
5.2 Suunnittelualueen muutokset	60
5.3 Uuden hulevesialtaan suunnittelu ja rakentaminen	61
5.4 Suunnittelun uuden altaan kunnossapito ja kunnossapidon tavoitteet	63
5.5 Kunnossapidon kustannusten muutokset	64
5.6 Hulevesialtaan ympäristösuunnitelma	65
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	67

LÄHTEET
LIITTEET

69
75

SANASTO

Alivesiuoma	Hulevesialtaan pohjauoma
Evaporaatio	Haihdunta maan, veden tai lumen pinnasta
Evapotranspiraatio	Evaporaatiosta, transpiraatiosta ja interseptionhaihdunnasta koostuva kokonaishaihdunta
Fotosynteesi	Yhteyttäminen, kasvien kemiallinen hapentuottoreaktio
Hulevesi	Sade- tai sulamisvesi, joka kerääntyy pois johdettavaksi maanpinnalta, rakennusten katoilta ja muilta läpäisemättömiltä pinnoilta
Imeytyspainanne	Kasvillisuuden peittämä painanne, johon hulevettä voi kerääntyä ja imeytyä lyhyessä ajassa maaperään
Infiltraatio	Sadannan maaperään imeytyvä osuus
Kosteikko	Luonnonmukainen vesiallas, jossa on pysyvä vesipinta
Laskeutusallas	Hulevesiallas, jossa veden kiintoaines laskeutuu altaan pohjaan
Sadanta	Sademäärä
Sulanta	Tietyssä ajassa lumesta vapautuva vesikerros
Transpiraatio	Kasvien elintoimien haihdunta
Valuma-alue	Maaston muotojen rajaama alue, jolta vesi poistuu samaa uomaa pitkin ulosvirtauksena
Valunta	Maan pinnalla tai sisällä oleva virtaus vesiuomaa kohti
Viivytyksallas	Osan aikaa vesipintainen hulevesiallas, jonka tarkoituksena on viivyttää virtaamaa

1 JOHDANTO

Työn lähtökohtana on laatia hulevesialtaan mitoitus ja yleissuunnitelmatasoinen suunnitelma Oulunsalossa sijaitsevasta Hulluojan hulevesialtaasta. Altaasta ja sitä ympäröivästä puistoalueesta on tarkoitus saada toimiva ja helposti kunnossapidettävä viihtyisä viheralue. Työssä tehdyn suunnitelman on tarkoitus toimia myöhemmin toteutettavan rakennussuunnitelman pohjana.

Nykytilanteessa hulevesialtaassa suurimpana ongelmana on kallis ja haastava kunnossapito altaan rakenteiden vuoksi. Lisäksi kesällä kuivempina aikana laskuojan suulla oleva kaivo padottaa vettä altaaseen, jolloin vesi jää seisomaan altaaseen ja siihen alkaa kertyä myös levää. Yleisilmeeltään epäsiistin puistoalueen kasvillisuus on osin huonokuntoista.

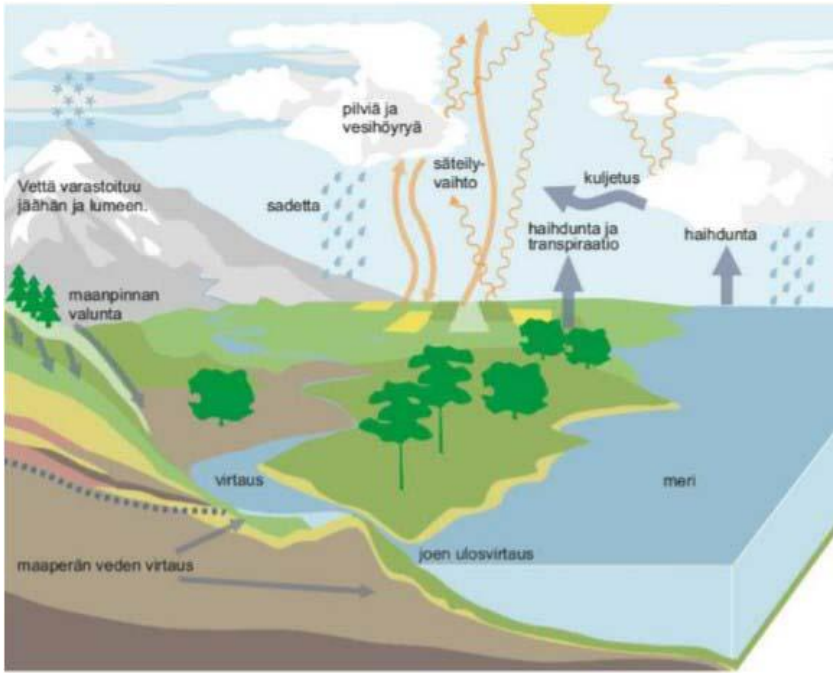
Työn tilaajana on Oulun kaupungin yhdyskunta- ja ympäristöpalveluiden alaisuudessa toimiva kadut ja liikenne -yksikkö.

2 HULEVEDET RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ

2.1 Veden kiertokulku ja hydrologia

Luonnossa vesi muodostaa erilaisia varastoja ja on ikuisessa kiertokulussa niiden välillä. Näitä veden varastoja ovat muun muassa meret, ilmakehä, järvet, pohjavesi, maavesi, lumi ja jäätiköt. Maanpinnalta haihtuu koko ajan vettä vesihöyryinä ilmaan tiivistyen vesipisaroiksi. Pieni osa vesihöyrystä tiivistyy myös maanpinnalle kasteeksi, huurteeksi ja kuuraksi. Tiivistyneet pisarat laskeutuvat maanpinnalle sadannassa, vetenä tai lumena. Sadannasta osa jää puiden ja muun kasvillisuuden lehtiin haihtuen sieltä transpiraation ja evapotranspiraation myötä uudelleen vesihöyryksi. Maanpinnalle sadannassa päätyneet vesi haihtuu suoraan ilmaan tai imeytyy maahan joko suoraan sadantapaikalla tai pintavalunnan kautta. (Leppäranta - Virta - Huttula 2017, 56-57.)

Maahan imeytyessään vesi voi jäädä maavesivyöhykkeeseen, jossa maaperän huokosten välissä on veden lisäksi ilmaa. Painovoima ohjaa vettä maaperässä alaspäin ja kohti pienempää painetta, jolloin osa vedestä valuu kokonaan veden kyllästämään pohjavesivyöhykkeeseen. Lumena maahan satanut vesi tekee maanpinnalle väliaikaisen kausivesivaraston, jonka sulanta palauttaa veden takaisin kiertokulkuun. Lumen sulanta lisää pohjavesivaluntaa. (Kuva 1.) (Leppäranta - Virta - Huttula 2017, 56-57, 86.)



KUVA 1. Veden kiertokulku luonnossa (Leppäranta ym. 2017)

Maahan imeytymisen eli infiltraation määrä vaihtelee sadannan määrän mukaan ja myös vuodenaikojen mukaan. Talvella infiltraatio on vähäistä tai sitä ei tapahdu lumipeitteen estävän vaikutuksen vuoksi ollenkaan. Pohjaveden pinta laskee talvella lumipeitteen estäessä veden imeytymisen. Keväällä sulava lumipeite tuottaa vettä, joka imeytyessään nostaa pohjavedenpinnan tasoa. Pohjavedenpinnan taso laskee taas kesän aikana haihdunnan ollessa suurta ja kasvien käyttäessä maavesivyöhykkeen vesivarantoa. Syksyllä sadannan kasvaessa vettä riittää enemmän pohjavesivyöhykkeeseen asti. (Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia. 2020; Pohjaveden esiintyminen ja muodostuminen. 2020.)

Ilmastonmuutoksen vähentäessä lumipeitteistä aikaa talviajan imeytyminen voi kasvaa, jolloin pohjavedenpinnan tason lasku talvella voi tulevaisuudessa vähentyä. Sen sijaan kesällä kuivien jaksojen pidentyessä pohjavedenpinnan tason lasku taas kasvaa ja pohjaveden saanti voi etenkin loppukesäisin heikentyä. Lisäksi tämä voi aiheuttaa kevätkuivuutta. Pohjaveden paineellisuus saa sen purkautumaan paikoitellen myös maanpinnalle meriin ja järviin, mikä näkyy niissä vedenpinnan korkeusvaihteluna. (Ilmastonmuutos sekoittaa

Suomen vesipalettia. 2020; Leppäranta ym. 2017, 151; Pohjaveden esiintyminen ja muodostuminen. 2020.)

Hydrologiaa ja hulevesiä tarkasteltaessa tulee huomioida sadanta, sen määrä ja intensiteetti. Mitä paikallisempi ja intensiivisempi sade on, sitä suurempi valunta siitä syntyy, samalla haihdunnan osuus pienenee. Yksinkertaistettuna ilmiön voisi kuvata, niin että kun sadannasta vähennetään haihdunta, syntyy valunta. Valunta ja sen huomiointi on myös tärkeää hulevesiä tarkasteltaessa. Valunnan tarkastelussa tulee huomioida lumen aiheuttaman veden varastoinnin vaikutus, mistä seuraa hetkellinen suuri valuntahuippu keväisin. (Leppäranta ym. 2017, 60.)

Sadannan määrä vaihtelee maantieteellisesti. Suomessa vuotuinen sadantamäärä vaihtelee 400 mm:stä 750 mm:iin, kun tarkastelujaksona ovat vuodet 1981-2010. Oulunsalon alueella, jonne Hulluoja sijoittuu, sademäärä on 450-500 mm. (Vuositilastot. 2020.) Kuitenkin hydrologisten vuosikirjojen sadantatarkastelun pohjalta voidaan havaita todellisen sademäärän olevan hieman yli 500 mm vuodessa kyseessä olevalla alueella, kun tarkastellaan vuosia 1931-2010 (Sjöblom 2012, 156; Hydrologinen vuosikirja 1969-1970. 1972, 91).

Myös haihdunta vaihtelee maantieteellisesti ja sen mittaaminen on sadantaa vaikeampaa. Haihdunnasta ei saada visuaalisia havaintoja. Suomessa haihdunta vaihtelee 150 mm:stä 600 mm:iin. Pohjois-Suomen haihduntamäärä on 150-250 mm vuodessa. (Leppäranta ym. 2017, 80.) Haihduntamäärän todellista tarkastelua tutkittiin hydrologisten vuosikirjojen havaintojen perusteella tarkastelujaksolla 1931-2010. Niiden mukaan haihdunta vaihtelee syksyn noin 30 mm:stä keskikesän noin 130 mm:iin. Tämä haihduntatarkastelu ei liene totuudenmukaisin, koska haihdunta-arvojen lähimmät mittauspisteet sijaitsevat sisämaassa, Siikajoen Ruukissa ja Vaalan Pelsolla. (Sjöblom - Järvinen 2012, 165; Hydrologinen vuosikirja 1969-1970. 1972, 109.) Haihduntamäärät vaihtelevat paljon riippuen sadetapahtuman jälkeisistä sääoloista.

Lumi ja sen varastoima vesimäärä ovat riippuvaisia lumipeitteen paksuudesta ja lumen vesiarvosta. Lumen paksuus Oulunsalon alueella maaliskuun puolivälissä

mitattuna on 20-30 cm havaintojaksolla 1981-2010 (Talvien lumista ja lumisuudesta. 2020). Lumen vesi-arvo on 200-300 kg/m². Hydrologisten vuosikirjojen tarkastelun mukaan lumen vesi-arvo alueella on noin 100 mm maaliskuun lopulla tarkasteltuna (Sjöblom 2012, 156; Hydrologinen vuosikirja 1969-1970. 1972, 96). Lumen sulaminen aiheuttaa kerralla suuren pinta- ja pintakerrosvalunnan samoin kuin intensiivinen sadanta. Suomessa haihdunta on sadantaa huomattavasti pienempää, jolloin valunnan merkitys vedensiirtymisessä on suurta. Keskimääräinen vuosihaihdunta Pohjois-Suomessa on noin 150-250 mm. (Leppäranta ym. 2017, 86, 89, 174.)

Myös routaantuminen muuttaa veden kiinteään olomuotoon, jolloin sen virtaaminen loppuu ja samalla estyy myös nestemäisen veden suotautuminen maaperään. Samalla kausirouta tekee vedestä väliaikaisen vesivaraston lumen tavoin. Syntyvän roudan syvyyteen ja routatyyppiin vaikuttavat maaperän kapillaariominaisuuden lisäksi ilman lämpötila sekä suojaavan ja eristävän lumikerroksen paksuus. Hydrologisessa kierrossa roudan vaikutuksiin vaikuttaa roudan vesipitoisuus. Suuri vesipitoisuus paksussakin roudassa nopeuttaa sulamisvesien poisvirtaamista alueelta. Myös paikallinen kasvillisuus toimii routaeristeenä, minkä vuoksi routaa on metsissä noin 10 % vähemmän kuin aukeilla alueilla. Kuitenkin metsätyyppi vaikuttaa roudan syvyyteen. Kaikki maalajit Suomessa eivät roudi, mutta routaantuvat kyllä. (Leppäranta ym. 2017, 161, 164.)

2.2 Hulevedet

Hulevesillä tarkoitetaan sade- ja sulamisvesiä, jotka kertyvät maanpinnalle ja muille pinnoille. Taajamissa vettä läpäisemättömien pintojen, kuten kattojen, katujen ja teiden sekä pysäköintialueiden, osuus voi olla jopa puolet pinta-alasta. Keskusta-alueilla läpäisemättömiä pintoja on usein suurin osa. Tämä saa aikaan veden luonnollisen kiertokulun poikkeavuuden, minkä vuoksi infiltraatio eli suotautuminen maaperään on vähäistä ja haihtuminenkin pienempää luonnontilaiseen verrattuna. Taajamissa sadanta on suurempaa ja sen vuoksi hulevesiä syntyy paljon. Läpäisemättömän pinnan osuuden lisäksi

hulevesivalunnan syntyyn vaikuttavat monet tekijät, kuten sateen intensiteetti ja kesto, sadetta edeltänyt kuiva aika ja sen pituus, maanpinnan muodot ja maaperän ominaisuudet. (Hulevesiopas. 2012, 18.)

Hulevesiä pyritään hallitsemaan monin tavoin, kuten johtamalla, viivyttämällä, imeyttämällä tai laskeuttamalla niitä eri tavoin. Hydrologista kiertoa voidaan ennallistaa rakentamista edeltänyttä tilannetta vastaavaksi, kun vähennetään hulevesiä. Se onkin tärkein keino hulevesien hallinnassa, jolloin korostuu hajautettujen ratkaisujen määrä. (Hulevesiopas. 2012, 20.)

Hulevedet sisältävät haitta-aineita, joista yleisimpiä ovat kiintoaines, ravinteet, metallit, kloridi, öljyt ja rasvat sekä muut orgaaniset yhdisteet, kuten PAH-yhdisteet, torjunta-aineet, liukkaudentorjunta-aineet ja bensiini. Metalleista hulevesissä esiintyy yleensä sinkkiä, kadmiumia, kuparia ja kromia. Oulun alueella myös raudan esiintyminen hulevesissä on yleistä. (Juurus- ja Kaupunginajan kuormitus selvityksen tutkimusraportti. 2020,19.) Myös suolistoperäisten bakteerien korkeita pitoisuuksia tavataan usein hulevesissä. (Hulevesiopas. 2012, 124-125.)

Lisäksi näillä on pohjaveden laatua heikentävä vaikutus. Haitta-aineita päätyy hulevesiin eniten liikenne- ja pysäköintialueilta märkä- ja kuivalaskeumina, liikenteen aiheuttamina pakokaasuina, ajoneuvojen ja rakennusmateriaalien korroosiona, tiemateriaalin kulumisesta ja liukkauden torjuntaan käytetyistä aineista. Liukkaudentorjuntaan käytettävä tiesuola on yksi vaikeimmista haitta-aineista. Sen käyttö lisää ajoneuvoista irronneen metallin määrää hulevedessä ja suola vesiliukoisena aineena on hankalasti hallittava haitta-aine. (Hulevesiopas. 2012, 124-125; Kokkila – Tahvonen 2014, 24.)

Hulevesien laatua arvioitaessa tärkein laatu parametri on kiintoaines. Sen määrää tarkkailemalla arvioidaan hulevesien laatua. Kiintoainekseen sitoutuu paljon haitta-aineita ja sen vaikutukset yltävät aina huleveden lähtöpisteestä purkupisteeseen saakka. Hulevesien purkaminen luonnonvesistöihin puhdistamatta siirtää vain kiintoainekuormituksen paikkaa. Kiintoaine samentaa vettä ja kertyy verkostoihin. Lisäksi siihen on sitoutuneena haitta-aineita, kuten

fosforia, typpeä ja metalleja. Hulevesistä voidaan selvittää muitakin haitta-aineita, niiden selvittämisen tarpeellisuus vaihtelee tapauskohtaisesti. (Hulevesiopas. 2012, 124-125; Kokkila – Tahvonen 2014, 24.)

2.3 Hulevesiverkostot

Hulevesiä voidaan johtaa avoimissa järjestelmissä eli avo-ojissa, puroissa, viherpainanteissa, kouruissa, kanavissa ja muissa avouomavirtaukseen perustuvissa menetelmissä. Niiden toimintaperiaatteena on virtaaman hidastuminen ja sen myötä tapahtuva epäpuhtauksien laskeutuminen ja imeytyminen. Avoimissa, keskitetyissä järjestelmissä puhdistaminen soveltuu etenkin väljän maankäytön alueelle. (Hulevesiopas. 2012, 21.)

Hulevesien johtaminen tapahtuu hulevesiviemäreissä ja vanhemmilla alueilla sekaviemäröinnissä. Taajamassa viemäröinti saavuttaa noin kaksi kolmasosaa vettä läpäisemättömistä pinnoista eli kadut ja muut kulkuväylät sekä pysäköintialueet. Pintavaluntaa tuottava tehoisa osuus on noin 50-80 % läpäisemättömästä pinnasta. Taajamissa hulevesiä tuottava osuus vaihtelee alueen kaavoituksen mukaan, kaavoitusvaiheessa voidaan vaikuttaa alueen hulevesien pintavalunnan määriin rakentamattomien alueiden määrällä. (Hulevesiopas. 2012, 18, 52.)

Hulevesiviemäröinnillä tarkoitetaan omaa erillistä viemäröintiä hulevesille. Maankäyttö- ja rakennuslain 103f §:n mukaan kiinteistöllä syntyvät hulevedet tulee johtaa kunnalliseen hulevesiviemäriin, ellei niitä voida imeyttää omalla tontilla tai johdeta vesihuoltolain mukaisella poikkeuksella jätevesiviemäriin (Maankäyttö- ja rakennuslaki 682/2014). Vesihuoltolain 17b §:n mukaan kiinteistö on liitettävä kunnalliseen hulevesiverkoston, mikäli sellainen alueella on (Vesihuoltolaki 682/2014). Kunnalla on oikeus periä hulevesiverkostosta liittymis- ja käyttömaksua hulevesimaksuna järjestelmän kustannusten kattamiseksi (Maankäyttö- ja rakennuslaki 682/2014. 103n §). Vesihuoltolain 18 §:n mukaisen hulevesimaksun tulee kattaa verkoston investoinnit ja kustannukset sekä kohtuullisen tuoton pääomalle (Vesihuoltolaki 682/2014).

Hulevesiviemäröinnin pyrkimyksenä on pintojen nopea kuivatus ja vesien poisjohtaminen. Sekaviemäröinnissä hulevedet johdetaan jätevesiverkostoon. (Hulevesiopas. 2012, 18.) Vesihuoltolaki kieltää pykälässä 17d § hulevesien johtamisen jätevesiverkostoon. Hulevesien johtaminen jätevesiverkostoon on kuitenkin sallittua muutamissa poikkeustapauksissa:

- 1) Alueen jätevesiviemäröinti on rakennettu ennen vuotta 2015 ja mitoitettu myös hulevesille.
- 2) Alueella ei ole hulevesiverkostoa.
- 3) Alueen vesihuoltolaitos on kykenevä huolehtimaan jätevesiviemäriin johdetuista hulevesistä taloudellisesti ja asianmukaisesti. (Vesihuoltolaki 681/2014.)

Oulun alueella on liityttävä hulevesiviemäriverkostoon. Hulevedet jätevesiviemäriverkostossa aiheuttavat ongelmia puhdistusprosessissa, koska ne laimentavat jätevettä ja madaltavat veden lämpötilaa, mikä heikentää veden puhdistustehoa. Lisäksi hulevedet lisäävät jäteveden määrää. Esimerkiksi lumen sulamisen aikaan ja runsaiden sateiden seurauksena verkosto ja jätevedenpuhdistamo voi ylikuormittua, jolloin ylivuodon riski kasvaa. (HSY. 2019.)

Hulevesiviemäriin toiminta perustuu painovoimaiseen viettoviemäröintiin, joka pyritään järjestämään mukailten luonnollisia valumareittejä ja huomioiden valuma-alueajoja. Viemäröinnissä hulevesi ei puhdistu eikä imeydy pääsääntöisesti. Hulevesien hallintamenetelmien kehittymisestä huolimatta viemäröintiä ei voida poistaa kokonaan. (Hulevesiopas. 2012, 21.) Taajama-alueilla hulevesiviemäriverkosto on usein osa samaa verkostoa kuin katujen kuivatuksen salaojaverkosto. Katujen kuivatus avo-ojin ja hulevesien hallinta avoimin menetelmin veisi taajama-alueen maankäytöstä niin suuren osan, että se on harvoin soveltuva kuivatusratkaisu. (Katusuunnittelun ja rakentamisen ohjeet. 2003, 126.)

Hulevesiviemäröntiverkosto koostuu pääasiassa viemäriputkista ja erilaisista kaivoista, kuten hulevesikaivot ja tarkastuskaivot (Hulevesiopus. 2012, 190; Hulevesijärjestelmät. 2020.) (kuva 2).



KUVA 2. Hulevesiviemäriputki (Hulevesijärjestelmät 2020)

Hulevesikaivot ovat pääasiassa ritiläkantisia kaivoja tai kitakaivoja (kuva 3). Tarkastuskaivoissa sen sijaan voidaan käyttää umpikansia. (Hulevesiopus. 2012, 190; Hulevesijärjestelmät. 2020.)



KUVA 3. Hulevesikaivo ritiläkannella (Hulevesijärjestelmät 2020)

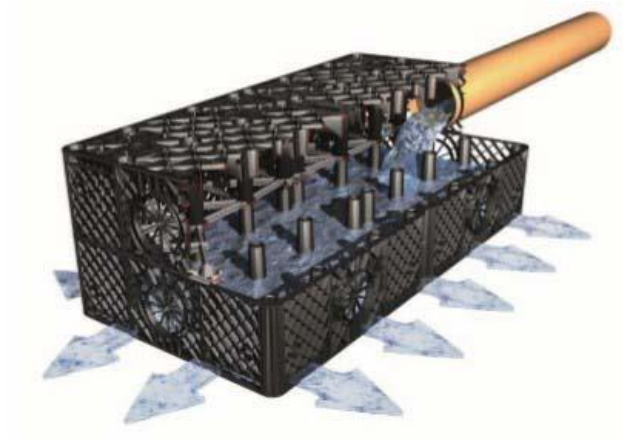
Hulevesikaivon tehtävänä on ohjata pintavalunta hulevesiverkostoon, joten se tulisi sijoittaa maaston tai katurakenteen alimpaan kohtaan. Lisäksi verkostossa on venttiileitä, pumppaamoita ja ylivuotorakenteita. (Hulevesiopas. 2012, 190; Hulevesijärjestelmät. 2020.)

Hulevesiviemäröinnin osaksi on mahdollista liittää erilaisia säiliöitä, tunneleita ja imeytysrakenteita. Hulevesitunnelit, -kasetit ja imeytysputket ovat tehokas tapa imeyttää ja varastoida hulevesiä niiden synty paikalla ja hulevesiverkostossa. Rei'itetty imeytysputket voidaan kytkeä osaksi hulevesilinjaa. Esimerkiksi Uponorin IQ-imeytysputkissa suuri hyötytilavuus ja putkessa kauttaaltaan oleva rei'itys imeyttää ja viivyyttää hyvin vettä ja imeyttää sitä putken sivuilta ja alapuolelta (kuva 4). (Hulevesijärjestelmät. 2019.)



KUVA 4. Uponor IQ-imeytysputki (Hulevesijärjestelmät 2019)

Hulevesikasetit ovat julkisen rakentamisen viivytyrakenteita (kuva 5) (Uponor Hulevesijärjestelmät. 2019).



KUVA 5. Hulevesikasetti (Hulevesijärjestelmät 2019)

Hulevesitunneleita käytetään enemmän paikoissa, joissa tilaa ei juuri imeyttämiseksi muuten ole (kuva 6). Kasettien ja tunneleiden toimintaperiaate on sama, eli ne keräävät itseensä vettä ja luovuttavat sitä hiljalleen alapuoliseen rakenteeseen. Suurin ero rakenteissa on kasettien moduulimuotoisuus, joka kootaan rakennuskohteeseen sopivaksi. (Hulevesijärjestelmät. 2019.)



KUVA 6. Hulevesitunneli (Hulevesijärjestelmät 2019)

Hulevesisäiliöitä voidaan käyttää vettä keräävinä ja viivytävinä rakenteina, jolloin niiden avulla voidaan tasata viemäröinnin virtaamaa. Tällöin viemärin tulvariski vähentyy tai parhaassa tapauksessa poistuu kokonaan. Hulevesisäiliön vettä

voidaan hyödyntää myös esimerkiksi kasteluvetenä. Säiliöitä käytetään usein alueilla, joissa ei ole mahdollista imeyttää syntyneitä hulevesiä maaperän tai muun syyn, kuten alueen rakennuskannan vuoksi. Säiliöt rakennetaan usein kiinteistä moduulirakenteista esim. Uponorin IQ-moduulisäiliö tai valmistetaan mittatilaustyönä kuten Uponorin Weholite-säiliöt (kuva 7). (Hulevesijärjestelmät. 2019.)



KUVA 7. Moduulirakenteinen hulevesisäiliö (Hulevesijärjestelmät 2019)

2.4 Hulevesien käsittelyn luonnolliset menetelmät

Hulevesien käsittelyyn ja hallintaan on kehitetty erilaisia luonnonmukaisia toimintatapoja ja rakenteellisia ratkaisuja hulevesiviemäroinnin rinnalle. Nämä voidaan jakaa kokonsa ja sijoittumisensa puolesta hajautettuihin ja keskitettyihin ratkaisuihin. (Hulevesiopas. 2012, 19. Tahvonen 2016, 12-13.)

Hajautetut ratkaisut ovat tontti- tai korttelikohtaisia menetelmiä, joiden tavoitteena on vähentää huleveden määrää, tasata sen virtaamia ja poistaa epäpuhtauksia mahdollisimman lähellä syntypaikkaa. Pääasiallisesti hajautetut ratkaisut ovat kokoelma erilaisia tavanomaisia ratkaisuja, kuten imeyttäviä pintoja, pieniä kallistuksia, läpäiseviä rakenteita ja kasteluveden keräämistä tonttialueilla. (Hulevesiopas. 2012, 19. Tahvonen 2016, 12-13.)

Keskitetyissä hulevesiratkaisuissa tavoitteina on tulvariskin vähentäminen ja tulvahuippujen tasaaminen. Keskitetyt ratkaisut ovat yleensä viheralueille sijoitettuja näyttävämpiä rakenteita, kuten viivytyks- ja laskeutusaltaita ja tulvaniittyjä. Useamman periaatteen samanaikainen toteutuminen on yleinen

hulevesien hallintamenetelmissä. (Hulevesiopas. 2012, 19. Tahvonen 2016, 12-13.)

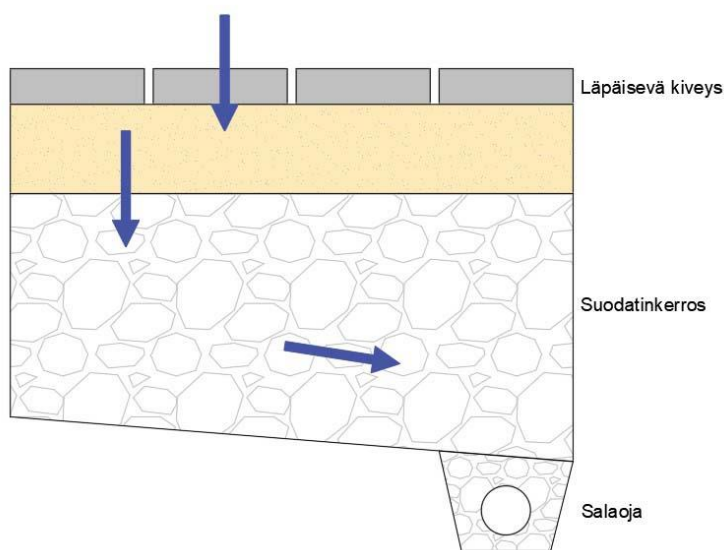
Hulevesien hallintaa voidaan toteuttaa myös ilman erillisiä hulevesirakenteita hyvän maankäytön suunnittelun avulla. Yleisten alueiden toimintoja sijoitellaan niin, että katu- ja kunnallistekninen verkosto on lyhyt ja katualueen päällysteosa mahdollisimman kapea. Kuitenkin päällysteosuus katualueella määräytyy katuluokituksen ja kadun mitoitusnopeuden mukaan. Läpäisevän päällysteen käyttöä voitaisiin lisätä monelta osin. Tärkeimpiä hallintakeinoja ovat kuitenkin hulevesien syntyipaikan toimenpiteet, jotka vähentävät huleveden määrää, kuten viherkattojen ja katto- ja sadepuutarhojen lisääminen, paikallinen kattovesien hyödyntäminen ja imeyttäminen maaperään erilaisilla keinoilla. Katualueilla merkityksellisiksi muodostuu välikaistojen ja reunaviheralueiden käyttö hulevesien hallintarakenteina. Katualue tilana on haasteellinen myös hulevesien kannalta ja tavoitteena on löytää montaa osapuolta tyydyttävä kompromissi. (Hulevesiopas. 2012, 20 Oulun kaupungin katusuunnitteluohje. 2014, 7; Tahvonen 2016, 12-13.)

Hulevesien viivyttäminen on yksi luonnollisen käsittelyn keino hulevesien hallinnassa. Viivytyksen menetelmissä toimintaperiaatteena on hulevesivirtaaman pidättäminen ja vapauttaminen vähitellen. Viivytyksen menetelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen tyyppiin: pysyvän vesipinnan omaavat rakenteet ja välillä kuivuvat rakenteet. Pysyvän vesipinnan omaavia rakenteita ovat kosteikot, lammikot ja altaat. Välillä kuivuvia rakenteita taas ovat painanteet ja kaivannot. (Hulevesiopas. 2012, 20-21.)

Hulevesiä voidaan myös imeyttää maaperään, kunhan huomioidaan niiden lähde, vallitsevat maaperäolosuhteet sekä imeytyspaikan mahdollinen pohjavesi. Hulevesien imeyttäminen on hulevesien synnyn ehkäisyn ohella helpoin ja tehokkain tapa hallita hulevesiä. Yksinkertaisimmillaan hulevesiä voidaan imeyttää jättämällä rakentamatonta aluetta etenkin alueille, joiden maaperä on hyvin läpäisevää, jolloin pintavalunta saadaan muutettua pintakerros- ja pohjavesivalunnaksi. Hulevettä, joka kerääntyy pääasiassa katoilta ja pieniltä

liikenneväyliltä, voidaan imeyttää myös pohjaveteen. Imeytyksessä tulee huomioida imeytysalueen ylivuoto ja sen torjuminen esimerkiksi viemäröinnillä. (Ilmaston kestävä kaupunki. 2014, 14; Hulevesiopas. 2012, 82-83.)

Esimerkiksi katukiveyksillä voidaan parantaa hulevesien imeytymistä käyttämällä kiveyksissä leveämpiä, vettä läpäiseviä saumoja tai vettäläpäiseviä kivityyppejä. Suomessa päällysrakenteiden rakennekerroksina käytettävät kalliomurskeesta rakennetut kerrokset ovat riittävän läpäiseviä toimiakseen hulevesien varastona vettä läpäisevillä kiveyksillä. Suomalaisilla betonikivivalmistajilla on useita kivityyppejä, joita käyttämällä saadaan aikaan hulevesiä läpäiseviä kiveyksiä. Esimerkiksi Ruduksen tuotannosta löytyvillä Riimu- ja Golfkivillä sekä reikälaatalla saadaan aikaan leveämpi, vettäläpäisevä sauma. Myös Hulekartanokivi on valmistettu vettäläpäisevästä betonista. (Kuva 8.) (Hulevesiopas. 2012, 144; Betonikivet ja antiikkikivet – tyylikkäällä kiveyksillä viihtyisä piha. 2020.)

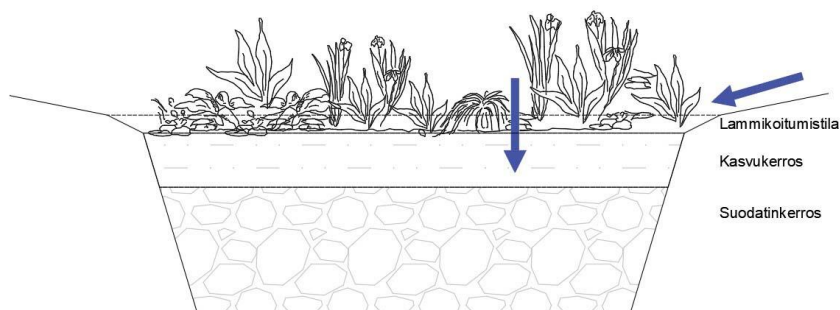


KUVA 8. Läpäisevän kiveyksen rakenne

Hulevesiä voidaan käsitellä myös suodattamalla niitä erikseen rakennetuissa painanteissa. Kasvipeitteisiä imeytyspainanteita voidaan kutsua myös sadepuutarhaksi tai biosuodatusalueeksi. Tällaiset painanteet soveltuvat hyvin

alueille, joiden hulevesissä on paljon raskasmetalleja tai maaperä ei mahdollista niiden imeyttämistä. Imeytys ja suodatusalueiden toimivuus talviaikaan tulee huomioida. Maanpinnan jäätyminen ja maaperän routaantuminen estävät veden imeytymisen maaperään tai vähintäänkin hidastavat sitä. (Ilmastonkestävä kaupunki. 2014, 14, 35; Hulevesiopas. 2012, 156, 159.)

Hulevesiä voidaan viivyttää avopainanteissa, joihin on rakennettu veden kulkua hidastavia ja rajoittavia rakenteita. Rakenteilla voidaan säädellä myös avopainanteen kaltevuutta, jolloin painanteen puhdistusteho paranee ja eroosio vähenee. Imeytys- ja suodatuspainanteissa toimintaperiaatteena on usein biosuodatus. Biosuodatuksen teho perustuu kasvillisuuden puhdistavaan vaikutukseen rakenteen kasvukerroksessa. Kasvukerroksen alapuolella on karkeasta kiviaineksesta suodatinkerros, joka imeyttää ja suodattaa hulevedet. Imeytyspainanne voidaan tarvittaessa salaojittaa, salaojituksen tarve riippuu ympäröivästä maaperästä. (Kuva 9.) (Ilmastonkestävä kaupunki. 2014, 15-17; Hulevesiopas. 2012, 83, 151-153, 159.)



KUVA 9. Imeytysaltaan ja -painanteen rakenne

Painanteesta voidaan tehdä myös kalvo- tai suodatinkangasrakenteella vettä läpäisemätön rakenne. Rakennetta mietittäessä tulee muistaa hulevesien sisältämät epäpuhtaudet. Esimerkiksi kiintoaines jää kalvon ja suodatinkankaan pintaan, jolloin rakenteen aukipysyvyys heikkenee. (Ilmastonkestävä kaupunki. 2014, 15; Hulevesiopas. 2012, 151-153.)

2.5 Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja muut tulevaisuuden tavoitteet

Ilmastonmuutoksen myötä sadanta tulee kasvamaan keskimäärin noin 10-15 % tarkasteluajanjaksoon 2071-2100 mennessä. Sadannan kasvu on hieman suurempaa Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa. Rankimpien vuorokausisateiden kasvu kesäkaudella tulee olemaan noin 10-30 %. Myös talvisateet runsastuvat ja rankistuvat, minkä vuoksi rankkasateiden vuodenaikaisvaihtelu tasoittuu hieman. Rankimmat sateet sijoittuvat kuitenkin kesään ja alkusyksyyn. (Hulevesiopas. 2012, 19.)

Kasvavien sademäärien vuoksi rakenteiden kosteusrasitus kasvaa. Kun samalla pilvisuus lisääntyy, heikkenee myös rakenteiden kuivatuskyky, mikä näkyy esimerkiksi teiden routavaurioiden lisääntymisenä. Toisaalta ajoittainen kuivuus aiheuttaa muutoksia maaperän kantavuuteen, mistä seuraa vaurioitumisriskejä rakenteille. (Tuonenvirta – Haavisto – Hildén – Lanki – Luhtala – Meriläinen – Mäkinen – Parjanne – Peltonen-Sainio – Pilli-Sihvola – Pöyry – Sorvali – Veijalainen 2018, 33.)

Ilmastonmuutoksen myötä taajamien hulevesitulvariski kasvaa. Sen syntymiseen vaikuttaa neljä eri tekijää: sademäärältään suuri ja pitkäkestoinen sadejakso, vesistön suuri vesimäärä tai jään tai hyyteen aiheuttama padotus, merenpinnan nousu poikkeuksellisen korkealle tai taajamaan osuva rankkasade. Taajamatulvien huippujen kasvun ja sateen rankistumisen kasvun oletetaan olevan lähes sama. (Hulevesiopas. 2012, 94, 99.)

Ilmastonmuutoksen tuomat lisäuhat ovat ilmeisiä. Lisäuhkien suurin vaikuttava tekijä on valuntaolojen muutos rakennetuilla alueilla. Suurimmiksi ongelmat muodostuvat tiheästi rakennetuilla keskusta-alueilla, joissa kuivatus tapahtuu pääasiassa viemäröinnin avulla. Kaupunkien ja taajamien entistä tiiviimpi rakennustapa ja täydennysrakentaminen lisää hulevesien hallinnan haasteita läpäisemättömien pintojen määrän kasvaessa ja sen myötä pintavalunnan intensiteetin ja määrän lisääntyessä. Tästä seuraa mahdollisten vahinkojen vaikutusketjujen monimutkaistuminen. Avainasemaan nousevat tulvareittien

suunnittelu ja ylläpito. (Hulevesiopas. 2012, 19; Lundy 2016, 83; Tuonenvirta ym. 2018, 18.)

Ilmastonmuutoksen myötä ilmasto lämpenee, samalla lumipeitteinen aika ja lumen eristävyys vähenevät. Kun talvisadanta muuttuu lisääntyvässä määrin vedeksi, maan vesipitoisuus kasvaa, maan lämpötilan laskiessa vesi jäätyy ja maa routaantuu. Vaikka lämpötilojen noustessa roudan määrä vähenee, aiheuttaa kuitenkin lumipeitteen puuttuminen tiiviitä routakerroksia, jotka estävät veden virtaamista. (Hulevesiopas. 2012, 101.) Toisaalta ilman lämpötilan kasvaessa, roudan vähentyessä ja talvivalunnan lisääntyessä voi tulevaisuudessa olla hulevesien talviaikainen imeyttäminen mahdollista (Haapanen ym. 2019, 9). Myös hyydetulvien riski ja määrä on jo kasvanut talviaikaisen sadannan muuttuessa enenevässä määrin vetiseksi. Hyydetulvien vahingot verrattuna kevättulviin ovat yleensä melko pieniä ja paikallisia. (Tuonenvirta ym. 2018, 17.)

Meritulvien riski kasvaa myös tulevaisuudessa. Suurinta kasvu on Suomenlahdella. Suurimpia syitä ovat meriveden lämpölaajeneminen ja mannerjäätiköiden sulaminen. Myös Itämeren jääpeite ohenee ja jääpeitteinen aika lyhenee. (Haapanen ym. 2019, 9.) Pohjanlahden rannikolla tilanne on erilainen maankohoamisen vuoksi. Merivesitulvan riski voi tulevaisuudessa jopa pienentyä. Merivesitulviin vaikuttaa myös lyhytkestoisempia tekijöitä, kuten myrskytuulet ja ilmanpaineen vaihtelu. (Tuonenvirta ym. 2018, 35.) Näiden tekijöiden vaikutus on suurempi Pohjanlahdella. Talviaikaan yleistyvä rikkonainen jääpeite ja myrskytuulet lisäävät etenkin ahtojäiden kertymisen riskiä. (Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia. 2020.)

Vuosisadannan ja -valunnan muuttuessa ilmastonmuutoksen vuoksi myös tulvat muuttuvat. Lumipeitteisen ajan vähentyessä sadanta ja valunta lisääntyvät talviaikaan, jolloin talvitulvien määrä lisääntyy. Talvitulvien lisääntyessä kevättulvat pienenevät. Sadanta tulee olemaan pitkällä aikavälillä useamman tulvan syynä. (Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia. 2020.)

Ilmaston muutoksen myötä kasvillisuusvyöhykkeet siirtyvät pohjoisemmaksi, mikä tuo mukanaan uusia haasteita. Samalla myös vieraslajit ja kasvitaudit leviävät yhä pohjoisemmaksi, jolloin kasvilajiston haavoittuvuus kasvaa. Kasvilajisto muuttuu, aiemmin yleinen lajisto joutuu väistymään uusien lajien tieltä elinympäristöjen muuttuessa, mikä lisää myös monien uhanalaisten lajien heikkenemistä entisestään. (Sorvali 2013, 47; Tuonenvirta ym. 2018, 9.)

2.6 Kaavoitus ja hulevesien hallinta

Kaavoituksen lähtökohtana on monia tekijöitä, joista yhden tulisi olla hulevesien hallinta. Tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen vaikutusten kasvaessa se nousee entistä merkittävämmäksi asiaksi. Vesien luonnollisen kiertokulun huomiointi tekee hulevesien hallinnan helpommaksi. Luonnonmukainen hydrologinen kierto muuttuu rakennetulla alueella väistämättä. Kun tämä huomioidaan kaavoituksessa, veden virtausreittejä ei tarvitse rakentaa niin paljon, jolloin hallinta ja hulevesien käsittely on helpompaa. Täydennyskaavoituksessa usein tiivistetään yhdyskuntarakennetta. Hulevesien hallinnan avoimilla menetelmillä, viheralueilla ja imeyttävillä pinnoilla, on merkitystä myös alueen ihmisten viihtyvyyden kannalta. Samalla tulee huomioida mahdolliset luonnolliset tulvareitit. (Hulevesiopas. 2012, 20, 46; Vänskä 2014, 44.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittää pykälässä 103b hulevesien hallinnalle yleiset tavoitteet. Laki jakaa ne neljään pääkohtaan:

- 1) Hulevesien suunnitelmallisen hallinnan kehittäminen.
- 2) Hulevesien kerääntymispaikalla niiden imeyttäminen ja viivyttäminen.
- 3) Ympäristölle ja kiinteistöille aiheutuvien vahinkojen ehkäisy ilmastonmuutos huomioon ottaen.
- 4) Huleveden jätevesiviemäroinnistä luopumisen edistäminen.

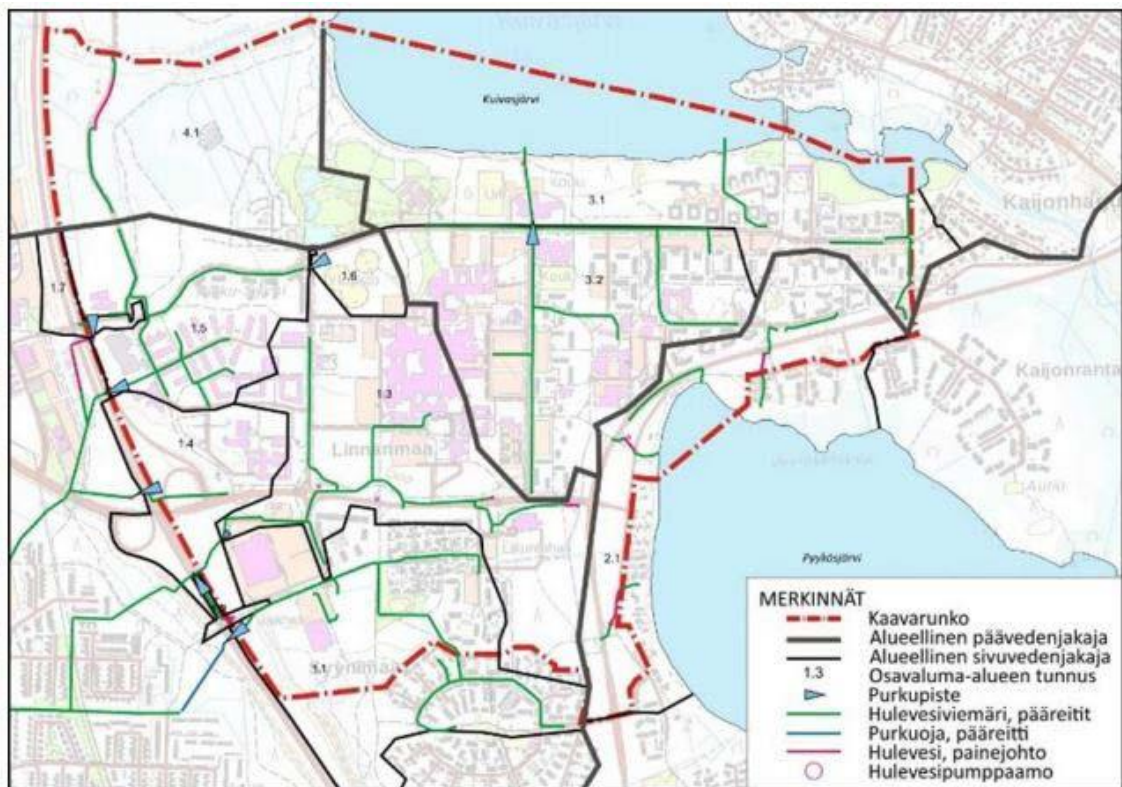
Pykälän 103i mukaan hulevesien hallinnan järjestäminen asemakaava-alueella on kunnan tehtävä. Kunnan on myös toteutettava maankäytön tarpeita vastaava hulevesijärjestelmä (103m §). (Maankäyttö- ja rakennuslaki 682/2014.) Kuitenkin jokaisen kiinteistön omistajan ja haltijan tulee hallita omat tontilta tulevat

hulevedet ja liiyyttävä kunnalliseen hulevesiviemäriverkostoon, mikäli sellainen alueella on. Vesihuoltolain 17a §:n mukaan kunta voi velvoittaa myös vesihuoltolaitoksen järjestämään huleveden viemäriverkoston, mikäli vesihuoltolaitoksella on siihen riittävät edellytykset. Kuitenkin käytännössä kunta ja vesihuoltolaitos vastaavat hulevesien käsittelystä ja viemäriverkostosta, sen kunnossapidosta ja investoinneista yhdessä. (Vesihuoltolaki 681/2014.)

Useilla kunnilla on omia hulevesistrategioita, jotka yleensä ovat joukko priorisoituja periaatteita (Hulevesiopas. 2012, 20). Myös Oulun kaupungilla on oma hulevesien hallinnan ohjeistus sekä hulevesiohjelma on valmistumassa vuoden 2020 aikana. Uusi hulevesiohjelma sisältää kaupungin oman hulevesistrategian. (Honkamaa-Eskola 2020.) Ohjeistuksessa listataan hulevesien hallinnan tavoitteiden prioriteettijärjestys: ensimmäisenä prioriteettina on kiinteistölle aiheutuvien haittojen ja vahinkojen estäminen, toisena hulevesien muodostumisen ehkäisy, kolmantena hulevesien käsittely ja hyödyntäminen syntypaikalla, neljäntenä hulevesien poisjohtaminen kiinteistöltä viivyttävällä rakenteella, viidentenä hulevesien poisjohtaminen yleisille alueille viivytettäväksi ja/tai käsiteltäväksi ennen vesistöön johtamista ja kuudentena hulevesien poisjohtaminen suoraan vastaanottavaan verkostoon tai vesistöön. (Haapalainen – Valtanen 2019, 3-4.)

Hulevesien hallinnan suunnittelu tulee huomioida kaavoitusprosessissa. Todellisuudessa yksi kaavoitusprosessin lähtökohdista tulisi olla hulevesien hallinnan suunnittelu. Kaavoitusprosessi voidaan karkeasti jakaa kolmeen vaiheeseen, yleiskaavavaihe, kaavarunko ja asemakaava. Yleiskaavan suunnitteluvaiheessa hulevesien hallinnan huomio kiinnitetään valuma-alueisiin, niiden pohjaveden muodostumisalueisiin ja vesistöihin. Mustaliuske- ja sulfidimaa-alueiden mahdolliset esiintymät tulee myös selvittää, etenkin Pohjanlahden rannikon maankohoamisalueella. Huleveden keskitetylle käsittelylle voidaan osoittaa tilavarauksia ja alueita jo tässä kaavoituksen vaiheessa. (Haapanen – Valtanen 2019, 5; Kuntaliitto. 2012, 50.)

Kaavarunkovaiheessa tehdään hulevesiselvitys. Hulevesiselvityksen tavoitteena on selvittää alueen hulevesien johtaminen yleispiirteisesti sekä periaatteet hulevesien käsittelystä. Hulevesiselvitystä tehtäessä tulee selvittää ainakin suunnittelualueen valuma-alue, alueen maankäyttö sekä vesistötarkastelu pintavesien ja pintavesiä vastaanottavan vesistön kannalta. Myös maaperäolosuhteet, happamat sulfaattimaat, pohjavesi ja sen pinnan taso ja sijainti sekä maaperän soveltuvuus hulevesien imeyttämiseen on selvitettävä. Hulevesien hallinnan tarve valuma-alueella tulee esittää myös hulevesiselvityksessä. Jo tässä kaavoituksen vaiheessa tulee huomioida hulevesien luonnolliset päävirtausreitit ja mahdolliset tulva-alueet. Tällöin kaavoituksesta saadaan hydrologisesti kestävämpi. (Kuva 10.) (Haapanen – Valtanen 2019, 6. Hulevesiopas. 2012, 49-50.)



KUVA 10. Kaavarunkoalueen hydrologiatarkastelu, esimerkkinä Linnanmaa-Kaijoharjun kaavarunko (Oulun kaupunki. 2018)

Asemakaavuvaiheessa uudiskaavoituksen yhteydessä tehdään hulevesien hallintasuunnitelma. Siinä esitetään hulevesien hallinnan periaatteet ja

hulevesien käsittelylle tehdyt aluevaraukset. Lisäksi tarkastellaan ainakin seuraavia asioita: nykytilaiset luonnolliset hulevesien virtausreitit ja valuma-alueet, hulevesitulva-alueet ja pohjavesiolosuhteet; alueelle suunniteltu rakentaminen ja sen vaikutus hulevesiin ja niiden käsittelytarpeeseen. Hulevesien hallintasuunnitelman pohjalta määräytyvät tarkat kaavamääräykset hulevesien käsittelyyn, laadulliseen puhdistustarpeeseen sekä hulevesitulvan hallintaan. (Kuva 11.) (Haapanen – Valtanen 2019, 6-7. Hulevesiopas. 2012, 52-53.)



KUVA 11. Kaavaesimerkki asemakaavan hulevesialuevarauksesta Niittyholman kaava-alueella (Oulun karttapalvelu. 2020)

Täydennyskaavoituksessa lähtökohtana on nykyisen rakennuskannan ja niiden tuottaman hulevesien hallinnan toteutumisen nykytila. Täydennyskaavoituksen hulevesien hallintasuunnitelmassa lähtökohtana on nykyinen hulevesijärjestelmä ja sen kapasiteetti, joka tulee huomioida ennen ja jälkeen rakentamisen. Hulevesien hallintasuunnitelman tulee käsitellä myös suunnitellun rakentamisen vaikutus hulevesiin eri näkökulmista ja hulevesien hallinnan yleiset tavoitteet.

Lisäksi kaavoituksessa tulee huomioida ilmastonmuutokseen varautuminen hulevesien hallinnan kannalta ja mitoittaa hulevesien hallintarakenteet sen mukaan. (Haapanen - Valtanen 2019, 7.)

3 HULEVESIALTAAT YMPÄRISTÖSSÄ

3.1 Hulevesialtaan rakentaminen ja kunnossapito

Hulevesialtaan rakentamisessa huomiota tulee kiinnittää käytettävien tuotteiden oikeellisuuteen, koska rakentamiseen valittu väärä tuote voi näkyä rakenteen toimivuudessa myöhemmin (Leskinen - Järkkä 2019, 27). Jo suunnitteluvaiheessa huomio tulee kiinnittää myös kunnossapitoon. Kaupunkialueilla hulevesijärjestelmien mitoitus perustuu kerran kahdessa vuodessa tai kerran kolmessa vuodessa toistuville sateille, jolloin vuotuinen esiintymistodennäköisyys on 50-33 %. Väyläviraston hankkeissa varaudutaan suuremman aikavälin mitoitukseen. (Hulevesiopas. 2012, 103.)

Kunnossapitoa onkin hyvä toteuttaa näiden runsaiden sateiden välillä. Hulevesiaiheen kunnossapitoa suunniteltaessa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin: järjestelmien ajantasainen rekisteröinti, mukaan lukien sijainti ja toimintaperiaate, toimintakunnon vuositarkastukset, kohdekohtaiset kunnossapidon toimenpidekortit, kunnossapitohenkilöstön kouluttaminen, kaluston ja tarvittavien dokumenttien määrittäminen sekä toimenpiteiden suorittamisen asianmukainen valvonta. (Leskinen ym. 2019, 27.)

Kunnossapito tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Hulevesirakenteiden suunnittelussa tärkeää ovat kokonaisuuden hallinta ja rakenteiden tarkoituksenmukaisuus. Hulevesirakenteiden suunnitteluratkaisut ovat paljolti rakenne- ja tapauskohtaisia. Kuitenkin on olemassa muutamia yhteisiä suunnitteluperiaatteita kaikissa rakenteissa. Pysyvän vesipinnan rakenteet vaativat riittävän suuren, yli 10 hehtaarin valuma-alueen tai muun kokoaikaisen vedentuotantolähteen. Pysyvän vesipinnan rakenteen pohjan tulee olla läpäisemätön. Se voi tulla joko luonnostaan alueen maaperän takia tai se tulee rakentaa läpäisemättömäksi. Kasvillisuudella on suuri merkitys hulevesirakenteessa, sillä ne toimivat vettä puhdistavina elementteinä ja estävät myös eroosiota. (Hulevesiopas. 2012, 172.)

Huollon ja hoidon tarve on suurempi rakennetuilla hulevesialtailla kuin luonnonmukaisemmilla viivytyrakenteilla. Huleveden kiertokulun osaksi rakennetut tasausaltaat, kaivot yms. rakenteet vähentävät kiintoaineksen kulkeutumista ja helpottavat myös kunnossapitoa. Kaikissa rakenteissa ja menetelmissä tulee mahdollistaa hallittu ylivuoto ja rakenteen mahdollinen tyhjentäminen. Kosteikoilla ja lammikoilla, joissa vesimäärät ja siten myös ylivuodon määrät ovat suuria, tulee huomioida muita menetelmiä enemmän hallittu ylivuoto ja altaan mahdollinen tyhjentäminen. (Hulevesiopus. 2012, 172.)

Viivytyksmenetelmien sijainnissa ja rakentamisessa tulee huomioida niiden huolto ja huollon helppous siten, että altaille ja kosteikoille varataan rakenteellisesti riittävä huoltotie. Kustannustehokkaimmillaan huoltotie on olemassa oleva liikenneväylä. Maanpäällisissä rakenteissa tulee huomioida niiden esteettisyys ja soveltuvuus ympäristöönsä. Rakennetulla alueella olevat viivytyjärjestelmät tulee mitoittaa siten, että ne tyhjentyvät viimeistään 24 tunnin kuluessa sateen jälkeen. (Hulevesiopus. 2012, 172.)

Hulevesialtaan hoitotoimenpiteiden aikatauluttaminen ja töiden tekeminen vaatii usein hyvin erilaista aikatauluttamista. Tämän vuoksi hulevesialtaat ja hulevesijärjestelmät kannattaa sijoittaa E -hoitoluokkaan. Onnistunut hoito edellyttää kunnossapidon asiantuntemusta ja kokonaisuudenhallintaa. Yleisesti hulevesialueiden ympäristöt sijoittuvat ympäröivän alueen hoitoluokitukseen, useimmiten A2 - tai A3-hoitoluokan puistoihin. A2 - ja A3 -hoitoluokkien ohjeistus on koottu liitteeseen 2. E-hoitoluokan toimenpiteet kootaan erikseen kohdekohtaisiin hoitokortteihin. (Hulevesiopus. 2012, 231-232; Leskinen ym. 2019, 28.)

Viheralueiden hoitoluokituksessa ollaan siirtymässä kunnossapidon RAMS-luokitukseen. Uuden RAMS-luokituksen mukaan hulevesialtaat luokitellaan suoja- ja vaihettumisviheralueeksi R4 ja niitä ympäröivät puistoalueet käyttöviheralueeksi R3. (Kosonen 2020, 14.) Tällä hetkellä hoitoluokituksen

vaihdoksessa on meneillään siirtymävaihe. Oulun kaupunki ei uutta hoitoluokitusta käyttöön vielä kuluvan vuoden aikana (Määttä 2020).

3.2 Hulevesialtaan maisemakuvallinen vaikutus

Rakennetut hulevesialtaat (kuva 12), kosteikot, lammikot, painanteet ja kaivannot toimivat hulevesien viivytysmenetelminä. Pysyvä vesipinta on kosteikoissa, lammikoissa ja altaissa, kun taas painanteet ja kaivannot kuivuvat välillä. (Hulevesiopas. 2012, 20.) Hulevesialtaan tehtävä kuivatusrakenteessa on viivyttää vettä, jolloin sen alapuolisten purkureittien virtaama hidastuu. Lisäksi sen tehtävänä on laskeuttaa kiintoainesta ja siihen sitoutuneita epäpuhtauksia, jolloin läpi virtaavan huleveden laatu paranee. Hulevesialtaista voidaan tehdä myös maisemaelementtejä, jolloin ne soveltuvat hyvin myös kaupunkimaiseen ympäristöön. Hulevesialtaiden puhdistustehossa korostuvat oikea mitoitus, rakentaminen ja ylläpito. (Hulevesiopas. 2012, 173, 224; Blecken 2016, 18.)



KUVA 12. Hulevesiallas Kuopion Saaristokaupungin asuntomessualueella (VYL. 2020)

Maisemakuvallisesti viheralueiden viihtyisyyttä ja identiteettiä voidaan lisätä avoimilla vesipinnoilla. Tällöin hulevesiallas palvelee myös esteettisenä ja virkistävänä elementtinä. (Hulevesiopas. 2012, 173.) Rakennetuilla alueilla luonnon monimuotoisuus lisääntyy hulevesikasvillisuuden avulla. Sillä on myös pienilmastoa puhdistava ja kosteuttava ja lämpötiloja tasaava vaikutus. Lisäksi monimuotoinen kasvillisuus tukee hulevesien hallinnan tavoitteita. (Juhanoja 2016, 31; Tuhkanen ym. 2019, 10.) Kasvillisuuden rooli hulevesien hallinnassa on suuri monella tapaa. Esteettisyys ja viihtyvyyden lisääminen on vain pieni osa. Kasvien käyttö hulevesien hallinnassa lisää myös luonnon monimuotoisuutta ja tasaa alueen lämpötilaa. (Ilmastonkestävä kaupunki. 2014, 7.)

Viherkatot toimivat tiheästi rakennetun ympäristön maisemakuvan vehreyttäjinä vähentäen samalla myös syntyvien kattovesien määrää sekä tasaten huleveden virtaamapiikkejä. Viherkatot voivat parhaimmillaan pidättää katolta syntyvästä hulevedestä lähes kaiken. Viherkattojen merkitys valunnan vähentämisessä korostuu etenkin erittäin tiiviisti rakennetuilla alueilla. Viherkatot tarjoavat myös lisää elinympäristöä monille pienille eläinlajeille, kuten perhosille ja mehiläisille, sekä uudenlaisia luontokokemuksia käyttäjille kattopuutarhan muodossa. Viherkatoilla on huomioitava riittävä kasvillisuuden kasvualustan tarve ja kasvilajien oikea valinta, jotta ne kasvavat ja voivat toimia hulevesien hallinnassa optimaalisesti. (Ilmastonkestävä kaupunki. 2014, 9; Hulevesiopas. 2012, 226-227.)

Kasvualustassa tulee olla mukana kevennysmateriaalia, joka pidättää vettä ja keventää kasvualustan painoa sekä lisää kasvualustan kapillaarisuutta. Katoille on myös mahdollista asentaa hulevesien keräilykennostoa, joka viivyttaa hulevesiä, tasaa niiden virtaamaa sekä varastoi vettä kasvillisuuden käyttöön kuivina aikoina. Kattopuutarhoissa ja viherkatoilla tulee huomioida alapuolisen kantavan rakenteen kuormitus. Tällaisilla kattorakenteilla on kuitenkin myös muita rakennuksen rakenteisiin vaikuttavia ominaisuuksia, kuten suurempi eristyskyky, jolloin lämmitys- ja jäähdytystarve pienenee. (Hulevesiopas. 2012, 226-227, 280-281; Saarinen 2020, 42-49.)

Esimerkiksi REDIn kattopuutarhassa Brygassa on käytetty Leca-soralla täytettyjä hulevesikennostoja sekä Leca-soramursketta on kasvualustassa, jolloin Leca-soramurskeen kosteuden sitomiskyky ja kapillaarisuus nostavat hulevesikennostoon kertynyttä vettä kasvillisuuden käyttöön tasaten kasvien veden saantia kuivempina aikoina (kuva 13). Lisäksi Leca-soramurske toimii rakenteen keventäjänä. Leca-soramurskeella kevennetty kasvualusta painaa noin 600 kg/m³ normaalin hiekkamullan painaessa noin 1 000 kg/m³. (Saarinen 2020, 46-49.)



KUVA 13. REDIn kattopuutarha Bryga (Leca. 2020)

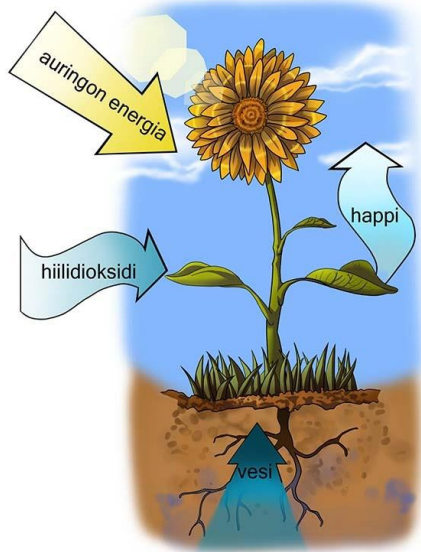
Kosteikoilla on maisemakuvallisesti ja hulevesien hallinnallisesti suuri merkitys. Ne kannattaa perustaa luontaisesti alavaan ja tulvivaan kohtaan maastossa. Kosteikosta voidaan rakentaa laskeutusaltaan ja pintavalutus Kentän yhdistelmä. Yksinkertaisimmillaan kosteikko voi olla puron tai noron padottu purku-uoma, jossa veden virtaama hidastuu ja kiintoaines laskeutuu. Kosteikot taajama-alueella lisäävät alueen monimuotoisuutta ja vetovoimaisuutta sekä luovat alueelle identiteettiä. Ne lisäävät eliölajien monipuolisuutta, kun niillä voidaan turvata maankäytön muutosten vuoksi uhanalaisia ja vaarantuneita elinympäristöjä. (Kuva 14.) (Ilmastonkestävä kaupunki. 2014, 23; Joensuu – Kauppila – Lindén – Tenhola 2019. 23; Hulevesiopas. 2012, 74, 175, 217; Tajakka 2015, 22-23.)



KUVA 14. Nummelan portin taajamakosteikko Vihdissä (Kosteikot kansalaisille. 2015)

3.3 Kasvillisuus

Kasvillisuudella on merkittävä vaikutus hulevesien vähentämisessä, koska kasvillisuudella on kyky pidättää ja hyödyntää vettä samalla lisäten haihdutusta. Etenkin sateen alkuvaiheessa vettä pidättyy kasvillisuuden pinnalle eli interseptoituu. Pidättynyt vesi poistuu haihtumalla lehtien pinnalta. Tämän vuoksi maaperään ulottuva sademäärä pienenee. Kasvillisuuden veden tarvetta lisää niiden kyky yhteyttää eli tuottaa happea. Fotosynteesin eli yhteyttämisen aikana kasvin lehdenpinnan huuliraot ovat auki, jotta kaasunvaihto onnistuu. Fotosynteesin aikana hiilidioksidi kulkeutuu lehden sisään ja lehdestä poistuu happea ja vesihöyryä. (Kuva 15.) (Hulevesiopas. 2012, 142; Tuhkanen – Ikonen – Karulinna 2019, 9.)



KUVA 15. Yhteyttämisen kaaviokuva (Tuottajat yhteyttävät 2020)

Transpiraatio eli kasvien elintoimintaan ja yhteyttämiseen liittyvä haihdunta kuluttaa paljon enemmän vettä kuin kasvi tarvitsisi rakenteeseensa ja elintoimintoihinsa, minkä vuoksi transpiraation määrä on verrannollinen kasvin kokoon. Transpiraatio lisää maa-alueen kokonaishaihduntaa merkittävästi. Kasvi haihduttaa myös lehtien ja muiden osien pinnoilta, jolloin ilmiötä kutsutaan yhdessä transpiraatiossa tapahtuvan haihduttamisen kanssa evapotranspiraatioksi. (Hulevesiopas. 2012, 142; Tuhkanen – Ikonen – Karulinna 2019, 9.)

Kasvillisuus lisää orgaanisen aineksen määrää maaperässä. Maaperän ekosysteemi muokkautuu kasvillisuuden ansiosta huokoisemmaksi, jolloin veden imeytyminen maaperään tehostuu ja veden pidätyskyky paranee. Samalla maakerros suodattaa hulevesien kiintoainesta ja sen epäpuhtauksia. Tämä on hulevesien käsittelyn ja kasvuolosuhteiden kannalta hyvä asia. (Hulevesiopas. 2012, 142; Tuhkanen ym. 2019, 9.)

Hulevesialtaissa kasvillisuudella on veden laatua parantava vaikutus. Kasvit sitovat itseensä vedessä esiintyviä epäpuhtauksia ja haitta-aineita. Kiintoaineksen sisältämät metallit sitoutuvat kasvien tuottamaan biomassaan.

Kellus- ja uposlehtiset kasvit sitovat kuparia, sinkkiä ja lyijyä, kun taas sinkki ja kadmium sitoutuvat maakasvien ja ilmaversoisten kasvien juuriin. Typen ja fosforin poistossa parasta kasvillisuutta on runsaasti hienojuuria tuottavat kasvilajit niiden ravinteidenottotehokkuutensa vuoksi. Lisäksi kasvillisuus hidastaa veden virtausnopeutta, jolloin kiintoaineksen laskeutuminen tehostuu. (Kokkila ym. 2014, 25; Hulevesiopas. 2012, 83, 175; Tuhkanen ym. 2019, 9.)

Monipuolisella kasvillisuudella saadaan aikaan monipuolisia elinympäristöjä eri eliölajeille. Hulevesialueiden käsittely avouomissa ja niiden kasvillisuudella saadaan taajamiin ekologisia käytäviä. Lisäksi monipuolisella kasvillisuudella taataan paremmat olosuhdevaihteluiden kestot. Kuntaliitto on koonnut hulevesioppaaseen erillisen kasvillisuusliitteen hulevesialueille hyvin soveltuvista kasveista. Tämän pohjalta myös Oulun kaupunki on tehnyt oman kasvillisuusohjeistuksensa. Kasvillisuuden valinnassa lajeihin tulee kiinnittää huomiota. Voimakkaasti leviävistä lajeista voi olla vuosien kuluessa haittaa enemmän kuin hyötyä. Huomioitavaa on myös kasvien kesto vaihtuvissa vesiolosuhteissa. Välillä kuivuvissa rakenteissa kasvillisuuden tulee sietää kuivuutta ja suuria kosteuden vaihteluita, kun taas pysyvillä vesipinnoilla voidaan hyödyntää rantakasvillisuutta ja rannan kasvillisuusvyöhykkeitä. (Hulevesiopas. 2012, 217, 219, 221, 223-224, 241-243.)

Hulevesialtailla kasvillisuuden tulee olla helppohoitoista ja esteettistä. Dynaamisella kasvillisuudella saadaan aikaan kerroksellinen ja näyttävä kokonaisuus käyttäen erilaisia perennoja, heiniä, puuvartisia kasveja, sipulikasveja ja yksivuotisia kasveja. Monilajisuus tekee dynaamisesta kasvillisuudesta joustavasti olosuhteiden mukaan muuntuvaa ja kestäväää. Lisäksi kasvutapa on kasvukauden ajan vaihtelevaa ja elämyksellistä. Dynaamisen kasvillisuuden soveltuvuutta hulevesialtalle lisää helppohoitoisuus, koska tavoitteena on, että kasvillisuuden kehittyminen ja menestyminen kasvupaikalla ilman intensiivistä hoitoa. Helppohoitoisuutta tukee myös kasvien tuottaman karikkeen paikoilleen jättäminen pitämään yllä paikallista ravinnekiertoa. (Karilas – Juhanoja – Tuhkanen – Tahvonen – Nieminen 2020, 24; Riikonen - Karilas 2019, 49-50.)

Hulevesien käsittely kasvipeitteisillä alueilla vähentää veden vaikutuksesta syntyvää eroosiota, koska kasvit sitovat juurillaan maan pintakerroksen. Kasvit vaativat kuitenkin juurtumis- ja kasvu-aikaa ennen kuin eroosion esto ja huleveden käsittely on mahdollista. Nopeamman juurtumisen ja eroosiosuojauksen aikaansaamiseksi kasvillisuuden kehittymistä voidaan nopeuttaa erilaisilla kasvillisuusmatoilla. Lisäksi rehevän rantakasvuston aikaansaanti yksittäisillä kasveilla on työlästä, mikä puoltaa myös valmiiden kasvillisuusmattojen käyttöä. (Eroosiomatot. 2020; Vesikasvimatot. 2020; Hulevesiopas. 2012, 158, 176, 225-226, 229.)

Myös hulevesialtaiden pohjakasvillisuuden kasvua voidaan nopeuttaa asentamalla altaan pohjalle siemenerosiomatto, joka sisältää siemenet ja niiden tarvitsemat lannoitteet. Niillä on myös eroosiosuojausta parantava vaikutus. Eroosiosuojauksessa voidaan hyödyntää myös eroosioverkkoja ja -mattoja, kuten kookosmattoa, joka lahoaa kasvien juurruttua alustaansa. Eroosiomatoilla voidaan parantaa kasvien juurtumista luiskissa ja muissa eroosioherkissä kohteissa. Eroosiomattojen avulla voidaan hulevesialtaissa vähentää myös altaan pohjan syöpymisriskiä. Altaan pohja ja reunaluiskat ovat syöpymisherkkiä etenkin rankkasateiden aikana ennen kuin altaan pohjakasvillisuus on juurtunut kunnolla. (Eroosiomatot. 2020; Hulevesiopas. 2012, 158, 176, 225-226, 229.)

3.4 Hulevesikasvillisuuden kasvualusta

Kasvillisuuden juuristo ja huleveden kasvualusta ovat kokoaikaisessa vuorovaikutuksessa, minkä vuoksi niiden tulee olla yhteen soveltuvat. Hulevesialtaiden kasvillisuudessa on merkitystä myös kasvualustalla. Kasvualustan tulee olla hyvin vettä pidättävä ja riittävän imeyttämiskykyinen. Kasvualustan partikkelien koolla, muodolla ja suhdejakaumalla on vaikutusta kasvualustan ominaisuuksiin. Suurimmat partikkelit muodostavat kasvualustaan huokosverkoston, keskikokoiset partikkelit pidättävät vettä ja huokostavat kasvualustaa ja pienet partikkelit täyttävät suurimpia huokosia ja pidättävät niissä vettä. (Luonnonkasvit ja biohiili hulevesien hallinnassa: Loppuraportti hankkeesta

Hulevesialueiden kasvit ja kasvualustat 2015-2019. 2019, 9; Hulevesiopas. 2012, 228; Saarinen 2020, 46-49.)

Vedenpidättävyyttä voidaan parantaa erilaisin rakentein, joissa viivytetään vettä. Toinen vaihtoehto vedenpidättävyyden parantamiseen on, että lisäämällä kasvualustaan vettä sitovaa materiaalia, kuten Leca-soramursketta. Myös vedenjohtavuuskyvyllä on merkitystä. Lisäksi kasvien juuret lisäävät kasvualustansa huokoisuutta, mikä vaikuttaa veden imeytymiseen kasvualustaan ja johtumiseen maassa. Kasvit lisäävät orgaanisen aineksen määrää maaperässä, mikä taas parantaa vedenpidätyskykyä. Vedenpidätyskyvyn parantaminen on kasvuolosuhteiden ja hulevesien käsittelyn kannalta hyvä. (Luonnonkasvit ja biohiili hulevesien hallinnassa: Loppuraportti hankkeesta Hulevesialueiden kasvit ja kasvualustat 2015-2019. 2019, 9; Saarinen 2020, 46-49.)

Kasvien juurten, maaperän luonnollisten mikrobien, sienten ja pieneliöstön sekä kasvualustan vuorovaikutuksessa voidaan saada tasapainoinen systeemi, joka kasvattaa maan orgaanisen hiilen määrää, parantaa sen rakennetta ja edistää ravinnekiertoa. Kasvualustalla on myös vaikutusta hulevesien ravinteiden pidätyskykyyn. Paras fosforin poistoteho saadaan kerrostetulla kasvualustalla, jossa läpäisevämpää kasvualustaa asennetaan tiiviimmän kasvualustan päälle. Typpiyhdisteet pidättyvät parhaiten kasvipeitteisissä hulevesirakenteissa. (Luonnonkasvit ja biohiili hulevesien hallinnassa: Loppuraportti hankkeesta Hulevesialueiden kasvit ja kasvualustat 2015-2019. 2019, 9-10.)

Biohiilen avulla saadaan tasattua alustan kosteusvaihteluita sitoen vettä huokospinnalleen ja haihduttaen sitä pikkuhiljaa kasvien käyttöön. Biohiili hidastaa valuman kertymistä heti sateen alettua, jolloin sen vaikutus on tulvahuippua tasaava. Vaikka biohiili sitouttaa huokospintaansa vettä, se ei lisää haihdunnan määrää sen ollessa kasvualustaan sitoutuneena. Biohiilen lisäksi kasvualustaan ei juuri vaikuta kasvillisuuden kasvuun ja kukintaan. Kasvuvaikutuksia voi olla ensimmäisenä kasvukautena tietyillä lajeilla, jolloin rikastamaton biohiili vie itselleen osan kasvien tarvitsemista ravinteista.

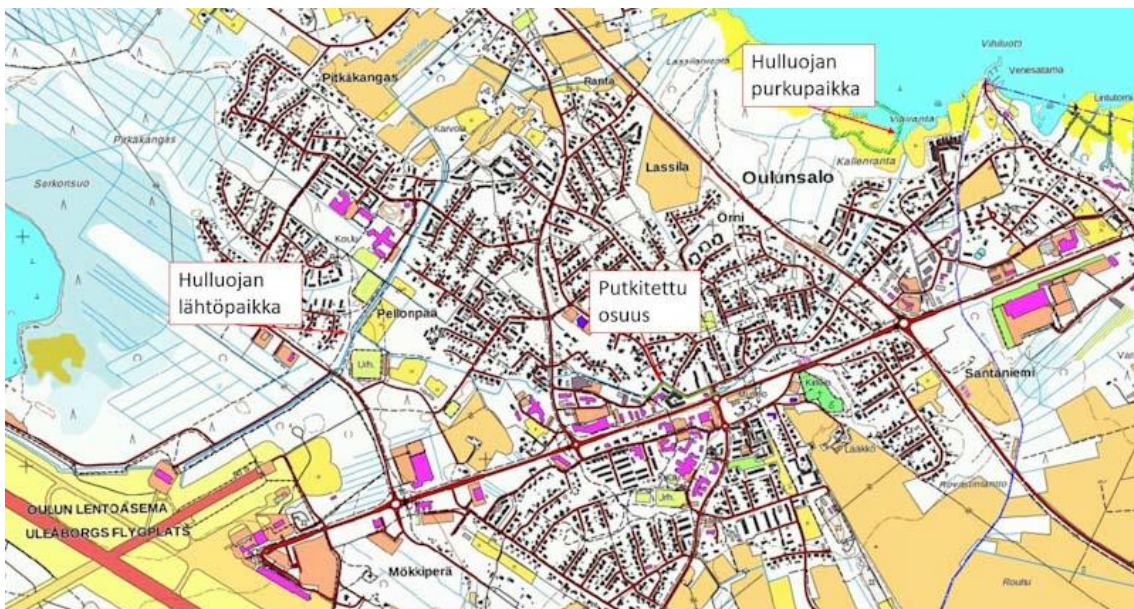
Ravinteilla rikastamaton biohiili sitoo hulevedestä ravinteita, minkä vuoksi sitä kannattaisi käyttää kasvualustassa hulevesialueilla, joilla ravinteiden sitomiskyky on tarpeen. (Juhanoja ym. 2019, 129-131; Tuhkanen ym. 2019, 10.)

Biohiilen lisääminen kasvualustaan lisäsi kasvualustan kykyä sitoa fosforia ja kokonaistypymäärää yhdessä kasvillisuuden kanssa. Biohiilen saavuttaman ravinneylläisyyden ja sen jälkeisen ravinteiden vapauttamisen aikaväli on pidempi kuin kaksi kasvukautta. Kasvillisuuden ja biohiiltä sisältävän kasvualustan käytöllä saadaan parhaat tulokset typen ja fosforin vähentämisestä. Kasvillisuus sitoo etenkin typpeä ja biohiili taas fosforia ja typpeä. Kasvualusta itsessään sitoo fosforia. (Juhanoja ym. 2019, 129-131; Tuhkanen ym. 2019, 10.)

4 HULLUOJAN HULEVESIALTAAN NYKYTILANNE

4.1 Suunnittelualueen lähtötiedot

Hulluojan hydrologinen nykytila on voimakkaasti ihmisen muovaama. Hulluojan uoma alkaa Pellonpään jalkapallokentän luota ja laskee Vihiluodossa Kempeleenlahteen. Hulluojan alku on avouomaa, joka laskee useiden rumpujen läpi, jotka silmämääräisesti ovat uomaa pienempiä. Uoma on putkitettu halkaisijaltaan 1 000 mm:n teräsputkella Lummintieltä hulevesialtaaseen, joka on Vihiluodontien jälkeen. Pituutta putkituksella on noin 400 m. (Kuva 16.) (Suvanto – Koivisto – Tuokko – Jokela – Toikkanen – Kaikkonen 2017, 15.)



KUVA 16. Hulluoja (Oulun karttapalvelu. 2020)

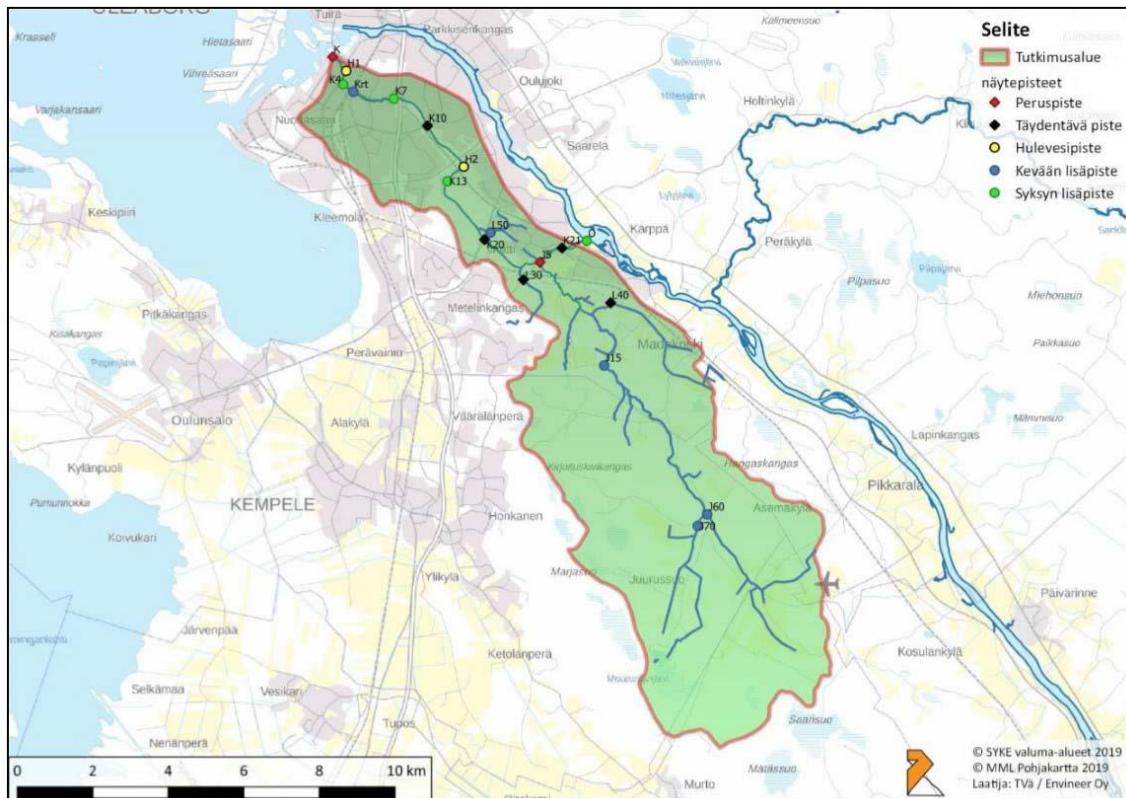
Allas ja sitä ympäröivä puistoalue on työn suunnittelualue. Se sijaitsee Lentokentäntien ja Vihiluodontien välissä, mistä se laskee koilliseen Kempeleenlahteen. (Kuva 17.) (Suvanto – Koivisto – Tuokko – Jokela – Toikkanen – Kaikkonen 2017, 15.)



KUVA 17. Suunnittelualue kartalla (Oulun karttapalvelu. 2020)

Hulluojan vesi on kiintoainespitoista. Hulluojalta ei ole selvitetty veden sisältämiä haitta-ainespitoisuuksia. Tässä työssä lähtökohtana käytetään Kaupunginojasta otettuja näytteitä ja niiden tuloksia. Kaupunginojasta otetut hulevesinäytteet antavat suuntaa myös Hulluojan huleveden laadusta. Suurin yksittäinen Hulluojan läheisyydessä oleva hulevesien haitta-ainekuormittaja on Oulun lentoasema. Se ei kuulu Hulluojan valuma-alueeseen, mikä vähentää haitta-ainekuormitusta Hulluojassa (liite 3).

Kaupunginojasta on otettu hulevesinäytteitä kahdesta eri purkupisteestä. Tässä huomioon on otettu vain hulevesipiste 2, joka vastaa vedenlaadultaan paremmin Hulluojan olosuhteita kuin hulevesipiste 1. Hulevesipiste 2 kerää vettä Knuutilankankaan ja Talonpojankankaan asutusalueilta. (Kuva 18.) (Juurus- ja Kaupunginojan kuormitusselvityksen tutkimusraportti 2020, 9, 31.)



KUVA 18. Kaupunginojan hulevesipisteen H2, sijainti kartalla (Juurus- ja Kaupunginojan kuormitus selvityksen tutkimusraportti. 2020. 9)

PH-arvo mittauspisteellä on 7, mikä kertoo huleveden olevan neutraalia. Bakteeripitoisuus voi hulevesissä olla välillä hyvinkin suuri, tässä näytteessä se kuitenkin on normaali, hieman alle 100 pmy/ 100 ml. Veteen liuenneiden suolojen määrä ilmenee veden sähkönjohtavuutena, se on makealla vedellä tyypillisesti 5-10 mS/m. Sähkönjohtavuuden arvo näytteessä on 15 mS/m, mikä on hieman makean veden tyypillistä arvoa suurempi. (Taulukko 1.) (Juurus- ja Kaupunginojan kuormitus selvityksen tutkimusraportti. 2020, 15-17.)

Kiintoainepitoisuuden määrä näytteessä on 7 mg/l, mikä ei ole merkittävästi suurempi kuin normaali arvo luonnonvesissä avovesiaikana, ottaen huomioon, että Pohjois-Pohjanmaan rannikkoalueella kiintoainepitoisuudet ovat muuta maata suurempia. Myös sadepiikit voivat lisätä kiintoainepitoisuutta hetkellisesti. Näytteen humuspitoisuus noin 5 mg/ml on normaali arvo alueella, joka ei ole

suovaltaista. (Taulukko 1.) (Juurus- ja Kaupunginojan kuormitus selvityksen tutkimusraportti. 2020, 17-18.)

Näytteestä tutkittiin seuraavat metallit: rauta Fe, mangaani Mg, arseeni As, kadmium Kd, nikkeli Ni, koboltti Co, lyijy Pb, kromi Cr, antimoni Sb, kupari Cu, sinkki Zn ja vanadiini. Merkittävimmät metallit ovat rauta Fe ja mangaani Mg, joiden pitoisuuksia analysoitiin tarkemmin. Rautapitoisuus hulevesinäytteessä on korkea, 16 000 µg/ml. Myös Hulluajan rautapitoisuus on korkea, se voidaan havaita rautapitoisena liettymisenä. Rautapitoisuus on kuitenkin hyvinkin vesistökohtainen arvo, johon vaikuttavat valuma-alueen ominaisuudet. Lisäksi kokonaismangaanin määrä on merkittävä 300 µg/ml. (Taulukko 1.) (Juurus- ja Kaupunginojan kuormitus selvityksen tutkimusraportti. 2020, 18-21.)

Näytteestä tutkittiin myös ravinnepitoisuutta. Merkittävimmät ravinteet näytteessä ovat typpi, fosfori ja fosfaatti. Kokonaistyyppimäärä tässä näytteessä on 500 µg/ml, mikä on humuspitoisella vedellä normaaleissa viitearvoissa. Kokonaisfosforin määrä koko Kaupunginojalla on suuri, minkä mukaan se on rehevä vesistö. Tässä raportissa tutkitun näytteen fosforipitoisuus on hyvin korkea, 130 µg/l. Myös fosfaattipitoisuus näytteessä on hyvin suuri, 160 µg/l, mikä sekin viittaa ylirehevöitymiseen. (Taulukko 1.) (Juurus- ja Kaupunginojan kuormitus selvityksen tutkimusraportti. 2020, 21-24.)

TAULUKKO 1. Kaupunginojan hulevesinäytteen tulokset (Juurus- ja Kaupunginojan kuormitus selvityksen tutkimusraportti. 2020)

	Ottopäivä	Lämpötila °C	pH	Lämpök. kolif. bakt. pmy/100m	COD Mn mg/l	Sähkön- johtavuus mS/m	As µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg µg/l	Mn µg/l
HV2	26.8.2019	11,5	6,9	90	4,2	16	1	0,1	0,67	1,3	2,1	16000	0,1	280
		Ni µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	V µg/l	Zn µg/l	Fosfaatti µg/l	Kiinto- aine mg/l	Ammonium- typpi µg/l	Kokonais- typpi µg/l	N. Summa µg/l	Kokonais fosfori µg/l	Väiriluku mg Pt/l	
HV2	26.8.2019	2,4	0,11	0,1	3,7	18	160	7,3	120	580	200	130	100	

Hulluoja laskee Vihiluodossa Kempeleenlahteen. Osa Kempeleenlahtea on Natura 2000 -aluetta. Myös tämän vuoksi siihen laskettavan huleveden tasoon tulee kiinnittää lisää huomiota. Kempeleenlahti on topografisesti laaja ja matala, minkä vuoksi matalaa rantavesialuetta on paljon. Lahti on arvokas lintuvesialue,

jolla pesii lintulajeja, jotka ovat levinneisyytensä reuna-alueella, kuten jouhi-, lapa- ja harmaasorsa, tukkasotka, mustapyrstökuiiri ja ruskosuohaukka. Luontotyyppiltään alueella on nähtävissä maankohoamisrannikon sukkessiosarja, jolle on tyypillistä kasvillisuutta kosteiden ja luhtaisten alueiden kasvillisuus. (Kempeleenlahden ranta. 2019.)

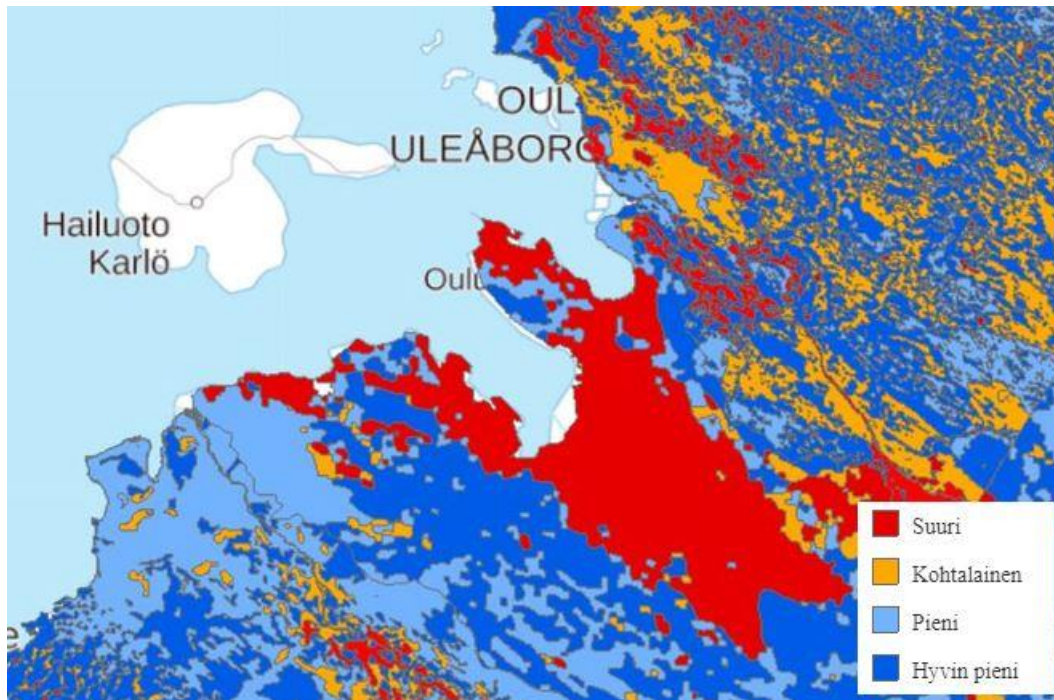
Suunnittelun lähtötietoihin selvitettiin alueen sadanta, sulanta, haihdunta ja valuntatietoja. Hulluojalta ei ole mitattu virtaamatietoja, minkä vuoksi suunnitelmien tulee perustua alueen sadantatietoihin. Hulluojan alivirtaama kuivimpana aikana muodostunee salaojajärjestelmien suotovedestä ja on oletettavasti pientä. (Heinonen 2020.)

Alueen maaperä- ja pohjavesitietoja selvitettiin paikkatietoikkunan avulla. Hulevesialtaan suunnittelualueen maaperä on pinta- ja pohjamaalajiltaan hienoa hietaa. Valuma-alue on suurimmaksi osaksi maaperältään hiekkaa. (Kuva 19.) (Paikkatietoikkuna. 2020.)



KUVA 19. Maalajikartta Hulluojan valuma-alueelta (Paikkatietoikkuna. 2020)

Alueella voi olla hapanta sulfidimaata, siitä ei kuitenkaan ole geologian tutkimuskeskuksella kairaustuloksia (kuva 20) (Geologian tutkimuskeskus 2020). Suunnittelualueella pohjavesi on matalalla aiemman rakentamisen vuoksi. Mikäli pohjavesi olisi korkealla, läheiset alikulkukäytävät tulvisivat vedestä. (Heinonen 2020, Honkamaa-Eskola 2020.)



KUVA 20. Happaman sulfaattimaan esiintymisen todennäköisyys Oulun alueella (Geologian tutkimuskeskus 2020)

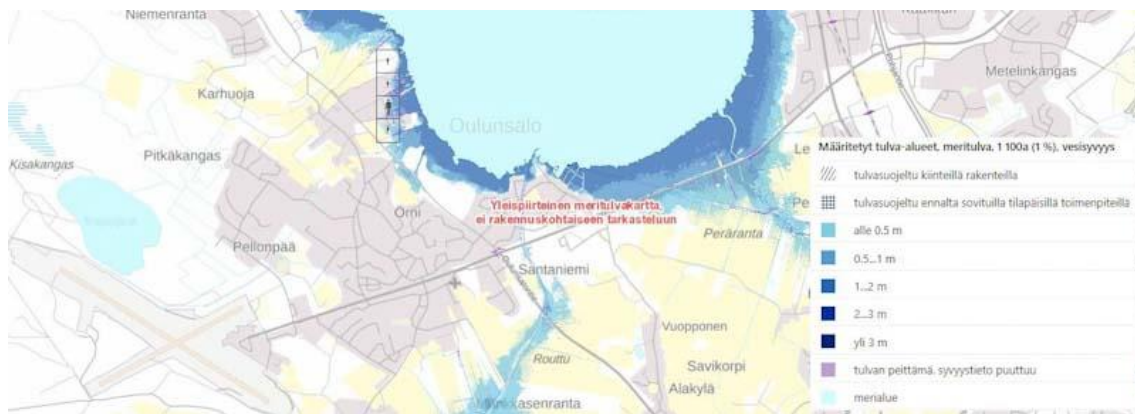
Oulunsalossa todennäköisimpiä riskitekijöitä taajamatulvalle ovat sademäärältä suuri ja pitkäkestoinen sadejakso sekä taajamaan osuva rankkasade. Hulluojan hulevesiallas ei kuitenkaan tulvisi edes kerran sadassa vuodessa mahdollisesti toteutuvassa hulevesitulvassa, koska altaaseen tuleva vesi tulee pääsääntöisesti purkuputkesta, joka padottaisi tulvan putken lähtöpäähän. (Kuva 21.) (Alustava

hulevesitulvakartta 2020.) Lisäksi putkituksen alkupään pystyrakovälpä tukkeutuessaan lisää padotusriskiä (Suvanto, ym. 2017, 15).



KUVA 21. Harvinaisen (1/100 a) hulevesitulvan mahdollisuus Hulluojan valuma-alueella (Alustava hulevesitulvakartta. 2020)

Oulunsalossa merivesitulvan todennäköisyys on myös pieni. Mahdollinen merivesitulva rajoittuisi Kallensrännän alueelle, missä Hulluoja laskee Kempeleenlahteen. Kempeleenlahteen sijoittuva merivesitulva katkaisee nopeampaa Lentokentäntien ja Oulunsalontien saartaen Oulunsalon ennemmin kuin nousee Hulluojaa pitkin hulevesialtaalle saakka. (Kuva 22.) (Tulvakarttapalvelu. 2020.)



KUVA 22. Merivesitulvan (1/100 a) mahdollisuus Oulunsalon alueella (Tulvakarttapalvelu. 2020)

4.2 Laskennallinen vesimäärä ja valuma-alue

Hulevesijärjestelmät mitoitetaan mitoitussateen tai sulannan tuottaman vesimäärän mukaan. Mitoituksessa tulee tarkastella molempien tuottamia vesimääriä ja mitoitusvirtaamia. Mitoituksen määrääväksi tekijäksi muodostuu enemmän hulevettä tuottava mitoitusmenetelmä. Määrittäviä tekijöitä mitoitussateessa ovat sateen rankkuus, kestoaika ja toistuvuus. Valuma-alueen koko vaikuttaa mitoitussateen kestoajan valintaan. Sulanta on yleensä mitoittava tekijä isommilla, yli 100 ha:n valuma-alueilla, joilla ei ole hulevesiviemäriä. (Hulevesiopas. 2012, 101. Katusuunnittelun ja rakentamisen ohjeet. 2003, 120-121.)

Sulannan määrittämiseksi käytettiin Ilmatieteenlaitoksen lumen syvyyden seurantamittauksia. Oulunsalon alueen keskimääräinen lumensyvyys on noin 20-30 cm maaliskuun puolivälissä mitattuna. (Talvien lumista ja lumisuudesta. 2020.) Suomessa lumen keskimääräinen vesiarvo on noin 200-300 kg/m³ (Leppäranta ym. 2017, 89). Lumen vesiarvon määrittämiseksi käytettiin Hydrologisen vuosikirja 2006-2010 -teoksen havaintoja. Oulunsalon alueelta ei ollut havaintoja ja lähimmät havainnot ovat Siikajoen Länkelän mittauspisteeltä, jota käytettiin havaintopisteenä. Havaintopisteen lumen vesiarvon keskiarvo vuosilta 2006-2010 on 240 kg/m². (Sjöblom 2012, 156.)

Ilmatieteenlaitoksen sadantatilaston mukaan Oulunsalon alueen vuosittainen sademäärä tarkastelujaksolla 1981-2010 on 450-500 mm (Vuositilastot. 2020). Kuitenkin Pellonpään sääasemalta saatujen sadantatietojen mukaan vuosien 2008-2012 sadannan keskiarvo on 560 mm (Havaintojen lataus. 2020). Haihdunta Pohjois-Suomessa on 150-250 mm vuodessa (Leppäranta ym, 2017, 80). Todellisia haihdunta-arvoja haettiin lähimmältä havainnointiasemalta, joka sijaitsee Siikajoen Ruukissa. Ruukissa mitattu haihdunta-arvo vuosilta 2006-2010 on 360 mm/vuosi. (Sjöblom ym. 2012, 162.) Ruukin alueella saatu suurempi haihdunta-arvo johtunee Pohjanlahden läheisyydestä. Haihdunta on suurempaa, kun käytössä on enemmän haihtuvaa vettä. (Leppäranta ym. 2017, 80.) Routasyvyys Oulun alueella on keskimäärin 40-50 cm talven aikana, kun tarkastellaan vaihteluväliä 1981-2010 (Routa Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen alueella. 2020).

Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulee huomioida mitoitustilanteessa. Mitoitussateena tulee käyttää 15-25 % suurempaa mitoitussadetta. Lisäksi tulee huomioida lumipeitteisen ajan lyheneminen sekä roudan kestoajan ja roudan syvyyden väheneminen. Oulussa nämä näkyvät etenkin talviaikaisen valunnan kasvuna lumipeitteisen ajan lyhentyessä ja runsaiden lumisateiden määrän mahdollisesti kasvaessa. Myös kesäsateet muuttuvat määrältä vähäisemmiksi, mutta rankkasateiden määrä kasvaa. Näiden muutosten myötä hulevesien hallinta muuttuu vaikeammaksi, koska valuntahuiput kasvavat. (Haapalainen ym. 2019, 9.)

Hulluojan valuma-alue tarkastelussa käytettiin Suomen metsäkeskuksen valuma-alueen määritys -työkalua. Tarkastelun pohjana oli myös Oulun vedeltä saatu Hulluojan hulevesiverkoston kartta. Todellinen valuma-alue määrittelee hyvin pitkälti Metsäkeskuksen valuma-alue työkalun avulla määriteltä aluetta, pois lukien pieni alue, jolta vesi ohjautuu pumppaamon avulla Pasko-ojaan. Valuma-alueen vesistä käytännössä kaikki tulee hulevesialtaaseen purkupuutken kautta, joka on hulevesiverkoston runkolinja. Lisäksi on pieni, 0,6 hehtaarin alue, joka laskee suoraan hulevesialtaaseen. Tämä pieni alue koostuu lähinnä

viheralueesta, jolla hulevesiallas on, ja sitä ympäröivistä teistä ja kaduista. (Valuma-alueen määrittäminen -työkalu. 2020.)

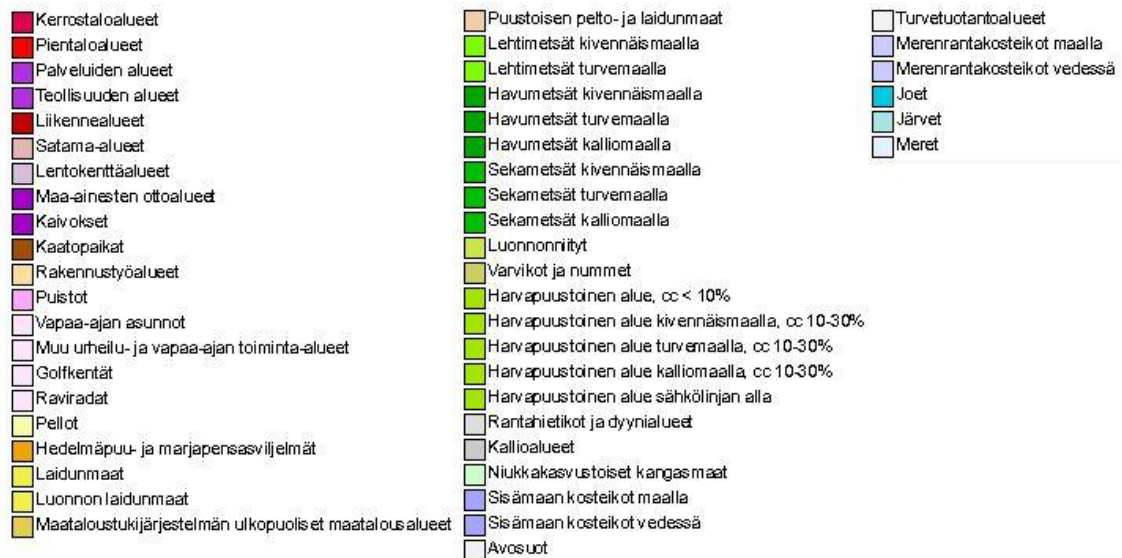
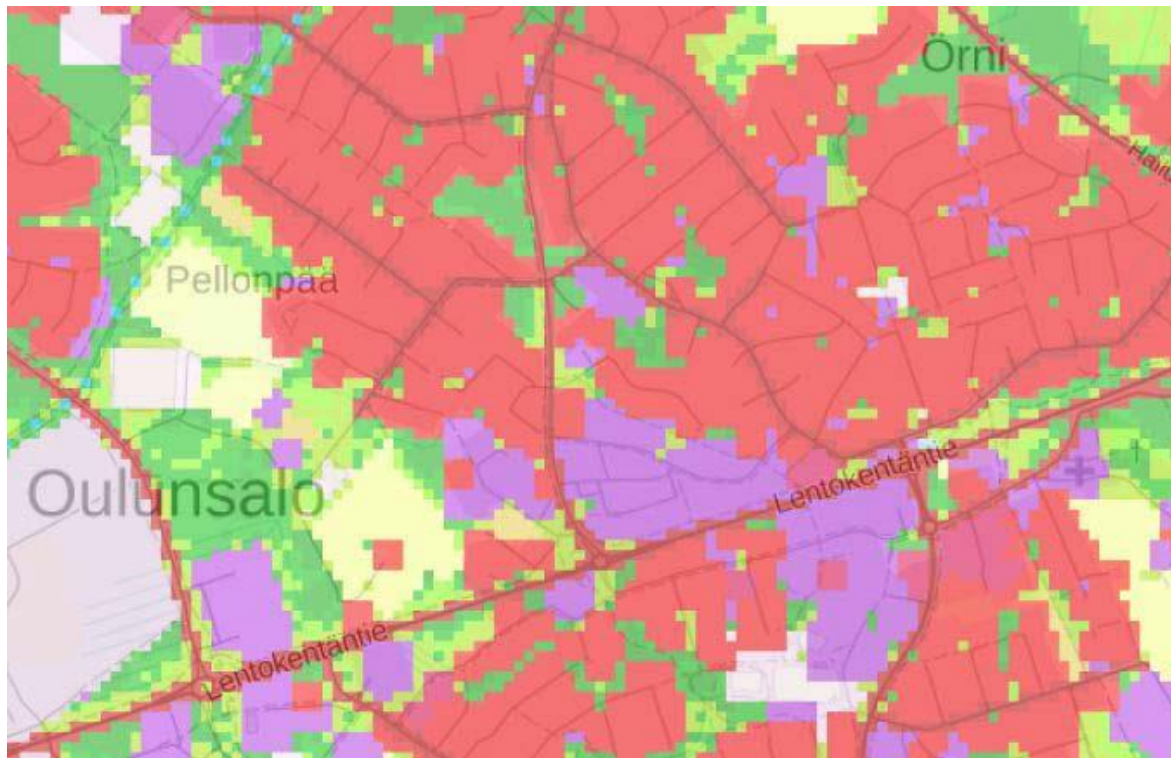
Hulluojan valuma-alue on kooltaan 79 hehtaaria. Laskelmissa käsitellään valuma-aluetta neljänä osa-alueena (liite 3). Alueiden valumakertoimet vaihtelevat paljon. Alueet ovat vaihtelevia Pellonpään peltoalueista entisen Oulunsalon kunnan keskustan alueeseen. Alueista kolmen vesi ohjautuu purkupuutken kautta hulevesialtaaseen ja yhden suoraan valuntana altaan reuna-alueilta. (Kuva 23.) (Valuma-alueen määrittäminen -työkalu. 2020.)



KUVA 23. Hulluojan valuma-alue

Valumakertoimen arvoina käytettiin katusuunnitteluohjeistuksen valumakertoimia (Katusuunnittelun ja rakentamisen ohjeet 2003, 120). Osa-alueilla valumakertoimet vaihtelevat paikallisesti paljon, joten niistä laskettiin keskiarvokerroin, jota käytettiin mitoitustavotteiden ja vesimäärän laskentaan. Alueen A1 valumakertoimeksi saatiin 0,35, alueella A2 valumakerroin on 0,46, A3:n valumakerroin on 0,44 ja alueen A4 0,1.

Corine-maanpeitekartan mukaan valuma-alue on pääsääntöisesti pientalovaltaista asutusaluetta (kuva 24) (Paikkatietoikkuna. 2020).



KUVA 24. Corine maanpeitekartta (Paikkatietoikkuna. 2020)

Mitoitusvirtaaman määrittämisessä käytettiin sateen intensiteettinä 1/2 vuodessa toistuvaa sademäärää ja sateen kestona 10-60 minuutin ajanjaksoja vaihdellen eri valuma-alueen osa-alueilla. Tällöin keskimääräinen intensiteettikerroin vaihtelee välillä 50-144. (Hulevesiopas. 2012, 111.) Mitoitusvirtaamaksi saatiin alueelta A1 0,8 m³/s, A2 1,0 m³/s, A3 0,8 m³/s ja alueelta A4 0,008 m³/s.

Tuloputken mitoitusvirtaamaksi saatiin 1,57 m³/s. Tuloputkeen ja putkesta altaaseen tuleva vesimäärä on 4 393,6 m³, mikä on suurempi kuin putken tilavuus, jolloin putki padottaa vettä lähtöpäässä. Putken patoama vesimäärä on 4 063,9 m³. Virtausnopeus altaaseen on noin 1 m/s.

Altaasta vesi laskee kevyen liikenteen väylän alittavan, halkaisijaltaan 1 000 mm teräsputkirummun kautta avouomaan, jossa se laskee Kempeleenlahteen. Maksimivirtaama purkurumpuun on sama kuin tulovirtaama, koska rummun halkaisija on sama kuin tuloputken.

Tarkastelun vuoksi laskettiin myös kevät sulannasta aiheutuvan vesimäärän valuntaa (taulukko 2). Se jäi mitoitus sadantaa pienemmäksi, jolloin mitoittava vesimäärä on mitoitus sade. Sulannan aiheuttamasta valunnasta osa imeytyy maahan, minkä vuoksi todellinen vesimäärä on pienempi.

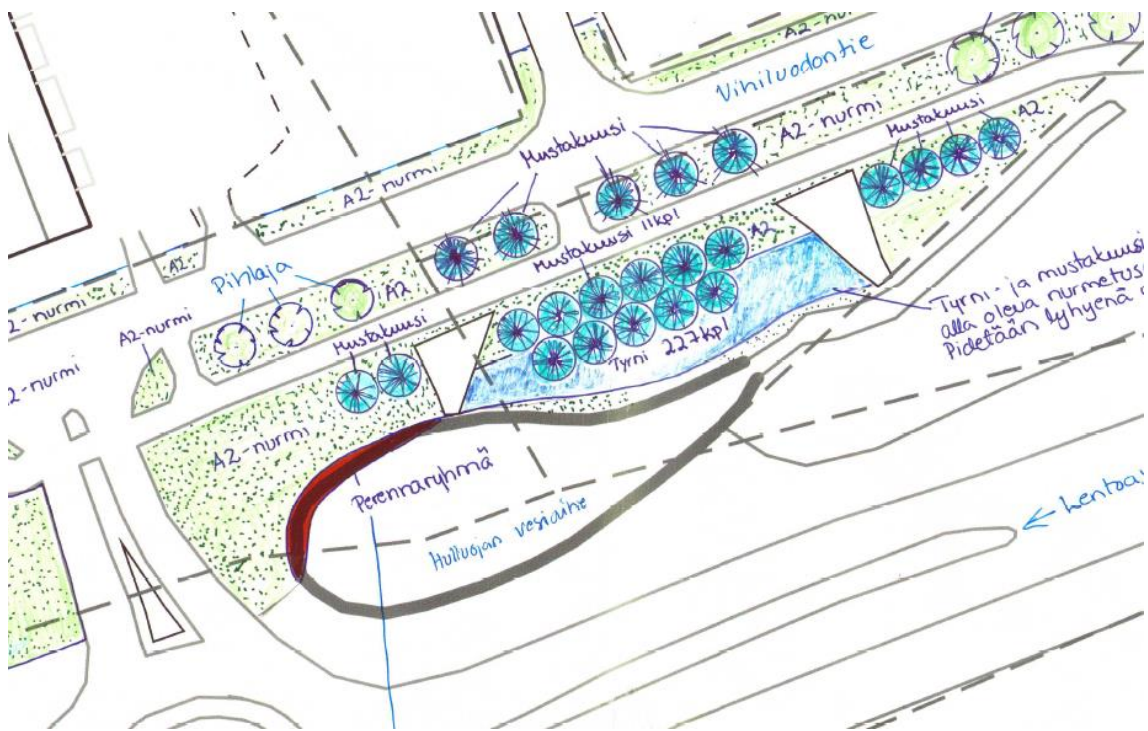
TAULUKKO 2. Sulannan aiheuttama vesimäärä

SULANNAN AIHEUTTAMA VESIMÄÄRÄ	
Lumipeitteen paksuus	0,35 m
Valuma-alueen A	78,52 ha 785200 m ²
Lumen vesiarvo	237,6 kg/m ²
Lumipeitteen vesimäärä	65297,23 m ³
Valunta päivää kohti (2 kk:n ajalla)	1088,287 m ³

4.3 Altaan nykytilanne

Hulluojan hulevesiallas on alun perin suunniteltu kauneusaltaaksi. Tällä hetkellä altaasta puhutaankin leikkisästi kauheusaltaan nimellä. Altaan muoto vastaa 2000-luvun taitteen suunnitelmia. Kasvillisuuden osalta lajisto vastaa

nykytilannetta, kun taas määrällisesti niitä on vähemmän nykytilanteessa. Toteutuksen suunnitelmien mukaisuudesta ei ole tietoa. (Kuva 25.)



KUVA 25. Vesiaiheen ja puistoalueen nykytilanteen suunnitelma (Oulun kaupungin arkisto. 2019)

Nykytilanteessa altaassa on seisova vesi, jonka purkukaivo padottaa siihen paikalleen. Etenkin kesäisin altaan vedessä kasvaa myös levää. Nämä ovat hyvin nähtävissä kuvan 26 ilmakuvasta.



KUVA 26. Ilmakuva hulevesialtaasta (Ouka Webmap. 2018)

Allasta ympäröivä puistoalue on yleisilmeeltään ränsistynyt (kuva 27).



KUVA 27. Puiston yleisilme (Sanaksenaho. 2019)

Altaasta lähtevässä purku-uomassa kasvaa raatetta ja pajua, joista etenkin pajut tekevät ilmeestä suttuisen. Kuitenkin kasvillisuudella purku-uomassa on vettä puhdistava vaikutus, koska uomaan tulevassa vedessä ja lähtevässä vedessä on selkeä kirkkausero. Altaan pohjoispuolella kasvaa huonokuntoisia kuusia ja tyrnipensaita. Eteläpuolella kasvaa hyväkuntoisia koivuja, jotka antavat alueelle enemmän puistomaista ilmettä ja rajaavat aluetta katualueesta (kuva 28).



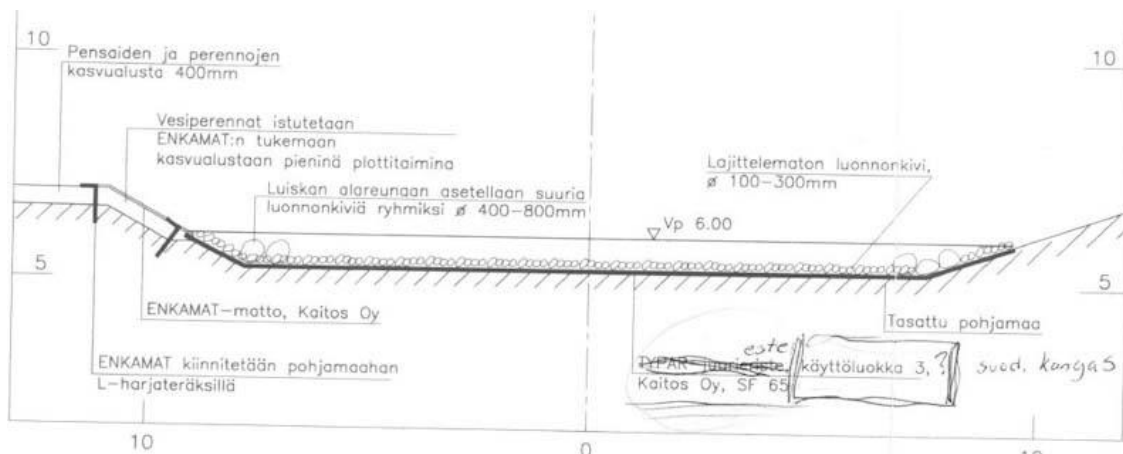
KUVA 28. Altaan eteläreunan koivut

Altaan luoteis- ja pohjoisreunalla on yhtenäinen pensas- ja perenna-alue, joka yltää vesirajan kiviin asti. Se on hoitamaton vesi- ja nurmirajasta. (Kuva 29.)
Altaan reunalla, Vihiluodontien puolella on tehostevalot, joista osa on rikki.



KUVA 29. Pohjoisreunan kasvillisuusalue

Nykyisen altaan rakenne on kunnossapidollisesti haastava. Altaan pohjalle on asennettu tasatun pohjamaan päälle juurieste/suodatinkangas. Kankaan pinnalle on asennettu lajittelematonta luonnonkiveä halkaisijaltaan 100 - 300 mm. Lisäksi luiskissa on isompia, halkaisijaltaan 400 - 800 mm:n luonnonkiviä. (Kuva 30.)



KUVA 30. Hulluojan nykyisen altaan poikkileikkaus (Oulun kaupungin arkisto. 2019)

Altaaseen tuleva vesi on kiintoainespitoista, ja se laskeutuu epätasaiselle luonnonkivipinnalle altaan pohjalle. Kiintoainesta poistettaessa allas täytyy tyhjentää laskuojan suulla olevan kaivon kautta ja kiviin kerääntynyt kiintoaines

täytyy tyhjentää imuautolla. Altaan koon vuoksi työhön kuluu useita työpäiviä, mikä tekee kiintoaineen poistosta aikaa vievää, kallista ja haastavaa. Altaan ja laskuojan reunat ovat jyrkät ja sen vuoksi vaikeita hoitaa (Kuva 31).



KUVA 31. Umpeenkasvanut ja reunoiltaan liian jyrkkä laskuoja

Etenkin tuloputken ja Pappilantien välinen luiska altaan länsipuolella on todella jyrkkä. Altaan pohjalla olevia luonnonkiviä on vesirajan yläpuolelle asti, minkä vuoksi vesiraja on vaikea hoitaa luiskajyrkkyyden lisäksi. (Kuva 32.)



KUVA 32. Länsireunan liian jyrkkä luiskaus

5 HULLUOJAN HULEVESIALTAAN KUNNOSTAMINEN

5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Opinnäytetyössä tehdyn suunnitelman tavoitteena oli laatia Hulluojalle helppohoitoinen ja hyvännäköinen hulevesiallas ja sitä ympäröivä viheralue. Lentokentätien viereinen sijainti tuo alueelle esteettisiä vaatimuksia. Lentokentätie toimii sisääntuloväylänä kaupunkiin ja laajemmallekin maakuntaan tuleville lentomatkustajille ja alueen esteettisyydellä on mahdollista vaikuttaa mielikuvaan alueesta ja koko Oulun kaupungista. Lentokentätie ja Oulunsalon keskusta-alue on yksi Oulun kaupungin tulevaisuuden kehittämiskohteista, johon on laadittu yleissuunnitelmatason selostus maankäytön, ympäristön ja liikenteen osalta. Hulevesialtaan alue on suunnitelman mukaan kunnostettava maisemallisesti virkistäväksi alueeksi. (Oulunsalon keskustan yleissuunnitelma. 2018, 14.)

Hulluojan hulevesialtaan suunnittelussa päähuomio oli altaan toiminnassa ja mitoituksessa. Tavoitteena oli allas, jossa on pysyvä pieni vesivirta koko ajan. Suuremman sateen jälkeen altaan lammikoitumisala täyttyy vedellä ja vesi viipyy siinäkin pidemmän aikaa silloin. Kunnollisten ja riittävien lähtötietojen avulla saadaan mitoitettua oikean kokoinen allas, minkä vuoksi lähtötietoja hankittiin kattavasti.

Oikeankokoiseksi mitoitettu ja oikein maastoon muotoiltu allas on toimiva ja helposti hoidettava. Oikeankokoisessa altaassa on sopiva pysyvän veden määrä ja viipymäaika. Lisäksi vedenpinnan säätely saadaan sopivalle tasolle. Viimeisenä vaiheena oli alueen kasvillisuuden ja muiden alueiden maisemankäytön suunnittelu.

5.2 Suunnittelualueen muutokset

Hulevesiallas päätettiin muuttaa alivesiuomaiseksi laskeutusaltaaksi. Allas on nykyisellään ovaalin muotoinen, ja laskuojan suulla on tyhjennyskaivo. Allas päätettiin muuttaa pitkänomaiseksi altaaksi, jossa vedenpinnan korkoa ja veden

virtausta säädellään v-aukkoisten patojen tai tyhjennysputkella varustettujen pohjapatojen avulla. Altaaseen suunniteltiin purkuputken läheisyyteen tasausallass laskeutuvalla kiintoainekselle. Tasausaltaan läheisyyteen päätettiin muotoilla altaaseen lammikoitumisaluetta siten, että siihen on helppo läjittää kuivumaan kaivinkoneella tasausaltaasta poistettu kiintoaines poiskuljetusta odottamaan. Vesitasapainoa säätelevät padot on sijoitettu tasausaltaan jälkeen ja laskuojan suulle. Pato voidaan rakentaa vaihtoehtoisesti pohjapatona, jonka alle sijoitetaan suljettava Ø 300 mm:n purkuputki polypropeenista, jonka avulla allas saadaan tarvittaessa tyhjennettyä laskuojaan.

Hulluojan hulevesiallalta ympäröivä puistoalue suunniteltiin seuraavasti: Altaan reunat luiskataan helposti hoidettavaan kaltevuuteen, noin 1:7,5, kun ne nykyisellään ovat liian jyrkät kunnolla hoidettavaksi. Myös alueen kasvillisuutta uudistetaan ja kasvilajistoa monipuolistetaan. Huonokuntoisia ja rakenteiden alle jääviä puita poistetaan ja tilalle istutetaan uusia paremmille kasvupaikoille. Alueelta poistetaan nykyiset siniset kohdevalaisimet. Osa valaisimista ei toimi tai ne ovat osittain rikki. (Liite 1.)

Altaaseen päätettiin asentaa kaksi patoa virtaaman säätämiseksi. Patojen avulla virtausnopeus saadaan niin pieneksi, että vesi viipyy altaassa 12 tuntia ja kiintoaineksen laskeutuminen mahdollistuu. V-aukkoinen pato on hyvä pienille virtaamille ja siihen voidaan myös helposti tehdä mitta-asteikko virtaaman määrittämiseksi. Tasainen padon yläpinta ja riittävä altaan syvyys mahdollistavat turvallisen ylivirtaaman. Ylivirtaamaa tulee ajoittain paljon kerralla ja sen määrä on 0,24 m³/s.

5.3 Uuden hulevesialtaan suunnittelu ja rakentaminen

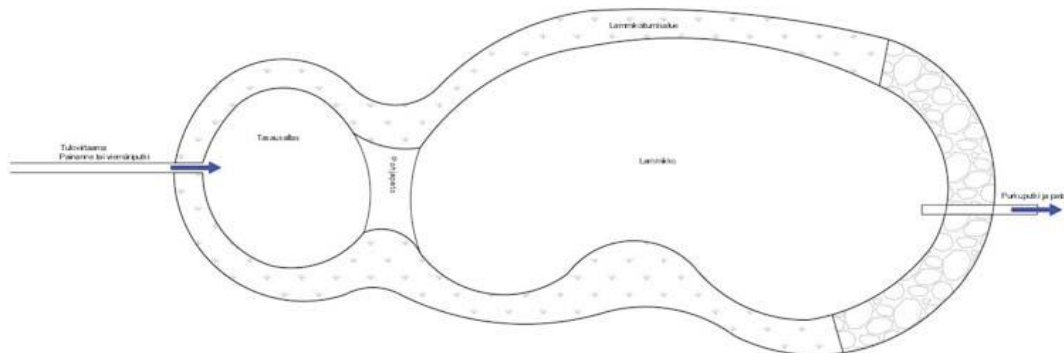
Hulevesien laskeutusaltaan optimimitoitus on 1 % valuma-alueesta, jolloin tälle alueelle optimikokoinen allas olisi 7 900 m². Näin suurta allasta ei kuitenkaan ole mahdollista toteuttaa, koska koko suunnittelualueen pinta-ala on noin 4 800 m².

Altaan minimikoko on 0,1-0,2 % valuma-alueesta eli altaan tulee täällä olla minimissään 790 - 1 570 m² (liite 4). Samalla saadaan altaan viipymäksi

keskivirtaaman aikana 1 - 2 vrk. (Hulevesiopas. 2012, 182; Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. 2015, 94.) Nykyisen altaan koko on noin 670 m², mikä on mitoituksellisesti riittämätön. Laskeutusaltaan sopivaksi syvyydeksi määritettiin 0,5 - 1,0 m.

Altaalle tuli lisäksi varata pysyvän vesipinnan alueen lisäksi lammikoitumisalue, johon vesi nousee rankempien sateiden ja suurempien valuntajaksojen jälkeen (kuva 33). Lisäksi altaan pohjaan tarvittiin alivesiuoma, jossa on vettä myös kuivimpana aikana. Uuteen altaaseen suunniteltiin alivesiuoma, jonka koko on noin 54 m² ja syvyydeksi 0,5 m, jolloin sen tilavuus olisi 27 m³. Lammikoitumisalaksi suunniteltiin 1 200 m² ja syvyydeksi 0,4 m, jolloin sen tilavuus olisi 480 m³. Altaan kokonaispinta-ala on lammikoitumisalan kokoinen ja kokonaistilavuus 507 m³. (Liite 4.)

Lisäksi altaaseen tuli tehdä tasausallas lähelle tuloputken suuta. Sen kooksi määriteltiin 10 - 15 % altaan mitoitus tilavuudesta (kuva 33). (Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. 2015, 94; Hulevesiopas. 2012, 173-174). Tasausaltaan kooksi laskettiin 51 m³. Kun sen syvyydeksi laskettiin 1,5 m, niin pinta-alaksi saadaan 34 m². Altaaseen tuloputkesta tulevan vesimäärän virtaama tulee olemaan 1,57 m³/s, jolloin vettä tulee putken täydeltä. (Liite 4.) Altaasta poistuu haihduntana jonkin verran vettä, käytännössä haihtumisen määrä vaihtelee sateen jälkeisistä oloista.



KUVA 33. Periaatekuva laskeutusaltaasta

Altaan hyvän veden puhdistustehon saavuttamiseksi sen pituuden ja leveyden optimaalisiksi mittasuhteiksi määritettiin 3:1 – 4:1, minimissään 2:1. Altaan reunaluiskan kaltevuuden tulee olla jyrkimmillään 1:4 – 1:5. Tätä jyrkempi luiskakaltevuus ei ole enää helposti hoidettavissa. (Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. 2015, 94; Hulevesiopas. 2012, 173.) Reunaluiskan kaltevuudeksi suunniteltiin noin 1:7,5. Se on vielä helposti hoidettavissa, jolloin työskentely pyöräalustaisella luiskatultakin alueelta on helppoa. Lisäksi päältä ajettavalla ruohonleikkurilla voidaan nurmi hoitaa vesirajaan asti. (Sademies-Kamppinen 2020; Ylivaikko 2020.)

Altaan koko on pieni laskennalliselle vesimäärälle noin 4 400 m³, jolloin syntyy ajoittaista ylivirtaamaa. Mitoitussateen jälkeen sitä tulee määrällisesti noin 3 887 m³ ja sen virtaama on 0,24 m³/s. Kuitenkin suunnittelualuetta ympäröivä maankäyttö estää altaan laajentamisen kyseisessä kohtaa suuremmaksi, koska reunaluiskat eivät ole enää sitten hoidettavissa. Tämän vuoksi todettiin, että hyvään puhdistustarpeeseen tarvittaisiin toinen allas alavirran puolelle laskuojaan. Tämä on nähtävissä liitteen 4 laskelmista.

Alivesiuoman ja lammikoitumisalueen pohjaan päätettiin asentaa Greenfix 7 - eroosiomatto niittysiemenillä. Eroosiomaton asennuksella voidaan varmistaa nopea pohjakasvillisuuden kasvuunlähtö, millä voidaan estää sateesta johtuvat mahdolliset eroosio-ongelmat. Eroosiomatto takaa hyvän kasvuunlähdön, mutta maatuu muutaman vuoden kuluessa, jolloin niitty on jo hyvin kasvanut. Lammikoitumisalueen pohjaan kylvetään lisäksi kaksi kukkaniittyaluetta. Kukkaniityn siemenseoksena käytetään Rantaniitty-siemenseosta. Rantaniitty-siemenseos soveltuu kosteille niityille, jotka kuivuvat välillä ja välillä ovat veden vallassa.

5.4 Suunnitellun uuden altaan kunnossapito ja kunnossapidon tavoitteet

Uuden altaan kunnossapito suunniteltiin toimivaksi, nykyaikaiseksi ja kustannustehokkaaksi. Altaaseen suunniteltu lietetasku kerää suurimman osan kiintoaineesta. Tasausaltaan sijainti altaassa suunniteltiin siten, että sen tyhjentäminen onnistuu altaan reunalta pyöräalustaisella kaivinkoneella.

Tasausaltaan ja lammikoitumisalan sijoittelussa huomioitiin kaivinkoneen ulottuma, jotta alueella tarvitsisi liikkua koneella mahdollisimman vähän. Laskeutuneen kiintoaineksen määrää ja puhdistustarvetta seurataan tarkkailemalla kiintoaineksen pinnan nousua tasausaltaassa.

Kiintoaineksen tasausallas tyhjenetään, kun kiintoaineksen pinta saavuttaa padon purkuputken vesijuoksunkoron. Tyhjennystä varten altaasta tyhjenetään pintavesi. Irronnut kiintoaines nostetaan lammikoitumisalan tasanteelle kuivumaan, josta se lastataan seuraavana päivänä kuorma-auton lavalle ja kuljetetaan jatkokäyttöön muualle. Kiintoaineksen luiskaaminen altaan reunoille ei ole alueella mahdollista esteettisyyden vuoksi. Altaan pohjoisreunalle, Vihiluodontien puolelle suunniteltiin rakennettavaksi erillinen kantava kunnossapitoalue vastaavalla tavalla kuin pelastusajoneuvojen paikat puistojen viheralueelle.

5.5 Kunnossapidon kustannusten muutokset

Nykyisen altaan kunnossapito on haastavaa ja kallista siihen tulevan veden kiintoainespitoisuuden ja altaan luonnonkivipohjan vuoksi. Puhdistusta varten allas on tyhjenetty laskuojan suulla olevan tyhjennyskaivon avulla. Vesityhjennyksen jälkeen altaan pohjalla oleviin luonnonkiviin kertynyt kiintoaines on pumpattu pois imuautolla. Kiintoaineksen poistoon on kulunut useita työpäiviä. Yksi tyhjennyskerta on maksanut useita tuhansia euroja. Altaasta on poistettu kiintoainesta kerran tai kaksi vuodessa, lukuun ottamatta paria viime vuotta, jolloin sitä ei ole poistettu kustannussyistä ollenkaan. (Leskinen 2020.) Tällä hetkellä altaan pohjaan on kertynyt runsaasti kiintoainesta.

Uuden altaan kunnossapito suunniteltiin tehtäväksi kerran vuodessa, syyskesällä kuivimpaan aikaan. Kiintoaineksen poisto kaivinkoneella kestää laskennallisesti alle tunnin, todellisuudessa kuitenkin 2 - 3 tuntia, koska kiintoaines on vetistä ja tasausaltaan vesi sekoittuu joka kiintoaineksen nostokerralla. Kiintoaineksen poisajo ja mahdollinen jälkien siistiminen täytyy tehdä seuraavana päivänä, jolloin kiintoaines on lastattavissa. Tämä kestää myös muutaman tunnin. Huolto tulee olemaan varsin nopea toimenpide verrattuna nykytilanteeseen. Huollon tarve

voidaan arvioida tasausaltaan kiintoaineksen määrällä. Tyhjennys on tarpeen, kun pohjaan laskeutuneen kiintoaineksen pinta saavuttaa padon purkuputken vesijuoksukoron.

Kustannusarvion altaan tyhjennykselle arvioitiin olevan noin 350 €, tarkempi laskelma on liitteessä 5. Kustannusarvion mukaan uuden altaan kunnossapito on siis huomattavasti halvempaa kuin entisen, sillä vanhan altaan yksi huoltokerta on kestänyt useita työpäiviä ja maksanut arviolta noin 3 000 € ja uuden altaan huoltokerta vie kahtena työpäivänä puoli päivää, eli ajallisesti altaan huolto vie tulevaisuudessa paljon vähemmän aikaa.

Tulevaisuudessa altaan huollon ajankäyttö tulee suunnitella hyvin: Tasausaltaan tyhjennyksen jälkeen jää puoli päivää turhaa aikaa, jolloin ei kuitenkaan kannata kalustoa kuljettaa kauaksi. Hyvällä työsuunnittelulla onkin saavutettavissa lisää kustannussäästöjä, eli samalla kertaa kannattaa tehdä joitakin pieniä kunnostustöitä lähimaastossa.

5.6 Hulevesialtaan ympäristösuunnitelma

Hulevesialtaan ympäristöstä suunniteltiin puistomainen A2 - hoitoluokan viheralue. Alueesta tehdään viihtyisä ja helppohoitoinen ympäristöönsä soveltuva alue. Altaan reunat luiskataan riittävän loiviksi, jotta ne on helppo hoitaa vesirajaan asti ruohonleikkurilla. Lentokentäntien puoli jää jyrkemmäksi ja hoidoltaan vaikeammaksi kuin Vihiluodontien puoli.

Alueelta poistetaan huonokuntoista ja rakenteen alle jäävää puustoa. Alueelle, altaan ympärille istutetaan uusia puita, visakoivuja, Betula Pendula var carelica sekä metsäkuusia, Picea Abies. Altaan etelä- ja lounaisreunalle istutetaan yhtenäinen pensasalue peittopajusta, Salix x Aurora 'Tuhkimo'. Lammikoitumisalueelle istutetaan kaksi perenna-aluetta dynaamisen istutustavan periaatteella seuraavista luonnonvaraisenakin esiintyvistä lajeista: kullero, Trollius europeaus; kurjenjalka, Potentilla palustris; ruohokanukka, Cornus suecica; ranta-alpi, Lysimachia vulgaris ja rantakukka, Lythum salicaria. Dynaamisen istutustavan periaatteella perennojen hoitaminen helpottuu ja kasvit

saavat levitä luonnollisesti. Dynaamisen kasvutapa antaa kasvillisuudelle mahdollisuuden kehittyä luonnonmukaisesti. (Riikonen ym, 2019.)

Lammikoitumisalueen luiskaan suunniteltiin luonnonkivistä tehtyjä kiviryhmiä. Kivien alle asennetaan välppäkivituhkan ja Organic Lockin seos. Organic Lockin avulla kivituhka sitoutuu paikoilleen myös alueen ollessa veden alla. (Liite 1.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Hulluojan hulevesiallas ei yksistään riitä puhdistamaan ja tasaamaan 1/2 vuodessa esiintyviä tulvahuippuja. Parempaa puhdistustehoa varten tarvittaisiin laajempi allas, jonka rakentaminen ei ole mahdollista nykyisen maankäytön vuoksi. Tämän vuoksi laskuojaan kannattaisi rakentaa toinen allas puhdistustehon parantamiseksi.

Työn päätarkoitus oli tehdä Hulluojan hulevesialtaalle kunnostussuunnitelma. Rakentamissuunnitelmatasoisien suunnitelman tuottaminen tällä aikaikkunalla ja ilman hulevesien mallinnusohjelmia osoittautui liian vaikeaksi. Tuloksena on yleissuunnitelmatasoinen suunnitelma, jonka pohjana ovat manuaalisesti lasketut veden virtausmäärät. Yleissuunnitelman pohjalta tehdään myöhemmin rakennussuunnitelma, jonka pohjalta allas toteutetaan.

Hulluojan hulevesialtaan koon suunnittelun haasteena oli altaan alueen maantieteellinen sijainti maankäytöllisesti rajatulla alueella. Alueelle ei yksinkertaisesti mahdu riittävän isoa allasta, jotta syntyvä hulevesi voisi puhdistua kunnolla ja alue olisi toimiva ja viihtyisä. Hulevesivirtaaman minimi- ja mitoitusvirtaaman vaihtelu on suurta, minkä vuoksi altaasta suunniteltiin alivesiuomainen allas, jolla on tilaa lammikoitua laajemmalle. Virtaamaa säädellään v-aukkoisilla padoilla, joissa on ylivirtausmahdollisuus, joka tulee käyttöön jo kerran kahdessa vuodessa toistuvan mitoitussateen jälkeen. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää pohjapatoja, joiden alle asennetaan purkuputket, jotka mahdollistavat altaan tyhjentämisen kokonaan tarpeen vaatiessa. Padoista saadaan helposti toimivia ja hyvin ympäristöönsä soveltuvia ulkonäkönsä puolesta.

Hulluojan hulevesialtaasta suunniteltiin ajoittain lähes kuivuva alivesiuomainen allas, koska alueen minimivirtaama on todella pientä. Altaaseen suunniteltiin alivesiuoman ympärille lammikoitumistila, jolle altaan vesi nousee mitoitussateen jälkeen. Altaaseen tulevaa vettä rajoittaa tuloputken koko, joka padottaa vettä putken alkupäähän jo 1/2 vuodessa toistuvalla mitoitussateella. Altaaseen tulee

kuitenkin mitoitussateen aikana niin paljon vettä, että syntyy myös ylivirtaamaa, jonka vuoksi osa mitoitussateen vedestä virtaa suoraan altaan läpi.

Hulevesiallasta ympäröivästä alueesta suunniteltiin viihtyisä puistoalue, jonka läpi uoma virtaa. Alueen kasvillisuuden uusiminen parantaa sen esteettisyyttä ja viihtyisyyttä. Alueen sijainti Lentokentäntien varrella tuo Ouluun tuleville matkailijoille ensimmäisiä mielikuvia koko kaupungista. Lisäksi Oulunsalon keskusta-alueelle on tehty maankäytön, ympäristön ja liikenteen kehittämisen yleissuunnitelma, jossa Hulluojan hulevesiallas on suunniteltu kunnostettavaksi alueeksi. Tämän vuoksi työn ajankohtaisuus korostuu entisestään.

Suunnittelualueen istutukset ja niittyalueiden kukkivat kukat, perennat ja pensaat tuovat väriä ja näyttävyyttä alueelle. Lisäksi dynaamisen kasvutavan perennaistutukset ovat helppohoitoisia samoin kuin alueen tulvaniittyjen kukkivat luonnonkasvit. Kasvit estävät myös hulevesialtaan pohjan ja reunaluiskojen eroosiota. Kasveilla on vettä haihduttava ja puhdistava vaikutus. Kasvit sitovat juuriensa avulla typpeä ja fosforia vedestä. Lisäksi niiden varret ja lammikoitumisalueen luonnonkivet hidastavat veden virtausnopeutta, jolloin kiintoaines laskeutuu paremmin.

Hulluojan hulevesialtaan huolto on helppoa, kun sen voi tehdä pyöräalustaisella kaivinkoneella ja huoltotoimenpide on nopea. Huolto on nopeampaa ja kustannustehokasta nykytilanteeseen verrattuna. Huollon tarpeen arviointi on helppoa, kun tasausaltaaseen asennetaan purkuputki, jonka avulla allas saadaan tyhjäksi. Kun pohjaan laskeutuneen kiintoaineen pinta saavuttaa tasausaltaan purkuputken vesijuoksun koron, kiintoaineen poisto altaasta on tarpeen.

LÄHTEET

Alustava hulevesitulvakartta. 2020. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <https://syke.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fef71dd3f1334234be77d5ea1260e374>. Hakupäivä 1.4.2020.

Blecken, Godecke 2016. Kunskapssammanställning dagvattenrening. Svensk Vatten Utveckling. Rapport nr 2016-05. Bromma.

Eroosiomatot 2020. Eg-trading. Saatavissa: <https://www.eg-trading.fi/content/eroosiomatot>. Hakupäivä 1.4.2020.

Geologian tutkimuskeskus. 2020. Saatavissa: <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>. Hakupäivä 1.4.2020.

Haapalainen, Julia – Valtanen, Marjo 2019. Oulun kaupunki – Hulevesien hallinnan suunnitteluohje. Ramboll: Oulu.

Heinonen, Jukka 2020. Suunnitteluinsinööri, Oulun vesi. Haastattelu. 24.3.2020.

Honkamaa-Eskola, Marjo 2020. Projekti-insinööri, Oulun kaupunki. Haastattelu 9.4.2020.

Hulevesijärjestelmät. Uponor. Saatavissa: <https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot>. Hakupäivä 3.11.2019 ja 3.2.2020.

Huleveden viemärointi. 2020. HSY. Saatavissa: <https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/kodinvesiasiat/hulevesi/huleveden-viemarointi/Sivut/default.aspx>. Hakupäivä 22.1.2020.

Hulevesiopas. 2012. Suomen kuntaliitto. Helsinki. ISBN 978-952-213-896-5. Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/hulevesien-hallinta/hulevesiopas-1>. Hakupäivä 12.3.2019.

Hydrologinen vuosikirja 1969-1970. 1972. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja. Vesihallitus. Helsinki.

Ilmastonkestävä kaupunki. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito. Ohjejulkaisu. 2014. Hakupäivä 12.2.2020.

Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia. 2020. Ilmasto-opas. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/ilmastonmuutos-sekoittaa-suomen-vesipalettia.html>. Hakupäivä 1.4.2020.

Havaintojen lataus. 2020. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>. Hakupäivä 15.1.2020.

Joensuu, S – Kauppila, M – Lindén, M – Tenhola, T 2019. Metsänhoidon suositukset vesiensuojeluun, työopas. Tapion julkaisuja. Päivitetty painos. ISBN 978-952-5632-72-9. Saatavissa: <https://www.metsanhoitosuosituks.fi/suosituks/vesiensuojelu/>. Hakupäivä 27.3.2020.

Juhanoja, Sirkka 2016. Istutukset tukevat hulevesialueiden kasvittumista. Viherympäristö 6/2016. Helsinki: Viherympäristöliitto

Juurus- ja Kaupunginojan kuormitus selvityksen tutkimusraportti. 2020. Envineer. Oulu: Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut.

Karilas, Aino – Juhanoja, Sirkka – Tuhkanen, Eeva-Maria – Tahvonen, Outi – Nieminen, Jere 2020. Vilkasta keskustelua taimipäivillä. Viherympäristö. 1/20. Helsinki: Viherympäristöliitto.

Katusuunnittelun ja rakentamisen ohjeet. 2003. Suomen kuntatekniikan yhdistys. Katu 2002 – Katusuunnittelun ja rakentamisen ohjeet. Helsinki.

Kempeleenlahden ranta. 2020. Ympäristöhallinto. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fi->

FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Kempeleenlahden_ranta(17484).
Hakupäivä 5.2.2020.

Kokkila, Mervi – Tahvonen, Outi 2014. Huleveden laatu. Viherympäristö 2/2014.
Helsinki: Viherympäristöliitto.

Kosonen, Pirjo. Uusi viheralueiden kunnossapitoluokitus. Viherympäristö 1/20.
Helsinki: Viherympäristöliitto.

Laskeutusaltaat ja kosteikot. 2015. Teoksessa Järvenpää, Lasse – Savolainen, Mika (toim.). Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. 2. päivitetty painos. 2015. Suomen ympäristökeskus, vesikeskus. Helsinki. 2015. Saatavissa: www.syke.fi/julkaisut. Hakupäivä 12.2.2020.

Leppäranta, Matti – Virta, Juhani – Huttula, Timo 2017. Hydrologian perusteet. Helsingin yliopisto, Fysiikan laitos; Suomen ympäristökeskus (SYKE), Helsinki, Jyväskylä. Hakupäivä 30.1.2020.

Leskinen, Jouni 2020. Kunnossapitoinsinööri, liikenneväylät, Kempeleen kunta. Puhelinhaastattelu 7.2.2020.

Leskinen, Pekka – Järkkä, Heidi 2019. Hulevesiaiheiden rakentamisen ja kunnossapidon erityispiirteitä. Viherympäristö 3/19. Helsinki: Viherympäristöliitto.

Lundy, Lian 2017. Urban water and sediment quality. Teoksessa Sustainable Water Management: A Handbook for SUDS. Wiley Blackwell. Oxford.

Luonnonkasvit ja biohiili hulevesien hallinnassa: Loppuraportti hankkeesta Hulevesialueiden kasvit ja kasvualustat 2015-2019. 2019. Juhanoja, S – Tuhkanen, E-M, toim. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimuskeskus 44/2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. Saatavissa:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&>

search%5Bpika%5D=maank%C3%A4ytt%C3%B6%20ja%20rakennuslaki.
Hakupäivä 14.2.2020.

Määttä, Anne 2020. Suunnitteluhortonomi, Oulun Infra, ympäristöpalvelut.
4.4.2020.

Oulun kaupungin katusuunnitteluohje. 2014. Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja
ympäristöpalvelut. Oulun kaupunki.

Oulunsalon keskustan yleissuunnitelma. 2018. Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja
ympäristöpalvelut. Oulu: Linja Arkkitehdit.

Paikkatietoikkuna. 2020. Saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>.
Hakupäivä 5.2.2020.

Pohjaveden esiintyminen ja muodostuminen. 2020. Suomen ympäristökeskus.
Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pohjavesien_tila/Pohjaveden_esiintyminen. Hakupäivä 12.3.2020.

Riikonen, Anu - Karilas, Aino 2019. Dynaamiset istutukset – uusia haasteita
kasvualustarakentamiseen. Viherympäristö 6/19. Helsinki: Viherympäristöliitto.

Betonikivet ja antiikkikivet – tyylikkäillä kiveyksillä viihtyisä piha. Rudus.
Saatavissa: <https://www.rudus.fi/tuotteet/pihakivet-ja-maisematuotteet/betonikivet>. Hakupäivä 3.2.2020.

Saarinen, Sirkka 2020. Vuoden ympäristörakenne 2019, Bryga on yleisölle
avoin puisto katolla. Betoni 1/2020. Helsinki: Betoniteollisuus ry.

Sademies-Kamppinen, Jenni 2020. Vihertyönjohtaja, hortonomi AMK, VRJ
Pohjois-Suomi Oy. Haastattelu 1.3.2020.

Sjöblom, Heidi 2012. Sadanta ja lumen vesiarvo. Teoksessa Korhonen,
Johanna – Haavanlammi, Elisa (toim.). Hydrologinen vuosikirja 2006-2010.
Suomen ympäristökeskus, vesikeskus, sisävesiyksikkö. Helsinki. 2012. ISBN

978-952-11-3988-8. Saatavissa: www.ymparisto.fi/julkaisut. Hakupäivä 3.2.2020.

Sjöblom, Heidi – Järvinen Jukka 2012. Haihdunta. Teoksessa Korhonen, Johanna – Haavanlammi, Elisa (toim.). Hydrologinen vuosikirja 2006-2010. Suomen ympäristökeskus, vesikeskus, sisävesiyksikkö. Helsinki. 2012. ISBN 978-952-11-3988-8. Saatavissa: www.ymparisto.fi/julkaisut. Hakupäivä 3.2.2020.

Sorvali, Jaana 2014. Ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus. Tutkimusraportti. Saatavissa: [https://mmm.fi/documents/1410837/1516663/Ilmastonmuutoksen_haitalliset_vaiikutukset_ja_toimialojen_haavoittuvuus_raportti_\(final\).pdf/7f1a2e21-a4cb-48e6-aff4-d92dc770240a/Ilmastonmuutoksen_haitalliset_vaikutukset_ja_toimialojen_haavoittuvuus_raportti_\(final\).pdf.pdf](https://mmm.fi/documents/1410837/1516663/Ilmastonmuutoksen_haitalliset_vaiikutukset_ja_toimialojen_haavoittuvuus_raportti_(final).pdf/7f1a2e21-a4cb-48e6-aff4-d92dc770240a/Ilmastonmuutoksen_haitalliset_vaikutukset_ja_toimialojen_haavoittuvuus_raportti_(final).pdf.pdf). Hakupäivä 13.2.2020.

Routa Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen alueella. 2020. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <http://wwwi3.ymparisto.fi/i3/tilanne/FIN/routa/PPO.htm>. Hakupäivä 6.2.2020.

Suvanto, Sari - Koivisto, Kari - Tuokko, Niina - Jokela, Hannu - Toikkanen, Eliisa - Kaikkonen, Mikko 2017. Oulun kuivatuksen ongelma-alueiden yleissuunnitelma. Oulu: Ramboll.

Tahvonen, Outi 2016. Huleveden hallintamenetelmän valinta – viherkatto, kasetti vai sadepuutarha. Viherympäristö 4/2016. Helsinki: Viherympäristöliitto.

Tajakka, Hanna 2015. Kosteikoilla monenlaista merkitystä viheralueverkostossa. Viherympäristö 2/2015. Helsinki: Viherympäristöliitto.

Talvien lumista ja lumisuudesta. 2020. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lumitilastot>. Hakupäivä 3.2.2020.

Tuhkanen, Eeva-Maria – Ikonen, Liisa – Karulinna, Marika 2019. Kasvillisuus ja biohiili huleveden hallinnassa. Viherympäristö 3/19. Helsinki: Viherympäristöliitto.

Tulvakarttapalvelu. 2020. Tulvakeskus. Saatavissa: http://paikkatieto.ymparisto.fi/tulvakartat/Viewer/Index.html?Viewer=Tulvakartat_suppea. Hakupäivä 1.4.2020.

Tuomenvirta, H – Haavisto, R – Hildén, M – Lanki, T – Luhtala, S – Meriläinen, P – Mäkinen, K – Parjanne, A - Peltonen-Sainio, P - Pilli-Sihvola, K – Pöyry, J – Sorvali, J – Veijalainen, N. 2018. Sää- ja ilmatoriskit Suomessa – Kansallinen arvio. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 43/2018. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.

Valuma-alueen määrittäminen -työkalu. Suomen metsäkeskus. Saatavissa: <https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=4ab572bdb631439d82f8aa8e0284f663>. Hakupäivä 5.2.2020.

Vesihuoltolaki. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=vesihuoltolaki>. Hakupäivä 22.1.2020.

Vesikasvimatot. 2020. Eg-trading. Saatavissa: <https://www.eg-trading.fi/content/vesikasvimatot>. Hakupäivä 1.4.2020.

Vuositilastot. 2020. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot>. Hakupäivä 3.2.2020.

Vänskä, Eeva 2014. Viheralueet tärkeitä hulevesien hallinnassa. Viherympäristö 1/2014. Helsinki: Viherympäristöliitto.

Ylivaikko, Jarno 2020. Kaivinkoneen kuljettaja, VRJ Pohjois-Suomi Oy. Puhelinhaastattelu. 31.3.2020.

LIITTEET

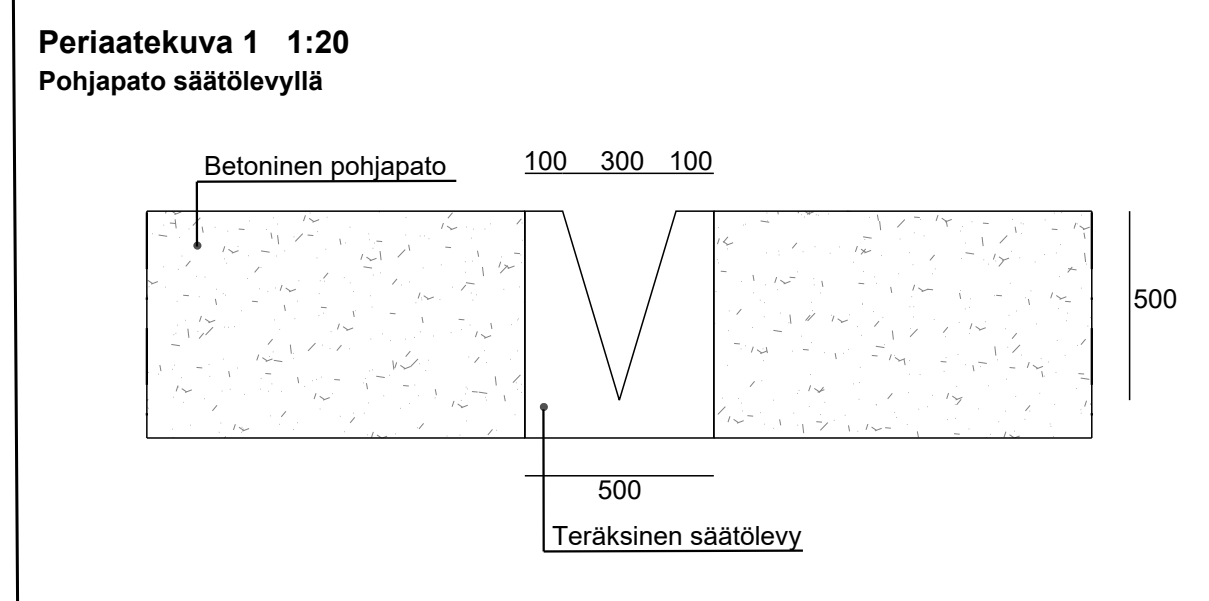
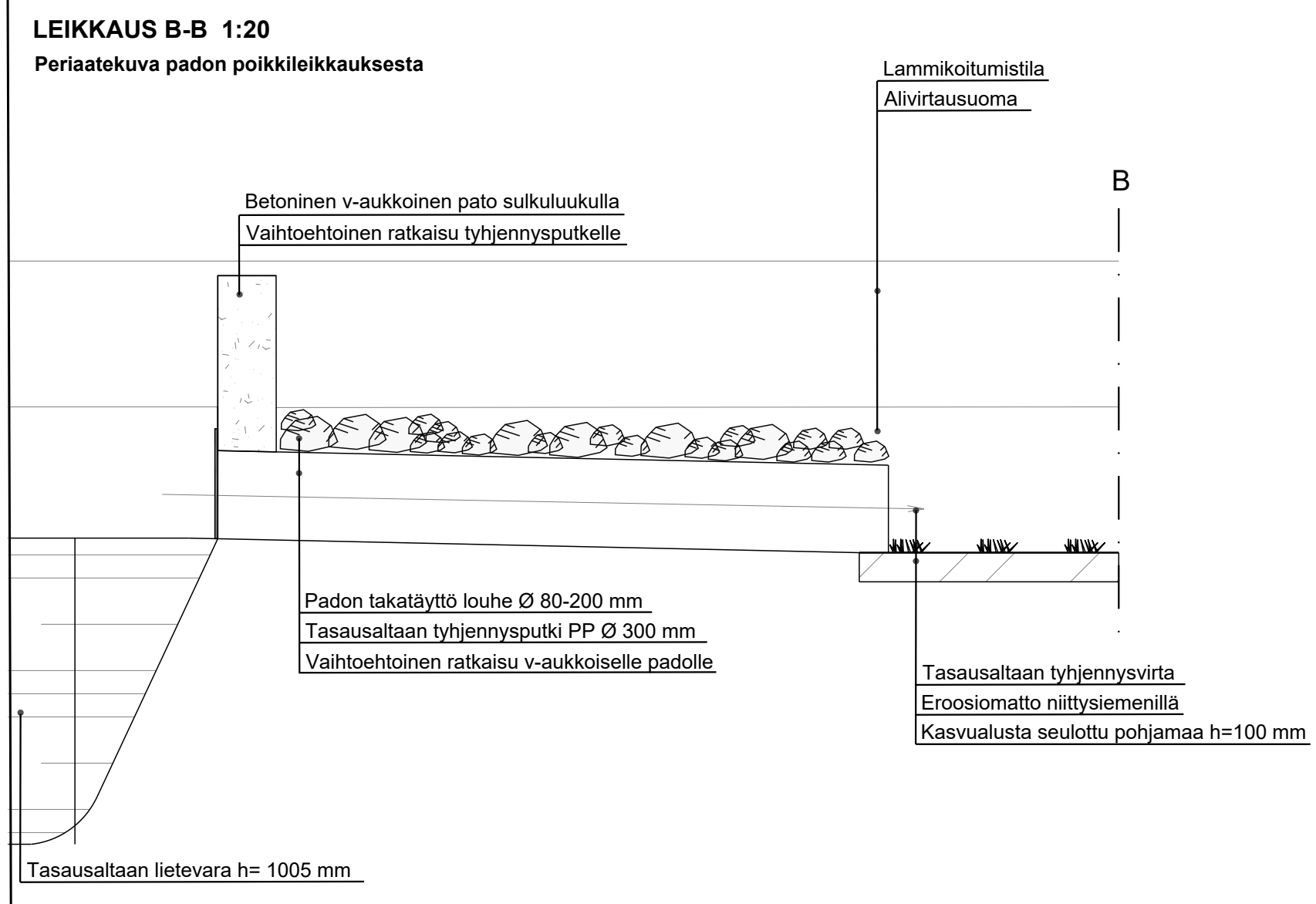
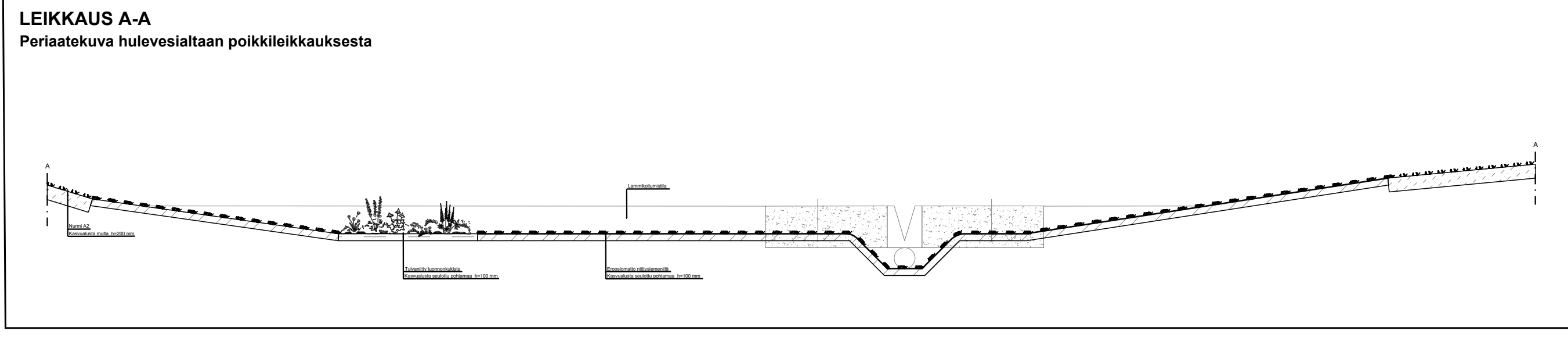
Liite 1 Hulluojan hulevesiallas, yleissuunnitelma 1:200

Liite 2 Viheralueiden hoitoluokat A2 ja A3

Liite 3 Hulluojan valuma-alueen kartta

Liite 4 Hulevesialtaan mitoituslaskelmat

Liite 5 Huollon kustannusarvio

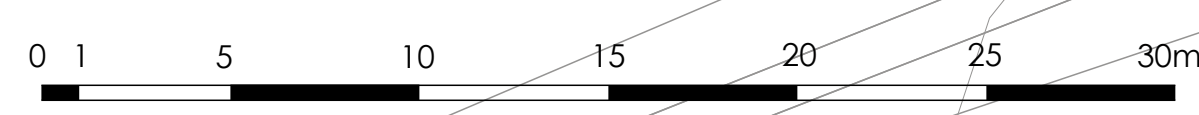


**HULLUOJAN HULEVESIALLAS
YLEISSUUNNITELMA 1:200**



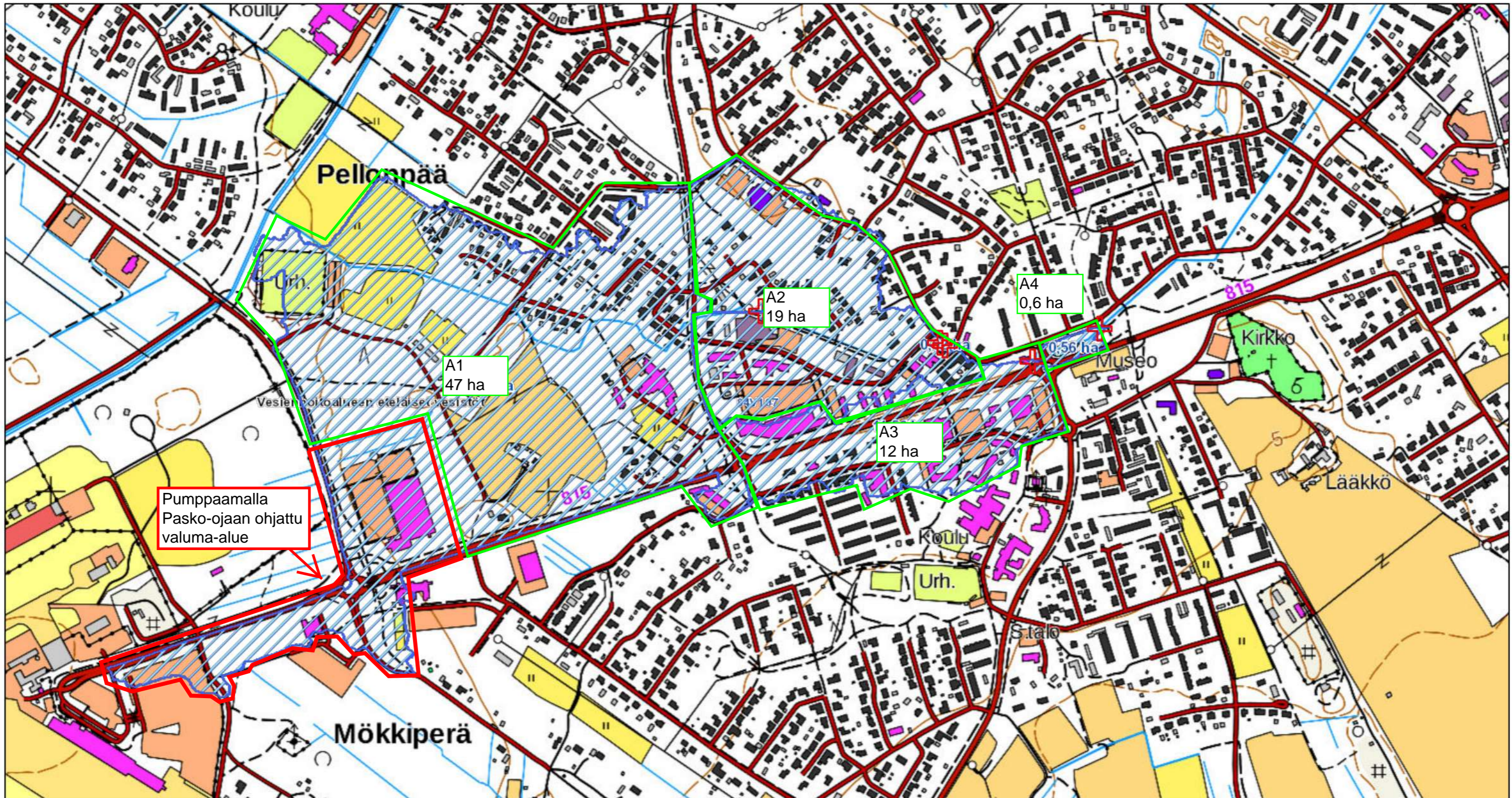
MERKINNÄT

- Suunnittelualue
- SÄILYTETTÄVÄT JA POISTETTAVAT**
- Säilytettävä ja suojattava lehtipuu
K = koivu 9 kpl
P = pihlaja 1 kpl
 - ✗ Poistettava havu- / lehtipuu
K = kuusi 5 kpl
K = koivu 5 kpl
 - ⊗ Poistettava pensasryhmä ja kasvualue
h= 400 mm
 - ✗ Poistettava valaisin ja valaisinkaapeli
- ISTUTETTAVA KASVILLISUUS**
- Nurmi A2 kasvualue h= 200 mm
 - Niitty B3 Greenfix 7 eroosiostamaton Eg trading niittysiemenillä
 - Niitty B3 Rantaniitty-siemeneseos Suomen niittysiemen Oy
 - Visakoivu, Betula Pendula var carelica ryhm 10-12 4 kpl
 - Metsäkuusi, Picea Abies 100-125 cm 2 kpl
 - Peltopaju, Salix x aurora 'Tuhkimo' 77 kpl, lomittain istutettuna luiskaan
 - Uusi perenna-alue
Dynaaminen istutuskokonaisuus
- Kullero, Trollius europaeus
- Kurjenjalka, Potentilla palustris
- Ruohokanukka, Cornus suecica
- Rantalaipi, Lysimachia vulgaris
- Rantakukka, Lythrum salicaria
- KORKEUDET JA KUIVATUS**
- 8.17 Nykyinen korkeus
 - +7.90 Suunniteltu korkeus
 - Pintavesien virtausuunta
 - ↙ Painanne pohjan korko ja virtausuunta
 - 8.85 Huleveden tuloputken jatko
Teräsputki Ø 1000 mm 10 jn
- RAKENTEET**
- Luonnonkivi Ø 600-1000 mm 43 kpl
 - Välppäkituhka - Organic Lock -seos KaM Ø 0-6 mm h= 50 mm
 - Betoninen pohjapato säätölevyllä Leikkaus B-B
 - Padon takatäyttö Louhe Ø 80-200 mm



Merkki	Muutos	Pvm	Suunn.	Tark.
Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK26 N2000				
Teema Maisema		Kaupunginosa OULUNSALO 140		
Hanke	Hulluojan hulevesialtan kunnostus	HYVÄKSYNYT KAUP. INS. \$		
Kohde	Hulluojan hulevesiallas	YHDYSKUNTA LTK \$		
Asiasaatto	Yleissuunnitelma, korkeudet, kuivatus ja valaistus	Mittakaava 1:20 1:200		
Oulun ammattikorkeakoulu Kotkan tie 1 90240 Oulu		OULU YHDYSKINTA- JA YMPÄRISTÖPALVELUT		
Suunnittelija	Anna Rautakoski	Hyväksyjä	Marjo Honkamäe-Eskola	
Hyväksyjä	Jere Kangas	Pvm	4.4.2020	
Piir. nro		Piir. nro		

Hulluojan valuma-alue



5.2.2020 klo 14.45.57

- + Tulos purkupiste
- Tulos valuma-alue
- Kolmannen jakovaiheen valuma-alueet
- Vesienhoidon suunnittelun osa-alueet

(c) Suomen metsäkeskus, (c) Maanmittauslaitos 2018

HOITOLUOKAT A2 JA A3

rakennetut viheralueet

Nurmikot

A2	A3
Puistojen, puistoaukioiden, leikkipaikkojen käyttönurmikoita. Käyttö pääasiassa oleskelu-, leikki- ja pelitoimintoja. Säännöllinen hoito, siten että säilyvät elinvoimaisen kulutuksesta huolimatta. Yleisilme on aina vihreä, tiheä, aukoton, rajauksiltaan täsmällinen, leikattu ja siisti.	Puistojen, pihojen ja katuviheralueiden luonnonmukaisia nurmikoita, joilla aikaansaadaan hoidettu yleisvaikutelma. Yleisilme siisti ja yhtenäinen viheralue.
Hoitotoimenpiteet: kevät-kunnostus, paikkaus, lannoitus ja kalkitus, leikkuu, rajausta, kastelu, syyskunnostus, talvikunnossapito	Hoitotoimenpiteet: kevät-kunnostus, paikkaus, syyskunnostus, talvikunnossapito Erikseen sovittavat hoitotoimenpiteet: lannoitus ja kalkitus, rajausta, kastelu,
Nurmikon pituus: 4-12 cm, ei häiritsevää leikkuujätettä	Nurmikon pituus: 4-25 cm, leikkuujäte poistetaan, jos se haittaa oleellisesti

Perennat

Hoidetaan niin, että perennat ovat lajille ja lajikkeelle tyypillisiä, elinvoimaisia ja hyvässä kasvukunnossa. Perenna-alueiden hoito on suunnitelman mukaista. Istutukset täyttävät hoitoluokan mukaan niille asetetut esteettiset ja toiminnalliset vaatimukset. Perenna-alueiden hoitoon kuuluu seuraavat toimenpiteet: kevät-kunnostus, paikkausistutukset, lannoitus ja kalkitus, rikkakasvien torjunta, kasvuston siistiminen ja kasvualustan kuohkeutus, rajausta, kastelu, kasvitautien ja tuholaisten torjunta, syyskunnostus ja jakaminen.

A2	A3
Istutukset ovat yleisilmeeltään aina siistit.	Istutukset ovat hyvässä kasvukunnossa.
Hoitotoimenpiteet: kevät-kunnostus, paikkausistutukset, lannoitus ja kalkitus, rikkakasvien torjunta, kasvuston siistiminen ja kasvualustan kuohkeutus, rajausta, kastelu, kasvitautien ja tuholaisten torjunta, syyskunnostus ja jakaminen.	Hoitotoimenpiteet: kevät-kunnostus, paikkausistutukset takuuajan jälkeen, lannoitus ja kalkitus, rikkakasvien torjunta, rajausta, kastelu, kasvitautien ja tuholaisten torjunta ja jakaminen.

Pensaat

Hoidetaan niin, että ne ovat lajille ja lajikkeelle tyypillisiä, elinvoimaisia ja lajin vuosikasvu on sille tyypillinen. Istutukset täyttävät niille asetetut esteettiset ja toiminnalliset vaatimukset mm. turvallisuuden ja esteettisyyden suhteen hoitoluokan ja sijoituspaikan mukaisesti. Pensaiden kasvusto tai juuristo ei saa aiheuttaa vaurioita ympäröiviin rakenteisiin. Pensaita tulee hoitaa niin, että niiden elinkaari on mahdollisimman pitkä.

A2	A3
Pensasryhmät hoidetaan niin, että alue on lajille ja lajikkeelle tyypillinen kokonaisuus.	Pensasryhmät hoidetaan niin, että alue on lajille ja lajikkeelle tyypillinen kokonaisuus.
Hoitotoimenpiteet: kevätkunnostus, paikkausistutus, lannoitus ja kalkitus, hoitoleikkaus ja kasvuston siistiminen, rikkakasvien torjunta, rajaus, syyskunnostus ja talvi/kevät suojaus hoitoluokan ja kasvilajin mukaisesti.	Hoitotoimenpiteet: kevätkunnostus, paikkausistutus, hoitoleikkaus, rikkakasvien torjunta, rajaus.

Puut

Puiden hoito on samanlaista molemmissa hoitoluokissa.

Hoidetaan kasvilajille tyypillisinä yksilöinä niin, että ne ovat elinvoimaisia, turvallisia, kauniita, rakenteellisesti kestäviä. Ylläpitotöissä huomioidaan puiden omat biologiset lainalaisuudet.

Puiden hoitotöihin kuuluu leikkaus, rakenneleikkaus, varttuneiden puiden hoitoleikkaus, vanhojen puiden hoitoleikkaus, runko-, tyvi- ja juurivesojen poisto, kevät kunnostus, kastelu, puiden suojarusteiden sekä tuentojen tarkistus ja korjaus, rikkakasvien torjunta ja juuristoalueen kattaminen, paikkaus, talvi- ja kevät suojaus ja puiden silmämääräinen kuntoseuranta.

Sitomattomat päällysteet

Sitomattomien päällysteiden hoito on samanlaista molemmissa hoitoluokissa.

Sitomattomia päällysteitä ovat muun muassa kivituhkapinnat, jotka pidetään pölyämisen, tasaisuuden ja puhtauden puolesta hyvässä käyttökunnossa.

Päällysteiden hoitoon kuuluu pölynsidonta, kulutuskerroksen tasaaminen ja eloperäisen jätteen poisto sekä päällysteiden rajaus. Lisäksi voidaan sopia kulutuskerroksen lisäämisestä.

HULLUOJAN HULEVESIALTAAN MITOITUSLASKELMAT

VALUMA-ALUEKERROIN

Valuma-aluekertoimen määrittäminen osavaluma-alueittain, määrittämisessä käytetty apuna osavaluma-alueiden jakamista alueisiin erilaisten pintojen ja niiden tuottaman valuman mukaan. Niiden avulla on määritetty osavaluma-alueen prosentuaalinen valumakerroin, jonka perusteella mitoitusta on lähdetty tekemään. Valumakertoimen arvoja on haettu Kuntatekniikan yhdistyksen Katu 2002 -Katusuunnittelun rakentamiset ja ohjeet -teoksesta, sivulta 120.

Koko valuma-alue 78,5 ha

A 1	A (ha)	Valumakerroin c	valuma	% A	Prosentuaalinen valumakerroin
	1	0,2	0,2	2,13	0,004
	12	0,1	1,2	25,53	0,306
	15	0,1	1,5	31,91	0,479
	6	0,8	4,8	12,77	0,613
	13	0,2	2,6	27,66	0,719
	47		10,3	100,00	2,121
					0,35

A2	A (ha)	Valumakerroin c	valuma	% A	Prosentuaalinen valumakerroin
	2	0,1	0,2	10,53	0,021
	2	0,1	0,2	10,53	0,021
	7	0,8	5,6	36,84	2,063
	8	0,2	1,6	42,11	0,674
	19		7,6	100,00	2,779
					0,46

A3	A (ha)	Valumakerroin c	valuma	% A	Prosentuaalinen valumakerroin
	2	0,1	0,2	16,67	0,033
	6	0,8	4,8	50,00	2,400
	2	0,2	0,4	16,67	0,067
	2	0,35	0,7	16,67	0,117
	12		6,1	100,00	2,617
					0,44

A4	A (ha)	Valumakerroin c	valuma	% A	Prosentuaalinen valumakerroin
	0,6	0,1	0,06	100,00	0,1

MITOITUSVIRTAAMA Q

Mitoitusvirtaama Q määritettiin osavaluma-alueittain seuraavalla kaavalla

$$Q = c \cdot i \cdot A \quad \text{l/s}$$

jossa c= alueen prosentuaalinen valumakerroin

i= mitoitussateen intensiteetti (l/s*ha)

A= osavaluma-alueen pinta-ala (ha)

Mitoitusvirtaaman laskemisen kaavan ja sateen intensiteetin arvojen lähteenä on käytetty Kuntaliiton Hulevesioppaan kaavaa sivulta 101 ja sateen intensiteetin taulukkoa sivulta 111.

A1

830,8333 l/s

0,8 m³/s

i= 1/2a ja 60 min =50

A2

1056 l/s

1,1 m³/s

i= 1/2a ja 15 min =120

A3

753,6 l/s
0,8 m³/s

i= 1/2a ja 10 min= 144

A4

8,64 l/s
0,009 m³/s

i= 1/2a ja 10 min =144

HULEVEDEN MÄÄRÄ V

Huleveden määrä V määritettiin osavaluma-alueittain seuraavalla kaavalla

$$V = \frac{c \cdot i \cdot A \cdot t}{1000} \text{ m}^3$$

jossa c= valumakerroin

i= mitoitussateen intensiteetti (l/s*ha)

A= osavaluma-alueen pinta-ala (ha)

t= mitoitussateen kesto aika (s)

Huleveden määrän kaavaa ja sateen intensiteetin arvojen lähteenä on käytetty Kuntaliiton Hulevesioppaan kaavaa sivulta 101 ja sateen intensiteetin taulukkoa sivulta 111.

A1

2991 m³

i= 1/2a ja 60 min =50

A2

950,4 m³

i= 1/2a ja 15 min =120

A3

452,2 m³

i= 1/2a ja 10 min= 144

A4

5,2 m³

i= 1/2a ja 10 min =144

Mitoituksessa käytetty huleveden määrä

4398,7 m³

VIRTAUSTIETOJA

Hulluojan virtaukseen vaikuttaa paljon sen putkitettu osuus. Putkitetun osuuden pituus on 400 metriä.

Putken tilavuus

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l$$

329,7 m³

Mitoitussateesta syntyvä huleveden määrä valuma-alueelta, joka virtaa avouomasta putkeen ja putkesta altaaseen

4393,56 m³

Koska putken tilavuus on pienempi kuin mitoitussateesta syntyvä vesimäärä, putki padottaa vettä lähtöpäähän
4063,86 m³

Putkessa oleva mitoitusvirtaama, jota on käytetty myöhemmissä laskelmissa pohjana
1,57 m³/s

Virtausnopeus tuloputkesta altaaseen
1,0 m/s

Hulevesialtaan täyttymisnopeus mitoitussateella
681,5287 s
11,35881 min

Altaasta purkurummun kautta poistuva virtaama
0,003 m³/s

ALTAAN KOON MITOITUS

Altaan koko

Optimikokoinen hulevesiallas on pinta-alaltaan 1% valuma-alueen pinta-alasta
0,785 ha
= 7850 m²

Minimikokoinen hulevesiallas on pinta-alaltaan 0,1- 0,2 % valuma-alueen pinta-alasta

	0,1 %	0,2 %
	0,0785 ha	0,157 ha
=	785 m ²	1570 m ²

Minimikokoisen altaan tilavuus, kun altaan syvyys on 0,9m

0,1 %	706,5 m ³
0,2 %	1413 m ³

Mitoitettavan altaan aliuoma

Pinta-ala	54 m ²
Syvyys	0,5 m
Pysyvän vesipinnan tilavuus	
V=	27 m ³

Mitoitettavan altaan lammikoitumisalue

Pinta-ala	1200 m ²
Syvyys	0,4 m
Lammikoitumisalan tilavuus	
V=	480 m ³

Altaaseen mitoitettava tasausallas

Tasausaltaan koko on 10 % hulevesialtaan tilavuudesta

Tilavuus
50,7 m³
Syvyys
1,5 m

Pinta-ala
33,8 m²

Hulevesialtaan vesitilavuus yhteensä

V= 507 m³

Mitoituksessa käytetty mitoitussateesta syntyvän ylivirtaaman määrä

$$V = 3886,6 \text{ m}^3$$

$$Q = 0,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 0,152866 \text{ m/s}$$

KIIINTOAINEKSEN LASKEUTUMINEN TASAUSALTAASSA

Tasausaltaaseen putkesta tulevan vesimäärän virtaama

$$Q = 1,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tasausaltaan pinta-ala

$$A = 33,8 \text{ m}^2$$

Tasausaltaan poikkileikkausala

$$a = 10,5 \text{ m}^2$$

Kiintoaineshiukkasten laskeutumisnopeus tasausaltaassa

$$v_L = Q/A$$

$$= 0,046 \text{ m/s}$$

Suurin sallittu virtausnopeus tasausaltaassa, jossa kiintoaineksen laskeutuminen on mahdollista

$$v = Q/a$$

$$= 0,15 \text{ m/s}$$

$$15 \text{ cm/s}$$

Huleveden tavoiteviipymä (12 h) tasausaltaassa

$$v = s/t$$

$$= 0,0002 \text{ m/s}$$

$$0,0162 \text{ cm/s}$$

TASAUSALTAASTA POISTUVAN VIRTAAMAN MÄÄRITTÄMINEN

Normaalitilanteessa toimivan v-aukkoisen padon virtausaukon pinta-ala

$$A = 0,075 \text{ m}^2$$

Virtaama tasausaltaasta

$$Q = 1,22\text{E-}05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,012153 \text{ l/s}$$

Padon ylivirtaama

$$Q = 0,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 0,675 \text{ m}^2$$

$$v = 0,355556 \text{ m/s}$$

PATOLEVEYDEN JA LAMMIKOITUMISALAN SYVYYDEN MÄÄRITTÄMINEN

Patoleveys b

$$0,075\text{m}^2 + b \times 0,4\text{m} = 1,57\text{m}^2$$

$$b = 3,74\text{m}$$

Lammikoitumisalan syvyys h

$$0,075\text{m}^2 + 4\text{m} \times h = 1,57\text{m}^2$$

$$h = 0,37\text{m}$$

PATOKORKEUKSIEN MÄÄRITTÄMINEN MANNINGIN KAAVAN AVULLA

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

jossa A= uoman poikkileikkauksen pinta-ala
 R= hydraulinen säde, pinta-alan ja märkäpiirin suhde
 I= uoman korkeuden ja pituuden suhde (h/L)
 n= uoman pohjan karkeuskerroin

Korkomuutos tuloputken ja tasausaltaan jälkeisen padon välillä

$$Q = \frac{10,5 \times 1,05^{2/3} \times (1,43 \times 10^{-3})^{1/2}}{0,07} = 6,041 \text{ m}^3/\text{s}$$

-> Patokorkeuden h muutos 0,05 m

Korkomuutos patojen välillä

$$Q = \frac{0,25 \times 0,167^{2/3} \times (1,43 \times 10^{-3})^{1/2}}{0,07} = 0,041 \text{ m}^3/\text{s}$$

-> Patokorkeuden h muutos 0,1 m

Korkomuutos toisen padon ja purkurummun välillä

$$Q = \frac{0,25 \times 0,167^{2/3} \times (4 \times 10^{-3})^{1/2}}{0,07} = 0,068 \text{ m}^3/\text{s}$$

-> Patokorkeuden h muutos 0,12 m

YHTEENVETO**Mitoituksessa käytetty virtaama, tuloputkesta altaaseen**

1,57 m³/s

Mitoituksessa käytetty huleveden määrä

4398,7 m³

Mitoituksessa käytetty mitoitussateesta syntyvän ylivirtaaman määrä

V= 3886,6 m³

Q= 0,24 m³/s

v= 0,152866 m/s

HULEVESIALTAAN HUOLLON KUSTANNUSARVIO

Laskeutuneen kiintoaineksen määrä, kun tasausaltaan tilavuus on täynnä
33,8 m³kr

Kiintoaineksen kaivuteho (16tn kaivinkone), nostettava aines vetistyy joka nostokerran jälkeen ja nostoteho ei ole optimaalinen
40 m³kr/h

Kiintoaineksen nostoaika
0,845 h

Kiintoaines löyhtyneenä, kun se on kasalla ja auton lavalla.
Todellisuudessa tavara on vetistä ja löyhtyy vielä enemmän.
47,32 m³itd

Kiintoainekuormien määrä, kun kiintoaines on kuivahtanut seuraavaan päivään.
Aiemmin se on niin märkää ettei pysy kuorma-auton lavalla.
4 lavallista

Kiintoaineksen ajoaika, läjityspaikka lähellä 3 kierrosta tunnissa.
1,3 h

Kaivinkoneen työtunnin arviohinta
100 €/h

Kaivinkoneen kustannukset, kiintoaineksen nostossa ja lastaamisessa
215,94 €

Kuorma-auton työtunnin arviohinta
100 €/h

Kuorma-auton kustannukset, kiintoaineksen poisajossa
131,44 €

Arvioidut kustannukset yhteensä
347,39 €