

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2021

Iida Saive

KOMPOSTOINTILAITOKSEN HULEVESIEN HALLINTAJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMINEN

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Energia- ja ympäristötekniikka

2021 | 46 sivua

Iida Saive

KOMPOSTOINTILAITOKSEN HULEVESIEN HALLINTAJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMINEN

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja mitoittaa Röyskän kompostointilaitokselle uudet hulevesijärjestelmät, jotka pystyvät käsittelemään myös tulevaisuuden sademäärät, ilmastonmuutoksen vaikutukset huomioonotettuina. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Länsi-Suomen Prosessivesi Oy.

Hulevesien hallitsemisesta ja käsittelystä on annettu kansainvälisiä, sekä kansallisia säädöksiä, joiden mukaan teollisuuden toimijoilla tulee olla käytössä paras käytettävissä oleva tekniikka hulevesien viivyttämiseksi ja imeyttämiseksi ympäristönsuojelun korkean tason saavuttamiseksi. Työssä tarkasteltiin myös muiden Suomessa toimivien kompostointilaitosten käyttämiä menetelmiä ja niiden pohjalta päädyttiin parhaaseen mahdolliseen ratkaisuun. Lisäksi lähteenä käytettiin myös kansainvälisiä oppaita erilaisista hulevesienhallintamenetelmistä.

Työssä todetaan, että laskeutusallas ja kosteikko pystyvät yhdessä poistamaan tehokkaasti ravinteita, metalleja sekä kiintoainesta hulevesistä. Näiden avulla pystytään pienentämään vesistöihin ja ympäristöön kohdistuvaa kuormitusta. Mitoituksessa käytettiin esimerkkinä hulevesioppaan sademääriä, joten laskelmat ovat enemmänkin suuntaa-antavia. Tarkempien virtaamamittauksien avulla olisi saatu mitoitettua hulevesijärjestelmät vielä tarkemmin.

ASIASANAT:

hulevesi, laskeutusaltaat, kosteikot, ilmastonmuutokset, ympäristönsuojelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Engineering

2021 | 46 pages

lida Saive

DEVELOPMENT OF COMPOSTING PLANT STORMWATER MANAGEMENT SYSTEMS

The aim of this thesis was to design new stormwater management systems for the Röyskä composting plant. The new stormwater systems need to be adequate to handle future rainfall, considering the impact of climate change. The thesis is commissioned by Länsi-Suomen Prosessivesi Oy.

International and national regulations have been adopted for the management and treatment of stormwater, according to which industry operators must have the best available technology for delaying and absorbing stormwater in order to achieve a high level of environmental protection. The work also examined the methods used by other composting plants operating in Finland and based on them, the best possible solution was reached. In addition, international guides on various stormwater management methods were also used as a source.

The work states that the settling basin and the wetland together can effectively remove nutrients, metals, and solids from stormwater. These methods will reduce the impact on water bodies and the environment. Rainfall measurements in the Hulevesiopas was used as an example in the dimensioning, so the calculations are more indicative. With more accurate flow measurements, it would have been possible to dimension stormwater systems even more accurately.

KEYWORDS:

wetlands, settling basins, storm water, climate changes, environmental protection

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 LÄNSI-SUOMEN PROSESSIVESI OY	10
2.1 Laitoksen toiminta	10
2.2 Alueen nykytilanne	10
2.3 Ympäristöriskit	11
2.4 Velvoitetarkkailun tulokset 2020	12
3 KOMPOSTOINTILAITOSTEN HULEVEDET	14
3.1 Sadanta Suomessa	14
3.2 Kompostointilaitosten hulevesien yleisimmän mitatut parametrit	14
3.2.1 pH	15
3.2.2 Metallit	15
3.2.3 Ravinteet	15
3.2.4 Sähkönjohtavuus	16
3.2.5 Kemiallinen- ja biologinen hapenkulutus	16
3.3 Hulevesien hallinta	16
3.4 Kompostointilaitosten hulevesiä koskevat säädökset	17
3.4.1 EU direktiivi	17
3.4.2 BAT & BREF	17
3.4.3 Kansallinen lainsäädäntö	18
3.5 Hulevesien hallintamenetelmät muissa kompostointilaitoksissa	19
3.5.1 Kujalan Komposti Oy	19
3.5.2 Kukkuroinmäen jätekeskus	19
3.5.3 HSY Ämmässuon jätteenkäsittelykeskus	20
3.5.4 Hettula Oy	20
3.5.5 Metsä-Sairila Oy	20
3.5.6 Mustankorkea Oy	21
4 MITOITUSPERIAATTEET	22
4.1 Hulevesimäärän laskeminen	22
4.2 Mitoitussade	24

4.2.1 Valumakerroin	25
4.3 Ilmastonmuutoksen vaikutus hulevesien määrään	26
5 HULEVESIALTAIDEN SUUNNITTELU	28
5.1 Mitoitettava alue	28
5.2 Luontopohjainen ratkaisu	30
5.3 Allastyypinen ratkaisu	31
5.4 Hulevesimäärien laskeminen	32
5.5 Hiukkasten laskeutumisnopeus	32
5.6 Altaan mitoitus	34
5.7 Kosteikon mitoitus	37
5.8 Uoman avulla lisää viipymää	39
5.9 Altaiden puhdistustarve	39
6 UMPISÄILIÖN JA YMPÄRYSOJAN RIITTÄVYYS	40
6.1 Umpisäiliön riittävyys	40
6.2 Ympäröivän ojan kunnostustarve	40
7 YHTEENVETO	41
LÄHTEET	43

KAAVAT

Kaava 1. Virtaama (Hyöty 2018).....	23
Kaava 2. Huleveden määrä, eli tilavuus (Hulevesiopus 2012).....	23
Kaava 3. Huleveden tilavuuden määrittäminen sademäärän avulla (Hulevesiopus 2012).....	23
Kaava 4. Veden viipymisaika (lähde EPA 2008).....	24
Kaava 5. Hiukkasen laskeutumisnopeus (lähde Ruohutula 1996).....	33

KUVAT

Kuva 1. Kompostointilaitoksen tasausallas ja ilmastin. (©LSPV Oy, Antti Rantanen).	11
Kuva 2. Ojatarkkailun havaintopaikat (lähde Maanmittauslaitos).	12

Kuva 3. Kiinteistön pihan kallistusten suunta.	28
Kuva 4. Alueen maastoprofiili	29
Kuva 5. Maastoprofiili hulevesijärjestelmille varatun alueen ja ympärysojan välillä.	29
Kuva 6. Matalan kosteikon poikkileikkaus (lähde Minnesota Stormwater Manual 2019).	31
Kuva 7. Hiukkasen laskeutuminen (lähde Ruohtula 1996).	33
Kuva 8. Laskeutusaltaan havainnollistava poikkileikkauskuva lietetaskulla ja ilmastimella (Kuva ei mittakaavassa).	34
Kuva 9. Kosteikko (Lähde Woodson Ballard 2015)	38

KUVIOT

Kuvio 1. Velvoitetarkkailun tulokset 2020, Koivunen (jatkuu).	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuvio 2. Velvoitetarkkailun tulokset 2020, Koivunen (jatkuu).	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuvio 3. Velvoitetarkkailun tulokset 2020, Koivunen.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

TAULUKOT

Taulukko 1. Seitsemän maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvo vuosisadan loppuun mennessä (lähde Hulevesiopas 2012).	14
Taulukko 2. Eri kokoisten valuma-alueiden ohjeelliset kestoajat (lähde Hulevesiopas 2012).	25
Taulukko 3. Eri pintojen valumakertoimet (lähde Hulevesiopas 2012).	26
Taulukko 4. Sateen intensiteetti ottaen huomioon ilmastomuutoksen ennakoitu vaikutus (lähde Hulevesiopas 2012).	26
Taulukko 5. Sateen intensiteetti (mm/min) ottaen huomioon ilmastomuutoksen ennakoitu vaikutus (lähde Hulevesiopas 2012).	27
Taulukko 6. Viipymä muilla mitoitussateilla.	37
Taulukko 7. Velvoitetarkkailun tulokset (mukaillen Koivunen 2021) (jatkuu)	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
BAT	Best Available Techniques
BATC	Best Available Techniques Conclusion
BREF	BAT Reference Document
BOD	Biological Oxygen Demand
COD	Chemical Oxygen Demand

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Röyskän kompostointilaitokselle uudet hulevesijärjestelmät, jotka pystyvät viivyttämään ja puhdistamaan kiinteistöllä syntyvät hulevedet. Mitoituksessa otettiin huomioon myös tulevaisuudessa tapahtuva sademäärän lisääntyminen, joka on seurausta ilmastonmuutoksesta.

Työssä tutkittiin ilmastonmuutoksen vaikutusta tulevien sateiden määrään, sillä ilmastonmuutoksen on arvioitu lisäävän sademäärää kesällä 5–10 % ja talvella sademäärän odotetaan lisääntyvän jopa 5–35 %. Myös rankkasateiden määrä erityisesti kesällä odotetaan kasvavan jopa 10–25 % nykyisestä. (Ilmasto-opas 2017.) Kesällä sadepäivien määrän odotetaan pysyvään suurin piirtein samana, mutta talvisten sadepäivien määrän odotetaan lisääntyvän entisestään. Seuraavassa sadassa vuodessa sadannassa tapahtuva muutos kannattaa huomioida jo nykyisiä hulevesiratkaisuja suunniteltaessa.

Lisäksi työssä tarkasteltiin kompostointilaitosten hulevesien yleisimpiä haitta-aineita ja niiden vaikutusta ympäristöön. Kompostointilaitoksella muodostuvat hulevedet ovat laadultaan erilaisia verrattuna esimerkiksi kaupungilta tulevien hulevesien laatuun. Kompostointilaitoksien hulevesissä on yleensä runsaasti orgaanista materiaalia, joka käyttää paljon happea hajotessaan. Kompostointilaitosten hulevedet sisältävät myös paljon typpeä, fosforia ja metalleja. (Coker 2008, 29.)

Opinnäytetyön hulevesialtaiden suunnittelu pohjautuu ennen kaikkea ympäristöluvissa annettuihin määräyksiin ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi. Likaiset hulevedet ovat suuri ympäristöriski vesistöille ja muulle ympäristölle. Ympäristönsuojelulain mukainen lupa tarvitaan, jos yrityksen toiminnasta on vaarana aiheutua ympäristön pilaantumista. Vaikka yritys hakee pelkästään muutosta toiminnalleen, ei muutosta saa aloittaa, ennen kuin sille on myönnetty lupa ja se on lainvoimainen. Ympäristöluvassa annetaan määräyksiä mm. päästöistä ja niiden vähentämisestä. Myös EU direktiivissä IED,2010/75/EU, joka yhdistää useita alempia teollisuuden päästöjä koskevia direktiivejä yhdeksi kokonaisuudeksi on määritelty, että ympäristölupaehtojen perusteena tulee olla paras käytettävissä oleva tekniikka. (Ympäristö.fi 2020.) Hulevesien puhdistusmenetelmiä valittaessa, etsin menetelmiä, joita myös muut kompostointilaitokset ovat yleisimmin suosineet, niin Suomessa kuin maailmallakin. Valintakriteereinä oli mahdollisimman tehokas ravinteiden sekä kiintoaineiden poisto ja paras mahdollinen saavutettavissa oleva

puhdistusteho luonnonmukaisesti. Hulevesien tulee olla käsittelyn jälkeen riittävän puhtaita, jotta ne voidaan turvallisesti laskea ympärysojaan ja sieltä edelleen Köyliönjärveen.

Lopuksi laskettiin laskeutusaltaalle ja kosteikolle teoreettiset mitat, sekä viipymä ajat. Laskeutusaltaan ja kosteikon suunnittelun perustana toimi ennalta valittu mitoitussade ja tavoiteltu viipymä. Viipymän avulla saadaan laskeutettua kiintoainesta, johon suurin osa ravinteista on sitoutuneena. Altaat mitoitettiin kiinteistön kaakkoiskulmaan suunnitellulle alueelle ja tavoitteena oli, että altaat pystyvät vastaanottamaan tehokkaasti eri kokoisia sateita, myös 15 minuutin kestävä kerran viidessä vuodessa toistuva rankkasade (146 l/s*ha) (Hulevesiopas 2012). Viipymä ajat ovat riittävät myös useimmin toistuville sateille.

2 LÄNSI-SUOMEN PROSESSIVESI OY

Länsi-Suomen Prosessivesi Oy toimii pääsääntöisesti orgaanisten jätteiden käsittelijänä. Eurassa sekä Köyliössä sijaitsevat toimipisteet, missä käsitellään ja jatkojalostetaan toimipisteestä riippuen elintarviketeollisuuden, kuntien, satamien sekä kiertotalousyritysten jättemateriaaleja ja jätevesiä. Euran jätevedenpuhdistamolla on kaksi eri linjastoa, jossa käsitellään erilaisia orgaanisia kiintoaineita sisältäviä jätevesiä, öljypitoisia jätevesiä sekä hiekkavesiseoksia. Länsi-Suomen Prosessivesi Oy:n vastaanottopisteet sijaitsevat Eurassa, Köyliössä sekä Kaarinassa. (LSPV.)

2.1 Laitoksen toiminta

Orgaanisten jätteiden kompostointi on Säskylän toimipisteen pääasiallinen toiminta. Laitoksen kolme kompostointirumpua ($3 \times 125 \text{ m}^3$) sijaitsevat 1800 m^2 kokoisessa hallissa. Näiden kompostointirumpujen yhteiskapasiteetti on 6000 tn/a (Ympäristölupa 2020, 2). Seuraavassa vaiheessa komposti siirretään jälkikypsytyksalumiin noin 4–6 kk ajaksi. Valmis tavara varastoidaan jälkikypsytyksalueelle tulevia jatkokäsittelytoimia varten. (Ympäristölupa 2020, 3.)

2.2 Alueen nykytilanne

Kompostointilaitoksella on Säskylän kunnan vesiliittymä, mutta ei viemärointiä. Rumpukompostoreiden jätevedet johdetaan 25 m^3 kokoiseen umpisäiliöön. Alueen luoteiskulmassa sijaitsee toinen umpisäiliö ja sinne johdetaan jälkikypsytyksalueen suoto- ja valumavedet. Umpisäiliöstä vedet kuljetetaan säiliöautolla jätevedenpuhdistamolle. Alue on reunustettu, jotta vesien hallitsematon pääsy päällystetyn alueen ulkopuolelle pystytään estämään. (Ympäristölupa 2020, 6.)

Alueen hulevedet kerätään ympärysojaan ja johdetaan sieltä 400 m^3 :n kokoiseen tasausaltaaseen, mistä vedet johdetaan jälleen takaisin ojaan (Ympäristölupa 2020, 7). Altaan jälkeen maastoon johdetut vedet virtaavat oja pitkin itään ja laskevat sieltä lopuksi 4,5 km päässä sijaitsevaan Köyliönjärveen (Koivunen 2020, 3). Tasausaltaassa on käytössä pintailmastin, (Kuva 1) joka lisää liuenneen hapen määrää vedessä (Hudson 1997).

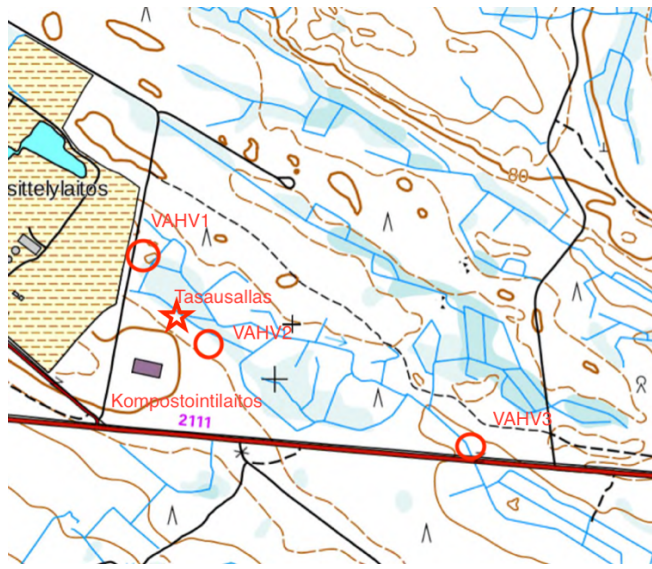


Kuva 1. Kompostointilaitoksen tasausallas ja ilmastin. (©LSPV Oy, Antti Rantanen).

Muualta laitokselta tulevat hulevedet johdetaan ennen tasausallasta vielä noin 50–100 m³ kokoiseen selkeytysaltaaseen. Alueen kattopintojen hulevesiä ei erikseen johdeta mihinkään, vaan hulevedet kulkeutuvat pihan kallistusten myötä olemassa olevaan tasausaltaaseen. (Ympäristölupa 2020, 6.)

2.3 Ympäristöriskit

Pyhäjärvisseudun ympäristölautakunnan 10.4.2018 hyväksymän vesientarkkailuohjelman mukaan, ojaan johdettavien vesien laatua seurataan kolme kertaa vuodessa (kevät, kesä ja syksy) otettavien näytteiden avulla (Ympäristölupa 2020, 6). Vesinäytteet otetaan kolmesta eri pisteestä (Kuva 2), joista ensimmäinen VAHV1 on laitoksesta nähdessä ojan virtaussuunnan yläpuolella ja tämä piste edustaa taustapistettä. Laitoksen ympärysojien purkupisteessä sijaitsee näytteenottopiste VAHV2 ja VAHV3 sijaitsee laitosalueen alapuolella. Vesinäytteistä analysoidaan akkreditoidussa laboratorioissa pH, kokonaistyyppi ja -fosfori, BOD, kiintoaine, sulfaatti, sekä metallit (Sb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn ja V). (Vahanen 2018, 5.)



Kuva 2. Ojatarkkailun havaintopaikat (lähde Maanmittauslaitos).

Suurimman ympäristöriskin aiheuttavat ojaan valuvat likaantuneet vedet. Jälkikypsytyksen hulevedet menevät sieltä suoraan viereiseen umpisäiliöön, mutta muut laitosalueen hulevedet menevät tasausallasta kautta Köyliönjärveen laskevaan ojaan ja näin ollen on olemassa riski, että ojaan johdettavat vedet voivat olla pilaantuneita (Ympäristölupa 2020, 6).

Umpisäiliön täyttymistä ja tasausallasta seurataan päivittäin ympäristöön kohdistuvien riskien minimoimiseksi. Tasausaltaasta ojaan johtava putki voidaan tarvittaessa sulkea ja allas pystytään tyhjentämään imuautolla (Ympäristölupa 2020, 8–9).

2.4 Velvoitetarkkailun tulokset 2020

Vesinäytteet on otettu kolmena eri ajankohtana, eli keväällä 6.5.2020, kesällä 4.8.2020 ja syksyllä 16.11. 2020. Vesinäytteet on otettu kolmesta eri näytteenottopisteestä VAHV1, VAHV2, VAHV3 (Kuva 2).

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:n toukokuussa 6.5.2020 ottamissa vesinäytteissä havaintopaikassa **VAHV1** veden kokonaistyyppipitoisuus oli suuri ja vedessä oli myös runsaasti fosforia. BOD_{7ATU}-arvon osalta vesi oli voimakkaasti likaantuneille oja-vesille tyypillistä. Nikkelipitoisuus oli koholla, mutta alittivat kuitenkin esim. talousveden raja-arvot. Havaintopaikasta **VAHV2** vedestä otetusta näytteestä löytyi runsaasti tyyppiä

ja fosforia sekä sulfaattia. Myös BOD_{7ATU} -arvo oli suuri ja voimakkaasti likaantuneille vesille tyypillinen. Metallipitoisuudet olivat korkeimpia muihin paikkoihin verrattuna. Alimmaisessa havaintopaikassa **VAHV3** vedessä oli toukokuussa runsaasti typpeä, mutta pitoisuus oli muita havaintopaikkoja pienempi. Samoin fosforipitoisuus oli pienempi kuin muissa havaintopaikoissa, mutta silti suuri verrattuna metsäojien tyypillisiin lukemiin verrattuna. BOD_{7ATU} -arvo ilmensi likaantuneisuutta. Metallipitoisuudet ja kiintoainepitoisuus olivat pieniä. (Koivunen 2020, 1.)

Elokuussa 4.8.2020 otetuissa vesinäytteissä BOD_{7ATU} -arvo sekä typen ja fosforin pitoisuudet olivat edelleen korkeat. Havaintopaikassa **VAHV1** veden sulfaattipitoisuus oli melko pieni ja raskasmetallipitoisuudet olivat melko pieniä, ja alittivat talousveden raja-arvot. Havaintopaikasta **VAHV2** otetusta näytteestä löytyi runsaasti typpeä, fosforia ja sulfaatti, myös BOD_{7ATU} -arvo oli melko suuri. Metalleista nikkelpitoisuus oli koholla. Elokuussa toteutetussa näytteenotossa **VAHV3** typpi- ja fosforipitoisuudet sekä BOD_{7ATU} -arvo olivat suurempia kuin luonnontilaisissa ojavesissä yleensä on. Typpipitoisuus oli pienempi, mutta fosforipitoisuus sekä BOD_{7ATU} -arvo olivat suurempia kuin **VAHV2** otetusta näytteessä. Metallipitoisuudet olivat **VAHV3** melko pieniä. (Koivunen 2020, 1.)

Marraskuussa 16.11.2020 otetuissa vesinäytteissä havaintopaikka **VAHV1** vesi oli ummehtuneen hajuista ja väriltään ruskeansameaa, sekä ojan pohja oli ruosteen värjäämää. Typpeä oli runsaasti vedessä, myös kloridipitoisuus ja sähkönjohtavuusarvo olivat suurempia kuin puhtaissa ojavesissä yleensä. Sulfaattipitoisuus oli melko pieni ja BOD_{7ATU} -arvo oli lievästi likaantuneelle vedelle tyypillinen. Raskasmetallipitoisuudet alittivat talousvedelle asetetut raja-arvot. Havaintopaikasta **VAHV2** vedessä oli hyvin runsaasti fosforia, sulfaattia, myös typpipitoisuus ja sähkönjohtavuusarvo olivat suuria. Kloridipitoisuus oli koholla ja BOD_{7ATU} -arvo oli hyvin suuri, mikä ilmensi voimakasta likaantuneisuutta. Raskasmetalleista arseeni-, kromi-, kadmium-, nikkeli-, ja sinkkipitoisuudet olivat korkeimpia kuin puhtaissa vesissä.

3 KOMPOSTOINTILAITOSTEN HULEVEDET

3.1 Sadanta Suomessa

Suomen vuotuinen sademäärä vaihtelee alueesta riippuen keskimäärin n. 450 mm:stä reiluun 700 mm:iin (Laapas 2013, 3). Ilmaston lämpenemisen seurauksena Suomeen tulevien rankkasateiden ja sademäärien arvioidaan kasvavan ja voimistuvan entisestään. Sademäärissä tapahtuva muutos tulee olemaan suhteellisesti suurempi talvella, kuin kesällä. On arvioitu, että vuosisadan lopun talvina sadetta tulee eri muodoissa noin 5–35 % nykyistä enemmän. Myös talvisten sadepäivien määrän on arvioitu lisääntyvän vuosisadan loppuun mennessä. Kesällä muutokset ovat todennäköisesti paljon pienempiä. (Ilmasto-opas 2017).

Vuosisadan lopulla kesän sademäärän odotetaan kasvavan 5–10 % nykyisestä, tämä johtuu sateiden voimistumisesta. Kesällä kovimpien rankkasateiden odotetaan voimistuvan 10–25 %, mutta sadepäivien määrä näyttäisi pysyvän suurin piirtein samana. (Ilmasto-opas 2017.)

Taulukko 1. Seitsemän maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvo vuosisadan loppuun mennessä (lähde Hulevesiopus 2012).

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

Vaikka talven sademäärän odotetaan kasvavan, kuitenkin suurin osa rankkasateista saataa jatkossakin kesällä.

3.2 Kompostointilaitosten hulevesien yleisimmin mitatut parametrit

Yleisimpiä haitta-aineita, joita kompostointilaitosten hulevedet sisältävät, ovat ravinteet, kuten fosfori, nitraattityppi, nitriittityppi, ammoniumtyppi, myös eri metalleja löytyy kompostointilaitosten hulevesistä. Lisäksi kompostointilaitosten hulevesistä mitataan myös

sähkönjohtavuus, pH, kemiallinen- ja biologinen hapenkulutus eli COD_{Cr} ja BOD_{7ATU} . (Coker 2008, 28.)

Haitta-aineiden vaikutukset ovat pääsääntöisesti pitkäkestoisia ja vaikutukset ovat nähtävissä vähitellen, kuten esimerkiksi vesistöjen rehevöitymisessä. Myös haitta-aineiden olomuodolla on vaikutuksia ympäristön kannalta, sillä liukoisessa muodossa olevat haitta-aineet voivat suurina määrinä aiheuttaa merkittäviä äkillisiä vaikutuksia, kun taas kiintoaineeseen sitoutuneena vaikutukset ovat enemmän pitkäaikaisia. Haitta-aineiden määrä vedessä ilmoitetaan yleensä pitoisuuksina mg/l, tai kuormituksena $kg/km^2/a$. Voimakas veden laadun vaihtelu eri alueiden välillä, sekä saman alueen sisällä ajallisesti, on hulevesille hyvin tyypillistä. (Nurhonen 2020, 6–7.)

3.2.1 pH

Veden pH-arvo vaikuttaa vedessä tapahtuviin erilaisiin kemiallisiin prosesseihin, esimerkiksi metallien liukoisuuteen (Vahtera 2014). Hulevedet ovat tyypillisesti lievästi emäksisiä.

3.2.2 Metallit

Kompostointilaitokset, jotka käyttävät erityisesti teollisuudesta peräsin olevaa materiaalia raaka-aineena tai jätevedestä kerättyä lietettä kompostointimateriaalina, näiden laitojen hulevesissä yleisimmin esiintyvät metallit ovat, kromi, kupari, lyijy ja sinkki. (Coker 2008, 29.) Lyijyn, kromin ja raudan kokonaispitoisuuksista suurin osa on suspendoitu-neessa muodossa. Kupari ja sinkki esiintyvät suureksi osaksi liuenneessa muodossa. Metallien liukoisuus on riippuvainen sekä veden pH-arvosta että veden kovuudesta (Vahtera 2014). Hulevesissä ja pohjasedimentissä tapahtuva metallipitoisuuden kasvu voi aiheuttaa elinympäristöjen myrkyttymistä. (Nurhonen 2020,7–8.)

3.2.3 Ravinteet

Fosfori ja typpi ovat yleisimpiä ravinteita, joita esiintyy hulevesissä. Typpi ilmenee yleensä ammoniumtyyppinä, nitriittinä, nitraattina ja orgaanisissa yhdisteissä. Ammoniumtyppi hapettuu nitraatiksi, tässä prosessissa kuluu happea ja samalla veden pH-

arvo laskee. Veden pH:n kohotessa ammoniumtyppi muuttuu myrkylliseen muotoon, ammoniakiksi. Hapellisissa olosuhteissa ammoniumtypestä muodostuu nitraattityppeä. (Silvennoinen 2011.) Fosforia on löydettävissä sekä orgaanisessa että epäorgaanisessa muodossa. Ravinteita siirtyy hulevesiin esimerkiksi hajoavasta orgaanisesta aineksesta. Ravinteiden liian suuri määrä voi aiheuttaa rehevöitymistä ja haitta-aineiden vapautumista. (Nurhonen 2020, 9.)

3.2.4 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus ilmaisee veteen liuenneiden elektrolyyttien määrää. Veteen liuettuaan elektrolyytit hajoavat ionimuotoisiksi. Sähkönjohtavuudelle ei ole asetettu erikseen raja-arvoja, mutta on asetettu talousveden laatusuositus ja pohjaveden laatumormi. Talousveden laatusuosituksen arvo on <250 mS/m (Vahtera 2014.)

3.2.5 Kemiallinen- ja biologinen hapenkulutus

Kemiallinen hapenkulutus COD_{MN} kuvastaa veden kemiallisesti hapettuvien aineiden eli orgaanisten aineiden määrää vesissä (Vahtera 2014). Biologinen hapenkulutus (BOD) kertoo happimäärästä, jonka mikrobit kuluttavat hajottaessaan orgaanista ainetta hapellisissa oloissa, tietyssä ajassa ja tietyssä lämpötilassa. BOD-arvoa voidaan käyttää arvioidessa hulevesien puhtautta. (Husso 2017.)

3.3 Hulevesien hallinta

Vastuu hulevesijärjestelmien rakentamisesta kiinteistölle kuuluu ensisijaisesti sille taholle, joka aiheuttaa häiriöitä veden luontaiseen hydrologiseen kulkuun (Hulevesiopas 2012, 43).

Hulevesien viivyttäminen on erityisen tärkeää rakennetuissa ympäristöissä kuten teollisuusalueilla, joissa muodostuu suuria hulevesivirtaamia. Hulevesien laadulliseen hallintaan tähtäävät rakenteet kuten altaat viivyttävät hulevesiä merkittävästi. Koska kiintoaine sisältää suurimman osan hulevesien sisältämistä haitta-aineista, on haitta-aineiden poistaminen suhteellisen helppoa esimerkiksi laskeuttamalla ja suodattamalla. (Hulevesiopas 2012, 11.) Laadullisen hallintatoimenpiteiden mitoituksessa on suositeltavaa

käyttää mitoitusperusteena keskikokoista sadetapahtumaa, sillä ne muodostavat merkittävän osan hulevesien määrästä ja kuormituksesta (Kokkila ym. 2002).

Jätteiden varastointi- ja käsittelyalueilta muodostuvia hulevesikuormituksia voidaan estää kattamalla riskialueita. Myös hulevesien johtaminen suoraan viemäriin tai asianmukaiseen käsittelyyn pienentää hulevesien aiheuttamaa ympäristökuormitusta. Onnettomuustilanteisiin on syytä varautua esimerkiksi rakentamalla tarvittavat suojarakenteet. (Sweco 2019, 16.)

3.4 Kompostointilaitosten hulevesiä koskevat säädökset

3.4.1 EU direktiivi

Euroopan unionin direktiiveissä määritellään EU-maiden yhteiset tavoitteet, johon kaikkien jäsenmaiden on yllettävä. Jäsenmaat saavat kuitenkin vapaasti implementoida direktiivit osaksi kansallista lainsäädäntöä. (Europa.eu 2020.)

IED, 2010/75/EU, eli Industrial Emissions Directive on direktiivi, joka yhdistää aiempia teollisuuden päästöjä koskevia direktiivejä yhdeksi kokonaisuudeksi. Euroopan unionin direktiivissä 2010/75/EU teollisuuden päästöistä (yhtenäistetty ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen), määritellään, että ympäristölupaehtojen perusteena tulee olla paras käytettävissä oleva tekniikka. Ympäristölupa pitää lisäksi sisällyttää kaikki tarvittavat toimenpiteet ympäristönsuojelun korkean tason saavuttamiseksi ja että laitosta käytetään toiminnanharjoittajan perusvelvollisuuksia koskevien periaatteiden mukaisesti. Raja-arvot, tai tekniset toimenpiteet sekä tarkkailuvaatimukset erilaisista päästöistä tulee sisällyttää ympäristölupa (Euroopan komissio 2008, 18.)

3.4.2 BAT & BREF

BATin (Best Available Techniques) taustalla on IED, 2010/75/EU direktiivi. Tämän direktiivin tavoitteena on suojella ympäristö sekä terveyttä ja säätää teollisuuslaitosten ympäristövaikutuksia ympäristöluvituksen kautta (Ymparisto.fi 2020).

BAT eli paras käyttökelpoinen tekniikka on määritelty ympäristönsuojelulaissa 572/2014 (YSL 5§). Tällä tarkoitetaan kaikkia niitä tapoja, menetelmiä tai tekniikoita, joilla voidaan

ehkäistä jonkin toiminnan aiheuttamaa ympäristön pilaantumista tai tehokkaimmin vähentää sitä ja jotka soveltuvat ympäristölupamääräysten perustaksi. (Ymparisto.fi 2020.)

BAT 19 -kohdassa on erikseen määritelty menetelmiä maaperään ja veteen vapautuvien päästöjen estämiseksi, tai, jos se ei ole mahdollista, niin niiden vähentämiseksi. Menetelmiksi on mainittu mm. läpäisemätön pinta, menetelmät tankkien ja säiliöiden ylivuotojen ja rikkoontumisen todennäköisyyden ja niiden vaikutusten vähentämiseksi, jätteen varastointi- ja käsittelyalueiden kattaminen sekä asianmukainen vesien keräily- ja viemäröintijärjestelmä. (AFRY 2020, 13.)

BAT-päästötasot on asetettu vesistön kohdistuville suorille sekä epäsuorille päästöille. Suorat päästöt ovat laitokselta suoraan vesistöön johdettavia päästöjä ja epäsuorat päästöt ovat jätevedenpuhdistamon kautta johdettavia päästöjä (Ympäristöministeriö 2018, 29).

Ympäristönsuojelun edistämistä ja EU maiden ympäristölupakäytäntöjen yhtenäistämistä varten on luotu BAT-vertailuasiakirjoja. Suurin osa BAT-vertailuasiakirjoista on ns. sektori-BREFejä. BAT-päätelmät (BATC) ovat BREFien tärkein osa ja siinä esitetään päätelmät parhaista käytettävissä olevista tekniikoista, niiden kuvaus, tiedot niiden sovellettavuuden arvioimiseksi, parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan liittyvät päästötasot, sekä siihen liittyvä tarkkailu ja kulutustasot ja tarvittaessa asiaankuuluvat laitoksen kunnostustoimet. (Ymparisto.fi 2020.)

3.4.3 Kansallinen lainsäädäntö

Hulevesien ja niiden mahdollisesti aiheuttamien ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi on asetettu säädöksiä mm. maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999, MRL), vesihuolto-laissa (119/2001, VHL), vesilaissa (587/2011, VL), laki tulvariskien hallinnasta (620/2010), vesienhoitolaissa (1299/2004, VHJL), Ympäristönsuojelunasetuksessa (713/2014) sekä ympäristönsuojelulaissa (527/2014, YSL). Lakien tarkoituksena on asettaa yhdenmukaisia tavoitteita eri toimijoille ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi.

Ympäristönsuojeluasetuksen (713/2014 5§) mukaan, jos laitos tai sen toiminta aiheuttaa päästöjä vesistöön, on ympäristölupahakemuksessa oltava purkuvesistön yleiskuvaus sekä tiedot virtaamista ja veden laadusta. Lisäksi lupahakemuksessa on oltava selvitys vesistöjen päästöjen vaikutuksista ja selvitys vahinkojen ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi tarvittavista toimenpiteistä.

Ympäristönsuojelulain tavoitteena on ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa ja torjua ympäristövahinkoja, vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta sekä ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia (Ympäristönsuojelulaki 527/2014). Ympäristönsuojelulain 27§ säädetään, että toiminnalla, joka aiheuttaa varaa ympäristön tai vesistöjen pilaantumiselle on oltava ympäristölupa (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 §27).

3.5 Hulevesien hallintamenetelmät muissa kompostointilaitoksissa

3.5.1 Kujalan Komposti Oy

Lahdessa sijaitsevan Kujalan Komposti Oy:n kompostointilaitoksen jätevedet on johdettu suoraan jätevesiviemäriin. Uudessa lupamääräyksessä oli ilmoitettu, että kompostointilaitoksen prosessi sekä jälkikypsytyksen ja varastokenttien suoto- ja hulevedet on johdettava tasausaltaan kautta tai muulla tavoin hallitusti jätevedenpuhdistamolle. Jätevedet on esikäsiteltävä riittävästä ja asianmukaisesti ennen kuin ne voi johtaa vesihuoltolaitoksen viemäriin. (Hämeen ympäristökeskus 2009, 9.)

Viemäriin johdettavia jätevesiä on myös tarkkailtava Lahti Aqua Oy:n ja Hämeen ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla. Virtausmittauksia on tehtävä päivittäin ja lähtevän jäteveden laatua on seurattava neljä kertaa vuodessa otettavilla näytteillä. Tulokset tulee raportoida Lahti Aqua Oy:lle ja vuosittain Hämeen ELY-keskukselle. (Hämeen ympäristökeskus 2009, 9.)

3.5.2 Kukkuroinmäen jätekeskus

Etelä-Karjalan jätehuolto Oy:n Kukkuroinmäen jätekeskuksen kompostointilaitoksen ja kompostointikentän vedet kerätään 1100 m³ tasausaltaaseen, mistä vedet johdetaan öljynerotuskaivon kautta pumppaamalla edelleen Toikanojan puhdistamolle. Kompostointilaitoksen toiminnoista syntyi vuoden 2016 aikana n. 5 467 m³/a kenttävesiä. (Oksman-Takalo 2017.)

3.5.3 HSY Ämmässuon jätteenkäsittelykeskus

Ämmässuolla sijaitsevan kompostointilaitoksen alla on tiivis vuodontarkkailujärjestelmällä varustettu suojausrakenne. Suojakäyttö- ja tarkkailukerroksen suotovedet johdetaan viemäriin (HSY 2019, 36).

Kompostointikenttien kenttävedet johdetaan tasausaltaiden kautta vesiasemalle ja edelleen poistoviemäriin. Vesiä ei käsitellä ennen viemäriin johtamista (HSY 2019, 36).

3.5.4 Hettula Oy

Kiinteistön alueelta johdettavat hulevedet ohjataan ympärysojan kautta pois alueelta. Tulevaisuudessa alueelle on tarkoitus rakentaa tasausallas ja asentaa sen jälkeen hiekan- ja I luokan öljynerotuskaivo sekä sulkuventtiili, joiden kautta laitoksen pintavedet ohjataan laskuojaan ja hulevesiviemäröinti on tarvittaessa suljettava. Vuosisadanta on arviolta 500–550 mm. Jätteenkäsittelylaitoksen pinta-ala on noin 6,5 ha. Johdettavien vesien sadannan mukaan laskettu arvio on 20 000–22 000 m³/a. Laitosalueella on käytössä neljä umpisäiliötä, joihin kerätään rakennusten jätevedet. Umpisäiliöön kerätyt jätevedet toimitetaan loka-autolla jätevedenpuhdistamolle. Talvisin lumet aurataan ja kuljetetaan pois alueelta, lisäksi osa hulevedestä poistuu haihtumalla. Todellinen arvio jätteenkäsittelyalueelta pois johdettavista vesistä on 2/3 vesimäärästä eli noin 13 000–15 000 m³/a. (Aluehallintavirasto 2020, 17.)

Aluehallintoviraston antamassa ympäristöluparatkaisussa vesien johtamisen ja käsittelyn kohdassa 28 on mainittu, että hulevedet voidaan johtaa maastoon öljynerotuskaivon ja laskeutusaltaan kautta. Laskeutusaltaan tilavuus tulee olla riittävä ja siinä on oltava mahdollisuus sulkea allas tarvittaessa. Öljynerotin on mitoitettava hulevesien määrän mukaan. Öljynerottimen on vastattava hiilivetyjen erotustehokkuudeltaan standardin EN 858-1 luokan asettamaa vaatimustasoa. (Aluehallintavirasto 2020, 61.)

3.5.5 Metsä-Sairila Oy

Kompostointilaitoksen ympäristöluvalle on asetettu erityisiä määräyksiä, jossa on määrätty, että kompostialueen hulevedet on viemäroitävä suotoveden tasausaltaaseen (Aluehallintavirasto 2018,5). Kompostointilaitoksen sosiaalilojen jätevedet johdetaan

umpikaivoon ja sieltä vedet toimitetaan jätevedenpuhdistamolle. Kenttäalueiden hulevedet johdetaan pihan kallistusten avulla suotovesialtaaseen, joka on tilavuudeltaan (2 000 m³) ja sieltä vedet johdetaan kaupungin jätevedenpuhdistamolle (Aluehallintavirasto 2018,13). Alueelta ei johdeta hulevesiä vesistöön.

3.5.6 Mustankorkea Oy

Kompostointilaitos. Jälkikypsytykenttä sisältää 600 m³ suuruisen tasausaltaan noin 3,9 ha kokoisen kentän pintavesille. Uusilta täyttöalueiden suotovedet ja pilaantuneiden maiden termisen käsittelykentän hulevedet kerätään ympärysojaan ja johdetaan mittapatojen kautta viemäriverkostoon. Vanhoilta täyttöalueilta muodostuvat kenttävedet kerätään myös ympärysojiin, jotka sulkemistoimenpiteiden yhteydessä muutetaan salaojiksi. Näiden ojien vedet johdetaan tasausaltaaseen, jossa vedet pumpataan paineviemäriä pitkin lähelle rakennettuun viemäriin, mistä ne johdetaan edelleen Nenäinniemen puhdistuslaitokseen. Laitoksen piha-alueilta muodostuvat hulevedet vastaavat laadultaan liikenne- ja pysäköintialueiden hulevesiä ja ne johdetaan niskaojan kautta maastoon. Hyötyjätekentän hulevedet eivät myöskään sisällä haitallisia aineita, joten ne johdetaan sakka- pesällisen kaivon kautta maastoon. (Keski-Suomen ympäristökeskus 2005.)

4 MITOITUSPERIAATTEET

Hulevesivalunnan muodostumisessa on otettava huomioon vettä läpäisemättömien pintojen kokonaismäärä

Kattopinnat ovat yleensä läpäisemättömistä pinnoista merkittävimpiä, koska kattojen kaltevuus on muita rakennettuja pintoja suurempi ja kattomateriaalin virtausvastus on suhteellisen pieni (Sweco 2019, 14.)

4.1 Hulevesimäärän laskeminen

Hulevesijärjestelmien mitoitusperusteena toimii hetkellinen virtaama, joka on riippuvainen sateen rankkuudesta. Kun taas hulevesien varastointiin ja käsittelyyn käytettävien rakenteiden tai hulevesijärjestelmän osien mitoitusperusteena on hulevesien virtaama, tai määrä eli tilavuus, joka on riippuvainen itse sademäärästä. (Hulevesiopas 2012, 104.)

Talvella päällystetyt pinnat voivat olla lumettomia ja sulamisvedet muodostuvat jäätyneiltä tai veden kyllästämiltä läpäiseviltä pinnoilta. Talvikauden valuntatapahtumien käsittelyyn pitäisi riittää sama järjestelmä, joka on mitoitettu usein toistuvien sateiden perusteella. (Hulevesiopas 2012, 108.)

Yhteen tai useampaan tavoitteeseen pyrkiessä tulee menetelmän toimivuutta tarkastella useammilla mitoitusperusteilla. Hulevesien laadulliseen hallintaan pyrittäessä tulisi hulevesien käsittelyrakenteet mitoittaa usein toistuvien yleisten sateiden mukaan, sillä nämä muodostavat suurimman osan hulevesivalunnasta. (Hulevesiopas 2012, 107.) Hulevesien laadullisen hallinnan tavoitteena on käsitellä mahdollisimman suuri osa sadetapahtumista esim. 80 %. Laadullisia hulevesihallinnanjärjestelmiä kannattaa rakentaa sarjaan yhden isomman rakenteen sijasta. Sarjaan rakennettujen järjestelmien tehokkuus on yleensä parempi kuin yhden ison rakenteen. Hulevesien hallintajärjestelmiä suunniteltaessa tulee huomioida mahdolliset ylivuodot, tyhjeneminen ja padotusvaikutus. (Hyöty 2018.)

Valumakerrointa ja pinta-alaa tarvitaan hulevesijärjestelmien mitoittamisessa, sillä se kuvasta sadannan ja pintavalunnan välistä suhdetta (Sweco 2016).

Virtaama

Virtaaman laskemisessa tarvitaan tiedot tietyn alueen valumakertoimesta (C), mitoitus-sateen keskimääräisestä intensiteetistä (i) [l/s*ha] sekä valuma-alueen pinta-alasta (A) [ha].

$$Q = C \times i \times A$$

Kaava 1. Virtaama (Hyöty 2018).

Sateen intensiteettiin vaikuttavat sekä sateen kesto että sateen toistuvuus (Jaakola 2016).

Vesimäärä

Vesimäärän eli tilavuuden (V) [m³] laskemisessa tarvitaan tiedot koko tapahtuman valumakertoimesta (C), sateen intensiteetistä (i) [l/s*ha], mitoitus-sateen kestoajasta (t) [s], sekä pinta alasta (A) [ha].

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

Kaava 2. Huleveden määrä, eli tilavuus (Hulevesiopas 2012).

Huleveden tilavuus voidaan määrittää vaihtoehtoisesti myös sademäärän avulla. P [mm] on sademäärä, mutta muut tekijät ovat samoja kuin edellisissä kaavoissa

$$V = (C \times P \times A) \times 100$$

Kaava 3. Huleveden tilavuuden määrittäminen sademäärän avulla (Hulevesiopas 2012).

Viipymä

Jatkuvan tilavuus- ja virtausnopeuden omaavan kosteikon viipymisaika (t) on kosteikon veden tilavuuden suhde (V) virtausnopeuteen (Q). (EPA 2008).

Kosteikoiden veden viipymisaika saadaan laskettua kaavalla:

$$t = V/Q$$

Kaava 4. Veden viipymisaika (lähde EPA 2008).

Missä t [s] on viipymisaika, V veden määrä [m^3] ja Q on virtausnopeus [m^3/s] (EPA 2008).

4.2 Mitoitussade

Sateen kesto, sateen rankkuus eli intensiteetti, sademäärä ja sateen toistuvuus eli todennäköisyys kyseisen sadetapahtuman esiintymiselle ovat neljä määräävää ominaisuutta mitoitussateelle. Todennäköisyyttä tarkasteltaessa ei tulisi kiinnittää huomiota sateen esiintymisessä menneisyydessä, vaan tulisi tarkastella sateen todennäköisyyksiä prosentteina muuttuvassa ilmastossa.

Mitoitussadetta määrittäessä on ensin selvitettävä sateen kesto aika, joka voi olla suurempi kuin huippuvirtaaman aiheuttamalla sateella. Sillä kokonaissademäärä kasvaa sateen kestoajan pidentyessä, vaikka keskimääräinen intensiteetti pienenee. (Hulevesiopas 2012, 103.) Tavallisimmin mitoitussateen kestoajaksi otetaan arvo 10 ja 15 minuutin väliltä (Hamilas 2018, 13).

Valuma-alueen ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa hulevesien johtamistavan valinnalla, mikä taas vaikuttaa mitoitusvirtaamaan. Mitoitussateen todennäköisyys valitaan ympäristöolosuhteiden ja mitoitettavan hulevesijärjestelmän mukaan. Lähtökohtaisesti mitä pienempään todennäköisyyteen pyritään sitä rankempaan sateeseen ja suurempaan sademäärään on mitoituksessa varauduttava. (Hulevesiopas 2012, 103.) Valuma-alueen suuruus vaikuttaa kestoajan valintaa. Mitä suurempi pinta-ala sen pidempi kestoainen sade. Jos tulviminen ei aiheuta ongelmia on mitoitussateen valinnassa hyvä ottaa lyhyt toistumisaika. (Kiviluoma 2019.)

Kompostointilaitoksien hulevesien määrää sekä mitoitussadetta huomioitaessa on otettava huomioon myös aumojen vaikutus hulevesien kulkeutumiseen. Aumat voivat imeyttää sateita tai toimia varaston tavoin ja pidättää sateita (Coker 2008).

Taulukko 2. Eri kokoisten valuma-alueiden ohjeelliset kestoajat (lähde Hulevesiopas 2012).

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

Työssä käytettiin sateen intensiteetin valinnassa 15 minuutin kestävästä sadetapahtumasta, joka on tyypillisesti käytetty mittauksissa ja toistuvuudeksi valitsin kerran viidessä vuodessa tapahtuvan sateen.

4.2.1 Valumakerroin

On mahdollista, että mitoittava rankkasade esiintyy pitkän ja matalaintensiteettisen sadejakson keskellä, jolloin vettä läpäisevät pinnat ovat jo kyllästyneet ja menettäneet imeytysominaisuutensa. Yleensä tässä vaiheessa myös pintojen painanteet ovat täyttyneet hulevesillä, joten painannesäilynnän pidättämä vesimäärä ei enää kasva. Tämän vuoksi on tärkeää mitoittaa hulevesijärjestelmät toimimaan mahdollisimman vaikeissa olosuhteissa tarpeeksi suurella valumakertoimella. Usein toistuvien sateiden aiheuttama virtaama ja vesimäärä mitoittaessa valumakertoimen arvot ovat pienempiä, mikä tulee ottaa huomioon hulevesien hallintamenetelmien suunnittelussa. Huomioitavaa on esimerkiksi, että viivytykseltään usein toistuvien sateiden aiheuttamia hulevesiä pidättävän osan purkuvirtaama on säädettävä riittävän pieneksi. Liian suurella rankkasateiden valumakertoimella mitoitettu purkuvirtaama voi olla niin suuri, että haluttua pidätysvaikutusta ei saavuteta pienen sateen aiheuttamalla virtaamalla. (Hulevesiopas 2012, 107.) Siksi järjestelmän mitoituksessa on tärkeää arvioida viipymän kesto. Lähtökohtaisesti viipymä ei saisi olla yli 48 tuntia, jopa 12 tuntia saattaa olla liian pitkä viipymisaika. (Viitanen 2018).

Taulukko 3. Eri pintojen valumakertoimet (lähde Hulevesiopas 2012).

Pinnan tyyppi	Valumakerroin
Katto	0,80...1,00
Asfalttipäällyste	0,70...0,90
Nurmipintainen piha	0,10...0,40
Tasainen metsämaasto	0,10...0,10
Tasainen sorakenttä	0,00...0,05

Valumakerrointa ja pinta-alaa tarvitaan hulevesijärjestelmien mitoittamisessa, sillä se kuvasta sadannan ja pintavalunnan välistä suhdetta (Sweco 2016).

4.3 Ilmastonmuutoksen vaikutus hulevesien määrään

Ilmastonmuutoksen seurauksesta hulevesien määrä tulee kasvamaan ajanjakso 2071–2100 mennessä selvästi kuten Taulukko 1 kuvastaa. Useimpien tutkimusten mukaan vuorokauden suurimpien sademäärien kasvu tulee olemaan suunnilleen 20 %. Tämän vuoksi hulevesijärjestelmät tulee mitoittaa 20 % suuremmille sademäärille kuin aiemmin.

Taulukko 4. Sateen intensiteetti ottaen huomioon ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus (lähde Hulevesiopas 2012).

Keskimääräinen sateen intensiteetti (l/s*ha) noin 1 km²:n aluesadannalle ilmastonmuutoksen ennakoitavat vaikutukset huomioon otettuna (+20 %).

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

Taulukko 5. Sateen intensiteetti (mm/min) ottaen huomioon ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus (lähde Hulevesiopas 2012).

Keskimääräinen sateen intensiteetti (mm/min) noin 1 km²:n aluesadannalle ilmastonmuutoksen ennakoitua vaikutusta otettuna huomioon (+20 %).

	Sateen kesto								
Toistuvuus	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	0,84	0,58	0,56	0,36	0,24	0,13	0,08	0,05	0,03
1/2 a	1,20	0,86	0,72	0,44	0,30	0,15	0,09	0,06	0,04
1/3 a	1,32	0,94	0,80	0,52	0,34	0,17	0,10	0,06	0,04
1/5 a	1,56	1,08	0,88	0,60	0,38	0,18	0,12	0,07	0,04
1/10 a	1,68	1,30	1,12	0,72	0,46	0,22	0,14	0,08	0,05

5 HULEVESIALTAIDEN SUUNNITTELU

Hulevesiratkaisut on tarkoitus sijoittaa kiinteistön kaakkoiskulmaan, sillä pihan kallistukset ohjaavat hulevedet siihen suuntaan.

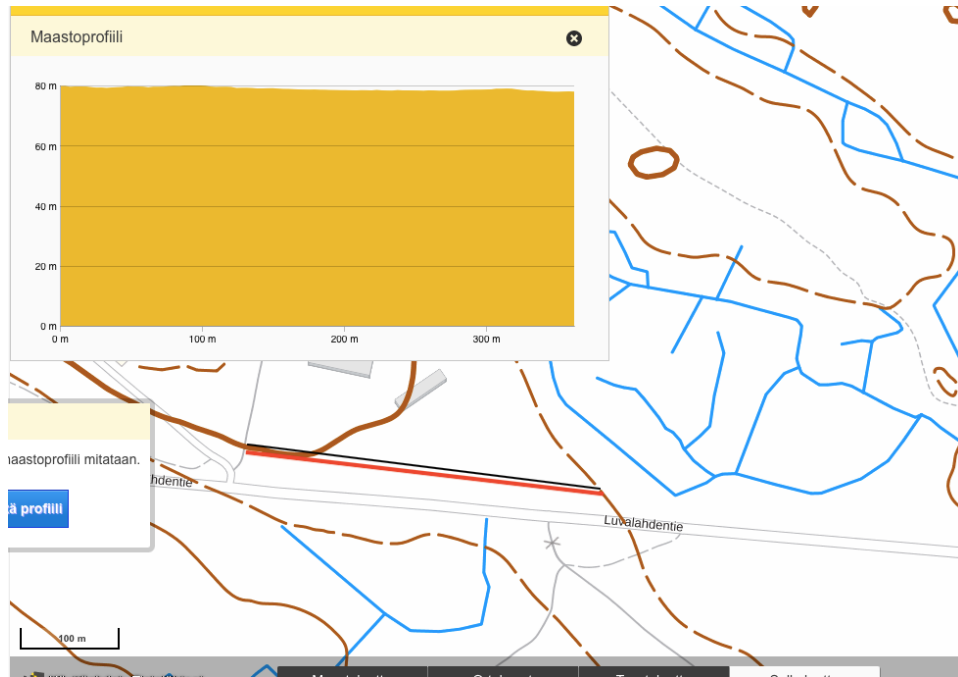
5.1 Mitoitettava alue

Kattopinta-alojen koko on 2250m² ja asfaltilla pinnoitetun alueen koko on 4,5 ha. Tästä pinta-alasta on vähennetty myös jälkikypsytysalueen pinta-ala (2400 m²), sillä jälkikypsytysalue on reunustettu, lisäksi alueen suoto- ja valumavedet johdetaan erilliseen umpisäiliöön, mistä vedet kuljetetaan puhdistuslaitokselle. (Ympäristölupa 2020, 6.)



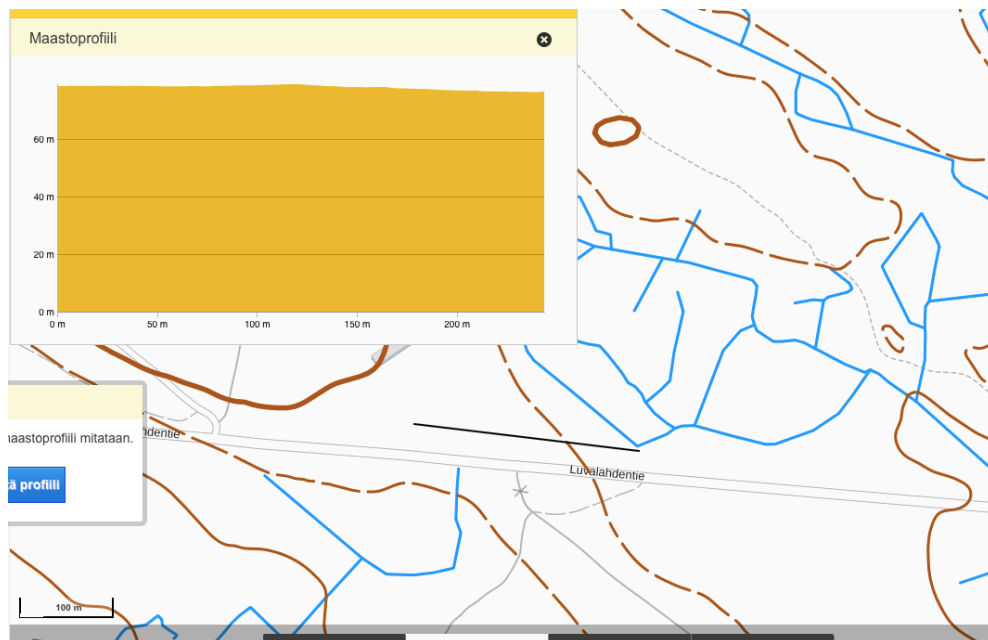
Kuva 3. Kiinteistön pihan kallistusten suunta ja hulevesijärjestelmien suuntaa antava sijainti.

Maaston kaltevuuserot kiinteistön länsikulmasta kaakkoiskulmaan ovat 1,3 m, piha-alue viettää siis kaakkoon päin. Korkeusero 79,3 m – 78,0 m alueen reunasta reunaan.



Kuva 4. Alueen maastoprofiili

Kiinteistön korkeuserot altaille varatulta alueelta ympärysojaan kohti 1,8 m. Korkeusero on 78,3 m – 76,5 m arvioidusta altaiden sijainnista ympärysojaan asti.



Kuva 5. Maastoprofiili hulevesijärjestelmille varatun alueen ja ympärysojan välillä.

Koska alueelle ei ole tehty maastomittauksia, täytyy korkeuserot tarkistaa vielä ennen altaiden rakentamista.

5.2 Luontopohjainen ratkaisu

Luontopohjaiset menetelmät ovat tehokkaita hallitsemaan, käsittelemään ja suojaamaan veden laatua. Esimerkiksi erilaiset biosuodatus-, tai biopidätysaltaat (bioretention basins), suojakaistat, viherpainanteet ja rakennetut kosteikot ovat tehokkaita vaihtoehtoja. (Coker 2008, 33)

Sopivan käsittelymenetelmän suunnitteluun vaikuttaa likaantuneen huleveden ominaisuus ja veden virtauksen tasaisuus, sillä hallintamenetelmät toimivat parhaiten silloin kun virtaama on suhteellisen jatkuvaa (Coker 2008, 33).

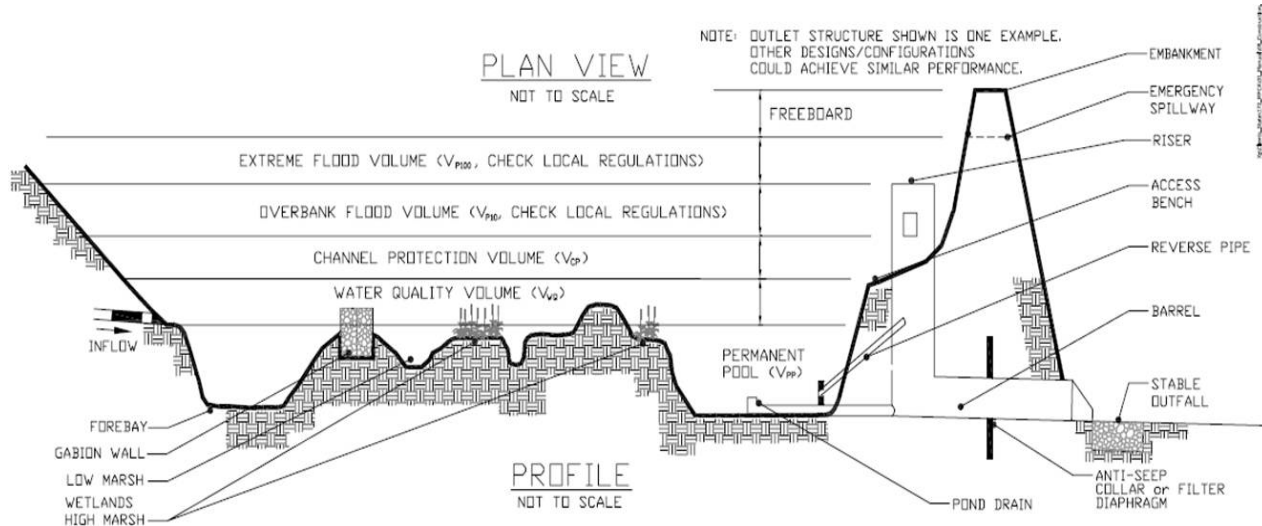
Fosfori sekä raskasmetallit ovat yleensä kiinnittyneinä kiintoaineeseen ja laskeutuvat siten kosteikon pohjalle kiintoaineen sedimentoitua. Kosteikko puhdistaa myös tehokkaasti typen, joka esiintyy kompostointilaitosten hulevesissä liukoisena ammoniumtypenä. Kosteikon kasvillisuus sitoo itseensä ravinteita sekä epäpuhtauksia ja tehostaa kosteikoissa tapahtuvia fysikaalisia ja kemiallisia puhdistusprosesseja. Kosteikoiden aktiivinen mikrobitoiminta parantaa ja tehostaa veden puhdistumista. (Kasvio & al. 2016, 16.)

Suunnitellut kosteikot ovat yksi parhaimmista vaihtoehdoista kompostointilaitosten hulevesien hallitsemiseen. Kosteikoissa tapahtuu paljon biologista toimintaa, jotka pystyvät muuttamaan tavanomaisia epäpuhtauksia, joita hulevesissä on, harmittomiksi sivutuotteiksi tai ravinteiksi, joilla voidaan lisätä biologista tuottavuutta. (Coker 2008.)

Kosteikkojen esikäsittelymenetelminä toimii hyvin altaisiin muutenkin kuuluva pintakasvillisuus, jota voidaan lisätä puhdistustehon parantamiseksi (Viitanen 2018). Kosteikkojen on tutkittu vähentävän hulevesien epäpuhtauksia, kuten fosforia noin 24–70 % ja typen pitoisuutta 31–84 % syntyvistä hulevesistä (Coker 2008).

Kosteikon tulisi muodostua vähintään kahdesta eri syvyysestä osasta, kuten avovesialtaasta ja suurten vesikasvien täyttämästä alueesta. Syvintä aluetta suositellaan heti veden sisääntuloaukon eteen, jotta karkein kiintoaine sedimentoituu tehokkaasti. Mahdollisten ylivirtaamien varalle tulisi myös rakentaa ohitusuoma. Pituuden ja leveyden suhde tulisi olla 4:1. (Kasvio & al. 2016).

Kosteikot tuovat myös vesiensuojelun ohella positiivisia vaikutuksia luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle. Kosteikoiden perustaminen luo alueelle uudenlaisia elinympäristöjä ja lisää luonnon monimuotoisuutta. Kasvi- sekä eläinlajisto rikastuvat ja usein linnut viihtyvät erityisen hyvin kosteikoilla. (Hirvonen 2013, 7.)



Kuva 6. Matalan kosteikon poikkileikkaus (lähde Minnesota Stormwater Manual 2019).

5.3 Allastyypinen ratkaisu

Yleisin kompostointilaitoksilla käytetty allastyypinen ratkaisu on laskeutusallas, johon on lisätty ilmastin. Ilmastus on menetelmä, jossa vähennetään happea kuluttavia aineita, lisäämällä liuenneen hapen määrää vedessä. Markkinoilla on olemassa monenlaisia vaihtoehtoja, mutta kompostointilaitoksien laskeutusallaksiin kannattaa asentaa ilmastin, missä on korkein mahdollinen hapen siirtonopeus. (Coker 2008.)

Rakennetuilla hulevesialtailla huollon ja hoidon tarve on suurempi kuin luonnonmukaisilla menetelmillä. Tämä on syytä ottaa huomioon jo altaita suunniteltaessa. Lisäksi menetelmissä tulee mahdollistaa hallittu ylivuoto sekä rakenteen mahdollinen tyhjentäminen. (Coker 2008.)

Allas tulee varustaa ylivuotoreitillä sekä tyhjennysputkella, jotta allas saadaan tyhjenneeksi huoltoa varten (Hulevesiopas 2012). Ylivuotoreuna asennetaan altaan yläreunaan, jotta mahdollinen tulviminen saadaan hallitusti ohjattu altaasta eteenpäin.

5.4 Hulevesimäärien laskeminen

Hulevesimäärien laskemisessa käytin 15 minuutin kestoista ja kerran viidessä vuodessa toistuvaa sadetta mitoitussateena. (146 l*s/ha)

Mitoitusvirtaamaa (Kaava 1):

$$Q = 0,8 \times 146 \left(\frac{l}{s} * ha \right) \times 4,5 ha = 525,6 l/s$$

Päälystetyltä alueelta laskettu virtaama ennalta määrätyn sadetapahtuman aikana.

$$Q = 1 \times 146 \left(\frac{l}{s} * ha \right) \times 0,225 ha = 32,85 l/s$$

Kattopintojen virtaama ennalta määrätyn sadetapahtuman aikana

Virtaama yhteensä kaikilta pinnoilta 558,45 l/s

0,558 m³/s

Tulovirtaama altaaseen rankkasateen aikana 0,558 m³* 3600 s = 2008,8 m³/h

$$V = \frac{0,8 * 146 \left(\frac{l}{s} * ha \right) * 4,5 ha * 900s}{1000} = 473,04 m^3$$

Pinnoitetulta alueelta kerääntyvän huleveden määrä valitun sadetapahtuman aikana.

$$V = \frac{1 * 146 \left(\frac{l}{s} * ha \right) * 0,225 ha * 900s}{1000} = 29,565 m^3$$

Kiinteistön kattopintojen hulevesien määrä valitun sadetapahtuman aikana.

Veden määrä yhteensä kaikilta pinnoilta 502,605 m³

5.5 Hiukkasten laskeutumisnopeus

Laskeutusaltaan mitoittamisessa tulee kiinnittää huomiota kahteen päätekijään, eli virtausnopeuteen altaassa ja maahiukkasten laskeutumisnopeuteen vedessä. Virtausnopeuteen pystytään vaikuttamaan altaan muodoilla ja virtauksen poikki-pinta-alan koolla. Partikkeleiden laskeutumisnopeus on riippuvain partikkelin koosta ja tiheydestä, eli

niiden laskeutumisnopeuteen ei voi vaikuttaa. Teoreettisen toimintamallin mukaan allas pystyy pidättämään partikkeleita, joiden laskeutuminen pohjalle kestää lyhyemmän ajan kuin partikkeleiden virtaaminen tulopisteestä poistopisteeseen. Näin ollen partikkeleiden vähimmäis laskeutumisaika saadaan laskettua kaavalla: (Parantala 2015.)

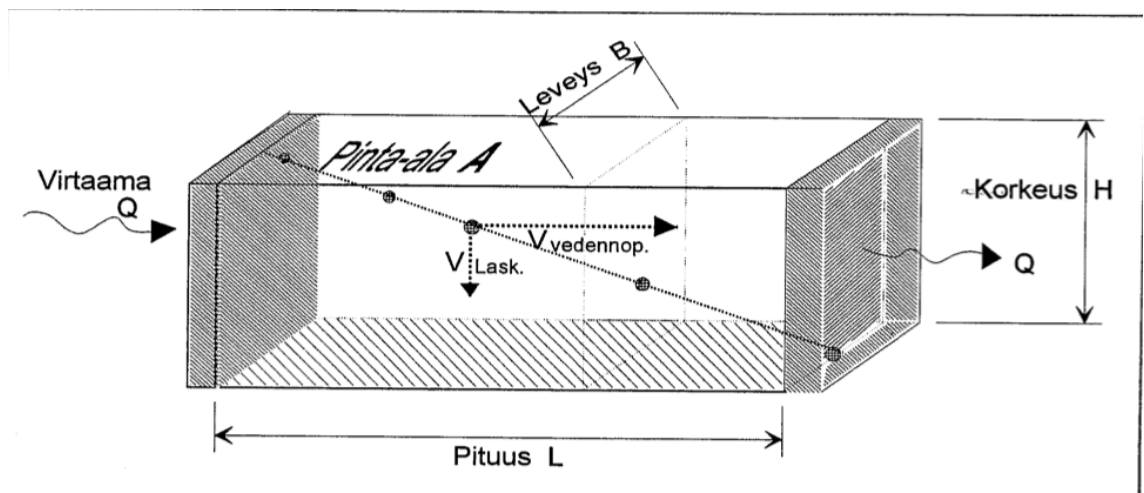
$$\frac{L}{v_v} \geq \frac{H}{v_s} \rightarrow v_s \geq \frac{v_v \times H}{L}$$

Kaava 5. Hiukkasen laskeutumisnopeus (lähde Ruohtula 1996).

$$\frac{1,5 \text{ m} \times 0,0413 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{36 \text{ m}} = 0,00172 \text{ m/s}$$

Laskeutumisnopeus V_s on 0,00172 m/s (6,19 m/h)

missä v_s [m/s] on partikkelin laskeutumisnopeus, v_v [m/s] on veden virtausnopeus, H [m] on laskeutusaltan syvyys ja L [m] on laskeutusaltan leveys.

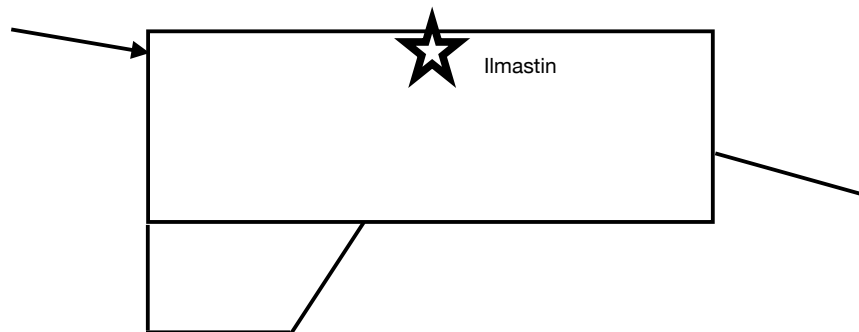


Kuva 7. Hiukkasen laskeutuminen (lähde Ruohtula 1996).

Laskeutusaltaiden vähimmäiskoko on hyvä mitoittaa hienon hiedan laskeutumisnopeuden mukaan eli 1 m/h, sillä tätä pienemmän aineksen poistaminen vaatii todella pitkän laskeutumisaian ja silti voi esiintyä pyörteitä, jotka estävät hienomman aineksen laskeutumisen. 1 m/h laskeutumisnopeus saavutetaan, kun tulovirtaus on enintään 1 m³ tunnissa, eli 0,28 litraa sekunnissa neliometriä kohden. (Parantala 2015.)

5.6 Altaan mitoitus

Laskeutusaltaan ympärille, varsinkin altaan alkupäähän, jossa lietetasku sijaitsee, olisi hyvä rakentaa aita lisäämään turvallisuutta.



Kuva 8. Laskeutusaltaan havainnollistava poikkileikkauskuva lietetaskulla ja ilmastimella (Kuva ei mittakaavassa).

Suunnitellun laskeutusaltaan mitat:

- Altaan pituus $L = 36$ m
- Altaan leveys (Pinnan leveys) $B = 9$ m
- Lietetaskun pituus $L_L = 4$ m
- Lietetilan syvyys $H_L = 1,5$ m
- Lietetilan leveys $B_L = 9$ m
- Altaan lietetaskun tilavuus = 81 m³
- Altaan kokonaissyvyys (ilman lietetilaa) = $1,5$ m
- Poikkileikkaus kokonaan (ilman lietetilaa) = $13,5$ m²
- Altaan tilavuus (ilman lietetilaa) = 486 m³
- Altaan kokonaistilavuus = 567 m³
- Altaan pinta-ala = 324 m²

Viipymäaika altaassa lasketaan kaavalla:

$$T = \frac{A_v}{Q_{mit}} = \frac{13,5m^2 \times 36m}{0,558 \frac{m^3}{s}} = 870,96 s \approx 14,51 min$$

Missä A_v on poikkileikkauksen pinta-ala [m^2] ja muut arvot ovat samat kuin edellä.

Viipymää voidaan pidentää padottamalla allasta. Poistovirtauksen suuruus on viipymän kannalta oleellinen parametri. Vaikuttavia tekijöitä ovat poistoputken halkaisija sekä sen sijoitus syvyys suunnassa (Parantala 2015). Tavoitteena on saada vähintään 1,5 h viipymä, joten mitoitetaan ulosvirtaus sen mukaan.

$$Q_{out} = \frac{V}{T}$$

Q_{out} on ulosvirtauksen suuruus [l/s], V on mitoitussateen tilavuus [l] ja T on viipymä [s]

$$Q_{out} = \frac{502605 l}{(1,5 \times 60 \times 60) s} = 93,075 l/s$$

Vedenpinta nousee altaassa (h) [m] korkeuden verran:

$$h = \frac{V}{A}$$

$$h = \frac{502m^3}{324m^2} = 1,54 m$$

Suuren mitoitussateen aikana, nousee altaan vedenpinnan korkeus 1,54 m. Tämän vuoksi tulisi mitoitaa vielä 0,5 m korkea varoallastila, joka voi täyttyä suurilla rankkasateilla.

Jos poistoputken asennussyvyys tiedetään, voidaan poistoputken pinta-ala laskea torricellin lain avulla (Parantala 2015):

$$A_{out} = \frac{Q_{out}}{k * \sqrt{2gH_h}}$$

A_{out} on poistoaukon pinta-ala [m^2], Q_{out} ulosvirtauksen suuruus [m^3/s], k on ulosvirtauskerroin, H_h on hydraulinen korkeus [m], g on putoamiskiihtyvyys [m/s^2].

Asennetaan poistoputki 0,5 m syvyyteen, jotta saadaan viipymää pidennettyä. Lisäksi putki asennetaan kaivon sisältä lähteväksi etäisyydeltä $1=d/2$ (missä d on putken

halkaisija). Hydraulinen korkeus (H_h) on $0,5$ m ja ulosvirtauskerroin (k) on $0,5$. (Parantala 2015.) Saadaan pinta-alaksi:

$$A_{out} = \frac{0,09307 \frac{m^3}{s}}{0,5 \times \sqrt{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,5 m}} = 0,0593 m^2$$

Putken halkaisijaksi (d) saadaan:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0593 m^2}{\pi}} = 0,274 m = 27 cm$$

Poistoaukon kooksi tulisi valita ainakin 100 mm, jotta vältetään mahdollisilta tukkeutumisriskeiltä. Tässä tapauksessa poistoaukon koko on riittävä, mutta suuri pienemmille sademäärille (Parantala 2015). Valitaan putken halkaisijaksi 15 cm, jotta saadaan pidennettyä viipymää. Tämän kokoinen purkuputki voidaan asentaa $0,5$ m syvyyteen.

$$A_{out_2} = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

$$A_{out_2} = \frac{\pi}{4} \times (0,15 m)^2 = 0,01767 m^2$$

Ulosvirtaaman suuruus, kun purkuputken korkeutta muutettu.

$$Q_{out_2} = k \times A_{out} \times \sqrt{2 \times g \times H_h}$$

$$Q_{out_2} = 0,5 * 0,01767 m^2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \frac{m}{s} \times 0,5 m} = 0,0276 m^3/s$$

Uudeksi viipymäksi saadaan:

$$T_2 = \frac{V}{Q} = \frac{502,6 m^3}{0,0276 \frac{m^3}{s}} = 18210,144 s \approx 5h$$

Tällöin saadaan uudeksi viipymääjäksi yli 5 h, joka on riittävä.

On hyvä muistaa, että poistovirtaaman suuruus on teoreettinen maksimi arvo, koska vedenpinnan laskiessa, myös virtausnopeus poistoaukosta pienenee. Maksimivirtaamaa käytetään lisäämään mitoituksen varmuutta. (Parantala 2015.)

Viipymän riittävyttä varten tein laskelmia myös muiden mitoitussateiden perusteella. Tiivistääkseni opinnäytetyötä kirjaan vain eri mitoitussateiden arvot ja niiden mukaan saatava viipymä:

Taulukko 6. Viipymä muilla mitoitussateilla.

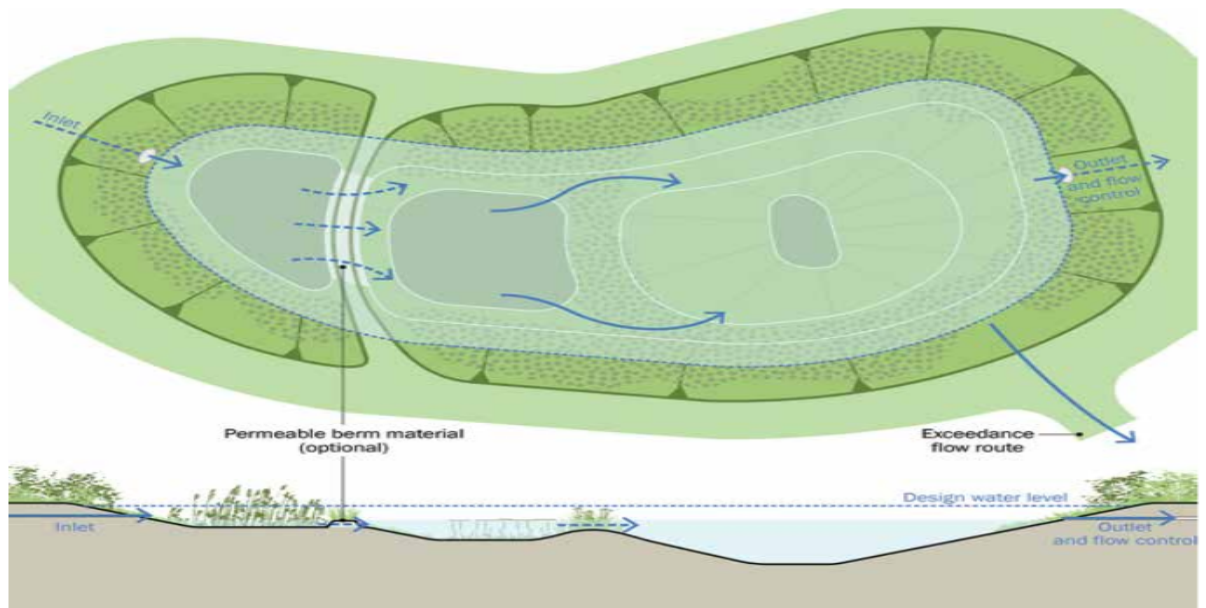
Toistuvuus	10 min kestävä sade	15 min kestävä sade
1/1 a	2h 21 min	3 h 25 min
1/2 a	3h 19 min	4 h 15 min

Taulukosta voidaan pääteellä, että tämän kokoinen allas pystyy viivyttämään tehokkaasti eri kokoisia mitoitussateita.

5.7 Kosteikon mitoitus

Kosteikon suorituskyky paranee, kun käytetään useita soluja, pidempiä virtausreititettä ja suurta pinta-ala-tilavuussuhdetta sekä monimutkaista mikrotopografiaa (Minnesota Stormwater Manual 2019).

Kosteikon alkuosassa sijaitsee syvä alue, johon kiintoaines laskeutuu. Syväne myös hidastaa veden virtaamista. Syvyys tulisi mitoitaa niin, että kuivankauden aika siinä olisi minimissään 1 m vettä. (Sundvall 2017.) Matalampi osa tulee syvämmän kohdan jälkeen ja kuivankauden aikana alue voi olla lähes kokonaan kuiva. Tulva-alue on kosteikon reuna-alueilla ja sen tarkoituksena on parantaa veden viipymää tulva-aikana. (Sundvall 2017.)



Kuva 9. Kosteikko (Lähde Woodson Ballard 2015)

Maksimisyvyys altaassa ei saa ylittää 2 metriä, jotta voidaan välttää veden kerrostuminen ja hapettomat tilat. Jos altaan pitää olla syvempi kuin 1,5 m on suositeltavaa, että altaassa on jonkinlainen veden kierrätysmenetelmä varsinkin kesällä, esimerkiksi lähde tai ilmastin. Tämä estää veden seisautumista ja vähentää hapettomien olosuhteiden muodostumista. (Woodson Ballard 2015.) Kompostointilaitosten hulevesien orgaanisen aineen määrä on yleensä melko suuri, joten vaikka tässä tapauksessa altaan syvyys ei vaadi ilmastinta, on kuitenkin suositeltavaa sellainen asentaa.

Ylivuotoputki tulisi suunnitella vesivarastotilan yläpuolelle, jotta pystytään johtamaan ylimääräinen vesi hallitusti pois (Woodson Ballard 2015).

Virtausreitti pitää maksimoida sisääntuloputken ja ulosmenoputken välillä. Ulosvirtaus alue tulisi olla altaan syvin kohta, jotta voidaan mahdollistaa vielä viimeinen kiintoaineen laskeuttaminen ja estää sedimentin uudelleensuspendoituminen. (Woodson Ballard 2015.)

Kosteikon mitat:

- syvyys 1,5 m (syvin kohta)
- syvyys 0,4 m (minimi)
- leveys 18 m
- pituus 50 m

- tilavuus (laskettu syvimmän kohdan mukaan) = $\sim 1350 \text{ m}^3$
- pinta-ala 900 m^2

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{1350 \text{ m}^3}{0,0276 \text{ m}^3/\text{s}} = 48913 \text{ s} \sim 13 \text{ h } 58 \text{ min}$$

Viipymä tämän kokoisessa kosteikossa laskeutusaltaasta tulevan virtaaman avulla laskettuna on melkein 14 h.

5.8 Uoman avulla lisää viipymää

Vesi voidaan johtaa kosteikkoon yläpuoliselta alueelta uomaa pitkin. Uomaa voidaan leventää ja muotoilla loivasti mutkittelevaksi jo ennen varsinaista kosteikkoaluetta. Uomaan voidaan kaivaa myös syväne, joka on helposti tyhjennettävissä. Näin saadaan sekä hidastettua virtausta, että pidätettyä kiintoainetta.

5.9 Altaiden puhdistustarve

Lietetaskujen tyhjennys suoritetaan umpisäiliöiden tyhjennysten yhteydessä, kuitenkin ennen lietetilän täyttymistä. (Ruohtula 1996)

Kosteikkoon kerääntyneen lietteen puhdistaminen tehdään joko kaivukoneella tai mahdollisesti lietepumpulla. Työn on suositeltava tehdä mahdollisimman kuivaan aikaan, joko kesällä tai talvella, jotta ruoppauksen aikainen vesistökuormitus jäisi mahdollisimman vähäiseksi. (Ruohtula 1996.) Sedimentin poistamisen jaksotus on hyvin tapauskohtaista. Ruotsissa on suositeltu sedimentin poistamista joka viides vuosi, tai kun sedimenttiä on kertynyt yli 10 % lammikon mitoitetusta syvyydestä. (Kasvio & al. 2016.)

Lietetaskujen tyhjennystä varten tulisi suunnitella huoltotie, joka lähtee kiinteistön kaakokiskulmasta Luvalahdentieltä suoraan altaille. Tämä mahdollistaa imuautolle ja muille laitteistoille esteettömän kulun.

6 UMPISÄILIÖN JA YMPÄRYSOJAN RIITTÄVYYS

6.1 Umpisäiliön riittävyys

Jälkikypsytytysalueen pinta-ala on 2400 m² ja umpisäiliön tilavuus on 50m³. Säiliöön ohjataan vain jälkikypsytytysalueen hulevedet. Jälkikypsytytysalueen umpisäiliön tilavuuden riittävyyttä on hankala arvioida, sillä viikon aikana sadetapahtumissa voi olla paljonkin vaihtelevuutta. Tämän vuoksi säilö voi täytyä nopeasti jo yhden viikon aikana, tai vähäsateisen jakson aikana tyhjennystarve voi olla kerran neljässä viikossa. Yksinkertaisin ja helppoin keino varmistaa säiliön riittävyys on anturi, joka ilmoittaa säiliön täyttöasteen. Tässä kyseisessä kohteessa on jo käytössä pintavahti ja imuauton tilaaminen mahdollistaa sen, että tyhjennysväliä on helppo muuttaa.

6.2 Ympäröivän ojan kunnostustarve

Läpäisemättömän pinnan ja ojan välinen suojavaiohyke vaikuttaa ratkaisevasti ojan laatuun elinympäristönä. Pintavesien ravinnepitoisuuksissa tapahtuu merkittäviä muutoksia, jos läpäisemättömä pinta rakennetaan uoman välittömään läheisyyteen eli 150 m tai alle. (Tuominen 2015, 24)

Syväjuuriset kasvit suojavaiohykkeellä suojaavat uomaa paremmin eroosiolta. Myös kosteikkoalueet parantavat vedenlaatua. (Tuominen 2015 ,24)

Runsas kasvusto ojassa parantaa vesistöön johdettavien hulevesien laatua toimiessaan biologisena suodattimena. Liian runsas kasvusto haittaa ojan hydraulista toimivuutta ja sen vuoksi ojaa on perattava tai ruopattava. Avo-oja perataan, kun se on liettynyt tai tukkeutunut niin voimakkaasti, että veden virtaus estyy. Perkausta suorittaessa kaivuusyvyys pyritään tekemään noin 0,2–0,5 metriä ojan tasausviivan alapuolelle riippuen ojan liettymisherkyydestä. Avo-ojan perkaus on hyvä suorittaa aina 5–10 vuoden välein. Kasvillisuutta poistetaan vasta siinä vaiheessa, kun veden virtaus haitallisesti estyy. (Tuominen 2015.)

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella ja mitoittaa hulevesiratkaisut kompostointilaitokselle ilmastomuutoksen vaikutus huomioon otettuna. Kirjallisuudesta käy ilmi, että ilmastomuutoksen seurauksena sademäärät tulevat kasvamaan noin +20 % vuosisadan loppuun mennessä. Sademäärän kasvu pitää ottaa huomioon hulevesiratkaisuja suunniteltaessa, jotta pystytään välttämään hulevesijärjestelmien tulviminen ja lisäksi saadaan parannettua hulevesijärjestelmien puhdistustehokkuutta. Liian pienellä mitoitussateella mitoitettuna hulevesijärjestelmät eivät pysty puhdistamaan hulevesiä tehokkaasti ja tulviminen on hyvin todennäköistä. Kuitenkin liian suuren mitoitussateen mukaan mitoitettujen järjestelmät eivät pysty viivyttämään pienempiä sadetapahtumia, eikä ole kustannustehokasta rakentaa kohtuuttoman suuria hulevesijärjestelmiä.

Hulevesijärjestelmien mitoittamiseen ei ole olemassa tarkkoja ohjeita, vaan mitat ja muoto pohjautuu jokaisen suunnittelijan omaan näkemykseen. On olemassa yleispeiteviä ohjeistuksia siihen, mihin koko luokkaan tulisi pyrkiä, mutta näihin harvoin päästää, eikä välttämättä ole kannattavaakaan mitoittaa hulevesijärjestelmiä niin suureksi. Ennen kaikkea on tärkeää selvittää mitä ominaisuutta hulevesienhallintamenetelmillä haetaan, pelkästään virtaaman hidastumista, kiintoaineen poistoa, muiden haitta-aineiden poistamista, vai tulvimisen ehkäisemistä esimerkiksi kaupunkialueilla. Myös käyttökohde ja käytettävissä oleva tila toimivat rajoittavana tekijänä menetelmiä suunniteltaessa. Työssä suunniteltiin hulevesijärjestelmiä vielä rakentamattomalle alueelle, jonne on kuitenkin myöhemmin tulossa liiketoimintaa. Tämä antoi mahdollisuuden suunnitella riittävän suuren laskeutusaltan sekä kosteikon. Myös pieni maanmuokkaus on mahdollista, jotta saadaan ohjattua hulevedet hallitusti eteenpäin.

Tuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että työssä käytetyt mitoitusperusteet ovat yleisiä viitteellisiä arvoja. Tarkemmat laskentatulokset olisi saatu, jos käytössä olisi ollut kiinteistöllä tehdyt virtaamamittaukset. Virtaamamittauksissa käytettiin asfaltin ja kattopintojen valumakerrointa, näiden pintojen valumakerroin on todella suuri (0,8–1). On mahdollista, että tulevaisuudessa näiden pintojen määrä vaihtelee, tai kiinteistölle tulee muita hulevesiä pidättäviä alueita, tällöin työssä laskettu mitoitusvirtaama on silloin väärin. Laskeutusallas ja kosteikko suunniteltiin kuitenkin niin, että lisäämällä varoallas tilavuutta saadaan viivytettyä myös suurimman mitoitussateen (146 l*s/ha) mukaan laskettu sadetapahtuma.

Työn lopussa otettiin vielä toimeksiantajan pyynnöstä kantaa ympärysojan kunnostustarpeeseen ja umpisäiliön tilavuuden riittävyyteen. Umpisäiliön riittävyyttä on jatkossakin järkevintä ja edullisinta seurata pinta-anturilla, sillä säiliön täyttöasteessa voi olla paljonkin vaihtelua eri kuukausien aikana. Sateisena ajankohtana umpisäiliö voi täytyä hyvin lyhyessäkin ajassa, kun taas erittäin kuivaan aikaan tyhjennysväli tulee olemaan huomattavasti pitempi. Myös ympärysojalle suositellaan perkausta 5–10 vuoden välein, mutta myös tässäkin on syytä seurata ojan kuntoa silmämääräisesti ja suorittaa ruoppaus silloin kun ojan kunto sitä vaatii.

LÄHTEET

- AFRY. 2020. Liite 13. Korvenmäen jätekeskuksen BAT-selvitys. Viitattu 15.3.2021.
- Aluehallintavirasto. Ympäristöluvat. Lupapäätös Nro 87/2020. Dnro PSAVI/1539/2018. Viitattu 22.3.2021.
- Aluehallintavirasto, Itä-Suomi. Päätös Nro 21/2018/1. Dnro ISAVI/2166/2017. Viitattu 22.3.2021.
- Coker C. 2008. BioCycle. Managing Storm Water. <https://files.nc.gov/ncdeq/Waste%20Management/DWM/Stakeholder%20Group/Biocycle%20-%20Managing%20Stormwater.pdf> Viitattu 16.4.2021.
- Direktiivi 2010/75/EU: Direktiivit. Teollisuuden päästöistä (yhtenäistetty ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen). Euroopan unionin virallinen lehti. 17.12.2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=SK> Viitattu 4.3.2021.
- Etelä-Satakunnan ympäristölautakunta. Länsi-Suomen Prosessivesi Oy:n Röyskän kompostointilaitoksen ympäristöluvan muutos III. 488/64.641/2014. Ote pöytäkirjasta 19.05.2020. Viitattu 3.4.2021
- Euroopan komissio. 2008. Komission täytäntöönpanopäätös (EU). Direktiivi 2010/75/EU: Teollisuuden päästöistä (yhtenäistetty ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi EU mukaisten parhaita käytettävissä olevia tekniikoita (BAT) koskevien päätelmien vahvistamisesta jätteenkäsittelyä varten. Euroopan unionin virallinen lehti. 17.8.2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018D1147&from=EN> Viitattu 3.3.2020.
- Hamilas J. 2018. Turun hulevesien laatu ja vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142295/Hamilas_Jussi.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu 27.4.2021.
- Hirvonen J., Jokela S. 2013. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Maatalousalueen monivai-
kutteisten kosteikkojen ja luonnon monimuotoisuuden yleissuunnitelma. Maaningan ja Siilinjärven
alue. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/88871/Raportteja_26_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y Viitattu 31.5.2021.
- HSY 2019. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta vuonna 2019. <https://julkaisu.hsy.fi/ammassuon-jatteenkasittelykeskuksen-toiminta-vuonna-2019-1.pdf> Viitattu 27.2.2021.
- Hudson H., Kirschner B. 1997. Lake Notes: Lake Aeration and Circulation. Illinois Environmental Protection Agency. <http://www.epa.state.il.us/water/conservation/lake-notes/lake-aeration.pdf> Viitattu 18.2.2021.
- Husso P. 2017. Biologisen hapenkulutuksen analyysimenetelmän optimointi metsäteollisuuden jätevesille. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/139442/Husso_Petra.pdf?sequence=1 Viitattu 26.4.2021.
- Hämeen Ympäristökeskus. 2009. Päätös ympäristölupamääräysten tarkistamisesta. Diaarinro HAM-2009.Y-103-111. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B43EF82A7-D5C1-4561-A706-7D4565ABF97A%7D/86631> Viitattu 25.2.2021.
- Hyöty P. 2018. Hulevesijärjestelmän mitoitus – laadun hallinnan näkökulma. Sitowise Oy. http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/8211/Hyöty_Hulevesijärjestelmän%20mitoitus.pdf Viitattu 9.3.2021.

Ilmasto-opas 2017. Suomen muuttuva ilmasto. https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/27922915-7ee5-4122-ae60-51f58e6aef9a/sademaarat-kasvat.html#ref_LEH11 Viitattu 16.2.2021.

Jaakola H. 2016. IGS–FIN allasseminaari 11.10.2016 Hulevesialtaiden hydrologinen mitoitus. https://geosynt.files.wordpress.com/2016/10/161011_igs_jaakola.pdf Viitattu 19.3.2021.

Kasvio P, Ulvi T, Koskiaho J & Jormola J. 2016. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2016. Kosteikkojen ja biosuodatusalueiden toimivuus hulevesien käsittelyssä. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160201/syker_a_7_2016.pdf?sequence=1 Viitattu 26.4.2021.

Keski-Suomen ympäristökeskus. 2005. Ympäristölupa. Dnro KSU-2003-Y-243/121. Viitattu 13.4.2021.

Kiviluoma T & Nyman J. 2019. Vaasan kaupunki. Smart Technology HUB asemakaava-alueen AK 1091 hulevesiselvitys 2019. https://www.vaasa.fi/uploads/2019/04/f56c4977-hulevesiselvitys_smart_technology_hub_26.2.2019.pdf Viitattu 19.3.2021.

Koivunen, S. 2020: Länsi-Suomen Prosessivesi Oy:n kompostointilaitoksen vesientarkkailu Köyliössä Vuosiraportti 2019, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus. Nro 561-20-1825. Viitattu 10.2.2021.

Koivunen, S. 2021: Länsi-Suomen Prosessivesi Oy:n kompostointilaitoksen vesientarkkailu Köyliössä. Vuosiraportti 2020, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus. Nro 561-21-1587. Viitattu 8.4.2021.

Koivunen, S. 2020. Länsi-Suomen Prosessivesi Oy:n kompostointilaitoksen vesientarkkailu Köyliössä toukokuussa 2020, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 561-20-3024. Viitattu 2.3.2021.

Koivunen, S. 2020. Länsi-Suomen Prosessivesi Oy:n kompostointilaitoksen vesientarkkailu Köyliössä elokuussa 2020, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 561-20-6106. Viitattu 2.3.2021.

Koivunen, S. 2020. Länsi-Suomen Prosessivesi Oy:n kompostointilaitoksen vesientarkkailu Köyliössä marraskuussa 2020, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 561-20-8668. Viitattu 2.3.2021.

Kokkila M. & Jalonen J. & Hell K. 2002. Katu 2020.info. Hulevedet. <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/hulevedet/> Viitattu 24.3.2020.

Laapas M. 2013. Rankkasateet ja ilmastonmuutos – katsaus viimeaikaiseen tutkimukseen. SE-TUKLIM-hankkeen raportti 2013. https://www.ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/543325/Laapas_rankkasaderaportti.pdf/e702555e-1b2f-46ae-9794-c90fce8035bd Viitattu 3.3.2021.

Länsi-Suomen Prosessivesi Oy. <https://lspv.fi/#palvelut> Viitattu 24.5.2021.

Länsi-Suomen Ympäristökeskus 2009. Päätös ympäristölupamääräysten tarkistamisesta. Dnro/Dnr LSU-2005-Y-1216 (111). <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B25F685B1-F887-4C5A-8FAC-225D3EDFBB3E%7D/90124> Viitattu 25.2.2021.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maan-kayttö%20ja%20rakennuslaki#L13a> Viitattu 11.3.2021.

Minnesota Stormwater Manual. 2020. Overview methods of pretreatment. https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Overview_and_methods_of_pretreatment Viitattu 18.3.2021.

Minnesota Stormwater Manual 2020. Scenario for developing a stormwater treatment train for a site with limited infiltration capacity.

https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Scenario_for_developing_a_stormwater_treatment_train_for_a_site_with_limited_infiltration_capacity Viitattu 7.4.2021.

Nurhonen, N. 2020. Hulevesien hallinnan tila ympäristölupavollisissa laitoksissa. Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus. Raportteja 3/2020. Viitattu 17.2.2021.

Oksman-Takalo H. 2017. Kukkuroinmäen jätekeskus. Ympäristön vuosiraportti 2016. <http://www.juvaste.fi/risto/suojelu/EKJH/ISHO2016/EKJHvuosirapo2106.pdf> Viitattu 23.3.2021.

Parantala V. 2015. Laskeutusaltaan suunnittelu Kilpisjärven rajanylityspaikalle. <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201803061296.pdf> Viitattu 12.5.2021.

Puustinen M & al. 2007. Suomen ympäristökeskus. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38401/SY_21_2007.pdf?sequence=3&isAllowed=y Viitattu 11.5.2021.

Ruohtula J. 1996. Suomen ympäristökeskus. Kosteikkojen ja laskeutusaltaiden suunnittelu. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/158378/SYKEmon_11.pdf?sequence=4&isAllowed=y Viitattu 19.4.2021.

Silvennoinen H. 2011. Ammonium-, nitraatti-, ja nitriittityypen pikamenetelmien testaus ja validointi jätevesinäytteille. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25270/Silvennoinen_Hanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu 26.4.2021.

Suomen Kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas> Viitattu 11.3.2021.

Sundvall E. 2017. Monimuotoisen kosteikon suunnittelu ja rahoitus. Lahdenpohjan tila. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/130270/Monimuotoisen%20kosteikon%20suunnittelu%20ja%20rahoitus.pdf?sequence=1> Viitattu 10.5.2021.

Sweco ympäristö Oy Tampere. 2019. Hulevesiselvitys. Työnumero: 20601101. https://www.nokia-ankaupunki.fi/wp-content/uploads/2018/07/20601553_Nokia_Kolmenkulma_hulevesiselvitys_paivitys.pdf Viitattu 19.3.2021.

Tuominen H. 2015. Vantaan kaupungin purojen luokittelu valuma-alueiden vettä läpäisemättömän pinnan perusteella. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/15317/master_Tuominen_Hanna_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu 11.2.2021.

Tynkkynen P. 2019. Opinnäytetyö. Hulevesiivästyksen mitoitus. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/266608/Tynkkynen_Petri.pdf?sequence=2&isAllowed=y Viitattu 23.3.2021.

United States Environmental Protection Agency. 2008. Methods for Evaluating Wetland Condition. https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/wetlands_20hydrology.pdf Viitattu 21.4.2021.

VAHANEN. 2018. Pintaveden laadun tarkkailusuunnitelma, Köyliön kompostointilaitos Länsi-Suomen Prosessivesi Oy. ENV1319. Viitattu 19.2.2021.

Vahtera H. 2014. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Hulevesien laatu Hyvinkäällä. Seurantatuloksia 2011–2013. <https://www.hyvinkaa.fi/globalassets/asuminen-ja-ymparisto/julkaisuja-ja-raportteja/liitteet/hulevesien-laatu-hyvinkaalla-2011-2013.pdf> Viitattu 23.4.2021.

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713> Viitattu 27.5.2021.

Viitanen M. 2018. Hulevesien hallinnan tilanne kaupunkimaisissa ympäristöissä. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/157944/Viitanen_Markku.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu 22.4.2021.

Woods Ballard B & al. 2015. Ciria report C753. The SuDS Manual. Viitattu 2.5.2021.

YMPARISTO.fi. 2020. Paras käyttökelpoinen tekniikka BAT. <https://www.ymparisto.fi/bat> Viitattu 15.3.2021.

YMPARISTO.fi. 2020. Vertailuasiakirjat eli BREFit aikatauluineen. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/paras_tekniikka_bat/vertailuasiakirjat Viitattu 2.3.2021.

Ympäristöministeriö. 2018. Ohje jätteenkäsittelyn (WT) parhaita käyttökelpoisia tekniikoita (BAT) koskevien päätelmien soveltamiseen. <https://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7b9AF9541A-63C7-4C79-A4D3-3486E6D38601%7d/141191> Viitattu 15.3.2021.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ymparistonsuojelulaki#L4P27> Viitattu 11.3.2021.