



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

HULEVESIKOSTEIKKOJEN RAKENTAMINEN TAAJAMA-ALUEILLE

Janne Mustaniemi

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Maaliskuu 2020

TIIVISTELMÄ

Hulevesikosteikkojen rakentaminen taajama-alueille

Janne Mustaniemi

Oulun yliopisto, Ympäristötekniikka

Kandidaatintyö 2020, 25 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: TkT Heini Postila

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan taajama-alueiden hulevesikosteikkojen rakentamisen vaiheet alkaen suunnittelusta ja mitoituksesta, ja päättyen toimivuuden ja ylläpidon tarkasteluun. Lisäksi käydään läpi yleisesti hulevesien määrää ja laatua sekä niiden hallintaa.

Hulevesi tarkoittaa rakennetulle alueelle kerääntynyttä sade- ja sulamisvettä. Huleveden määrä ja laatu riippuvat esimerkiksi sateen kestosta ja intensiteetistä sekä aluetekijöistä. Eri alueiden välillä hulevesien laadullisessa koostumuksessa on suuria eroja. Hulevedet sisältävät monenlaisia haitta-aineita, joita ovat esimerkiksi orgaaniset yhdisteet ja metallit. Aluetekijät vaikuttavat myös huleveden määrään, sillä mitä enemmän läpäisemätöntä pintaa, sitä enemmän hulevettä kertyy, koska hulevesi ei pääse imeytymään maaperään. Tämän takia tarvitaan hulevesien hallintamenetelmiä.

Hulevesien hallinnan tavoitteina on pitää taajamat kuivina, estää tulvat ja vaikuttaa pinta- ja pohjavesien hyvään tilaan ja laatuun. Hallintamenetelmiä on useita, niillä voidaan vaikuttaa sekä hulevesien määrään että laatuun. Yksi menetelmistä on hulevesikosteikko, joka voi olla luonnontilainen tai keinotekoisesti rakennettu alue, joka sisältää esimerkiksi altaita, uomia ja kasvillisuutta. Kosteikko puhdistaa hulevesiä fysikaalisten, biologisten ja kemiallisten prosessien avulla, joita ovat mm. kiintoaineen laskeutuminen, fosforin sitoutuminen maahiukkasiin, typen nitrifikaatio ja denitrifikaatio sekä ravinteiden pidättyminen kasvillisuuteen. Lisäksi hulevesikosteikko pienentää virtaamahuippuja ja lisää huleveden viipymää. Kosteikkojen toimivuutta on tutkittu Suomessa ja tässä työssä läpikäydyistä esimerkkituloksista selviää, että kosteikot pystyvät pidättämään ainakin fosforia, typpeä sekä sinkkiä Suomen olosuhteissa.

Kosteikkojen suunnitteluun ja mitoitukseen löytyy ohjeita kirjallisuudesta ja tutkimuksista. Pääsääntönä on suhteuttaa kosteikon koko alueeseen, mistä hulevettä kertyy ja valita rakentamisaikaksi luonnonmukainen painanne tai pintavalunnan reitti. Tällöin vähennetään rakennustyötä. Rakennustyön vaiheita ovat alueen raivaus, altaiden kaivaminen, padon rakentaminen sekä kasvillisuuden istuttaminen. Tärkeä toimenpide on myös kosteikon ylläpito, sillä hyvin hoidetun ja kunnossapidetyn kosteikon toiminta ja teho pysyvät hyvinä. Ylläpidon toimenpiteitä ovat kosteikon puhtaanapito, kiintoaineen poisto sekä kasvillisuuden hoito.

Asiasanat: hulevesi, hulevesikosteikko, rakennettu alue

ABSTRACT

Constructed wetlands in urban areas

Janne Mustaniemi

University of Oulu, Degree Programme of Environmental Engineering

Bachelor's thesis 2020, 25 pp.

Supervisor at the university: D.Sc Heini Postila

This bachelor's thesis examines the phases of building wetlands in urban areas. Process begins with designing and sizing of wetland and ends with functionality and maintenance. In addition, there is also generally review of stormwater quantity, quality and their management.

Stormwater means water which accumulates rainwater and snowmelt in urban areas. The quantity and quality of stormwater depends on time of rain event, the intensity of rain and the area. Quantity and quality of stormwater has a large scale of variation between different areas. Stormwater contains many different contaminants, for example organic compounds and metals. Quantity depends on the impervious area because water cannot infiltrate to soil. Therefore, stormwater requires management methods.

The goals of stormwater management are that urban areas stay dry, prevent floods and influence the good condition and quality of water. There are many different stormwater management systems which affect the quantity and quality of stormwater. One management system is wetland. It is natural or constructed area which contain e.g. ponds, channels and vegetation. Wetland purifies stormwater by physical, biological and chemical processes. For example, purifying processes are solids deposition, phosphorus abatement, nitrogen nitrification and denitrification and nutrient detention. Wetland also lower the flow peaks and increase the delay of stormwater. There are studies about how wetlands work. In Finland this works studied example wetlands can reduce the amount of phosphorus, nitrogen and zinc.

Instructions for the designing and sizing of wetlands can be found in literature and researches. The general rule is proportioning the wetland size to compare to the area where stormwater accumulates. The easiest way is chosen natural trench or surface runoff route to building place. This will reduce construction work. Construction work

phases are clearance the area, ponds excavation, construction the dam and planting vegetation. Important operation is also the maintenance of wetlands because well-maintained wetland remains it's functioning and efficient. Operations of maintenance are wetland cleaning, solids removing and vegetation management.

Keywords: stormwater, wetland, urban area

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	7
2 Hulevesien määrä ja laatu	8
2.1 Hulevesien määrä	8
2.2 Hulevesien laatu	8
3 Hulevesien hallinta hulevesikosteikolla	10
3.1 Hulevesien hallinta	10
3.2 Hulevesikosteikko	10
4 Kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus	12
4.1 Suunnittelu	12
4.2 Hulevesikasvillisuus	13
4.3 Mitoitus	13
4.4 Esimerkkejä kosteikkojen suunnittelusta	14
5 Kosteikkojen rakentaminen	17
6 Kosteikkojen toimivuus ja ylläpito	18
6.1 Puhdistusprosessit	18
6.2 Toimivuus esimerkkikohteissa	19
6.3 Ylläpito	22
7 Yhteenveto ja johtopäätökset	23

LÄHDELUETTELO

1 JOHDANTO

Hulevedet ovat rakennetuille alueilla kerääntyneitä sade- ja sulamisvesiä, joiden hallintaan tullaan kiinnittämään huomiota lisääntyvässä määrässä. Hulevesien hallinta on tärkeää tulevaisuudessa, sillä poikkeusolosuhteet ovat lisääntyneet, kuten esimerkiksi tulvat ja rankkasateet. Lisääntyvä huleveden määrä aiheuttaa ongelmia veden hallinnassa taajama-alueilla. Taajama-alueilla on laajoja vettä läpäisemättömiä alueita, jossa veden imeytyminen maaperään ei ole mahdollista. Tällöin hulevedet on johdettava hulevesijärjestelmiin. Vaihtoehtoisia järjestelmiä ja hallintamenetelmiä on useita, joista yksi on hulevesikosteikko. (Kuntaliitto 2012) Työssä käydään läpi taajama-alueiden hulevesikosteikkojen suunnittelu, rakentaminen, toimivuus ja ylläpito yleisesti sekä esimerkkikohteiden avulla. Lisäksi käydään läpi yleisesti huleveden määrää, laatua sekä hulevesien hallintaa.

2 HULEVESIEN MÄÄRÄ JA LAATU

2.1 Hulevesien määrä

Hulevedet ovat rakennetuille alueille kertynyttä vettä, joka on aiheutunut sadannasta sekä lumen sulamisesta. Rakennetuilla alueilla veden kiertokulku on hyvin erilainen verrattuna veden luonnolliseen kiertokulkuun (sadanta, valunta, haihdunta sekä infiltraatio) johtuen vettä läpäisemättömistä pinnoista. Tämän takia hulevesien luonne ja ominaisuudet eroavat muista luonnon vesistä. (Kuntaliitto 2012)

Hulevesien määrään vaikuttaa moni tekijä, kuten sateen intensiteetti ja kesto, sadetapahtumaa edeltävän kuivan ajan pituus, maanpinnan kaltevuus ja maaperän ominaisuudet. Myös mitä enemmän on läpäisemätöntä pintaa, niin sitä enemmän ja nopeammin muodostuu hulevettä, sillä vesi ei pääse imeytymään maaperään. (Kuntaliitto 2012)

Hulevesiä esiintyy pääosin keväisin, kesäisin sekä syksyisin. Kesäisin ja syksyisin rankkasateet kerryttävät hulevettä. Keväällä lumen määrä ja sulamisen nopeus vaikuttavat hulevesien määrään. (Kasvio ym. 2016)

2.2 Hulevesien laatu

Hulevesien laatuun vaikuttaa monia tekijöitä ja ne voidaan jakaa haitta-aineisiin sekä aluetekijöihin. Haitta-aineiden kertyminen hulevesiin johtuu esimerkiksi eroosiosta, mineraalien rapautumisesta sekä liikenteen päästöistä. Haitta-aineita ja epäpuhtauksia ovat esimerkiksi kiintoaineet, orgaaniset aineet ja yhdisteet, ravinteet, metallit, kloridit, bakteerit, öljyt sekä rasvat. Haitta-aineet ja epäpuhtaudet heikentävät myös hulevesien purkuvesistöjen ja pohjaveden laatua. (Kotola ja Nurminen 2003)

Aluetekijät liittyvät lähinnä hulevesien laatuun eri alueilla, sillä laadulle on tyypillistä voimakas vaihtelu eri alueiden välillä ja jopa yhden alueen sisälläkin. Tämä riippuu aluetyypistä, esimerkiksi kuinka paljon on läpäisemätöntä pintaa, sekä hydrometeorologisista tekijöistä eli sateesta, valumasta ja ilmastosta. Hulevesien laatu

on usein huonoimmillaan sadanta-valuntatapahtuman alussa, koska sadevesi huuhtelee lian ja roskat läpäisemättömiltä pinnoilta. (Kotola ja Nurminen 2003)

Aluetyyppejä, mistä hulevesiä kertyy taajama-alueille, ovat esimerkiksi asuinalueet, viheralueet, tiet ja teollisuusalueet. Jokaisella alueella on erilainen hulevesien koostumus. Esimerkiksi asuinalueiden hulevedet sisältävät tyypillisesti orgaanisia aineita ja bakteereita, kun taas tiealueiden hulevedet sisältävät kiintoaineita, metalleja ja öljyjä. (Kotola ja Nurminen 2003)

3 HULEVESIEN HALLINTA HULEVESIKOSTEIKOLLA

3.1 Hulevesien hallinta

Hulevesien hallinta on yksi suuri kokonaisuus, joka käsittää useita erilaisia toimenpiteitä taajama-alueiden hydrologisen kierron parantamiseen (Kasvio ym. 2016). Hulevesien hallinnan yleisenä tavoitteena on taajamien kuivana pitäminen ja tulvien estäminen, pohja- ja pintavesien suojeleminen sekä myötävaikuttaminen vesien hyvän tilan ja laadun saavuttamiseksi. Rakennettujen alueiden hydrologia eroaa aina luonnontilaisen ympäristön hydrologiasta, mikä johtuu vettä läpäisemättömistä pinnoista. Hyvällä hulevesien hallinnalla voidaan vaikuttaa hulevesien määrään ja laatuun esimerkiksi imeyttämällä ja viivyttämällä hulevesiä. (Kuntaliitto 2012)

Yksi hulevesien hallintamenetelmistä on kasvillisuusrakenteet. Näitä ovat painanteet, biosuodatusaltaat, kosteikot, altaat, lammikot sekä uomat. Näiden rakenteiden välillä ei ole suuria eroja, ja monessa tilanteessa jotain tiettyä aluetta voidaan pitää esimerkiksi painanteena ja/tai kosteikkona. Myös rakenteita voidaan yhdistää, jotta saadaan paras mahdollinen hulevesien hallinta. Kuitenkin suurimmalle osalle kasvillisuusrakenteista on ominaista, että ne sisältävät viherkasvillisuutta sekä avovesialueita. (Rakennustieto Oy 2018b) Tässä työssä tarkastellaan kosteikkoja tarkemmin.

3.2 Hulevesikosteikko

Hulevesikosteikko voi olla luonnontilainen tai keinotekoisesti rakennettu. Kuitenkin kosteikkoalue on ajoittain vedellä täyttynyt joko kokonaan tai osittain. Lisäksi tyypillistä on, että kosteikkoalueella kasvaa kasveja, pensaita ja jopa puita. Kasvillisuus on edesauttava tekijä hulevesien puhdistumisessa, sillä kasvit sitovat maaperän ohella pienhiukkasia ja ravinteita. Hulevesien biologisten ja kemiallisten puhdistusprosessien lisäksi kosteikkoalue pienentää hulevesien virtaamahuippuja ja lisää hulevesien viipymää. Kosteikkoalue parantaa myös kiintoaineen laskeutumista ja edesauttaa sen ja siihen liittyneiden aineiden puhdistumista. (Kotola ym. 2005) Lisäksi hyvin suunnitellut taajama-alueiden hulevesikosteikot voivat parantaa kaupunkien viheralueiden arvoa ja

vetovoimaisuutta sekä monipuolista taajamaluontoa. Hulevesikosteikot sopivat hyvin pien- ja rivitaloalueille sekä liikennealueille. Lisäksi kosteikot soveltuvat hyvin talviolosuhteisiin. (Kuntaliitto 2012)

4 KOSTEIKKOJEN SUUNNITTELU JA MITOITUS

4.1 Suunnittelu

Hulevesikosteikkojen rakennuspaikat valitaan yleensä siten, että ne sijoitetaan pintavalunnan reiteille tai luonnon mukaisiin painanteisiin. Tällöin niihin voidaan johtaa hulevedet helposti, ja luoda kosteikkokasvillisuudelle suotuiset olosuhteet. Lisäksi kosteikkojen sijoittaminen näihin paikkoihin vähentää rakennustöitä, sillä helpoimmillaan kosteikko voidaan toteuttaa patoamalla vesien purku-uoma. (Rakennustieto Oy 2018a)

Hulevesikosteikossa tulisi olla vähintään kaksi eri syvyistä osa-aluetta. Toinen olisi syvempi avovesiallas ja toinen matalampi kasvillisuuden täyttämä alue. Kuitenkin altaita ja kasvillisuusalueita voi olla useampiakin, sillä mitä monimuotoisempi kosteikko on, niin sitä paremmin sen voi odottaa toimivan. Syvempi allas tulisi olla huleveden tulopuolella, koska syvänteeseen kerääntyy karkein materiaali, joka ei sitten tuki seuraavaa aluetta. Lisäksi suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, että syvänteeseen kertynyt materiaali voidaan poistaa. (Kasvio ym. 2016) Mahdollisille ylivirtaamille on tärkeää suunnitella ja rakentaa hyvin toimiva ohitusuoma, koska vesimäärät voivat olla suuria (Kuntaliitto 2012). Suunnitelmassa tulee olla huolelliset laaditut ohjeet istutettavasta kasvillisuudesta, työn toteutuksesta sekä kosteikon hoidosta, sillä kasvillisuus on olennainen tekijä kosteikon toimivuudessa ja paljas maa on herkkä eroosiolle. Kosteikon hoidon suunnittelussa tavoitteena on, että kosteikko toimisi vähällä hoidolla. (Kasvio ym. 2016) Lisäksi hoitosuunnitelmassa tulisi määritellä, kuinka avoimena kosteikkoalue halutaan pitää. Esimerkiksi annetaanko puuston ja pensaikon kasvaa vapaasti vai suoritetaanko raivauksia. Tällä voidaan vaikuttaa taajama-alueiden kosteikkojen esteettisyyteen ja yhteensopivuuteen muun rakentamisen kanssa. (Kuntaliitto 2012)

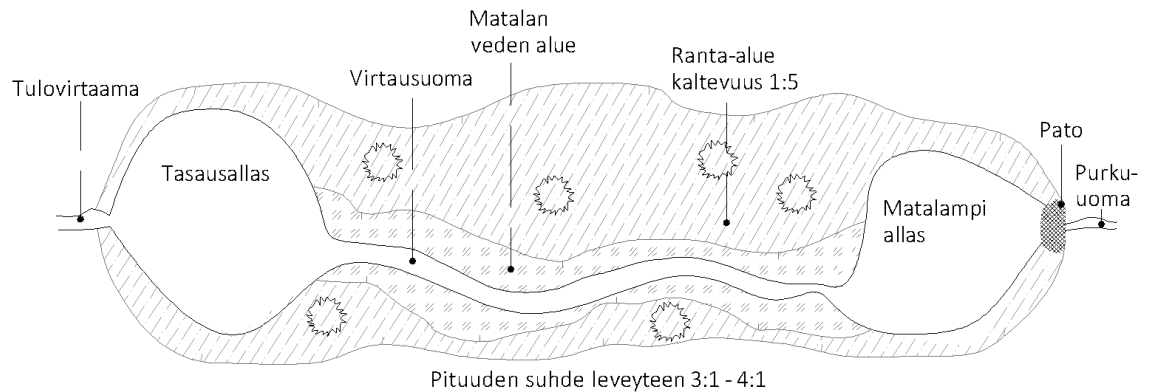
4.2 Hulevesikasvillisuus

Kosteikkojen kasvillisuuden valinnassa on otettava muun muassa huomioon kohteen sijainti ja kasvupaikkatekijät, ilmasto- ja vesiolosuhteet ja käytettävä hulevesirakenne. Yleistykseenä on, että rehevä, monilajinen ja -kerroksellinen kasvillisuus puhdistaa hulevesiä paremmin kuin yksilajinen ja -puolinen kasvillisuus. Lisäksi monilajinen kasvillisuus kestää paremmin kosteikon vaihtuvia olosuhteita eli ajoittaista kuivuutta tai märkyyttä. Kasvillisuuden valinnalla voidaan osittain vaikuttaa hulevesirakenteen toimintaan, sillä sopivilla valinnoilla voidaan tehostaa veden puhdistumista, imeytymistä maaperään tai viivyttää virtausta. Istutettavina kasveina voidaan käyttää sekä luonnonkasveja että koristekasveja. (Rakennustieto Oy 2018b) Tyypillisesti vesialueilla istutetaan vesikasvillisuutta, ranta-alueille matalan veden rantakasvillisuutta ja vaihtelevan veden pinnan alueella kuivuutta ja kosteutta kestäväää kasvillisuutta. Kosteikon reuna-alueilla käytetään niittykasvillisuutta tai/ja nurmikkoa. Sinne voidaan sijoittaa myös pensaita ja puita. Tilanteen mukaan koko kosteikon kasvillisuus voi olla pelkkää kosteaa niittyä. (Kuntaliitto 2012)

4.3 Mitoitus

Pääperiaatteena on mitoittaa sopivan kokoinen kosteikko suhteutettuna alueeseen, mistä hulevettä kertyy. Kuitenkin hulevesikosteikot tarvitsevat riittävän suuren valuma-alueen, jotta kosteikon vesipinta ja kasvillisuus pysyvät toimintakuntoisena. Suosituksena on, että valuma-alueen tulisi olla vähintään 10 hehtaaria ja kosteikon pinta-ala olisi noin 1-2 % valuma-alueen pinta-alasta. Valuma-alue voi olla pienempikin, kunhan vettä tulee tarpeeksi kosteikolle. Eli mitoituksella ei periaatteessa ole ylä- eikä alarajaa. (Kuntaliitto 2012) Muodoltaan kosteikon olisi hyvä olla pitkänomainen, sisään- ja ulostulokohdilta kapeneva, rannat loivat ja vaihtelevan muotoiset sekä saarekkeinen (kuva 1). Huleveden virtaaman tulisi jakaantua tasaisesti koko kosteikon pinta-alalle. Suositeltavaa olisi, että rantojen kaltevuus 1:5 sekä pituuden ja leveyden suhde välillä 3:1-4:1. Altaiden syvyyksien tulisi olla vähintään 0,5 – 0,7 m kuivimpaan aikaan ja huleveden suositeltu viipymä 3 -5 vuorokautta. Huleveden tulopuolella olisi suositeltavaa olla syvä tasausallas, joka on tilavuudeltaan 10-15 % kosteikon tilavuudesta. Vapaata vesipintaa olisi hyvä olla noin 40 % pinta-

alasta ja loput 60 % pinta-alasta tulisi olla vedenpinnan yli ulottuvaa kasvillisuutta. (Kotola ym. 2005; Rakennustieto Oy 2018a).



Kuva 1 Esimerkki hulevesikosteikon muodosta ja mitoituksesta.

4.4 Esimerkkejä kosteikkojen suunnittelusta

Ensimmäinen esimerkkikosteikko sijaitsee Espoossa Matalajärven läheisyydessä. Kosteikko on rakennettu vuonna 2011, ja sillä on tavoitteena vähentää Matalajärveen kohdistuvaa kuormitusta. Kosteikon pinta-ala on 1200 m², mikä on tosi pieni verrattuna valuma-alueen 160 hehtaarin pinta-alaan, eli vain 0,08 %. Kosteikko kostuu kahdesta altaasta, joista ensimmäinen on 1,5 m syvä ja toinen 0,5 m. Altaiden reunakaltevuus on 1:3 ja reunoja on tuettu luonnonkivillä. Kosteikon ympärillä oleva kasvillisuus on niittyaluetta, ja altaissa kasvaa vesikasvillisuutta varsinkin matalammassa altaassa (kuva 2). (Kasvio ym. 2015a)



Kuva 2 Matalajärven kosteikkopuhdistamo. (Kuva: Pinja Kasvio)

Toinen kosteikko sijaitsee Lepolan asuinalueella Järvenpäässä ja se on rakennettu vuonna 2012. Kosteikon tarkoituksena on vähentää asuinalueelta tulevien hulevesien kuormitusta vastaanottaviin vesistöihin. Kosteikko on pinta-alaltaan 1000 m², mikä on 1,9 % valuma-alueen 51 850 m²:n pinta-alasta. Kosteikko on muodoltaan uomamainen, jossa on pieni yläallas sekä iso ala-allas. Altaiden syvyys on noin 40 cm. Altaat on erotettu uomasta betonisten pohjapatojen avulla. Kosteikon reunat ovat kaltevuudeltaan 1:4 ja niitä on tuettu luonnonkivillä. Kosteikon reunoilla on ranta- ja niittykasvillisuutta, joihin lukeutuu myös perennaistutukset ja muutama lehtipuu (kuva 3). (Kasvio ym. 2015b)



Kuva 3 Lepolan kosteikko Järvenpäässä. (Kuva: Pinja Kasvio)

5 KOSTEIKKOJEN RAKENTAMINEN

Kosteikkojen rakentaminen voi olla hyvinkin helppoa, sillä yksinkertaisimmillaan kosteikko voidaan toteuttaa patoamalla luonnon purku-uoma. Tällöin vedenpinta nousee padon yläpuolella ja samalla vesi leviää ympäröivällä alueella muodostaen tulva-alueen (Kuntaliitto 2012). Kuitenkin yleensä kosteikon rakentamisessa taajama-alueille tarvitaan myös maanrakennustöitä. Ensimmäisenä alue on raivattava ylimääräisestä kasvillisuudesta ja puustosta, jotta päästään kaivamaan altaita ja uomia. Joissakin tapauksissa voidaan hyödyntää luonnon muovaamia altaita, mutta usein altaan ja uomat joudutaan rakentamaan kaivamalla. Kaivettuja maamassoja voidaan käyttää kosteikon maarakenteiden rakentamiseen, täyttömaiksi tai kasvualustaksi kasvillisuudelle. Ylimääräinen maamateriaali tulee kuljettaa pois. Jos altaassa on tarkoitus pitää pysyvä vedenpinta, niin altaan pohjarakenteina on käytettävä vesitiiviitä materiaaleja, esimerkiksi muovikalvoa, savikerrosta, bentoniittimattoa tai kivilaattoja. Kosteikon uoma rakennetaan tiiviiksi ja loivareunaiseksi, koska veden virtaama voi aiheuttaa uomassa eroosiota. Tiivistämisessä ja tukemisessa voidaan käyttää esimerkiksi kiviä. (Hagelberg ym. 2012; Rakennustieto 2018a)

Padon rakentaminen on kosteikon rakentamisessa yksi tärkeimmistä vaiheista, vaikka kosteikoissa käytettävät padot ovat yleensä matalia ja yksinkertaisia rakenteeltaan. Rakentaminen on suoritettava huolellisesti, jotta pato toimii hyvin ja kestää tulvat. Pienikin vuoto voi sorruttaa koko padon. Pato voidaan rakentaa maamateriaaleista, kivistä tai betonista. Maamateriaalista rakennetuissa padoissa on käytettävä huonosti vettä läpäiseviä maalajeja, ja ne on tiivistettävä huolellisesti. Padon rakennetta voidaan vahvistaa käyttämällä suurehkoja luonnonkiviä. (Rouhtula 1996; Hagelberg ym. 2012)

Seuraavana vaiheena kasvualustojen rakentaminen ja kasvillisuuden istuttaminen. Kasvualustana voidaan käyttää kohteessa jo olevaa maa-ainesta tai tuoda se muualta. Rakennustyönä on ainoastaan kasvialueen levitys ja tasaus. Kasvillisuuden määrät ja laadut on esitetty kosteikkosuunnitelmassa, joten istutustyö toteutetaan sen mukaan. Istutustyön vaiheita ovat esimerkiksi nurmimattojen levitys, kasvien kylväminen ja istutus sekä puiden ja pensaiden istutus. (Soini 2003)

6 KOSTEIKKOJEN TOIMIVUUS JA YLLÄPITO

6.1 Puhdistusprosessit

Hulevesikosteikoissa tapahtuu fysikaalisia, biologisia sekä kemiallisia puhdistusprosesseja. Näitä ovat esimerkiksi kiintoaineen laskeutuminen, fosforin sitoutuminen maahiukkasiin, typen nitrifikaatio ja denitrifikaatio sekä ravinteiden pidättyminen kasvillisuuteen. (Puustinen ym. 2007) Suomen lainsäädännössä ei ole määritetty ohjearvoja hulevesien haitta-aineille ja epäpuhtauksille (Inha ym. 2013). Kuitenkin esimerkiksi Ruotsissa ohjearvoja on määritetty fosforille (160-250 µg/l), typelle (2,0-3,5 mg/l) ja monille metalleille: Cd (0,4-0,5 µg/L), Cr (10-25 µg/L), Cu (18-40 µg/L), Ni (15-30 µg/L), Pb (8-15 µg/L) ja Zn (75-150 µg/L). Arvoissa oleva vaihteluväli riippuu hulevesien laadusta ja purkuvesistön koosta. Pienemmät ohjearvot ovat pienille purkuvesistöille. (Alm ym. 2010)

Kiintoaineen laskeutuminen eli sedimentaatio on tärkeä veden puhdistusprosessi kosteikoissa, sillä suurin osa hulevesien haitta-aineista ja epäpuhtauksista tulee kiintoaineen mukana. Veden viipymä on yksi merkittävimmistä tekijöistä laskeutumisen kannalta, sillä liian lyhyt viipymäaika voi johtaa kiintoaineen päätymiseen kosteikon alapuolisiin vesistöihin. Yhdessä kiintoaineen laskeutumisen kanssa voi tapahtua siihen pidättyneiden fosforin, typen ja metallien poistoa. (Puustinen ym. 2007) Metallit pidättyvät enimmäkseen sedimentteihin. Kuitenkin metallien pidättyymistä voidaan kasvattaa lisäämällä orgaanista ainesta kosteikkoon, sillä siinä on paljon sitoutumispaikkoja metalli-ioneille. (Kasvio ym. 2016) Liukoisessa muodossa fosfori voi pidättyä kemiallisesti sitoutumalla maapartikkeleihin tai vedessä oleviin metalli-ioneihin. Fosforitasapainossa fosfori kertyy pohjasedimentteihin, mikäli maaperän fosforipitoisuus on pienempi kuin tulevan huleveden fosforipitoisuus. (Puustinen ym. 2007)

Typen puhdistuksessa merkittäviä prosesseja ovat nitrifikaatio sekä denitrifikaatio, jotka molemmat ovat mikrobiologisia prosesseja. Nitrifikaatiossa ammoniumtyyppi hapettuu nitriittitypen kautta nitraattitypeksi. Tapahtuma vaatii hapelliset olosuhteet. Denitrifikaatiossa tapahtuu nitraattitypen pelkistyminen kaasumaiseen olotilaan. Tämä

vaatii hapettomat olosuhteet. Pelkistynyt typpi vapautuu haihtumalla, joten typpeä ei varastoidu kosteikkoon. Denitrifikaatio toimii tehokkaimmin, kun kosteikossa on paljon orgaanista ainetta, korkea nitraattipitoisuus sekä lämpimät olosuhteet. (Kasvio ym. 2016; Puustinen ym. 2007)

Liukoista typpeä, fosforia ja muita ravinteita voi myös sitoutua runsaasti kasvillisuuteen kasvukauden aikana, mutta nettomääräistä sitoutumista vuositasolla rajoittaa kasvillisuuden lakastuminen ja hajoaminen. Tällöin kasvillisuus vapauttaa ravinteita takaisin veteen. Kuitenkin juuristoihin ja puumaisiin kasveihin sitoutuneet ravinteet eivät enää vapaudu. (Puustinen ym. 2007)

6.2 Toimivuus esimerkkikohteissa

Matalajärven kosteikon toimivuutta on tarkasteltu mittausten avulla vuosina 2012 ja 2013 (Kasvio ym. 2015a). Mittauspisteet ovat olleet hulevesien tulouomassa sekä purkupadossa. Tulosten perusteella, etenkin vuonna 2013, kokonaistypen ja kokonaisfosforin määrä on lähtevässä vedessä (taulukko 1) ollut Ruotsissa asetettuja huleveden raja-arvoja (Alm ym. 2010) matalampi. Vuonna 2012 on havaittu myös raja-arvojen ylityksiä. Metalleista kupari ja sinkki ovat Matalajärven kosteikolta lähtevässä vedessä olleet raja-arvoja matalampia. Tuloksista havaitaan, että kosteikko on toiminut huomattavasti paremmin vuonna 2013, sillä kaikkien muiden aineiden pitoisuus on pienentynyt lähtevässä vedessä paitsi kloorin (taulukko 2). Parempi puhdistustehokkuus vuonna 2013 johtuu, siitä että kasvillisuus on kehittynyt, jolloin se pidättää paremmin kuormitusta ja ravinteita. (Kasvio ym. 2015a)

Taulukko 1 Lähtevän veden keskiarvopitoisuus (ka) ja sen vaihteluväli (min-max) Matalajärven kosteikolla.

	Sameus FNU	Kiintoaine (mg/l)	Kokonaisfosfori (µg/l)	Fosfaatti-fosfori (µg/l)	Kokonaisytyppi (µg/l)	Nitraattityppi (µg/l)	Kloori (mg/l)	Sinkki (µg/l)	Rauta (µg/l)	Kupari (µg/l)
2012										
ka	102	70	188	85	2150	1034	37	38	4330	10
(min-max)	(41 - 320)	(13 - 250)	(100 - 410)	(41 - 180)	(1200 - 4400)	(120 - 3300)	(-)	(-)	(-)	(-)
2013										
ka	26	16	79	35	597	37	81	10	1543	4,5
(min-max)	(10 - 74)	(5 - 42)	(43 - 130)	(18 - 60)	(450 - 670)	(4 - 190)	(-)	(-)	(-)	(-)

Taulukko 2 Matalajärven kosteikon pitoisuusreduktiot tulevan ja lähtevän veden välillä.

	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Fosfaatti-fosfori	Kokonaisytyppi	Nitraattityppi	Kloori	Sinkki	Rauta	Kupari
2012	-20 %	0 %	10 %	-26 %	-50 %	9 %	1 %	30 %	8 %
2013	50 %	27 %	48 %	16 %	74 %	-18 %	20 %	66 %	46 %

Järvenpään Lepolan kosteikon toimivuutta on myös tarkasteltu mittausten avulla vuosina 2012 ja 2013 (Kasvio ym. 2015b). Mittauspisteet ovat olleet ennen kosteikkoa sekä kosteikon jälkeen. Tulosten perusteella, vuonna 2012 kokonaisfosforin ja sinkin määrä lähtevässä vedessä (taulukko 3) alittaa Ruotsissa asetetut huleveden raja-arvot (Alm ym. 2010). Tulokset parantuvat vuonna 2013, sillä myös kokonaistypen määrä alittaa raja-arvot. Tuloksista havaitaan, että vuosien 2012 ja 2013 välillä lähtevän veden pitoisuuksien arvoissa on suurta vaihtelua. Tämä johtuu osittain siitä, että hulevesien laatu ja määrä ovat olleet erilaisia vuosina 2012 ja 2013 sekä kasvillisuus on ollut eri kehitysvaiheessa. Kuitenkin kokonaisuudeltaan verrattuna tulevaan ja lähtevään veteen (taulukko 4), niin kosteikko on toiminut paremmin vuonna 2013 erityisesti fosforin ja

sinkin pidättämisessä, mutta huonommin kiintoaineen, kloorin ja raudan pidättämisessä, joiden pitoisuus kasvoi kosteikossa. (Kasvio ym. 2015b)

Taulukko 3 Lähtevän veden keskiarvopitoisuus (ka) ja sen vaihteluväli (min-max) Lepolan kosteikolla.

	Sameus FNU	Kiintoaine (mg/l)	Kokonaisfosfori (µg/l)	Fosfaattifosfori (µg/l)	Kokonaisytyppi (µg/l)	Nitriitti + nitraattityppi (µg/l)	Kloori (mg/l)	Sinkki (µg/l)	Rauta (µg/l)
2012									
ka	12,1	7	38	11,4	2200	1470	2,9	37	634
(min-max)	(-)	(-)	(10 - 66)	(2 - 33)	(1000 - 4000)	(50 - 3400)	(0,5 - 4,7)	(26 - 62)	(72 - 1300)
2013									
ka	19,4	13,9	38	12,1	1180	690	4,2	21	1107
(min-max)	(-)	(-)	(22 - 82)	(2 - 48)	(560 - 2200)	(4 - 1700)	(1,3 - 9,0)	(9 - 36)	(410 - 3400)

Taulukko 4 Lepolan kosteikon pitoisuusreduktiot tulevan ja lähtevän veden välillä.

	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Fosfaattifosfori	Kokonaisytyppi	Nitriitti + nitraattityppi	Kloori	Sinkki	Rauta
2012	45 %	8 %	-21 %	39 %	34 %	6 %	-26 %	25 %
2013	-4 %	34 %	43 %	44 %	43 %	-12 %	43 %	-3 %

Kosteikkojen keskinäinen vertailu on vaikeaa, sillä kosteikot sijaitsevat hyvin erilaisilla alueilla ja niihin tulevien hulevesien laatukin vaihtelee huomattavasti (Kasvio ym. 2016). Esimerkiksi Matalajärven kosteikolle tulee hulevesiä valtatieltä, tehdasalueelta sekä yritysten pihoilta ja Lepolan kosteikon hulevedet koostuvat pääosin rakennetun asuinalueen vesistä. Myös kosteikot ovat hyvin erilaisia sekä rakenteeltaan että kooltaan. Matalajärven kosteikon altaat ovat syvempiä kuin Lepolan kosteikon altaat, ja Matalajärven kosteikon koko on hyvin pieni verrattuna yläpuoliseen valuma-alueeseen toisinkuin Lepolan kosteikolla. (Kasvio ym. 2015a; Kasvio ym. 2015b)

Kun verrataan lähteviä pitoisuuksia Ruotsissa määritettyihin ohjearvoihin (Alm. ym. 2010), niin vuonna 2012 molempien kosteikkojen lähtevän veden fosfori- ja sinkkipitoisuus sekä Matalajärven kosteikolla kuparipitoisuus alittavat Ruotsissa määritetyt ohjearvot. Vuonna 2013 myös molempien kosteikkojen typpipitoisuudet alittavat raja-arvot. Lisäksi keskenään verrattaessa molemmat kosteikot ovat pystyneet vähentämään fosforien, typpien ja sinkin pitoisuuksia vuonna 2013. Näiden osalta kosteikot toimivat hyvin.

6.3 Ylläpito

Kosteikkojen ylläpito on tärkeää, sillä hyvin hoidettuna ja kunnossapidettynä kosteikon toiminta ja teho pysyvät hyvinä. Hulevesikosteikon huoltotoimenpiteitä ovat roskien ja muiden vieras esineiden poisto, kiintoaineen poisto tasausaltaasta, purku- ja tyhjennysputken puhdistaminen sekä kasvillisuuden ylläpito. (Kasvio ym. 2016) Altaisiin kerääntynyt kiintoaine voidaan poistaa joko käyttämällä kaivinkonetta tai lietepumppua. Kiintoaineen määrä tulisi tarkistaa vuosittain. Kosteikolle voidaan suorittaa kunnostusruoppaus, kun kasvillisuus on muodostunut haitallisen reheväksi. Tämä on ajankohtaista 10-15 vuoden välein. (Kuntaliitto 2012)

Kasvillisuuden ylläpidolla varmistetaan oikeanlaisen kasvivalikoiman säilyminen kosteikkoalueella. Ylläpidon laiminlyönnillä kosteikon kasvillisuus voi muuttua yksipuoleiseksi, jolloin puhdistustehokkuus ja kosteikon viihtyisyys ja maisema-arvot heikentyvät. Kasvillisuuden hoito on erityisen tärkeää kosteikon valmistumisen jälkeen, jotta varmistetaan kasvillisuuden selviäminen ja kasvaminen. Tällöin saatetaan joutua käyttämään paikkaus- tai täydennyskylvöä kasvillisuuden säilyttämiseen. Kasvillisuuden hoitotoimenpiteenä käytetään niittoa, joka tapahtuu vähintään kolmen vuoden välein. Niittojäte on kuljettava pois, jotta se ei rehevöitä kosteikkoa. (Kuntaliitto 2012)

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Hulevesikosteikot ovat yksi vaihtoehtoisista hulevesien hallintamenetelmistä, jolla voidaan puhdistaa sekä viivyttää hulevesiä. Hulevesikosteikkoja on Suomessa useita ja niiden toimintaa on tarkasteltu tutkimusten avulla. Tutkimuksista ja kirjallisuudesta löytyy tietoa ja ohjeistusta kosteikkojen suunnitteluun, mitoittamiseen ja rakentamiseen. Rakenteeltaan kosteikot koostuvat altaista, uomista sekä kasvillisuusalueista.

Työssä käytettyjen esimerkkikohteiden mittaustuloksista selvisi, että kosteikot pystyvät vähentämään pääosin monien haitta-aineiden määrää, erityisesti toisena mittausvuonna. Parannus johtuu kasvillisuuden kehittymisestä täyteen mittaan ja osittain huleveden määrän ja laadun vuosittaisesta vaihtelusta. Tulosten perusteella voi päätellä, että kasvillisuus tarvitsee vähintään toisen kasvukauden kehittyäkseen täyteen mittaan ja toimiakseen optimaalisella tavalla.

Kaiken kaikkiaan hulevesikosteikot ovat yksinkertaisia rakenteeltaan ja rakentaa. Myös toimivuus Suomen olosuhteissa on kohtuullisen hyvää, joten niitä voi suositella hulevesien hallintamenetelmäksi. Lisäksi hulevesikosteikko on ylipäätään parempi vaihtoehto kuin olla ilman hulevesien hallintaa.

LÄHDELUETTELO

Hagelberg E., Karhunen A., Kulmala A., Larsson R. & Lundström E. 2012. Käytännön kosteikkosuunnittelu. Teho-hankkeen julkaisuja 1/2012. Turku: Varsinais-Suomen ELY-keskus, 32 s. ISBN 978-952-257-473-2 (PDF)

Inha L., Kettunen R., & Hell K. 2013. Maanteiden hulevesien laatu. Tutkimusrapotti. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2013. Helsinki: Liikennevirasto, 104 s. ISBN 978-952-255-228-0

Kasvio P., Koskiaho J., Ulvi T. & Jormola J. 2015a. Matalajärven kosteikon tulokset vuosilta 2012-2013. HULE-hankkeen osaraportti. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, 26 s.

Kasvio P., Koskiaho J., Ulvi T. & Jormola J. 2015b. Järvenpään Lepola 1 –kosteikon tarkkailu vuosina 2012-2013. HULE-hankkeen osaraportti. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, 20 s.

Kasvio P., Ulvi T., Koskiaho J & Jormola J. 2016. Kosteikkojen ja biosuodatusalueiden toimivuus hulevesien käsittelyssä – HULE-hankkeen loppuraportti. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus, 52 s. ISBN 978-952-11-4556-8 (PDF)

Kotola J. & Nurminen J., 2003. Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla, osa 1: kirjallisuustutkimus. Espoo: Teknillinen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorio, 94 s. ISBN 951-22-6496-X (PDF)

Kotola J., Nurminen J. (toim.), & Vakkilainen P., 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Helsinki: Ympäristöministeriö, 116 s. ISBN 951-731-319-5 (PDF)

Kuntaliitto, 2012. Hulevesiopas. Helsinki: Suomen Kuntaliitto, 150 s. ISBN 978-952-213-896-5

Puustinen M., Koskiaho J., Jormola J., Järvenpää L., Karhunen A., Mikkola-Roos M., Pitkänen J., Riihimäki J., Svensberg M. & Vikberg P., 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus, Suomen ympäristö 21 | 2007. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus, 80 s. ISBN 978-952-11-2720-5 (PDF)

Rakennustieto Oy, 2018a. RT 103006 Hulevesirakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy, 28 s.

Rakennustieto Oy, 2018b. RT 103007 Hulevesirakenteiden kasvillisuus. Helsinki: Rakennustieto Oy, 18 s.

Ruohtula J. (toim.), 1996. Kosteikkojen ja laskeutusaltaiden suunnittelu. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus, 54 s.

Soini, T., 2003. Viherrakentajan käsikirja. Jyväskylä. Viherympäristöliitto ry, 288 s. ISBN 952-5225-21-6