

Matalajärven valumavesien hallintasuunnitelma



JULKAISUA VOI TILATA OSOITTEESTA

ESPOON KAUPUNKI
KAUPUNKISUUNNITTELUKESKUS
PL 43
02070 ESPOON KAUPUNKI

Asiakaspalvelu p. (09) 81 62 5200
kaavoitus@espoo.fi

Paula Kuusisto-Hjort, Kaupunkisuunnittelukeskus
Robert Eriksson, Kaupunkisuunnittelukeskus
Tanja Hämäläinen, Kaupunkisuunnittelukeskus
Mirkka Niemi, Kaupunkisuunnittelukeskus
Tia Lähteenmäki, Ympäristökeskus
Laura Yli-Jama, Tekninen keskus
Pia Salonen, Kaupunkisuunnittelukeskus
Aino Aspiala, Kaupunkisuunnittelukeskus
Leena Kaasinen, Kaupunkisuunnittelukeskus
Aila Vallidén, Kaupunkisuunnittelukeskus
Tiina Hietanen, HSY Vesi

Painopaikka: Espoon kaupunki, Painatuspalvelut 2011

Johdanto

Espoon kaavoitusohjelmassa 2010–2013 on päätetty Matalajärven suojelusuunnitelman laatimisesta. Matalajärvi rantoineen kuuluu Natura 2000-verkostoon, ja järvelle on laadittu kunnostussuunnitelmat vuosina 2005 ja 2010 (Barkman 2005, 2010b). Matalajärven valumavesien hallintasuunnitelma vastaa kaavoitusohjelmaan merkittyy Matalajärven suojelusuunnitelman laatimispäätökseen esittämällä konkreettisia keinoja, joilla järven valuma-alueelta kohdistuvaa vesistökuormitusta voidaan vähentää ja parantaa siten Matalajärven tilaa. Työ toimii pohjana valumavesien hallinnan kehittämiseksi alueella ja hulevesien huomioon ottamiselle tulevassa maankäytön suunnittelussa. Matalajärven suojelu kokonaisuudessaan koostuu sekä tämän suunnitelman toteuttamisesta että kunnostussuunnitelmien mukaisesti pääasiassa itse järveen kohdistuvista toimenpiteistä.

Suunnitelma on tehty Espoon kaupunkisuunnittelukeskuksessa, jossa työn on pääasiassa laatinut yleiskaavainsinööri Paula Kuusisto-Hjort. Työssä on kuultu lisäksi asiantuntijana Jack Barkmania. Työtä on ohjannut ohjausryhmä, johon ovat kuuluneet:

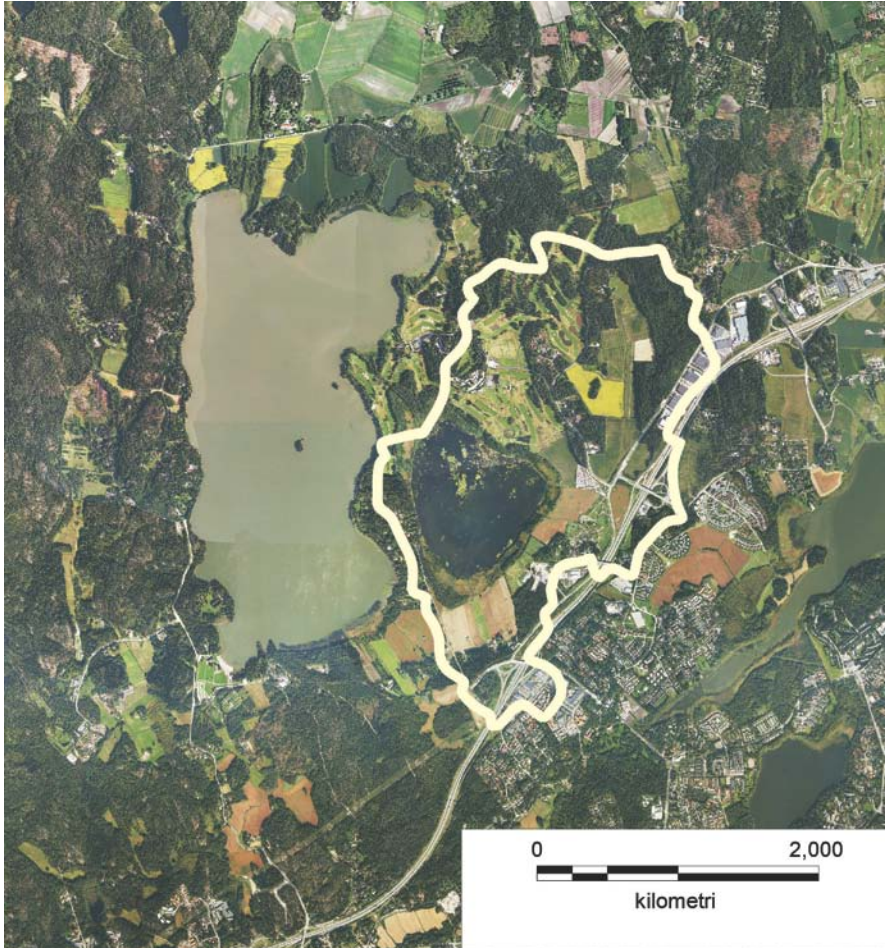
- Robert Eriksson, Kaupunkisuunnittelukeskus
- Tanja Hämäläinen, Kaupunkisuunnittelukeskus
- Mirkka Niemi, Kaupunkisuunnittelukeskus
- Tia Lähteenmäki, Ympäristökeskus
- Laura Yli-Jama, Tekninen keskus,
- Pia Salonen, Kaupunkisuunnittelukeskus,
- Aino Aspiala, Kaupunkisuunnittelukeskus
- Leena Kaasinen, Kaupunkisuunnittelukeskus
- Aila Vallidén, Kaupunkisuunnittelukeskus ja
- Tiina Hietanen, HSY Vesi.

Sisällys

1. Lähtökohdat ja tavoitteet	4
2. Alueen kaavoitustilanne	6
2.1. Maakuntakaava	6
2.2. Yleiskaava	6
2.3. Asemakaava	6
3. Matalajärvi	8
4. Valuma-alue	10
5. Valunta	13
6. Kuormitus	17
6.1. Vedenlaadun määritykset	17
6.2. Laskennallinen kuormitus	20
7. Nykyiset määräykset ja suunnitelmat valumavesien hallinnasta	24
7.1. Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset	24
7.2. Espoonjoen suojelusuunnitelma	24
7.3. Maatalouden ympäristötukijärjestelmä	25
7.4. Högnäsin asemakaavan hulevesien hallintasuunnitelmat	26
7.5. Matalajärven suojeluyhdistyksen suunnittelemat laskeutusaltaat ja kosteikot	26
8. Valumavesien käsittely	26
8.1. Yleistä	26
8.2. Valumavesien synnyn ehkäisy	27
8.3. Imeytysmenetelmät	28
8.4. Viivytyksen menetelmät	29
8.5. Kemiallisten menetelmien käyttö	32
9. Valumavesien hallintasuunnitelma Matalajärven valuma-alueelle	33
9.1. Valumavesien hallinnan periaatteet	33
9.2. Valumavesien käsittelyratkaisut	36
9.3. Käsittelyratkaisujen kustannukset ja puhdistustehokkuus	48
9.4. Käsittelyratkaisujen kunnossapito	50
9.5. Käsittelyratkaisujen toteuttaminen	51
9.6. Toimintaohjeet alueen vaikuttajille	51
9.7. Hallintaratkaisujen toimivuus ja suositukset tulevaa maankäytön suunnittelua varten	53
Kirjallisuus	55

1. Lähtökohdat ja tavoitteet

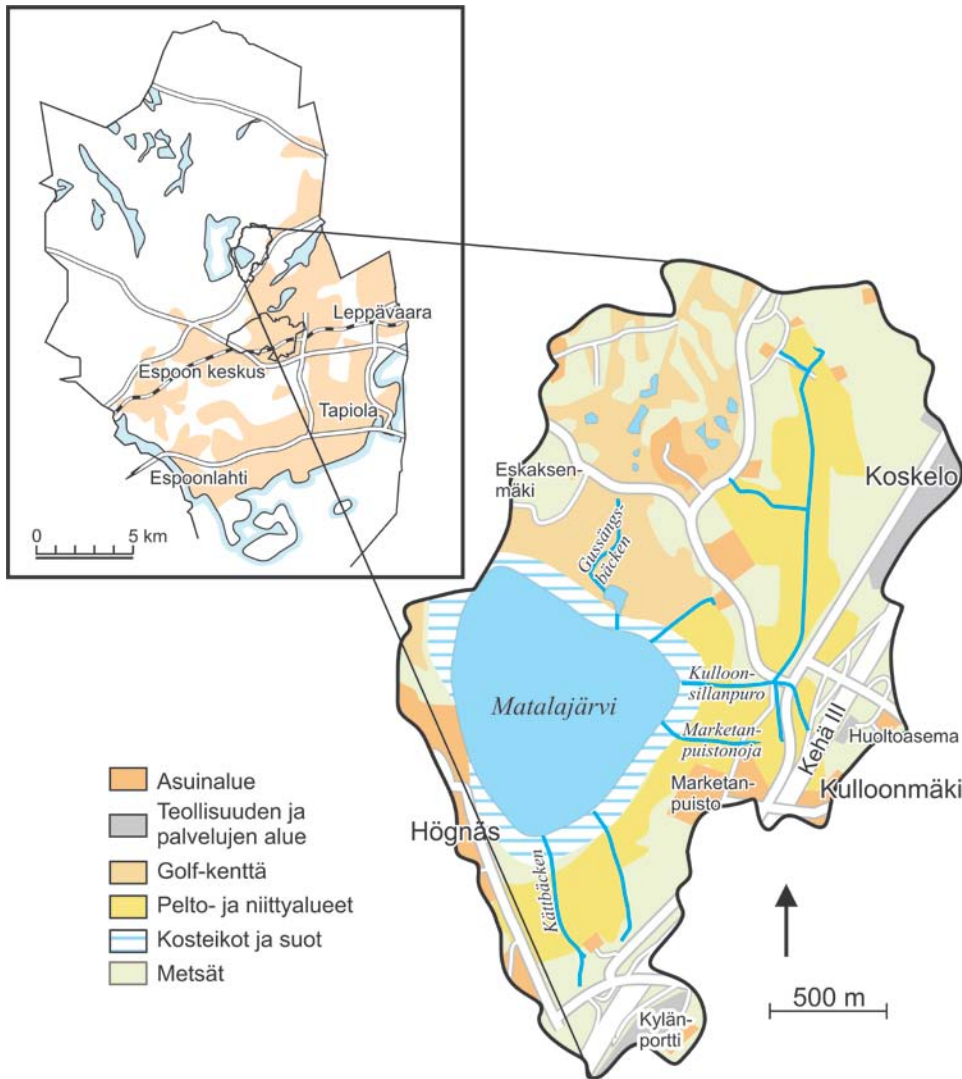
Matalajärvi on Pohjois-Espoossa, Bodominjärven itäpuolella sijaitseva pieni ja matala järvi (kuvat 1 ja 2). Järven valuma-alue koostuu metsistä, maatalousalueista, puutarha- ja puistoalueista, Golf-kentästä sekä rakennetuista alueista. Luonnostaan rehevä, lähdevaikutteinen ja vaateliaan kasvilajiston luonnehtima järvi on pääasiassa maatalouden ja sisäisen kuormituksen vuoksi muuttunut entistäkin rehevämmäksi (Barkman 2008). Samalla järvi on mataloitunut ja on kasvamassa umpeen, mikä haittaa esimerkiksi virkistyskäyttöä. Matalajärvellä viihtyy myös monipuolinen pesimälinnusto ja levähtää runsaasti muuttolintuja (Uudenmaan ympäristökeskus 2010).



Kuva 1. Matalajärven valuma-alueen sijainti ilmakuvalla.

Matalajärvi rantoineen ja sen luoteispuolella sijaitseva lehtoalue kuuluvat Natura 2000-verkostoon suojeltavien luontotyyppiensä ja kasvilajiensa perusteella (SCI-alue) (Uudenmaan ympäristökeskus 2010). Järven käytön ja hoidon on katsottu tarvitsevan erittäin kiireellistä suunnittelua, koska siihen kohdistuu voimakkaita maankäytöllisiä ja virkistyskäytöllisiä paineita ja sen luontoarvojen säilyminen vaatii ohjausta ja hoitotoimia (Ojala 2007).

Matalajärvelle on laadittu kunnostussuunnitelma (Barkman 2005) sekä luontoarvojen että virkistyskäytön edellytysten säilyttämiseksi. Järveä on kunnostettu suunnitelman mukaisesti vuodesta 2005 lähtien mm. ravintoketjukunnostuksella, poistamalla karvalehteä ja ruovikoita sekä hapettamalla järveä talvikausina (Barkman 2008, 2010a). Kunnostuksista on vastannut pääasiassa Matalajärven suojeluyhdistys. Rehevöitymisen torjunnassa valuma-alueella tehtävät toimenpiteet ovat kuitenkin ensisijaisia. Valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentämiseksi on laadittu kuormitus selvityksiä (Karvonen 2007, Mykkänen 2007, Seppälä 2007). Seppälä (2007) on esittänyt selvityksessään myös toimenpideehtoja kuormituksen vähentämiseksi. Matalajärven valuma-alueelle on lisäksi suunniteltu yhtä laskeutusallasta ja kahta laskeutusaltaan ja kosteikkopuhdistamon yhdistelmää. Laskeutusaltaan ja yhden laskeutusaltaan ja kosteikon yhdistelmän maisematyölupaa koskeva valitus on hylätty Korkeimmassa hallinto-oikeudessa (KHO 31.12.2009 nro 3748), ja rakennustyöt päästäneen aloittamaan talvella 2010-2011 (Barkman 2010b). Lisäksi vuosien 2010-2012 kunnostussuunnitelmassa (Barkman 2010b)



Kuva 2. Matalajärven valuma-alueen sijainti ja maankäyttö.

esitetään järven puroihin 8 laskeutusallasta, 2 luonnonkosteikkaa ja 3 keinokosteikkaa.

Tässä työssä on laadittu Matalajärven valuma-alueelle valumavesien hallintasuunnitelma. Työssä esitetään keinoja, joilla voidaan tasata valuntaoloja ja vähentää Matalajärveen kohdistuvaa kuormitusta ja vaikuttaa siten positiivisesti Matalajärven tilaan. Työn lähtökohtana on Espoon kaavoitusohjelmaan 2010–2013 merkitty Matalajärven suojelusuunnitelman laatiminen vuonna 2010 (yleiskaavoituksen hankkeet). Työssä tarkasteltavan alueen rajauksena on käytetty Matalajärven valuma-alueita, koska tämä on se alue, jolta epäpuhtaudet kulkeutuvat Matalajärveen veden virtauksen mukana. Kaavoitusohjelmassa 2010–2013 Matalajärven valuma-alueelle on esitetty seuraavia asemakaavahankkeita: Bodomin kartano, Högnäs, Margreteberg, Kullonmäki II, Kullonsilta, Koskelo III ja Viiskorpi (kuva 4). Hallintasuunnitelma palvelee erityisesti maankäytön suunnittelua ja yhdyskuntarakentamista. Se toimii pohjana valumavesien hallinnan kehittämiseksi ja tarkemmille hulevesisuunnitelmille alueella sekä hulevesien huomioon ottamiselle tulevassa maankäytön suunnittelussa. Suunnitelma toimii myös asemakaavoituksen lähtökohtana, ja työssä annetaan ohjeita ja suosituksia maankäytön suunnittelua varten. Suunnitelmaan sisältyvät valumavesien käsittelymenetelmät on tarkoitus toteuttaa vähitellen joko erillisinä projekteina yhteistyössä maanomistajien kanssa tai kaavoituksen yhteydessä. Suunnitelmia tarkennetaan kohteiden jatkosuunnittelun yhteydessä. Hulevesien hallintaa Espoossa ohjaa lisäksi vuoden 2010 lopulla valmistunut Espoon hulevesiohjelma.

Tässä työssä on selvitetty millaisia ongelmia valumavesiin liittyy, ja millä alueilla valumavesien hallinnan kehittäminen on kaikkein tärkeintä (sekä määrällisesti että laadullisesti). Valuma-alueen eri osille on esitetty myös yleisesti valumavesien hallinnan periaatteet sekä veden määrän (imeytys/viivytykset/ johtaminen) että laadun (laskeutus/kasvillisuuden sitomiskyky/maasuodatus) suhteen. Periaatteiden valinta on pohjautunut mm. osa-alueiden maaperäoloihin ja vedenlaatutietoihin.

Näiden lähtötietojen pohjalta on suunniteltu yksityiskohtaiset toimenpiteet, joilla ongelmia voidaan ehkäistä. Työssä on esitetty erilaisten valumavesien hallintaratkaisujen (mm. suojavaöhykkeet, laskeutusaltaat, kosteikot, imeytyspainanteet, viivytyspainanteet ja ojien kunnostustoimet) sijoittaminen valuma-alueelle sekä niiden mitoitus. Suunnitelma on laadittu nykytilanteelle. Tässä työssä esitetyt valumavesien käsittelymenetelmät ovat alueellisia ratkaisuja, joissa voidaan käsitellä vähintään useamman hehtaarin kokoisten alueiden valumavesiä. Varsinaisten valumavesien hallintaratkaisujen lisäksi työssä esitellään alueen vaikuttajille lyhyesti suosituksia toimista, jotka edelleen vähentäisivät Matalajärven kuormitusta. Aiemmin mm. Seppälä (2007) on esitellyt melko laajasti toimenpide-ehdotuksia alueen vaikuttajille.

Valumavesien ominaisuuksia ja muodostumista käsitellään työssä koko valuma-alueen mittakaavassa, ja hallintatoimet pyritään suunnittelemaan siten, että ne vähentävät järven kokonaiskuormitusta parhaalla mahdollisella tavalla ja muodostavat toimivan kokonaisuuden. Järjestämällä koko valuma-alueen valumavesien hallinta toimivaksi ja riittävän tehokkaaksi kokonaisuudeksi luodaan hyvä lähtökohta tuleville valumavesien hallintaratkaisuille. Suunnitelmassa arvioidaan myös, mihin uusia alueellisia käsittelyratkaisuja voidaan mahdollisesti sijoittaa tulevaisuudessa maankäytön muuttuessa.

2. Alueen kaavoitus tilanne

2.1. Maakuntakaava

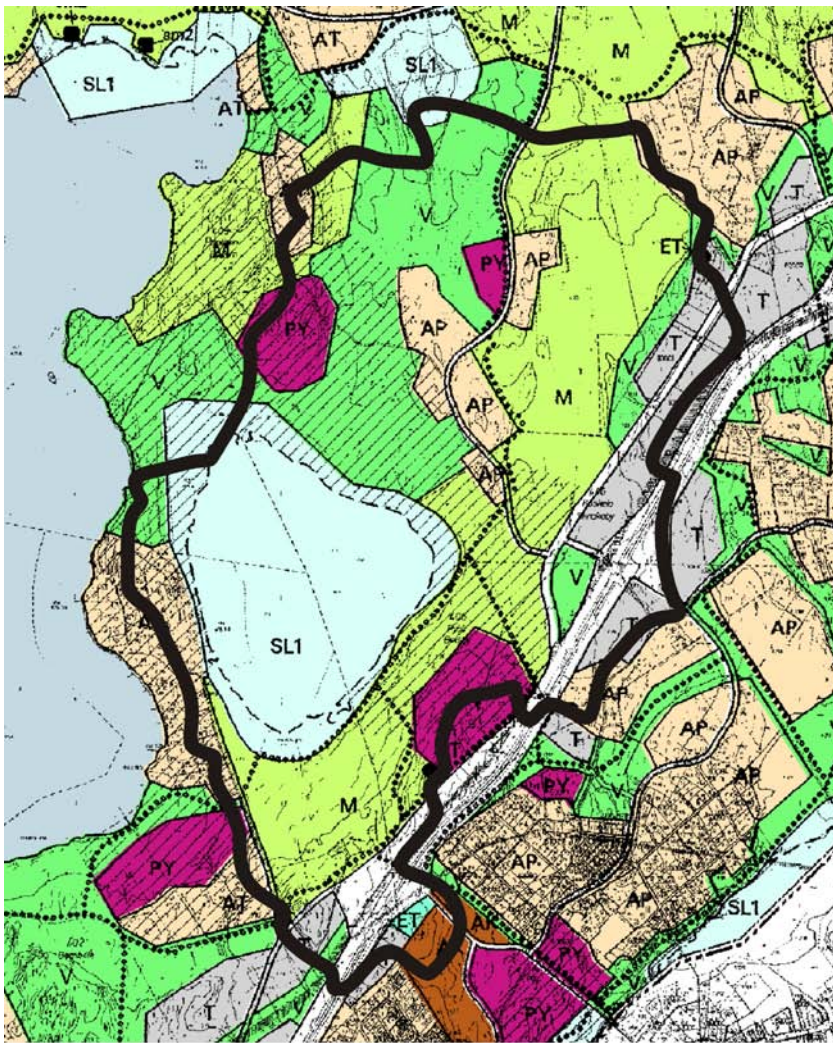
Alueella on ympäristöministeriön 8.11.2008 vahvistama maakuntakaava. Siinä Matalajärvi rantoineen on merkitty Natura 2000-verkoston kuuluvaksi alueeksi. Suurin osa valuma-alueesta, pohjoisimpia ja luoteisimpia osia lukuun ottamatta, on osoitettu taajamatoimintojen alueeksi. Kehä III:n ympäristö aina Natura-alueen rajalle asti kuuluu maakuntakaavassa kehäkaupungin kehittämisvyöhykkeeseen, jolla osoitetaan Helsingin seudulla kehämäisiin liikenneväyliin tukeutuvaa voimakkaan maankäytön muutospaineen alaista aluetta. Lisäksi maakuntakaavassa on osoitettu valuma-alueen poikki lounais-koillisuunnassa viheryhteystarve. Ympäristöministeriö on 22.6.2010 vahvistanut Uudenmaan 1. vaihemaa-kuntakaavan, jossa tarkastellaan toimintoja, joilla on merkittäviä ympäristövaikutuksia ja jotka edellyttävät keskinäistä yhteensovittamista. Matalajärven valuma-alueelle tai sen lähiympäristöön ei ole tässä kaavassa osoitettu kaavamerkintöjä.

2.2 Yleiskaava

Matalajärven valuma-alueella on voimassa ympäristöministeriön 27.6.1996 vahvistama Espoon pohjoisosien yleiskaava osa I. Siinä Matalajärvi rantoineen on merkitty luonnonsuojelualueeksi (SL1) (kuva 3). Kehä III:sta ympäröiville alueille on osoitettu runsaasti teollisuuden ja varastoinnin alueita (T). Nykyiset asuinalueet on pääasiassa varattu asuinpientaloille (AP). Lisäksi alueelle on osoitettu muutamia julkisten palveluiden ja hallinnon alueita (PY). Virkistysalueiksi (V) on osoitettu nykyiset golfkentän alueet sekä pienempiä, nykyisellään metsästä ja pelloista koostuvia alueita Kehä III:n läheisyydessä. Muut rakentamattomat alueet on osoitettu maa- ja metsätalousvaltaiseksi alueeksi (M). Matalajärveä ympäröivät pelto- ja golfkenttäalueet on pääasiassa merkitty kulttuurihistoriallisesti merkittäväksi ympäristöksi, jossa suojeluarvoltaan merkittävät rakennukset, rakenteet ja vanha tiestö tulisi säilyttää. Rakentamisen on rakennustavaltaan ja sijainniltaan sopeuduttava ympäristöön. Alueella on kaivamis-, louhimis-, tasoittamis- tai täyttämistyö, puiden kaato tai muu näihin verrattava toimenpide luvanvaraista.

2.3. Asemakaava

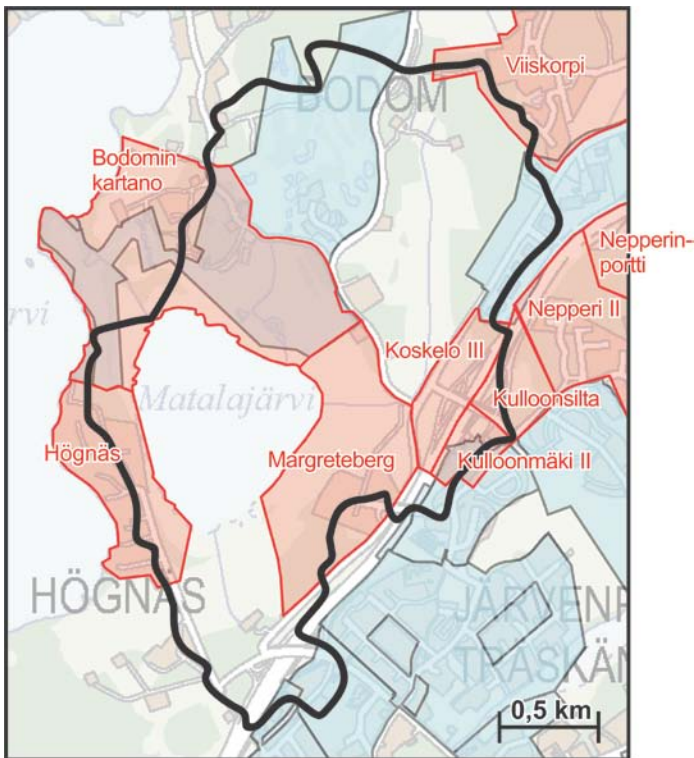
Suurin osa alueesta on vielä asemakaavoittamatonta. Vahvistettu asemakaava on olemassa golfkentän alueella järven pohjoispuolella, Koskelon teollisuusalueella sekä Kehä III:n kaakkoispuolisilla alueilla (kuva 4). Kaavoitusohjelmassa 2010-2013 on valuma-alueelle merkitty useita asemakaavahankkeita. Högnäsin asemakaavakaavaehdotus on ollut nähtävillä elo-syyskuussa 2010. Siinä alue on osoitettu lähes kokonaan erillispientaloalueeksi, joka tukeutuu vanhaan tiestöön. Bodomin kartanon asemakaavaluonnos on ollut nähtävillä kesäkuussa 2009. Alueelle on tarkoitettu sijoittamaan golfkentän toimintojen lisäksi väljää pientaloasutusta. Viiskorven asemakaava viistää valuma-alueen vain pieneltä osin. Kaupunkisuunnittelulautakunta on päättänyt 16.6.2010 ehdottaa kaupunginhallitukselle Viiskorven kaavan hyväksymistä. Koskelo III ja Kullonmäki II -asemakaavojen suunnittelu alkaa aikaisintaan vuoden 2011 lopulla. Tavoitteena on kehittää aluetta pääosin työpaikka-alueena eli tutkia erityyppisten toimi-, varasto- ja liiketilojen sijoittamista alueelle. Kullonmäki II -alueella tutkitaan osalle aluetta mahdollisesti






AK	Kerrostalovaltainen asuntoalue	ET	Yhdyskuntateknisen huollon alue ja -kohde
AP	Pientalovaltainen asuntoalue	V	Virkistysalue
AT	Kyläalue	M	Maa- ja metsätalousvaltainen alue
PY	Julkisten palvelujen ja hallinnon alue	SL1	Luonnonsuojelualue
T	Teollisuuden ja varastoinnin alue	////	Kulttuurihistoriallisesti merkittävä ympäristö
.....	Pääuikolureitti	—	Matalajärven valuma-alueen raja

Kuva 3. Yleiskaava Matalajärven valuma-alueen ympäristössä (Espoon pohjoisosien yleiskaava, osa I).

myös asumista sekä pyritään kehittämään nykyisen huoltoaseman toimintoja. Kulloonsillan asemakaavassa on tarkoitus suunnitella alueelle kaupallisia palveluja. Kaavaehdotus oli nähtävillä elo-syyskuussa 2009 ja kaupunkisuunnittelulautakunta on päättänyt ehdottaa kaupunginhallitukselle kaavan hyväksymistä. Kaavaehdotuksen aluerajaus ei kuitenkaan ulotu Matalajärven valuma-alueelle, vaan rajoittuu Kehä III:n rampin itäpuolelle. Margretebergin asemakaavan suunnittelua ei ole vielä käynnistetty eikä sitä ole sisällytetty kaavoituksen työohjelmaan vuodelle 2011.



-  Matalajärven valuma-alue
-  Kaavoitusohjelmaan 2010-2013 merkityt asemakaavoituskohteet
-  Vahvistetut asemakaavat

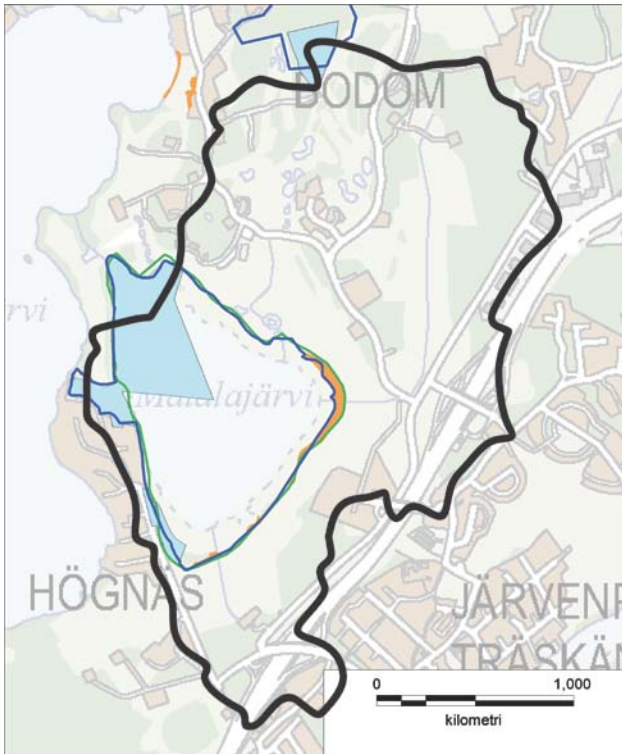
Kuva 4. Vahvistetut asemakaavat ja kaavoitusohjelman 2010-2013 kohteet.

3. Matalajärvi

Matalajärven valuma-alue on 4,7 km², josta 0,71 km² koostuu itse järvestä. Matalajärvi on hyvin matala, sillä sen suurin syvyys on 1.3 metriä (vedenkorkeudella +22.76 m mpy) keskisyvyyden jäädessä alle metriin (Mykkänen 2007). Luusua sijaitsee järven luoteisosassa, josta lähtevä laskupuro johtaa Bodominjärveen. Laskupuroon on rakennettu pohjapato, jonka yläreuna on korkeudella 22,65 m mpy. Kesä- ja syyskuukausina 2008 ja 2009 vedenpinnan korkeus on vaihdellut välillä 22,8–23,15 m mpy, mutta ajoittain (kuivina kesinä) vedenpinta on laskenut jopa alle pohjapadon yläreunan. Tällöin Matalajärvestä ei virtaa lainkaan vettä Bodominjärveen. Sen sijaan, veden on kevättulvien aikaan havaittu virtaavan Bodominjärvestä Matalajärveen päin (Barkman 2005). Veden keskimääräinen viipymä järvestä on 4,1 kk, kun pohjavesiä ei oteta huomioon laskelmassa (Karvonen 2007). Veden vaihtuvuutta järvestä on yritetty parantaa mm. perkaamalla lasku-uomaa (Barkman 2008).

Matalajärvi on Uudenmaan ainoita luontaisesti runsasravinteisia järviä, jotka ovat säilyneet edustavina ja luonnontilaisina (luontodirektiivin luontotyyppi 3150 Magnopotamion tai Hydrocharition-kasvustoiset luontaisesti ravinteiset järvet). Kasvillisuudeltaan Matalajärvi lukeutuu osmankäämi-ratamasarpio-tyyppiin (Uudenmaan ympäristökeskus 2010). Järven vesi on ravinteisuudestaan huolimatta kirkasta, ja järven ympäristössä ja pohjassa on arveltu olevan runsaasti lähteitä (kts. Barkman 2005). Lähteisyyden, kirkasvetisyyden ja runsasravinteisuuden ansiosta Matalajärven vesikasvisto ja -kasvillisuus on edustavaa ja vaateliasta (Barkman 2008). Rehevöityminen on tosin samentanut vettä ja muuttanut kasvillisuutta jonkin verran (Mykkänen 2007, Barkman 2008, Uudenmaan ympäristökeskus 2010). Luontodirektiivin lajeista järvellä esiintyy muun muassa hentonäkinruoho (*Najas tenuissima*), joka on luokiteltu valtakunnallisesti vaarantuneeksi, ja jousivita (*Potamogeton rutilus*), joka on luokiteltu valtakunnallisesti silmälläpidettäväksi. Vuodesta 2000 alkaen rehevissä vesissä viihtyvän karvalehden mas-saesiintymät ovat haitanneet virkistystoimintaa järvellä ja vaarantavat arvokkaiden lajien säilymistä järvestä (Barkman 2008, Uudenmaan ympäristökeskus 2010). Järven rannoilla on rantasoiita ja ruoko-, sara- ja osmankäämiluhtia sekä metsäluhtia, joiden valtapuulaji on tervaleppä.

Matalajärven Natura 2000 -alue käsittää järven ranta-alueineen sekä Högnäsin kannaksen päihinäpensaslehdon (kuva 5). Luonnonsuojelulain 65 §:n mukaan kaikista hankkeista tai suunnitelmista, jotka voivat yksinään tai tarkasteltuna muiden hankkeiden ja suunnitelmien kanssa todennäköisesti merkittävästi heikentää niitä Natura-alueiden luonnonarvoja, joiden vuoksi alueet on sisällytetty Natura 2000-verkoston, tulee tehdä vaikutusten arviointi, ns. Natura-arviointi. Tämä koskee myös sellaista hanketta tai suunnitelmaa alueen ulkopuolella, jolla todennäköisesti on alueelle ulottuvia merkittäviä haitallisia vaikutuksia.



- | | | | |
|---|--------------------------|---|---------------------------------|
|  | Matalajärven valuma-alue |  | Natura 2000 -alue |
|  | Nuuksion kansallispuisto |  | Lintuvesiensuojeluohjelman alue |
|  | Perinneympäristö | | |

Kuva 5. Matalajärven Natura 2000-alue, lintuvesiensuojeluohjelman alue, Nuuksion kansallispuistoon kuuluvat alueet sekä järven ranta-alueiden perinneympäristö.

Natura 2000-verkoston lisäksi Matalajärvi on luokiteltu lintuvesiensuojeluohjelmassa valtakunnallisesti arvokkaaksi (Uudenmaan ympäristökeskus 2010). Osa järvestä ja sen rantavyöhykkeestä kuuluu jo nyt ja loputkin Natura-alueesta on tarkoitus tulevaisuudessa liittää Nuuksion kansallispuistoon. Järvelle on tarkoitus tehdä muun kansallispuiston yhteydessä käyttö- ja hoitosuunnitelma (Ojala 2007). Matalajärven itäreunan laajahkot rantaniityt ja eteläosan kapeat niittymäiset laitumet on luokiteltu Espoossa perinneympäristöksi (kuva 5), jossa suositellaan hevoslaidunnuksen jatkamista (Raatikainen & Vaitinen 2003).

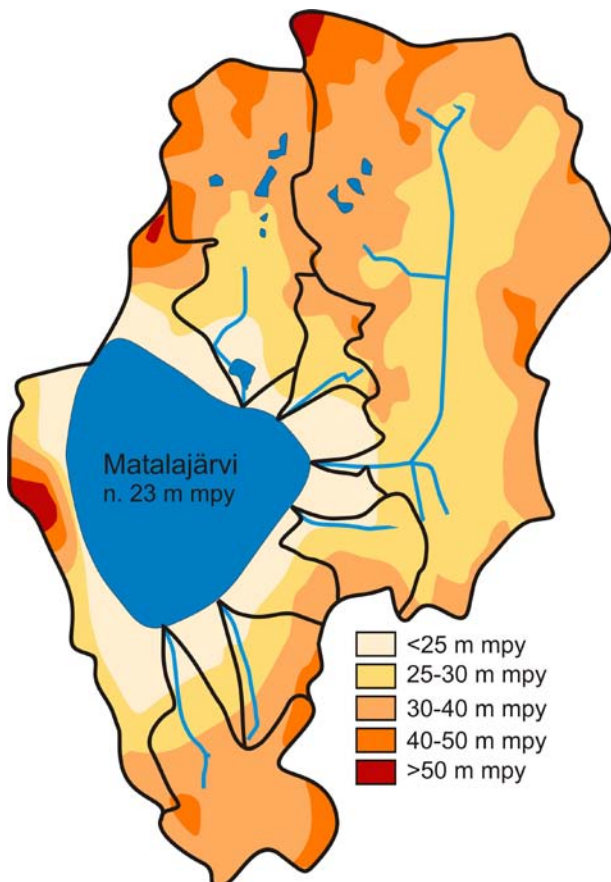
Matalajärvi kuuluu Euroopan Unionin vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisessa vesimuodostumien luokittelussa runsasravinteisten järvien pintavesityyppiin (Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta 2010). Järven veden ravinnepitoisuudet osoittavat, että järvi on eutrofinen tai hypertrofinen. Ravinnepitoisuudet ovat suurimmillaan talvella, jolloin ravinteita vapautuu orgaanisen aineksen hajoamisessa ja sedimenttiin sitoutuneiden rauta-fosforiyhdisteiden hajotessa hapettomissa oloissa. Kesällä taas eliöstö hyödyntää veden liukoisia ravinteita, ja veden ravinnepitoisuudet pienenevät. Talven fosforipitoisuuksien mediaani on vuosien 2001 ja 2009 välillä ollut 140 µg/l ja kesän 41 µg/l. Typpipitoisuuksien mediaani on vastaavasti ollut talvella 1300 µg/l ja kesällä 790 µg/l. Sekä fosfori- että typpipitoisuudet ovat viimeisten kymmenen vuoden aikana olleet korkeampia kuin edellisillä vuosikymmenillä. Kunnostustoimien vaikutusta on lyhyen ajanjakson vuoksi vaikea arvioida, mutta vaikuttaisi siltä, että rehevöitymiskehitystä ei ole voitu pysäyttää, koska talviset typpipitoisuudet eivät ole pitkällä aikavälillä juuriin muuttuneet. Talven fosforipitoisuudet ovat kuitenkin olleet 2007-2010 selkeästi alhaisempia kuin

yhtenäkkään vuonna jaksolla 2000-2006. Järviveden suolapitoisuutta kuvaavat sähkönjohtavuudet ovat kasvaneet lähes lineaarisesti 1960-luvulta lähtien. Korkeimmat arvot mitattiin ajanjaksolla 1999-2006, minkä jälkeen sähkönjohtavuusarvot laskivat kolmeksi vuodeksi. Talvella 2010 järviveden sähkönjohtavuus palasi kuitenkin jälleen laskua edeltäneelle tasolle. Sähkönjohtavuuden vaihteluissa voivat heijastua sekä järven kunnostustoimet, etenkin karvalehden poisto (Barkman 2010a), että tiesuolan käyttömäärien vaihtelut erilaisten talvien myötä.

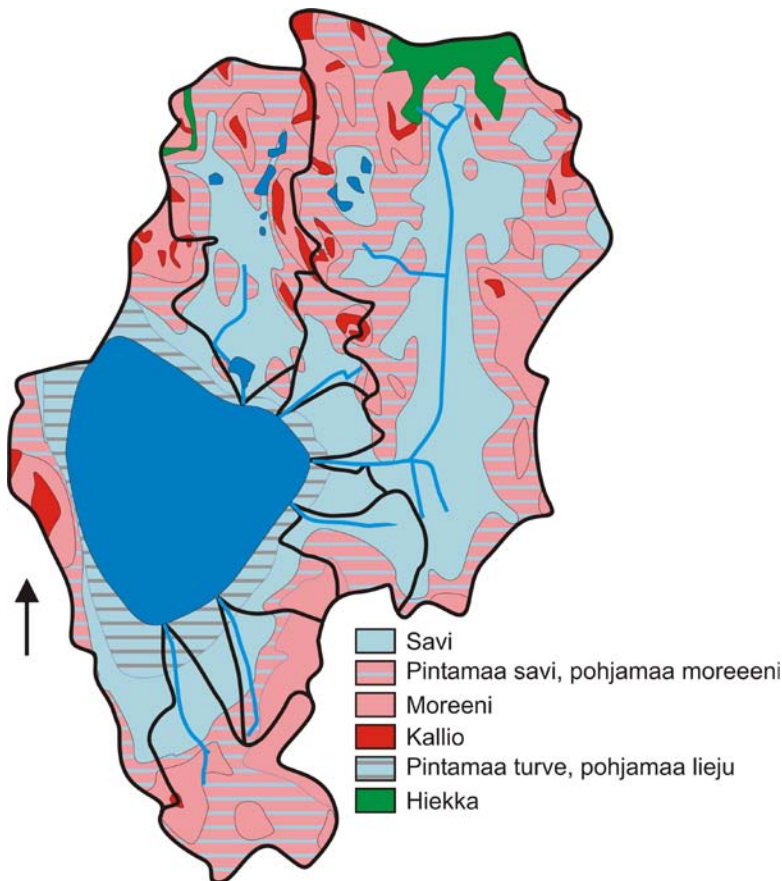
Järven rehevöitymiskehitys heijastuu myös järven pohjasedimentin fosforipitoisuuksien kasvuna syvemmältä kohti pintaa (Mykkänen 2008). Ulkoisesta fosforikuormituksesta pidättyykin vuosittain noin 30% järven pohjasedimenttiin, josta sitä voi hapettomissa olosuhteissa vapautua takaisin järviveteen (Mykkänen 2008).

4. Valuma-alue

Matalajärven (vedenkorkeus noin 23 metriä merenpinnan yläpuolella) valuma-alueesta suurin osa sijaitsee alle 40 metrin korkeudella, minkä vuoksi alue on pääosin melko tasaista (Kuva 6). Erityisesti Kulloonsillanpuro virtaa koko matkallaan hyvin alavan laakson keskellä. Metsäisillä vedenjakaja-alueilla korkeimmat kohdat ulottuvat lähes 60 metrin korkeuteen. Järven lähiympäristössä ja Kulloonsillanpuron laaksossa maaston kaltevuudet ovat alle 2,5 %. Järven eteläpuolilla pelto- ja metsäalueilla sekä golfkentällä kaltevuudet ovat suurimmaksi osaksi alle 5 %. Rinteet, joiden vietto on laajalla alueella yli 10 %, sijaitsevat lähes yksinomaan metsäalueilla.



Kuva 6. Matalajärven valuma-alueen korkeussuhteet.



Kuva 7. Matalajärven valuma-alueen maaperä (lähde: Geologian tutkimuskeskus 1995).

Matalajärven valuma-aluetta hallitsevat järveä ympäröivät savipeitteiset tasangot ja vedenjakaja-alueille keskittyvät kallio- ja moreenimäet (kuva 7). Alavimpia alueita peittävät savikot, joiden paksuus on yleisesti yli 5 metriä, Matalajärveä ympäröivällä rantavyöhykkeellä yli 10 metriä (Maaperäkartta 1:10 000, Espoon kaupunki). Kohoumien alarinteillä savisen pintamaan alla on moreenista koostuva pohjamaa. Alueen mäet koostuvat pääosin moreenista, joskin alueen pohjoisosassa kohoumien lakialueiden moreenipeite on paikoin ohut, ja kalliopaljastumia esiintyy jonkin verran. Valuma-alueen pohjoisosassa sijaitsee myös hiekkakerrostumia. Golf-kentällä Matalajärven pohjoispuolella pohjamaan (pääasiassa savea) päällä on lisäksi hiekasta ja turpeesta koostuva kentän pintakerros (Nieminen 2010).

Valuma-alueen alavimmat alueet, erityisesti Matalajärven rantavyöhyke on ollut maatalouskäytössä jo vuosisatoja, ja alue on vielä nykyäänkin suureksi osaksi metsäistä ja maatalousvaltaista. Metsät, suot ja kosteikot käsittävät yli kolmanneksen koko valuma-alueen pinta-alasta (taulukko 1). Pellot ja niityt muodostavat seuraavaksi suurimman maankäyttöluokan lähes 20 % osuudellaan. Matalajärven pohjoispuoliset vanhat pellot on muutettu Golf-kentäksi vuonna 1987. Vuonna 1997 rataa laajennettiin pohjoisemmaksi pääasiassa entisille metsäalueille (Barkman 2005). Matalajärven eteläpuolella sijaitsee Överbyn puutarhakoulu, Marketanpuiston puutarha-alue ja ratsastustalli. Tallin ulkotarhojen hulevedet johdetaan nykyään rakennusluvan ehtojen mukaisesti kunnalliseen jätevesiviemäriin.

Rakennetut alueet kattavat noin 15 % koko valuma-alueesta. Päälystettyjen pintojen osuus valuma-alueen pinta-alasta on 8% ja maapinta-alasta 9 % (digitoitu ilmakuvan perusteella). Vettä huonosti läpäisevien alueiden osuus, joka sisältää myös hiekka- ja sorakentät, on 9 % valuma-alueesta (11% maa-alasta). Alueen asutus koostuu lähinnä melko harvaan rakennetuista pientaloalueista. Alueen eteläkärjessä sijaitsee lisäksi tiiviimmän asutuksen alue. Rakennetuista alueista huomattava osa (yli 40 %) koostuu liikennealueista. Alueen itäosaa halkoo muun muassa vilkkaasti liikennöity Kehä III. Kehän varteen on keskittynyt myös teollisuutta ja palveluja. Koskelon ja Kylänportin teollisuusalueet käsittävät kuitenkin alle 5% koko valuma-alueen pinta-alasta.

Päälystetyin pinnan määrää on pidetty hyvänä kaupunkirakentamisen vesistövaikutusten indikaattorina, sillä se heijastaa monenlaisten rakentamisen aiheuttamien hydrologisten muutosten yhteisvaikutusta (Schueler 1994, Booth & Jackson 1997, Zandbergen 1998). Schueler (1994) on esittänyt latvapuroille päälystetyin pinnan määrään perustuvan luokituksen. Hänen mukaansa puroissa

Taulukko 1. Matalajärven valuma-alueen maankäyttötyyppien jakauma sekä laskennalliset valunta-arvot.

Maankäyttömuoto	% valuma-alueesta	Valunta (mm/a) ¹⁾
Laskeuma vesistöihin	16,1	330
Golf-kenttä	13,6	410
Kehä III	1,5	530
Muu liikennealue	4,9	530
Tiivis asuinalue	0,5	470
Pientaloalue	4,6	430
Teollisuuden ja palvelujen alueet	3,3	470
Metsät, suot ja kosteikot	35,8	355
Pellot, niityt	18,3	400
Puistot	1,4	400

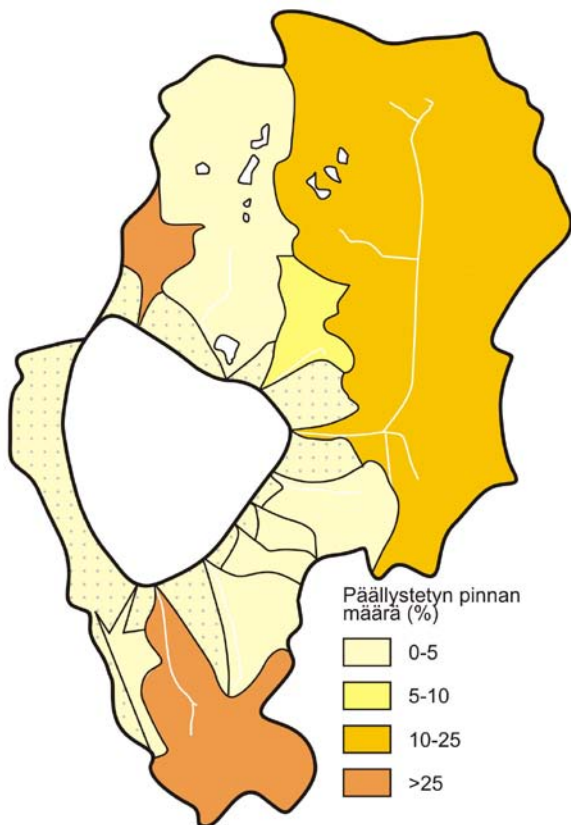
1) Karvonen (2007)

ei havaita rakentamisen vaikutuksia, kun päällystettyjen pintojen määrä on alle 10 %. Kun määrä on 10–25 %, vesistöissä on havaittavissa rakentamisen aiheuttamia muutoksia ja veden laatu on heikentynyt. Pääällystetyn pinnan määrän ylittäessä 25 % purot ovat huonossa kunnossa. Tällöin niiden veden laatu on heikko-kohtalainen, biodiversiteetti on alhainen ja uomat ovat herkkiä erodoitumaan. Myös muut tutkijat ovat todenneet virtavesien tilan olevan yhteydessä päällystettyjen pintojen määrään. Pääkaupunkiseudun purojen metallikuormituksen kasvu noudattaa melko hyvin Schuelerin (1994) esittämiä raja-arvoja päällystetyssä pinnassa (Kuusisto-Hjort 2009). Yleisimmin ekologisten vaikutusten on todettu alkaneen, kun tehoisan päällystetyn pinnan määrä (se osa päällystetyistä pinnoista, joka on suoraan hydraulisesti yhteydessä vesistöön) ylittää n. 5-10 % tason (Booth & Jackson 1997, Horner & May 1998, Wang ym. 2001).

Matalajärven koko valuma-alueen päällystetyn pinnan määrä viittaa siihen, että rakentamisen määrän kasvaessa nykyisestä vesistöissä aletaan havaita muutoksia. Tosin tulkinnessa on huomioitava, että päällystetyn pinnan määrän kriteerejä ei voida suoraan soveltaa järviin, koska virtavesissä kaupunkirakentamisen vaikutukset ovat jossain määrin erilaisia käsittäen mm. voimakkaiden virtaamavaihtelujen aiheuttamia muutoksia. Matalajärven laskevien purojen ja ojien valuma-alueilla päällystetyn pinnan määrät vaihtelevat hyvin paljon (Kuva 8). Kaikkein tiiveimmin rakennettuja ovat Eskaksenmäen alue sekä Kättbäckenin ja Kulloonsillanpuron valuma -alueet. Kirjallisuudessa esitettyjen päällystetyn pinnan määrän raja-arvojen perusteella voidaan päätellä, että kaupunkirakentamisen aiheuttamat vesistömuutokset ovat todennäköisiä näillä valuma-alueilla, mikäli valumavesiä ei mitenkään käsitellä. Pääällystetyn pinnan määrän vaikutuksia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava, että rakennetut alueet eivät ole ainoita vesistövaikutusten aiheuttajia, vaan myös maatalouden hajakuormitus aiheuttaa vesistöjen ekologisen tilan heikentymistä (mm. Sutela ym. 2007).

Valuma-alueen rakennukset sijaitsevat pääosin kunnallisen jätevesiviemäriverkon alueella. Högnäsin alueellekin viemäriverkosto valmistui vuonna 2007. Golf-kentän alueella on yksityisesti toteutettu viemärointi, joka on yhdistetty kunnalliseen viemäriverkostoon. Viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla sijaitsee noin kymmenkunta taloa. Kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmienkin on tulevaisuudessa täytettävä ympäristönsuojelulain muutoksen hyväksymisen jälkeen annettavaan uuteen haja-asutuksen jätevesiasetukseen sisältyvät tiukat puhdistusvaatimukset (Eduskunnan täysistunnon pöytäkirja PTK 154/2010 vp, Ympäristövaliokunnan mietintö YmVM 18/2010), joten asumajätevesikuormitus Matalajärven lienee tulevaisuudessa pieni.

Järvenperässä sijaitsevan huoltoaseman toiminta on toistaiseksi lopetettu. Huoltoaseman ollessa vielä toiminnassa sen jätevedet käsiteltiin pienpuhdistamalla, joka toimi rinnakkaissaostuksella. Puhdistetun jäteveden ravinnepitoisuudet täyttivät puhdistustulokselle asetetut vaatimukset (Jätevesikuormitus vuonna 2007 ja 2008).



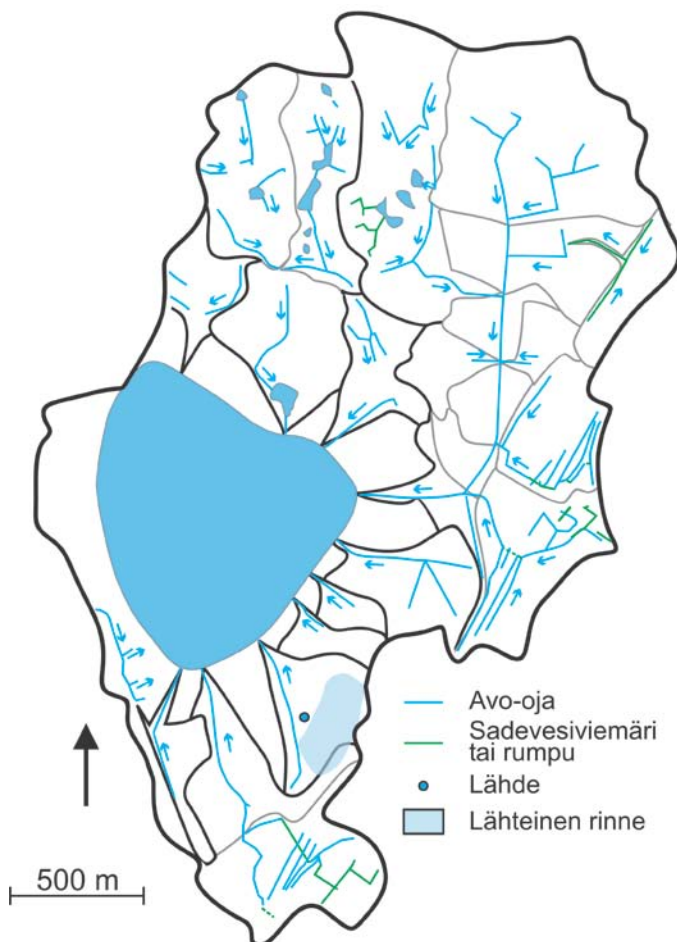
Kuva 8. Päällystetyn pinnan määrä Matalajärveen laskevien purojen ja ojien valuma-alueilla sekä järven lähivaluma-alueella (harmailla pisteillä rasteroitu alue).

Högnäsin asemakaava-alueelle Matalajärven länsirannalle on tavoitteena suunnitella väljää erillispientaloasumista. Nykyinen väljä loma-asunto- ja omakotialue tulee tiivistymään jonkin verran, mutta erityisesti Högnäsin kannaksella rakentaminen on tarkoitus tehdä luontoon sovittaen (Högnäsin asemakaavaehdotus, selostus 2010), eikä asutuksen vaikutus Matalajärveen olennaisesti muutu nykyisestä (Högnäsin asemakaavan Natura-arvio 2009). Bodomin asemakaava-alueelle Matalajärven pohjoispuolelle on myös tarkoitus kaavoittaa väljä pientaloalue (Bodomin kartanon asemakaava-alueen suunnitelma 2009). Alueella on tällä hetkellä joitakin pääasiassa golf-toimintaan liittyviä rakennuksia. Uusi asutus tulee sijoittumaan alueille, jotka ovat nykyään metsää, golfin huoltorakennuksia tai harjoitusratoja. Rakennettujen alueiden määrä voi Högnäsin asemakaavaehdotuksen ja Bodomin kartanon asemakaava-alueen suunnitelman mukaisen rakentamisen toteutuessa kasvaa Matalajärven valuma-alueella melko vähän - noin 0,6 prosenttiyksikköä kumpaakin asemakaava-hanketta kohti, eli yhteensä 1,2 prosenttiyksikköä.

5. Valunta

Matalajärveen laskee useita pieniä puroja ja ojia, joista kymmenelle on tässä työssä rajattu oma valuma-alue (kuva 9). Muiden pienempien ojien valuma-alueet lasketaan tässä työssä Matalajärven lähivaluma-alueeseen (kuva 9). Suurimman ojan, Kulloonsillanpuron, valuma-alue on 1,8 km², Gussängsbäckenin 0,6 km² ja Kätbäckenin 0,3 km². Muiden ojien ja purojen valuma-alueet ovat alle 0,2 km². Matalajärven lähivaluma-alueen pinta-ala on 0,6 km².

Matalajärveen laskevien ojien ja purojen valuntaoloihin vaikuttavat voimakkaasti alueen maankäyttö ja maaperä. Monella valuma-alueella pellot ja golfkentät ovat hallitsevia maankäyttöluokkia. Niiden yhteenlaskettu osuus vaihtelee 34 ja 69 % välillä (lähivaluma-alueella 20 %). Peltojen vaikutus kevätylivalumiin riippuu monista tekijöistä. Toisaalta pellot vähentävät kevätylivalumaa, koska sulanta tapahtuu eri aikaan pelloilla ja metsässä. Toisaalta avoimeen maastoon kertyy enemmän lunta kuin metsään, mikä voi kasvattaa kevätylivalumia. Näiden yhteisvaikutuksena pellot vähentävät kevätylivalumaa, kun niitä on alle 50% valuma-alueen pinta-alasta, ja kasvattavat ylivalumaa, kun niitä on yli 50 % (Seuna 1992, sit. Oittinen 2007). Pellot sijaitsevat suureksi osaksi savikoilla, minkä vuoksi niiltä myös kesän ja



Kuva 9. Matalajärven laskevien purojen ja ojien valuma-alueet osavaluma-alueineen sekä Matalajärven lähivaluma-alue.

syksyn ylivalumat ovat metsäalueita suurempia. Peltojen valuntaoloihin vaikuttavien tekijöiden voidaan olettaa pätevän myös muulle avoimelle maastolle, kuten golfkentille. Valuma-alueen pellot ja golfkenttä ovat pääosin salaojitettuja, mikä vähentää pintavaluntaa.

Matalajärven laskevien ojien ja purojen valuma-alueilla on myös vaihtelevat osuudet rakennettuja alueita (0-43 %). Pienemmillä osavaluma-alueilla rakennettujen alueiden osuudet voivat nousta hyvin korkeiksi (yli 70 %). Rakennetuilla alueilla pintavalunta on suurta, ja veden kerääntymisaika valuma-alueelta on pieni. Rakennetuilta alueilta syntyviä sade- ja lumensulamisvesiä sekä rakenteiden kuivatusvesiä kutsutaan hulevesiksi. Yleisesti ottaen rakennetut alueet äärevöittävät valuntaa kasvattaen ylivalumia ja vähentäen alivalumia.

Gussängsbäckenin valuma-alueella on useita pieniä golfkentän vesiesteitä, jotka kattavat yhteensä 3,2 % Gussängsbäckenin valuma-alueesta. Kulloonsillanpuron valuma-alueella vesiesteet käsittävät 0,6 % pinta-alasta. Etenkin Gussängsbäckenin valuma-alueella lammet tasoittavat jonkin verran virtaamia. Muiden purojen ja ojien valuma-alueilla ei ole merkittäviä pintavettä varastoivia lampia.

Matalajärven purkautuvista vesimääristä ei ole olemassa kattavia mittaustuloksia, joskin suurimmissa ojissa on tehty yksittäisiä virtaamamittauksia. Eri maankäyttömuodoilta syntyvinä vuosittaisina valuntamäärinä on tässä työssä käytetty Karvosen (2007) Matalajärven valuma-alueelle esittämiä, Espoonjoen valuma-alueelle kalibroidulla matemaattisella mallilla laskettuja valuntoja (taulukko 1). Näiden avulla on laskettu myös osavaluma-aluekohtaiset valuntamäärät kuormituslaskelmia varten.

Suurimmat ylivirtaamat esiintyvät maa- ja metsätalousalueilla yleensä keväällä lumen sulamisen yhteydessä. Toisaalta rakennetuilla alueilla suurimmat ylivirtaamat esiintyvät usein voimakkaiden rankkasateiden yhteydessä. Kevään lumensulamiseen voi liittyä rankkasadetilanteita suurempi ylivaluma, mikäli valuma-alueen valuntakerroin on pieni tai valuma-alueen pinta-ala on yli 1-3 km² (Betoniviemärit 2003). Matalajärven valuma-alueet ovat pitkälti maatalousvaltaisista, mutta osa pienehköistä osavaluma-alueista on hyvin rakennettuja. Ylivirtaamajaksojen aikana kulkeutuu suurin osa vuoden kiintoaine-

ravinne- ja hivenmetallikuormituksesta. Maatalousalueilla kuormituksesta suurin osa ajoittuu kevääseen ja syksyyn, jolloin peltojen kasvipeitteisyys on vähäisintä ja pellot eroosioherkimmät (Puustinen et al. 2007). Kaupunkialueilla myös kesäsateet voivat aiheuttaa kuormitushuippuja (Ruth 2004, Kotola & Nurminen 2005). Tässä työssä on määritetty sekä kevätylivaluman että kesäylivaluman suuruudet. Käsittelyratkaisujen mitoituksessa on käytetty näistä ylivaluma-arvoista suurempaa.

Mitoitusvirtaamalla (Q_{mit}) tarkoitetaan suurinta virtaamaa, jonka viivyttämiseksi/imeyttämiseksi/käsittelemiseksi ratkaisu on suunniteltu. Mitoitusvirtaamaa ei yleensä valita mahdollisimman suureksi, vaan suurimpien virtaamien aikana valumavesien annetaan poistua rakenteesta ylivirtausaukon kautta. Tässä työssä mitoitusvirtaaman valinnassa on painotettu veden laadun parantamisen kannalta tärkeää veden viipymää rakenteissa. Valumavesien käsittelyratkaisujen mitoitusperusteena on käytetty vuorokautista keskiylivirtaamaa tai 24 tunnin mitoitusasteen aiheuttamaa keskimääräistä virtaamaa (rakennetuilla alueilla). Hulevesiviemärit mitoitetaan yleensä kerran kahdessa vuodessa esiintyvälle maksimaaliselle virtaamalle (Betoniviemärit 2003). Suomessa rakennettujen alueiden hulevesien hallintaratkaisuihin on suositeltu käytettäväksi viiden vuoden toistuvuudella esiintyvää maksimivirtaamaa, joka syntyy melko lyhyen mitoitusasteen seurauksena (veden kerääntymisajan mittainen sade) (Hyöty 2007). Maatalousalueiden kosteikoille on suositeltu vuorokautisen keskiylivirtaaman käyttöä mitoitusvirtaamana (Puustinen et al. 2007). Koska valumavesien käsittelyratkaisuilla on tarkoitus erityisesti vähentää vesistökuormitusta Matalajärven valuma-alueelta, on niiden mitoituksen lähtökohtana käytettävä veden riittävää viipymää rakenteissa tyypillisesti esiintyvissä ylivirtaamatilanteissa, mikä vastaa maatalousalueiden kosteikkojen mitoitusperustetta. Tulvavahinkojen torjumiseksi ei Matalajärven valuma-alueella tällä hetkellä tarvita lisäviivytystilavuutta.

Kevään keskiylivalumat (MHq_w) on määritetty peltoprosentin, lumen keskimääräisen vesiaron (120 mm) ja maanpinnan keskikaltevuuden perusteella Mustosen (1968, sit. Hyvärinen & Puupponen 1986) nomogrammeista kaikille valuma-alueille. Maatalousvaltaisilla alueilla rankkasateiden keskiylivalumat (MHq_s) on laskettu Seunan (1983, sit. Hyvärinen & Puupponen 1986) esittämän kaavan mukaan:

$$MHq_s = 0,016(G_c + I_s)^2 + 0,13E_o + 0,055P_a - 8,$$

missä

$G_c + I_s$ = savikkojen ja läpäisemättömien maiden osuus (%)

E_o = valuma-alueen purkautumiskohdan korkeus merenpinnasta (m)

P_a = vuosisadanta (mm)

Rakennetuilla alueilla kesäylivalumaa vastaava 24 tunnin sateen aiheuttama valuma (q) laskettiin seuraavasti:

$$q = \varphi i,$$

jossa

i = mitoitusasteen rankkuus (l/s/ha)

φ = valuntakerroin.

Mitoitusasteen rankkuus riippuu sateen kestoajasta ja toistuvuudesta siten, että mitä lyhytkestoisempi ja harvemmin toistuva sade, sitä rankempi se on. Tässä työssä mitoitusasteena on käytetty kerran vuodessa esiintyvää 24 tunnin kestoista sadetta.

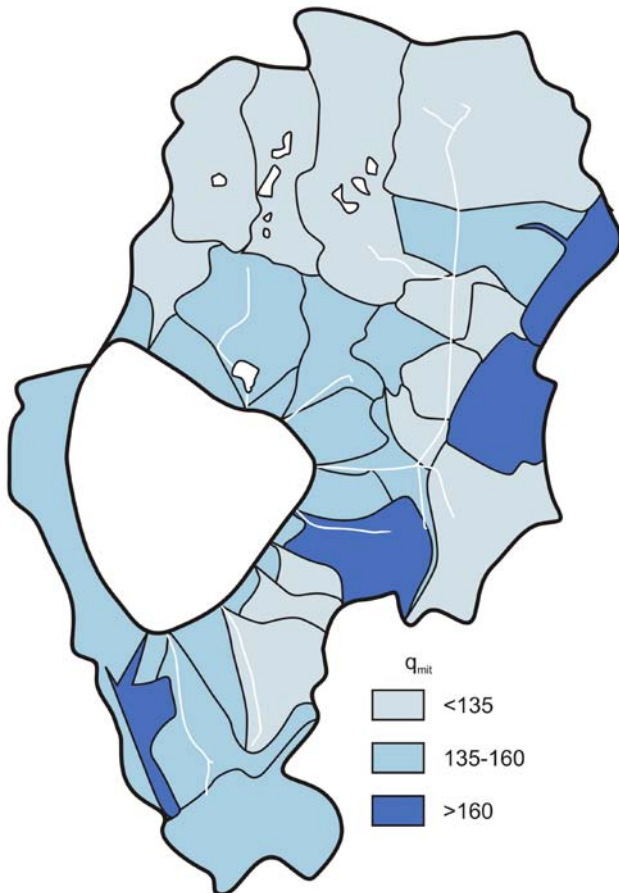
Valuntakerroin tarkoittaa pintavalunnan osuutta alueelle satavasta kokonaisvesimäärästä. Muu osa sadannasta haihtuu, imeytyy maahan tai varastoituu maanpinnan painanteisiin. Kertoimen arvo riippuu siten mm. valuma-alueen maankäytöstä (taulukko 2), topografiasta ja maaperästä. Valuntakerroin ei toisaalta ole vakio myöskään ajallisesti. Yleensä valuntakerroin on suurin, kun painanteet ovat täynnä vettä, maaperä on vedellä kyllästynyt tai jäässä, sade on hyvin rankka, tai kun haihdunta on vähäistä alhaisen lämpötilan vuoksi. Taulukossa 2 esitetyt arvot ovatkin keskimääräisiä arvioita rankkasateen aikaisista valuntakertoimista eri maankäyttötyyppillä. Yleensä katsotaan, että valuntakertoimien määrittäminen on eniten epävarmuutta aiheuttava tekijä mitoitusvirtaaman laskemisessa mitoitusasteeseen ja valuntakertoimeen perustuen (Trommer et al. 1996). Valuma-aluekohtaiset valuntakertoimet laskettiin pinta-alalla painotettuna keskiarvona erilaisten maankäyttötyyppien valuntakertoimista.

Mitoitusvalumana (q_{mit}) on tässä työssä käytetty maatalousalueille kevään keskiylivalumaa tai kesän keskiylivalumaa riippuen siitä, kumpi on suurempi. Rakennetuilla alueilla on käytetty kevään keskiylivalumaa tai 24 tunnin mitoitusasteen aiheuttamaa keskimääräistä valumaa. Mitoitusvirtaamat saadaan kertomalla valuma valuma-alueen pinta-alalla.

Taulukko 2. Tässä työssä käytetyt keskimääräiset valuntakerroimet eri maankäyttötyypeille.

Maankäyttö	Valuntakerroin
Liikennealue	0,80
Teollisuusalue	0,65
Tiivis asuinalue	0,35
Pientaloalue	0,25
Pelto, golfkenttä, puutarha	0,15
Metsä, suo	0,10

Kuvassa 10 on esitetty mitoitusvaluman suuruus eri osavaluma-alueilla. Etenkin rakentamattomilla valuma-alueilla kevätylivalumat ovat useimmiten jonkin verran suurempia kuin kesäylivalumat ja muodostavat siten mitoitusvaluman. Rakennetuilla valuma-alueilla 24 tunnin mitoitusasteen valuma taas useimmiten määrää mitoitusvaluman, koska se on suurempi kuin kevätylivaluma. Suurimmat ylivalumat esiintyvät valuma-alueen itäosassa rakennetuimmilla valuma-alueilla. Myös Matalajärveä ympäröivillä alavilla savikoilla ylivalumat ovat korkeampia kuin latvaosien metsäisemmillä valuma-alueilla.



Kuva 10. Osavaluma-aluekohtaiset mitoitusvalumat (värisymbolit kuvaavat kunkin osavaluma-alueen purkupisteen arvoa, joka on laskettu koko yläpuolisen valuma-alueen ominaisuuksien perusteella).

Koska Matalajärven valuma-alueesta suurin osa on melko harvaan asuttua, purojen ja ojien tulvat eivät ole erityisen ongelmallisia. Alueella on laajaa sadevesiviemäriverkostoa vain Koskelon ja Kylänportin teollisuusalueilla. Näiden lisäksi teiden kuivatukseen liittyy lyhyitä sadevesiviemäreitä, jotka purkavat vetensä avo-ojiin. Matalajärvi tulvii keväisin ympäröiville luhta-alueille, mikä myös kuuluu näiden luontotyyppien ekologiaan (Högnäsin asemakaavan Natura-arvio 2009). Toisaalta vedenpinta on järvessä ollut ajoittain niinkin korkealla, että Matalajärven laskuojan ympäristössä vesi on tulvinut myös golfkentälle (Nieminen 2010). Ilmaston muuttuessa ja rakennettujen alueiden mahdollisesti laajetessa ylivirtaamat voivat tulevaisuudessa kasvaa puroissa ja ojissa aiheuttaen tulvimista mm. alajuoksujen pelloille ja lisäksi itse Matalajärven tulvimista. Tämän vuoksi ihmisen toiminnan äärevöittämiä virtaamaolojen tasaaminen valuma-alueella on suotavaa. Lisäksi suuret ylivirtaamat kasvattavat eroosioriskiä uomissa, mikä voi osaltaan lisätä järviseden sameutta.

Puroja ympäröivät alueet on laajalti otettu maatalouskäyttöön jo kauan aikaa sitten, eikä kosteikkoja tai muita luontaisia tulva-alueita ole purojen varsilla säilynyt. Suuri osa alavimmista alueista on ollut

viljely- ja laidunkäytössä jo 1700-luvulta asti, ja purojen uomat ovat olleet suhteellisen suorina jo tuolla ajalla (Kuninkaan kartasto Suomesta 1776-1805).

6. Kuormitus

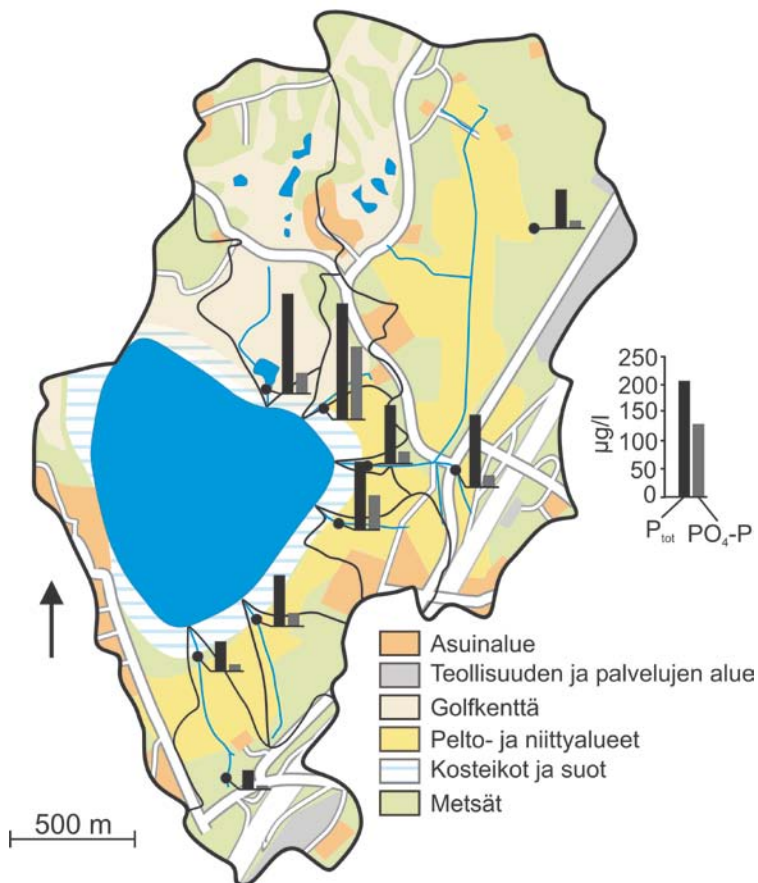
6.1. Vedenlaadun määrytykset

Matalajärveen laskevien ojien ja purojen veden laatua on tutkittu melko tiiviisti 2000-luvun alusta asti. Tässä on tarkastelu veden laatua vuodesta 2005 lähtien. Vesianalyysitulokset, joita tässä työssä on tarkasteltu, on koottu Karvosen (2007) ja Seppälän (2007) tutkimuksista sekä Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertasta (2010). Mittauksia on tehty vuonna 2005 yhteensä viitenä päivänä, vuonna 2007 kolmena päivänä ja vuonna 2009 neljänä päivänä. Tulosten määrä vaihtelee kuitenkin paikasta ja määrytyksestä riippuen. Ravinnemäärytyksiä on tehty vähintään kolmena ajankohtana, mutta suurimmista ojista määrytyksiä on vähintään kymmenen kappaletta. Mittaukset keskittyvät kesään ja alkusyksyyn, jolloin virtaamat ovat yleensä melko pieniä. Kevään tulvakaudelta tai syyssateiden ajalta on vain yksittäisiä mittauksia. Ojien virtaamat vaikuttavat olleen vuoden 2005 näytteenottohetkillä jonkin verran suurempia kuin seuraavien vuosien näytteenottojen aikana.

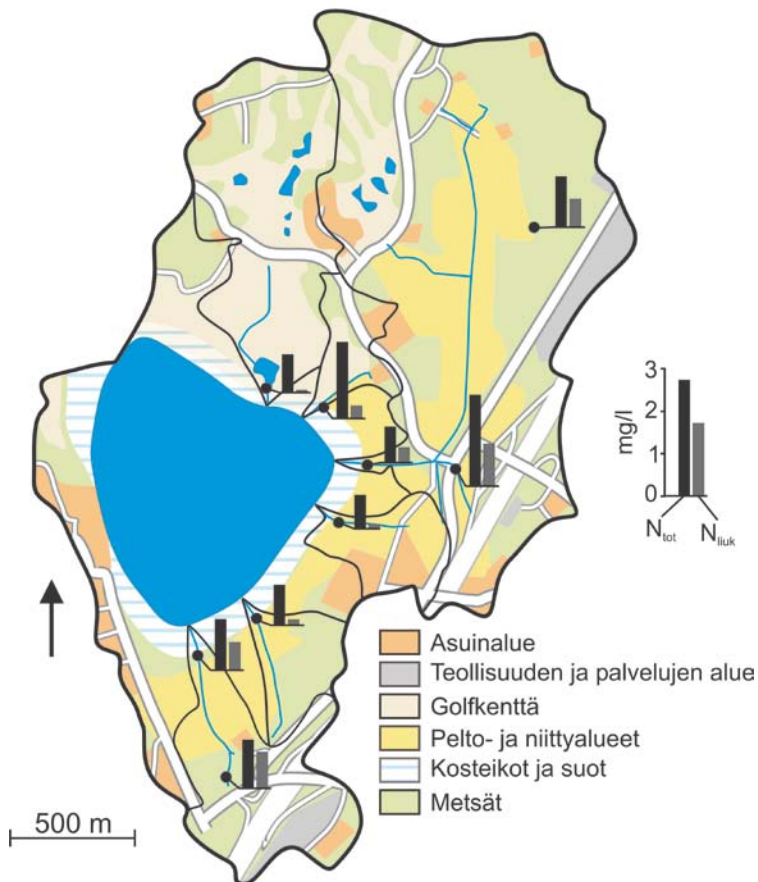
Vesistökuormitusta on tässä työssä arvioitu laskemalla olemassa olevista mittaustuloksista mediaanit (kuvat 11-12, 14). Erityisesti fosforipitoisuuksissa esiintyi yksittäisiä hyvin poikkeavia arvoja, jotka olisivat mittaustulosten pienestä määrästä johtuen vaikuttaneet suhteettoman paljon pitoisuuksien keskiarvoon. Fosforin suuret vaihtelut liittynevät kiintoainekuljetuksen virtaamatilanteesta riippuviin vaihteluihin. Korkeita pitoisuuksia voi esiintyä hetkellisesti hyvin lyhyen aikaa esim. rankkasateen yhteydessä (esim. Ruth 2004). Tällöin fosforipitoisuus voi palautua takaisin perustasolle jo noin tunnin kuluessa tulvan alkamisesta. Voidaan katsoa, että sattumalla on suuri vaikutus siihen onko tällainen hetkellinen korkea pitoisuus osunut yksittäisen ojan mittaussarjaan. Koska mittaukset painottuvat vähävetisiin aikoihin, pitoisuudet ovat luultavasti kautta linjan jonkin verran pienempiä kuin todellista kokonaiskuljetusta vastaavat keskiarvopitoisuudet. Mittausten vähäisyydestä johtuen on kuitenkin katsottu, että mediaanipitoisuuksia käyttämällä ojien tulokset ovat paremmin keskenään vertailukelpoisia.

Tulokset osoittavat, että suurimmat fosforipitoisuudet ovat esiintyneet golf-kentältä ja peltoalueilta virtaavissa ojissa (kuva 11). Sen sijaan Koskelon ja Kylänportin teollisuusalueilta tulevassa vedessä on melko vähän fosforia. Yksittäisiä korkeita fosforipitoisuuksia on tosin esiintynyt 21.7.09 Koskelon teollisuusalueen ojassa (639 µg/l), 30.6.05 Kätbäckenin alajuoksulla (1071 µg/l) ja 15.6.07 Marketanpuiston ojassa (490 µg/l). Liukoisen ortofosfaatti-fosforin osuus on huomattava golfkentän reunaojassa ja Marketanpuiston ojassa. Kulloonsillanpurossa ja Gussängsbäckenissä suuri osa fosforista on muussa kuin ortofosfaattimuodossa, eli suureksi osaksi kiintoainekseen sitoutuneena. Yksittäisissä mittauksissa, muun muassa kevättulvan aikaan, liukoisen fosforin osuus on tosin ollut huomattava (>40 %) Gussängsbäckenissä. Alimman vesiesteen vaikutusta veden laatuun on lisäksi tutkittu Gussängsbäckenissä kolmena ajankohtana vuonna 2007 (Seppälä 2007). Näytteistä toinen otettiin alimman altaan alapuolelta ja toinen purouomasta noin 700 metriä ylempää. Tulosten mukaan sekä kokonaistypen että liukoisen typen määrä purossa laskee pisteiden välillä. Fosforin osalta tulokset vaihtelevat mittauskertojen välillä. Kahtena mittauskertana fosforin ja etenkin liukoisen ortofosfaatin määrät kuitenkin kasvavat alajuoksulle päin.

Typipitoisuudessa on selkeästi pienempiä valuma-alueen sisäisiä vaihteluja (Kuva 12). Suurimmat typipitoisuudet havaitaan Kehä III:lta virtaavassa Kulloonsillanpuron sivuojassa ja golfkentän ja pellon välisessä reunaojassa. Liikenne-, teollisuus- ja palvelutoimintojen alueilta virtaavissa ojissa on kuitenkin myös korkeita typipitoisuuksia. Liikenteen typipäästöt lisäävät erityisesti liukoisen typen määrää valumavesissä, sillä Kehä III:n läheisyyden ja Koskelon teollisuusalueen näytteissä suuri osa kokonaistypistä on liukoisessa muodossa. Maatalousalueilta valuvassa vedessä taas liukoisen typen osuus on pieni. Vuoden 2005 pitoisuuksien ja virtaamatietojen perusteella lasketut typen ja fosforin vuosikuormat osoittavat (kuva 13), että suurin ravinnekuormitus kohdistuu Matalajärveen Kulloonsillanpuron, Gussängsbäckenin ja Kätbäckenin kautta, minkä mm. Barkman (2005) on jo aiemmin todennut. Pienempien purojen osuus kokonaiskuormituksesta on niiden vähäisestä virtaamasta johtuen hyvin pieni. Järvenperän huoltoaseman osuus Kulloonsillanpuron sivuojan kuormituksesta oli merkittävä vuonna 2005, jolloin ojan veden laatua tutkittiin. Vuosien 2007 ja 2008 puhdistetun jäteveden pitoisuuksien perusteella (Jätevesikuormitus 2007 ja 2008) huoltoaseman osuus olisi ollut noin 73 % typpi- ja 26 % fosforikuormituksesta. Tämä kuormituslähde on kuitenkin poistunut, koska huoltamotoiminta on sittemmin lopetettu.

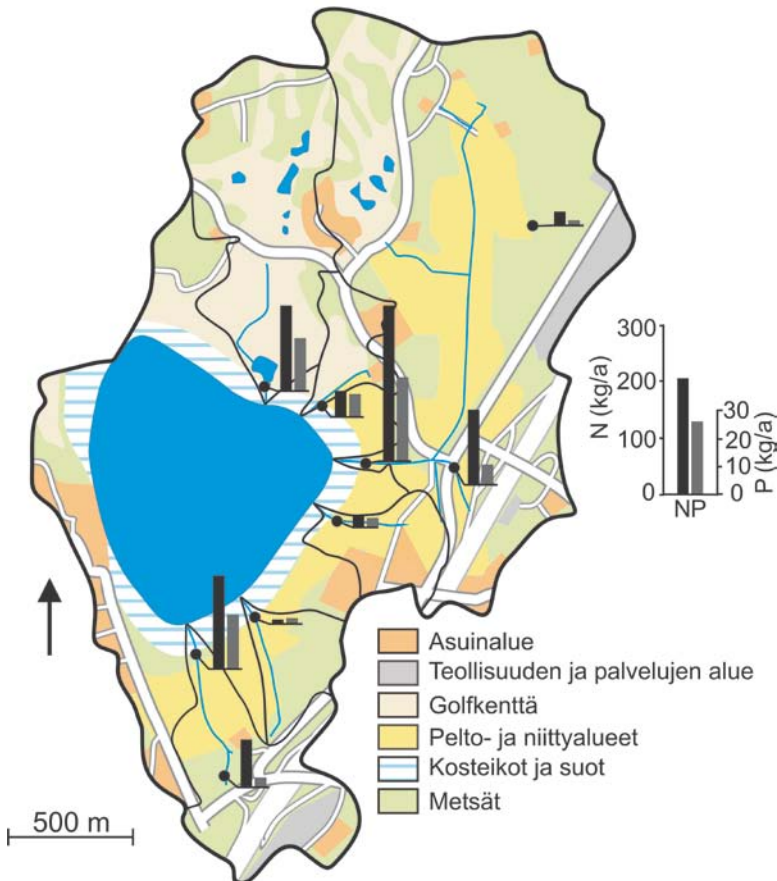


Kuva 11. Matalajärveen laskevien purojen ja ojien veden kokonais- ja fosfaattifosforipitoisuudet (µg/l) (Karvonen 2007, Seppälä 2007, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta).



Kuva 12. Matalajärveen laskevien ojien ja purojen typpipitoisuudet (kokonaistyyppi ja liukoinen tyyppi, joka käsittää nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyypen) (Karvonen 2007, Seppälä 2007, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta).

Sähkönjohtavuusarvojen perusteella voidaan arvioida järveen kohdistuvan liukoisen aineksen kuormitusta. Eniten veden sähkönjohtavuuteen vaikuttavat vedessä olevat pääionit eli kationeista natrium, kalsium, kalium ja magnesium ja anioneista sulfaatti, kloridi, bikarbonaatti ja karbonaatti (State Water Resources Control Board 2010). Nitraattien ja fosfaattien sekä hivenmetallien vaikutus sähkönjohtavuuteen on pienempi. Sähkönjohtavuudet ovat selkeästi koholla alueen kaakkoisosassa, Kehä III:n vaikutusalueella. Kehä III:lta virtaavan Kulloonsillanpuron sivuojan ja Kättbäckenin yläjuoksun



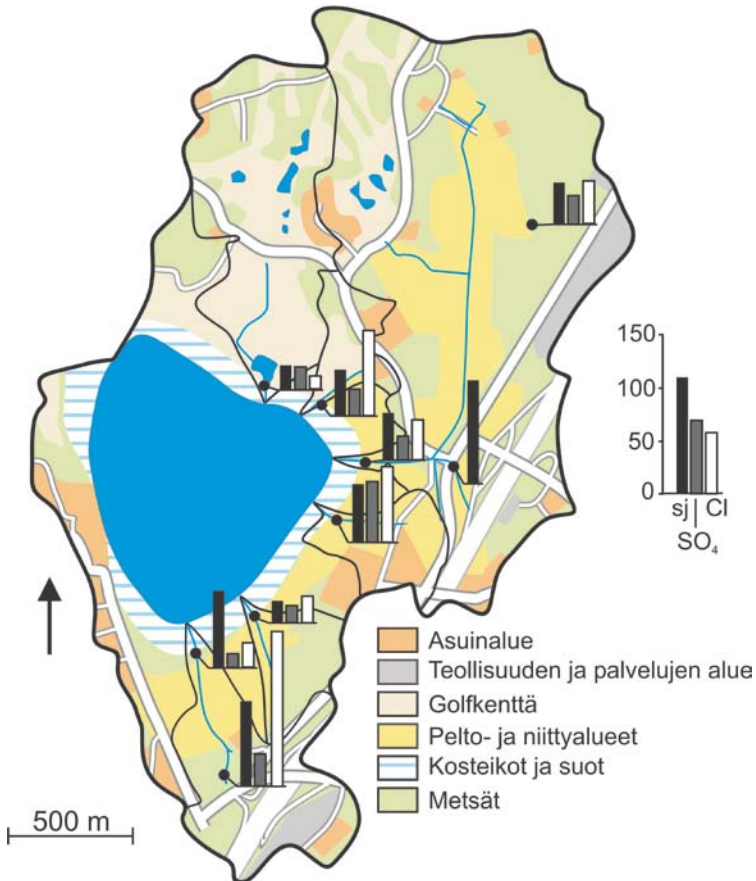
Kuva 13. Matalajärveen laskevien purojen ja ojien tyypin ja fosforin vuosikuormat (laskettu vuoden 2005 vedenlaatutietojen perusteella) (Karvonen 2007).

sähkönjohtavuudet ovat yli kolminkertaisia alueen pienimpiin sähkönjohtavuusarvoihin verrattuna (kuva 14). Syynä korkeisiin sähkönjohtavuuksiin on todennäköisesti tiesuolaus Kehä III:lla, mikä heijastuu myös Kättbäckenin yläjuoksun hyvin korkeissa kloridipitoisuuksissa. Mahdollisesti tiesuolauksesta aiheutuvia korkeita kloridipitoisuuksia havaitaan myös golf-kentän ja pellon välisessä reuna- ja Marketanpuiston- ja Gussängsbäckenin golfkentällä on esiintynyt kevättulvan yhteydessä 3.4.2007 poikkeuksellisen korkea sulfaattipitoisuus 260 mg/l.

Kloridi on suurissa pitoisuuksissa haitallista vesieliöstölle. Laajoja kroonisia toksisia vaikutuksia vesieliöstölle on havaittu noin 850-1100 mg/l pitoisuuksissa. Noin 210 mg/l kloridipitoisuuden on arvioitu olevan haitallista noin 5 % vesieliöstön lajeista. Pitoisuus 240 mg/l olisi arvion mukaan haitallista noin 10 % lajeista. Jo kloridipitoisuuksien 12-235 mg/l on havaittu vaikuttavan leväyhteistöjen rakenteen muutoksiin (Environment Canada 2001). Nykytiedolla ei kuitenkaan voida osoittaa, että kloridipitoisuus olisi vaikuttanut Matalajärven leväyhteistöjen muuttumiseen, mutta mahdollista se on (Barkman 2010c).

Hivenmetallipitoisuuksia on määritetty yksittäisinä kertoina Koskelon teollisuusalueelta ja Kylänportin teollisuusalueelta. Näissä näytteissä kadmiumin, lyijyn, arseenin, nikkelin, kromin, elohopean ja vanadiinin pitoisuudet olivat alhaisia (usein alle määrittämissä raja-arvoissa). Cd- ja Pb-pitoisuudet alittivat myös vesiympäristölle vaarallisten aineiden ympäristölaatuvaatimukset (Valtioneuvoston asetus... 2006). Kupari-, sinkki- ja alumiinipitoisuudet sitä vastoin olivat suhteellisen korkeita molemmilla alueilla. Näille metalleille ei ole asetettu ympäristölaatuvaatimuksia EU:ssa, mutta kupari- ja alumiinipitoisuudet ylittivät kaikissa pisteis-

sä ja sinkkipitoisuudet noin joka toisessa pisteessä Kanadan ympäristöviranomaisten asettamat veden laadun ohjearvot, jotka on säädetty suojelemaan vesieliöstöä (Canadian Council of Ministers of the Environment 2007). Järvestä mitatut metallipitoisuudet ovat sinkkiä ja alumiinia lukuun ottamatta useimmiten jääneet alle määräysrajan. Hulevesiin verrattuna kupari-, sinkki- ja alumiinipitoisuudet ovat kuitenkin olleet selkeästi alhaisempia järvivedessä. Metallien vesistövaikutuksien arvioiminen on vaikeaa vähäisen näytämäärän ja ajallisesti vaihtelevien pitoisuuksien vuoksi. Lisäksi metallien ekologisten vaikutusten arviointi niiden kokonaispitoisuuksien perusteella on epävarmaa, koska metallien haitallisuus riippuu voimakkaasti niiden esiintymismuodosta vedessä. Metallit ovat haitallisimpia eliöstölle esiintyessään happamassa ympäristössä liukoisessa muodossa.



Kuva 14. Matalajärven laskevien purojen ja ojien sähköjohtavuus (sj, mS/m) sekä sulfaatti- (SO₄, mg/l) ja kloridipitoisuudet (Cl, mg/l) (Karvonen 2007, Seppälä 2007, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta).

6.2. Laskennallinen kuormitus

Jotta vesistökuormitusta pystyttiin arvioimaan myös pisteissä, joista ei ollut olemassa vesianalyysituloksia, eri maankäyttömuodoille arvioitiin ominaiskuormitusarvot kirjallisuuden ja olemassa olevien vedenlaatuhavaintojen perusteella. Asutuksen ominaiskuormitusarvot määritettiin Kotolan ja Nurmisen (2005) esittämien Espoossa sijaitsevien tutkimusalueiden tulosten perusteella. Tiiviisti rakennettujen asuinalueiden ominaiskuormituksena on kuitenkin käytetty pienempää arvoa kuin Kotola ja Nurminen (2005) ovat esittäneet, koska Matalajärven valuma-alueella sijaitsevat alueet eivät vastaa tiiviydeltään Kotolan ja Nurmisen tutkimuskohdetta.

Liikenne- ja teollisuusalueiden ominaiskuormitukset arvioitiin niiden maankäyttöä vastaavien alueiden hulevesien pitoisuuksien perusteella. Liikennealueet on jaettu kahteen luokkaan liikennemäärien perusteella. Kehä III:n liikennemäärä on 44 000 ajoneuvoa/vrk, kun taas alueen muiden teiden vuorokautiset liikennemäärät jäävät alle 10 000 ajoneuvon (Liikenne Espoossa 2009). Vilkasliikenteisillä alueilla typpien pitoisuudet hulevedessä ovat noin 2-3 mg/l ja vähemmän liikennöidyillä alueilla taas 1,2 mg/l (Nurmi 1998, Vägverket 2001). Liikennealueiden fosforipitoisuudet vaihtelevat eri tutkimusten välillä hyvin paljon. Tässä työssä fosforin pitoisuudeksi Kehä III:lla on valittu 0,1 mg/l (Nurmi 1998) ja muilla liikennealueilta 0,05 mg/l. Melko alhaisten arvojen valintaa tukevat liikennealueilta Matalajärven laskevien purojen alhaiset fosforipitoisuudet. Teollisuusalueiden hulevesien tyypilliset typpipitoisuudet ovat olleet 1,4-1,5 mg/l ja fosforipitoisuudet 0,06-0,07 mg/l sekä Nurmen (1998) tutkimilla alueilla Helsingissä

että Koskelon teollisuusalueella Matalajärven valuma-alueella. Ominaiskuormitusluvut laskettiin kertomalla pitoisuudet kunkin maankäyttömuodon valuntamäärillä (taulukko 1).

Maatalouden aiheuttamaksi typpikuormitukseksi on arvioitu 1500 kg/km²/a ja fosforikuormitukseksi 110 kg/km²/a (Vuorenmaa et al. 2002). Matalajärven valuma-alueella maatalouden typpikuormitus on kuitenkin ojista mitattujen pitoisuuksien perusteella pienempi kuin edellä mainittu keskiarvokuormitus. Tässä työssä typen ominaiskuormitukseksi onkin arvioitu 850 kg/km²/a (vrt. Karvosen (2007) laskema 920 kg/km²/a).

Golf-kentän ja Marketanpuiston ravinnekuormitukset laskettiin vedenlaatumittauksiin perustuvista kokonaiskuormitusarvoista, koska kirjallisuudesta ei ole saatavilla niiden maankäyttöä koskevia luotettavia kuormitusarvioita. Golf-kentän osuudet saatiin selville, kun Gussängsbäckenin valuma-alueen kokonaiskuormituksesta vähennettiin muiden maankäyttömuotojen aiheuttama kuormitus käyttäen taulukon 3 arvoja. Marketanpuiston osuus Marketanpuistonjoan valuma-alueen kuormituksesta saatiin vähentämällä vedenlaatumittausten mukaisesta kokonaiskuormituksesta muiden maankäyttömuotojen aiheuttama kuormitus.

Taulukko 3. Matalajärven valuma-alueen laskennallinen ulkoinen ravinnekuormitus eri maankäyttötyypeillä. Kolme suurinta kuormitusarvoa osoitettu värein: punainen=suurin, keltainen=toiseksi suurin, vihreä=kolmanneksi suurin.

Maankäyttömuoto	Typpi		Fosfori			
	Ominaiskuormitus (kg/km ² /a)	Kuormitus		Ominaiskuormitus (kg/km ² /a)	Kuormitus	
		Kg/a	%		Kg/a	%
Laskeuma vesistöihin	774 ²⁾	582	23,5	13 ²⁾	10	4,4
Golf-kenttä	500	329	13,3	110	72	32,5
Rakennetut alueet yhteensä		493	20,4		21	9,3
<i>Kehä III</i>	1300	122	4,9	53	5	2,2
<i>Muu liikennealue</i>	636	149	6,0	26,5	6	2,8
<i>Kerrostaloalue</i>	600	28	1,1	30	1	0,6
<i>Pientaloalue</i>	500	94	3,7	24	5	2,0
<i>Teollisuuden ja palvelujen alueet</i>	705	99	4,0	28	4	1,8
Metsät, suot ja kosteikot	160	271	10,9	15 ³⁾	25	11,4
Pellot, niityt	850	731	32,3	110	95	42,2
Puistot	160	11	0,5	25	2	0,8
<i>Yhteensä</i>		2355			225	

1) Espoon Nupurin laskeumatiedot vuosilta 1995-2003.

2) Vuorenmaa (2010)

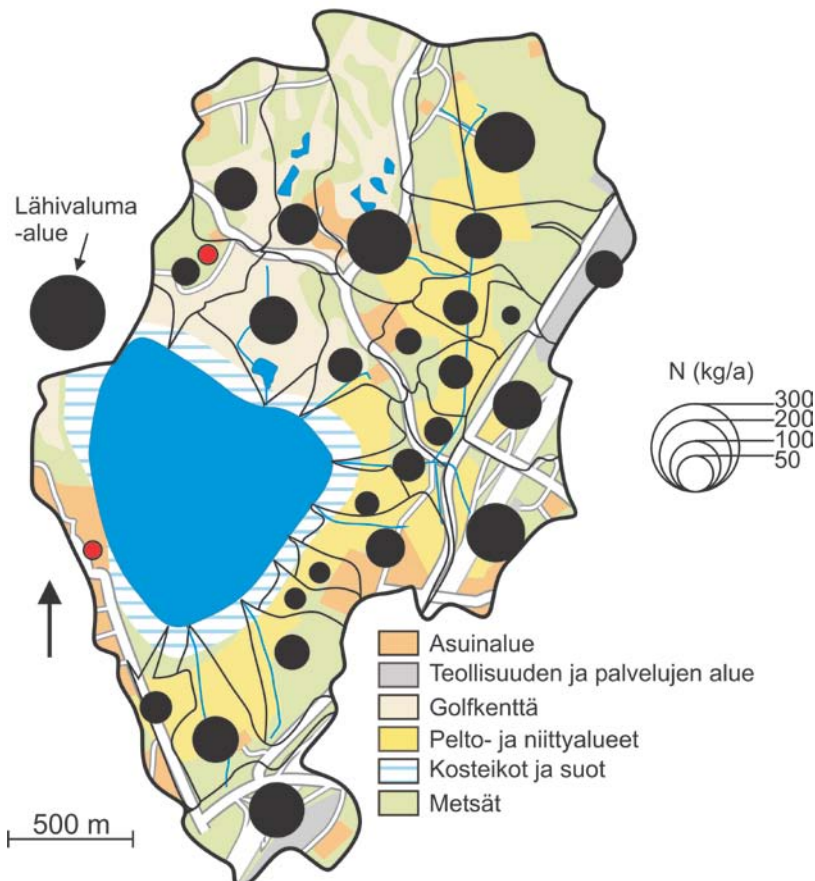
3) Kenttämies (2006)

Laskennalliset kuormitukset kuvastavat pitkälti samoja alueellisen vaihtelun piirteitä ravinnekuormituksessa kuin vedenlaatumittauksetkin (kuvat 15 ja 16). Ne osoittavat kuitenkin selkeästi, että suurin osa Kulloonsillanpuron kuormituksesta tulee golfkentän ja Kehä III:n haarojen lisäksi välittömästi puroa ympäröiviltä peltoalueilta. Laskennalliset kokonaiskuormitukset osoittavat myös, että Matalajärven lähivaluma-alueen kuormitus on melko suurta. Lähivaluma-alueella on kosteikkojen lisäksi myös huomattavia alueita peltoa ja golfkenttää.

Laskennallisten kuormitusten perusteella on arvioitu eri maankäyttötyyppien merkitys Matalajärven kohdistuvissa vuosittaisissa ravinnekuormissa (taulukko 3). Matalajärven kohdistuu noin 2400 kg typpikuormitus ja yli 200 kg fosforikuormitus vuosittain. Laskennallisten kuormitusten valossa voidaan todeta, että maatalousalueet ovat alueen selkeästi merkittävin ravinnekuormituksen lähde, mutta ilmalaskeuma ja rakennetut alueet ovat merkittäviä kuormittajia typen osalta ja golfkenttä fosforin osalta. Arvojen vertailussa on tosin hyvä huomata, että kuormitusarvot heijastavat myös vaihteluja esim. maaperän koostumuksessa.

Ulkaisen kuormituksen lisäksi Matalajärven kohdistuu sisäistä kuormitusta, kun järven pohjasedimenttiin varastoituneet ravinteet vapautuvat järviveteen. Hapellisissa oloissa fosforia sitoutuu sedimenttiin raudan kanssa (Mykkänen 2008). Hapettomissa ja pelkistävässä olosuhteissa nämä yhdisteet ja niihin sitoutunut fosfori vapautuvat liukoiseen muotoon. Noin 40% Matalajärven pintasedimentin fosforista

on sitoutuneena tällaisiin rautayhdisteisiin (Mykkänen 2008). Tämä osuus fosforista voi potentiaalisesti vapautua sedimentistä liukoiseen muotoon. Ravinteiden mahdollista vapautumista Matalajärven sedimentistä on tutkittu myös laboratorio- ja kenttäkoejärjestelyin (Mykkänen 2008). Näiden perusteella on todettu, että hapettomien tai vähähappisten jaksojen aikana sedimentistä vapautuvat fosforimäärät ovat samaa suuruusluokkaa tai lämpimissä oloissa jopa moninkertaisia ulkoisen kuormituksen keskimääräiseen arvoon nähden. Typen vapautuminen sedimentistä on kokeiden mukaan happioloista riippumatta yli kaksinkertaista keskimääräiseen ulkoiseen kuormitukseen nähden (Mykkänen 2008). Järven sisäistä fosforikuormitusta on pyritty vähentämään mm. hapettamalla järveä talvikausina ja poistamalla vesikasvillisuutta (Barkman 2010a).

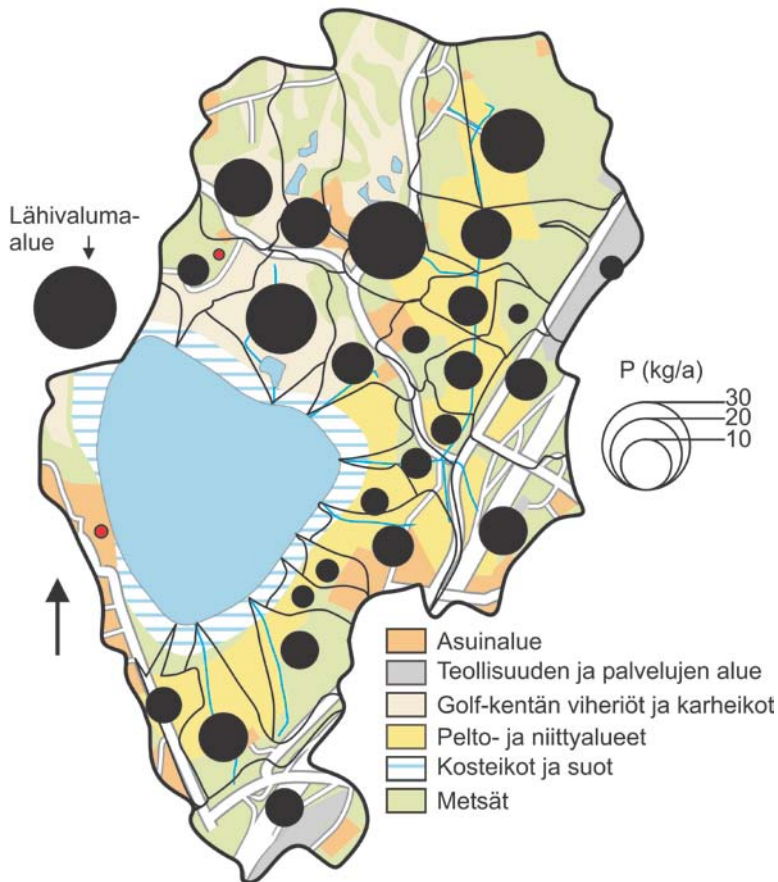


Kuva 15. Laskennallinen typpikuormitus eri osavalmu-alueilta. Bodomin kartanon asemakaavaaluonnoksen ja Högnäsin asemakaavaehdotuksen mukaisen maankäytön toteutuessa syntyvä lisäkuormitus Matalajärveen on osoitettu punaisilla symboleilla (laskennassa ei ole otettu huomioon huleveden käsittelyratkaisujen kuormitusta vähentävää vaikutusta). Matalajärven länsipuolelle sijoittuva musta symboli kuvastaa koko Matalajärven lähivaluma-alueen kuormitusta (kts. kuva 8).

Ulkoisen kuormituksen lisäksi kuormitusta lisäämällä hajotettavan orgaanisen aineksen määrää ja hapen kulumista sedimentin läheisistä kerroksista. Tämän vuoksi järven sisäisen kuormituksen vähentämiseen tähtääviä kunnostustoimia joudutaan tekemään jatkuvasti. Pysyviä muutoksia sisäisessä kuormituksessa voidaan saada aikaiseksi ulkoisen kuormituksen vähentämällä. Sisäinen kuormitus voi kuitenkin reagoida melko hitaasti ulkoisen kuormituksen laskuun (Wilander & Persson 2001). Siksi voidaan olettaa, että vaikka Matalajärven ulkoista kuormitusta saataisiin laskemaan, järven ravinnepitoisuuksissa ei hyvin lyhyellä aikavälillä havaita vastaavan suuruisia laskua, vaan muutokset tapahtuvat hitaammin.

Vesienpuhdistusta ohjaa Suomessa nykyään Euroopan Unionin vesipolitiikan puitteiden direktiivi, jonka mukaan vesistöjen tulisi saavuttaa hyvä ekologinen tila vuoteen 2015 mennessä. Järvien hyvä ekologinen tila tarkoittaa sitä, että "biologisten laatuindikaattorien arvot osoittavat merkkejä ihmistoiminnasta johtuvista vähäisistä muutoksista mutta eroavat ainoastaan vähän niistä arvoista, jotka tavallisesti liitetään kyseisen pintavesimuodostumatyyppin häiriintymättömiin olosuhteisiin". Ravinnepitoisuuksien tulee olla sellaisia, että ne varmistavat edellä mainitun ekologisen tavoitteen saavuttamisen. Matalajärvi on luonnostaan runsasravinteinen, mutta häiriintymätöntä tilaa kuvaavien vertailuolosten ravinnepitoisuuksista ei Matalajärvessä ole tarkkaa tietoa. Vesipuitteiden mukaisessa luokittelussa runsasravinteisten

järvien vertailuolujen ravinnepitoisuudet ovat fosforille 30 µg/l ja typelle 670 µg/l (kasvukauden pitoisuudet pintavedessä) (Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta 2010). Erinomaisen ja hyvän ekologisen tilan raja-arvot ovat fosforille 40 ja 55 µg/l ja typelle 780 ja 930 µg/l. Matalajärvessä kesän fosfori- ja typpipitoisuudet ovat vuosien 2000-2009 välillä olleet keskimäärin 40 ja 810 µg/l. Matalajärvi



Kuva 16. Fosforin laskennalliset vuosikuormat eri osavalmu-alueilta. Bodomin kartanon asemakaava-alueen ja Högnäsin asemakaavaehdotuksen mukaisen maankäytön toteutuessa syntyvä lisäkuormitus Matalajärveen on osoitettu punaisilla ympyröillä (laskennassa ei ole otettu huomioon huleveden käsittelyratkaisujen kuormitusta vähentävää vaikutusta). Matalajärven länsipuolelle sijoittuva musta symboli kuvastaa koko Matalajärven lähivaluma-alueen kuormitusta (kts. kuva 8).

onkin fysikaalis-kemiallisten tekijöiden mukaan luokiteltuna hyvässä tilassa. Ekologinen luokittelu Matalajärvestä vielä puuttuu, mutta asiantuntija-arvio järven tilasta on tyydyttävä (Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta, 27.5.2010). Tilan arvioinnissa on otettu huomioon suuri ulkoinen kuormitus, sisäinen kuormitus ja luonnonsuojellisesti arvokas hentonäkinruoho ja sitä uhkaava muu vesikasvillisuus. Matalajärven tavoite on saavuttaa hyvä ekologinen tila vuoteen 2015 mennessä eli parantaa tilaa yhdellä luokalla (Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta, 27.5.2010).

Vesipolitiikan puitedirektiivin mukaan erityisiksi alueiksi valituilla kohteilla, kuten Natura-alueilla, pintavesien tilaa tulee kuitenkin tarkastella suhteessa suojeluperusteena oleviin vesiluontotyyppisiin ja vesilajeihin. Siksi hyvän ekologisen tilan tavoite ei välttämättä ole riittävä, vaan vesien tilan tulee turvata alueen suojeluvarvot (Uudenmaan ympäristökeskuksen alueen vesienhoidon toimenpideohjelma 2010). Matalajärven kohdalla tämä erityistavoite tarkoittaa Natura-alueen arvokkaiden luontotyyppien ja kasvilajien olosuhteiden turvaamista.

Barkmanin (2010c) kasvillisuusinventointien mukaan järvi on 2000-luvulla voimakkaasti muuttanut luonnettaan ihmistoiminnan vaikutuksesta. Rehevöityminen heijastuu järven lajimäärän ja lajikoostumuksen muutoksina. Viimeisen kymmenen vuoden aikana järveä ovat hallinneet karvalehden massaesiintymät ja rihmamainen viherleväkasvusto. Upossammalten lajimäärä on laskenut yhteen ja kilpailu-

lisesti heikot näkinpartaiset ovat kadonneet. Myös järven rantavyöhyke on muuttumassa umpeenkasvun ja ranta-alueiden kuivumisen myötä (Barkman 2010c).

Matalajärven valumavesien hallinnan tavoitteenakin on syytä olla järven ekologisen tilan parantaminen ja järven luontoarvojen turvaaminen vähentämällä ulkoista kuormitusta. Yksiselitteistä vähimmäismäärää kuormituksen vähentämiselle ei kuitenkaan voi antaa. Karvonen (2007) on esittänyt, että Matalajärven ulkoinen fosforikuormitus on kolminkertainen Wollenweiderin menetelmällä laskettuun sallittavaan kuormaan, jonka alittava kuorma ei aiheuta vesistössä rehevöitymistä. Tämän perusteella voidaan esittää tavoite, jonka mukaan ulkoista fosforikuormaa on vähennettävä lähes 70% (Karvonen 2007).

7. Nykyiset määräykset ja suunnitelmat valumavesien hallinnasta

7.1. Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset

Valumavesien hallintaa säätelevät nykyiselläänkin Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset (2009). Niihin sisältyy Matalajärven valuma-alueita koskeva luku, jossa annetaan määräyksiä hulevesien hallinnasta ja lannoituksesta. Määräysten mukaan "Matalajärven valuma-alueella rakentamista suunniteltaessa ja uutta rakennettaessa tulee vähentää hulevesien muodostumista minimoimalla läpäisemättömät pinnat ja huomioida hulevesien puhdistamisen tarve. Hulevesien käsittelyyn tulee varata vähintään 5 % hulevesiä muodostavan alueen pinta-alasta. "

Lisäksi määräysten mukaan "hulevesien hallinnassa tulee ensisijaisesti käyttää luonnonmukaisia käsittelymenetelmiä, joita ovat mm.:

- syntyneiden hulevesien imeyttäminen maaperään
- epäpuhtauksien vähentäminen hulevesistä suodattamalla, laskeuttamalla altaissa ja kasvillisuuden avulla
- hulevesien viivyttäminen eli pintavalunnan jakaminen pitkälle ajanjaksolle"

Ympäristönsuojelumääräyksissä annetaan lisäksi suositus jo rakennettujen alueiden hulevesien käsittelystä ennen niiden johtamista Matalajärveen johtaviin ojiin.

Lannoitteiden käytön tulee golfkenttä- ja puutarha-alueilla perustua maaperäanalyysiin ja käytetyistä lannoitteista tulee pitää kirjaa. Ojien ja altaiden ympärille on jätettävä vähintään 1 m levyinen lannoittamaton suojakaista. Edellä mainittuja toimenpiteitä suositellaan myös maatalousalueille, ja ne sisältyvät myös maatalouden ympäristötukijärjestelmään. Lisäksi "Matalajärven valuma-alueella maaperän muokkaus ja lannoitus tulee pääsääntöisesti tehdä keväällä."

"Natura-alueeseen on jätettävä riittävän (vähintään 10 m) levyinen lannoittamaton suojakaista (alueilla, joilla tulvavesi herkästi nousee Natura-alueen rajalle) tulva-aikaisten ravinnehuuhtoumien vähentämiseksi."

7.2. Espoonjoen suojelusuunnitelma

Espoonjoen suojelusuunnitelman (Kasvio 2008) yhtenä tavoitteena on ollut veden laadun parantaminen. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on esitetty lukuisia keinoja, joista osa soveltuu myös Matalajärven valuma-alueelle. Matalajärven veden laadun parantamisen tavoitteeksi on omaksuttu Karvosen (2007) esittämä tavoite ulkoisen fosforikuormituksen vähentämistä kolmasosaan, lähelle nk. alemmaa sietorajaa (70 kg/a). Suunnitelmassa todetaan, että "tämä vaatii mm. monivaikutteisten kosteikkojen ja laskeutusaltaiden perustamista järven ympärille, ruovikon poistoa tai ruovikkopuhdistamoja sekä valunnan imeytysalueita. Suojakaistojen ja suojavyöhykkeiden tarkistaminen ja lisääminen on tarpeen ojien varrella, jotta pelloilta huuhtoutuva fosforikuorma saadaan pysähtymään ennen kuin se pääsee järveen. Hulevesien imeyttäminen esim. monivaikutteisiin kosteikkoihin on erityisen tärkeää myös Kehä III läheisyydestä ja Koskelon teollisuusalueelta. Matalajärven läheisten alueiden kaavoituksissa on otettava sadevesien asianmukainen käsittely mm. imeytys tai puhdistaminen huomioon jo suunnitteluvaiheessa."

Espoonjoen suojelusuunnitelmassa on annettu lisäksi suosituksia golfkentille. Niiden mukaan vesistöjen ja valtaojien varsien karheikkoalueet olisi syytä jättää lannoittamatta, suojakaistoja ja -vyöhykkeitä leventää ja vähentää lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden käyttöä. Salaojavesiä ei saisi johtaa käsittelemättöminä suoraan jokiin. Suunnitelmassa suositellaan lisäksi valumavesien puhdistusta juurakko-puhdistamalla, kosteikolla tai erilaisilla fosforin saostukseen perustuvilla kemiallisilla menetelmillä.

Rakennetuilla alueilla pitäisi hulevedet ohjata vesistöihin viivytyks- ja imeytysrakenteiden kautta.

7.3. Maatalouden ympäristötukijärjestelmä

Maatalouden ympäristötukijärjestelmä tukee myös vesiensuojelua tarjoamalla taloudellisia kannustimia vesistökuormituksen vähentämiseen. Ympäristötukea saadakseen viljelijä sitoutuu toteuttamaan maatalouden ympäristötuen perus- ja lisätoimenpiteitä. Perustoimenpiteisiin kuuluvat mm. käytettävien lannoitemäärien säätö viljavuustutkimuksen tulosten perusteella sekä pientareiden ja suojakaistojen ylläpito. Ympäristötuen ehtojen (Maatalouden ympäristötuen sitomusehdot 2010) mukaan "valtaojien varsilla sijaiseville peltolohkoille on jätettävä vähintään yhden metrin levyinen monivuotisen nurmikasvillisuuden peittämä piennar valtaojan varteen. Valtaojaa suurempien vesiuomien varsilla oleville peltolohkoille sekä lampien, järvien ja talousvesikaivojen ympärillä ja meren rannalla sijaitseville peltolohkoille on perustettava vesiuoman varrelle vähintään keskimäärin kolme metriä leveä monivuotisen nurmi-, heinä- ja niittykasvillisuuden peittämä suojakaista."

Vesistökuormitusta erityisesti vähentäviä maatalouden ympäristötuen lisätoimenpiteitä ovat mm. lannoituksen määrää ja ajoitusta (mm. vähennetty lannoitus, typpilannoituksen tarkentaminen peltokasveilla ja lannan levitys kasvukaudella) tai peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä koskevat toimenpiteet. Peltojen talviaikaisessa kasvipeitteisyydessä ja kevennyksessä muokkauksessa viljelijän on pidettävä vähintään 30 % ympäristötukikelpoisten peltolohkojen kokonaispinta-alasta kasvukauden ulkopuolella kasvien tai sängin peittämänä tai hyväksytyksi kevennetyksi muokattuna. Kasvipeitteiset lohkot tulisi sijoittaa vesiensuojelun kannalta tärkeille lohkoille, erityisesti vesistöihin ja valtaojiin rajoittuville peltolohkoille. Matalajärven valuma-alueella mahdollisia lisätoimenpiteitä ovat myös mm. peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja peltojen tehostettu talviaikainen kasvipeitteisyys. Näissä vähintään 30 % (talviaikainen kasvipeitteisyys) tai 50 % (tehostettu talviaikainen kasvipeitteisyys) peltolohkojen kokonaispinta-alasta on pidettävä kasvukauden ulkopuolella kasvien tai sängin peittämänä (Maatalouden ympäristötuen sitomusehdot 2010).

Varsinaisen ympäristötuen lisäksi viljelijä voi tehdä valtion kanssa erityistukisopimuksen, joka voi koskea mm. suojavyöhykkeen perustamista ja hoitoa, monivaikutteisen kosteikon hoitoa, valumavesien käsittelymenetelmiä (säätösalaajistus, säätökastelu, kuivatusvesien kierrätys) tai ravinnekuormituksen tehostettua vähentämistä ympärivuotisella nurmipeitteisyydellä. Suojavyöhyke on peltoalueelle valtaojan tai vesistön varteen tai pohjavesialueelle perustettava vähintään keskimäärin 15 metriä leveä monivuotisen kasvillisuuden peittämä hoidettu alue, jolle ei levitetä lannoitteita eikä kasvinsuojeluaineita (Suojavyöhykkeen perustaminen ja hoito 2007). Suojavyöhyke on niitettävä ja niittojäte kuljetettava pois. Kasvipeitteisyys ehkäisee eroosiota ja sillä voidaan tehokkaasti vähentää ravinteiden ja kiintoaineksen huuhtoutumista pelloilta. Suojavyöhykkeet ovat hyödyllisimmät jyrkästi vesistöön viettävillä, herkästi sortuvilla tai vettymis- ja tulvimishaitoista kärsivillä pelloilla (Suojavyöhykkeen perustaminen ja hoito 2007).

Monivaikutteisen kosteikon hoidon tuella voidaan korvata kosteikon hoitotoimenpiteistä (lietteen poisto, padon huoltotoimet, kasvillisuuden niitto ja poiskuljetus) aiheutuvia kustannuksia (Monivaikutteisten kosteikkojen perustaminen ja hoito 2009). Korvaus maksetaan siitä alasta, joka jää kosteikon, laskeutusaltaan tai tulvaniityn alle sekä alueen hoidon kannalta riittävistä reuna-alueista. Monivaikutteisten kosteikkojen perustamiseen voi lisäksi saada ympäristötukeen liittyvää erillistä ei-tuotannollisten investointien tukea. Sekä monivaikutteisten kosteikkojen hoitoon että perustamiseen voidaan myöntää tukea Suomenlahteen, Saaristomereen, Selkämereen, Perämereen tai Merenkurkkuun laskevan jokivesistön valuma-alueella tai sellaisten järvien valuma-alueella, jossa kosteikon perustamisella voidaan merkittävästi pienentää maatalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta, lisätä maatalousalueiden luonnon monimuotoisuutta ja edistää riista-, kala- tai raputaloutta. Kosteikon perustamiseen voidaan myöntää tukea vain sellaisiin kohteisiin, joilla peltoja on yli 20 % kyseisen vesistön tai valtaojan yläpuolisesta valuma-alueesta. Kosteikon pinta-alan on oltava vähintään 0,5 % yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta (Monivaikutteisen kosteikon perustaminen ja hoito 2009).

Ei-tuotannollisten investointien tuella perustettavat monivaikutteiset kosteikot on perustettava niiden luontaisille paikoille pellolle, pellon reuna-alueelle tai metsämaalle, herkästi tulviville pelloille tai pengerretyille kuivatusalueille. Kosteikko on perustettava ensisijaisesti patoamalla. Perustettavassa kosteikossa on oltava kiintoainesta laskeuttava syvempi vesialue, joka on tyhjennettävissä sinne kertyneestä lietteestä (Monivaikutteisen kosteikon perustaminen ja hoito 2009).

7.4. Högnäsin asemakaavan hulevesien hallintasuunnitelmat

Högnäsin katujen yleissuunnitelman yhteydessä tehdyssä hulevesien hallintasuunnitelmassa on hulevesien luonnonmukainen käsittely suunniteltu toteutettavaksi imeyttämällä ja viivyttämällä. Matalajärven purkautuvien osavaluma-alueiden (0,37-3 ha) vedet kerätään sadevesiviemäriin, jotka johdetaan neljältä alueelta imeytysaltaaseen ja yhdeltä osavaluma-alueelta viivytysjojaan. Suunnitelman mukaan "imeytysaltaat toteutetaan kaivamalla ja niihin tulee noin 30 cm lammikoitusmisvara ja noin 50 cm paksu karkeasta hiekasta tehty imeytyskerros. Lammikoitunut vesi imeytyy hiekkakerrokseen ja edelleen ympäröivään maaperään. Imeytymätön vesi poistuu altaasta suotautumalla hiekkapadon läpi purkujojaan." Viivytysjoilla varastoidaan vettä siten, että ojasta purkautuva virtaama vastaa kerran vuodessa toistuvan sadetapahtuman virtaamaa. Imeytysaltaat ja viivytysjoja on mitoitettu kerran 5 vuodessa sattuvan 10 minuuttia kestävän sateen vesimäärälle (taulukko 4).

Taulukko 4. Högnäsin hulevesien hallintasuunnitelmassa esitetyt käsittelyratkaisuilta vaadittavat varastotilavuudet ja imeytysaltaan pinta-alat (valuma-alueelle 2.1 on suunniteltu viivytysjoja, jonka pituus on 24 m).

Hulevesien hallintasuunnitelma- massa käytetty valuma-alueen numero	Varastotilavuus (m ³)	Imeytysaltaan pinta-ala (m ²)
2.1	43	
2.2	111	370
2.3	45	150
2.4	15	50
2.5	35	115

7.5. Matalajärven suojeluyhdistyksen suunnittelemat laskeutusaltaat ja kosteikot

Matalajärven suojeluyhdistys on suunnitellut Matalajärven eteläpuolelle kahta laskeutusaltaan ja kosteikon yhdistelmää ja yhtä laskeutusallasta. Ensimmäisessä vaiheessa on tarkoitus rakentaa laskeutusaltaan ja kosteikon yhdistelmä Kulloonsillanpuroon ja laskeutusallas Marketanpuistonpuroon. Näistä saatujen kokemusten jälkeen on tarkoitus rakentaa toinen laskeutusaltaan ja kosteikon yhdistelmä Kätträckenin alajuoksulle. Kulloonsillanpuron ja Marketanpuistonpuron ratkaisuja koskevasta Espoon kaupungin myöntämästä maisematyöluvasta on tehty valitus Korkeimpaan hallinto-oikeuteen, joka on kuitenkin vuoden 2009 lopussa hylännyt valituksen (KHO 31.12.2009 nro 3748). Laskeutusaltaiden rakentaminen on tarkoitus päästä aloittamaan mahdollisesti jo talvella 2010 (Barkman 2010b). Kaikki käsittelyratkaisut on suunniteltu aivan Matalajärven rantavyöhykkeeseen.

Laskeutusaltaat ovat kooltaan alle 1200 m² (30x40 m, Kulloonsillanpuro), alle 200 m² (20x10 m, Marketanpuistonjoja) ja 540 m² (30x18 m, Kätträcken). Laskeutusaltaiden on tarkoitus olla alkuosassa 1,5 m syvä ja loppuosassa 0,5 metriä syvä. Keskelle allasta tulee poikittainen harjanne, jonka kohdalla veden syvyys on noin yksi metri (Barkman 2010b). Näillä mitoilla altaiden tilavuuksiksi voidaan arvioida 1041 m³ (Kulloonsillanpuro), 170 m³ (Marketanpuistonjoja) ja 460 m³ (Kätträcken). Kosteikkopuhdistamo toteutetaan kaivamalla rantaniitylle kohtisuoraan laskeutusaltaasta lähtevään puroon nähden ns. kampa-
ojia, jotka johtavat vedet purouomasta sivuille rantakasvillisuuden sekaan. Kiintoaineen pidättymisen lisäksi kasvillisuus sitoo kosteikossa vedestä liukoisia ravinteita (Barkman 2010b).

8. Valumavesien käsittely

8.1. Yleistä

Valumavesien aiheuttamia haittoja voidaan kaikkein tehokkaimmin vähentää ehkäisemällä pintavalunnan syntymistä. Tämä saavutetaan esimerkiksi lisäämällä sadevesien imeytymistä maaperään ja veden haihtumista esimerkiksi kasvillisuuden kautta. Jo syntyneitä valumavesiä voidaan hallita useilla eri tavoilla, jotka voidaan karkeasti jakaa kolmeen päätyyppiin: vesien imeyttämiseen, viivyttämiseen ja johtamiseen. Imeytysmenetelmissä pintavalunnan määrää vähennetään tehostamalla veden suotautumista maaperään. Viivyttämiseen perustuvissa menetelmissä hulevesivirtaamaa hidastetaan ja pidätetään siten, että vettä varastoidaan ja puretaan alapuoliseen vesistöön vähitellen. Sekä imeyttämistä että viivyttämismenetelmillä on sekä valuntaa tasaavia että veden laatua parantavia vaikutuksia. Johtamismenetelmien tavoitteena on koota ja johtaa vedet hallitusti pois kuivatettavalta alueelta käsiteltäväksi jonnekin muualle (Hyöty 2007). Niillä ei yleensä voida juurikaan vaikuttaa veden laatuun.

Veden laadun paranemiseen käsittelyratkaisuissa vaikuttavat yleensä yhtä aikaa useat prosessit. Valumavesien laatua voidaan parantaa mm. epäpuhtauksia suodattamalla, laskeuttamalla tai antamalla kasvillisuuden tai mikrobin hyödyntää epäpuhtauksia. Suodatuksessa valumavedet kulkeutuvat karkearakeisen maakerroksen läpi, jolloin epäpuhtauksia sitoutuu maakeiden pinnalle mekaanisesti suodattamalla tai adsorboitumalla (EPA 1999a). Suurin adsorptiokyky on savimineraaleilla, orgaanisella aineksella sekä raudan, mangaanin ja alumiinin hydroksideilla ja oksideilla, ja näiden määrä sääteleekin pitkälti haitta-aineiden pidättymistä maaperään (Heikkinen 2000). Adsorptio sitoo tehokkaasti erityisesti hivenmetalleja, fosforia ja osaa orgaanisista haitta-aineista (EPA 1999a).

Laskeutukseen perustuvissa käsittelymenetelmissä veden virtausnopeus laskee niin paljon, että veden mukana kulkeutuva kiintoaine laskeutuu pohjalle. Veden kiintoaines koostuu eri kokoisista hiukkasista. Pohjalla kulkeutuva ja karkein vedessä liettyneenä kulkeutuva aines eli hiekka ja hieta sedimentoituvat veden virtausnopeuden hidastuessa vähänkin. Hienommat maakeet vaativat hyvin hitaan virtauksen laskeutuakseen pohjalle. Savihiukkaset eivät yksittäisinä partikkeleina laskeudu juurikaan muussa kuin seisovassa vedessä, mutta useamman savipartikkelin ja orgaanisen aineksen tai metallioksidien ja -hydroksidien muodostamat aggregaatit (flokkit) ovat riittävän suuria laskeutumaan myös hitaasti virtaavassa vedessä. Laskeutuksessa vedestä poistuu kiintoaineen ohella siihen sitoutuneita epäpuhtauksia, kuten ravinteita ja hivenmetalleja. Etenkin fosfori on hapellisissa oloissa suureksi osaksi kiintoainekseen, erityisesti rautayhdisteisiin sitoutuneena ja laskeutuksella voidaan tehokkaasti vähentää vesistöjen fosforikuormitusta. Rakennettujen alueiden hulevesissä joskus korkeina pitoisuuksina esiintyvien hivenmetallien jakautuminen liuenneen ja kiintoaineksen välille vaihtelee voimakkaasti. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että keskimäärin yli puolet yleisimmistä hivenmetalleista eli kuparista, sinkistä, lyijystä ja kadmiumista on kiintoainekseen sitoutuneena (mm. Kuusisto-Hjort 2009).

Kasvillisuus puhdistaa vettä kahdella päätavalla: edistämällä vaikeasti laskeutettavissa olevien kolloidien pidättymistä ja sitomalla vedestä ja maaperästä liukoisia aineita. Kasvillisuus edistää hyvin pienten hiukkasten eli kolloidien sitoutumista mekaanisesti suodattamalla eli pidättämällä hiukkasia juuriensa ja lehtiensä pinnoille. Lisäksi se hidastaa veden virtausta ja edistää siten hienoaineksen laskeutumista vesistöjen pohjalle ja estää jo kerrostuneen sedimentin resuspensiota (Ministry of the Environment 2003). Kasvillisuudesta vapautuvat orgaaniset yhdisteet lisäävät myös hienoaineksen kasautumista suuremmiksi flokeiksi, jotka voivat laskeutua pohjasedimenttiin (Wong ym. 1999). Kasvien ravinteiden oton kautta vedestä ja maaperästä tai vesistöjen pohjasedimentistä poistuu ravinteita ja metalleja. Ainekset varastoituvat kasvien juuriin, varsiin ja lehtiin. Suuri osa ravinteista voi kuitenkin palata veden kasvien hajotessa, mikäli kasvillisuutta ei poisteta kosteikosta esimerkiksi niittämällä. Toisaalta kasvien juuriin ja puumaiseen kasvillisuuteen varastoituvat ravinteet eivät lähde vuosittain liikkeelle (Puustinen et al. 2007).

Mikrobitoiminnalla on tärkeä merkitys erityisesti typen kierrossa. Mikrobit hajottavat orgaanista ainesta ja hapettavat syntyntä ammoniumtyyppiä nitriitiksi ja edelleen nitraatiksi. Hapettomissa oloissa mikrobit voivat muuttaa nitraattia typpikaasuksi (denitrifikaatio), joka poistuu ilmakehään. Koska tyyppiä ei voida juurikaan poistaa kiintoaineksen määrää säätelemällä, mikrobitoiminta on hyvin tärkeää typen poistumisen kannalta. Toisaalta tyyppiä poistuu denitrifikaatiossa kosteikosta pysyvästi toisin kuin fosforia, joka pohjasedimenttiin sitoutuneena on edelleen kosteikon ravinnekierrossa mukana (Puustinen et al. 2007).

8.2. Valumavesien synnyn ehkäisy

Yksinkertaisimmillaan valumavesien, erityisesti hulevesien, synnyn ehkäisy tarkoittaa päällystettyjen pintojen määrän minimointia alueiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Erityisen tärkeässä asemassa huleveden määrän vähentämisessä ovat kiinteistökohtaiset ratkaisut. Esimerkiksi piha-alueet tulee huleveden määrän minimoimiseksi toteuttaa mahdollisimman suureksi osaksi kasvipeitteisinä. Lisäksi hulevesien syntymistä voidaan ehkäistä teknisillä ratkaisuilla kuten kattokasvillisuudella tai läpäisevillä päällysteillä.

Kattokasvillisuudella tarkoitetaan kasvillisuuden peittämää kattopintaa. Kattokasvillisuus voi koostua laaja-alaisesta ja matalasta kasvillisuudesta, kuten maksaruohoista ja sammalista (viherkatto) tai paksuammasta kerroksesta (kattopuutarha). Kattopuutarhoihin voidaan istuttaa jopa puita tai pensaita. Kasvillisuuden alapuolinen rakenne koostuu kasvialustasta, suodatin/salaojakerroksesta ja vedeneristyksestä. Sadevettä varastoituu rakennekerrokseen, joista sitä haihtuu suoraan tai kasvillisuuden kautta takaisin ilmakehään. Tämä vähentää syntyvän huleveden määrää vuositasolla n. 50% (Hyöty 2007). Ylimääräinen vesi valuu suodatin/salaojakerroksesta pitkin ränneihin ja syöksyputkiin. Imeytyminen raken-

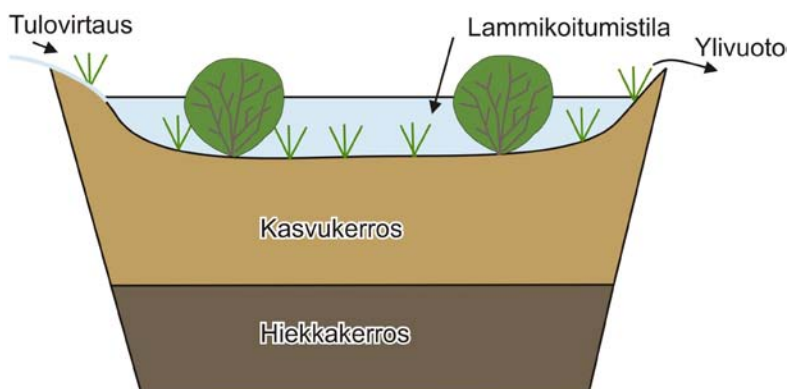
nekerroksiin hidastaa huleveden syntymistä, minkä vuoksi kattokasvillisuus tasaa tehokkaasti myös rankkasateiden aiheuttamia virtaamahuippuja. Talvella kasvillisuuskerros on jäässä eikä veden pidättymistä ja haihtumista juuri tapahdu. Kattokasvillisuutta käytettäessä kattorakenteen kantavuus on aina tarkistettava, mutta viherkatot eivät yleensä aseta lisävaatimuksia katon kantavuudelle (Hyöty 2007). Kattokasvillisuuden suunnittelu ja rakentaminen vaativat ammattitaitoa, sillä niissä on huomioitava erityisesti mm. vedenpitävyyteen vaikuttavat tekijät (Oikkola 2010).

Vettä läpäisevien päällysteiden tarkoitus on vähentää pintavaluntaa ja lisätä veden imeytymistä maaperään. Päällysteessä vettä läpäisevän pintakerroksen alapuolella on karkeasta kiviaineksesta koostuva kerros. Pintakerroksen läpi imeytynyt vesi varastoituu väliaikaisesti karkean kiviaineksen välisiin huokosiin ja imeytyy edelleen maaperään tai johdetaan salaojilla eteenpäin. Läpäiseviä päällysteitä on tarjolla erilaisia: mm. reikälaatat ja -kiveykset, kennosora ja huokoisen rakenteen omaava avoin asfaltti. Läpäisevät päällysteet kestävät parhaiten alueilla, joilla nopeudet ja liikennemäärät ovat vähäisiä. Käyttökohteiksi soveltuvat esimerkiksi asuinkortteleiden pihat, tonttiväylät, pysäköintialueet ja kevyenliikenteen väylät. Jyrkillä rinteillä (kaltevuus yli 2%) vesi voi virrata päällysteen pinnalla eikä imeytymistä pääse tapahtumaan. Läpäiseviä päällysteitä ei ole syytä käyttää esimerkiksi teollisuusalueilla, joilla hulevedet ovat hyvin likaisia tai joilla on kemikaalionnettomuuksien tai -vuotojen vaara. Läpäisevien päällysteiden käyttöön liittyy vähittäisen tukkeutumisen vaara, erityisesti talviaikaisen hiekoituksen seurauksena. Lisäksi talviolosuhteet voivat heikentää tai estää veden imeytymisen päällysteeseen ja maaperään.

8.3. Imeytysmenetelmät

Imeytysmenetelmät vähentävät pintavaluntaa imeyttämällä vettä maaperään, josta vesi suotautuu pohjavedeksi tai kerätään salaojaputkiin ja johdetaan alapuoliseen vesistöön. Imeytysmenetelmät usein heikentävät tulvia myös pidättämällä vettä hetkellisesti. Imeytysmenetelmillä voidaankin tehokkaasti vähentää rakentamisen vaikutuksia valuntaan (Hyöty 2007), mutta menetelmät soveltuvat sellaisenaan vain alueille, joilla maaperä on hyvin vettä läpäisevää. Imeytysmenetelmät voivat olla joko hajautettuja tai keskitettyjä, mutta ne soveltuvat paremmin paikallisiksi kuin alueellisiksi valumavesien käsittelyratkaisuksi (Hyöty 2007, EPA 1999a, Ministry of the Environment 2003).

Imeytyspainanteita eli biopidätysalueita käytetään yleensä joko kiinteistö- tai korttelikohtaisina käsittelymenetelminä tai alueellisina käsittelymenetelminä pienehköillä (<4-5 ha) valuma-alueilla. Imeytyspainanteet ovat kasvipeitteisiä painanteita, joissa veden annetaan lammikoitua ja imeytyä hiljalleen maaperään joko suoraan tai lammikon alle rakennetun suodatinkerroksen kautta. Veden lammikoitumistilan syvyys on yleensä noin 30 cm ja korkeintaan 60 cm pintamaan liiallisen tiivistymisen ehkäisemiseksi (Ministry of the Environment 2003, Hyöty 2007). Suodatinkerroksen yläosa koostuu ns. kasvukerroksesta, jossa on mukana runsaasti hienoaainesta ja orgaanista materiaalia, jotka tehostavat epäpuhtauksien sitoutumista suodattimeen (EPA 1999a). Kasvukerroksen alapuolella on yleensä noin puolen metrin paksuinen hiekkakerros, jonka tehtävänä on kuivattaa kasvukerrosta ja pitää se hapellisena (EPA 1999a).



Kuva 17. Imeytyspainanteen periaatekuva

Imeytyspainanteita (kuva 17) suositellaan yleensä erityisesti asuinalueiden hulevesien käsittelyyn, missä vesi ei ole erityisen likaista ja sisältää vähän kiintoainetta. Vaikka imeytyspainanteet ovat tehokkaita likaisten hulevesien käsittelyssä varsinkin ensihuutouman osalta (Jormola 2008, Bitter & Bowers 1994), kaupallisilla, liikenne- ja teollisuusalueilla hulevesien imeyttämiseen liittyy pohjavesien pilaantumisen riski erityisesti kemikaalipäästöjen ja tiesuolauksen seurauksena (Ministry of the Environment

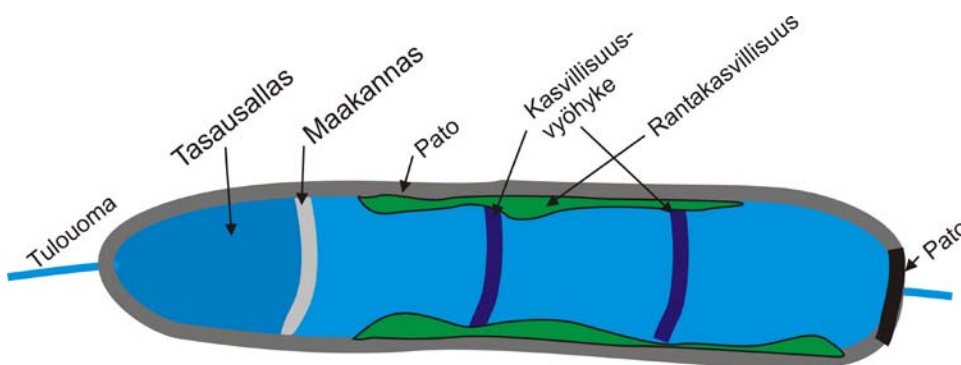
2003). Myös teiden talviaikainen hiekoitus voi tukkia imeytysrakenteet. Imeytyspainanteeseen onkin tukkeutumisvaaran vuoksi suositeltavaa liittää esikäsittelymenetelmä (mm. viherkaista tai laskeutusallas) erityisesti, jos painanne ei ole kasvipeitteinen. Kattovesien imeyttämässä esikäsittelyä ei tarvita. Imeytysrakenteisiin tulisi johtaa vesiä vasta alueen muun rakentamisen loputtua (Ministry of the Environment 2003, Hyöty 2007).

Imeytyspainanteissa vesi puhdistuu suodattamalla sekä suodatuskerroksessa että pohjamaassa. Maan pinnalla oleva karikkekerrosta vastaava orgaaninen kerros on erityisen tärkeä hivenmetallien adsorboitumiselle (Davis ym. 2001). Pohjaveden suojelemiseksi pohjaveden pinnan tulisi olla vähintään noin metrin imeytysrakenteen pohjan alapuolella (Ministry of the Environment 2003). Maan pinnalla oleva kasvillisuus hyödyntää maaperän liukoisia ravinteita. Maaperän mikrobitointa puolestaan hajottaa orgaanista ainesta (myös mm. hiilivetyjä), hapetta ammoniumtyyppiä ja voi hapettomissa oloissa myös pelkistää nitraattia typpikaasuksi (denitrifikaatio) (EPA 1999a). Imeytyspainanteilla voidaan yleisesti ottaen poistaa hyvin tehokkaasti haitta-aineita valumavesistä. Ulkomaalaisissa tutkimuksissa ja suunnitteluohjeissa on esitetty korkeita poistumia mm. raskasmetalleille (80-95%), kiintoainekselle (85%) ja fosforille (60-80%) (Winer 2000, Davis ym. 2001, Knox County 2006). Typen poistuman arvot riippuvat mm. denitrifikaation tehokkuudesta, mutta poistuma-arviot ovat yleensä noin 50-70 % luokkaa (Winer 2000, Davis ym. 2001, Knox County 2006). Vaasassa on saatu hiekkasuodatuksella keskimäärin 92 % poistuma kiintoainekselle, 75 % fosforille ja 42-81 % kemialliselle hapenkulutukselle (Kannala 2005).

Myös viherpainanteita voidaan käyttää paikalliseen hulevesien imeyttämiseen. Ne ovat matalia, loivaluiskaisia ja kauttaaltaan nurmetettuja painanteita, joita pitkin valumavesiä johdetaan. Painanteiden tulee olla korkeintaan 5 % kaltevuudeltaan, ja niihin voidaan rakentaa pohjapatoja. Näiden avulla voidaan hidastaa virtausta, viivyttää valuntaa ja edistää veden imeytymistä maaperään (Hyöty 2007).

8.4. Viivytyksen menetelmät

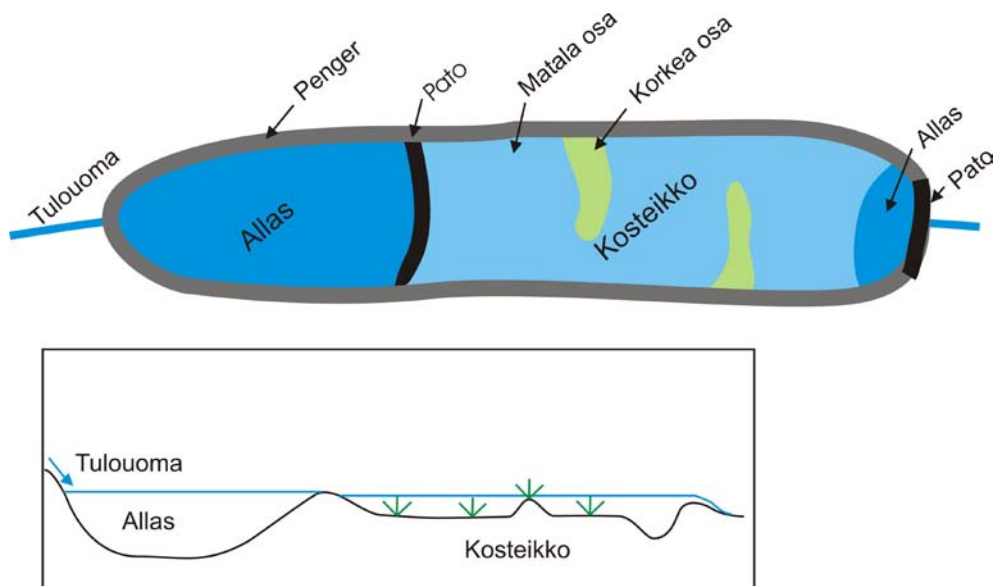
Kosteikot, lammikot, altaat, viivytyksen painanteet ja -kaivannot, viivytyksen kosteikot ja tulva-alueet kuuluvat valumavesien viivytyksen menetelmiin. Niissä vettä varastoidaan ja johdetaan sitten alapuoliseen uomaan vähitellen. Samalla vesi puhdistuu useiden eri prosessien kautta. Lammikoissa, altaissa, painanteissa ja tulva-alueilla on runsaasti sadevesien lyhytaikaiseen varastointiin tarkoitettua viivytystilavuutta, kun taas kosteikoissa vedenpinta ei yleensä vaihtelee hydrologisen tilanteen mukaan yhtä voimakkaasti (Muthukrishnan ym. 2004). Lammikoissa ja altaissa on yleensä suurin osa pinta-alasta pysyvästi avovettä, ja vain reunavyöhykkeillä on kasvillisuutta (kuva 18). Kosteikossa sen sijaan avoveden alue on pienempi (usein <50 %) ja siellä kasvaa runsaasti kostean paikan kasveja (EPA 1999b, Puustinen et al. 2007). Myös kasvipeitteiset alueet ovat suuren osan vuodesta veden peitossa ja pysyvät muunkin ajan kosteina. Viivytyksen painanteet ovat yleensä kuivina pidettäviä alueita, joissa valumavedet voivat sateiden jälkeen lammikoitua (Muthukrishnan ym. 2004). Tulva-alueet taas ovat uoman ympäristön alueita, joille vedet pääsevät tulvatilanteessa levittäytymään (Puustinen ym. 2007).



Kuva 18. Lammikon periaatekuva

Lammikoissa ja altaissa veden puhdistuminen perustuu pääasiassa kiintoaineksen laskeutukseen, koska kasvillisuutta on niukasti (EPA 1999b). Puhdistusteho on riippuvainen veden viipymästä altaassa. Altaiden ja lammikoiden puhdistustehoa voidaan kasvattaa mm. pidentämällä viipymää jopa 40 tuntiin tai rakentamalla altaaseen alkupäähän syvä esiallas ja poikittaisia kannaksia, joilla kasvavat kasvit suodattavat kiintoainesta ja käyttävät hyväkseen ravinteita (EPA 1999b, Ministry of the Environment 2003, Barkman 2010b). Altaiden ja lammikoiden etuna on niiden toiminnan riippumattomuus kasvillisuuden

vaiheesta ja biologisen toiminnan nopeudesta (riippuu lämpötilasta). Jos altaat on mitoitettu riittävän suuriksi, ne toimivat myös talvella ja kevättulvan yhteydessä (Ministry of the Environment 2003), jolloin kasvillisuuden tehokkuus veden puhdistuksessa on pieni. Pysyvän vesialtaan takia sedimentti ei lähde herkästi uudelleen liikkeelle, mikäli allas on riittävän syvä (Ministry of the Environment 2003). Toisaalta liian syvässä altaassa on vaarana hapettomien olosuhteiden synty ja fosforin ja metallien vapautuminen sedimentistä (Ministry of the Environment 2003, Muthukrishnan ym. 2004). Lammikoiden tai altaiden valuma-alueen tulisi olla vähintään 4-10 hehtaaria, jotta valunta olisi riittävää pysyvän vesialtaan ylläpitämiseksi (Metropolitan Council 2001, Ministry of the Environment 2003). Lammikot ja altaat suositellaan mitoitettavaksi 24 tunnin sateen aikaansaaman valunnan vuorokauden viipymälle (Metropolitan Council 2001). Ulkomaisessa kirjallisuudessa lammikoille ja laskeutusaltaille on esitetty suhteellisen korkeita poistumaprosentteja (esim. Winer 2000: kiintoaine 80 %, fosfori 51 %, typpi 33 % ja metallit noin 60 %). Suomessa niiden puhdistusteho on usein kuitenkin niukasta mitoituksista johtuen savialueilla melko vähäinen (Puustinen ym. 2007).



Kuva 19. Kosteikon periaatekuva

Kosteikoissa vettä puhdistavat kiintoaineen laskeutumisen lisäksi kasvien ravinteiden otto, liuennon fosforin sitoutuminen sedimenttiin ja mikrobiologiset prosessit (Puustinen et al. 2007). Kosteikossa on syytä olla syviä avovetisiä alueita, joissa voidaan saavuttaa denitrifikaation edellyttämät hapettomat olot. Fosforin sitoutuminen pohjasedimenttiin vaatii vastaavasti hapelliset olosuhteet, jotka saavutetaan yleensä matalanveden alueilla. Kosteikko poistaa siten ravinteita valumavesistä parhaiten, mikäli siellä on syvyydeltään erilaisia alueita (kts. matalat ja korkeat alueet sekä allas kuvassa 19). Lammikon ja kosteikko-osan yhdistelmästä koostuvassa kosteikossa vesi johdetaan ensin syvempään allasosaan (kuivanakin aikana syvyys yli 1 m), jossa vedestä poistuu kiintoainetta ja veden virtausnopeus laskee (kuva 19). Tällä tavoin voidaan lisätä myös viivytystilavuutta kasvattamatta kosteikon pinta-alaa (EPA 1999b). Allas on myös melko toimintavarma talvi- ja kevätolosuhteissa (Ministry of the Environment 2003). Kosteikon alapäässä sijaitsevalla pienellä allasosiolla voidaan taas vähentää kosteikon purkuputken tukkeutumisvaaraa (EPA 1999b). Kosteikkoja voi perustaa useilla erilaisilla muunnelmilla, jotka eroavat toisistaan mm. väliaikaisen viivytystilavuuden määrän ja lammikoiden ja altaiden suhteellisten osuuksien ja sijaintien suhteen (mm. EPA 1999b).

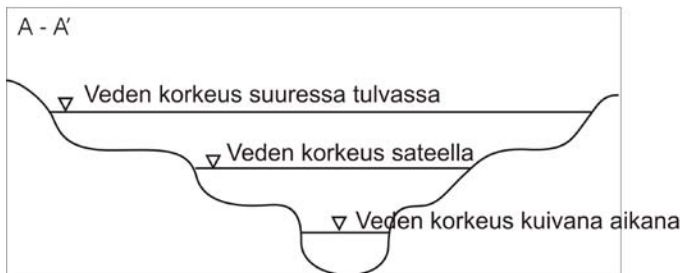
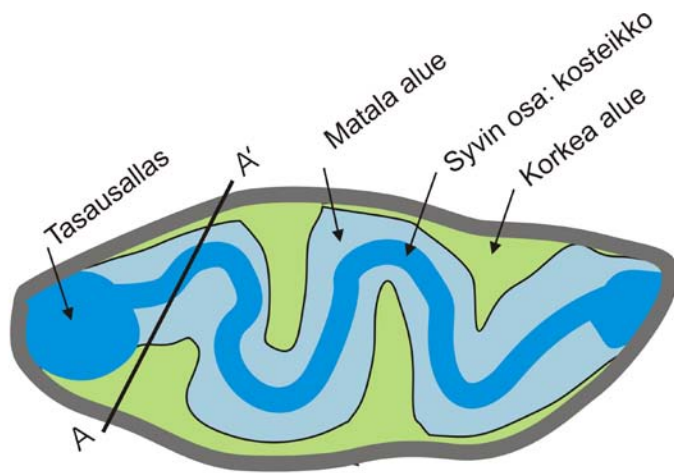
Kosteikot soveltuvat kohteisiin, joissa valuma-alueen pinta-ala on vähintään 5-10 ha, jotta pohjavalunta on riittävää pitämään yllä kosteikko-olosuhteita ympäri vuoden (Metropolitan Council 2001, Ministry of the Environment 2003). Kosteikot suositellaan mitoitettavaksi vähintään 24 tunnin viipymälle (Ministry of the Environment 2003, Puustinen ym. 2007), ja niiden tulisi kattaa vähintään 1-2 % valuma-alueen pinta-alasta (Puustinen ym. 2007). Hyvin toimiessaan kosteikot ovat tehokkaita veden puhdistajia. USA:ssa on mitattu seuraavia poistumia kosteikoille: 76 % kiintoainekselle, 50 % fosforille, 30 % typelle ja noin 40 % hivenmetalleille (Winer 2000). Suomessa Vaasassa hulevesikosteikossa poistui 35 % fosforista ja 82 % kiintoaineksestä (Kannala 2005). Maatalouden vesiensuojelukosteikoissa vastaavasti kiintoaineen poistumat ovat jääneet välille 16-68 %, fosforin 6-62 % ja typen 0-36 % (Puustinen ym. 2007). Poistumat olivat sitä suurempia, mitä suurempi oli kosteikon ja valuma-alueen alan suhde. Puustinen ym. (2007) ovat lisäksi koonneet pohjoismaalaisista ja USA:laisista puhdistustuloksista kaavion,

josta voidaan arvioida kosteikon ravinteiden poistuma kosteikon pinta-alan ja valuma-alueen alan suhteen perusteella. Suomessa kosteikkojen heikkoutena on se, että biologiset prosessit eivät toimi ja puhdistaa vettä talvella ja kevättulvakaudella, jolloin kulkeutuu suuri osa vuoden kokonaiskuormituksesta myös kaupunkialueilla (Ruth 2004).

Viivytyispainanteet ovat ympäristöään alempana olevia painanteita, joissa veden annetaan lammikoitua. Ne soveltuvat hyvin esim. asuinalueille kiinteistö- tai korttelikohtaisiksi käsittelymenetelmiksi. Tällöin ne eroavat imeytyspainanteista lähinnä siten, että niissä ei tehosteta veden imeytymistä maanalaisella suodatinkerroksella. Viivytyispainanteet soveltuvat siten myös heikosti vettä läpäiseville alueille. Viivytyispainanteet voivat myös alueen luonteesta riippuen olla kasvittomia, kivettyjä painanteita tai rakennettuja, pysyvästi vesipintaisia altaita.

Viivytyispainanteet soveltuvat myös suhteellisen pienten valuma-alueiden alueelliseen hulevesien hallintaan. Koska niissä ei ole pysyvää vesipintaa, niiden puhdistustehokkuus on yleensä heikompi kuin lammikoiden ja kosteikoiden. Pysyvän vesipinnan puuttuessa aiemmin laskeutuneet sedimentit voivat lähteä liikkeelle tulvan yhteydessä (Metropolitan Council 2001). Perusmuodossaan viivytyispainanteet eivät puhdistaa vettä yhtä tehokkaasti kuin lammikot ja kosteikot ja soveltuvatkin parhaiten tulvavesien määrälliseen hallintaan ja eroosion ehkäisemiseen alapuolisessa vesistöissä (Ministry of the Environment 2003, Muthukrishnan ym. 2004). Viivytyispainanteissa veden puhdistuminen perustuu pääasiassa laskeutukseen, ja puhdistusteho on riippuvainen veden viipymästä painanteessa (Ministry of the Environment 2003). Viivytyispainanteet mitoitetaan usein liian pieniksi, jolloin puhdistustehokin jää alhaiseksi (Metropolitan Council 2001).

Alueellisia viivytyispainanteita voidaan parantaa erityisesti puhdistustuloksen kannalta rakentamalla painanteen alkuosaan pysyvästi veden peitossa oleva tasausallas, jossa karkein kiintoainekas laskeutuu ja veden virtausnopeus hidastuu (Ministry of the Environment 2003). Lisäksi painanteen purkukohdan yhteyteen rakennettavalla altaalla voidaan laskeuttaa erityisesti hienoainesta ja estää sedimentin resuspensiota. Viivytyispainanteen tulee mitoittaa vähintään 24 tunnin viipymälle, mutta puhdistustehokkuutta voidaan parantaa kasvattamalla viipymää (jopa 48 tuntiin) varaamalla vedelle lisäviivytystilavuutta (Metropolitan Council 2001). Tämä koostuu usein painanteen korkeista alueista, jotka ovat tavallisella tulvalla kuivillaan, ja peittyvät vedellä suurten tulvien yhteydessä (kuva 20) (Metropolitan Council 2001). Painanteen matalat alueet ovat alivesikautena kuivillaan, mutta peittyvät vedellä sateiden jälkeen. Tehostetussa viivytyksaltaassa syvimät alueet, jotka ovat painanteen purkupuutkea alempana, voivat olla pysyvästi veden peitossa tai muodostaa pienen kosteikon (kuva 20), jolloin viivytyispainannetta voidaan kutsua viivytyiskosteikoksi (Metropolitan Council 2001). Kosteikko-osalla voidaan lisätä liukoisten ravinteiden sitoutumista, lisätä sedimentin pidättymistä ja estää sedimentin resuspensiota (Metropolitan Council 2001).



Kuva 20. Viivytykosteikon periaatekuva.

Purkuputken tukkeutumisvaaran vuoksi tavallisia viivytyspainanteitakin suositellaan vähintään 5-10 hehtaarin kokoisille valuma-alueille, mutta viivytykosteikot soveltuvat pienemmillekin valuma-alueille (yli 4 ha) (Metropolitan Council 2001). Tavallisilla viivytyspainanteilla ravinteiden poistumat ovat olleet USA:ssa 19 % fosforille ja 5 % typelle, kun taas lisäviivytystilavuuden kanssa poistumat ovat olleet 61 % kiintoainekselle, 20 % fosforille, 31 % typelle ja noin 30 % metalleille (Winer 2000). Viivytyspainanteiden tehostamistoimilla voidaan veden puhdistustehoa parantaa, vaikkakin tutkimustuloksia tällaisista ratkaisuista on vielä vähän. Viivytykosteikoista on kuitenkin saatu melko hyviä tuloksia, sillä poistumat ovat pienehkössä aineistossa olleet 69 % kiintoainekselle, 39 % fosforille ja 56 % typelle (Winer 2000).

Alueille, joilla ei ole tilaa maanpäällisille hulevesien viivytyksratkaisuille, kuten suurten kauppojen piha-alueilla, voidaan kiinteistö- tai korttelikohtainen hulevesien hallinta ratkaista viivytykskaivannoilla. Näissä maan alle tehtävä kaivanto täytetään karkealla seulotulla kiviaineksella tai muulla huokoisella materiaalilla. Vedet varastoituvat huokostilaan, josta ne johdetaan salaojia ja purkuputkea pitkin edelleen hulevesiviemäriin. Maaperän vedenläpäisevyydestä riippuen kaivannot voivat toimia myös eriasteisesti vettä imeyttävinä rakenteina.

8.5. Kemiallisten menetelmien käyttö

Valumaveden käsittelyssä voidaan käyttää myös kemiallista saostusta. Lisäämällä veteen luonnollisia tai synteettisiä polymeerejä, alumiinisuoloja (alumiinikloridia tai alumiinisulfaattia) tai rautasuoloja (ferri-sulfaattia tai ferrikloridia) voidaan hienorakeisen kiintoaineksen ja liukoisen fosforin poistoa tehostaa. Alumiinia käytettäessä se saostuu vedessä muodostamalla alumiinihydroksidia ($\text{Al}(\text{OH})_3$). Rautakemikaalia käytettäessä rauta saostuu vastaavasti ferrihydroksidina ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). Kiintoainekset, levät, fosfori, raskasmetallit ja bakteerit adsorboituvat näihin hydroksidiflokkeihin ja laskeutuvat niiden kanssa laskeutusaltaan pohjalle. Liukoista fosforia pidättyy alumiini- tai ferrifosfaatin saostuessa (Tchobanoglous & Burton 1991, Harper ym. 1996). Typpiyhdisteistä nitraattia tai ammoniumia saostuksella ei voida vähentää, mutta flokkeihin sitoutuu kiintoaineksessa olevaa typpeä ja liukoista orgaanista typpeä (Harper ym. 1996).

Alumiini on eliöstölle myrkyllistä liukoisessa muodossa, mutta neutraaleissa tai heikosti happamissa (pH 5,5-7,5) oloissa alumiinin liukoisuus on hyvin pieni (Harper ym. 1996). Lopus ym. (2009) ja Bachand ym. (2010) ovat kuitenkin havainneet huleveden toksisuuden kasvaneen polyalumiinikloridikäsittelyn jälkeen, erityisesti ylisuuria annoksia käytettäessä. Rautayhdisteet ovat luonnossa myrkyttömiä, mutta

niiden käyttö laskee veden pH:ta, millä voi olla haitallisia vaikutuksia (Närväinen & Jansson 2007), mikäli vettä ei puskuroida pH:n muutoksia vastaan.

Saostuskemikaalin lisäyksen jälkeen vettä tulee hämmentää, jotta pienet kolloidiset partikkelit voivat flokkuloitua suuremmiksi partikkeleiksi (Iowa State University 2009). Tämän jälkeen vesi johdetaan järveen, lampeen tai laskeutusaltaaseen, jossa flokkien annetaan laskeutua pohjasedimenttiin. Alumiini sitoutuu sedimenttiin pysyvästi vesistöissä tavallisesti esiintyvissä pH- ja hapetus-pelkistysoloissa (Iowa State University 2009). Rautayhdisteet sen sijaan voivat liueta erityisesti happipitoisuuden laskiessa hyvin alas pohjasedimentin läheisissä vesikerroksissa.

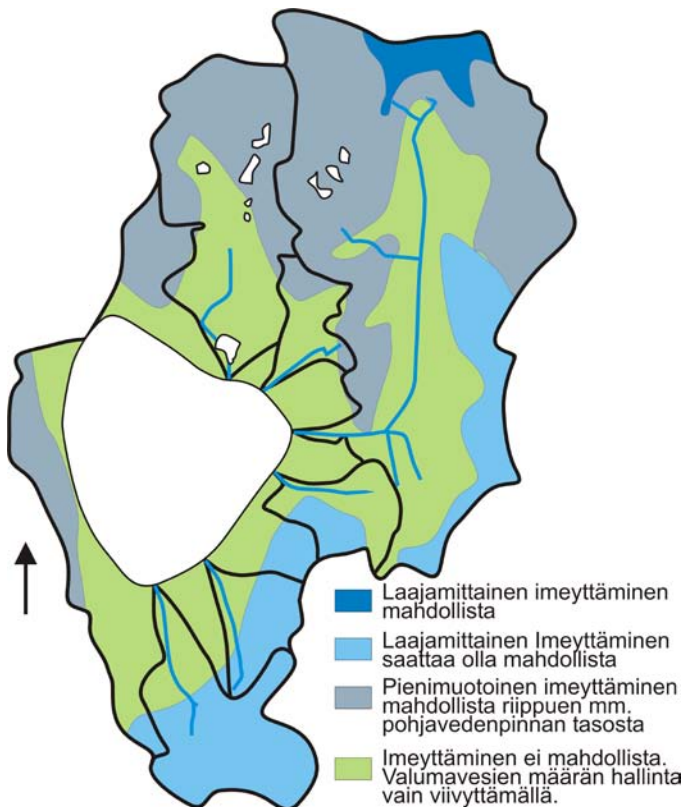
Kemiallisella saostuksella voidaan laskeuttaa vedestä erityisesti hienojakoista, kolloidimuotoista kiintoainesta, jota on muuten vaikea poistaa vedestä, koska niiden laskeutuminen vaatii hyvin pitkän viivymän (Iowa State University 2009). Saostus toimii myös kylmissä ilmasto-oloissa kautta vuoden (Iowa State University 2009). Käsittelyllä on USA:ssa saavutettu 95-99 % poistumia kiintoainekselle, 85-95 % fosforille, 60-70 % typelle ja 50-90 % raskasmetalleille (Harper ym. 1996). Suomessa hulevesien saostusta polyalumiinikloridilla on kokeiltu Kuopiossa. Siellä fosforin poistumaksi saatiin keskimäärin 57 % ja kiintoaineen poistumaksi 78 % (Juntunen 2007). Jokioisilla maatalouden ojavesistä taas liukoisesta fosforista on saatu poistettua 66-91 % käyttäen ferrisulfaattia saostuskemikaalina (Närväinen & Jansson 2007).

9. Valumavesien hallintasuunnitelma Matalajärven valuma-alueelle

9.1. Valumavesien hallinnan periaatteet

Valumavesien hallinnan tärkein tavoite on tässä työssä ollut Matalajärveen laskevan kuormituksen vähentäminen ja valumavesien laadun parantaminen. Tämä on myös ollut tärkein kriteeri hallintaratkaisujen valinnassa. Valumavesien imeyttämällä kyetään parhaiten ehkäisemään rakentamisen ja muun ihmisen toiminnan aiheuttamat muutokset sekä valunnan määrässä että laadussa. Imeyttäminen asettaa kuitenkin melko tiukat vaatimukset sijoituspaikan maaperälle, topografiselle sijainnille ja pohjavesisuhteille. Tämän vuoksi hallintaratkaisuihin joudutaan useimmiten turvautumaan veden viivyttämiseen ja sen yhteydessä tapahtuviin veden puhdistusprosesseihin.

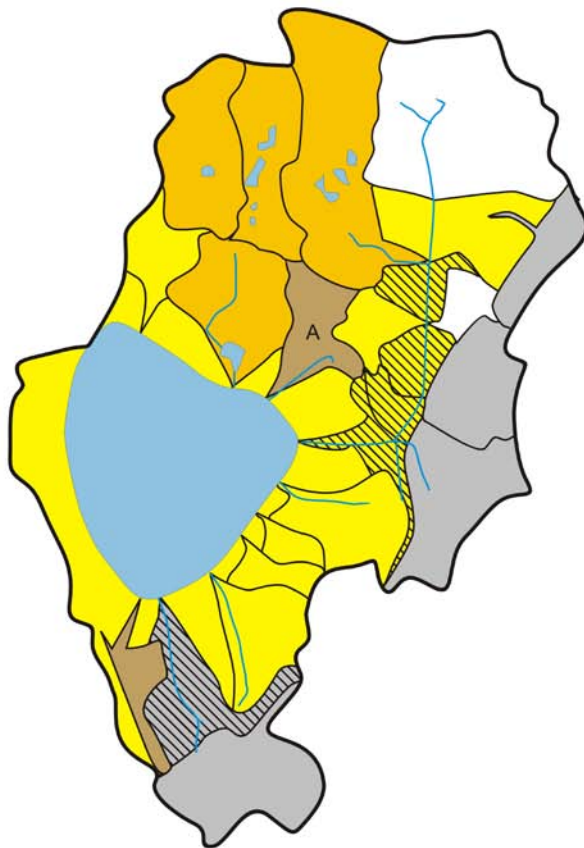
Kuvassa 21 on esitetty valuma-alueen eri osien soveltuvuus valumavesien imeyttämiseen. Valuma-alueen pohjoisosan sora- ja hiekka-alue on hyvin vettä läpäisevää ja soveltuu imeyttämiseen, mutta alue on harvaan asuttua, eikä tarvetta valumavesien hallintaratkaisuille ole. Etelä- ja itäosan moreeniselänteillä saattaa olla mahdollista imeyttää vettä pohjavedeksi, mikäli moreeni ei sisällä kovin paljon hienoainesta. Maan vedenläpäisevyys ja rakenne olisi kuitenkin tutkittava tarkemmin ennen imeytysratkaisujen rakentamista. Tällä alueella pohjaveden muodostuminen on melko todennäköistä, sillä alueella esiintyy useita lähteitä (Kiirikki 1991). Lähdeveden on arveltu olevan tärkeää Matalajärven kasvilajiston ominaispiirteille, minkä vuoksi pohjaveden muodostuminen alueella tulee turvata. Valuma-alueen kaakkoisosan liikenne- ja teollisuusalueilla on kuitenkin riski kemikaalien ja tiesuolan kulkeutumisesta pohjaveteen, mikäli valumavesiä pyritään ensisijaisesti imeyttämään pohjavedeksi. Vaikka Matalajärven eteläpuoliset moreeniselänteet eivät olekaan luokiteltuja pohjavesialueita, on Kehä III:n ja Kylänportin teollisuusalueiden valumavedet syytä puhdistaa siten, ettei suurimittaista suotautumista pohjavedeksi pääse tapahtumaan. Valumavedet onkin syytä käsitellä pääasiassa viivyttämiseen perustuvilla menetelmillä. Pohjaveden muodostumista alueella on hyvä edistää pienimuotoisilla käsittelyratkaisuilla muilla alueilla kuin Kehä III:lla ja teollisuusalueilla.









Kuva 21. Maaperäolojen vaikutus valumavesien imeyttämismahdollisuuksiin Matalajärven valuma-alueella.

Valuma-alueen pohjoisosan mäkisillä alueilla pohjamoreeni peittää kalliota vaihtelevanpaksuisena kerroksena. Näillä alueilla moreenin vedenläpäisevyys ei ole riittävä laajamittaiseen imeyttämiseen. Paikallinen, yksittäisten kiinteistöjen hulevesien imeyttäminen voi kuitenkin olla mahdollista, mikäli pohjavedenpinta on riittävän syvällä eikä imeyttäminen aiheuta vaaraa rakenteiden kastumisesta. Alavimmilla alueilla maaperä on savikkoa, eikä veden imeyttäminen maahan ole mahdollista. Näillä alueilla valumavesien määrän ja laadun hallinta voidaan toteuttaa vain valumavesiä viivyttämällä.

Suurella osalla valuma-aluetta suurimpana ongelmana on suuri ravinnekuormitus (kuva 22), josta valtaosa kulkeutuu kiintoainekseen sitoutuneena. Keltaisella merkityt alueet kuvassa 22 ovat peltovaltaisia osavaluma-alueita, joilla sekä typpi- että fosforikuormitus on kohtalaisen suurta. Golfkentän alueella (oranssi värisymboli) suurimman vedenlaadun ongelman muodostavat korkeat fosforin pitoisuudet. Näillä alueilla kiintoaineen pidättämiseen (laskeutus tai suodatus) perustuvat käsittelymenetelmät voivat hyvin toimiessaan mahdollistaa melko hyvän puhdistustuloksen. Matalajärven valuma-alueella suurin osa eroosiosta tapahtuu kuitenkin savikoilla, joten suuri osa kiintoaineksestä on hienorakeista ja sitoutuu pohjalietteeseen vain hyvin hitaassa virtauksessa. Epäpuhtauksien pitoisuudet ovat myös suurimmat pienimmissä kiintoainehiukkasissa, jotka kykenevät suuren ominaispinta-alansa ansiosta sitomaan pinnalleen mm. fosforia ja hivenmetalleja. Virtausnopeuden merkittävä hidastaminen edellyttää valumavesien käsittelyratkaisuilta pitkää viipymää ja suurta tilantarvetta. Puhdistustulosta voidaan edelleen parantaa suunnittelemalla ratkaisuja, joissa kasvillisuus ja mikrobit poistavat vedestä liukoisia ravinteita.



Veden laatu	Puhdistusprosessien vaatimukset
 - Kohtalaisesti ravinteita, pääosin kiintoaineksessa	- Laskeutus tai suodatus
 -Paljon liukoista tyypeä -Hivenmetalleja, kloridia	-Laskeutus tai suodatus -Kasvillisuuden ravinteiden otto
 -Paljon ravinteita kiintoaineksessa, A: fosforista suuri osa liukoista	-Laskeutus tai suodatus -Kasvillisuuden ravinteiden otto
 -Paljon fosforia, kohtalaisesti tyypeä, pääosin kiintoaineksessa	- Laskeutus tai suodatus
 -Vähän ravinteita	
 -Osavaluma-alueen oma ravinnekuormitus suuri	- Pääuomaan sijoitettavat keskitetyt ratkaisut

Kuva 22. Yhteenvedo yläpuolisen valuma-alueen suhteellisesta ominaiskuormituksesta kunkin osavaluma-alueen kohdalla (värisymbolit). Vinoviivoitus osoittaa alueita, joilla osavaluma-alueen sisällä tapahtuva ravinnekuormitus on suurta (sekä tyyppi että fosfori). Tiedot on koottu vedenlaatutietojen ja las-kennallisten kuormitusten pohjalta.

Kulloonsillanpuron valuma-alueella suurin osa kuormituksesta tulee salaojia pitkin pääuoman välittömässä ympäristössä olevilta pelloilta. Tämän vuoksi hajautetut käsittelyratkaisut eivät ole käyttökelpoisia, ja pääuomaan suunniteltavien käsittelyratkaisujen tilantarve on huomattava. Ongelmallinen alue on myös Matalajärven lähivaluma-alue, jolta huuhtoutuu runsaasti ravinteita suoraan järven rantavyöhykkeelle. Valumavedet purkautuvat hajautetusti salaojien purkupaikoissa, joten paikallisillakaan käsittelyratkaisuilla ei voida vaikuttaa veden laatuun. Matalajärven lähivaluma-alueella ravinnekuormitusta olisi saatava vähennettyä pääasiassa viljelytekniisillä keinoilla.

Kuvasta nähdään, että valuma-alueen itäosassa, Kehä III:n varressa ja teollisuusalueilla, suurimmat veden laadun ongelmat liittyvät korkeisiin liukoisen tyyden kuormiin, joita syntyy mm. liikenteessä. Lisäksi näiltä alueilta huuhtoutuu vesistöön hivenmetalleja, joista etenkin kupari ja sinkki voivat esiintyä eliöstölle vaarallisissa pitoisuuksissa. Tiesuolauksen vuoksi valumavesissä on myös runsaasti kloridia. Liikenne- ja teollisuusalueet sijaitsevat osavaluma-alueiden latvaosissa, joten näiden alueiden valumavedet voidaan käsitellä ennen kuin ne johdetaan suurempiin puroihin.

Liukoisen tyypin korkeiden pitoisuuksien vuoksi liikenne- ja teollisuusalueilta johdettavien vesien puhdistuksessa on laskeutuksen lisäksi hyödynnettävä kasvillisuuden ja mikrobien kykyä vähentää liukoisia ravinnepitoisuuksia. Samalla myös liukoisia metallipitoisuuksia voidaan vähentää. Tiesuolassa olevan kloridin poistaminen valumavesistä on lähestulkoon mahdotonta sen konservatiivisen luonteen vuoksi (ei osallistu juurikaan kemiallisiin tai biologisiin reaktioihin). Kloridi-ionit pysyvät vedessä liukoisena eivätkä poistu vedestä haihtumalla, hajoamalla tai hapettumalla. Ne eivät myöskään pidäy adsorptiolla maaperään tai veden kiintoainekseen (Environment Canada 2001). Kloridin pitoisuudet valumavesissä ovat riippuvaisia ainoastaan suolakuormasta, veden laimenemisestä tai väkevöitymisestä haihtumisen seurauksena (Environment Canada 2001). Kloridi ei kuitenkaan myötävaikuta rehevöitymiseen, joka on tällä hetkellä suurin Matalajärven kohdistuva uhka, eikä sen vaikutuksia leväyhteisöihin ole voitu osoittaa (Barkman 2010c).

Valumavesien johtaminen Matalajärven valuma-alueen ulkopuolelle on ollut myös esillä järven tilan parantamista pohdittaessa (mm. Barkman 2008). Tällä vaikutettaisiin kuitenkin samalla järven vesitalouteen vähentämällä veden vaihtuvuutta järvestä. Kaikkein kuormittavimpia, pienialaisia kohteita lukuun ottamatta vesien johtamista alueen ulkopuolelle ei voidakaan pitää ensisijaisena keinona vähentää Matalajärven kohdistuvaa kuormitusta.

9.2. Valumavesien alueelliset käsittelyratkaisut

Matalajärven valuma-alueelle suunnitellut käsittelyratkaisut on esitetty kuvassa 23. Suunnitelma sisältää kolme kosteikkoa, yhden lammikon ja viisi viivytykskosteikkoa. Lisäksi golfkentän vesiesteisiin on suunniteltu kunnostus ja alimpaan vesiesteeseen valumavesin kemiallinen saostus. Kartassa on lisäksi esitetty Högnäsin asemakaavan hulevesien hallintasuunnitelmaan sisältyneet imeytyspainanteet (nro 3) ja Matalajärven suojeluyhdistyksen suunnittelemaat laskeutusaltaat ja kosteikot (nro 2).

Matalajärven valuma-alueella perustettavat käsittelyratkaisut on pääasiassa toteutettava kaivamalla, sillä luontaisia kosteikon paikkoja ei alueella juuri ole. Alueen ojien ja purojen ympäristöt ovat lisäksi hyvin alavia, ja uomien padottaminen nostaisi veden herkästi ympäröiville pelloille. Mm. viivytykskosteikkoja on perustettava osin myös patoamalla ja pengertämällä, jotta poistoputkelle saadaan riittävä kaltevuus. Suunnitelmat ovat tässä vaiheessa vielä alustavia, ja rakennetta koskevat ratkaisut pitää tarkentaa yksityiskohtaisella suunnittelulla, jonka yhteydessä alueilla tehdään vaaitus. Tässä vaiheessa tulee ottaa huomioon myös mm. salaojat ja niiden korkeudet, jotta valumavesien käsittelyratkaisuilla ei aiheuteta veden nousua salaojiin muuten kuin hetkellisten tulvakausion aikana.

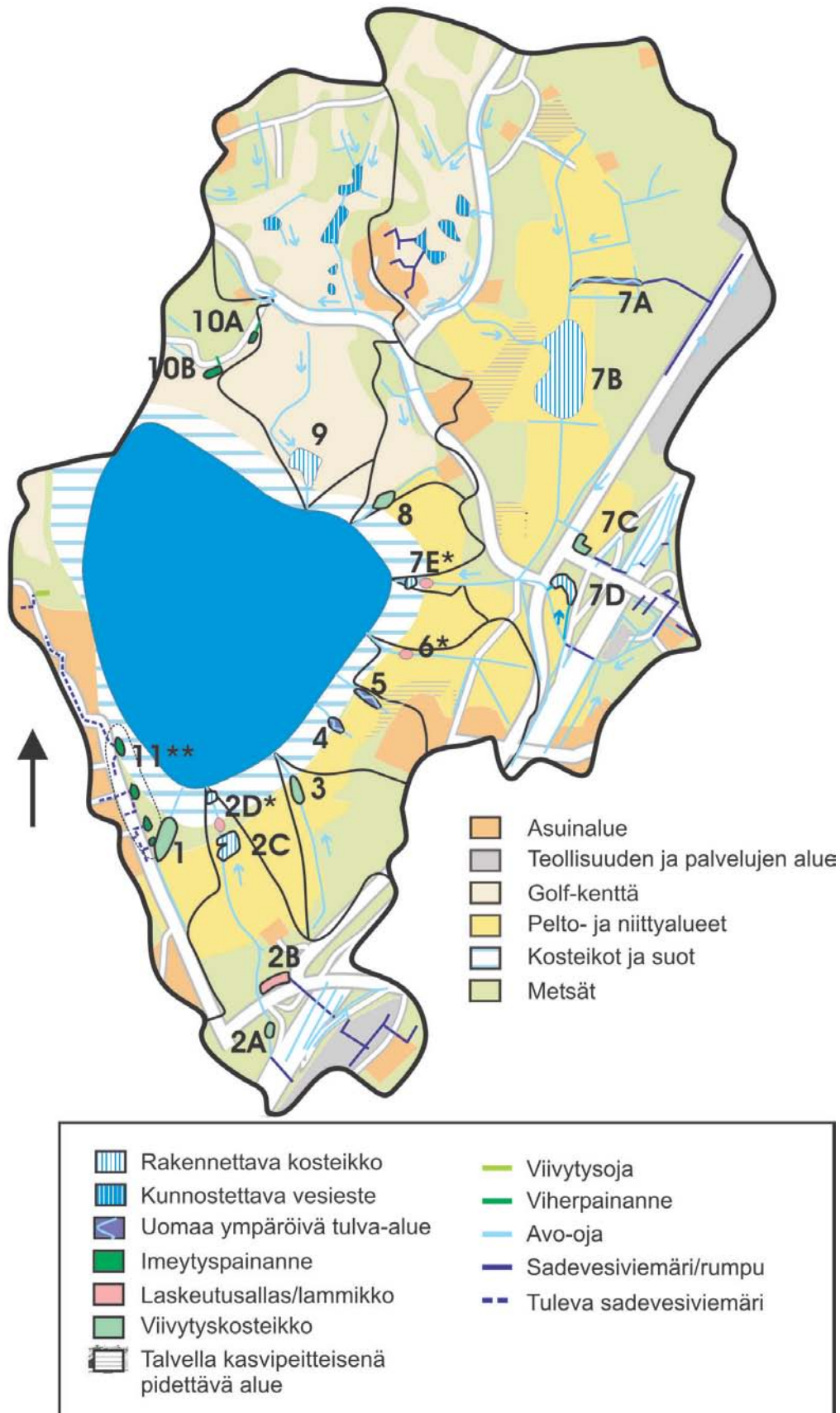
Valumavesien käsittelyratkaisut on mitoitettu ylivalumien perusteella valitun mitoitusylivalumaksi (q_{mit}) kevät- ja kesäylivalumasta suurempi arvo (taulukko 5). Tilavuuden tarve (V) lasketaan seuraavasti:

$$V = q_{mit} * A * t_n$$

A = valuma-alueen pinta-ala

t_n = nimellisviipymä

Kosteikoilta ja imeytyspainanteilta on vaadittu yhden vuorokauden nimellisviipymää. Viivytykskosteikoissa ja tulva-alueilla sen sijaan puhdistustulokset jäävät usein heikoiksi liian pienen viipymän vuoksi. Tämän vuoksi niiltä on vaadittu 36 tunnin nimellisviipymää riittävän puhdistustuloksen varmistamiseksi (kts. Ministry of the Environment 2003). Kosteikoissa veden syvyys on yleensä pienin (keskimäärin n. 0,6 m), kun taas avovesipintaissa altaissa, joihin on varattu lisääviivytystilavuutta, veden keskisyvyys on tulvatilanteessa usein yli metrin. Ratkaisujen keskisyvyydet on valittu olemassa olevien suunnitteluohjeiden mukaisesti (Ministry of the Environment 2003, Hyöty 2007, Puustinen 2007). Ratkaisujen vaatima pinta-alan tarve vastaavasti laskettiin jakamalla ratkaisun tilavuus sen keskimääräisellä syvyydellä.



Kuva 23. Valumavesien alueellisten hallintaratkaisujen alustava sijainti. Kartassa on esitetty sekä tässä työssä että muissa suunnitelmissa esitetyt ratkaisut (muualla esitetyt ratkaisut: * Matalajärven suoje- luyhdistyksen suunnittelemat ratkaisut (Barkman 2008), ** Högnäsin katujen yleissuunnitelma 2009).

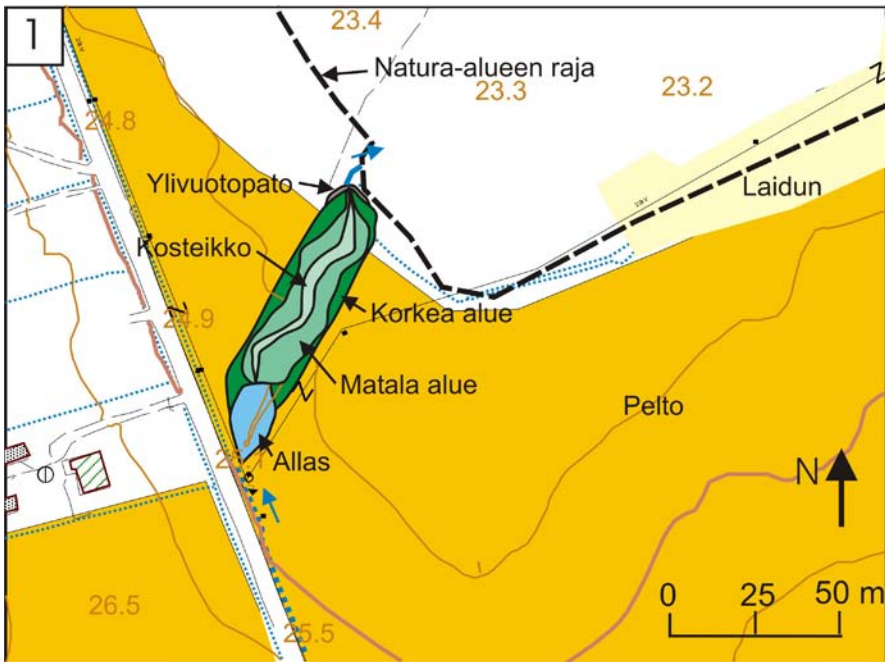
Taulukko 5. Suunnitellut valumavesien käsittelyratkaisut ja niiden mitoitus.

Ratkaisun nro	Käsittelyratkaisu	Valuma-alueen koko (ha)	Mitoitusvaluma (l/s/km ²)	Tilavuuden tarve/suunniteltu tilavuus (m ³)	Keskisyvyys (m)	A (ha)
1	Viivytyksosteikko	6,2	190	1521/1260	0,9	0,14
2A	Viivytyksosteikko	4,3	140	783/720	0,8	0,09
2B	Lammikko	13	160	2670/1800	1,0	0,18
2C	Kosteikko	36,5	140	2004/1854*	0,6	0,31
3	Viivytyksosteikko	12	130	2010/1440	0,9	0,16
4	Tulva-alue	3,7	130	627/450	0,9	0,05
5	Tulva-alue	3,5	130	582/540	0,9	0,06
7A	Tulva-alue	8,7	180	2025/1980	0,9	0,22
7B	Kosteikko	130	130	12 609/12 000*	0,5	2,40
7C	Viivytyksosteikko	5,3	200	1350/1280	0,8	0,16
7D	Kosteikko	19	130	2180/2045	0,6	0,36
8	Viivytyksosteikko	11	140	1960/1960	0,9	0,22
9	Vesiesteen kunnostus	58,6				
10A	Imeytyspainanne	0,9	100	85/85	0,3	0,03
10B	Imeytyspainanne	3,3	120	342/342	0,3	0,11

*tilavuuden tarpeessa on otettu huomioon yläjuoksulle suunnitellut ratkaisut (vähentävät tilavuuden tarvetta)

Viivytyksosteikko Matalajärven eteläpuolelle (1)

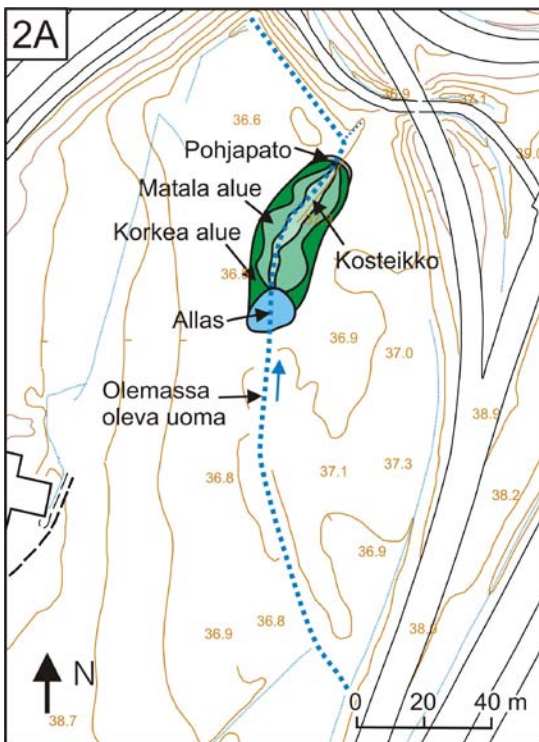
Valuma-alueelta 1 tulee Matalajärveen runsaasti sekä typpi- että fosforikuormitusta. Valuma-alue lienee kuitenkin liian pieni varsinaisen kosteikon perustamiseen. Tämän vuoksi ojan ympärille Natura-alueen ulkopuolelle rakennetaan viivytyksosteikko (kuva 24), jossa on kapea kosteikko painanteen syvimmässä osassa, joka pysyy ainakin suuren osan vuodesta kosteana. Tämä vähentää riskiä aiempien tulvien aikana kerrostuneiden sedimenttien liikkeelle lähdöstä virtaaman kasvaessa. Ojan sisäänvirtauspaikassa on tasausallas, jossa veden virtausnopeus laskee ja karkein kiintoaines laskeutuu pohjalle. Kosteikko-kaistaleen ympärillä on kahdella eri korkeudella kasvipeitteisiä viivytyksalueita, jotka peittyvät vedellä tulvan aikana. Painanteen purkupuutki sijoitetaan kosteikkoa korkeammalle, jolloin se säilyy kuivanakin aikana kosteana. Purkupuutken ja ylivirtauspadon (suuria tulvatilanteita varten) jälkeen vesi johdetaan rantakosteikkoon. Viivytyksosteikko tehdään osin kaivamalla ja osin pengertämällä.



Kuva 24. Viivytykosteikko Matalajärven eteläpuolella (käsittelyratkaisu 1).

Viivytykosteikko Kättbäckenin läntiseen latvaahaaraan (2A)

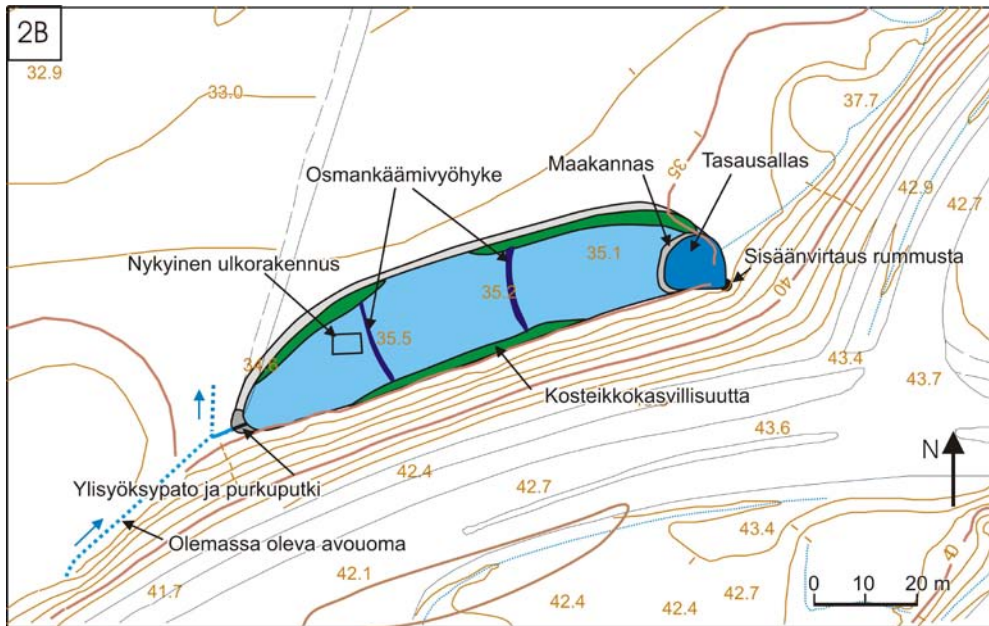
Kylänportin teollisuusalueelta ja Kehä III:lta tulevat vedet johdetaan Kehä III:n pohjoispuolella ojaan, joka virtaa soistuneen metsäalueen läpi. Tälle alueelle perustetaan viivytykosteikko (kuva 25). Pieni valuma-alue rajoittaa varsinaisen kosteikon perustamista. Tulouomaan kaivetaan tasausallas, josta vedet johdetaan viivytykosteikkoon, jonka pohjalla on kapea kosteikkoalue. Rakenne toteutetaan osin kaivamalla ja osin patoamalla. Vaihtoehtoisena ratkaisuna kosteikko voidaan perustaa patoamalla olemassa oleva uoma, ja kaivamalla uomaan kohtisuorasti kampaajia, joiden kautta veden annetaan levittäytyä maastoon. Tällöin tulee kuitenkin varmistaa, ettei veden padottaminen aiheuta veden nousua Kehä III:n alittavaan rumpuun.



Kuva 25. Viivytykosteikko Kättbäckenin läntisessä latvaahaarassa (ratkaisu 2A).

Lammikko Kättbäckenin itäisessä latvahaarassa (2B)

Kehä III:n ali johdettu sadevesiviemäri johtaa vesiä Kylänportin teollisuusalueelta ja Kehä III:lta. Vedessä on runsaasti liukoista tyyppiä, hivenmetalleja ja kloridia. Puro virtaa tällä hetkellä tiepenkereen pohjoispuolella kapeahkossa painanteessa, jota levennetään, ja paikalle perustetaan lammikko (kuva 26). Lammikon paikka on melko kapea, eikä tila riitä riittävän laajan kosteikon perustamiseen. Lammikossa veden syvyys on suurempi kuin kosteikossa, joten lammikolla voidaan saada riittävä viivytystilavuus ja varmistaa siten kiintoaineksen laskeutumisedellytykset. Lammikon alkupäähän tulee tasausallas, jolla voidaan laskeuttaa karkeinta kiintoainesta ja johtaa veden virtaus tasaisesti lammikkoon. Lammikossa on jonkin verran eri syvyisiä osioita syvimmän osan ollessa alkupään tasausallas. Tämän avulla voidaan tyyppiä saada poistumaan denitrifikaation avulla. Myös lammikon reunat muotoillaan loiviksi, jolloin niille voidaan saada asettumaan kasvillisuutta, joka hyödyntää lisäksi liukoista tyyppiä. Hivenmetalleja sitoutuu sekä kasvillisuuteen että pohjasedimenttiin kiintoaineksen mukana.

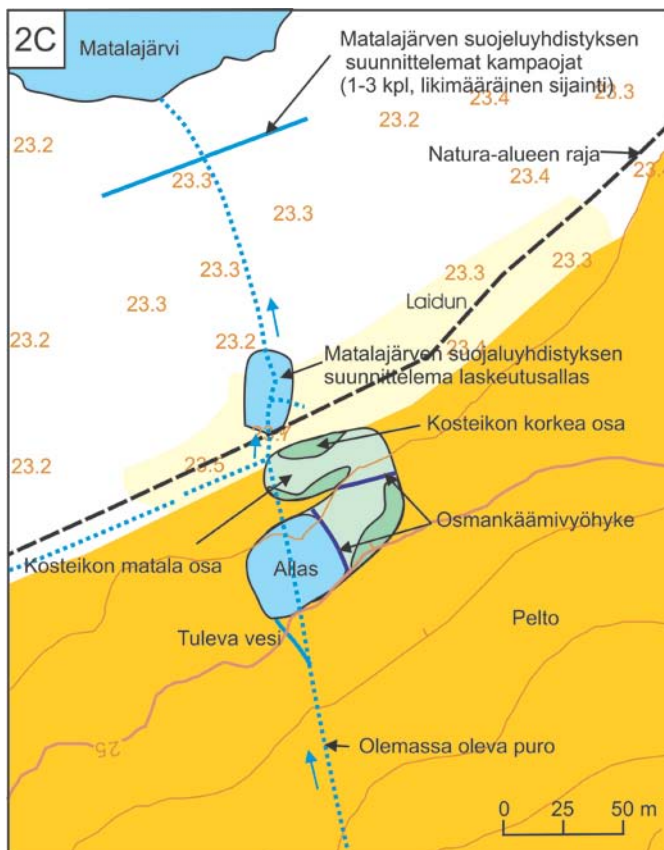


Kuva 26. Lammikko Kättbäckenin latvan itäisessä haarassa (ratkaisu 2B).

Kättbäckenin alaosan kosteikko (2C)

Matalajärven suojeluyhdistys on suunnitellut Kättbäckenin alajuoksulle laskeutusallasta ja kosteikkoa, jossa vesi johdetaan rantakasvillisuuden sekaan kampaioja pitkin (kuva 27). Tälle rakenteelle ei ole kuitenkaan vielä haettu maisematyölupaa, vaan ensin on tarkoitus odottaa kokemuksia kahdesta ensimmäisestä Matalajärven suojeluyhdistyksen suunnittelemasta käsittelyratkaisusta (6* ja 7E*). Tämän laskeutusaltan ja kosteikon yhdistelmän ja Kättbäckenin latvalle suunniteltujen ratkaisujen (2A ja 2B) käsittelykapasiteetti ei kuitenkaan yhteensä ole riittävä Kättbäckenin valumavesien käsittelyyn. Siksi Kättbäckenin alaosaan Natura-alueen ulkopuolelle on suunniteltu lisäksi kosteikko. Kosteikossa on aluksi allasosa, jossa kiintoainesta laskeutuu ja veden virtaus tasaantuu. Vedet johdetaan altaasta kasvillisuusvyöhykkeen (osmankäämiä) läpi matalaan kasvillisuuden hallitsemaan kosteikko-osaan.

Kosteikossa tapahtuu peltoalueelta huuhtoutuvan kiintoaineksen laskeutumista. Samalla hivenmetallit, jotka ovat kulkeutuneet alajuoksulle asti, sitoutuvat pohjasedimenttiin eivätkä pääse huuhtoutumaan Matalajärveen. Kosteikossa oleva runsas kasvillisuus ja vaihtelevat happipitoisuudet edistävät liukoisen typen sitoutumista, sillä on oletettavaa, että sitä huuhtoutuu alajuoksulle yläjuoksun käsittelyratkaisuista huolimatta. Kosteikko perustetaan pääosin kaivamalla.



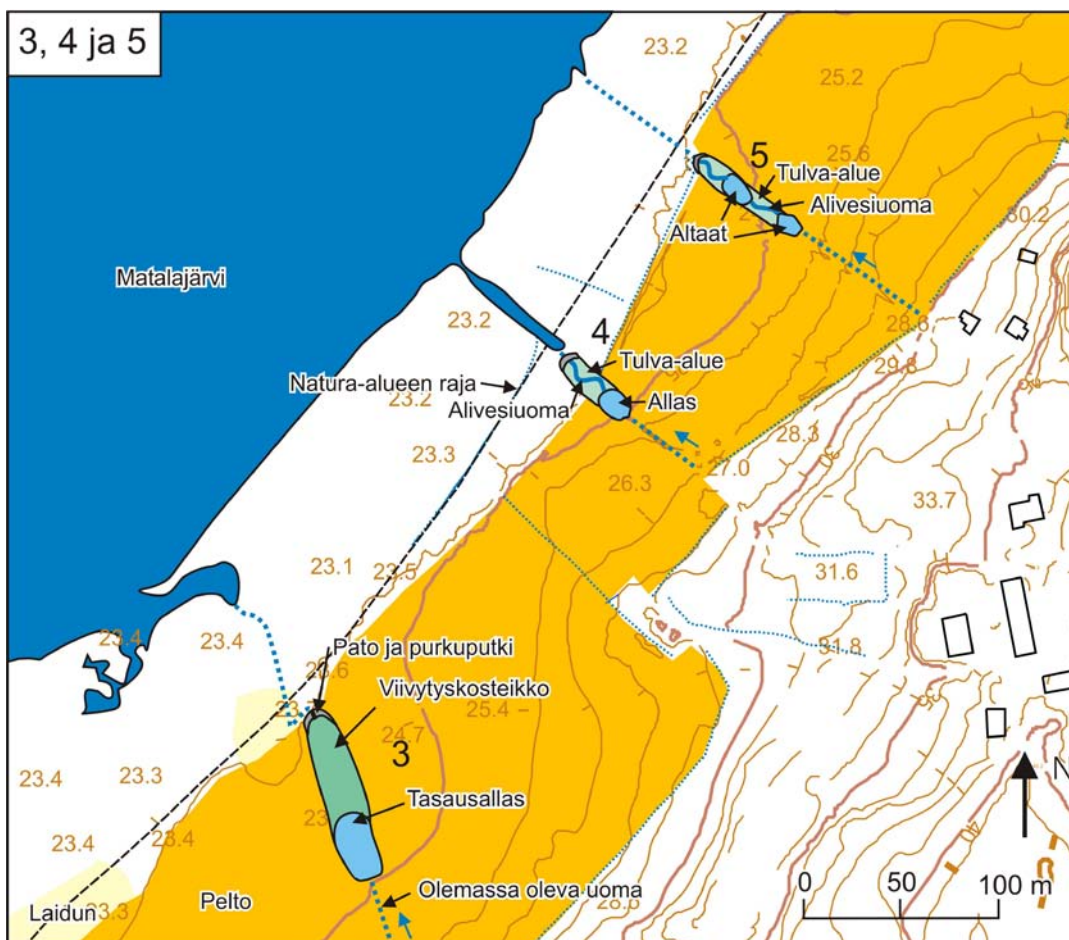
Kuva 27. Kättbäckenin alaosaan suunniteltu kosteikko (ratkaisu 2C) sekä Matalajärven suojeluyhdistyksen suunnittelema laskeutusaltan ja kosteikon (kampaioja) yhdistelmä.

Viivytyskosteikko (3)

Peltoalueiden halki virtaavan ojan alajuoksulle perustetaan viivytyskosteikko (kuva 28). Vedet johdetaan ensin tasausaltaaseen. Varsinaisessa viivytyspainanteessa on pohjalla kosteikko-osa ja ympärillä sateettomana aikana kuivillaan oleva kasvipeitteinen viivytystila. Painanne perustetaan osin kaivamalla, osin patoamalla. Valuma-alueelta tapahtuvan pohjaveden purkautumisen vuoksi kosteikkoon tulee riittävä pohjavirtaus.

Altaiden ja tulva-alueiden yhdistelmät (4 ja 5)

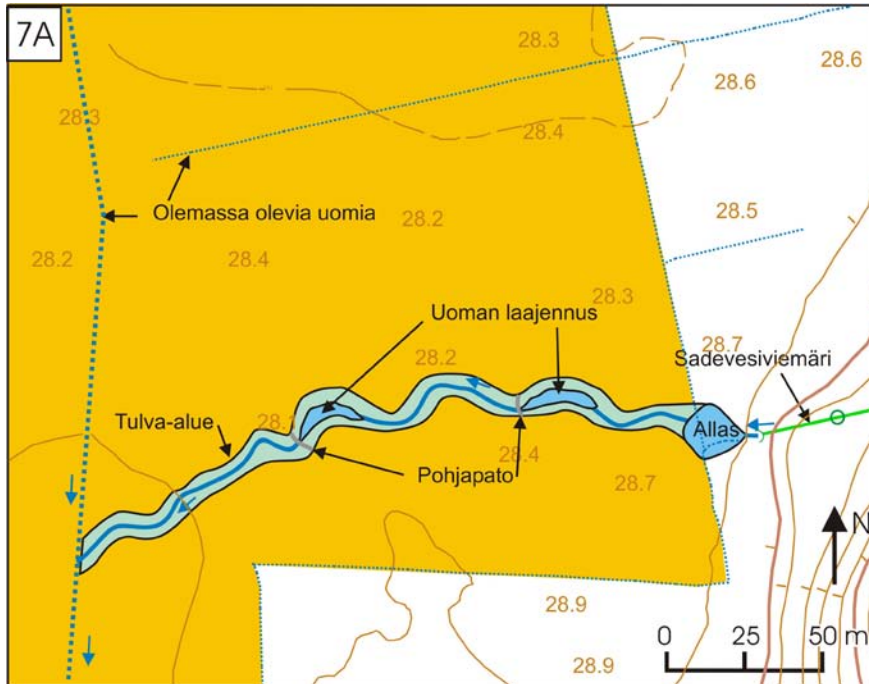
Matalajärven kaakkoispuolelta järveen laskevat pienet ojat ovat liian pieniä kyetäkseen ylläpitämään edes kapeaa pohjalla sijaitsevaa kosteikkoa. Pienestä valuma-alueesta johtuen virtaamat ovat ääreviä ja uomat kuivuvat sateettomina aikoina. Valumavesien puhdistusta parannetaan näissä ojissa kaivamalla kapea alivesiuoma ja leventämällä uomaa niiden ympärillä siten, että muodostuu tulva-alue (kuva 28). Veden nousua tulva-alueelle tehostetaan pohjapado(i)lla. Kiintoaineksen laskeutumista tehostetaan uomiin rakennettavilla pienillä altailla. Samalla voidaan hidastaa veden virtausta alapuolisessa uomassa ja estää siten eroosiota.



Kuva 28. Viivytyskosteikko (3) ja uomiin suunniteltujen altaiden ja tulva-alueiden yhdistelmät (ratkaisut 4 ja 5).

Koskelon teollisuusalueelta laskevan ojan altaat ja tulva-alueet (7A)

Koskelon teollisuusalueelta laskeva sadevesiviemäri purkaa vetensä pieneen (7 m²) laskeutusaltaaseen, jonka ei ole kuitenkaan havaittu parantavan veden laatua (Mykkänen 2008). Tämän suunnitelman mukaan sadevesiviemärin purkukohtaan kaivetaan suurempi allas, josta vedet johdetaan loivasti mutkittelevaan avouomaan, jossa on muutama uoman laajennus kiintoaineen kasautumista tehostamassa ja uomaa monipuolistamassa (kuva 29). Uoman ympärille kaivetaan tulva-alue, joka on sateettomana aikana kuivillaan. Teollisuusalueelta huuhtoutuvia metalleja pidättyy altaiden pohjasedimenttiin ja uomassa olevaan kasvillisuuteen. Kasvillisuus myös sitoo jonkin verran liukoista typpeä. Varsinaisen koskeikon perustamisen estää valuma-alueen pienenus ja pieni pohjavirtaama.

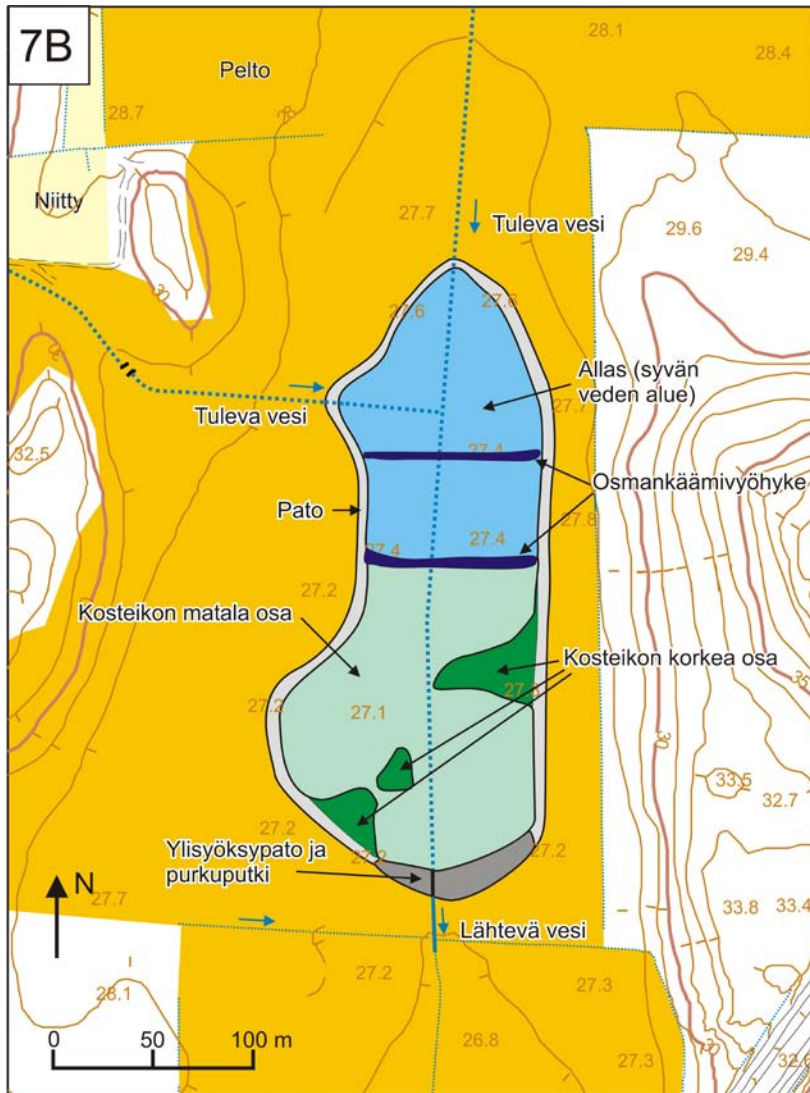


Kuva 29. Altaat ja tulva-alue Koskelon teollisuusalueelta laskevassa ojassa (ratkaisu 7A).

Kulloonsillanpuron pääuoman kosteikko (7B)

Kulloonsillanpuro kuljettaa huomattavan osan koko Matalajärven valuma-alueen kuormituksesta. Pelto-alueilta ja golfkentältä huuhtoutuu sekä typpeä että fosforia. Suurin osa ravinteita on kiintoainekseen sitoutuneena, mutta suuresta kuljetusmäärästä johtuen myös liukoisia ravinteita huuhtoutuu Kulloonsillanpuroa pitkin Matalajärveen. Pääuoman varteen rakennettavalla laajalla kosteikolla (kuva 30) pyritään vähentämään sekä kiintoainekseen sitoutuneiden että liukoisten ravinteiden määriä. Kosteikko koostuu allasosasta ja varsinaisesta kosteikko-osasta. Allasosassa osmankäämivyöhykkeet tasaavat virtausta ja levittävät sitä tasaisesti koko altaan leveydelle. Kosteikossa on korkeampia osioita ohjaamaan veden virtausta tasaisesti koko kosteikon alueelle.

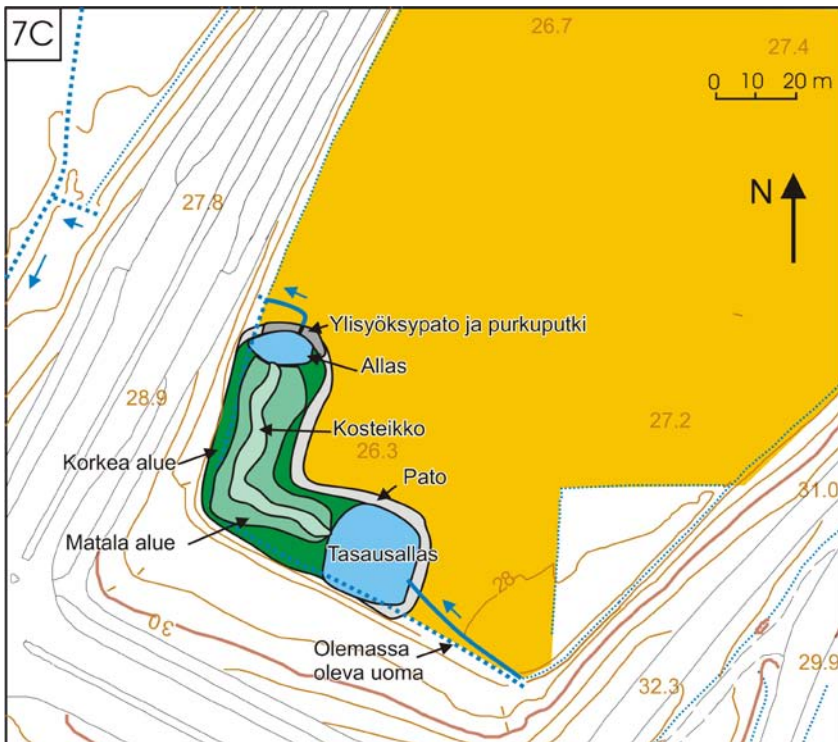
Kosteikko perustetaan pääosin kaivamalla. Lisäviivytystilavuutta voidaan saada myös pengertämällä, mutta tällöin tulee huolehtia pengerrätyn alueen ulkopuolelle jäävien alueiden kuivatuksesta.



Kuva 30. Kulloonsillanpuron pääuoman kosteikko (ratkaisu 7B).

Viivytyskosteikko Kulloonsillanpuron haaraojassa (7C)

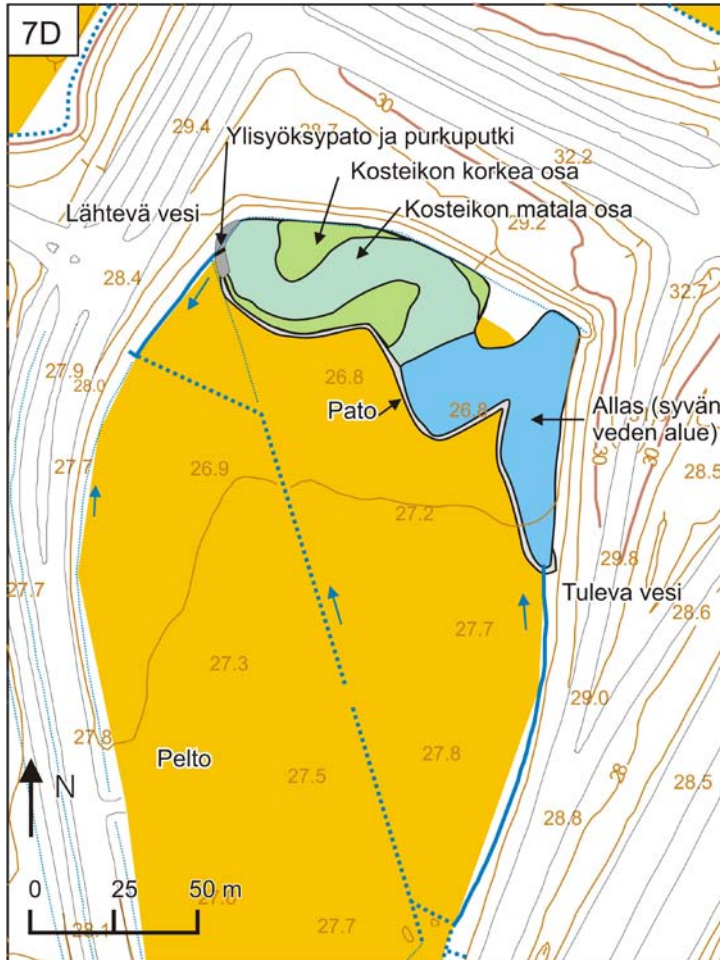
Pääasiassa Kehä III:lta vetensä keräävän ojan kuormitus koostuu liukoisesta typestä, metalleista ja kloridista. Viivytyskosteikolla pyritään hyödyntämään kasvillisuuden ravinteidensitomiskykyä (kuva 31). Tasausallas painanteen alkupäässä tehostaa kiintoaineen laskeutumista ja luo edellytyksiä myös typen denitrifikaatiolle. Pienen valuma-alueen vuoksi varsinaista kosteikkoa, jossa liukoisen typen poistuminen olisi tehokkainta, ei voida perustaa.



Kuva 31. Viivytyskosteikko Kulloonsillanpuron haaraojassa (ratkaisu 7C)

Kosteikko Kulloonsillanpuron haarassa (7D)

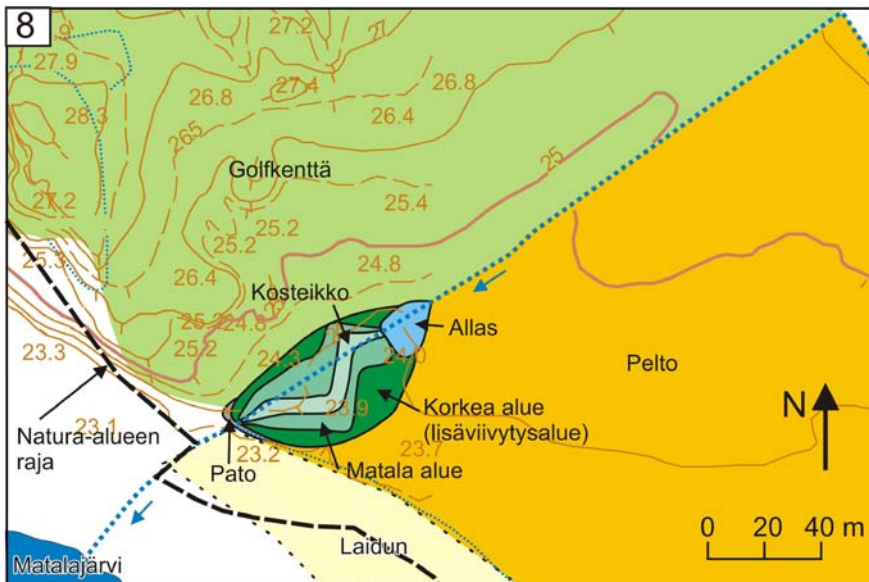
Huoltoasemalta ja Kehä III:n eteläpuolelta tulevan Kulloonsillanpuron haaran valuma-alue on riittävän suuri kosteikon perustamiseen. Kosteikko perustetaan teiden väliin jäävän peltoalueen pohjoisreunaan, missä maasto on alavinta (kuva 32). Kosteikolla kyetään melko tehokkaasti poistamaan vedestä liukoista tyyppiä, jota valumavesissä on runsaasti. Kosteikko on kaksiosainen koostuen allasosasta ja matalasta kosteikkokasvillisuuden osasta. Kosteikko rakennetaan sekä kaivamalla että patoamalla.



Kuva 32. Kosteikko Kulloonsillanpuron Kehä III:lta tulevassa haarassa (ratkaisu 7D).

Golfkentän ja pellon välisen rajaojan viivytyskosteikko (8)

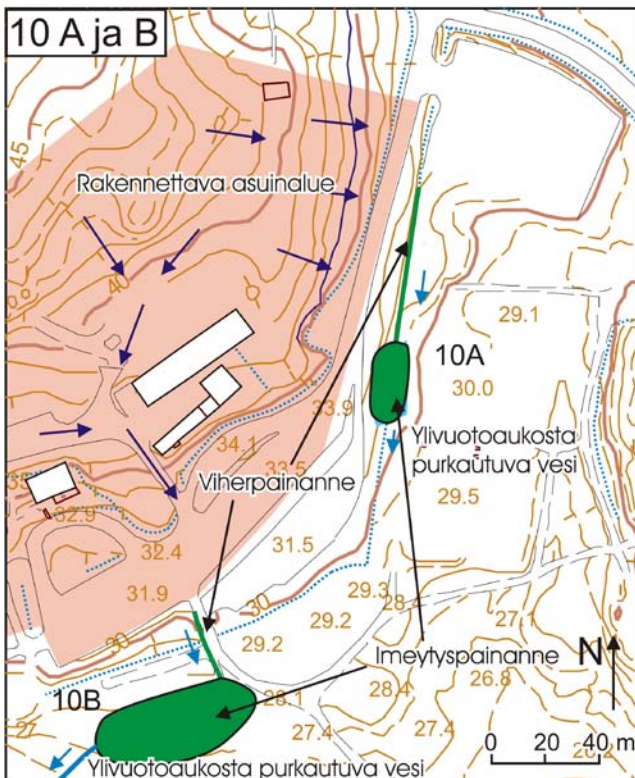
Golfkentän ja pellon välissä virtaavan ojan ravinnekuormitus on suurta. Erityisesti fosforista suuri osa on lisäksi liukoisessa muodossa. Ojan valuma-alue on kuitenkin liian pieni varsinaisen kosteikon perustamiseen. Kasvillisuutta pyritään kuitenkin hyödyntämään mahdollisimman hyvin perustamalla viivytyskosteikko (kuva 33), jossa on pieni kosteikko-osa painanteen syvimmässä osassa. Lisäksi alkuosan tasausallas voi tehostaa typen poistumista denitrifikaatiolla. Mikäli uoman ravinteiden poistoa halutaan tehostaa erityisesti liukoisen fosforin osalta, voidaan allasosaa suurentaa ja liittää siihen saostuskemikaalin lisäys. Suuren ravinnekuormituksen lähteen ja syyn selvittämiseksi olisi myös syytä tehdä lisätutkimuksia.



Kuva 33. Golfkentän ja pellon väliseen ojaan suunniteltu viivytyskosteikko (ratkaisu 8).

Eskaksenmäen imeytyspainanteet (10A ja B)

Eskaksenmäen tulevaa asutusta (Bodomin kartanon asemakaava-alue) varten on suunniteltu kaksi imeytyspainannetta (kuva 34). Lähinnä asuinalueelta huuhtoutuvissa vesissä ei ole runsaasti kiintoainesta, joten vedet voidaan hyvin imeyttää ilman, että rakenteen tukkeutumsivaara olisi suuri. Tukkeutumisriskiä vähennetään lisäksi esikäsitellyn toimivalla viherpainanteella. Alueella maaperän pinta koostuu savesta, jonka alla on moreenia. Imeytyspainanteeseen tehdään massanvaihto, jolloin savipitoista pintamaa kuoritaan pois, ja vedet pääsevät imeytymään paikalle vaihdetun kasvu- ja hiekkakerroksen läpi moreeniin. Imeytyspainanteiden perustaminen edellyttää kuitenkin alueen maaperän vedenläpäisevyyden ja pohjaveden pinnankorkeuden tarkempaa tutkimista. Mikäli vedenläpäisevyys ei ole riittävä imeytymisen kannalta, voidaan suotautuneet vedet kerätä rakenteen alta salaojaputkilla ja johdattaa alapuoliseen vesistöön. Altaiden alapäähän rakennetaan lisäksi ylivuotokouru suurimpien tulvatilanteiden varten.



Kuva 34. Hulevesien imeytysaltaat Eskaksenmäen kupeessa (käsittelyratkaisut 10A ja 10B)

Golfkentän vesiesteen kunnostus (9)

Golfkentältä huuhtoutuvissa vesissä on runsaasti erityisesti fosforia. Vesiesteet käsittävät noin 3 % Gussängsbäckenin valuma-alueesta, mikä viittaa siihen, että valuma-alueella on riittävästi veden viivytystilavuutta. Veden laadun ja vesiesteiden veden sameuden perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että veden puhdistumista ei tapahdu riittävästi, ja tehostamistoimia tarvitaan. Alimman vesiesteen ei ole havaittu poistavan vedestä ravinteita kovin tehokkaasti. Typen pitoisuudet vähenivät jonkin verran, mutta fosforipitoisuudet jopa kasvoivat allasta edeltäneeseen pitoisuuteen nähden (Seppälä 2007). Veden viipymästä altaissa ei ole olemassa arvioita. Altaista ainakin osa on kuitenkin hyvin syviä, eikä niiden toimintatehoa voida parantaa altaita syventämällä. Sen sijaan lisäämällä altaiden reunoille kasvillisuutta voidaan tehostaa kiintoaineksen laskeutumista ja liukoisten ravinteiden pidättymistä. Myös veden virtaukseen nähden poikittaiset kasvillisuusvyöhykkeet (esim. osmankäämi) voivat parantaa veden puhdistumista. Minimissään vesiesteiden kunnostus tarkoittaisi siis kasvillisuuden lisäämistä. Parempaan puhdistustulokseen päästäisiin kuitenkin altaita, erityisesti niiden matalia kosteikko-osia laajentamalla. Kiintoainekuormitusta voidaan myös vähentää suojaamalla altaihin laskevien ojien seinämiä kasvillisuudella tai muulla eroosiosuojauksella. Liian syvät altaat voivat myös aiheuttaa hapettomat olot altaiden pohjalle, minkä seurauksena sedimenttiin sitoutunutta fosforia voi liueta veteen. Gussängsbäckenin alimmassa vesiesteessä on kuitenkin suihkulähde, joka kierrättää hapekasta vettä syvempiin vesikerroksiin. Vesiesteiden pohjasedimentin vaikutusta veden laatuun golfkentän alueella olisi syytä selvittää tutkimalla mm. pohjanläheisen vesikerroksen happioloja ja sedimentin koostumusta.

Golfkentällä on kokeiltu vesistökuormituksen vähentämiseksi tähän mennessä myös kemiallista saostusta (Nieminen 2010), mutta veden sameus ei ole kokeiluissa laskenut riittävästi. Veden kirkastuminen ja kiintoaineksen laskeutuminen ovat Master Golfin tavoitteita myös esteettisistä syistä (Nieminen 2010). Periaatteessa kemiallisella saostuksella voidaan saavuttaa korkea fosforin poistuma erityisesti tulvakausiona, jolloin vedessä on runsaasti hienoaainesta. Saostuksen kemikaalikuormitusta lisäävän ja purovettä happamoittavan vaikutuksen vuoksi saostus ei kuitenkaan ole suositeltavaa Natura-alueelle laskevassa purossa.

9.3. Käsittelyratkaisujen kustannukset ja puhdistustehokkuus

Kullekin käsittelyratkaisulla laskettiin investointi- ja käyttökustannukset Hyötyn (2006, 2007) esittämien arvioiden mukaan (Taulukko 6). Lisäksi valumavesin saostuksen kustannuksia arvioitaessa hyödynnettiin Kuopion saostuskokeilun toteutuneita kustannuksia (Juntunen 2007). Investointikustannukset perustuvat karkeisiin arvioihin mm. maankaivun määrästä, ja tarkempi kustannusarvio täytyy tehdä jokaiselle käsittelyratkaisulle erikseen tarkempien suunnitelmien pohjalta.

Ratkaisuilla saavutettavia ravinnepoistumia arvioitiin kirjallisuudessa esitettyjen arvojen pohjalta (Taulukko 6). Arviossa painotettiin Suomessa toteutetuista ratkaisuista saatuja kokemuksia puhdistustehosta, sillä ulkomaisissa suunnitteluohjeissa esitetyt arvot vaihtelevat hyvin paljon, ja voivat pohjautua myös laboratorio-olosuhteissa tehtyihin kokeisiin. Kosteikkojen poistumat arvioitiin Puustisen ja muiden (2007) esittämien keskiarvokäyrien perusteella (poistumat riippuvaisia kosteikon pinta-ala/valuma-alue -suhteesta). Viivytyskosteikoista ja tulva-alueista on käytettävissä vain vähän toteutuneita puhdistustuloksia, joten niiden poistuma-arviot tehtiin saman käyrästäön mukaan kuin kosteikkojen. Imeytyspainanteiden fosforin poistuma-arviossa hyödynnettiin Vaasassa hiekkasuodatuksesta saatuja tuloksia (Kannala 2005). Imeytyspainanteiden typen poistumia on jouduttu arvioimaan ilman raportoituja kokemuksia Suomen olosuhteista. Kunkin pisteen laskennallisen ravinteiden vuosikuormituksen ja poistumaprosentin perusteella laskettiin myös kunkin käsittelyratkaisun aikaansaama vähennys ravinteiden kuljetuksessa (kg).

Investointikustannuksiltaan kallein käsittelyratkaisu on Kulloonsillanpuron pääuomaan suunniteltu kosteikko (240 000 euroa). Tämän ratkaisun käyttökustannuksetkin ovat yli 14 000 euroa vuosittain. Ratkaisulla voidaan kuitenkin reilusti vähentää ravinnekuormitusta (110 kg/a N ja 23 kg/a P), ja käsittelyratkaisu onkin sekä investointi- että käyttökustannuksiltaan halpa suhteessa saavutettavaan ravinnepoistumaan. Myös muut kosteikot ovat suhteellisen suurista investointikustannuksistaan huolimatta taloudellisesti tehokkaita ravinteiden poistajia. Monet tulva-alueet ja viivytyskosteikot ovat melko halpoja tässä työssä arvioituun ravinnepoistumaan nähden. Niiden poistumat saattavat kuitenkin

Taulukko 6. Suunnitellut valumavesien käsittelyratkaisut sekä arviot kustannuksista ja saavutettavista ravinnepoistumista.

Ratkaisun nro	Käsittelyratkaisu	Investointi- kustannukset (€)	Käyttökustan- nukset (€/a)	N poistuma (%)	N poistuma (kg)	P poistuma (%)	P poistuma (kg)	Kiireellisyysluokka
1	Viivytytyskosteikko	17 000	840	24	10	37	1,9	3
2A	Viivytytyskosteikko	11 000	540	17	4	32	0,4	3
2B	Lammikko	25 000	1 030	13	11	26	1,1	2
2C	Kosteikko	37 200	1 860	10	19	21	3,2	1
3	Viivytytyskosteikko	12 000	960	13	6	26	1,5	3
4	Tulva-alue	7 000	300	15	4	28	0,6	3
5	Tulva-alue	6 000	360	17	4	32	0,6	3
7A	Tulva-alue	22 000	1 320	26	14	39	0,8	2
7B	Kosteikko	240 000	14 400	19	110	34	23,0	1
7C	Viivytytyskosteikko	19 000	960	30	12	44	0,8	2
7D	Kosteikko	43 000	2 160	20	24	35	2,5	1
8	Viivytytyskosteikko	26 000	1 320	20	9	36	2,5	2
9	Vesiesteen kunnostus	8 000	2 400	5	11	16	6,8	1
10A	Imeytyspainanne	13 600	830	50	2	75	0,4	*
10B	Imeytyspainanne	54 720	3 350	50	9	75	1,7	*

* Toteutetaan kaava-alueen kunnallistekniikan rakentamisen yhteydessä

olla jonkin verran yliarvioituja, koska ne on laskettu kosteikkojen poistumaprosenttien perusteella, eivätkä pääosin kuivana pysyvät painanteet yleensä kykene yhtä suuriin poistumiin kuin avovesipintaisina tai kosteina säilyvät ratkaisut (Winer 2000). Imeytyspainanteet ovat suuren maankaivutarpeen vuoksi melko kalliita niin investointi- kuin käyttökustannuksiltaan. Niillä on kuitenkin muita menetelmiä parempi kyky puhdistaa vedestä mm. metalleja ja ne edelleen tehostavat pohjaveden muodostumista, minkä voidaan katsoa olevan tärkeää Matalajärven valuma-alueella. Taulukossa 6 on golfkentän vesiesteiden kunnostuksen kustannukset ja saavutettavissa olevat poistumat laskettu ainoastaan alimman vesiesteen ilman kaivutöitä toteutettavalle kunnostukselle. Koska vesiesteen osuus valuma-alueen pinta-alasta on melko alhainen (0,6%), jäävät poistuma-arvot prosentuaalisesti pieniksi. Lisäksi kunnostuksen tehon arviointia vaikeuttaa se, ettei altaiden nykyisestä puhdistustehosta ole riittävän kattavaa tietoa. Golfkentän kokonaisuormituksen vähentämisen kannalta olisi kuitenkin selkeästi tarve ulottaa kunnostustoimenpiteet alimman vesiesteen lisäksi muihin altaisiin.

Käsittelyratkaisut on luokiteltu puhdistustuloksen ja potentiaalisen ravinnekuorman vähentämisen perusteella kiireellisyysluokkiin. Lisäksi luokittelussa on otettu huomioon ravinteiden esiintymismuoto vedessä. Siten käsittelyratkaisu on kiireellisempi, mikäli siihen tulevassa kuormituksessa on runsaasti kasveille käyttökelpoisia ravinteita. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvien kohteiden rakentamisella voidaan vähentää merkittävästi Matalajärven ravinnekuormitusta, ja näiden ratkaisujen rakentaminen olisi syytä aloittaa niin pian kuin mahdollista. Tähän luokkaan kuuluvat käsittelyratkaisuista kosteikot 2C, 7B ja 7D sekä golfkentän vesiesteen kunnostus (9). Toiseksi kiireellisimpään luokkaan kuuluvat kohteet 2B (lammikko), 7A (tulva-alue) sekä 7C ja 8 (viivytytyspainanteita). Vähiten kiireellisiä ovat kohteet 1, 2A ja 3 (viivytytyspainanteita) sekä 4 ja 5 (tulva-alueita). Näiden vaikutus Matalajärven kokonaisuormitukseen on suhteellisen vähäinen. Kohteita 10A ja B ei ole varsinaisesti luokiteltu. Niiden rakentaminen tulee ajankohtaiseksi, kun Eskaksenmäelle rakennetaan pientaloasutusta (imeytysratkaisut otetaan käyttöön vasta, kun rakentamisen aiheuttama suuri kiintoaineskuorma on loppunut).

Taulukkoon 6 on koottu tämän työn ja muiden suunnitelmien (Barkman 2008, Högnäsin katujen yleis-suunnitelma 2009) yhteisvaikutus Matalajärven laskevien purojen ja lähivaluma-alueen ravinnekuormiin, mikäli kaikki käsittelyratkaisut toteutettaisiin. Matalajärven kokonaisuormitusta voidaan siis rakenteellisilla ratkaisuilla vähentää 15% typen osalta ja 25% fosforin osalta. Laskelmassa ei ole huomioitu Marketanpuiston kunnostuksen vaikutusta kuormitukseen (arviointi liian epävarmaa). Golfkentän vesiesteiden kunnostuksessa on huomioitu ainoastaan alimman altaan ilman kaivutöitä toteutettava

kunnostus. Melko mittavillakaan rakenteellisilla käsittelyratkaisuilla ei voida siten päästä fosforin osalta hallintasuunnitelman tavoitteena olevaan lähes 70% vähennykseen. Tämä korostaa myös toiminnallisten keinojen ja kiinteistökohtaisen käsittelyn merkitystä vesistökuormituksen vähentämisessä valuma-alueella. Golfkentän valumavesien puhdistusteho jää myös alhaiseksi, joten Gussängsbäckenin huomattavan kuormitusvaikutuksen vuoksi kunnostukset olisi suositeltavaa ulottaa myös valuma-alueen muihin altaisiin, laajentaa alinta allasta paremmin toimivaksi kosteikoksi ja kiinnitettävä huomiota kuormituksen syntyyn mm. lannoituksen kautta.

Taulukko 6. Tässä työssä ja muissa aiemmissa suunnitelmissa esitettyjen ratkaisujen kokonaisvaikutus Matalajärveen laskevien purojen ja ojien sekä lähivaluma-alueen ravinnekuormituksiin.

Valuma-alue			Käsittelyratkaisut			Typpi			Fosfori		
Nro	Pinta-ala	Tilavuuden tarve	V	A	Osuus valuma-alueen alasta	Kuormitus	Reduktio	Tuleva kuormitus	Kuormitus	Reduktio	Tuleva kuormitus
	ha	m ³	m ³	ha	%	Kg/a	%	Kg/a	Kg/a	%	Kg/a
1	6,2	1521	1260	0,14	2,3	41	24	31	5,1	38	3,2
2	36,5	5367	4834 ¹	0,63 ¹	1,7 ¹	205	18 ¹	168 ¹	15,3	31 ¹	10,6 ¹
3	12,0	2010	1440	0,16	1,3	49	14	42	5,7	26	4,2
4	3,7	627	450	0,05	1,4	19	15	16	2	28	1,4
5	3,5	582	540	0,06	1,7	18	18	15	2,1	31	1,4
6	14,8	2044	170 ¹	0,02 ¹	0,14 ¹	60	2 ¹	59 ¹	6,7	8 ¹	6,2 ¹
7	179,9	21830	20935 ¹	3,26 ¹	1,8 ¹	880	19 ¹	713 ¹	92,1	32 ¹	62,6 ¹
8	11,0	1960	1960	0,22	2,0	47	22	37	6,9	35	4,5
9	58,6				0,6	229	5	218	42,5	16	36
10	5,4	601	427	0,14	2,6	31	35	20	3,9	53	1,8
11	63,2		249 ²	0,07 ²	0,1 ²	276	7 ²	258 ¹	27,6	5 ²	26,3 ²
Summa						1860	15	1577	210	25	158

- 1) ratkaisuihin on huomioitu myös Matalajärven suojeluyhdistyksen suunnittelemat ratkaisut
- 2) ratkaisuihin on huomioitu Högnäsin hulevesien hallintasuunnitelman mukaiset ratkaisut

9.4. Käsittelyratkaisujen kunnossapito

Käsittelyratkaisut vaativat kunnossapitotoimia, kuten sedimentin poistoa, siivousta ja niittoa. Kaikkiin käsittelyratkaisuihin on tätä tarkoitusta varten rakennettava huoltotie, jota pitkin voidaan ajaa raskailakin ajoneuvoilla.

Imeytyspainanteiden kunnossapidolla on pääasiassa tarkoitus varmistaa, että vettä suodattavat kerrokset eivät tukkeudu kiintoaineksesta. Huoltotoimenpiteet käsittävät pintakerroksen, kasvillisuuden, esikäsittelymenetelmien sekä purku- ja tyhjennysrakenteiden tarkistamisen ja siivoamisen roskista. Esikäsittelymenetelmästä ja imeytyspainanteen pinnalta tulee poistaa kiintoainesta ainakin, kun se uhkaa tukahduttaa kasvillisuuden. Mikäli imeytyspainanteessa on havaittavissa tukkeutumisesta kertovaa veden lammikoitumista, tulee joko maan pintakerros tai koko suodatuskerros vaihtaa. Kasvillisuutta tulee myös huoltaa vuosittain istuttamalla uusia kasveja kuolleiden tilalle ja raivaamalla syväjuuria kasveja pois. Käyttöönoton jälkeen painanteet tulisi tarkistaa jokaisen sateen jälkeen. Lisäksi kasvillisuuden kehittymistä pitää seurata muutaman viikon välein. Myöhemmin painanteita huolletaan ja niiden toimintaa seurataan vähintään pari kertaa vuodessa. Huoltotoimet on syytä ajoittaa sateettomaan kauden, kun painanne on kuivillaan (New Jersey Department of Environmental Protection 2004, Hyöty 2007).

Kosteikkojen, viivytykskosteikkojen ja tulva-alueiden kunnossapidossa on tärkeää varmistaa pato- ja pengerrakenteiden turvallisuus sekä huolehtia lietteen poistosta ja kasvillisuuden hyvästä kunnosta. Lisäksi jatkuvaan huoltoon kuuluu roskien siivoaminen kosteikosta. Pato- ja pengerrakenteet on tarkastettava runsaiden sateiden ja lumensulamiskauden jälkeen ainakin pari kertaa vuodessa. Kasvillisuuden hoitotoimenpiteitä on myös syytä tehdä vuosittain. Kuolleiden kasvien tilalle istutetaan uusia ja ole-massa olevaa kasvillisuutta pyritään pitämään monipuolisena niin, etteivät aggressiivisimmat lajit pääse valtaamaan koko kosteikkoa. Kasvillisuuden niitossa syntyvä jäte on kuljetettava pois kosteikosta.

Allasosaan kertynyt liete on poistettava, kun lietettä on kertynyt puolet altaan tilavuudesta tai ennen kuin on vaarana, että kerrostunut liete lähtee uudelleen liikkeelle tulva-aikoina. Käytännössä lietteen tyhjennys tulee tehdä 2-5 vuoden välein. Liete poistetaan kaivinkoneella tai lietepumpulla aliveden aikaan, jotta työssä syntyvä kiintoaineskuorma on mahdollisimman pieni. Kosteikon ympärille on varattava tilaa huoltoajoneuvoille (Hyöty 2007, Puustinen ym. 2007).

Laskeutusaltaan kunnossapitoa koskevat samat periaatteet kuin kosteikkoakin. Pato- ja pengerrakenteet on tarkastettava säännöllisesti mahdollisten vuotojen tai sortumariskien varalta. Lisäksi lietettä on poistettava, kun liete peittää varastotilavuudesta on noin puolet. Kemikaalin syöttö vaatii jonkin verran tiheämpää huoltoa kuin luonnolliset käsittelymenetelmät. Kemikaalisäiliö joudutaan vaihtamaan noin kerran kuukaudessa (kts. Juntunen 2007).

9.5. Käsittelyratkaisujen toteuttaminen

Käsittelyratkaisuja ei ole tarkoitus toteuttaa välittömästi yhtenä kokonaisuutena, vaan vähitellen joko erillisinä projekteina yhteistyössä maanomistajien kanssa tai kaavoitukseen liittyvän kunnallistekniikan yhteydessä. Erillisenä projektina Matalajärvellä ollaan parhaillaan toteuttamassa Matalajärven suojeluyhdistyksen suunnittelemaa laskeutusaltaita ja kampaajaa (kohteet 6* ja 7E*, Barkman 2010b). Vastaa-vasti kaavoitettujen alueiden kunnallistekniikan rakentamisen yhteydessä toteutettaviksi tulevat ensimmäisinä Högnäsin katujen yleissuunnitelmassa esitetyt imeytyspainanteet ja viivytysoja (Högnäsin asemakaava) ja Eskaksenmäelle sijoittuvat kohteet 10A ja 10B (Bodomin kartanon asemakaava-alue). Asemakaavojen maankäytösopimuksista saatavia varoja on tarkoitus käyttää myös käsittelyratkaisujen rakentamiskustannusten kattamiseen. Espoole on laadittu hulevesiohjelma, jossa esitetään koko kaupungin tasolla hulevesien hallinnan periaatteet ja tavoitteet sekä toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi. Ohjelmassa käsitellään yleisellä tasolla myös hulevesien hallinnan vastuunjakoa.

Osalla valuma-alueista maatalous on merkittävä kuormitusta synnyttävä tekijä. Näille valuma-alueille suunniteltujen käsittelyratkaisujen perustamiseen voi hakea maatalouden ei tuotannollisten investointien tukea ja ylläpitoon ympäristötuen erityistukea. Ympäristötukea voi kuitenkin hakea vain kohteisiin, joissa peltojen osuus käsittää yli 20% valuma-alueesta. Käsittelyratkaisuja joissa maatalouden ympäristötuen ei-tuotannollisten investointien tuki voisi tulla kyseeseen ovat 1, 3, 4, 5, 7A ja 8.

9.6. Toimintaohjeet alueen vaikuttajille

Matalajärven valuma-alueella on runsaasti maataloutta, joka kuormittaa järveä sekä typpi- että fosforihuuhtoumillaan. Lisäksi viljelysmaiden eroosion myötä järveen huuhtoutuu vettä samentavaa hienoainesta. Maatalouden ympäristötukijärjestelmään kuuluvia viljelijöitä sitovat ympäristötuen perustoimenpiteet, kuten lannoitteiden käytön perustaminen maaperäanalyysiin ja pientareiden (1 m) jättäminen valtaojien varsille. Vastaavat toimenpiteet on esitetty myös Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräyksissä (2009) suosituksena. Ympäristötuki velvoittaa myös jättämään purojen ja vesistöjen reunaan suojakaistan (3 m). Ympäristönsuojelumääräysten mukaan Natura-alueeseen on jätettävä vähintään 10 m levyinen lannoittamaton suojakaista alueilla, joilla tulvavesi nousee herkästi Natura-alueen rajalle. Nitraattiasetuksen (391/2000) mukaan typpilannoitus on kielletty viisi metriä lähempänä vesistöä (purot, järvet, lammet). Seuraavan viiden metrin leveydellä typpilannoitteiden pintalevitys on kielletty, jos pellon kaltevuus ylittää kaksi prosenttia. Valuma-alueen pelloista suuri osa on salaojitettu, minkä vuoksi suurin osa kuormituksesta päättyy puroihin ja Matalajärveä ympäröiville suoalueille suoraan salaojaputkien kautta. Mm. suojakaistoja leveämmillä suojavyöhykkeillä ei tämän vuoksi voida saavuttaa kovin suurta kuormituksen lisävähennemää, eikä niitä ole sisällytetty tässä työssä esitettyyn valumavesien hallintasuunnitelmaan.

Jotta Matalajärven kuormitusta voidaan vähentää tämän suunnitelman tavoitteen mukaisesti (lähes 70% vähennys fosforikuormituksessa), tulee kuormitukseen vaikuttaa alueellisten käsittelyratkaisujen lisäksi myös toiminnallisilla ratkaisuilla kuormituksen syntypaikalla. Maatalousalueilla tämä tarkoittaisi etenkin peltojen talviaikaisen kasvipeitteisyyden lisäämistä ja/tai lannoituksen vähentämistä. Maatalouden ympäristötuki tarjoaa myös taloudellisia kannustimia molempiin (mm. ympäristötuen lisätoimenpiteet tai erityistuki). Kolme neljästä alueen viljelijästä on jo osallistunut ravinteiden käytön optimointiin tähtäävään hankkeeseen, jossa lasketaan lohkoittaiset ravinnetaset pelloille (Barkman 2008). Kuvan 23 käsittelyratkaisuja koskevassa kartassa on esitetty jyrkimmät peltoalueet, joilla eroosion ja ravinteiden huuhtoutumisen ehkäisy on kaikkein tärkeintä. Näillä alueilla olisi erittäin tärkeää välttää syksyllä tehtävää maanmuokkausta (kartalla merkintä: talvella kasvipeitteisenä pidettävä alue). Tämän lisäksi peltojen tulisi olla kasvipeitteisiä talviaikana koko Matalajärven lähivaluma-alueella, jolta ravinteet huuhtoutuvat suoraan Matalajärveä ympäröivälle suo- ja luhta-alueelle. Myös Espoon

kaupungin ympäristönsuojelumääräysten mukaan maaperän muokkaus ja lannoitus tulee Matalajärven valuma-alueella tehdä pääsääntöisesti keväällä. Seppälä (2007) on lisäksi todennut, että lannan pätte-
rointia Matalajärven lähivaluma-alueen pelloilla tulee välttää.

Golfkentällä lannoitteiden käyttö on minimoitava, ja niiden käyttömäärien tulee Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräystenkin (2009) mukaan perustua maaperäanalyysiin. Lannoitteista tulee pitää lisäksi kirjaa (Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset 2009). Tällä hetkellä lannoitus tapahtuu Kemiran kanssa laaditun suunnitelman perusteella, ja lannoitus perustuu maaperäanalyysiin. Suomen Golfliitto suosittaa, että hoidettua kokonaispinta-alaa kohti lannoitteita käytetään 20-60 kg/ha (typ-
peä) ja 10 kg/ha (fosforia) (Seppälä 2007). Lannoitemäärät golfkentällä alittavat nämä suositukset (Seppälä 2007). Ojien, vesiesteiden ja järven ympärillä on pääasiassa karheikkoja, joilla lannoitteita käytetään joka toinen vuosi, eikä Suomen Golfliiton suosituksia lannoitemäärästä ylitetä (Seppälä 2007). Kentältä valuvissa vesissä on kuitenkin runsaasti etenkin fosforia, mikä viittaa siihen, että fosfori huuhtoutuu kentän alueelta valumavesiin. Järvenpää & Piispa (2001, sit. Kasvio 2008) ovat todenneet Niipperissä sijaitsevan Ringside Golfin runsaiden fosforihuuhtoumien johtuvan siitä, että fosfori huuhtoutuu herkästi kentän karkearakeisen pintakerroksen läpi salaojiin. Toisaalta lannoitteiden ja kentän alle jääneiden pellon pintamaiden osuutta fosforikuormituksen lähteinä olisi syytä selvittää lisätutkimuksilla. Mikäli kuormitus on ensisijaisesti lannoituksesta aiheutuvaa, lannoitemääriä on syytä entisestään vähentää ja lannoitustapaa ja ajankohtaa tulisi tarkistaa huuhtoutumisen minimoimiseksi.

Matalajärven pohjoispuolella voimassa olevassa asemakaavassa ja valmisteilla olevassa kaavassakin vesiesteitä ja puroja ympäröi kasvullisena hoidettava suojavyöhyke, jonka leveys on purojen ja vesiesteiden kohdalla n. 10-15 m (Bodom asemakaava 1997, Bodomin kartanon asemakaavaluonnos 2009). Suojavyöhykkeen tarkoitus on estää golfkentän hoidossa tarvittavien ravinteiden ja torjunta-aineiden pääsy järviin (Bodom kartanon asemakaavaluonnos 2009). Ojien ja lampien ympärillä onkin tällä hetkellä 5-30 m leveät karheikkokaistaleet (Barkman 2008). Suojavyöhykkeellä ei mielellään saisi käyttää lannoitteita ja torjunta-aineita, jotta vyöhyke toimii vesiensuojelullisesti tehokkaasti. Myös Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräysten (2009) mukaan ojien ja altaiden lähelle on jätettävä vähintään 1 m levyinen suojakaista lannoittamatta. Suojavyöhykkeen tehoa ravinteiden kulkeutumisen ehkäisyssä suojavyöhykkeen ulkopuolelta heikentävät salaojaputket, jotka johtavat valumavedet suoraan puroihin ja ojiin, vesiesteisiin ja Matalajärven ranta-alueelle. Vesiesteiden täyttymistä sedimentillä tulee seurata ja sedimentti tulee poistaa, kun se on vaarassa lähteä veden mukana liikkeelle (resuspendoitua).

Marketanpuistossa ja puutarhakoulussa lannoitteita tulisi käyttää niin vähän kuin mahdollista ja niiden käytön tulisi perustua maaperäanalyysiin (Seppälä 2007). Lannoitteiden käytössä puutarha-alueilla noudatetaan nitraattiasetusta. Altaiden ja ojien ympärille olisi suositeltavaa jättää noin metrin levyiset suojakaistat, joilla ei käytetä lannoitteita tai torjunta-aineita. Puistossa sijaitsevat kolme allasta olisi hyvä kunnostaa laskeutusaltaiksi. Niiden alkupäähän olisi syytä kaivaa lietetila pohjaan painuvalle sedimentille. Avovesipintaiset alueet on syytä kaivaa riittävän syviksi, jotta aallokko ei aiheuta pohjalle kasautuneen sedimentin resuspensiota. Rannoille ja altaiden poikki olisi lisäksi syytä istuttaa vesikasveja, jotka hyödyntävät liukoisia ravinteita, suodattavat vedestä kiintoainesta ja hidastavat veden virtausnopeutta.

Tiesuolan käyttö teillä on syytä pitää niin pienenä kuin on turvallisuuden kannalta mahdollista. Suolan ekologisista vaikutuksista tarvitaan vielä lisätietoa. Natriumkloridin mahdollisten ekologisten vaikutusten vuoksi on kuitenkin pohdittava korvaavien kemikaalien käyttöä. Metallien ja typen huuhtoutumista olisi hyvä vähentää alueellisten käsittelyratkaisujen lisäksi paikallisilla ratkaisuilla. Niiden sijoittaminen voi olla vaikeaa olemassa olevien rakenteiden sisään, mutta mahdollisuuksia tähän tulisi tutkia. Esi-
merkkejä paikallisista ratkaisuista voisivat olla esim. imeytyskaistat, joilla hiekan läpi suotautunut vesi kerätään salaojaputkilla sadevesiviemäriin pohjaveden pilaantumisen ehkäisemiseksi.

Teollisuus- ja liikealueilla tulee noudattaa erityistä varovaisuutta kemikaalien käytössä ja jätteiden ja tuotteiden varastoinnissa, jotta päästöjä pintavesiin ei tapahdu. Lisäksi yritysten tulee noudattaa ohjeita, joita ympäristötarkastuksien yhteydessä on annettu. Yrityksissä, jotka pesivät autoja, jätevedet on johdettava hiekan- ja öljynerottimen kautta viemäriin (Ympäristölautakunta 77/761/2007). Kulloonportin huoltoaseman jätevedet on syytä johtaa tulevaisuudessa kunnalliseen jätevesiviemäriin oman puhdistamon sijasta.

Asutuksen jätevesikuormitus lienee tulevaisuudessa pieni, kun haja-asutuksen jätevesijärjestelmän on täytettävä 11.2.2011 eduskunnassa hyväksytyn ympäristönsuojelulain muutoksen mukaisen uuden haja-

asutuksen jätevesiasetuksen määräykset. Asuinalueilla ravinnekuormitusta on myös pyrittävä vähentämään käyttämällä lannoitteita piholla ja puutarhoissa vain tarpeellinen määrä.

9.7. Hallintaratkaisujen toimivuus ja suositukset tulevaa kaavoitusta varten

Tässä työssä valumavesien hallinta perustuu ainoastaan alueellisiin käsittelyratkaisuihin, joilla voidaan käsitellä hehtaarien kokoisten alueiden tai useamman kiinteistön valumavedet. Rakennetuilla alueilla alueellisten käsittelyratkaisujen kunnossapidosta vastaa yleensä kunta. Maatalousalueiden valumavesien käsittelymenetelmät taas ovat yleensä yksityisten maanomistajien vastuulla. Lisäksi vesistöjen suojeluyhdistykset voivat olla vastuussa valumavesien käsittelyratkaisujen huollosta. Tässä työssä suunnitellut alueelliset käsittelyratkaisut tulisi kaavoittaa ensisijaisesti virkistysalueiksi. Poikkeuksen voivat muodostaa ratkaisut, joiden valuma-alueet ovat hyvin maatalousvaltaisia.

Paikallisilla käsittelyratkaisuilla tarkoitetaan mm. lammikoita, painanteita tai ojia, joihin voidaan johtaa valumavesiä yksittäisiltä kiinteistöiltä tai kortteleista. Tässä työssä ei paikallisia ratkaisuja ole suunniteltu, koska niitä on vaikea toteuttaa jo rakennetuilla alueilla.

Tulevassa maankäytön suunnittelussa on kuitenkin hyvin tärkeää ottaa huomioon maankäyttöratkaisujen vaikutus hulevesien syntymiseen ja paikallinen hulevesien hallinta. Espoon hulevesiohjelman mukaan hulevesien hallinnassa ensisijainen toimi on ehkäistä hulevesien muodostumista ja niihin kohdistuvaa laatuhahtaa. Tämä voidaan saavuttaa erityisesti minimoimalla hulevesiä muodostavien läpäisemättömien pintojen määrä ja laatuhahtoja aiheuttavat tekijät. Tämä tavoite on syytä ottaa huomioon myös tulevissa kaavoissa ja/tai rakentamistapaohjeissa Matalajärven valuma-alueella.

Hulevesiohjelman mukaisesti toissijainen hulevesien hallintatoimi on niiden käsittely ja hyödyntäminen syntypaikallaan. Tämä tarkoittaa mm. vesien hyödyntämistä kasteluun tai muuhun käyttöön (esim. katovesisäiliöillä) sekä paikallista imeyttämistä, mikäli maaperä ja muut olosuhteet sen sallivat. Hulevesien imeyttäminen onkin tehokkainta pienten, tonttikohtaisten ratkaisujen avulla. Tällöin vettä voidaan imeyttää sellaiseenkin maaperään, jonka vedenjohtavuus on ainoastaan kohtalainen. Huonosti vettä johtavan maaperän alueella vettä voidaan viivyttää paikallisesti ja hyödyntää kasvillisuuden vettä puhdistavaa vaikutusta. Kolmantena hulevesien hallinnan prioriteettijärjestyksessä on hulevesien johtaminen pois syntypaikaltaan suodattavilla ja viivyttävillä järjestelmillä, kuten painanteilla ja ojilla. Alueelliset, yleisille alueille sijoitettavat, huleveden viivytykseen ja puhdistukseen tarkoitetut ratkaisut tulevat kyseeseen etenkin uusilla alueilla vasta, mikäli edellisiä, paikalliseen hulevesien hallintaan tähtääviä toimia ei voida toteuttaa. Viimeisenä keinona hulevesien hallinnassa voidaan pitää niiden johtamista sadevesiviemäreillä suoraan vesistöön. Myös Matalajärven valuma-alueen maankäytön suunnittelussa on esisijaisesti hyödynnettävä paikallisia huleveden hallinnan keinoja. Näin voidaan usein parhaiten vaikuttaa huleveden laatuun ja tehokkaimmin kohdentaa hulevesien puhdistusta. Hulevesien hallinnan kokonaisuus on usein kuitenkin toteutettava paikallisten ja alueellisten ratkaisujen yhdistelmänä.

Koska Matalajärven valuma-alueella valumavesien hallinnan ensisijainen tavoite on veden laadun parantaminen ja siten Natura-alueen olosuhteiden säilyttäminen, paikallisissa ratkaisuissa olisi erityisesti otettava huomioon veden laadun paraneminen. Pelkästään tulvaongelmien ehkäisyyn tähtäävillä lyhytaikaiseen viivytykseen perustuvilla ratkaisuilla ei yleensä kyetä merkittävästi parantamaan veden laatua. Paikallisissa käsittelyratkaisuissa tulisi Matalajärven valuma-alueella panostaa olosuhteiden mukaan veden imeytykseen ja siten pohjaveden muodostumisen turvaamiseen. Erityisesti puhtaat kattovedet soveltuvat hyvin imeytettäväksi. Käsittelyratkaisuista kyseeseen voivat tulla esim. imeytyspainanteet. Alueilla, joilla maaperä ei salli huleveden imeytymistä, voidaan hyödyntää suodatusta ja kasvillisuuden ja viivytyksen vettä puhdistavaa yhteisvaikutusta. Kaikilla alueilla, missä se on tilantarpeen puitteissa mahdollista, hulevedet on syytä johtaa syntypaikaltaan pintaratkaisuilla (kouruilla, avo-ojilla tai viherpainanteilla) maastoon imeytettäväksi tai huleveden käsittelyratkaisuihin. Riittävää kuivatusta varten katu- ja salaojavesiä varten on kuitenkin usein syytä rakentaa erillinen hulevesiviemärröinti. Erityisen likaisia vesiä synnyttävillä alueilla, kuten laajoilla pysäköinti- ja liikennealueilla hulevedet on syytä puhdistaa ennen suodattamista tai maahan imeyttämistä. Hulevesien paikallista hallintaa koskevat määräykset on syytä sisällyttää kaavamääräyksiin ja/tai rakentamistapaohjeisiin Matalajärven valuma-alueella.

Valumavesien käsittelyratkaisujen toimivuus riippuu mm. niiden huoltotoimenpiteistä ja rakenteen mitoituksen riittävyydestä. Huoltotoimenpiteillä, kuten kasvillisuuden kunnostamisella ja lietteen poistolla voidaan varmistaa, että käsittelyratkaisu toimii riittävän tehokkaasti. Huoltamattomina ratkaisut eivät

paranna veden laatua tai voivat jopa heikentää sitä esim. aiemmin kerrostuneiden sedimenttien kulkeutuksessa alajuoksulle. Alueellisten käsittelyratkaisujen toimivuus voidaan parhaiten varmistaa kaavoittamalla alueet virkistysalueiksi, jolloin kunta vastaa niiden kunnossapidosta.

Tässä työssä suunnitellut valumavesien käsittelyratkaisut on mitoitettu nykyisille valumavesimäärille (Högnäsin ja Eskaksenmäen osalta asemakaavojen toteutuessa syntyville vesimäärille). Tuleviin maankäytön muutoksiin liittyvän hulevesien hallinnan tulee nivoutua koko valuma-alueen valumavesien hallintasuunnitelmaan siten, että ne eivät vaaranna suunniteltujen ratkaisujen toimintakykyä. Maankäytön muuttuessa valuntamäärät ja valunnan ajallinen vaihtelu voivat muuttua. Lisärakentaminen kasvattaa pintavaluntaa ja kasvattaa yleensä ylivirtaamia. Niiden kasvu esimerkiksi maankäytön muutosten seurauksena johtaa veden lyhyempään viipymään käsittelyratkaisussa, mikä taas vaikuttaa suoraan ratkaisulta odotettavissa olevaan veden laadun paranemiseen. Suurin vaikutus lisärakentamisella on valuma-alueilla, jotka ovat jo tällä hetkellä kaikkein tiiveimmin rakennettuja. Tällöin uusien rakennettavien alueiden hulevedet voimistavat nykyisiä ylivirtaamia.

Uusia alueita rakennettaessa mitoitusvirtaamat on syytä laskea uudestaan ja arvioida valumavesien käsittelyyn tarvittava lisätilavuus. Parhaiten uusia alueellisia käsittelyratkaisuja voidaan sijoittaa peltoalueille, vaikka pelloilla puhdistusteho ei yleensä ole yhtä hyvä kuin metsäalueilla pellon maaperästä vapautuvien ravinteiden vuoksi. Kullonsillanpuron valuma-alueella parhaiten valumavesien alueelliseen käsittelyyn soveltuu Röyläntien itäpuolinen peltoalue. Kosteikon tai muun käsittelyratkaisun perustaminen edellyttää kuitenkin aluetta halkovan sähkölinjan huomioon ottamista suunnittelussa. Myös Kullonsillanpuron ja muiden purojen/ojien alajuoksua ympäröivät alueet Natura-alueen ulkopuolella soveltuvat tulevaisuudessa uusien alueellisten käsittelyratkaisujen sijoituspaikaksi.

Alueen maankäytön suunnittelussa on syytä ottaa huomioon, että erityisesti Kullonsillanpuro on herkässä vaiheessa rakentamisen määrän suhteen. Sen päällystetyn pinnan määrä (11 %) osoittaa, että lisärakentaminen todennäköisesti aiheuttaisi vesistöissä haitallisia muutoksia. Toisaalta muutokset vesistöissä ovat pienimmät, mikäli rakentamista voidaan ohjata jo nyt voimakkaasti kuormittaville peltoalueille. Metsäalueilta tuleva kuormitus on tällä hetkellä pieni, ja näille alueille keskittyvä rakentaminen aiheuttaisi suurimman kuormituksen kasvun. Aivan järven lähiympäristössä rakentaminen ei kuitenkaan ole suotavaa, koska liian lähellä Natura-aluetta hulevesien hallinta ja käsittely riittävällä tehokkuudella voi osoittautua vaikeaksi. Metsäalueille ja Natura-alueen välittömään läheisyyteen painottuvalla lisärakentamisella olisi siten kaikkein suurin haitallinen vaikutus Matalajärven ja siihen laskevien purojen tilaan.

Kirjallisuus

- Bachand, P. A. M., S. M. Bachand, S. E. Lopus, A. Heyvaert & I. Werner (2010). Treatment with chemical coagulants at different dosing levels changes ecotoxicity of stormwater from the Tahoe basin, California, USA. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 45: 2, 137-154.
- Barkman, J. (2005). Matalajärvi - Grundträsk. Kunnostussuunnitelma. Natura-arviointi.
- Barkman, J. (2008). Matalajärven kunnostus 2005-2007 - Suunnitelma ja toteutus. Tulokset ja pohdinta. Espoon ympäristölautakunnan julkaisusarja 2/2008. 62 s.
- Barkman, J. (2010a). Matalajärven kunnostuskertomus 2008. Matalajärven kunnostuskertomus 2009. Liitteet. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 1/2010. 18 s.
- Barkman, J. (2010b). Matalajärven kunnostustyösuunnitelma 2010-2012. Natura-arviointi. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 2/2010. 46 s.
- Barkman, J. (2010c). Matalajärvi - Grundträsk. Vesikasvillisuuden inventointi 2010. Vertailu vuosiin 1961 ja 1997. Järven tilan muutokset. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 3/2010. 75 s.
- Betoniviemärit (2003). Betoniviemärit 2003 - käsikirja. Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry. 97 s.
- Bitter, S. D. & J. K. Bowers (1994). Bioretention as a water quality best management practice. *Watershed Protection Techniques*. 1:3, 114-116.
- Bodom asemakaava (1997). Espoon kaupunkisuunnittelukeskus. Kv 27.10.1997.
- Bodom kartanon asemakaava-alueen kunnostus (2009). DNro 7489/503/2008. 18.5.2009. Espoon kaupunkisuunnittelukeskus.
- Booth, D. B. & C. R. Jackson (1997). Urbanization of aquatic systems - degradation thresholds, stormwater detention, and the limits of migration. *Journal of the American Water Resources Association* 33: 5, 1077-1090.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (2007). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary table. Updated December, 2007. Teoksessa: Canadian environmental quality guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
- Davis, A. P., M. Shokouhian, H. Sharma & C. Minami (2001). Laboratory Study of Biological Retention for Urban Stormwater Management. *Water Environment Research* 73: 1, 5-14.
- Environment Canada (2001). Priority substances list assessment report. Environment Canada, Health Canada. Katsottu 2.6.2010. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl2-lsp2/road_salt_sels_voirie/road_salt_sels_voirie-eng.pdf
- EPA (1999a). Storm water technology fact sheet. Bioretention. EPA 832-F-99-012. <http://www.epa.gov/owm/mtb/biortn.pdf>. Katsottu 8.6.2010.
- EPA (1999b). Storm water technology fact sheet. Wet detention ponds. EPA 832-F-99-048. Katsottu 31.5.2010. <http://www.epa.gov/owm/mtb/wetdtnpn.pdf>
- Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset (2009). Voimaan 1.9.2009. <http://www.espo.fi/default.asp?path=1;28;11866;7969;37689;37756>. Katsottu 7.6.2010.
- Espoon puhdistamotarkkailu vuonna 2009. St 1 Oy, Järvenperän jakeluaseman jätevedenpuhdistamo. Vuosiyhteenveto 2009. 26.2.2010, FCG Finnish Consulting Group Oy.
- Geologian tutkimuskeskus (1995). Maaperäkartta 1:20 000, lehti 204110, Nuukio.
- Harper, H.H., J.L. Herr & E.H. Livingston (1996). Alum treatment of stormwater: the first then years. Katsottu 1.6.2010. <http://www.stormwaterauthority.org/assets/02Alum.pdf>
- Heikkinen, P. (2000). Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 150. 74s.
- Horner, R. R. & C. W. May (1998). Watershed urbanization and the decline of salmon in Puget Sound Streams. Teoksessa *Salmon in the City Conference*, Mount Vernon, WA. Abstracts, 18-39.
- Hyvärinen, V. & M. Puupponen (1986). Valunta. Teoksessa Mustonen, S. (toim.): *Sovellettu hydrologia*. 503 s. Vesiyhdistys ry, Helsinki.
- Hyöty, P. (2006). Kolmenkulman alueen vesihuollon yleissuunnitelma. Tampereen Vesi ja Nokian kaupunki. Suunnittelukeskus Oy.
- Hyöty, P. (2007). Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät. Suunnitteluohje. Kuopion kaupunki & Suunnittelukeskus. 43 s.
- Högnäsin asema-alueen kunnostus, selostus (2010). Asianumero 7585/503/2007. Espoon kaupunki, Kaupunkisuunnittelukeskus.
- Högnäsin asemakaavan Natura-arvio (2009). 15.12.2009. Luontotieto Keiron Oy.
- Högnäsin katujen yleissuunnitelma (2009). Hulevesien hallintasuunnitelma 0101-D3509. 7.12.2009. FCG Finnish Consulting Group.

- Iowa State University (2009). Iowa Stormwater management Manual. Iowa State University, Institute for Transportation. Katsottu 1.6.2010.
<http://www.intrans.iastate.edu/pubs/stormwater/index.cfm>
- Jansson, H. & A. Närvänen (2007). Ferrisulfaatti saostaa maatalouden fosforit. *Maaseudun tiede* 1, 14.
- Jormola, J. (2008). Vesisuhteiden hallinta kaupunkisuunnittelussa. *Yhdyskuntasuunnittelu* 46:1, 40-54.
- Juntunen, Petri (2007). Hulevesien kemiallinen saostus. *Vesitalous* 5/2007, 21-24.
- Jätevesikuormitus 2007. Oheismateriaali asiaan 4654 / 720 / 2008. 21.8.2008. Espoon kaupunki.
- Jätevesikuormitus 2008. Oheismateriaali asiaan 3136 / 720 / 2008. 19.11.2009. Espoon kaupunki.
- Kannala, M. (2005). Katsaus hulevesien käsittelymenetelmiin ja niistäsaatuihin tuloksiin. Esitys Järvi-pooliseminaarissa 23.8.2005. http://webd.savonia-amk.fi/projektit/markkinointi/jpooli/Materiaalit/Seminaarit/Seminaari3/3.Markus_Kannala.pdf
- Karvonen, T. (2007). Matalajärven kuormitus selvitys. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 1/2007. 17 s.
- Kasvio, P. (2008). Espoonjoen suojelusuunnitelma. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 5/2008. 95 s.
- Kenttämies, K. (2006). Metsätalouden fosfori- ja typpikuormituksen määrittäminen. Teoksessa Kenttämies, K. & T. Mattson (toim.): Metsätalouden vesistökuormitus. MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 816, 9-28.
- Kiirikki, M (1991). Espoon pienvesi-inventointi 1991. Espoon ympäristönsuojelulautakunnan julkaisu 10/91. 56 s.
- Knox County (2006). Knox County stormwater management manual volume 2, Technical Guidance. <http://www.knoxcounty.org/stormwater/volume2.php>. Katsottu 31.5.2010.
- Kotola, J. & J. Nurminen (2005). Kaupunkirakentamisen hydrologiset vaikutukset. Teoksessa Vakkilainen, P., J. Kotola & J. Nurminen (toim.): Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristö 776.
- Kuusisto-Hjort, P. (2009). Controls on trace metals in urban stream sediments - implications for pollution monitoring using sediment chemistry data. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisu A 146. 129 s.
- Liikenne Espoossa 2009 (2010). Espoon kaupunkisuunnittelukeskuksen tutkimuksia ja selvityksiä B 97: 2010. 26s.+liitteet.
- Lopus, S. E., P. A. Bachand, A. C. Heyvaert, I. Werner, S. J. Tech & J. E. Reuter (2009). Potential toxicity from chemical coagulation treatment of stormwater in the Tahoe basin, California, USA. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72: 7, 1933-1941.
- Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2010. Maaseutuvirasto. Katsottu 26.5.2010.
http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/5oTAzU4R1/Ymparistotuen_sitoumusehdot_2010.pdf
- Metropolitan Council (2001). Minnesota urban small sites BMP manual. Stormwater best management practices for cold climates. Metropolitan Council Environmental Services. Katsottu 31.5.2010.
<http://www.metrocouncil.org/environment/Water/BMP/manual.htm>
- Ministry of the Environment (2003). Stormwater management planning and design manual. Ministry of the Environment, Ontario.
- Monivaikutteisten kosteikkojen perustaminen ja hoito (2009). Esite. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.
- Muthukrishnan, S., B. Madge, A. Selvakumar, R. Field & D. Sullivan (2004). The use of best management practices (BMPs) in urban watersheds. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. EPA/600/R-04/184.
<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r04184/600r04184.pdf>
- Mykkänen, J. (2008). Ulkoinen ravinnekuormitus ja pohjasedimentistä vapautuvat ravinteet Espoon Matalajärnessä. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 1/2008. 96 s.
- New Jersey Department of Environmental Protection (2004). New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual. Katsottu 2.6.2010.
http://www.state.nj.us/dep/stormwater/bmp_manual2.htm
- Nieminen, P. (2010). Apulaiskenttämestari, Master Golf Course Oy. Suullinen tiedonanto 6.5.2010.
- Nitraattiasetus (391/2000). Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Helsinki, 9.11.2000.
- Nurmi, P. (1998). Sadevesiviemäreiden laatu. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 8/98. 21 s.
- Oittinen, T. (2007). Valuma-alueella tehtyjen vesistötoimenpiteiden vaikutus yli- ja alivirtaamiin. Opin- näytetyö, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.
<http://www.ymparistokeskus.fi/download.asp?contentid=113479&lan=fi>. Katsottu 8.6.2010.

- Ojala, O. (2007). Natura 2000 -alueiden hoidon ja käytön yleissuunnitelma. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 3/2007. 88 s.
- Olkkola, A. (2010). Kattokasvillisuus Marja-Vantaalla. Viherkatot hulevesien hallinnassa -tietoisku 12.11.2010. http://www.vantaa.fi/i_alaetusivu.asp?path=1;135;137;221;222;2451;131792;131803. Katsottu 19.1.2011.
- Puustinen, M., J. Koskiaho, J. Jormola, L. Järvenpää, A. Karhunen, M. Mikkola-Roos, J. Pitkänen, J. Riihimäki, M. Svensberg & P. Vikberg (2007). Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. Suomen ympäristö 21/2007, 77 s.
- Raatikainen, K. & M. Vaittinen (2003). Espoon perinneympäristöselvitys 2003. Espoon ympäristölautakunnan julkaisu 1/2003. 69 s.
- Ruth, O. (2004). Kaupunkipurojen hydrogeografia kolmen esimerkkivaluma-alueen kuvastamana Helsingissä. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisu B 50.139 s.
- Schueler, T. (1994). The importance of imperviousness. *Watershed Protection Techniques* 1: 3, 100-111.
- Seppälä, T. (2007). Matalajärven valuma-alueen toimintojen tarkastelu ja toimenpide-ehdotukset kuorimituksen vähentämiseksi. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 3/2007. 27 s. + liitteet.
- State Water Resources Control Board (2010). Electrical Conductivity/Salinity Fact Sheet. Fact Sheet 3.1.3.0. http://www.swrcb.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf
- Suojavyöhykkeen perustaminen ja hoito (2007). Esite. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.
- Sutela, T., M. Olin, T. Vehanen & M. Rask (2007). Hajakuormituksen vaikutukset järvien ja jokien kalastoon ja ekologiseen tilaan. Kala- ja riistaraportteja nro 411. 35 s.
- Tchobanoglous, G & F. L. Burton (1991). *Wastewater engineering. Treatment, disposal and reuse*. 3. p. McGraw-Hill, New York. 1334 s.
- Trommer, J. T., J. E. Loper & J. M. Hammett (1996). Evaluation and modification of five techniques for estimating stormwater runoff for watersheds in West-Central Florida. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigation Report 96-4156. 37 s.
- Uudenmaan ympäristökeskus (2010). Suomen Natura 2000 -kohteet/ Uudenmaan ympäristökeskus. Matalajärvi F10100092. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=83321&lan=fi>. Katsottu 8.6.2010.
- Uudenmaan ympäristökeskuksen alueen vesienhoidon toimenpideohjelma (2010). <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=112222&lan=sv>. Katsottu 8.6.1020.
- Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. Annettu Helsingissä 23.11.2006.
- Vuorenmaa, J. (2010). Sähköpostiviesti koskien Espoon Nupurin laskeuma-arvoja. 23.3.2010.
- Vuorenmaa, J., S. Rekolainen, A. Lepistö, K. Kenttämies & P. Kauppila (2002). Losses of nitrogen and phosphorus from agricultural and forest areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environmental Monitoring and Assessment* 76: 213-248.
- Vägverket (2001). Dagvattenbelastning på sjöar och vattendrag i förhållande till andra föroreningskällor. Publ 2001:114. 43 s.
- Wang, L., J. Lyons, P. Kanehl & R. Bannerman (2001). Impacts of urbanization on stream habitat and fish across multiple spatial scales. *Environmental management* 28: 2, 255-266.
- Wilander, A. & G. Persson (2001). Recovery from eutrophication: Experiences of reduced phosphorus input to the four largest lakes of Sweden. *AMBIO* 30: 8, 475-485.
- Winer, R. (2000). National pollutant removal performance database for stormwater treatment practices. 2. p. <http://www.stormwatercenter.net/Library/STP-Pollutant-Removal-Database.pdf>. Katsottu 8.6.2010.
- Wong, T., P. Breen, N. Somes & S. Lloyd (1999). Managing urban stormwater using constructed wetlands. CRC, Industry report 98/7. <http://www.catchment.crc.org.au/pdfs/industry199807.pdf>. Katsottu 8.6.2010.
- Ympäristölautakunta 77/761/2007. Kylänportin ja Koskelon alueiden tarkastukset vuonna 2007. Ympäristölautakunta 13.3.2008.
- Zandbergen, P. A. (1998). Urban watershed ecological risk assessment using GIS: a case study of the Brunette River watershed in British Columbia, Canada. *Journal of Hazardous Materials* 61: 1-3, 163-173.

ISBN 978-951-857-595-8