

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Ympäristötekniikan osasto

Bio ja ympäristötekniikka

Vesa Arvonen

**KARHOISMAJAN VESIREITTIIEN
KUNNOSTUSSUUNNITELMA**

Diplomityö

Tarkastaja prof. Tuula Tuhkanen
Määrätty osastoneuvoston
kokouksessa 17.10.2007

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston Bio- ja ympäristötekniikan laitoksella. Työn tilaajan puolelta hankkeeseen ovat osallistuneet Karhoismajan vesireittien kunnostusyhdistyksen puheenjohtaja professori Asko Riitahuhta, hankkeen vetäjä yht. maist. Uolevi ”Uki” Kiviranta ja agrologi Tapio Hietaoja. Kunnostushankkeen valvojana toimii Juha-Pekka Triipponen Lounais-Suomen ympäristökeskuksesta. Työn tarkastajana toimi professori Tuula Tuhkanen.

Edellä mainittujen lisäksi haluan kiittää Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymästä Ilona Joensuuta Tuusulanjärven kosteikkojen esittelystä, Vekuvi-projektin projektisihteeri Jenni Sainalaa paikallisoppaana toimimisesta sekä Vapo Oy:n suunnittelija Jari Alkkiomäkeä turvetuotannon vesiensuojeluratkaisujen esittelystä.

Vanhempiani haluan kiittää opintojen tukemisesta ja kannustamisesta näiden vuosien varrella

Erityiskiitos tämän lähes 12 vuotta kestäneen opiskelu-urakan tukemisesta kuuluu perheelleni, sillä kaikki opiskeluun käytetty aika on ollut heiltä pois.

Ylöjärvellä joulukuussa 2007

Vesa Arvonen

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Ympäristötekniikan osasto/Bio- ja ympäristötekniikka

ARVONEN, VESA: Karhoismajan vesireittien kunnostussuunnitelma

Diplomityö 85 s., 7 liitesivua.

Tarkastaja: prof. Tuula Tuhkanen

Rahoittajat: Karhoismajan vesireittien kunnostusyhdistys ry,
Maa- ja Vesitekniikan tuki ry

Avainsanat: Vesistöjen kunnostus, kunnostusmenetelmät,
kosteikkopuhdistamot, laskeutusallas.

Joulukuu 2007

TIIVISTELMÄ

Suomessa on noin 188 000 kooltaan yli 0,5 ha järveä. Veden laatu on hyvä tai erinomainen 80 prosentissa järvistä. Suomen vesistöt ovat kuitenkin herkkiä ihmisen aiheuttamalle haitalliselle toiminnalle, sillä järvien pieni koko ja pitkä viipymä heikentävät vesistöjen luonnollista puhdistumiskykyä. Yhdyskuntien ja haja-asutusalueen jätevedet sekä maa- ja metsätaloudesta tulevat ravinteet rehevöittävät vesistöjä heikentäen niiden veden laatua. Vesistöjen kunnostustoimenpiteillä pyritään palauttamaan vesistöjen kunto muun muassa virkistyskäyttöön soveltuvaksi.

Tämän työn tarkoituksena oli etsiä sopivia menetelmiä Kankaanpäässä sijaitsevan Karhoismajan vesireitin järvien tilan parantamiseksi sekä laatia suunnitelmat kahden järven veden laadun parantamiseksi. Vesistön virkistyskäyttöä haittaavat erityisesti järvien umpeenkasvu sekä leväesiintymät.

Työn kirjallisuustutkimusosassa selvitettiin vesistöjen kunnostusta sekä Suomessa että muualla Euroopassa. Eri kunnostustoimenpiteiden tarkastelulla ja vertailulla pyrittiin löytämään kohteeseen sopivat menetelmät. Työn toisessa osassa laadittiin suunnitelmat Valkiajärveen laskevan Kyrvönojan laskeutusallas-kosteikosta ja Pikku-Hapuan kosteikosta.

Kunnostusmenetelmän valintaan vaikuttavat vesistössä havaitut ongelmat, alueella vallitsevat olosuhteet sekä käytettävissä olevat resurssit. Tärkeänä työkaluna kunnostuksen suunnittelussa on vesistöstä tehty selvitys, mistä nähdään veden laadun ja määrän vaihtelut sekä voidaan arvioida mahdollisia ongelman lähteitä. Yleensä vesistön ongelmat aiheutuvat vesistön valuma-alueella tapahtuvasta ihmisen toiminnasta. Ravinteiden, kiintoaineen, humuksen ja bakteerien pääsy vesistöön kannattaa pyrkiä estämään jo ongelman alkulähteillä tai ennen kuin vesi päätyy kunnostuksen kohteena olevaan järveen.

Pikku-Hapuan kosteikosta laadittiin kaksi eri vaihtoehtoa, joiden avulla muodostetaan lähes umpeenkasvaneesta Pikku-Hapuasta noin 17 ha kokoinen kosteikkoalue. Kosteikon tarkoituksena on sekä parantaa veden laatua Pikku-Hapuan jälkeen olevissa järvissä sekä parantaa luonnon monimuotoisuutta kosteikkoalueella. Ojitetulta suolta virtaavaan Kyrvönojaan laadittiin suunnitelmat laskeutusaltaasta, minkä toimintaa tehostetaan kosteikkoalueella. Laskeutusaltaalla on tarkoitus parantaa veden laatua alapuolisessa Valkiajärvessä, minkä ongelmia ovat muun muassa humuspitoinen vesi sekä leväongelmat.

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Department of Environmental Technology

Institute of Environmental Engineering and Biotechnology

ARVONEN, VESA: Restoration plan for Karhoismaja water course

Master of Science Thesis: 85 p., 7 appendix p.

Inspectors: Prof. Tuula Tuhkanen

Financing: Karhoismajan vesireittien kunnostusyhdistys ry,
Maa- ja Vesitekniikan Tuki ry

Instructor: Prof. Tuula Tuhkanen

Keywords: Lake restoration, restoration methods, constructed wetland, settling pond.

December 2007

Abstract

In Finland there are approximately 188000 lakes with a surface area exceeding 0,5 hectares. The water quality is good or excellent in 80 % of these lakes. The water courses are sensitive to harmful human activity, because the small size of lakes and long detention time of water on lakes decrease the capacity of natural purification. The waste waters from urban and rural areas and the nutritious waters from farming and forestry eutrophicate the water courses and decrease the quality of water. The lake restoration procedures are implemented to return the condition of the lake to the level which is suitable for example for recreation use.

The goal of this work was to find suitable methods to improve the condition of lakes at Karhoismaja water course in Kankaanpää and made the plans to improve the quality of water in two lakes. The problems of these lakes are especially the algae blooms during the summer months and the decreasing area of the free water.

The literature part of this work covers the lake restoration in Finland and other Europe countries. The idea of this survey was to find suitable methods for Karhoismaja water course. The second part of this work includes the comparison of different methods and restoration plans to Lake Valkiajärvi and Lake Pikku-Hapua. The selected restoration methods were settling pond on the channel before the Lake Valkiajärvi and the constructed wetland on Pikku-Hapua.

The selection of the lake restoration method depends on the problems of the lake, the circumstances at the area and the available resources. The report of the state of the water course is important when the lake restoration methods are planned. It can be seen on the report that the changes of water levels and quality and the possible reasons of the problems can be estimated. Typically the problems of water courses are caused by the human activities on the area where the water comes from the catchment area. It would be better to stop the flow of nutrients, solid matter, humic matter and bacterias before the water comes to the lake.

There are two different plans to create the 17 hectares constructed wetland on lake Pikku-Hapua where is very small area of open water. The idea of this constructed wetland is to improve the quality of the water on lakes after the Pikku-Hapua and increase the polymorphism of the nature on this area. On the channel Kyrvönoja is planned to construct the settling bond with wetland area. The water of this channel comes from the drained marshland. This settling bond should improve the quality of water on lake Valkiajärvi where the water include humic matter and suffer algae blooms.

1. JOHDANTO	8
1.1 YLEISTÄ	8
1.2 TYÖN TARKOITUS	9
2. VESISTÖJEN KUNNOSTUS	10
2.1 YLEISTÄ	10
2.2 VESISTÖJEN KUNNOSTUS SUOMESSA	12
2.3 VESISTÖJEN KUNNOSTUS ULKOMAILLA	13
2.4 VESISTÖJEN ONGELMIA JA NIIDEN LÄHTEITÄ	14
2.4.1 <i>Vesistöjen ongelmia</i>	14
2.4.2 <i>Maatalous</i>	21
2.4.3 <i>Metsätalous</i>	23
2.4.4 <i>Levät</i>	26
3. VESISTÖJEN KUNNOSTUSVAIHTOEHTOJA	28
3.1 LASKEUTUSALTAAT	28
3.1.1 <i>Laskeutusaltaan mitoitus</i>	29
3.1.2 <i>Laskeutusaltaan rakenne</i>	30
3.2 KOSTEIKKOPUHDISTAMOT	32
3.2.1 <i>Kosteikon määritelmä</i>	32
3.2.2 <i>Kosteikon vaikutus veden laatuun</i>	32
3.2.3 <i>Kosteikkojen toimintaperiaate</i>	34
3.2.4 <i>Vesiensuojelukosteikkojen mitoitus</i>	37
3.2.5 <i>Vesiensuojelukosteikkojen rakenne</i>	37
3.3 MAATALOUDEN SUOJAKAISTAT	37
4.4 VESIKASVILLISUUDEN POISTAMINEN	38
4.4.1 <i>Edut</i>	38
4.4.2 <i>Haitat</i>	38
4.5 HAPETUS	39
4.5.1 <i>Vesistön hapellisuuden biologis-kemiallinen merkitys</i>	39
4.6 ALUSVEDEN POISTAMINEN	39
4.7 VEDENPINNAN NOSTO	40
4.8 KEMIALLINEN SAOSTUS	40
4.9 RUOPPAUS	40
4.10 ULKOISEN KUORMITUKSEN VÄHENTÄMINEN	41
4.11 OJANPOHJASUODATUS	42
4.11.1 <i>Ojanpohjasuodatus</i>	42
4.11.2 <i>Salaojitettu ojanpohjasuodatus</i>	42
4.12 METSÄOJITUKSEN KATKOT	43

4.13 BIOMANIPULAATIO ELI TEHOKALASTUS	43
4.14 PINTAVALUTUSKENTÄT	43
4.14.1 Orgaanisen aineen poistuminen.....	45
4.14.2 Typen poistuminen	45
4.14.3 Fosforin poistuminen	46
4.14.4 Pintavalutuskentän mitoitus.....	46
4.15 HAKESUODATTIMET	46
5 MATERIAALIT JA MENETELMÄT	48
5.1 JÄRVET	48
5.1.1 Yleistä.....	48
5.1.2 Suutarinjärvi	49
5.1.3 Majajärvi	49
5.1.4 Valkiajärvi	49
5.1.5 Pikku-Hapua	50
5.1.6 Iso-Hapua	52
5.1.7 Äpäntjärvi	52
5.2 OJAT	53
5.2.1 Oja Verttuunjärvi – Suutarinjärvi.....	53
5.2.2 Kyrvönoja.....	54
5.2.3 Oja Valkiajärvi - Majajärvi	55
5.2.4 Oja Majajärvi – Pikku-Hapua	55
5.2.5 Oja Iso-Hapua - Äpäntjärvi	57
5.2.6 Oja Äpäntjärvestä eteenpäin.....	58
5.3 VESISTÖN VALUMA-ALUE	59
5.3.1 Maankäyttö	59
5.3.2 Tuleva kuormitus.....	59
5.4 VESISTÖN ONGELMAT	60
5.4.1 Umpeenkasvu	60
5.4.2 Levät.....	61
5.4.3 Happipitoisuus	61
5.4.4 Veden hygieeninen laatu	62
5.4.5 Humus	62
6. VAIHTOEHTOJEN VERTAILU JA VAIKUTUSTEN ARVIOINTI	63
6.1 LASKEUTUSALTAAT.....	63
6.2 KOSTEIKKOPUHDISTAMO	64
6.2.1 Kosteikko veden pintaa nostamalla.....	65
6.2.2 Kosteikko veden pintaa nostamalla ja virtauksen johtamisella koko järveen	66
6.3 MAATALOUDEN SUOJAKAISTAT.....	66
6.4 VESIKASVILLISUUDEN POISTAMINEN	66

6.5 HAPETUS	66
6.6 ALUSVEDEN POISTAMINEN	67
6.7 VEDENPINNAN NOSTO.....	67
6.8 KEMIALLINEN SAOSTUS	67
6.9 RUOPPAUS	67
6.10 ULKOISEN KUORMITUKSEN VÄHENTÄMINEN	67
6.11 OJANPOHJASUODATUS.....	68
6.12 METSÄOJITUKSEN KATKOT.....	68
6.13 BIOMANIPULAATIO	68
6.14 PINTAVALUTUSKENTÄT	68
7. SUUNNITELMAVAIHTOEHDOT.....	70
7.1 HAPUA VAIHTOEHTO 1.....	70
7.1.1 Mitoitus.....	71
7.1.2 Vaihtoehto 1 edut ja haitat.....	72
7.1.3 Vaihtoehto 1 kustannukset	73
7.2 HAPUA VAIHTOEHTO 2.....	73
7.2.1 Vaihtoehto 2 mitoitus	74
7.2.2 Vaihtoehto 2 edut ja haitat.....	74
7.2.3 Vaihtoehto 2 kustannukset	74
7.3 KYRVÖNOJA	76
7.3.1 Laskeutusaltaan mitoitus.....	77
7.3.2 Kyrvönojan suunnitelman edut ja haitat	77
7.3.3 Kustannukset.....	78
8. YHTEENVETO.....	79
LÄHDELUETELO.....	80

1.Johdanto

1.1 Yleistä

Kankaanpäässä sijaitseva Karhoismajan vesireitti käsittää kuusi järveä (Suutarinjärvi, Majajärvi, Valkiajärvi, Pikku-Hapua, Iso-Hapua ja Äpätinjärvi) sekä näiden väliset ojat (kuva 1.1). Vesistö sijaitsee 3-6 km etäisyydellä Kankaanpään keskustan taajamasta ja se kuuluu Karvianjoen vesistöalueeseen.



Kuva 1.1 Karhoismajan vesireitin järvet ja niiden sijainti

Alueella toimii vuonna 2003 perustettu Karhoismajan vesistön kunnostusyhdistys, minkä tavoitteena on parantaa vesistön järvien veden laatua. Vesistön virkistyskäyttöä haittaavat ensisijaisesti järvien umpeenkasvu sekä järvissä havaitut leväesiintymät.

1.2 Työn tarkoitus

Kirjallisuusosan tarkoituksena on selvittää taustaa miksi vesistöjä kunnostetaan ja vertailla erilaisia järvien kunnostusmenetelmiä, mitä on käytetty vesistöjen kunnostushankkeissa Suomessa ja ulkomailla.

Kirjallisuustarkastelun lisäksi työn tarkoituksena on selvittää Karhoismajan vesistön alueelle sopivia kunnostusvaihtoehtoja sekä laatia suunnitelmat, minkä pohjalta kunnostushanke voidaan toteuttaa. Tässä työssä keskitytään ensisijaisesti etsimään Iso- ja Pikku-Hapuaan sekä Valkiajärveen sopivia menetelmiä. Vesistön muihin järviin suunnitelman tekee Rambol Oy:n Seinäjoen yksikkö.

2. Vesistöjen kunnostus

2.1 Yleistä

Suomessa on noin 188000 kooltaan yli 0,5 hehtaarin järveä. Tyypillisesti Suomen järvet ovat pieniä ja matalia, keskisyvyys on 7,2 m. Veden laatu on hyvä tai erinomainen 80 prosentissa järvistä (taulukko 2.1.1). Jokivesien laatu on tyydyttävä tai välttävä yli puolessa Suomen joista (taulukko 2.1.1). Laadullisesti hyviä jokia on lähinnä Pohjois-Suomessa. Suomen vesistöt ovat herkkiä ihmisen haitalliselle toiminnalle, sillä järvien pieni koko ja pitkä viipymä heikentävät vesistöjen luonnollista puhdistumiskykyä. Lisäksi saaret ja järvien monimutkainen muoto estävät veden vaihtuvuutta, jolloin ihmisen toiminnan vaikutukset voivat olla paikallisia. (Leivonen (toim.) 2005, Ruokojärvi (toim.) 2006)

Taulukko 2.1.1 Pintavesien käyttökelpoisuusluokkien osuudet 1990-luvun alussa ja puolivälissä sekä 2000-luvun alussa. (Leivonen (toim.) 2005)

1990-1993			1994-1997		2000-2003	
Järvet	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Erinomainen	8 700	37,7	9 730	37,8	10 110	38,2
Hyvä	9 900	42,9	10 880	42,3	11 130	42,0
Tyydyttävä	3 600	15,7	3 990	15,5	4 010	15,1
Välttävä	770	3,4	1 070	4,1	1 160	4,4
Huono	75	0,3	67	0,3	79	0,3
Yhteensä	23 045	100	25 737	100	26 490	100
Joet	km	%	km	%	km	%
Erinomainen	1 100	9,0	1 490	7,7	1 600	7,6
Hyvä	3 700	29,4	6 030	31,2	7 430	35,1
Tyydyttävä	3 700	29,3	5 860	30,4	5 130	24,2
Välttävä	3 600	29,0	5 640	29,2	6 570	31,0
Huono	400	3,3	290	1,5	450	2,1
Yhteensä	12 500	100	19 310	100	21 180	100

Vesistöjä on hyödynnetty ja muokattu ihmisen tarpeiden mukaisesti jo satoja vuosia. Aikaisemmin vesistöjen pintoja laskettiin maatalouden tarpeisiin, minkä vuoksi noin 3000 järveä kuivui kokonaan tai osittain. Maa- ja metsätalouden tehostuminen 1950-luvulla, teollisuuden kehittyminen sekä väestön kasvu ja vesistöjen käyttäminen yhdyskuntajätevesien purkupaikkana lisäsivät vesistöjen ravinnekuormitusta. 1970-luvulta alkaen yhdyskuntajätevesien käsittelyä on tehostettu voimakkaasti, joten tällä hetkellä hajakuormitus on suurin vesistöjä kuormittava tekijä (taulukko 2.1.1). Hajakuormitusta tulee maa- ja metsätaloudesta sekä viemäriverkostojen ulkopuolella olevista kiinteistöistä, missä asuu noin 20 prosenttia suomalaisista. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005), Leivonen (toim.) 2005, Ruokojärvi (toim.) 2006)

Taulukko 2.1.2. Fosforin ja typen bruttokuormitus vesiin vuonna 2003. (Leivonen (toim.) 2005)

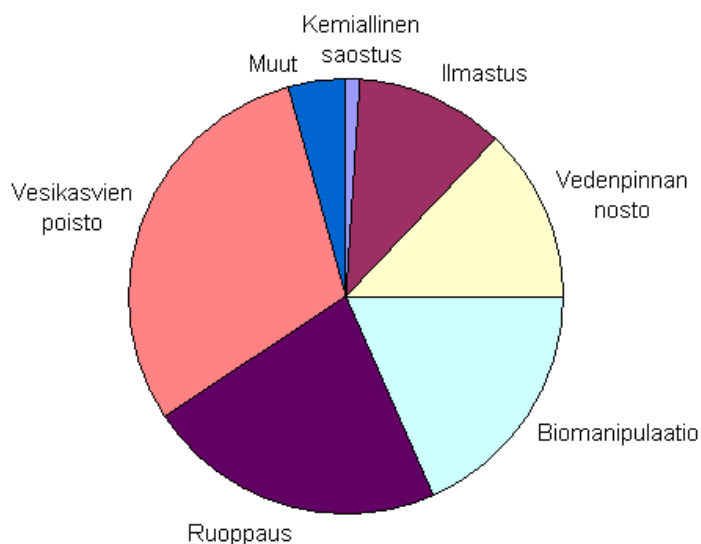
Päästölähteet	Fosfori t/a	Typpi t/a
Pistemäinen kuormitus		
Teollisuus	230	3 558
Yhdyskunnat	204	12 480
Kalankasvatus	80	646
Turkistarhaus	45	430
Turvetuotanto	17	500
Pistemäinen kuormitus yhteensä	576	17 614
Hajakuormitus		
Maatalous	2 600	39 500
Haja-asutus	355	2 500
Metsätalous	320	4 100
Hajakuormitus yhteensä	3 275	46 100
Laskeuma	270	14 300
Kuormitus yhteensä	4 121	78 014

Ihmisen toiminta yleensä kiihdyttää järvien luontaista muuntumista kohti rehevämpää tilaa. Kunnostustoimenpiteillä pyritään hidastamaan tätä muutosta ja

palauttamaan järvi mahdollisimman lähelle luonnonmukaista tilaa. Yleensä kunnostuksen taustalla on virkistyskäyttö-arvon nostaminen parantamalla veden laatua, vähentämällä vesikasvillisuutta tai nostamalla vesisyvyyttä. Kunnostustoimenpiteet vaikuttavat koko järven eliöyhteisöön, kuten pieneliöstöön, kaloihin ja lintuihin. Virkistyskäyttöarvoltaan alhainen, lähes umpeen kasvanut järvi voi olla eliöstöltään rikas esimerkiksi lintujärvenä. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

2.2 Vesistöjen kunnostus Suomessa

Vesistöjen kunnostus kalakantojen turvaamiseksi sekä veden laadun parantamiseksi alkoi Suomessa 1960-luvulla. Pääasiallisia kunnostusmenetelmiä 1960- ja 1970-luvuilla olivat vedenpinnan nosto ja ilmastus. Vuosina 1998-2002 kunnostusmenetelminä olivat pääosin vesikasvien poisto, ruoppaus ja biomanipulaatio (kuva 2.2). Vuoteen 2002 mennessä on noin 800 järvellä tehty kunnostustoimenpiteitä. Suomen Ympäristökeskuksen vuonna 2000 tekemän kartoituksen mukaan Suomessa on kunnostuksen tarpeessa olevia järviä noin 1500. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005), Ruokojärvi (toim.) 2006).



Kuva 2.2 Kunnostusmenetelmät vesistöjen kunnostusprojekteissa Suomessa 1998-2002 (Leivonen (toim.) 2005)

Kunnostustoimenpiteistä ja niiden kustannuksista vastaavat yleensä vesialueen omistajat: kunnat, paikalliset asukkaat, yhdistykset ja yritykset. Paikallisesti on myös

perustettu vesistön kunnostus- ja hoito-yhdistyksiä, mihin kuuluu edellä mainittuja vesialueiden omistajia. Kunnostus- ja hoito-yhdistysten jäsenet tekevät talkoilla kunnostustoimenpiteitä, kuten vesikasvien niittoa ja hoitokalastusta. Lisäksi nämä yhdistykset ostavat ulkopuolisilta palveluntarjoajilta vesistölle tehtäviä suurempia kunnostustoimenpiteitä, kuten ruoppaus- tai rakennustöitä sekä suunnittelu- ja vesinäytteiden analysointipalveluita. Rahoituksensa nämä yhdistykset saavat jäsenmaksuista sekä erilaisista avustuksista. Valtio on osallistunut lähinnä suurimpien sekä erilaisia koeluonteisia kunnostusmenetelmiä sisältävien kunnostushankkeiden suunnitteluun ja rahoitukseen. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005))

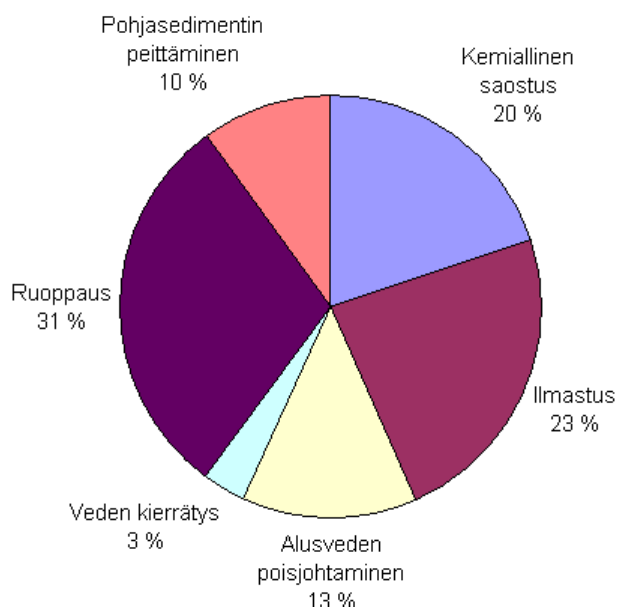
2.3 Vesistöjen kunnostus ulkomailla

Euroopassa on käytössä vastaavia menetelmiä kuin Suomessakin. Joissakin maissa, kuten Venäjällä, kunnostustoiminta on vasta käynnistymässä. Venäjällä Karjalassa on seurattu vesistöjen tilaa noin 100 kohteessa vuosina 1992-2004, mutta varsinaisia kunnostustoimenpiteitä ei ole vielä suoritettu. Virossa on vesistöjen kunnostusta kokeiltu jo 1970-luvulla. Tällöin tarkoituksena oli parantaa järvien kalakantaa taloudellisista syistä. 1990-luvulla kunnostuksen painopiste siirtyi virkistyskäyttömahdollisuuksien parantamiseen. Virossa on kunnostettu vesistöjä muun muassa biomanipulaation avulla, nostamalla veden pintaa, poistamalla kasvillisuutta, ruoppaamalla sekä erilaisilla hapetusmenetelmillä. (Ruokojärvi (toim.) 2006).

Tanskassa ensimmäinen suuri kunnostusprojekti oli vuosina 1986-1988. Tämän jälkeen Tanskassa on kunnostettu noin 50 järveä hyödyntäen biologisia menetelmiä sekä noin 20 järveä fysiokemiallisilla menetelmillä. Biologisia menetelmiä ovat olleet esimerkiksi petokalojen istuttaminen järviin, särkikalojen poistaminen sekä vesikasvien istuttaminen suojaamaan maalta valuvilta ravinteilta sekä monipuolistamaan järveä elinympäristönä muun muassa kaloille ja linnuille. Fysiokemiallisia menetelmiä ovat olleet hapetus, sedimentin poistaminen sekä fosforin saostaminen rauta- ja alumiinisuoloilla. (Ruokojärvi (toim.) 2006).

1960-Luvulla Saksassa käytettiin kunnostusmenetelmänä ilmastusta, 1970-luvulla käytettiin ruoppausta. 1980-Luvulla aloitettiin alusveden poisjohtaminen sekä ravinteiden kemiallinen saostaminen alumiinilla ja raudalla. Vuoden 1990 jälkeen on

Saksassa ollut noin 30 suhteellisen suurta vesistön kunnostusprojektia. Kunnostusmenetelmien osuudet näkyvät kuvassa 2.3.



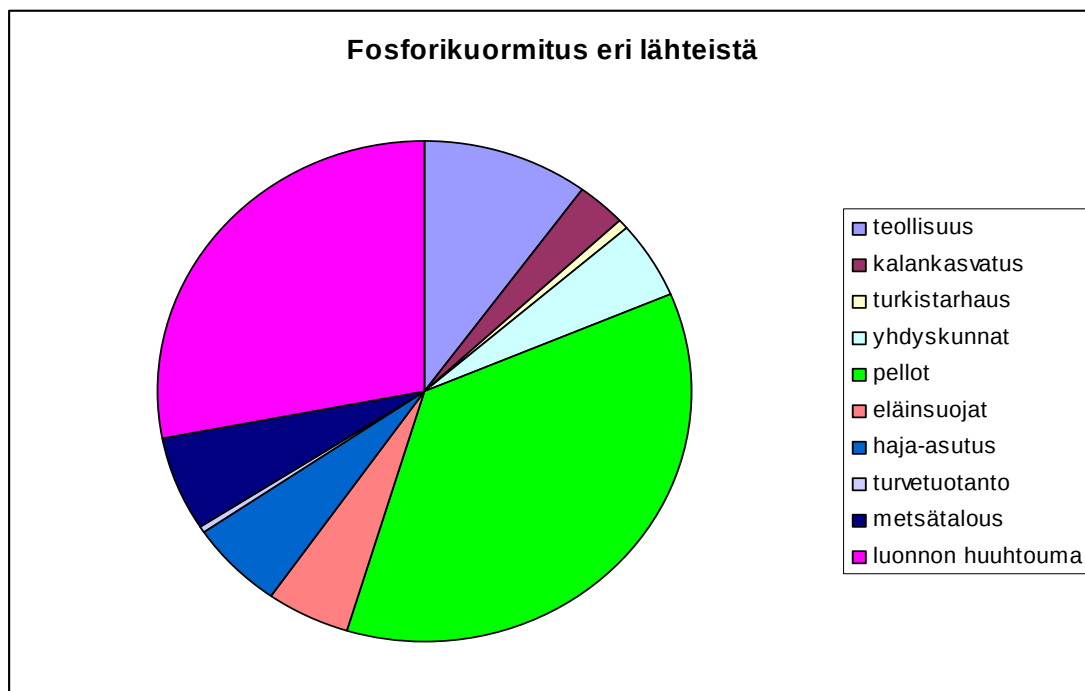
Kuva 2.3 Suurimmissa kunnostusprojekteissa käytetyt menetelmät Saksassa vuoden 1990 jälkeen.

Saksassa on optimoitu ja yhdistelty olemassa olevia kunnostusmenetelmiä, kuten esimerkiksi samanaikaisesti saostettu ravinteita kalsiumin ja alumiinisuolojen avulla, peitetty pohjan sedimenttejä rauta-oksidoilla sekä käytetty ilmastusta. (Ruokojärvi (toim.) 2006).

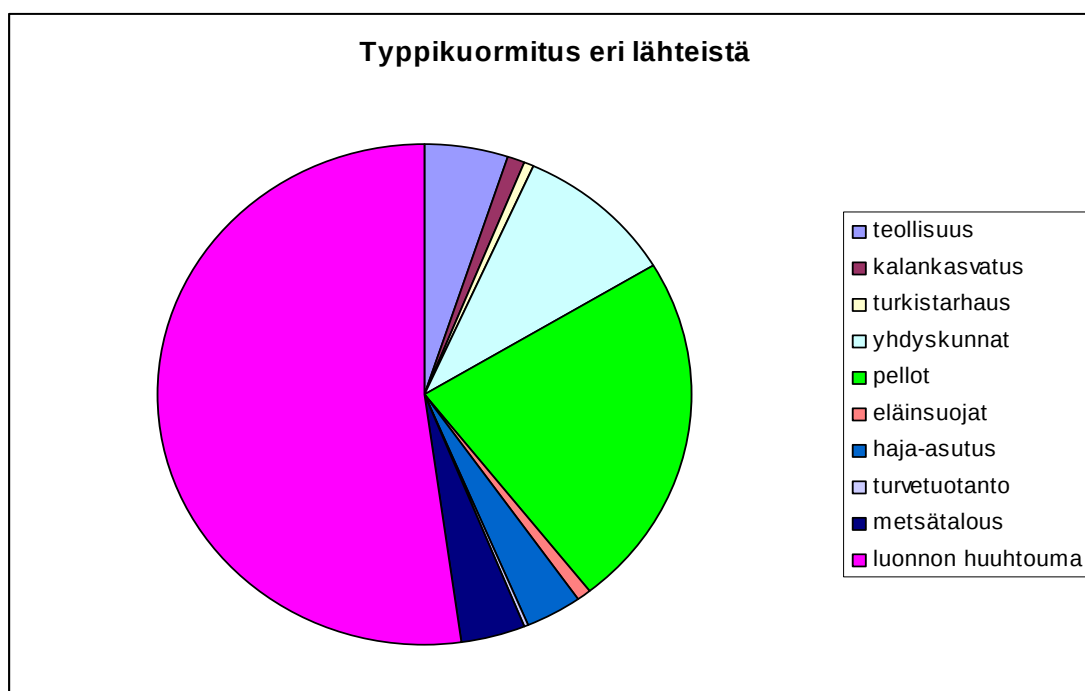
2.4 Vesistöjen ongelmia ja niiden lähteitä

2.4.1 Vesistöjen ongelmia

Vesistön valuma-alueella oleva teollisuus ja asutus tuottaa pesu-, prosessi- ja käymäläjätevesiä, jotka päätyvät eritasoisesti käsiteltyinä vesistöön. Yleensä teollisuuden ja yhdyskuntien jätevedet ovat tehokkaammin puhdistettuja, kuin haja-asutusalueen jätevedet. Näiden jätevesien mukana vesistöön tulee ravinteita, kuten typpeä ja fosforia, happea kuluttavaa orgaanista ainetta sekä bakteereja. Lisäksi maa- ja metsätaloudesta tulee valumavesien mukana ravinteita ja orgaanista ainetta. Suomen sisä- ja rannikkovesien kuormitus vuonna 1989 eri lähteistä on kuvattu fosforin osalta kuvassa 2.4.1 ja typen osalta kuvassa 2.4.2. (Salonen et al. 1992).



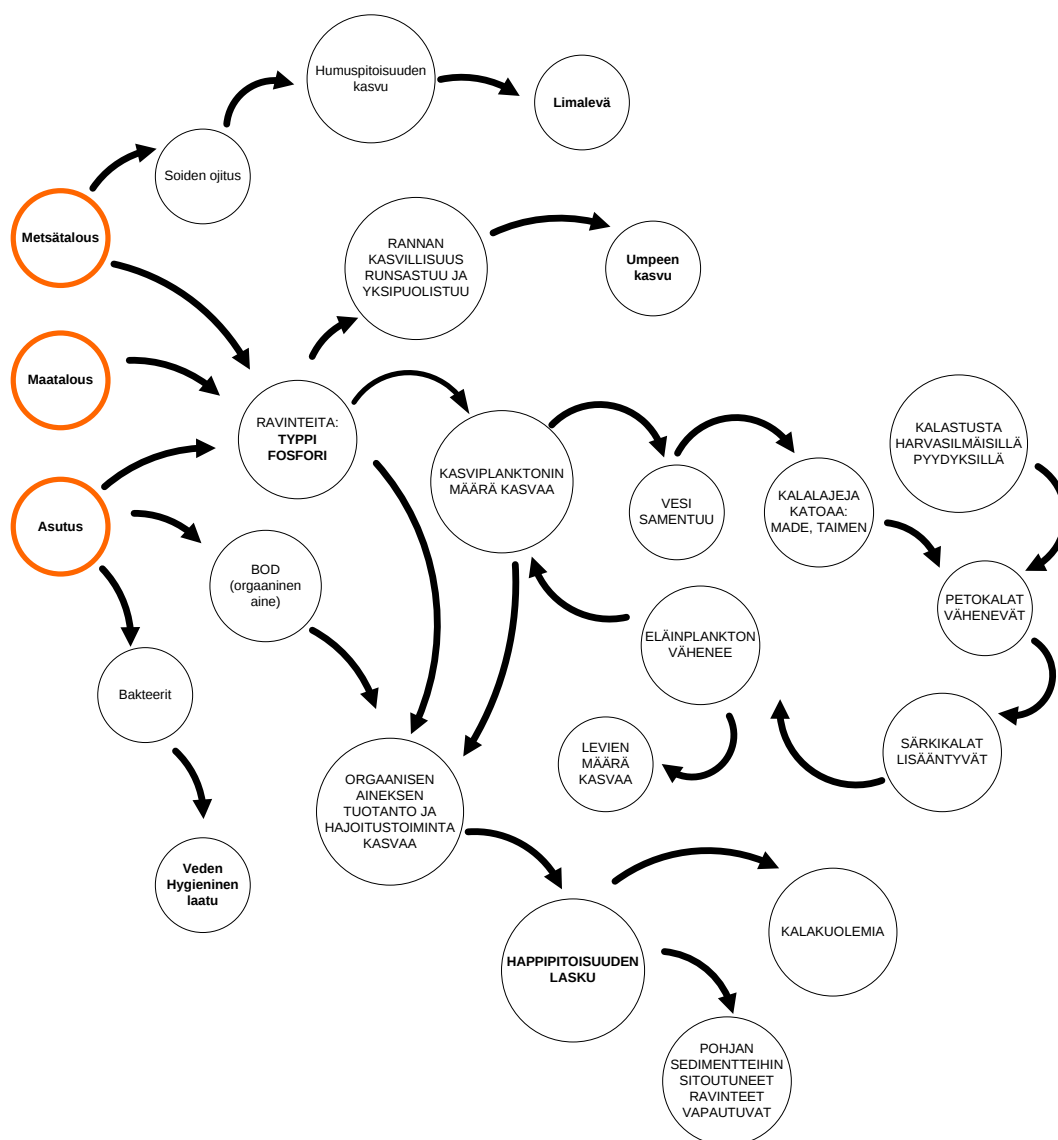
Kuva 2.4.1 Suomen sisä- ja rannikkovesien fosforikuormitus eri lähteistä.



Kuva 2.4.2 Suomen sisä- ja rannikkovesien typikuormitus eri lähteistä.

Ravinteet aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä, mikä ilmenee muun muassa voimakkaina leväesiintyminä ja vesikasvillisuuden lisääntymisenä. Voimakkaat leväesiintymät voivat aiheuttaa veteen haju- ja makuhaittoja sekä lisätä orgaanisen

aineen määrää. Orgaanisen aineen hajotustoiminnasta aiheutuva veden happipitoisuuden lasku heikentää kalakantoja sekä voi aiheuttaa talvisin laajoja kalakuolemia. Kuvassa 2.4.3 on kuvattu vesistössä olevia ongelmien lähteitä sekä syy- ja seurausketjuja, kuinka ongelma aiheuttaa toisen ongelman.



Kuva 2.4.3 Vesistön ongelmien lähteitä sekä syy- ja seurausketjuja.

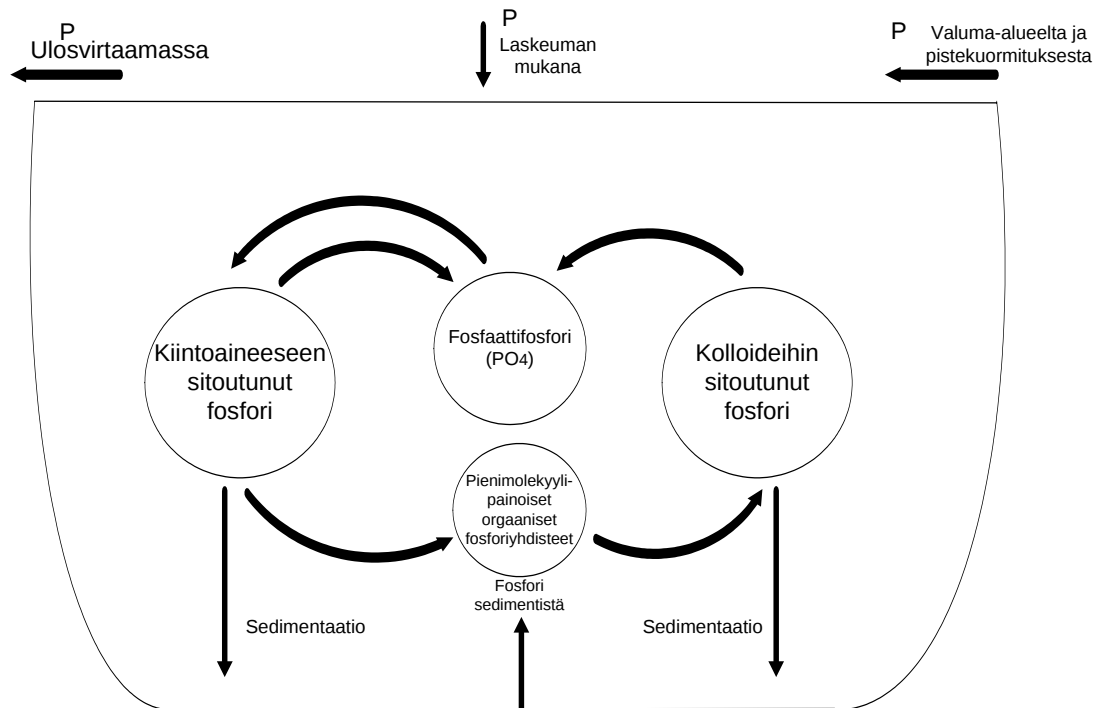
2.4.1.1 Ravinteet

Ravinteiden rehevöittävä vaikutus riippuu ravinteiden määrästä, esiintymismuodosta ja kuormituksen jaksottumisesta (Salonen et al. 1992). Asutuksesta tulevat ravinnevirrat jakautuvat melko tasaisesti ympäri vuoden, lukuun ottamatta vain kesäkäytössä olevaa loma-asutusta. Asutuksen jätevesistä tulevat, rehevöitymisen kannalta tärkeimmät, ravinteet ovat typpi ja fosfori. Asutuksen tuottamat ravinnemäärät ovat luokkaa kokonaisfosfori 2,2 g/as/d ja kokonaistyppi 14 g/as/d (Jätevesiasetus 2003). Vesistöstä riippuen perustuotantoa rajoittava ravinne voi olla joko typpi tai fosfori. Suomen sisävesillä yleensä rajoittavana tekijänä on fosfori.

Fosfori

Fosfori (P) on maankuoren 11. yleisin alkuaine (0,112 %). Fosforin tärkeimmät mineraalit ovat fosforiitti ($3 \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \bullet \text{Ca}(\text{OH})_2$) ja apatiitti ($(3 \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \bullet \text{Ca}(\text{F})_2 / (3 \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \bullet \text{Ca}(\text{Cl})_2 / (3 \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \bullet \text{Ca}(\text{OH})_2)$). (Laitinen ja Toivonen 1982).

Vesissä fosfori esiintyy liukoisina epäorgaanisina fosfaatteina (PO_4^{3-}), liuenneina tai kolloidisina orgaanisina fosforiyhdisteinä sekä kiintoaineeseen sitoutuneina epäorgaanisina ja orgaanisina yhdisteinä. Vesien kokonaisfosforista huomattava osa on sitoutuneena kiintoaineeseen, kuten leväbiomassaan ja maahiukkasiin. Virtaavan veden ja laskeuman mukana fosforia tulee vesiekosysteemiin. Fosforia lähtee systeemistä poistuvan veden mukana sekä sedimentoitumalla vesistön pohjalle (kuva 2.4.4). (Salonen et al. 1992).



Kuva 2.4.4 Fosforin kierron päävaiheet vesiekosysteemeissä (Salonen et al 1992 mukaan Wetzel 1975)

Levät käyttävät pääasiassa liuennutta epäorgaanista ortofosfaattia, kunnes sen pitoisuus ympäröivässä vedessä laskee hyvin alhaiseksi ($<1\text{mg/m}^3$). Eräät levälajit pystyvät alkaalisten fosfataasientsyymiensä avulla hyödyntämään liuennutta orgaanista fosforia. (Salonen et al. 1992).

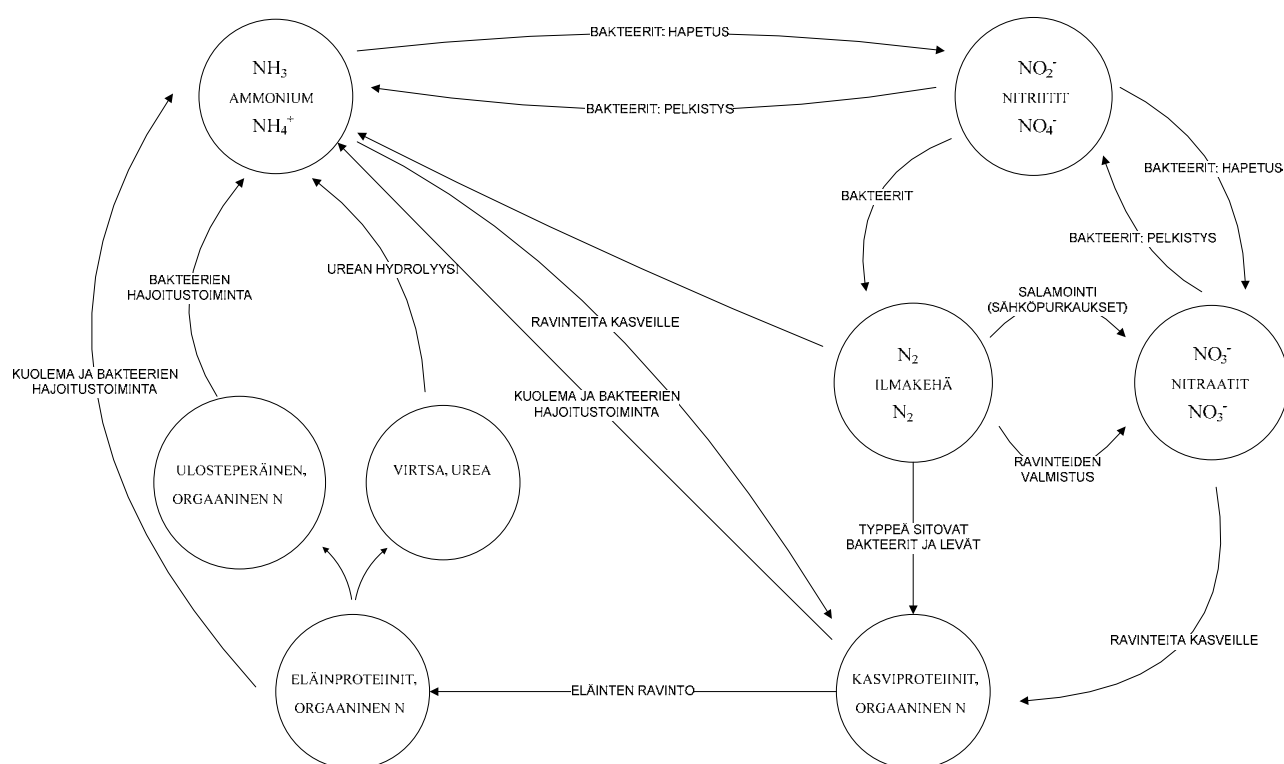
Kasvisolut tarvitsevat fosforia muun muassa nukleiinihappojen ja adenosiniitrifosfaatin (ATP) rakenneosiksi, joten se on kaikille kasveille välttämätön alkuaine. Kasvisolujen kuivapainosta on fosforia yleensä 0,5-2 %. (Salonen et al. 1992).

Typpi

Typpi (N_2) on ilmakehän yleisin alkuaine (78 til-%). Maankuoressa typpeä on 0,0019%. Elollisessa luonnossa typpeä on proteiineissa. (Laitinen ja Toivonen 1982).

Vesistöissä typpeä esiintyy useina epäorgaanisina muotoina: liennut molekylaarinen typpi (N_2), ammonium-typpi (NH_4^+), nitraatti-typpi (NO_3^-), nitriitti-typpi (NO_2^-) ja orgaanisina muotoina: lienneet orgaaniset typpiyhdisteet (kuten urea, peptidit ja valkuaisaineet) sekä typpeä sisältävät kolloidiset ja kiintoaineeseen sitoutuneet

Tchobanoglousin (1991) mukaan tuoreessa jätevedessä oleva typpi on pääasiassa proteiineissa ja ureassa. Bakteerien hajotustoiminta muuttaa nämä nopeasti ammonium –muotoon, mistä bakteerit hapettavat ne hapellisissa olosuhteissa edelleen nitraateiksi ja nitriiteiksi (kuva 2.4.5).



Kuva 2.4.5 Typen kiertokulku (Tchobanoglous 1991, muokattu)

Typeä tarvitaan kasvisoluissa pääasiassa aminohappojen ja proteiinien synteesiin. Solujen vähimmäistyyppipitoisuus on n 3-4 % kuivapainosta. Levät voivat käyttää typen lähteenä muun muassa nitriittiä, nitraattia, ammonium-typeä sekä joitakin liuenneita pienimolekyyllisiä orgaanisia typpiyhdisteitä (kuten ureaa, vapaita aminohappoja ja peptidejä). Lisäksi eräät sinilevät voivat sitoa ilmakehästä veteen liuennutta molekylaarista typeä. (Salonen et al. 1992).

2.4.1.2 Orgaaninen aine

Tavallisesti orgaaninen aines koostuu pääasiassa hiilestä, vedystä, hapesta ja joissakin tapauksissa myös timestä. Lisäksi mukana voi olla myös rikkiä, fosforia ja rautaa. Orgaanisen aineen hajotustoiminta kuluttaa veteen liuennutta happea aiheuttaen happipitoisuuden laskua. Asutuksesta peräisin oleva jätevesi voidaan ryhmitellä proteiineihin (40-60 %), hiilihydraatteihin (25-50 %) ja rasvoihin sekä öljyihin (10 %). Lisäksi tuore jätevesi sisältää usein ureaa ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), mikä hajoaa nopeasti hiilidioksidiksi ja ammonium ioneiksi. (Tchobanoglous 1991)

Proteiinit

Proteiinit ovat aminohapoista muodostuvia eläinorganismien keskeisiä rakennusaineita. Vastaavasti kasvit sisältävät vähemmän proteiineja. Kaikki eläin- ja kasviravinto sisältää proteiineja pitoisuuksien vaihdellessa mehukkaiden hedelmien pienistä pitoisuuksista lihan rasvakudosten ja papujen suuriin pitoisuuksiin. Proteiinit ovat kemialliselta rakenteeltaan monimutkaisia ja ne hajoavat monella eri tavalla. Proteiinien liukoisuus veteen vaihtelee liukoisesta liukenemattomaan.

Kaikki proteiinit sisältävät hiiltä, vetyä, happea ja erityisesti typpeä (noin 16 %). Monissa tapauksissa proteiineissa esiintyy myös rikkiä, fosforia ja rautaa. Urea ja proteiinit ovat asuinjätevesien typen pääasiallisia lähteitä. Jos jätevesi sisältää huomattavia määriä proteiineja, saattaa niiden hajoaminen tuottaa erittäin epämiellyttäviä hajuja. (Tchobanoglous 1991)

Hiilihydraatit

Hiilihydraatteihin kuuluvat sokerit, tärkkelys, selluloosa ja puukuitu. Hiilihydraatit muodostuvat hiilestä, vedystä ja hapesta. Yleisesti hiilihydraattimolekyylit sisältävät kuusi tai kuudella jaollisen määrän hiiliatomeja sekä vetyä ja happea siinä suhteessa, kuin niitä on vedessä. Osa hiilihydraateista on vesiliukoisia, etenkin sokerit. Muut hiilihydraatit, erityisesti tärkkelys, ovat veteen liukenemattomia. Eräiden bakteerien entsyymien ja hiivan aiheuttama käyminen hajottaa sokereita muodostaen alkoholia ja hiilidioksidia. Tärkkelys on pysyvämpää, mutta sekin muuttuu mikrobien toiminnan sekä laimeiden kivennäishappojen vaikutuksesta sokereiksi ja edelleen alkoholiksi ja hiilidioksidiksi. Hajoamattomana selluloosa on jätevesissä merkittävin hiilihydraatti. Se hajoaa maaperässä erilaisten sienien toimesta ennen kaikkea happamassa maaperässä. (Tchobanoglous 1991)

Rasvat ja öljyt

Yleensä rasvat käsittävät rasvat, öljyt, vahat ja vastaavat jätevedessä esiintyvät yhdisteet. Rasvat ja öljyt muodostuvat rasvahapoista yhdessä alkoholien (esterit) tai glyserolien (glyseriinit) kanssa. Yhdisteet, mitkä ovat normaalilämpötiloissa nestemäisiä, ovat öljyjä ja kiinteät yhdisteet ovat rasvoja. Kemiallisesti rasvat ovat samankaltaisia muodostuen hiilestä, vedystä ja hapesta. Rasvat ovat erittäin pysyviä orgaanisia yhdisteitä ja bakteerit eivät pysty helposti hajottamaan niitä. Jos vedessä on alkalisia aineita, kuten natrium hydroksidia, muodostuu saippuaa, mikä on rasvojen tavoin pysyvää. Tämä saippua on vesiliukoista, mutta jos vesi on kovaa, vaihtuu natrium kalsiumiin tai magnesiumiin, jolloin muodostuu veteen liukenematonta niin sanottua mineraalisaippuaa. (Tchobanoglous 1991)

2.4.1.3 Veden hygieeninen laatu

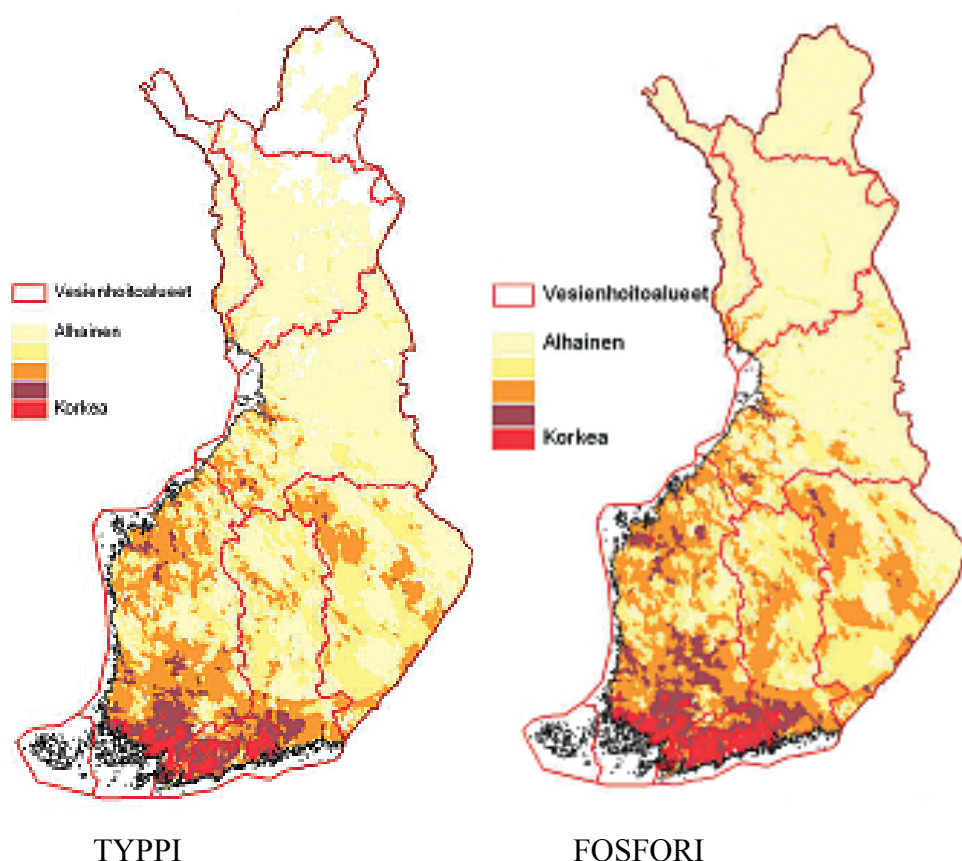
Veden hygieenistä laatua heikentävät ihmisistä ja eläimistä peräisin olevat tauteja aiheuttavat virukset, bakteerit, sienet, alkueläimet ja madot. (Kadlec ja Knight 1996). Näitä patogeeneja pääsee vesistöön kiinteistöjen jätevesistä ja esimerkiksi runsaiden sateiden aiheuttamien virtaamien mukana huuhtoutuneista eläinten jätöksistä.

Veden hygieenisellä laadulla on merkitystä erityisesti virkistyskäytölle. Veden laatuluokituksessa veden laatu määräytyy indikaattoribakteereiden lukumäärän perusteella. Näitä ovat koliformiset bakteerit, fekaaliset koliformiset bakteerit ja fekaaliset streptokokit. Koliformisia bakteereita esiintyy kuitenkin myös luonnossa, kuten esimerkiksi hajoavassa kasvimateriaalissa, joten näiden esiintyminen ei ole varma merkki jätevesien pääsystä vesistöön. Fekaalisia koliformisten bakteerien ja streptokokkien lähteenä voivat ihmisen sijasta olla myös esimerkiksi linnut. (Zacheus 2003)

2.4.2 Maatalous

Valuma-alueella olevia pelloja lannoitetaan vuosittain ravinteilla, mistä osa päätyy vesistöön. Tärkeimmät ravinteet ovat typpi ja fosfori. Haja-kuormituksesta tuleva fosfori on suurelta osin kiintoaineeseen sitoutunutta eikä se siten ole suoraan käyttökelpoisessa muodossa perustuotannon käytettäväksi. Pääosa hajakuormituksen ravinteista tulee vesistöihin kevät- ja syysvalunnan huippukausina. (Salonen et al. 1992)

Maataloudesta lähtöisin olevat typpi- ja fosforikuormitukset jakaantuvat maantieteellisesti eri tavoin (Kuva 2.4.2.1). Ravinnekuormitus on suurinta tiheästi asutuilla alueilla, missä maatalouden osuus maankäytöstä on suuri. (Rekolainen et al. 2006)



Kuva 2.4.2.1 Maatalouden typpi – ja fosforikuormituksen alueellinen jakautuminen (Rekolainen et al. 2006)

Pelloilta tulevaan kuormitukseen vaikuttavat muun muassa tuotantosuunta, viljelyn intensiteetti, viljelymenetelmät ja pellon ominaisuudet (Puustinen et al. 2007). Uudellamaalla seurattiin Vantaanjokeen laskevan Lepsämänjoen valuma-alueella olevien peltöjen ravinnetaseita vuosina 1997- 2002. Näiden vuosien aikana pelloille lisätyistä ravinteista jäi hyödyntämättä keskimäärin typpeä 49 kg/ha/a ja fosforia 7 kg/ha/a. Eri viljelykasveilla typpi- ja fosforitaseet erosivat huomattavasti (taulukko 2.4.2.2)

Taulukko 2.4.2.2 Typpi- ja fosforitaseiden tekijät eri viljelykasveilla keskimäärin vuodessa Lepsämäjoen valuma-alueella vuosina 1997-2002

Viljelyskasvi	TYPPI				FOSFORI			
	Lisäys kg/ha	Poisto kg/ha	Tase kg/ha	Hyötys %	Lisäys kg/ha	Poisto kg/ha	Tase kg/ha	Hyötys %
Vilja	108	59	49	55	17	10	7	59
Nurmi	128	106	22	83	14	13	1	93
Rypsi	111	52	59	47	16	12	4	75
Kaali	187	53	134	28	55	8	47	15
Keskiarvo	112	63	49	56	17	10	7	61

Tutkimuksessa seurattiin myös ravinteiden huuhtoutumista, mutta ylijäämävinteiden ja ravinnekuormituksen välillä ei havaittu suoraa yhteyttä. (Ahtela et al. 2005)

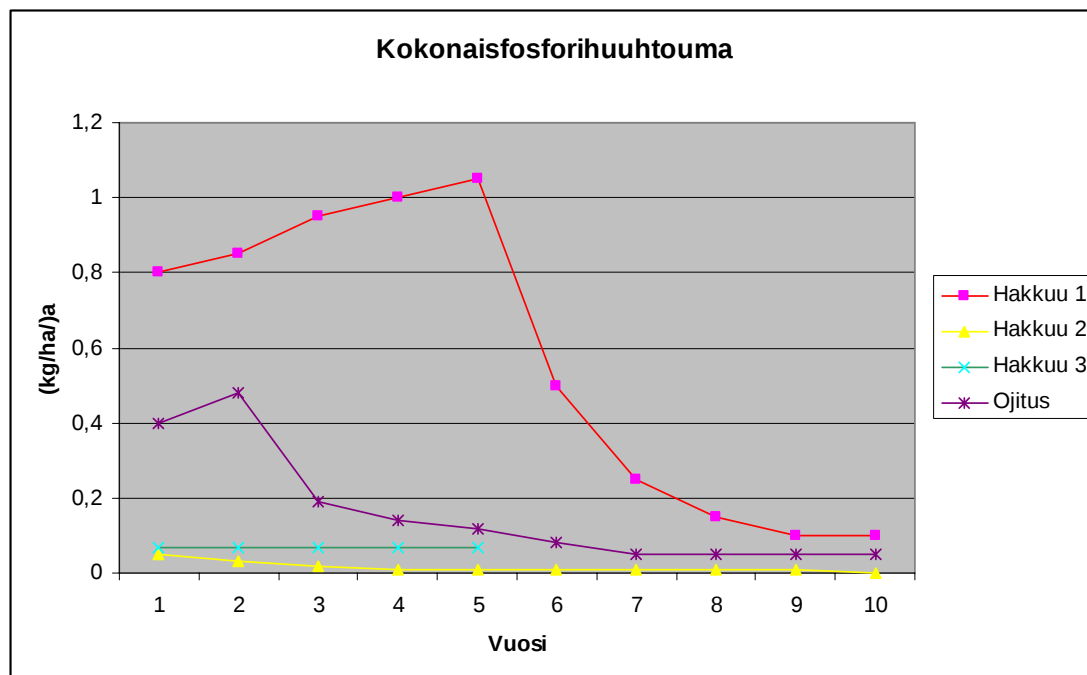
2.4.3 Metsätalous

Ihmisen toiminnasta peräisin olevasta typpikuormasta on arvioitu metsätalouden osuuden olevan lähteestä riippuen 3 - 5 %. Vastaava osuus fosforikuormasta on 6 %. Vaikka osuus on maatalouteen verrattuna pieni, ovat vaikutukset valuma-alueen vesistöissä merkittäviä. Kortelaisen et. al (2003) mukaan pitkällä aikavälillä tarkasteltuna metsätalousmaalta huuhtoutuvan kokonaisfosforin määrä on noin kaksinkertainen, kokonaistypen huuhtoutuma noin 1,4-kertainen ja ammoniumtypen kuusinkertainen luonnonhuuhtoumaan verrattuna. (Salonen et al. 1992, Sillanpää et al. 2006)

Vesistön valuma-alueella tehtävät metsätaloustoimenpiteet lisäävät veden ravinne- ja kiintoainepitoisuuksia. Lyhyellä aikavälillä ojituksen aiheuttamat huuhtoumat ovat kokonaistypen osalta nelinkertaisia, kokonaisfosforin osalta 10-kertaisia ja kiintoaineen osalta noin 80-kertaisia verrattuna luonnon huuhtoumaan. Ojituksen ohella muita metsätaloustoimenpiteitä ovat muun muassa metsän uudistaminen ja lannoitus. Metsän uudistamisesta aiheutuvien ravinne- ja kiintoainehuuhtoumien lisääntymiseen vaikuttavat sekä hakkuut että niihin liittyvät maanmuokkaustoimenpiteet. Avohakkuut nostavat usein pohjaveden pintaa ja lisäävät pintavalumia, sillä puusto ei enää haihduta maavettä eikä pidätä sateita. Kenttämiehen ja Saukkosen (1996) mukaan pohjaveden pinnannousun yhteydessä mikrobitoiminta aiheuttaa hapettomat olosuhteet veden kyllästämässä kerroksessa, jolloin raudan ja fosfaatin välinen sidos katkeaa ja fosfaatti vapautuu veteen. Hakkuun jäljiltä metsään

jäänyt jätepuu ja kuollut pintakasvillisuus lisäävät lahotessaan valumavesiin liukenevia ammonium- ja nitraatti-ioneita. (Sillanpää et al. 2006)

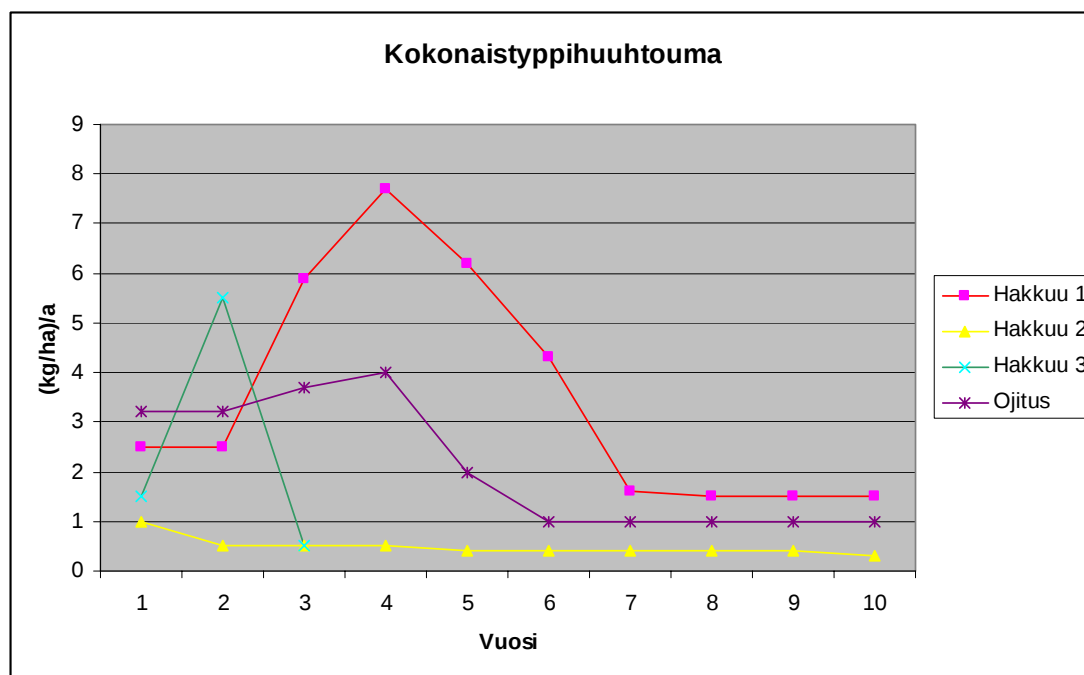
Hakkuut voidaan jakaa muokkaustavan perusteella kahteen luokkaan: raskaasti muokatut (auraus, mätästys ja ojitusmätästys) ja kevyemmin muokatut (laikutus ja äestys) hakkuut. Muokkaustavan valintaan vaikuttavat alueen maaperän olosuhteet. Kuvassa 2.4.3.1 on Nurmestutkimuksen yhteydessä tehtyjä havaintoja kokonaisfosforihuuhtoumasta. Hakkuu 1 on Murtopuron kokonaisfosforihuuhtouma (Ahtiainen ja Huttunen, 1995). Hakkuun yhteydessä maaperää on muokattu auraamalla ja mätästämällä. Myös Hakkuu 2 (Kivipuron kokonaisfosforihuuhtouma (Ahtiainen ja Huttunen, 1995)) on toteutettu auraamalla ja mätästämällä, mutta tässä yhteydessä jätettiin useita kymmeniä metrejä leveitä rämeakaistaleita suojavyöhykkeiksi. Hakkuu 3 (Vihdissä sijaitseva Yli-Knuuttila (Alatalo, 1999)) on toteutettu ilman koneellista maan muokkausta. Näiden tutkimusten mukaan kokonaisfosforin huuhtouma on ollut suurin raskaasti muokatuilla alueilla huuhtouman kasvaessa ensimmäisten viiden vuoden ajan. Suojakaistaleiden merkitys näkyy kuvasta selvästi, sillä samalla tavalla raskaasti muokatun, mutta suojavyöhykkeillä suojatun alueen huuhtouma on alle 10 % ilman suojakaistaleita olevan alueen huuhtoumasta.



Kuva 2.4.3.1 Kokonaisfosforihuuhtouman arvoja erilaisten metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä

Ojitus (Suopuron kokonaisfosforihuuhtouma (Ahtiainen ja Huttunen 1995)) on Nurmestutkimuksen yhteydessä tehty seuranta ojituksen vaikutuksesta fosforihuuhtoumaan. (Kenttämies ja Mattsson (toim.) 2006)

Kuvassa 2.4.3.2 on Nurmestutkimuksen yhteydessä tehtyjä havaintoja kokonaistyyppihuuhtoumasta. Hakkuu 1 on Murtopuron kokonaistyyppihuuhtouma (Ahtiainen ja Huttunen 1995). Hakkuun yhteydessä maaperää on muokattu auraamalla ja mätästämällä. Myös Hakkuu 2, Kivipuron kokonaistyyppihuuhtouma (Ahtiainen ja Huttunen 1995), on toteutettu auraamalla ja mätästämällä, mutta tässä yhteydessä jätettiin useita kymmeniä metrejä leveitä rämeakaistaleita suojavyöhykkeiksi. Hakkuu 3, Yli-Knuutila (Lepistö ym 1995), on toteutettu ilman koneellista maan muokkausta. Näiden tutkimusten mukaan kokonaistyyppien huuhtouma on ollut suurin raskaasti muokatuilla alueilla huuhtouman kasvaessa neljän ensimmäisen vuoden ajan. Suojakaistaleiden merkitys näkyy kuvasta selvästi, sillä samalla tavalla raskaasti muokatun, mutta suojavyöhykkeillä suojatun alueen huuhtouma on toisen vuoden jälkeen ollut alle 10 % ilman suojakaistaleita olevan alueen huuhtoumasta. Myös muihin metsänhoitotoimenpiteisiin verrattuna suojavyöhykkeiden merkitys on huomattava.



Kuva 2.4.3.2 Kokonaistyyppihuuhtouman arvoja erilaisten metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä

Ojitus (Suopuron kokonaistyyppihuuhtouma (Ahtiainen ja Huttunen 1995)) on Nurmes-tutkimuksen yhteydessä tehty seuranta ojituksen vaikutuksesta tyyppihuuhtoumaan. (Kenttämies ja Mattsson (toim.) 2006)

Metsien lannoitustarve riippuu maaperän olosuhteista. Esimerkiksi suomensia lannoitetaan PK -lannoitteella ja vastaavasti kangasmetsiä lannoitetaan tyypilannoitteilla. Lannoituksella saavutetaan merkittäviä taloudellisia hyötyjä. Esimerkiksi männikön lannoitus kuivahkolla kankaalla voi lisätä puun tilavuuskasvua 13-19 m³/ha. Lannoituksen vaikutusaika on kangasmailla 6-8 vuotta ja ojitetuilla turvemilla jopa 15-30 vuotta. (Rantala (toim.) 2005, Sillanpää et al. 2006)

Myytyjen lannoitteiden ja metsätilastojen mukaisten turvemaiden pinta-alojen perusteella on laskettu, että vuosina 1968 - 1993 keskimääräinen PK -lannoitteen levitysmäärä on ollut 46,7 kg/ha. Vastaavasti kivennäismaille levitetty tyypilannoitteiden levitysmäärä on ollut 150 kg/ha. Metsien lannoituksessa on käytetty liukoisuudeltaan erilaisia fosforilannoitteita. Suomessa käytettiin vuosina 1977 - 1988 PK -lannoitetta, minkä valmistusprosessissa käytettiin fosforihappoa. Tämä lisäsi lannoitteen helppoliukoista fosforia. Vuodesta 1988 on suometsien lannoittamiseen käytetty Siilinjärven kiteistä apatiittia, minkä liukoisuus veteen on vähäinen. (Kenttämies ja Mattsson (toim.) 2006)

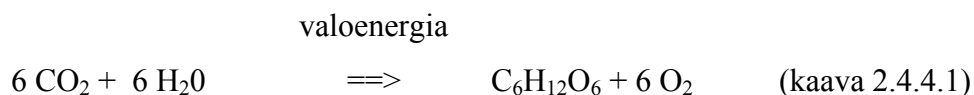
2.4.4 Levät

Levät kuuluvat olennaisena osana vesistöihin. Ongelmaksi levät muodostuvat yleensä siinä vaiheessa, kun levien määrä kasvaa paljaalla silmällä havaittavaksi massaesiintymäksi. Levät voivat aiheuttaa kalaverkkojen limoittumista. Tämän aiheuttaa yleensä viherleviin kuuluva *Hyalotheca dissiliens* – yhtymälevä. Levät saattavat aiheuttaa myös hajuhaittoja veteen, esimerkiksi kultalevät voivat runsastuessaan alkukesällä aiheuttaa veteen kalan hajua. Limalevä (*Gonyostomum semen*) muodostaa iholle ruskehtavan kalvon, mikä tuntuu uimisen jälkeen saippuamaisen liukkaalta. Kuivuessaan kalvo ärsyttää ihoa ja tuntuu kiristävältä. Osa levistä aiheuttaa myrkytysoireita joutuessa iholle tai elimistöön. Erityisesti sinilevien on todettu olevan myrkyllisiä, sillä niiden kukintojen yhteydessä on mitattu suuria pitoisuuksia maksa-, hermo- ja solumyrkkyjä. Näille myrkyille altistutaan yleensä juomaveden, uimisen tai löylyveden myötä. Yleisimmin leväkukintoja on rehevöityneissä vesistöissä. (Lepistö et al 2006)

Levät ovat alkeellisia eliöitä, jotka tuottavat kasvien tavoin happea fotosynteesin avulla. Veden lisäksi leviä elää muun muassa puiden rungolla, kallioilla, maaperässä ja jäässä. Vedessä vapaasti elävät levät ovat planktonleviä. Levät voivat kiinnittyä myös alustaansa, kuten esimerkiksi kiviin ja kasvien pinnoille. Levät eivät ole kasveja, sillä niillä ei ole erikseen juuria, varsia tai lehtiä eivätkä ne koskaan kuki kuten kasvit. Nimestään huolimatta sinilevät eivät ole varsinaisia leviä, vaan syanobakteereja, mitkä pystyvät yhteyttämään levien ja kasvien tavoin (Rissanen 1999).

Syanobakteerit elävät kaikkialla vesissä, mutta niitä ei pysty havaitsemaan paljaalla silmällä ennen kuin ne lisääntyvät niin paljon, että ne muodostavat veden pinnalle paksun leväkasauman eli leväkukinnan. (Lepistö et al 2006)

Suurvesikasvien (makrofytyt) ohella klorofylliä (lehtivihreää) sisältävät levät ovat vesiekosysteemin tärkeimpiä tuottajia. Nämä sitovat auringon kineettistä energiaa solumassan potentiaalienergiaksi. Pelkistetysti tämä voidaan esittää kaavalla 2.4.4.1, missä hiilidioksidia sitoutuu auringon säteilyenergian avulla klorofyllihiukkasissa orgaaniseksi aineeksi. Kaavassa orgaanista ainetta kuvaa sokeri $C_6H_{12}O_6$



Orgaanisen aineen lisäksi vapautuu happea. (Seppänen 1985).

Levien arvioidaan vastaavan puolesta maailman perustuotannosta ja hiilidioksidin sitomisesta. Lisäksi levät sitovat fosforia, typpeä ja piitä. Levät vaikuttavat myös vesistön fysikaalisiin ominaisuuksiin. Runsas levien määrä estää valon pääsyä syvempiin kerroksiin. (Lindholm 1998)

3. Vesistöjen kunnostusvaihtoehtoja

3.1 Laskeutusaltaat

Laskeutusallas on ojaan tai puroon kaivettu tai padottu allas, missä veden virtauksen hidastuessa tapahtuu kiintoaineen laskeutumista eli sedimentaatiota. Laskeutusaltaita käytetään muun muassa vesirakennushankkeiden aikana pidättämään työn aikana veteen joutunutta maa-ainesta. Vesirakennuksen lisäksi laskeutusaltaita käytetään myös turvetuotannon, metsäojituksen ja maatalouden vesistökuormituksen vähentämiseen. (Häikiö et al. 1998)

Häikiön et. al (1998) tutkimuksen mukaan laskeutusaltaista ei ole merkittävää hyötyä ravinteiden poiston kannalta. Ravinteiden pidätyminen tapahtuu pääasiassa sedimentaatiolla. Fosforin osalta hyvään puhdistustulokseen päästään, jos fosfori on sitoutunut helposti laskeutuvaan kiintoaineeseen. Typen poistuminen edellyttää, että typpi on sitoutunut orgaaniseen kiintoaineeseen ja se sedimentoituu altaan pohjalle tai altaaseen muodostuu nitrifikaatio-denitrifikaatio –prosessille suotuisat olosuhteet.

Laskeutusaltaita voidaan käyttää muita vesiensuojelumenetelmiä täydentävänä ratkaisuna. Jos esimerkiksi veden virtauksen mukana tulee runsaasti kiintoainesta, voidaan laskeutusallasta käyttää kiintoaineen poistamiseksi ennen kosteikkopuhdistamo. Tällöin kosteikon käyttöikä pitenee ja laskeutunut kiintoaine on helpompi poistaa laskeutusaltaasta, kuin kosteikosta.

Jos ainoana vesiensuojeluratkaisuna käytetään laskeutusallasta, kannattaa se rakentaa siten, että altaan loppupäähän pääsee muodostumaan kasvillisuutta. Tiheä kasvillisuus voi suodattaa vedestä hitaasti laskeutuvia partikkeleita sekä ravinteita biomassaan. (Häikiö et al. 1998)

3.1.1 Laskeutusaltaan mitoitus

Maataloudessa laskeutusaltaiden mitoituksessa käytetään taulukon 3.1.1 mitoitusperusteita

Taulukko 3.1.1 Maataloudessa käytössä olevat laskeutusaltaan mitoitusperusteet (Heino et al. 1992)

Määräävä tekijä	Ohjeellinen arvo
mitoitusvirtaama	MHQ
pintakuorma	2m/h
viipymä mitoitusvirtaamalla	0,5-1 h
minimitilavuus	viipymän perusteella
altaan enimmäisleveys	käytettävissä olevan kaluston perusteella
syvyys	mahdollisimman suuri
virtausnopeus	laskeutettavaksi halutun raekoon perusteella
poikkileikkauksen pinta-ala	halutun virtausnopeuden perusteella

Laskeutettavaksi haluttavan partikkelin (halkaisija d) vajoamisnopeus v_s voidaan laskea Stokesin lain avulla.

$$v_s = \frac{g}{18} * \frac{\rho_s - \rho}{\gamma} * d^2 \quad (3.1.2)$$

missä

g = normaaliputoamiskiihtyvyys (m/s^2)

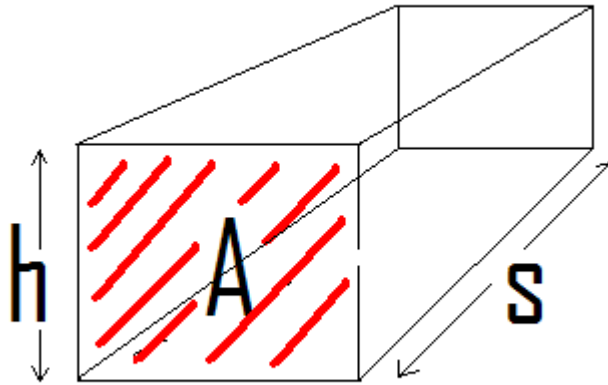
ρ = nesteen tiheys (kg/m^3)

ρ_s = partikkelin tiheys (kg/m^3)

γ = nesteen dynaaminen viskositeetti (Ns/m^2)

Tällöin altaan pohjalle (syvyys h) laskeutumiseen kuluva aika t on

$$t = \frac{h}{v_s} \quad (3.1.3)$$



Kuva 3.1.1 Kaavoissa 3.1.3 – 3.1.5 käytetyt laskennallisen altaan mitat

Toisaalta t on myös aika, missä vesi virtaa nopeudella v laskeutusaltaan (pituus s) läpi.

$$t = \frac{s}{v} \quad (3.1.4)$$

Virtausnopeus altaassa voidaan laskea virtaaman Q ja altaan poikkileikkauksen pinta-alan A avulla (RIL 124-1 2003).

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3.1.5)$$

Olettamalla, että veden virtaus on vakio koko altaassa ja altaan poikkileikkaus on suorakaiteen muotoinen saadaan yhtälöiden 3.1.2 – 3.1.5 avulla altaalle laskennallinen arvo, minkä kokoisia partikkeleita allas pystyy laskeuttamaan

$$d = \sqrt{\frac{18 \cdot \gamma \cdot h \cdot Q}{A \cdot s \cdot g \cdot (\rho_s - \rho)}} \quad (3.1.6)$$

3.1.2 Laskeutusaltaan rakenne

Laskeutusaltaan poistorakenteina voidaan käyttää padottavia rakenteita, jolloin altaan vedenkorkeus, pintakuorma ja tilavuus riippuvat kulloinkin esiintyvistä virtaamasta. Padottavalla poistorakenteella voidaan estää pohjanopeuden kasvaminen yli kriittisen arvon, ettei pohjalle sedimentoitunut kiintoaines lähde uudelleen liikkeelle. Jos patorakenteena käytetään V-patoa, voidaan sitä hyödyntää myös virtaamien

mittaamiseen. Laskeutusaltaan vedenkorkeuden ohjeellinen korkeus on pienen virtaaman aikana noin 1 metri ja suuren virtaaman aikaan noin 1,5m. (Häikiö et al. 1998)

Altaan rakenteen tulee olla sellainen, ettei virtaava vesi lietä seinämistä maata veden mukaan. Eri maalajeille on kokeellisesti määritetty veden virtauksen rajanopeuksia (Taulukko 3.1.2.1), minkä ylittäminen johtaa ojan tai vastaavan rakenteen syöpymiseen. (RIL124-1 2003)

Taulukko 3.1.2.1 Maalajeille saatuja rajanopeuden arvoja.

Maalaji	Rajanopeus
Hieta, hieno savi	0,30 m/s
Hieno hiekka	0,35 m/s
Pehmeä savi, maatunut turve	0,40 m/s
Karkea hiekka	0,45 m/s
Hieno sora	0,60 m/s
Tiivis, lihava savi	1,15 m/s
Tiivis moreeni	1,20 m/s
Kivikko	1,50 m/s
Betoniverhous	4,00 m/s

Lisäksi uoman luiskien kaltevuudet (taulukko 3.1.2.2) riippuvat maalajista ja kaivussyvyydestä.

Taulukko 3.1.2.2 Luiskan kaltevuuden riippuvuus maalajista ja kaivussyvyydestä (RIL124-1 2003)

Maalaji	Kaivussyvyys				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Kallio	1:0:0	-	-	-	1:0,15
Louhikko, turve	1:0,5	1:0,8	1:1,0	1:1,25	1:1,5
Moreeni, savi	1:0,6	1:1,0	1:1,5	1:1,5	1:2,0
Siltti, hiekka	1:0,8	1:1,25	1:1,5	1:2,0	1:2,0

3.2 Kosteikkopuhdistamot

3.2.1 Kosteikon määritelmä

Maatalouden vesiensuojeluohjelmassa vesiensuojelukosteikolla tarkoitetaan vesistökuormitusta vähentävää ojan, puron ja joen tai muun vesistön osaa ja sen ranta-aluetta, joka on suuren osan vuodesta veden peitossa ja muunkin ajan pysyy kosteana. (Puustinen et al. 2001). Kadlec ja Knightin (1996) mukaan kosteikot ovat alueita, missä maaperä on veden kyllästämää tai matala seisova vesi on aiheuttanut hapellisia maaperäolosuhteita vaativien kasvien katoamisen. Kosteikoissa kasvavat kasvilajit ovat sopeutuneet elämään kausittaisesti tai jatkuvasti veden peittämien alueiden hapettomissa tai vähähappisissa olosuhteissa.

3.2.2 Kosteikon vaikutus veden laatuun

Kosteikkoja on käytetty jätevesien käsittelyssä jo 1900-luvun alussa ja varsinkin Pohjois-Amerikassa käytetään rakennettuja kosteikkoja käsiteltyjen jätevesien edelleen puhdistukseen. Kosteikkoja voidaan käyttää veden laadun parantamiseen ja tulvien hallintaan. Lisäksi kosteikot lisäävät luonnon monimuotoisuutta. (Kadlec ja Knight 1996) . Kosteikkoja käytetään myös kaivosvesien käsittelyyn. Pennsylvaniassa USA:ssa on tutkittu kosteikkojen vaikutusta korkeita sulfaattipitoisuuksia sisältävien kaivosvesien laatuun (Demchak et. al 2001). Rakennettuja kosteikkoja tutkitaan ja kehitetään myös luonnon vesien puhdistamiseen. (White et. al 1994; de Ceballos et. al 2001; Coveney et. al 2001).

Norjalaisen tutkimuksen mukaan kosteikot toimivat tehokkaasti ympäri vuoden myös kylmässä ilmastossa. Tutkimuksen mukaan järvikaislavaltaisen (common reed) kosteikko Borrevannet-järvellä pystyi pidättämään kiintoainesta 94-97%, kokonaisfosforista 65% ja kokonaistypestä 44%. (Bratli et. al 1999).

Myös Suomessa on rakennettu kosteikkoja puhdistamaan vesistöjä, esimerkiksi Tuusulanjärven suojelemiseksi on perustettu useita kosteikkoja tulo-ojien suistoihin sekä ylemmäs valuma-alueen ojiin. Kuvassa 3.2.2 on Tuusulan järveen laskevan Mäyränojan suistoon tehty kosteikko, missä kasvillisuus ei ole vielä ehtinyt kehittyä. Kosteikon pinta-ala on 1,8 ha.



Kuva 3.2.2 Kosteikko Tuusulanjärvellä 3.12.2005. (Kuva V Arvonen)

Tuusulanjärven Rantamon kosteikon kokonaisfosforireduktio on ollut vuosina 2002-2003 14% ja liukoisen fosforin osalta 12%. Kiintoaineen poistuma oli 24%. Kosteikon pinta-ala on 0,4% valuma-alueesta. (Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä 2005)

Leonardsonin tekemässä tutkimuksessa on kerätty kirjallisuudesta tietoa ravinteiden pidättymisestä eri tyyppisissä kosteikoissa (Taulukko 3.2.2). Leonardsonin mukaan tehokkuus on vaihdellut huomattavasti ja siihen on vaikuttanut muun muassa tulevan veden laatu sekä virtaama. (Puustinen et al. 2001)

Taulukko 3.2.2 Ravinteiden pidätyminen eri tyyppisissä kosteikoissa. Tuleva kuormitus on ilmoitettu kosteikkoalaa kohden. (Puustinen et al. 2001 mukaan Leonardson 1994)

Kosteikkotyyppi	Kokonaistyyppi			KokonaisFosfori		
	Kuormitus (kg _{ha} -1a-1)	Poistuma (%)	Viitteitä (kpl)	Kuormitus (kg _{ha} -1a-1)	Poistuma (%)	Viitteitä (kpl)
Lammikot	35...280 000	-14...+28	7	0.7...8	-44...+36	2
Jätevesilammikot	26 000 (1)	8	1	340...570 (2)	+59...+68	2
Pohjoiset puustoiset suot ja soistuneet	15...36	-1...+1	1	0.4...27(2)	-25...+90	2
Puustoiset suot	105	5	1	3	17	1
Ajoittain tulvivat niityt	400...800	±0...+13	2	4.1...18	-48...+20	1
Rakennetut kosteikot, yhdensuuntaisiin kanaviin istutettu	19 000	12	1	270	55	1
Jatkuvasti märät niityt Kok. N, NO ₃ -N, PO ₄ -P	270...710	+55...+80	5	20...125	+90...+98	2
Kaislavaltaiset suot, ruoikot, "luonnon"kuormitus NO ₃ -N+NH ₄ -N, PO ₄ -P	840...5 250 (3)	+52...+63	2	18...180(3)	-300...-25	2
Kaislavaltaiset suot, ruoikot, jätevesikuormitus	15...4 300 (1)	+1...+90	2	10...770(2)	+20...+96	2
Juurakko puhdistamot	900...14 500 (1)	+9...+87	3	110...4 015 (2)	0...+90	3
Suodatuskosteikot 1	1 710...2 040 (1)	+57...+76	2	375...445 (2)	+99...+100	1

(1 jätevettä ja/tai kuormitusta lisätty nitraatilla

(2 jätevettä ja/tai kuormitusta lisätty fosforilla

(3 keinotekoisesti aikaansaatu luonnonkuormitusta vastaava kuormitus/pitoisuus

Ravinteiden pidätymiseen kosteikossa vaikuttaa myös maaperän fosforipitoisuus. Kosteikon maa-ainekselle voidaan määrittää niin sanottu EPC-arvo (equilibrium phosphate concentration). Tämä EPC-arvo kuvaa tilaa, missä ei enää tapahdu fosforin nettovapautumista eikä –sitoutumista. Jos maaperän EPC-arvo on korkea verrattuna kosteikkoon tulevaan veteen, voi kosteikko toimia fosforin lähteenä. (Puustinen et al. 2001).

3.2.3 Kosteikkojen toimintaperiaate

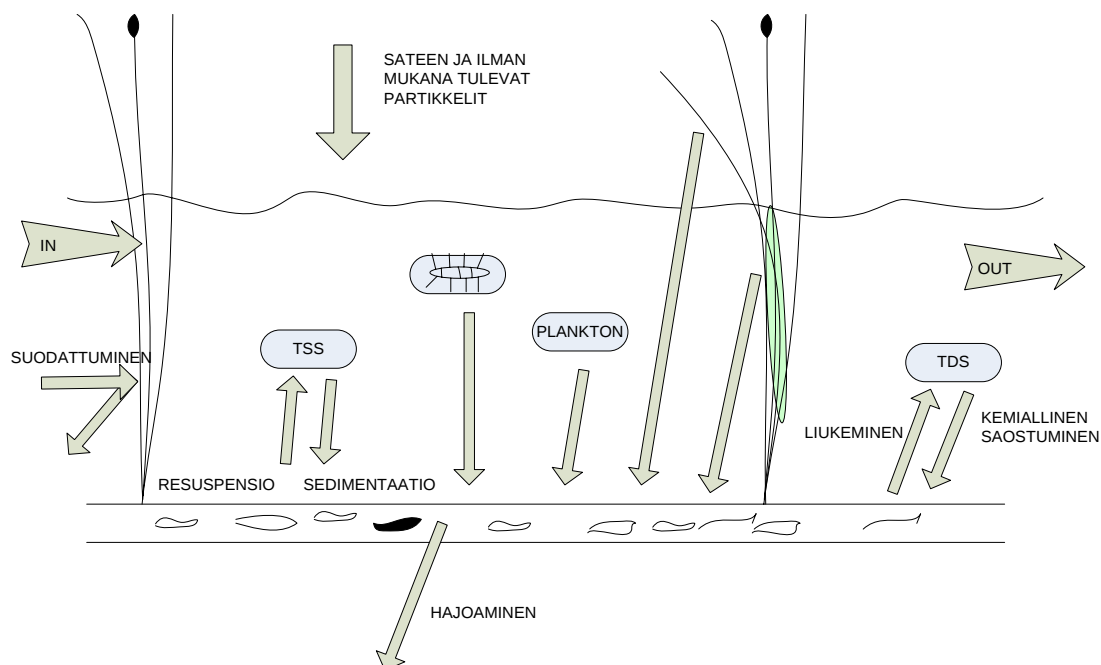
Tärkeimmät puhdistusprosessit kosteikoissa ovat kiintoaineen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden laskeutuminen kosteikon pohjalle, ravinteiden kerääntyminen kosteikon biomassaan, denitrifikaatio ja mikrobiologiset reaktiot (Puustinen et al. 2001).

Kadlecin ja Knightin (1996) mukaan kosteikon puhdistuskyky riippuu voimakkaasti kasvillisuuden tiheydestä, sillä kasvillisuus tarjoaa pinnan biologiselle toiminnalle.

Veden virtaustasosta riippuen kosteikko voi olla pintavirtaus-kosteikko (SurfaceFlow) tai pinnan alla tapahtuva virtaus –kosteikko (SubSurfaceFlow). Jos vesi virtaa maan pinnalla, kasvillisuuden seassa, on kyseessä pintavirtaus-kosteikko. SubSurfaceFlow-kosteikossa vesi virtaa pinnan alla. (Kadlec ja Knight 1996)

Kiintoaineen ja ravinteiden laskeutuminen kosteikon pohjalle

Virtaavan veden mukana kulkevan kiintoaineen laskeutuminen riippuu veteen suspendoituneen kiintoaineen määrästä, ominaisuuksista ja veden viipymästä kosteikossa. (Puustinen et al. 2001)



Kuva 3.2.3 Kiintoaineen pidättyminen ja resuspensio kosteikossa, muokattu (Kadlec & Knight 1996)

Osa kiintoaineesta suodattuu kosteikon kasvillisuuteen. Isommat ja painavammat kiintoainepartikkelit laskeutuvat altaan pohjalle painovoiman vaikutuksesta. Osa muodostaa isompia kokonaisuuksia muiden vedessä olevien partikkeleiden, kuten kuolleiden planktonin tai kasvinosien kanssa, ennen kuin ne laskeutuvat kosteikon pohjalle (kuva 3.2.3). Koska kiintoainepartikkelit ovat erikokoisia ja -muotoisia ja ne voivat haitata toistensa laskeutumista, kannattaa laskeutumisnopeus määrittää kokeiden avulla tapauskohtaisesti.

Kiintoainetta voi myös palata takaisin veteen. Tämän voi aiheuttaa veden virtaava liike esimerkiksi virtaaman kasvaessa tai tuulen aiheuttaman pintavirtauksen pohjan myötäisessä paluuvirtauksessa. Etsiessään ravintoa kalat ja eläimet pöyhivät pohjaa saaden kiintoaineen uudelleen liikkeelle. Pohjalta vapautuvat kaasut, kuten happi tai metaani, muodostavat kaasukuplia, mitkä nostavat kiintoainetta pohjalta takaisin pintaan. Kasvillisuus ja kasvien juuret sekä pohjalle laskeutuneet kuolleet kasvinosat edesauttavat kiintoaineen pysymistä kosteikon pohjalla. (Kadlec & Knight, 1996)

Ravinteiden sitoutuminen kosteikon biomassaan

Kosteikon kasvillisuus käyttää vedessä olevia ja kosteikon pohjalle laskeutuneita ravinteita tuottaen lisää biomassaa. Mander et. al (1991) mukaan pajupensaat pystyvät sitomaan huomattavia määriä ravinteita (Puustinen et al. 2001). Nixonin ja Leen (1996) mukaan Pohjois-Amerikan luonnollisissa kosteikkopuhdistamoissa typpeä sitoutui 0-2 kg/ha/d. Sitoutuminen vaihteli samanlaisten kasvillisuustyyppienkin kesken. Esimerkiksi osmankäämin (Cattail) typen sitomiskyky vaihteli 0,2-1 kg/ha/d. Typen sitoutumiseen vaikuttavat muun muassa tuleva typpikuormitus, ilmasto, kasvillisuus ja maaperän ominaisuudet. Kasvit sitovat myös fosforia, mutta se palautuu takaisin kiertoon kasvien hajotessa. Kasvien harventamisella ei ole havaittu olevan suurta vaikutusta fosforin poistoon, sillä Herskowitzin (1986) mukaan vain 2,5% kokonaisfosforin poistumasta pintavirtaus-kosteikossa saavutettiin kasvillisuuden harventamisella. (Kadlec & Knight, 1996)

Denitrifikaatio ja mikrobiologiset reaktiot

Typpi poistuu kasvien käytöstä vain palaamalla takaisin ilmakehään kaasumaisessa muodossa N_2 . Kosteikossa orgaanisessa muodossa oleva typpi pilkkoutuu mikrobien vaikutuksesta ammonium-typeksi. Hapellisissa olosuhteissa se muuttuu Nitrosomonas-bakteerien vaikutuksesta nitriitti-muotoon (NO_2^-) ja edelleen Nitrobacter-bakteerien vaikutuksesta nitraatti-muotoon (NO_3^-). Hapettomissa olosuhteissa nitraatista ja orgaanisesta aineesta muodostuu typpikaasua N_2 , hiilidioksidia ja vettä. Denitrifikaation merkitystä kosteikkojen typen poistajana ei ole kuitenkaan pystytty varmuudella osoittamaan. (Kadlec & Knight, 1996)

3.2.4 Vesiensuojelukosteikkojen mitoitus

Puustisen et al. (2001) mukaan veden viipymä on yksi tärkeimmistä puhdistusprosesseihin vaikuttavista vesiensuojelukosteikon ominaisuuksista.

Kosteikon nimellinen viipymä lasketaan kaavalla 3.2.4

$$t_n = \frac{V}{Q} \quad (3.2.4)$$

missä t_n = veden nimellinen viipymä kosteikossa [d]

V = kosteikon tilavuus (m^3)

Q = virtaama kosteikkoon m^3 / d

Kosteikkojen pinta-alan tulisi olla vähintään 1-2 % valuma-alueen pinta-alasta ja Leonardsonin (1994) mukaan viipymän tulisi olla 3-5 vrk. (Puustinen et al. 2001).

3.2.5 Vesiensuojelukosteikkojen rakenne

Vesiensuojelukosteikkojen rakenne riippuu kosteikolle asetetuista ravinteiden pidättymistavoitteista. Andersenin (1974), Richardsonin (1985) ja Verhoeven & Muelmanin (1999) mukaan liukoisen fosforin pidättämiseksi kosteikkoon tarvitaan hapelliset olosuhteet. (Puustinen et al. 2001). Typen poistamiseksi tarvitaan sekä hapellisia ($\text{NH}_4^+ \Rightarrow \text{NO}_2^- \Rightarrow \text{NO}_3^-$), että hapettomia alueita ($\text{NO}_3^- \Rightarrow \text{N}_2$). Matalan veden alueella, missä tuuli pystyy sekoittamaan vesikerroksia, siirtyy happea pinnasta alempiin kerroksiin. Altaan syvemmissä osissa, missä orgaanisen aineen hajotustoiminta kuluttaa vedessä olevaa happea, voi syntyä hapettomat olosuhteet. Ravinteiden poistamisen kannalta on tärkeää, että hapettomat ja hapelliset olosuhteet vaihtelevat oikeassa järjestyksessä.

3.3 Maatalouden suojakaistat

Maatalouden suojakaistoilla tarkoitetaan vesistön ja viljelyskäytössä olevan pellon väliin jätettyä ei tuotanto käytössä olevaa maa-aluetta. Maatalouden ympäristötuen perustoimenpiteet edellyttävät valtaojan ja viljelysmaan väliin jätettävän kaistan (piennar) leveydeksi vähintään yhtä metriä. Jos pelto rajoittuu puroon, jokeen, järveen tai mereen, on suojakaistan leveyden oltava vähintään kolme metriä. Saman levyinen suojakaista on jätettävä peltoalueella sijaitsevan talousvesikaivon ympärille. Jos pelto

viettää jyrkästi vesistöön tai jos vesi tulvii säännöllisesti pellolle, olisi pellolle syytä perustaa vähintään 15 metriä leveä suojavyöhyke. Näitä pientareita, suojakaistoja ja suojavyöhykkeitä ei lannoiteta eikä käsitellä kasvinsuojeluaineilla. Suojavyöhykkeet on niitettävä vähintään kerran kasvukauden aikana ja niittojäte on kerättävä pois. Niiton tarkoituksena on poistaa ravinteita suojavyöhykkeen maaperästä sekä estää alueen pensoittumista. Suojavyöhykkeen tarkoituksena on estää vesistölle haitallisten aineiden, kuten lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden pääsy vesistöön. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2006).

Suojavyöhykkeen aiheuttama kuormitusvähenemä koostuu kahdesta tekijästä. Viljelyskäytössä oleva pinta-ala pienenee, jolloin alueella käytettävien lannoitteiden määrä on pienempi. Lisäksi pintavesien mukana pelloilta huuhtoutuvat ravinteet ja kiintoaine pidättyvät suojavyöhykkeeseen. (Äijö ja Tattari, 2000)

Puustinen (1999) tutki Aurajoen koekentällä myös suojavyöhykkeen vaikutusta kuormitukseen. Kolme vuotta kestäneessä seurannassa havaittiin 14 metriä leveän suojavyöhykkeen vähentävän muokkauskerroksessa valunnassa tullutta kiintoainekuormitusta 60-70 %, partikkelifosforin kuormitusta 60 %, liukoisen fosforin kuormitusta ei juuri lainkaan, kokonaistypen kuormitusta 45-70 % ja nitraatti-nitriittitypen kuormitusta 60-80 %. Suojavyöhykkeellä kasvoi pysyvä timotei-nurmi ja peltokasvina syysvehnä. Pellon ja suojavyöhykkeen kaltevuus oli 8-9 %. (Äijö ja Tattari, 2000)

4.4 Vesikasvillisuuden poistaminen

4.4.1 Edut

Vesikasvien poistolla voidaan kasvattaa vesistön virkistyskäyttömahdollisuuksia muun muassa poistamalla veneilyä haittaavaa kasvillisuutta sekä poistamalla kasveja uimarannoilta. Joissakin tapauksissa vesikasvien poisto parantaa vesistön virtausoloja, jolloin veden laatu voi parantua. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.4.2 Haitat

Poistetulla kasvimassalla ei ole merkittävää vaikutusta vesistön ravinnemääriin, sillä isot vesikasvit ottavat pääosan tarvitsemistaan ravinteista pohjasedimentistä. Kasvien pinta tarjoaa kuitenkin kasvualustan erilaisille päällyskasvustoille, mitkä ottavat tarvitsemansa ravinteet suoraan vedestä. Jos kasvualusta päällyskasvustoineen

poistetaan, jää näiden käyttämät ravinteet kasviplanktonin käyttöön. Tämä puolestaan lisää planktonlevien määrää. Rantakasvillisuus suodattaa rannalta tulevia ravinteita sekä vaimentaa aallokon eroosiovaikutusta, jolloin rantavyöhykkeestä ei pääse huuhtoutumaan ravinteita ja orgaanista ainesta syvemmälle järveen lisäämään happea kuluttavaa orgaanisen aineen hajotustoimintaa. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.5 Hapetus

Hapetuksella on kaksi merkitystä vesistöjen kunnostuksessa: Hapetus hillitsee fosforin sisäistä kuormitusta ja ylläpitää eliöiden kemiallis-fysikaalista ympäristöä.

Hapetus tarkoittaa happipitoisuuden lisäämistä koko vesimassassa tai pohjan lähellä alusvedessä. Hapettamiseen on olemassa muutamia perusvaihtoehtoja: Puhtaan hapen liuottaminen veteen, happirikkaan veden johtaminen vähähappiseen alusveteen tai hapen lisääminen veteen kemikaaleina. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.5.1 Vesistön hapellisuuden biologis-kemiallinen merkitys

Kunnostettaessa vesistöä hapetuksen avulla pyritään elvyttämään alusveden ja pohjan aerobista hajotus- ja kulutustoimintaa, turvaamaan kalojen ja niiden ravintoeläimien elämän edellytyksiä, estämään anaerobisia prosesseja sekä haitallisten tai myrkyllisten yhdisteiden (esimerkiksi NH_3 , H_2S , CH_4) muodostumista. Lisäksi hapetuksella edistetään typen ja orgaanisen hiilen kiertoa sekä vähennetään fosforin sisäistä kuormitusta. Kierrätyshapetuksen avulla voidaan myös siirtää muun muassa sinilevää syvemmälle vesistöön, jolloin levän kasvu pysähtyy auringonvalon puutteen vuoksi. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.6 Alusveden poistaminen

Alusveden pois johtamisella vaikutetaan pää-asiaassa alusveden happipitoisuuteen johtamalla vähähappista tai hapetonta alusvettä pois vesistön pohjalta. Poistettavan veden mukana poistuu myös ravinteita. Ravinteiden poiston tehokkuus riippuu päälly- ja alusveden välisestä ravinnepitoisuuksien erosta. Se on suurimmillaan kun pitoisuuserot ovat suurimmillaan eli kerrostuneisuuskausien lopulla. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.7 Vedenpinnan nosto

Vedenpinnan noston ensisijainen tarkoitus on vesisyvyyden kasvattaminen tilanteissa, missä vesisyvyys rajoittaa vesistön käyttöä esimerkiksi virkistystarkoituksiin. Vesisyvyyden lisääntymisestä seuraa myös vesitilavuuden kasvua, mikä vaikuttaa muun muassa veden viipymään sekä happiolosuhteisiin talvella muodostuvan jääkannen alla. Vesisyvyyden kasvattaminen vähentää myös aallokon aiheuttamaa pohjasedimentin sekoittumista. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.8 Kemiallinen saostus

Kemiallisesti saostamalla voidaan poistaa vesistöstä fosforia. Jos kunnostuksen yhteydessä fosforipitoisuus saadaan tasolle 10 µg/l, ei tämän jälkeen voi esiintyä suuria leväkukintoja. Käytettäessä kemikaaleja fosforin saostamiseen, poistetaan vedestä fosforia ja samalla lisätään sedimentin fosforinpidätyskykyä. Fosfori saostuu fosfaattiyhdisteinä rauta- ja alumiini-ionien kanssa sekä adsorboitumalla vedessä esiintyviin OH⁻ -ioneihin ja muihin saostusvaiheessa syntyviin flokkeihin. Saostunut fosfori laskeutuu vesistön pohjalle, missä se sedimentoituu muiden laskeutuvien partikkeleiden kanssa. Varsinkin rautayhdisteillä saostettu fosfori voi liueta takaisin veteen, jos pohjan happitilanne heikkenee. Fosforin kemiallinen saostus soveltuu käytettäväksi tilanteissa, missä vesistön rehevöityminen johtuu voimakkaasta sisäisestä kuormituksesta. Tällaisessa tilanteessa veden fosforipitoisuus on keväisin yli 20-40 µg/l kohoten syksyä kohden. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.9 Ruoppaus

Ruoppauksessa poistetaan veden pinnan alapuolella olevia maamassoja. Ruoppaukset voidaan jakaa tavoitteiden ja laajuuden perusteella kahteen ryhmään: laajoihin kunnostusruoppauksiin ja pienruoppauksiin. Laajoissa kunnostusruoppauksissa poistetaan pohjasedimenttiä tai muita pehmeitä maamassoja koko järvestä tai suurelta osalta järveä. Pienruoppauksessa ruopataan pientä osaa tai esimerkiksi ranta-aluetta järvestä. Ruoppauksen tavoitteena on yleensä lisätä järven vesisyvyyttä, poistaa kasvillisuutta tai poistaa ravinteikasta pohjasedimenttiä sisäisen kuormituksen pienentämiseksi. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

Yleisimpiä ruoppausmenetelmiä ovat kauharuoppaus, imuruoppaus ja pumppukauharuoppaus. Näistä yleisin on kauharuoppaus, missä voidaan hyödyntää

maanrakennuskoneita kuten pyörivää kaivinkonetta, traktorikaivuria tai tarkoitusta varten rakennettua kelluvaa ja itse kulkevaa ruoppausalustaa, mikä on varustettu kuokkakaivuulaitteella. Kauharuoppaus soveltuu useimmille maalajeille lukuun ottamatta erittäin vesipitoista liejua, mutaa tai turvetta. Kauharuoppaus voidaan tehdä maalta, jäältä tai työlautalta. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

Imuruoppauksessa poistettava maamassa imetään pumpulla ruoppaajaan ja pumpataan paineputkistoa pitkin läjitysalueelle. Maamassa irrotetaan ja sekoitetaan veteen vesisuihkulla, leikkurilla tai kauhapyörällä. Putkiston kitkan vähentämiseksi pumpattavan massan kiintoainepitoisuus on noin 10 %. Virtausnopeuden on oltava vähintään 3,5 m/s, ettei massaa erotu paineputkeen. Imuruoppaus soveltuu vain suuriin hankkeisiin, sillä kaluston siirtojen vuoksia aloituskustannukset ovat suuret. Lisäksi imuruoppaus vaatii suuret läjitysalueet. Imuruoppaus soveltuu erittäin hienojakoisille ja löyhille sedimenteille, joita on vaikeaa poistaa kaivamalla. Pumppukauharuoppaus on kauha- ja imuruoppauksen välimuoto. Imulinjan tilalla on kauhan pohjalla nielut, mistä veteen sekoitettu maa-aines pumpataan painelinjaa pitkin läjitysalueelle. Pumppukauhan etuna on imuruoppausta suurempi irrotusvoima. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

Järven pohjalta poistettavat maamassat siirretään läjitysalueelle. Läjitysalueelta poistuvat kuivatusvedet eivät saa joutua sellaisenaan vesistöön, vaan kiintoaineen on ehdittävä laskeutua. Ravinteikkaasta sedimentistä voidaan vähentää ravinteita kemiallisesti saostamalla tai johtamalla vesi kosteikkoon tai pintavalutuskentälle. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

Ruoppauksesta aiheutuu yleensä veden samentumista ja veden happipitoisuus voi laskea. Lisäksi ruoppaus häiritsee pohjaeläimiä ja voi vaikuttaa kalojen kutualueisiin. Ympäristöhaittojen minimoimiseksi ruoppaus kannattaa ajoittaa talveen, jolloin se ei häiritse lintujen pesimistä eikä kalojen kutua. Tällöin ruoppauksen aiheuttama haitta on vähäisin myös virkistyskäytölle. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.10 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen

Vesistön ulkoinen kuormitus muodostuu sen valuma-alueelta tulevan veden sisältämistä ravinteista, orgaanisesta aineesta sekä suoraan vesistöön tulevasta jätevesikuormituksesta ja ilmalaskeumasta. Ulkoisen kuormituksen vähentämiseen

kuuluu tässä tapauksessa maa- ja metsätaloudesta sekä asutuksesta tuleva kuormituksen vähentäminen. Vesistöt ovat luontaisesti jatkuvassa muutostilassa. Yleensä tämä muutos on kohti rehevämpää ja ihmisten toimet nopeuttavat tätä muutosta (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

Vuonna 2004 voimaan tullut Jätevesiasetus asettaa rajat haja-asutuksen jätevesipäästöille. Asetuksen mukaan jätevedet pitää käsitellä siten, että kuormitus laskee orgaanisen aineen (BHK_7) osalta 90%, kokonaisfosforin osalta vähintään 85% ja kokonaistypen osalta vähintään 40% verrattuna käsittelemättömään jäteveeteen. (Jätevesiasetus 2003)

4.11 Ojanpohjasuodatus

Ojanpohjasuodatuksessa on erilaisia sovelluksia, joista tässä on esitelty kaksi vaihtoehtoa: Ojanpohjasuodatus ja salaojitettu ojanpohjasuodatus

4.11.1 Ojanpohjasuodatus

Ojan pohjalle levitetään kerrospaksuudeltaan 5-15 cm oleva kalkkiahiekkaseos (seossuhde 1:10), jolloin ojassa virtaava vesi kulkee kalkkiahiekkakerroksen yli ja vedessä olevat ravinteet pääsevät reagoimaan kalkin kanssa. Säkylän Pyhäjärven valuma-alueella tehdyssä tutkimuksessa ojanpohjasuodatuksella ei havaittu puhdistustehoa. (Tikkanen, 1999)

4.11.2 Salaojitettu ojanpohjasuodatus

Ojan pohjalle laitetaan salaojaputki, minkä ympärille ja päälle laitetaan salaojahiekkaa. Hiekan päälle laitetaan kerros kalkilla tai fosforia sitovalla kemikaalilla rikastettua suodatinhiekkaa. Kerrosten yhteispaksuus on noin 20 cm. Tarkoituksena on, että ojassa kulkeva vesi joutuu suodattumaan hiekkakerrosten läpi ennen kuin se pääsee vesistöön. Säkylän Pyhäjärven valuma-alueella tehdyssä tutkimuksessa salaojitetulla ojanpohjasuodatuksella saatiin poistettua 29 % tulevasta kokonaisfosforista (Tikkanen, 1999).

4.12 Metsäojituksen katkot

Metsäojituksen katkoilla tai kaivukatkoilla tarkoitetaan ojituksen yhteydessä ojalinjaan jätettyjä kaivamattomia kohtia. Näiden tarkoituksena on pidättää veden mukana kulkeutuvaa kiintoainetta. Kaivukatkon pituuden tulee olla vähintään 20 metriä. Kaivukatko voidaan toteuttaa riittävän kaltevaan maastokohtaan, jotta vesi kulkeutuu kaivamattoman kohdan yli pintavalumana tai pinnan alla maakerrosten läpi. (Jormola et al 2003)

4.13 Biomanipulaatio eli tehokalastus

Järven kalasto vaikuttaa veden sameuteen usealla tavalla. Ravintoa hakiessaan kalat sekoittavat pohja-aineita sekä siirtävät ravinteita pohjasta ylempiin kerroksiin ulosteiden muodossa. Valaistussa kerroksessa ulosteista vapautuneet ravinteet ovat muun muassa planktonlevien käytössä, mikä mahdollistaa levien kasvun ja edelleen veden samentumisen. Tehokalastuksen avulla pohjaa pöyhivää kalastoa saadaan pienennettyä, mikä vähentää veden sameutta. Kirkastumisen seurauksena isot vesikasvit voivat kasvaa syvemmällä, mikä saattaa matalissa vesistöissä aiheuttaa kasvillisuuden leviämisen koko järven alueelle. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

4.14 Pintavalutuskentät

Pintavalutuksella tarkoitetaan esimerkiksi turvetuotantoalueelta tulevan veden johtamista tietynsuuruisen luonnontilaisen suoalueen yli. Menetelmä tunnetaan myös nimellä suoimeytys ja sitä on käytetty asutuksen jätevesien käsittelyyn 1950-luvulta lähtien. Menetelmää on hyödynnetty varsinkin turvetuotannossa vähentämään kiintoaineiden ja ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin.

Tuleva vesi jaetaan niin sanottujen kampaajien tai paineputkeen tehtyjen reikien kautta mahdollisimman tasaisesti käsittelyalueelle (kuva 4.14.1). Ennen kampaajia voi olla myös laskeutusaltaita kiintoaineen laskeuttamiseksi.



Kuva 4.14.1 Veden johtaminen paineputken avulla pintavalutuskentälle (Kuva Vesa Arvonen 25.7.2007)

Vesi virtaa turvekerrosten läpi (vertaa kosteikkopuhdistamo), minkä jälkeen se johdetaan keräilyojien kautta (kuva 4.14.2) tai suoraan soistuneen rannan kautta vesistöön.



Kuva 4.14.2 Pintavalutuskentän keräilyoja (Kuva Vesa Arvonen 25.7.2007)

4.14.1 Orgaanisen aineen poistuminen

Orgaanisia aineita poistuu valumavedestä sedimentoituvan ja kasvillisuuteen suotautuvan kiintoaineen mukana. Ihme et al. (1991) tutkimuksen mukaan turvesuon valumavedestä pintavalutuskenttään pidäytyneet orgaaniset aineet ovat suurelta osalta humusaineita. Tutkimustulosten perusteella humusaineiden pidäytyminen oli tehokkainta hitaasti syvällä turpeessa virtaavassa vedessä. Osa pintavalutuskenttään pidäytyneestä orgaanisesta aineksestä hajoaa mikrobien toiminnan tuloksena, osa muuttuu humukseksi. (Ihme et al. 1991)

4.14.2 Typen poistuminen

Myös typpeä poistuu valumavedestä sedimentoituvan ja kasvillisuuteen suotautuvan kiintoaineen mukana. Denitrifikaatio on todennäköisesti tärkein prosessi epäorgaanisen typen poistuessa valumavedestä pintavalutuskentällä. Denitrifikaatio on hidasta < 10 °C:n lämpötilassa, joten sen vaikutus typen poistumiseen pintavalutuskentillä on suurin lämpimänä vuodenaikana. Denitrifikaatiobakteereiden

tarvitseman energian lähteenä ovat helposti hajoavat orgaaniset aineet, joita pintavalutuskentillä ovat turve ja kasvillisuus. On olemassa tutkimuksia, joiden mukaan rahkasammalturpeessa olisi enemmän denitrifikaatiobakteereita kuin muussa turpeessa. (Ihme et al. 1991)

4.14.3 Fosforin poistuminen

Myös fosforia poistuu pintavalutuskentällä valumavedestä sedimentoituvan ja kasvillisuuteen suotautuvan kiintoaineen mukana. Ihme et al. (1991) tutkimuksissa on havaittu positiivinen korrelaatio kiintoaineen ja fosforin poistumisen välillä.

4.14.4 Pintavalutuskentän mitoitus

Pintavalutuskentän pinta-alan tulisi olla vähintään 2 % valuma-alueen pinta-alasta ((Ihme et al. 1991). Toisaalta vuosina 2001 - 2004 tehdyn PINKO -projektin yhteydessä mainitaan suositukseksi >3,8%. PINKO -projektissa selvitettiin alimitoitettujen pintavalutuskenttien toimivuutta turvetuotannon vesienkäsittelyssä. Hydrauliseksi maksimikuormitukseksi mainitaan 340m³/ha/d. PINKO -projektin tuloksissa havaittiin, että sulan maan aikaan hydraulisen maksimikuormituksen ylittäminen ei näy puhdistustuloksissa, mutta jäätyneen maan aikaan maksimikuormitusta ei tule ylittää. (Keränen ja Marja-aho 2005)

4.15 Hakesuodattimet

Hakesuodattimet ovat ojaan laitettavia, säkkeihin pakatusta puuhakkeesta tehtyjä patorakenteita, joiden tehtävänä on hidastaa virtausta ja sitoa itseensä ravinteita ojassa virtaavasta vedestä (kuva 4.15). Hakesuodattimien tehokkuutta on tutkittu esimerkiksi Porissa Joutsi- ja Tuurujärviin laskevissa tulo-ojissa vuosina 2004 ja 2005. Tämän tutkimuksen perusteella hakesuodatus ei toiminut jatkuvasti toivotulla tavalla. Aluksi reduktiot olivat lupaavia sekä kiintoaineen (17 – 49 %), että kokonaisfosforin (8 – 24 %) osalta, mutta seuraava vuonna reduktiot laskivat kiintoaineen osalta arvoon -4 – 21 % ja kokonaisfosforin osalta arvoon -19 – 6 %. (Lantto ja Lindfors 2005)

Vastaavia aistinvaraisia havaintoja on tehty myös Karhoismajan vesistön tulo-ojissa olevissa hakesuodattimissa. Aluksi suodattimista tuntui olevan apua, mutta jo

asennusta seuraavana vuonna suodattimilla ei havaittu olevan vaikutusta veden laatuun. (suullinen tiedonanto U Kiviranta 2007)



Kuva 4.15 Hakesuodatin Kyrvönojassa (Kuva Vesa Arvonen 2.12.2006)

5 Materiaalit ja menetelmät

5.1 Järvet

5.1.1 Yleistä

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys on tehnyt Karhoismajan vesistöstä vuonna 2004 perustilaselvityksen. Selvitystä varten vesistöstä otettiin näytteitä 6.4 – 22.9.2004 välisenä ajankohtana. Valkiajärveä lukuunottamatta vesistön järvet ovat matalia läpivirtausjärviä joten järvien tila riippuu voimakkaasti järviin tulevasta vedestä (Taulukot 5.1.1 ja 5.1.2).

Taulukko 5.1.1 Vesistön järvien kokonaissyvyys, pinta-ala ja arvioitu tilavuus (Oravainen ja Hell 2004)

	kokonaissyvyys	pinta-ala	tilavuus
	m	ha	m ³
Suutarinjärvi	3,6	6,3	75600
Valkiajärvi	6,1	20,1	408700
Majajärvi	4	27,5	366667
Pikku-Hapua	2,7	17,4	156600
Iso-Hapua	3,6	26,6	319200
Äpätinjärvi	3,6	17,2	206400

Taulukko 5.1.2 Vesistön järvien valuma-alueiden pinta-ala, keskivaluma, keskivirtaama ja järvien teoreettinen viipymä keskivirtaamalla. (Oravainen ja Hell 2004)

	valuma-alue	keskivaluma	keskivirtaama	viipymä
	km ²	l/s/km ²	l/s	d
Suutarinjärvi	22,3	9	201	4,4
Valkiajärvi	2,9	9	26	181,2
Majajärvi	27,1	9	244	17,4
Pikku-Hapua	31	9	279	6,5
Iso-Hapua	32,3	9	291	12,7
Äpätinjärvi	34,3	9	309	7,7

5.1.2 Suutarinjärvi

Suutarinjärvi on tarkastelualueen ensimmäinen järviallas. Lyhyen viipymän vuoksi Verttuunjärvestä laskevan ojan veden laatu vaikuttaa suuresti myös Suutarinjärven veden laatuun. Vuonna 2004 tehtyjen havaintojen perusteella vesi oli lievästi sameaa, melko humuspitoista ja lievästi hapanta. Päällysveden happipitoisuus laski keskikesällä ollen alimmillaan noin 2 mg/l. Päällysveden kokonaisfosforipitoisuuden ja kasvukauden klorofyllipitoisuuskeskiarvon perusteella järven rehevyysaste oli rehevä. Veden hygieeninen laatu vaihteli tarkkailukaudella välttävän ja tyydyttävän välillä. Yleislaatuokaltaan järven vesi oli tyydyttävä. (Oravainen ja Hell 2004)

5.1.3 Majajärvi

Suutarinjärvestä vesi virtaa lähes umpeenkasvaneen salmen läpi Majajärveen. Pinta-alaltaan vesireitin suurimpaan järveen tulee vettä lisäksi myös Valkiajärvestä. Keskivirtaamalla veden teoreettinen viipymä on 17,4 d (taulukko 5.1.2). Vuonna 2004 tehtyjen havaintojen perusteella Majajärven pintavesi oli lievästi sameaa ja kohtalaisen humuspitoista. Päällysveden happamuustaso vaihteli talven lievästi happamasta kesän emäksiseen. Päällysveden happipitoisuus oli alimmillaan keväällä, noin 4 mg/l. Pitoisuus nousi kesän aikana ja sen keskiarvo oli noin 7 mg/l. Rehevyysasteeltaan järven tila vaihteli rehevän ja erittäin rehevän välillä. Päällysveden hygieeninen laatu oli keski- ja loppukesällä hyvä. Yleislaatuokaltaan järven vesi oli tyydyttävä-välttävä. (Oravainen ja Hell 2004)

5.1.4 Valkiajärvi

Vesitilavuudeltaan reitin suurin järvi, Valkiajärvi, sijaitsee sivussa varsinaiselta pääreitiltä. Tämän vuoksi veden viipymä järvestä on pitkä ja vaihtuvuus vähäistä. Valkiajärveen laskeva Kyrvönoja saa vetensä ojitetulta Platikan suolta. 50-luvulla järven vesi on ollut kirkasta, mutta suon ojittamisen jälkeen veden näkösyvyys on pienentynyt (suullinen tieto Jukka Alanen 12.3.2005).

Vuonna 2004 tehtyjen havaintojen mukaan vesi oli melko kirkasta ja kohtalaisen humuspitoista. Happamuusaste vaihteli loppupalven lievästi happamasta kesän emäksiseen. Päällysveden fosforipitoisuuden perusteella järvi oli lievästi rehevä, mutta kesän klorofyllipitoisuuskeskiarvo oli jopa erittäin reheville vesille tyypillinen. Järvestä havaitun limalevän (*Gonyostomum semen*) lisäksi heinäkuun

lopulla järvessä havaittiin lievä sinileväkukinta (*Anabaena sp.*). Päällysveden happipitoisuus oli vesireitin järvistä paras ollen keskiarvoltaan noin 8 mg/l. Hygieeniseltä laadultaan vesi oli hyvää ja yleislaatuokka oli tyydyttävä. (Oravainen ja Hell 2004)

5.1.5 Pikku-Hapua

Pikku-Hapua on pienikokoinen ja vapaa vesialue pienenee voimakkaan umpeenkasvun seurauksena. Järveen laskevan Viranojan suisto on kuivana aikana vesikasvillisuuden peitossa (Kuva 5.1.5.1).



Kuva 5.1.5.1 Vironojan jatkeen uoma Pikku-Hapuan kasvillisuus-osalla (V Arvonen 25.7.2006)

Pienen tilavuuden vuoksi veden viipymä on lyhyt, jolloin veden laatu vaihtelee voimakkaasti tulo-ojan veden laadun mukaan. Keskikesän sateisena aikana tulo-ojan veden humuspitoisuus kohotti myös järven veden humuspitoisuutta.

Päällysvesi Pikku-Hapuassa oli lievästi hapanta ja ruskeaa. Rehevyystasoltaan järvi on rehevä. Kokonaisfosforipitoisuus päällysvedessä vaihteli tulo-ojan pitoisuuksien mukaisesti ollen suurimmillaan kesän sateisena aikana. Keskikesällä

järvässä oli runsaasti levää. Kasvukauden klorofyllipitoisuuden keskiarvo oli reheville järville ominainen. Veden happipitoisuus metrin syvyydessä vaihteli välillä 5,5 – 8,1 mg/l. Sateisella kaudella veden hygieeninen laatu heikkeni välttäväksi. Loppukesällä veden laatu parani ollen elokuussa hyvä. Yleislaatuokaltaan vesi on tyydyttävä-välttävä. (Oravainen ja Hell 2004)

Maakerrosten paksuuden ja vedenpinnan korkeuden selvittämiseksi Pikku-Hapuan soistuneella maa-alueella tehtiin pienimuotoisia maaperätutkimuksia sekä alustavaa kasvillisuuskartoitusta 25.7.2006. Kairaaminen tehtiin tavallisella jääkairalla (kuva 5.1.5.2) , millä päästiin noin 90 cm syvyyteen (rajoittavana tekijänä varren pituus), jos maaperä oli kiinteätä savea tai turvetta. Paikoissa, missä vedenpinta oli lähellä maanpintaa, ei päästy, kuin noin 20 cm syvyyteen, sillä kairan terällä ei saanut pitävää otetta maasta. Näissä kohteissa kairan terässä oli ylösnostettaessa vesipitoista mutaa tms. Kairaaminen tehtiin noin 20 cm erissä, joiden välissä kaira nostettiin ylös ja puhdistettiin. Koekairauksia tehtiin vanhan rantaviivan tuntumassa (savea noin 90 cm), uoman rannalla (turvetta noin 90 cm) sekä kasvien perusteella erilaisten olosuhteiden alueella. Alueella kasvavista kasveista tunnistettiin ainakin Jokapaikansara ja Suovehka.



Kuva 5.1.5.2 Jääkairalla tehtyä maaperätutkimusta (Kuva V Arvonen 11.8.2006)

5.1.6 Iso-Hapua

Pikku-Hapuasta vesi virtaa umpeen kasvaneen kynnyksen kautta Iso-Hapuaan. Iso-Hapuan vesi oli selvityksen mukaan lievästi sameaa ja keväällä lievästi hapanta, kesällä lähes neutraalia. Vesi ei ole aivan yhtä humuspitoista kuin Pikku-Hapuassa. Ravinnetasoltaan päällysvesi oli rehevälle järvelle tyypillinen, keskikesällä se oli erittäin rehevän järven luokkaa. Heinäkuun mittauksissa todettiin kokonaisfosforipitoisuudeksi 60 µg P/l, mikä oli koko seurannan korkein pitoisuus.

Päällysveden klorofyllipitoisuus oli keskikesällä erittäin suuri ja koko kasvukauden keskiarvon perusteella erittäin rehevän järven luokkaa. Hygieeniseltä laadultaan järven vesi oli hyvää. Päällysveden happipitoisuus oli tavanomaisille kalalajeille riittävä kaikilla havaintokerroilla. Alusvesi oli niukkahappista tai hapetonta kerrostuneisuusjaksojen loppuilla. Heinäkuun lopulla tehdyissä mittauksissa havaittiin alusveden olevan hapetonta, mutta siitä huolimatta ei havaittu sisäistä kuormitusta.

Aikaisemmissakin järven tilan kartoituksissa on havaittu veden laadun vaihdelleen huomattavasti hajakuormituksen mukaan. (Oravainen ja Hell 2004)

5.1.7 Äpätinjärvi

Äpätinjärvi on Karhoismajan vesireittiin kuuluvista järvistä viimeinen. Selvityksen mukaan järven vesi oli lievästi sameaa, humuksen värjäämää ja lievästi hapanta. Hygieeniseltä laadultaan vesi oli välttävää. Veden viipymä järvestä oli lyhyt voimakkaan läpivirtauksen vuoksi. Päällysveden happipitoisuus oli selvästi heikompi kuin muissa järvissä. Heinäkuun lopulla happipitoisuus oli metrin syvyydessä 1,0 mg/l ja pohjalla vesi oli hapetonta. Yleislaatuokaltaan järven vesi on tyydyttävä-välttävä. (Oravainen ja Hell 2004)

5.2 Ojat

5.2.1 Oja Verttuunjärvi – Suutarinjärvi

Perustilaselvityksen mukaan Verttuunjärven ja Suutarinjärven välisen ojan virtaama vaihteli 100-330 l/s mittausajankohdasta riippuen. Suurimmillaan virtaama oli heinäkuussa, jolloin oli poikkeuksellisen voimakkaita kesäsateita. Keskivirtaama oli 202 l/s. Ojan vesi oli lievästi sameaa, lievästi hapanta ja kohtalaisen humuspitoista. Veden fosforipitoisuus vaihteli välillä 17-37 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus välillä 580-910 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 28 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 698 µg/l.

Taulukko 5.2.1 Virtaama ja ravinnepitoisuudet Ojassa Verttuunjärvi-Suutarinjärvi. (Perustilaselvitys, 2004)

Oja 1	Q	Kok N ug/l	Kok N kg/d	Kok P ug/l	Kok P kg/d
6.4.2004	100	910	7,9	36	0,3
3.5.2004	140	590	7,1	22	0,3
2.6.2004	210	580	10,5	17	0,3
26.7.2004	230	740	14,7	37	0,7
22.9.2004	330	670	19,1	28	0,8
keskiarvo	202	698	11,9	28	0,5

Jokaisella havaintokerralla veden hygieeninen laatu oli hyvä. Keskimäärin ojan Suutarinjärveen tuoma ravinnevirtaama oli 0,5 kg P/d ja 12 kg N/d.

(Oravainen ja Hell 2004)

5.2.2 Kyrvönoja

Kyrvönoja laskee ojitetulta Platikan suolta Valkiajärven pohjoisosaan. Ojan virtaama vaihteli tarkasteluaikana välillä 15-60 l/s virtaaman ollessa suurimmillaan loppukesällä ja syksyllä. Keskivirtaama oli 32 l/s. Ojan vesi oli voimakkaan humuspitoista ja hapanta. Veden fosforipitoisuus vaihteli 29-66 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus välillä 720-1550 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 44 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 1190 µg/l.

Taulukko 5.2.2 Virtaama ja ravinnepitoisuudet Kyrvönojassa. (Oravainen ja Hell 2004)

Oja 2	Q	Kok N ug/l	Kok N kg/d	Kok P ug/l	Kok P kg/d
6.4.2004	15	1310	1,7	43	0,06
3.5.2004	18	1040	1,6	29	0,05
2.6.2004	15	720	0,9	33	0,04
26.7.2004	60	1550	8	66	0,34
22.9.2004	50	1350	5,7	47	0,20
keskiarvo	31,6	1194	3,6	43,6	0,14

Veden hygieeninen laatu oli hyvä. Keskimäärin ojan Valkiajärveen tuoma ravinnevirtaama oli 0,1 kg P/d ja 3,6 kg N/d. (Oravainen ja Hell 2004)

Kyrvönojassa ei ole juurikaan laskua. 28.9.2007 tehtyjen mittausten mukaan 222 metrin matkalla vedenpintojen korkeusero on noin 10 cm. Ojan pohja on lähes vaakatasossa. (Hietaoja ja Hietaoja 2007)

5.2.3 Oja Valkiajärvi - Majajärvi

Perustilaselvityksen mukaan ojan virtaama oli keskimäärin 40 l/s vaihdellen välillä 20 – 72 l/s. Ojan veden laatuun vaikuttavat suuresti Hakoniemen leirikeskuksen jätevedet. Veden fosforipitoisuus vaihteli välillä 25-67 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus välillä 680-1980 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 44 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 1130 µg/l.

Taulukko 5.2.3 Virtaama ja ravinnepitoisuudet Valkiajärvi-Majajärvi. (Oravainen ja Hell 2004)

Oja 3	Q	Kok N ug/l	Kok N kg/d	Kok P ug/l	Kok P kg/d
6.4.2004	40	1980	6,8	67	0,23
3.5.2004	32	1080	3	62	0,17
2.6.2004	20	680	1,2	25	0,04
26.7.2004	40	870	3	38	0,13
22.9.2004	70	1040	6,3	28	0,17
keskiarvo	40,4	1130	4,1	44	0,15

Veden hygieeninen laatu oli keskimäärin välttävä. Kesäkuussa lämpökestoisten kolibakteerien määrä ylitti uimiseen soveltuvan veden raja-arvon. Keskimäärin ojan Majajärveen tuoma ravinnevirtaama oli 0,2 kg P/d ja 4,1 kg N/d, mistä vuosien 1993-2003 tarkkailuiden perusteella leirikeskuksen osuus fosforista on 0,015 kg P/d. (Oravainen ja Hell 2004)

5.2.4 Oja Majajärvi – Pikku-Hapua

Perustilaselvityksen yhteydessä ojan vesiä on tarkkailtu kahdesta pisteestä, Majajärven luusuasta ja lähellä ojan suistoa ennen kuin oja laskee Pikku-Hapuaan. Ojan lähtöpisteessä virtaama vaihteli välillä 160-320 l/s, keskivirtaaman ollessa 222 l/s. Majajärven luusuassa ojan veden fosforipitoisuus vaihteli välillä 20-45 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus välillä 590-930 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 33 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 718 µg/l. Veden hygieeninen laatu oli hyvä.

Taulukko 5.2.4.1 Virtaama ja ravinnepitoisuudet Majajärven luusuassa. (Oravainen ja Hell 2004)

Oja 4	Q	Kok N ug/l	Kok N kg/d	Kok P ug/l	Kok P kg/d
6.4.2004	160	930	12,9	35	0,48
3.5.2004	172	630	9,4	27	0,40
2.6.2004	230	590	11,7	20	0,40
26.7.2004	230	730	14,5	45	0,89
22.9.2004	320	710	19,6	37	1,02
keskiarvo	222,4	718	13,6	32,8	0,64

Pikku-Hapuaan laskiessa ojan virtaama vaihteli välillä 240-500 ollen keskimäärin 348 l/s. Pikku-Hapuan suistossa ojan veden fosforipitoisuus vaihteli välillä 24-47 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus välillä 610-1250 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 36 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 920 µg/l. Veden hygieeninen laatu oli hyvä.

Taulukko 5.2.4.2 Virtaama ja ravinnepitoisuudet Pikku-Hapuan suistossa (Oravainen ja Hell 2004)

Oja 5	Q	Kok N ug/l	Kok N kg/d	Kok P ug/l	Kok P kg/d
6.4.2004	500	1250	54	38	1,64
3.5.2004	300	660	17,1	27	0,70
2.6.2004	240	610	12,6	24	0,50
26.7.2004	350	970	29,3	47	1,42
22.9.2004	350	1110	33,6	44	1,33
keskiarvo	348	920	29,3	36	1,12

Majajärven luusuassa veden aiheuttama ravinnekuormitus oli keskimäärin 0,6 kg P/d ja 13,6 kg N/d. Pikku-Hapuan suistossa järveen tuleva ravinnevirtaama oli keskimäärin 1,1 kg P/d ja 29,3 kg N/d. (Oravainen ja Hell 2004)

5.2.5 Oja Iso-Hapua - Äpäntjärvi

Perustilaselvityksen yhteydessä Iso-Hapuan ja Äpäntjärven välisen ojan vesiä on tarkkailtu kahdesta pisteestä, Iso-Hapuan luusuasta ja ojan puolivälissä. Ojan lähtöpisteessä virtaama vaihteli välillä 200-700 l/s, keskivirtaaman ollessa 430 l/s. Iso-Hapuan luusuassa ojan veden fosforipitoisuus vaihteli välillä 22-57 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus välillä 600-1120 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 34 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 770 µg/l. Veden hygieeninen laatu oli hyvä.

Taulukko 5.2.5.1 Virtaama ja ravinnepitoisuudet Iso-Hapuan suistossa (Oravainen ja Hell 2004)

Oja 6	Q	Kok N ug/l	Kok N kg/d	Kok P ug/l	Kok P kg/d
6.4.2004	700	1120	67,7	31	1,87
3.5.2004	500	670	28,9	28	1,21
2.6.2004	200	600	10,4	22	0,38
26.7.2004	350	780	23,6	57	1,72
22.9.2004	400	680	23,5	33	1,14
keskiarvo	430	770	30,8	34,2	1,26

Iso-Hapuan luusuassa veden aiheuttama ravinnekuormitus oli keskimäärin 1,3 kg P/d ja 30,8 kg N/d.

Ojan puolella välissä virtaama vaihteli välillä 240-730 l/s ollen keskimäärin 444 l/s. Tarkkailupisteessä ojan veden fosforipitoisuus vaihteli välillä 23-64 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus välillä 600-1230 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 38 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 856 µg/l. Veden hygieeninen laatu oli keskimäärin hyvä.

Taulukko 5.2.5.2 Virtaama ja ravinnepitoisuudet Iso-Hapuan ja Äpäntjärven puolivälissä (Oravainen ja Hell 2004)

Oja 7	Q	Kok N ug/l	Kok N kg/d	Kok P ug/l	Kok P kg/d
6.4.2004	730	1230	77,6	35	2,21
3.5.2004	500	660	28,5	27	1,17
2.6.2004	330	600	17,1	23	0,66
26.7.2004	240	930	19,3	64	1,33
22.9.2004	420	860	31,2	39	1,42
keskiarvo	444	856	34,7	37,6	1,36

Tarkkailupisteessä veden aiheuttama ravinnekuormitus oli keskimäärin 1,4 kg P/d ja 34,7 kg N/d. (Oravainen ja Hell 2004)

5.2.6 Oja Äpäntjärvestä eteenpäin

Perustilaselvityksen mukaan Äpäntjärvestä lähtevän ojan virtaama oli keskimäärin 482 l/s vaihdellen välillä 200 – 750 l/s. Ojan vesi oli lievästi sameaa ja lievästi hapanta. Veden fosforipitoisuus vaihteli välillä 20-61 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus välillä 580-930 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 35 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 736 µg/l.

Taulukko 5.2.6 Virtaama ja ravinnepitoisuudet Äpäntjärven luusuassa (Oravainen ja Hell 2004)

Oja 8	Q	Kok N ug/l	Kok N kg/d	Kok P ug/l	Kok P kg/d
6.4.2004	750	930	60,3	32	2,07
3.5.2004	500	610	26,4	24	1,04
2.6.2004	200	580	10	20	0,35
26.7.2004	510	800	35,3	61	2,69
22.9.2004	450	760	29,5	38	1,48
keskiarvo	482	736	32,3	35	1,53

Äpätinjärven luusuassa veden aiheuttama ravinnekuormitus oli keskimäärin 1,5 kg P/d ja 32,3 kg N/d. (Oravainen ja Hell 2004)

5.3 Vesistön valuma-alue

5.3.1 Maankäyttö

Perustilaselvityksessä oleva arvio Karhoismajan vesireitin valuma-alueen maankäytön jakaantumisesta perustuu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietokantaan. Arvion perusteena on Hapuanjoan valuma-alueen tiedot, sillä yli 80 % Hapuanjoan valuma-alueesta kuuluu tarkastelun kohteena olevien järvien valuma-alueeseen. Arvion perusteella saadaan maankäytön jakauma taulukon 5.3.1 mukaiseksi.

Taulukko 5.3.1 Vesistön valuma-alueen maankäyttö arvioituna koko Hapuanjoan vesistöalueen maankäyttöjakauman mukaisesti. (Oravainen ja Hell 2004)

	valuma-alue	metsää	peltoa	vesiala	rakennettu	
	km ²	ha	ha	ha	ha	
Suutarinjärvi	22,3	1739	384	89,2	22,3	
Valkiajärvi	2,9	226	50	11,6	2,9	
Majajärvi	27,1	2114	466	108,4	27,1	
Pikku-Hapua	31	2418	533	124	31	
Iso-Hapua	32,3	2519	556	129,2	32,3	
Äpätinjärvi	34,3	2675	590	137,2	34,3	

Suurin osa valuma-alueen pinta-alasta on metsää (kangas- ja turvemaita sekä vähäpuustoista aluetta). Peltoa valuma-alueesta on noin 17 %. Vesistöjen osuus on 4 % ja rakennettua aluetta on 1 %. (Oravainen ja Hell 2004)

5.3.2 Tuleva kuormitus

Perustilaselvityksessä on arvioitu, että Karhoismajan vesireittien vesistöön tuleva fosforikuormitus on pääosin peräisin pelloilta (54 %). Seuraavaksi suurimmat kuormittajat ovat luonnonhuuhtouma (20 %), haja-asutus (16 %), sadanta (7 %), loma-asutus (3 %) ja Hakoniemen leirikeskus (1 %). Metsänhoitotoimenpiteet ja karjanhoito on jätetty arvioiden ulkopuolelle, koska niistä ei ollut tietoa saatavilla. (Oravainen ja Hell 2004)

5.4 Vesistön ongelmat

Perustilaselvityksen ja haastatteluiden perusteella Karhoismajan vesistössä havaitut ongelmat on kerätty taulukkoon 5.4.1

Taulukko 5.4.1 Karhoismajan vesistön ongelmat (Oravainen ja Hell 2004)

	Suutarinjärvi	Majajärvi	Valkiajärvi	Pikku-Hapua	Iso-Hapua	Äpäinjärvi
Umpeenkasvu	x			x		x
Limalevä		x	x			
Sinilevä			x			
Levä lievä	x		x			
Levä voimakas		x		x		
Happipitoisuus (pinta)	x					x
Happipitoisuus (pohja)	x	x	x		x	x
Hygieninen laatu	x			x		x
Humus	x	x	x	x	x	x

5.4.1 Umpeenkasvu

Järvien umpeenkasvu kuuluu niiden luontaiseen kehitykseen. Kasvillisuuden lisääntyessä se alkaa haitata vesistöjen virkistyskäyttöä. Tarkastelualueella umpeenkasvu uhkaa lähinnä Suutarinjärveä, Pikku-Hapuaa ja Äpäinjärveä. Rantojen liika vesikasvillisuus ja liettyminen haittaavat loma- ja ranta-asukkaita. Tämän vuoksi ainakin Iso-Hapuassa on niitetty rantakasvillisuutta.

Järvien mataloituminen ja vesikasvillisuuden tihentyminen haittaavat myös veneilyä, kalastusta ja metsästystä. Kapeissa salmissa ja suojaississa lahdissa runsas vesikasvillisuus saattaa heikentää veden vaihtumista ja täten veden laatua. (Ulvi ja Lakso (toim.) 2005)

Kuvassa 5.4.1 on Pikku-Hapuan umpeen kasvanutta kaakkoisosaa, missä kesällä liikkuminen onnistui parhaiten kumisaappailla.



Kuva 5.4.1 Pikku-Hapuan umpeenkasvanutta kaakkoisosaa (Kuva V Arvonon 25.7.2006)

5.4.2 Levät

Karhoismajan vesistössä leväbiomassan määrää indikoiva klorofyllipitoisuus ylitti vuonna 2004 lähes kaikissa järvissä erittäin rehevän järven raja-arvon ($20\text{mg}/\text{m}^3$). Ainoastaan Äpäntjärnessä pitoisuus pysyi $<10\text{mg}/\text{m}^3$ koko tarkastelukauden ajan. Todennäköisenä syynä tähän oli kuitenkin järven voimakas läpivirtaus, mikä huuhtoi kasviplanktonin mukaansa ennen kuin se ehti lisääntyä. (Perustilaselvitys, 2004)

Karhoismajan ranta-asukkaat kokevat limalevän ongelmallisimpana, sillä se haittaa uimista. Pahimpana ongelma on koettu Valkiajärnessä ja levän pelätään leviävän myös muihin vesistön järviin.

5.4.3 Happipitoisuus

Veden happipitoisuuden lasku vaikuttaa veden laatuun ja vesistön virkistyskäyttöön muun muassa kalastuksen osalta. Hapen liukoisuus veteen riippuu lämpötilasta: kylmään veteen liukenee enemmän happea, kuin lämpimään veteen. Normaalisti pöytäveden happipitoisuus on talvella ($0,5-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) $12-13\text{ mg O}_2/\text{l}$

happikyllästysasteen ollessa 80-90%. Vastaavasti kesällä päällysveden happipitoisuus on (18-20 °C) 8-9 mg O₂/l happikyllästysasteen ollessa 80-90%. (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys <http://www.kvvy.fi>, viitattu 12.2.2007)

Vedessä olevaa happea kuluttavat kalojen lisäksi muun muassa orgaanisen aineen hajotustoiminta. Karhoismajalla happipitoisuuden laskun ei ole toistaiseksi todettu aiheuttavan kalakuolemia tai sisäisen kuormituksen alkamista.

5.4.4 Veden hygieeninen laatu

Perustilaselvityksessä veden hygieenisen laadun havaittiin heikkenevän kesällä runsaiden sateiden aikaan sekä Suutarinjärvessä että Pikku-Hapuassa. Sateiden arveltiin huuhtoneen ulostebakteereita vesistöihin. Huonoimmillaankin veden laatu oli kuitenkin edelleen uimiseen soveltuvaa.

5.4.5 Humus

Humuspitoisia järviä esiintyy erityisesti havumetsäisillä alueilla ja soiden yhteydessä. Humus koostuu pääasiassa vaikeasti hajoavasta orgaanisesta aineesta, mikä on muodostunut kasvien, eläinten ja pieneliöiden jäänteiden hajottua epätäydellisesti. Humus on pääosin huuhtoutunut valuma-alueen maaperästä, mutta osa siitä voi olla muodostunut vesieliöiden hajoamisen tuloksena. Humus värjää veden ruskeaksi (Lindholm 1998).

Karhoismajan vesistöissä humuspitoinen vesi on muuttanut erityisesti Valkiajärven veden väriä tummemmaksi ja pienentänyt näin näkösyvyyttä.

6. Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten arviointi

6.1 Laskeutusaltaat

Laskeutusaltaat poistavat pääasiassa kiintoainetta. Koska suurien virtaamien aikaan Vironojan vedessä on runsaasti kiintoainetta (kuva 5.1), laskeutusaltaan avulla voisi poistaa kiintoaineeseen sitoutuneita ravinteita. Koska vedessä on myös liuenneita ravinteita, ei laskeutusallas ole riittävä keino ainoana puhdistusmenetelmänä.



Kuva 6.1 Vironojan suistoon kertynyttä hienojakoista kiintoainetta 25.7.2006 (Kuva V Arvonen)

Laskeutusallas tulee sijoittaa sellaiseen paikkaan, mistä se voidaan tarvittaessa tyhjentää pohjalle kertyneestä kiintoaineesta. Nyt laskeutusaltaana toimii vapaana oleva vesialue, mistä laskeutuneen kiintoaineen poistaminen on hankalaa. Sopiva sijoituspaikka laskeutusaltaalle olisi kohta, missä vesi virtaa järven soistuneelle osalle. Rannan suuntainen, pitkänomainen allas on helpompi tyhjentää esimerkiksi kaivinkoneella kuin suuri ympyrän muotoinen. Altaan koko mitoitetaan virtaaman ja poistettavaksi halutun raekoon perusteella. Mitä pienempiä partikkeleita halutaan poistaa, sitä suurempi on tarvittava laskeutusaltaan koko.

Altaasta vesi johdetaan esim ylisyoösyädon yli eteenpäin. Jatkoseurantaa varten tähän yhteyteen olisi hyvä tehdä paikka mittapadolle.

Altaan rakenteiden tulee olla sellaisia, etteivät ne lähde virtaavan veden mukana eteenpäin. Lisäksi patorakenteiden tulee olla riittäviä ohjaamaan kevään ja syksyn huippuvirtaamia.

6.2 Kosteikkopuhdistamo

Pikku-Hapua on sellaisenaan eräänlainen kosteikko. Tällä hetkellä vesi virtaa yhtä uomaa pitkin läpi kasvillisuuden ja siitä edelleen avoveteen. Ennen Iso-Hapuaa vesi virtaa umpeenkasvaneen kynnyksen läpi, missä todennäköisesti tapahtuu ravinteiden sitoutumista.

Ravinteiden sitoutuminen kasvillisuuteen on tehokkaampaa, jos vesi johdetaan laajemmalle alueelle. Veden viipymän kosteikossa tulisi olla 3-5 vrk. Käyttämällä koko järven pinta-alaa (n 17,4 ha), saadaan huippuvirtaaman aikaan viipymäksi kolme vuorokautta.

Huippuvirtaama 500 l/s = 43200 m³/d

Altaan syvyys 0,8 m

Pinta-ala 17,4 ha

$$t_n = \frac{V}{Q} = \frac{174000m^2 * 0,8m}{43200m^3 / d} = 3,2 d$$

Kosteikon muodostamiseksi koko Pikku-Hapuan alueelle pitäisi vesi saada virtaamaan ensin järven kaakkoiskärjen kautta ja sen jälkeen joko kasvillisuuden läpi tai välittömästi pinnan alapuolella kasvien juuristossa. Jos vesi virtaa pinnan alla kasvien juuristossa, vastaa menetelmä pintavalutuskentän toimintaa. Tällöin täytyy järjestää muun muassa kaloille vapaa reitti ojaan pitkin. Ennen kosteikon rakentamista tulee selvittää maaperän eri kerrosten fosforipitoisuus. Jos suunnitellun kosteikon alueella maaperän fosforipitoisuus ylittää tulevan veden fosforipitoisuuden, ei

kosteikko pysty pidättämään fosforia. Pikku-Hapuan tapauksessa kosteikko voidaan toteuttaa eri tavoilla.

6.2.1 Kosteikko veden pintaa nostamalla

Yksinkertaisimmillaan kosteikko voitaisiin toteuttaa nostamalla veden pintaa Pikku- ja Iso-Hapuassa Iso-Hapuan luusuaan tehtävällä pohjapadolla. Tilanne vastaa tulvatilannetta, kuten esimerkiksi kuvan 6.2.1 tilanteessa, jossa vesi on noussut laajalla alueella kasvillisuuden päälle.



Kuva 6.2.1 Pikku-Hapuan soistunutta osaa tulva-aikana 2.12.2006 (Kuva V Arvonen)

Tässä tapauksessa valtaosa vedestä virtaa suoraan lyhintä reittiä eteenpäin, jolloin viipymä jää lyhyeksi eikä ravinteiden sitoutumista kosteikkoon ehdi tapahtua. Lisäksi 2.12.2006 vedenpinta oli noin 0,4 m korkeammalla, kuin 25.7.2006 tehdyissä mittauksissa. 25.7.2006 Veden pinta oli noin 0,47 m rannalla sijaitsevan rantasaunan kivijalan ylätasosta, joten vedenpinnan nosto voi vaurioittaa tätä rakennusta. Näistä syistä kosteikkoa ei voida toteuttaa pelkästään vedenpintaa nostamalla.

6.2.2 Kosteikko vedenpintaa nostamalla ja virtauksen johtamisella koko järveen

Viipymän kasvattamiseksi täytyy koko ojan virtaus ohjata kiertämään Pikku-Hapuan kaakkoiskärjen kautta. Tässä vaihtoehdossa Pikku-Hapuan etelä-rantaan kaivetaan oja mikä toimii samalla laskeutusaltaana. Rakennettava oja laskee Pikku-Hapuan kaakkoiskärkeen kaivettavaan altaaseen, minkä syvyys on > 2 m. Tavoitteena on, että altaan pohjalle tulisi muodostua hapettomat olosuhteet, jolloin myös typen poistuminen denitrifikaation avulla olisi mahdollista.

6.3 Maatalouden suojakaistat

Koska arvioiden mukaan vesistöön tulevan fosforin merkittävin lähde on maatalous, tulisi maatalouden vesiensuojelutoimenpiteisiin kiinnittää erityistä huomiota. Karhoismajan vesistön valuma-alueella tulisi kartoittaa viljelyskäytössä olevat pellot, mitkä ovat toistuvasti veden peittämiä tai viettävät jyrkästi vesistöön. Kartoituksen perusteella voidaan arvioida, kuinka paljon pelloilta tulevasta fosfori- ja typpikuormituksesta saadaan leikattua pois suojavyöhykkeitä perustamalla. Karttatarkastelun ja maastokäyntien perusteella Pikku- ja Iso-Hapuan tai Valkiajärven rannoilla ei ole tarvetta suojavyöhykkeille.

6.4 Vesikasvillisuuden poistaminen

Poistettaessa vesikasveja esimerkiksi niittämällä, tulee niitetyt kasvinosat poistaa mahdollisimman tarkoin vedestä, ettei niistä vapaudu ravinteita ja orgaanista ainetta vesistöön ja pahenna sen tilaa. Niittäminen tulisi tehdä harkiten, ettei kaikkia ranta-alueita niitettäisi, sillä kasvillisuus suojaa rantaa esimerkiksi aallokon aiheuttamalta eroosiolta sekä suodattaa ja hyödyntää maalta pintavalunnan mukana tulevia kiintoainepartikkeleita ja ravinteita. Lisäksi kasvillisuus tarjoaa suojaa monille alueen linnuille.

6.5 Hapetus

Hapetuksen avulla voidaan ehkäistä kalakuolemia sekä sisäisen kuormituksen vaikutusta. Kokemaenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:n tekemän selvityksen perusteella hapettomuus ei kuitenkaan ole kriittinen ongelma, sillä tutkimusten perusteella ei ole havaittu sisäistä kuormitusta, eikä laajoja kalakuolemia ole raportoitu.

6.6 Alusveden poistaminen

Alusvettä poistamalla saadaan siirrettyä pohjan lähellä olevaa hapetonta vettä esimerkiksi laskuojan kautta eteenpäin. Laskuojassa veteen liukenee jonkin verran happea ennen kuin vesi päätyy alempana olevaan Äpäntjärveen. Koska Äpäntjärven veden happipitoisuus on jo valmiiksi alhainen, ei liene syytä johtaa sinne valmiiksi vähähappista vettä. Lisäksi pohjan läheltä pumpattu vesi sisältää myös ravinteita, mikä entisestään pahentaa vastaanottavan vesistön tilaa.

6.7 Vedenpinnan nosto

Pelkällä vedenpinnan nostolla saavutetaan lähinnä virkistyskäyttömahdollisuuksien parantumista. Lisäksi vedenpinnan vakiointi vaikuttaa mahdollisesti rakennettavan kosteikon vesitilanteeseen ja sitä kautta muodostuvaan kasvillisuuteen. Vedenpinnan nosto lisää matala-rantaisten Iso-Hapuan pinta-alaa ja vesitilavuutta.

6.8 Kemiallinen saostus

Fosforin saostaminen kemiallisesti tuo vain hetkellistä apua, sillä muualta tuleva vesi tuo mukanaan lisää ravinteita. Jos järvien happitilanne heikkenee, voi pohjalle saostunut fosfori liueta uudelleen.

6.9 Ruoppaus

Ruoppaus on taloudellisesti kallis operaatio. Vesitilavuuden kasvamisen lisäksi järvestä saadaan poistettua ravinteita. Ruoppauksella saatava hyöty on kuitenkin lyhytaikainen, jos vesistöön tulee ulkopuolelta lisää ravinteita ja kiintoainetta.

6.10 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen

Ulkoisen kuormituksen vähentäminen on jokaisen kiinteistön ja maa-/metsätalousmaan omistajan tehtävä. Omilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa vesistöön tulevaan ulkoiseen kuormitukseen. Saattamalla jätevesien käsittely vastaamaan nykyisiä vaatimuksia, saadaan osaltaan vesistön ulkoista kuormitusta vähennettyä. Perustilaselvityksen mukaan Iso-Hapuan veden hygieeninen laatu on vaihdellut huomattavasti ulkoisen kuormituksen mukaan. Jätevesien käsittelyssä tärkeimpänä ovat WC-vedet. Jos käytetään uusia erottelevia kuivakäymälöitä, on virtsa laimennettava vedellä ennen kuin se käytetään esimerkiksi kasvien lannoitteena.

Jos käymälä sijaitsee välittömästi vesistön, esimerkiksi laskuojan läheisyydessä, olisi nesteteiden suotautuminen maahan vesistön läheisyydessä syytä estää esimerkiksi johtamalla nesteet kauemmaksi vesistöstä tai keräämällä ne erilliseen säiliöön. Myös käymälän siirto kauemmas vesistöstä on hyvä vaihtoehto. Saunan tai keittiön pesuvesiä ei saa johtaa suoraan vesistöön, vaan ne on johdettava saostuskaivon tai vastaavan kautta maaperään riittävän kauas vesistöstä (>10m). Ranta-alueilla vesi-WC:n vedet on syytä johtaa umpisäiliöön.

6.11 Ojanpohjasuodatus

Valkiajärveen laskevan ojan korkeuserot ovat niin pieniä, että ojanpohjasuodatuksen onnistuminen voi olla vaikeaa. Jos rakenne tehdään siten, että vesi joutuu kulkemaan kahdesti (alas ja ylös) fosforia sitovan hiekan läpi, ei pienestä korkeuserosta ole haittaa. Suodatuksen edessä on syytä pitää hakesäkkejä tai vastaavia erottelemassa kiintoainesta, ettei suodatinhiekkä tukkeudu liian nopeasti.

6.12 Metsäojituksen katkot

Jos vesistön valuma-alueella tehdään metsäojitustoimenpiteitä, olisi ojituksessa syytä huomioida vesiensuojelulliset näkökohdat. Maaperän salliessa olisi hyvä jättää kaivukatkoja ojiin ennen kuin vesi johdetaan vesistöön laskeviin ojiin.

6.13 Biomanipulaatio

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen vuonna 2004 tekemän koekalastuksen mukaan kalaston koostumus ei ole vinoutunut, joten tarvetta hoitokalastukselle ei ole.

6.14 Pintavalutuskentät

Hydraulisen maksimikuormituksen ($340 \text{ m}^3/\text{d}/\text{ha}$) perusteella laskettuna huippuvirtaamalla tarvittava pintavalutuskentän pinta-ala on noin 127 ha (noin 10 kertaa Pikku-Hapuan pinta-ala). Jos huippuvirtaaman aikana sallitaan pienempi teho, voisi pinta-valutuskenttä soveltua Pikku-Hapuan soistuneelle maa-alueelle. Pintavalutuskentän eteen olisi hyvä laittaa laskeutusallas. Laskeutusallas olisi kaivettava joko laskuojaan tai rantaniitylle. Veden johtaminen kenttään on tehtävä mahdollisimman tasaisesti, jotta koko pinta-ala saadaan hyödynnettyä. Tämä

tarkoittaa sitä, että käytettäessä avo-ojaa veden jakamiseen, on ojan pohjan oltava vaakatasossa. Jos vesi johdetaan putkissa, voidaan virtauksen tasainen jakaantuminen tehdä reikien sijoittelulla. Putkien toimivuus talvella ja keväällä on jäätymisen vuoksi epävarmaa.

Jos pintavalutuskentän jakoputkisto mitoitetaan huippuvirtaamalle, tarvitaan useita putkia. Taulukkoon 6.14 on laskettu virtausnopeudet maksimivirtaamalla, jos vesi jaetaan yhdestä viiteen PEH315 putkeen. Painehäviö kPa/m on saatu Suomen rakentamismääräyskokoelman D1 sivulla 14 olevasta nomogrammistista, mikä perustuu Colebrookin kaavaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D1, 2007)

Taulukko 6.14 Veden virtausnopeus ja putkiston painehäviö johdettaessa maksimivirtaama n:n putken läpi

Putkia [kpl]	Pinta-ala [m ²]	virtausnopeus m/s	painehäviö[kPa/m]	Q [m ³ /s]
1	0,071	7,07	0,9	0,50
2	0,141	3,54	0,24	0,25
3	0,212	2,36	0,11	0,17
4	0,283	1,77	0,07	0,13
5	0,353	1,41	0,045	0,10

Jos vesi jaetaan tasaisesti koko Pikku-Hapuan soistuneelle osalle, tarvitaan n kappaletta putkia, joista pisin on noin 500 m. Jos koko huippuvirtaama 500 l/s johdettaisiin yhdessä putkessa ja vesi purettaisiin tasaisesti koko matkalle, tulisi putkihäviöiksi $(0,9+0) \text{ kPa/m} / 2 * 500 \text{ m} = 225 \text{ kPa} = 22,5 \text{ mvp}$. Jos vesi johdetaan tasaisesti viiteen putkeen (500 m, 400 m, 300 m, 200 m ja 100 m), tulee pisimmän putken putkihäviöksi $0,045/2 \text{ kPa/m} * 500 \text{ m} = 11,25 \text{ kPa} = 1,1 \text{ mvp}$. Näissä laskelmissa on oletettu, että putki olisi täynnä loppuun asti.

Investointikustannuksiltaan tämä vaihtoehto on kallis, sillä PEH315 putki maksaa noin 48 euroa /m, jolloin 1500 m putkea maksaa noin 72000 euroa.

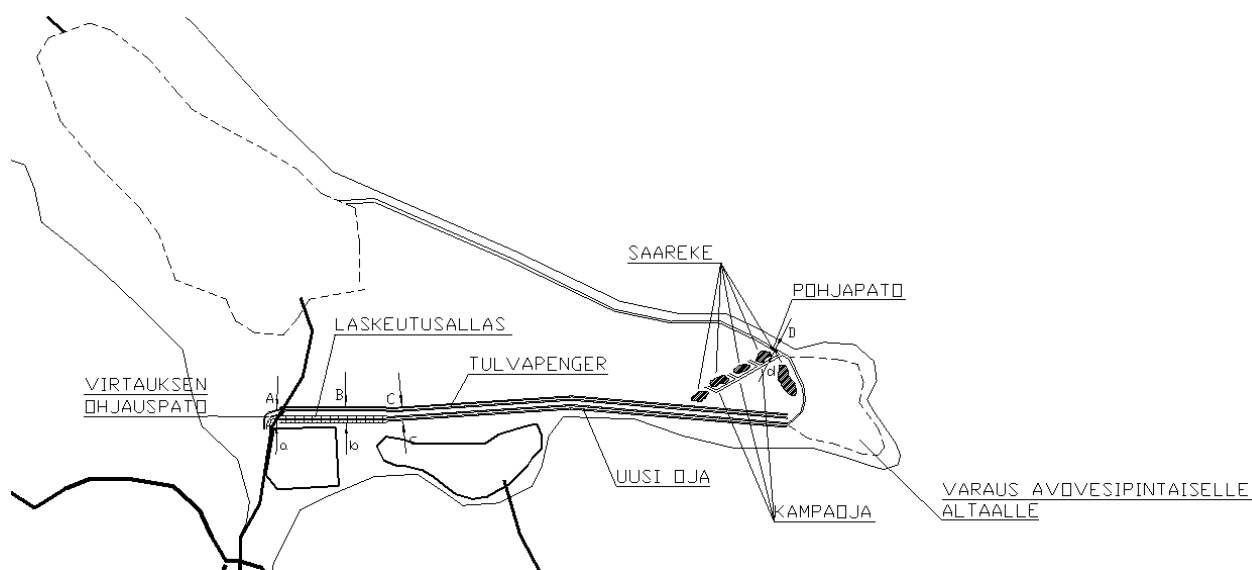
Pintavalutuskentän ohi tarvitaan uoma, mistä muun muassa kalat pääsevät vapaasti kulkemaan.

7. Suunnitelmavaihtoehdot

Hapuan vaihtoehtoista voidaan toteuttaa vain toinen tai vaiheittain niin että ensin vaihtoehto 1 ja myöhemmin vaihtoehto 2. Lisäksi molempia vaihtoehtoja voidaan täydentää Pikku-Hapuan kaakkoiskärkeen kaivettavalla avovesialtaalla.

7.1 Hapua vaihtoehto 1

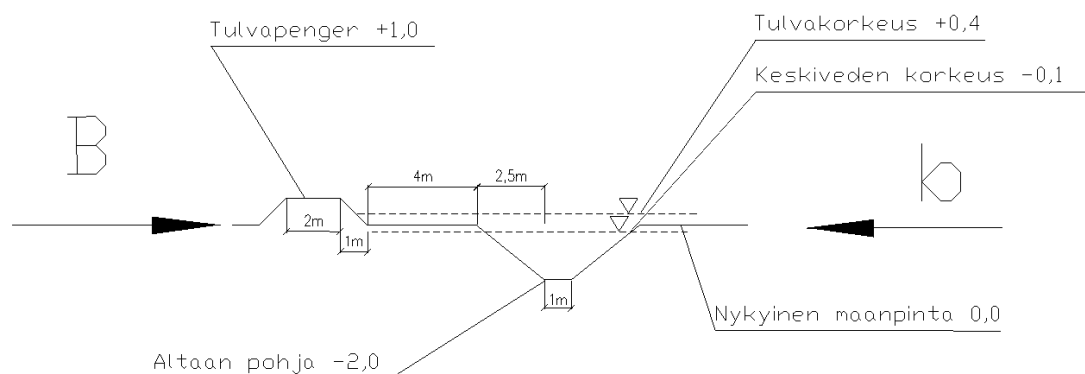
Pikku-Hapuaan rakennetaan kosteikko (kuva 7.1.1) Vironojan virtaus johdetaan eteläreunaa kaivettavan ojan kautta Pikku-Hapuan kaakkoiskulmaan. Virtaaman ohjauspadon yhteyteen tehdään laskeutusallas (kuva 7.1.2)..



Kuva 7.1.1 Pikku-Hapuan kosteikko. Vaihtoehto 1

Laskeutusallas mitoitetaan huippuvirtaaman mukaisesti. Oja pengerretään +1,0 m korkealla vallilla ja ojan uoman ja penkereen väliin jätetään neljä metriä leveä tulva-alue. Pikku-Hapuan kaakkoiskärkeen jätetään tilavaraus avovesipintaista allasta varten. Allas tehdään, mikäli halutaan parantaa kosteikon typen poistamiskykyä tai hyödyntää allasta virkistyskäytössä. Järven pohjukasta kaivetaan oja pohjoisreunan kautta nykyiseen avovesialueeseen. Ojaan tehdään pohjapato, millä pidetään vedenpinta riittävän korkeana alivirtaaman aikana, jotta saadaan hydraulista gradienttia veden virtaamiseksi turvekerrosten läpi. Pohjoisreunan ojan lisäksi kaivetaan kampa-ojia, millä alivirtaaman aikana vesi johdetaan tasaisesti soistuneelle

maa-alueelle, mistä se kulkeutuu turvekerrosten läpi Pikku-Hapuan avovesipintaiseen osaan



Tulvapenger sidotaan kasvillisuudella

Kuva 7.1.2 Pikku-Hapuaan suunniteltu laskeutusallas

Huippuvirtaaman aikana kosteikko toimii pintavirtauskosteikkona. Ojien kaivamisesta syntyneet maamassat käytetään penkereiden ja saarekkeiden rakentamiseen. Saarekkeet tarjoavat linnuille pesimipaikkoja, mitkä ovat turvassa pienpedoilta. Hanke toteutetaan kahdessa osassa. Talvella tehdään laskeutusallas sekä muut maanrakennustyöt lukuun ottamatta virtauksenohjauspatoa. Rakennettaviin pengerryksiin annetaan kasvukauden aikana muodostua rakenteita tukevaa kasvillisuutta, mikä estää hienon maa-aineksen huuhtoutumista virtaavan veden mukaan. Kun kasvillisuus on levinnyt riittävästi, rakennetaan virtauksenohjauspato, jolloin virtaus voidaan ohjata uuteen uomaan. Rakenteista on tarkemmat kuvat liitteenä (Liitteet 1-6)

7.1.1 Mitoitus

Kosteikon mitoituksessa on käytetty Vironojan maksimivirtaamana $Q_{\max} = 500 \text{ l/s}$.

Taulukon 3.1.2.1 mukaan turvemaahan kaivetussa uomassa virtaavan veden suurin sallittu virtausnopeus on $0,40 \text{ m/s}$. Maksimivirtaamalla virtausnopeus on $< 0,4 \text{ m/s}$, jos uoman poikkileikkauksen pinta-ala $> 1,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \text{ m}^3 / 0,4 \text{ m/s} = 1,25 \text{ m}^2$). Tarvittava uoman poikkipinta-ala saadaan sallimalla veden nousta tulvatasanteelle.

Tulvatasanteen leveys on 4 m, jolloin vedenpinnan noustessa kasvaa myös uoman poikkipinta-ala. Vedenpinnan ollessa tulvakorkeudella +0,4 m (mittaukset 2.12.2006), on poikkileikkauksen ala vähintään 3,2 m². Rannan puolella olevan poikkileikkauksen pinta-alan lopullisen suuruuden määrää rannan maaston kaltevuus. Normaalin vedenpinnantason tapauksessa virtausnopeus on pienempi, jolloin vesi virtaa ainoastaan kaivetussa uomassa. Mittausten (25.7.2006) mukaan vedenpinta on noin 0,1 m maanpinnan alapuolella.

Laskeutusaltaan luiskan kaltevuus turvemaassa on taulukon 3.1.2.2 mukaan 1:1,25 ja ojassa 1:0,8. Ojan luiskissa on kuitenkin käytetty kaltevuutta 1:1.

Näillä kaltevuuksilla laskeutusaltaan poikkileikkauksen pinta-ala A

$$A = \frac{2 * (2,5 \text{ m} * 2 \text{ m})}{2} + 2 \text{ m} * 1 \text{ m} = 7 \text{ m}^2$$

Tällöin teoreettinen viipymä huippuvirtaamalla on kaavan 3.2.4 mukaan

$$t_n = \frac{90 \text{ m} * (7 + 3) \text{ m}^2}{0,5 \text{ m}^3/\text{s}} = 1800 \text{ s} = 30 \text{ min}$$

Tämä vastaa taulukossa 3.1.1 olevaa laskeutusaltaan viipymän mitoitusarvon minimiä.

Teoriassa tällä laskeutusaltaan pituudella saadaan maksimivirtaaman aikana laskeutumaan yhtälön 3.1.6 mukaan laskettuna 0,03 mm kiintoainepartikkelit. Koska altaan poikkileikkaus ei ole suorakaiteen muotoinen, saadaan altaalla laskeutettua todennäköisesti pienempiäkin kiintoainepartikkeleita, sillä tulvatasanteella veden syvyys (max 1 m) on huomattavasti pienempi, kuin laskelmissa käytetty altaan syvyys 2 m.

Laskeutusaltaan jälkeisessä ojassa poikkileikkauksen pinta-ala on 3 m². Tällöin virtausnopeus yhtälön 3.1.5 mukaan huippuvirtaamalla (0,5 m³/s) on 0,17 m/s. Taulukon 3.1.2.1:n mukaan virtaavan veden maksiminopeus maatuneeseen turpeeseen rakennetussa uomassa on 0,4 m/s.

7.1.2 Vaihtoehto 1 edut ja haitat

Ilman vedenpinnan nostoa tehtävän kosteikon huonona puolena voi olla veden humuspitoisuuden nousu, sillä vesi virtaa osittain maakerrosten läpi. Tulva aikana vesi nousee Pikku-Hapuan eteläpuolella olevalle niitylle, mutta tilanne ei eroa normaalista tulva-tilanteesta. Koska vedenpinta vaihtelee, ei kosteikko tarjoa suojaa esimerkiksi linnuille kuivana aikana, ellei rakenneta erillisiä saarekkeita.

Saarekkeiden tulee olla veden ympäröimiä myös kuivana aikana, jotta pienpedot eivät pääse häiritsemään pesiviä lintuja. Tämä vaihtoehto on kuitenkin luvan hankinnan kannalta yksinkertaisempi, kuin vaihtoehto 2 mukainen vedenpinnan nostolla toteutettu kosteikko.

7.1.3 Vaihtoehto 1 kustannukset

Rakentamiskustannukset muodostuvat maansiirtotöistä sekä patorakenteisiin tarvittavista materiaaleista. Ojien ja laskeutusaltaiden kaivamisen yhteydessä saatavat maamassat käytetään saarekkeiden ja pengerrysten rakentamiseen, joten maamassojen pois kuljettamisesta ei tule kuluja. Patojen yhteydessä tarvitaan karkeampia maalajeja, esimerkiksi louhetta mitä joudutaan tuomaan muualta. Näitä kuljetuskustannuksia ei ole huomioitu näissä laskelmissa. Patorakenteiden kustannukset ovat arvioita oheisessa taulukossa 7.1.3.

Taulukko 7.1.3. Vaihtoehto 1 kustannusarvio

Kaivettamat maamassat

Laskeutusallas	90 m * 7 m ²	630 m ³
Oja	300 m * 3 m ²	900 m ³
Pohjapadon jälkeinen oja	400 m * 3 m ²	1200 m ³
<u>Kampaojat</u>	<u>100 m * 3 m²</u>	<u>300 m³</u>
Yhteensä		3030 m ³
Kaivuukustannukset 4 euroa / m ³		12000 euroa
Pohjapato		1000 euroa
<u>Virtauksenohjauspato</u>		<u>1000 euroa</u>
Kustannukset yhteensä		14000 euroa

7.2 Hapua vaihtoehto 2

Vironojan virtaus johdetaan eteläreunaa kaivettavan ojan kautta Pikku-Hapuan kaakkoiskulmaan. Virtaaman ohjauspadon yhteyteen tehdään laskeutusallas. Laskeutusallas mitoitetaan huippuvirtaaman mukaisesti. Oja pengerretään +1 m korkealla vallilla ja ojan uoman ja penkereen väliin jätetään neljä metriä leveä tulva-alue. Ojien kaivamisesta syntyneet maamassat käytetään penkereiden ja saarekkeiden

rakentamiseen. Pikku-Hapuan kaakkoiskärkeen jätetään tilavaraus avovesipintaista allasta varten. Allas tehdään, mikäli halutaan parantaa kosteikon typen poistamiskykyä tai hyödyntää allasta virkistyskäytössä. Iso-Hapuan luusuaan tehtävällä pohjapadolla vakioidaan Iso- ja Pikku-Hapuan vedenpinta tulvatilannetta vastaavalle tasolle, jolloin vesi nousee Pikku-Hapuan soistuneella osalla n 0,4 m nykyisen maanpinnan yläpuolelle.

7.2.1 Vaihtoehto 2 mitoitus

Mitoitus laskeutusaltaan ja ojan osalta kuten ensimmäisessä vaihtoehdossa.

Lisäksi tarvitaan vedenpinnan vakiointiin tarvittavan padon mitoitus.

7.2.2 Vaihtoehto 2 edut ja haitat

Tässä vaihtoehdossa kosteikko tarjoaa suojaa esimerkiksi linnuille myös kuivana aikana. Lisäksi vedenpinnan vakiointi lisää Iso-Hapuan ja Pikku-Hapuan virkistyskäyttöarvoa. Iso-Hapuan rannalla on joitakin rakennuksia, mitkä määräävät vedenpinnan vakiointitason. Näiden rakennusten tarkemmassa tutkimuksessa saattaa selvitä asioita, mitkä estävät vedenpinnan vakioinnin. Vedenpinnan vakioinnin mukana vesi nousee pysyvästi Pikku-Hapuan eteläpuolella olevalle niitylle kuten nyt tulva-aikana. Tämä rajoittaa näiden maa-alueiden käyttöä. Vedenpinnan vakiointiin tarvitaan vesilain mukainen lupa, mikä vaatii laajoja selvityksiä. Näiden selvitysten kustannukset voivat nousta varsin korkeiksi.

7.2.3 Vaihtoehto 2 kustannukset

Rakentamiskustannukset muodostuvat maansiirtotöistä, patorakenteisiin tarvittavista materiaaleista sekä selvitys- ja luvanhankkimiskuluista. Ojien ja laskeutusaltaiden kaivamisen yhteydessä saatavat maamassat käytetään saarekkeiden ja pengerrysten rakentamiseen, joten maamassojen pois kuljettamisesta ei tule kuluja. Patojen yhteydessä tarvitaan karkeampia maalajeja, esimerkiksi louhetta mitä joudutaan tuomaan muualta. Näitä kuljetuskustannuksia ei ole huomioitu näissä laskelmissa. Patorakenteiden kustannukset ovat arvioita oheisessa taulukossa 7.2.3. Tarvittavien selvitysten ja suunnitelmien hinta on noin 10000 – 20000 euroa mikäli vesialueen omistajat ovat yksimielisiä. Jos vesialueen omistajat eivät ole yksimielisiä, tarvitaan lisäksi selvitykset mahdollisista haitoista.

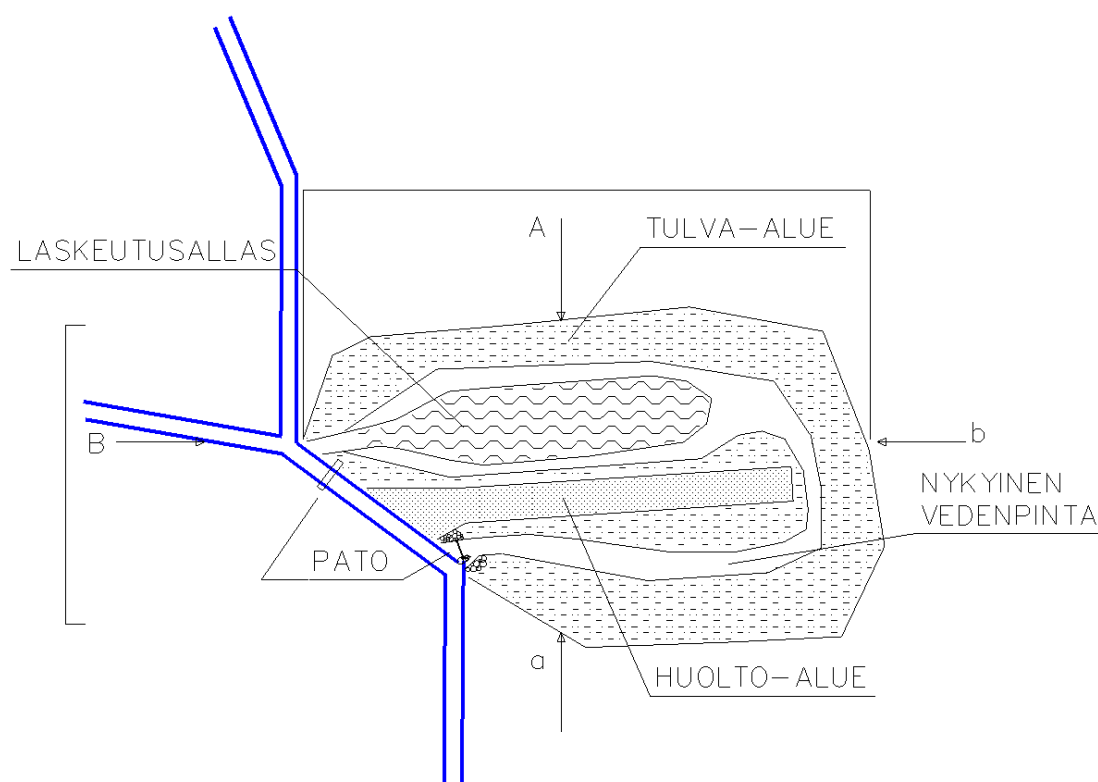
Taulukko 7.2.3. Vaihtoehto 2 kustannusarvio

Kaivettavat maamassat

Laskeutusallas	90 m * 7 m ²	630 m ³
<u>Oja</u>	<u>300 m * 3 m²</u>	<u>900 m³</u>
Yhteensä		1530 m ³
Kaivuukustannukset 4 euroa / m ³		6120 euroa
Pohjapato Iso-Hapuan luusuaan		3000 euroa
Virtauksenohjauspato		1000 euroa
<u>Vedenpinnan vakiointia varten tarvittavan luvan selvitykset</u>		<u>10000 euroa</u>
Kustannukset yhteensä		20120 euroa

7.3 Kyrvönoja

Kyrvönojaan, Platikan suon eteläosaan ojien yhtymiskohtaan rakennetaan laskeutusallas-kosteikko –yhdistelmä (kuva 7.3). Tällä pyritään laskeuttamaan virtaavan veden mukana kulkeutuva kiintoaine ja kiintoaineeseen sitoutuneet ravinteet. Laskeutusaltaan yhteyteen rakennetaan kosteikko, mikä tulva-aikana lisää laskeutusaltaan tilavuutta sekä tehostaa ravinteiden poistumista ojassa virtaavasta vedestä. Laskeutusaltaasta tehdään riittävän syvä, jotta altaan pohjalle muodostuisi hapettomat olosuhteet typen poistamiseksi denitrifikaation avulla.



Kuva 7.3 Kyrvönojan laskeutusallas-kosteikko

Normaalin vedenkorkeuden aikaan vesisyvyys ojassa olisi n 0,5 metriä (=nykyinen tilanne). Tulva-aikana vedenpinta voi nousta 0,3 metriä ennen kuin vedenpinta on nykyisen uoman reunojen tasalla. Tällöin laskeutusallas-kosteikon vesitilavuus kasvaa n 40 % (Pinta-alat laskettu CAD-ohjelmalla suoraan kuvasta, vedenkorkeuden laskettu nousevan keskimäärin 0,15 metriä tulva-alueella ja 0,3 metriä laskeutusaltaan alueella). Tarkemmat kuvat ovat liitteenä 7.

Kosteikkoon rakennetaan pato, mikä säätelee vedenpinnan korkeutta kosteikossa. Normaalialueella vedenpintaa korkeammilla vedenkorkeuksilla padon ohi juoksutetaan vettä kapeaa uomaa pitkin. Patorakenteen yläpinta muotoillaan siten, että vedenpinnan

noustessa, myös virtausaukon poikkipinta-ala kasvaa. Padotuskorkeutta voidaan säätää poistamalla / lisäämällä patolevyjä. Nykyinen ojan uoma tukitaan, jotta vesi saadaan ohjattua laskeutusaltaaseen. Laskeutusallas kaivetaan nykyisen uoman itäpuolelle ja altaan syvyys on 2,0 metriä normaalista vedenpinnan tasosta. Tulva-alueet kaivetaan loivasti nouseviksi siten, että altaan pohja on tulva-alueen reunalla nykyisen maanpinnan tasalla. Uusi ojan uoma kaivetaan siten, että syvyys ojassa on 0,5 metriä normaalista vedenpinnasta. Alueen keskellä on huoltoalue, mistä käsin laskeutusallas voidaan tarvittaessa tyhjentää kaivinkoneella. Lisäksi huoltoaluetta voidaan käyttää talvella kulkutienä esimerkiksi metsäkoneille. Tarkempi kuva on liitteenä 7.

7.3.1 Laskeutusaltan mitoitus

Mitoituksessa on käytetty perustilaselvityksen mukaista huippuvirtaama $Q = 60 \text{ l/s} = 216 \text{ m}^3/\text{h} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$. Tällöin saadaan viipymäksi taulukon 3.1.1 mukaan 0,5 – 1h. Huippuvirtaamalla ja 1h viipymällä tarvittava laskeutusaltan vesitilavuus on 216 m^3 . Denitrifikaation mahdollistamiseksi altaan syvyys on 2 m. Altaan leveys on 5 m, jolloin kaivaminen on mahdollista tavallisella kaivinkoneella. Näiden tietojen perusteella altaan pituudeksi saadaan 21,6 m. Jos viipymäksi halutaan vain 0,5 h, riittää altaan pituudeksi 10,8 m

7.3.2 Kyrvönojan suunnitelman edut ja haitat

Suunnitelman mukainen laskeutusallas-kosteikko tarvitsee tilaa noin 1600 m^2 . Tämä tila on pois metsätalouskäytöstä. Vedenpinta nousee keväällä patorakenteen ja kasvillisuuden hidastaessa virtausta, jolloin yläpuolisen alueen kuivuminen hidastuu. Toisaalta tämä virtauksen hidastuminen on tärkeää alapuolisen Valkiajärven kannalta, sillä suurten virtaamien aikaan veden mukana kulkeutuu eniten kiintoainetta. Laskeutusallas on toimiva ratkaisu jos ravinteet ovat sitoutuneet kiintoaineeseen. Lisäksi kosteikkoalue mahdollistaa liuenneiden ravinteiden sitoutumista alueen kasvillisuuteen.

7.3.3 Kustannukset

Laskeutusaltaan kustannukset muodostuvat pääosin maansiirtotöistä. Kaivettavat maamassat joudutaan siirtämään pois laskeutusaltaan alueelta, joten siitä aiheutuu lisäkustannuksia, mitä ei ole huomioitu tässä taulukon 7.3.3. laskelmassa

Taulukko 7.3.3 Kyrvönojan laskeutusaltaan kustannukset

Laskeutusallas	22 m * 2 m * 5 m	220 m ³
Kosteikkoalue	910 m ² * 0,15 m	137 m ³
<u>Ojat</u>	<u>50 m * 2 * 0,5 m</u>	<u>50 m³</u>
Yhteensä		407 m ³
Kaivuukustannukset 4 euroa / m ³		1628 euroa
<u>Patorakenteet 2 kpl 1000e / kpl</u>		<u>2000 euroa</u>
Yhteensä		3628 euroa

8. Yhteenveto

Vesistöjen kunnostukseen on kehitetty useita vaihtoehtoja, mutta yksikään niistä ei sovellu kaikkiin tapauksiin. Kunnostushankkeessa on tärkeää tietää vesistön normaalit veden laadun ja määrän vaihteluvälit, jotta tiedetään mihin asioihin kunnostushankkeessa tulee keskittyä. Esimerkiksi virkistyskäytön kannalta hyvään tulokseen voidaan päästä kemiallisen saostuksen ja ruoppauksen yhdistelmällä, mutta Karhoismajan tapaisessa läpivirtausvesistössä toimenpiteiden vaikutus voi jäädä lyhytaikaiseksi.

Tässä työssä vertailtujen eri vaihtoehtojen perusteella päädyttiin ensisijaisesti kosteikko ja laskeutusallas-kosteikko ratkaisuihin. Näiden lisäksi vesikasvien niittämällä sekä ulkoisen kuormituksen vähentämällä voidaan vaikuttaa kustannustehokkaasti vesistön tilaan. Kosteikon veden laatua parantavan vaikutuksen lisäksi ne lisäävät luonnon monimuotoisuutta, jolloin vaikutus ulottuu myös vesistön virkistyskäyttöä laajemmalle.

Laadituissa suunnitelmissa on tärkeää noudattaa annettuja mittoja erityisesti laskeutusaltaan pinta-alan ja luiskien kaltevuuden suhteen. Rakenteiden muotoa ja sijaintia voidaan tarvittaessa muuttaa esimerkiksi mahdollisten isojen kivien tai kallion kohdalla. Ojien ja laskeutusaltaiden luiskista voidaan tehdä tarvittaessa loivempia. Jos pintakerrosten alla on suunnitelmissa käytetyn turpeen sijaan jotakin muuta maalajia, voidaan luiskien kaltevuutta muuttaa taulukon 3.1.2.2 mukaan.

Suunnitelmien mukaiset hankkeet on tarkoitus toteuttaa lähivuosina. Varsinkin Pikku-Hapuaan muodostettavasta kosteikosta tulee huomattavan suuri. Vesistön tilan seuranta on syytä jatkaa, jotta nähdään näillä toimenpiteillä saavutettavat tulokset.

Lähdeluettelo

Ahtela, I., Penttilä, S., Marttila, J., Vahtera, H., Lahti, K., Granlund, K. ja Ekholm, P. Pyykönen S. 2005. Peltojen ylijäämäravinteet ja vesistöjen ravinnekuorma. Vesitalous 3/2005.

Bratli, J.L., Skiple, A. ja Mjelde, M. 1999. Restoration of Lake Borrevannet – self-purification of nutrients and suspended matter through natural reed-belts. Water Science and Technology, Vol 40, No 3, pp 325-332.

de Ceballos, B.S.O., Oliveira, H., Meira, C.M.B.S., König, A. ja Guimarães, A.O. de Souza, J.T. 2001. River water quality improvement by natural and constructed wetland systems in tropical semi-arid region of Northeastern Brazil. Water Science and Technology, Vol 44, No 11-12, pp 599-605.

Coveney, M.F., Lowe, E.F. ja Battoe, L.E. 2001. Performance of recirculating wetland filter designed to remove particulate phosphorous for restoration of Lake Apoka (Florida, USA). Water Science and Technology Vol 44 No 11-12 pp 131-136.

Demchak, J., Skousen, J. ja Morrow, T. 2001. Treatment of acid mine drainage by four vertical flow wetlands in Pennsylvania. West Virginia University www.wvu.edu/~agexten/landrec/treatment.pdf viitattu 11.11.2007

Heino, S., Puustinen, M., Maijala, T. ja Latostenmaa, H. 1992. Vesistökuormituksen vähentäminen peltojen peruskuivatuksessa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 406. Vesi- ja ympäristöhallitus 1992. 66 s.

Hietaoja, T. ja Hietaoja, T. 2007. Platikasta laskevan Kyrvönojan korkeusmittauksien tuloksia. Mittauspöytäkirja 28.9.2007.

Häikiö, M., Laitinen, J., Lakso, E. ja Lehtinen, A. 1998. Laskeutusaltaiden käyttökelpoisuus viljelyalueiden vesiensuojelussa. Suomen Ympäristö 233. Suomen ympäristökeskus. 48 s.

Ihme, R., Heikkinen, K. ja Lakso, E. 1991. Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Vesi- ja Ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 75. Vesi- ja ympäristöhalitus. 192 s.

Jormola, J., Harjula, H. ja Sarvilinna, A (toim.). 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen – Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Suomen ympäristö 631. Suomen ympäristökeskus. 168 s. 952-11-1424-X

Jätevesiasetus, 2003. Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla.

Kadlec, R.H. ja Knight, R.L. 1996. Treatment Wetlands. CRC Press LLC. 880 s.

Kadlec, R.H. ja Knight, R.L. 1996 mukaan Herskowitz, J. 1986. Listowel Artificial Marsh Project Report. Ontario Ministry of the Environment, Water Resources Branch, Toronto.

Kadlec, R.H. ja Knight, R.L. 1996 mukaan Nixon, S.W. ja Lee, V. 1986. Wetland and Water Quality. A Regional Review of Recent Research in the United States on the Role of Freshwater and Saltwater Wetland as Sources, Sinks, and Transformers of Nitrogen, Phosphorous,, and Various Heavy Metals. Final Report Prepared for the Deparment of the Army, U.S. Army Corps of Engineers. Waterways Experiment Station. Technical Report Y-86-2.

Kenttämies, K. ja Mattsson, T (toim). 2006. Metsätalouden vesistökuormitus, MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 816. Suomen ympäristökeskus. 160 s.

Keränen, J. ja Marja-aho, J. 2005. Pinko-Projekti 2001-2004 Katsaus pintavalutuskenttiin, mitkä eivät täytä mitoitusarvoja. www.vapo.fi/filebank/1751-pinko_18.pdf. Viitattu 11.11.2007.

Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä. Tuusulanjärven kunnostushanke – PowerPoint-esitys. Saatu Ilona Joensuulta 2.12.2005.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys www-sivut http://www.kvvy.fi/cgi-in/tietosivu_kvvy.pl?sivu=happipitoisuus.html viitattu 12.2.2007.

Laitinen, R. ja Toivonen, J. 1982. Yleinen ja epäorgaaninen kemia. Otatieto Oy. Hämeenlinna 1995. 339s. ISBN 951-672-136-2.

Lantto, J. ja Lindfors, I. 2005. Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma: hakesuodatuskokeet. Porin Vesi, Lounais-Suomen Ympäristökeskus, Porin kaupungin ympäristötoimisto ja Kullaan kunta. 47 s.

Lepistö, L (toim.), Rapala, J., Hoppu, K., Berg, K. ja Pietiläinen, O-P. 2006 Sinilevämyrkyt Suomen järvissä ja niiden yhteys ihmisille aiheutuneisiin oireisiin väliraportti 2006) (<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=106117&lan=fi#a0> viitattu 11.2.2007.

Lindholm, T 1998. Algfenomen och algproblem. Åbo Akademi. 168s. ISBN 952-12-0237-8.

Leivonen, J (toim.) 2005. Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005 – toteutumisen arviointi vuoteen 2003 asti. Suomen ympäristö 811. Suomen ympäristökeskus 2005. 83s. ISBN 952-11-2137-8.

Maa- ja metsätalousministeriö, 2006. Suojavyöhykkeiden perustaminen ja hoito. Maatalouden ympäristötuen erityistuet v.2000-2006.

Oravainen, R. ja Hell, E. 2004. Karhoismajan vesireitin järvien valuma-alueen, veden laadun ja kasviplanktonin perustilaselvitys vuonna 2004. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys. 2004. 26s + 16 liites.

Puustinen, M., Koskiaho, J., Jormola, J., Järvenpää, L., Karhunen, A., Mikkola-Roos, M., Pitkänen, J., Riihimäki, J., Svensberg, M. ja Vikberg, P. 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. Suomen ympäristö 21 / 2007. Suomen ympäristökeskus Helsinki 77 s. ISBN 978-952-11-2719-9.

Puustinen et. al 2007 mukaan Mander, Ü., Matt, O. ja Nugin, U. 1991. Perspectives on vegetated shoals, ponds, and ditches as extensive outdoor systems of wastewater treatment in Estonia. In: Ecological engineering for wastewater treatment (Eds. C. Etnier & B. Guterstam). Proceedings of the International Conference held at Stensund Folk College, Sweden, March 24-28. 1991, pp. 271-282.

Rantala, S (toim), 2005. Metsäkoulu. Suomen Metsäkustannus Oy 2005. 285 s. ISBN 952-5118-69-X.

Rekolainen, S., Vuoristo, H., Kauppi, L., Bäck, S., Eerola, M., Jouttijärvi, T., Kaukoranta, E., Kenttämies, K., Mitikka, S., Pitkänen, H., Polso, A., Puustinen, M., Rautio L M., Räike, A., Räsänen, J., Santala, E., Silvo K. ja Tattari, S. 2006. Rehevöittävän kuormituksen vähentäminen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22/2006. Suomen ympäristökeskus Helsinki. ISBN952-11-2505-2.

RIL 124-1 Vesihuolto 1. Suomen rakennusinsinöörien liitto, 2003. Helsinki. 315 s.

Rissanen, J. (toim). 1999. 100 kysymystä levistä. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus 1999. 88 s. ISBN 952-11-0524-0.

Ruokojärvi, A. (toim). 2006. Lake Management and Restoration in Lakepromocountries – Joint Summary Manual. Savonia University of Applied Sciences. Kuopio 2006. 62 p. ISBN 952-203-054-6.

Salonen, S., Frisk, T., Kärmeniemi, T., Niemi, J., Pitkänen, H., Silvo, K. ja Vuoristo, H. 1992. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Vesi- ja ympäristöhallitus 1992. 139 s. ISBN 951-47-5715-7.

Salonen et al mukaan Wetzel, R.G. 1975 Limnology. W.B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto. 743 s.

Seppänen, H. 1985. Sovellettu limnologia II. Otakustantamo 1985. 224 s. ISBN 951-671-372-0.

Sillanpää, P., Bilaletdin, Ä., Kaipainen, H., Frisk, T. ja Sallantaus, T. 2006. Metsätalouden aiheuttaman kuormituksen laskentamenetelmä. Suomen ympäristö 817. Pirkanmaan ympäristökeskus 2006. 41 s. ISBN 952-11-2173-4.

Sillanpää et al. mukaan Kortelainen, P., Finér, L., Mattsson, T., Ahtiainen, M., Sallantaus, T., Kubin, E. ja Saukkonen, S. 2003. Luonnonhuuhtouma metsäisiltä valuma-alueilta. Julkaisussa: Finér, L., Laurén, A. & Karvinen, L (toim.): Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta tutkimustietoa ja työkaluja – seminaari Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2002. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. s.89-95. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886. ISBN 9514018737.

Sillanpää et al. mukaan Kenttämies ja Saukkonen 1996. Metsätalous ja vesistöt. Yhteistutkimusprojektin “Metsätalouden vesistöhaitat ja niiden torjunta” (METVE) yhteenveto. Helsinki. MMM:n julkaisuja 4/1996. ISBN 951-53-0869-0.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot, Määräykset ja ohjeet 2007. Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistoista.

Tikkanen, U. 1999. Kalkin käyttö maatalouden valumavesien käsittelyssä. Diplomityö TTKK 1999.

Tchobanoglous, G. Wastewater engineering 3rd edition. Metcalf Eddy Inc 1991. ISBN 0-07-100824-1.

Ulvi, T. ja Lakso, E (toim.). 2005. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus. Edita Publishing Oy Helsinki 2005. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.

Äijö, H. ja Tattari, S. 2000. Viljelyalueiden valumavesien hallintamalli. Suomen Ympäristö 442. ISBN 952-11-0796-0.

White, G.C., Smalls, I.C. ja Bek, P.A. 1994. Carcoar wetland – A wetland system for river nutrient removal. Water Science and Technology, Vol 29, No 4, pp 169-176.

Zacheus, O. 2003. Suurten yleisten uimarantojen valvonta ja veden laatu vuosina 1997-2002. Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2003:9. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki 2003.