

Kemijärvestä padoilla eristettyjen järvien nykytila ja kunnostusvaihtoehdot

**Kati Martinmäki, Teemu Ulvi, Seppo Hellsten,
Minna Kuoppala ja Mika Visuri**



Kemijärvestä padoilla eristettyjen järvien nykytila ja kunnostusvaihtoehdot

**Kati Martinmäki, Teemu Ulvi, Seppo Hellsten,
Minna Kuoppala ja Mika Visuri**

Rovaniemi 2006

Lapin ympäristökeskus

Suomen ympäristökeskus



LAPIN
YMPÄRISTÖKESKUS



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖ 58 | 2006

Taitto: Kyllikki Koskela
Kansikuva: Minna Kuoppala
Kuvien käsittely: Hannu Lehtomaa

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2006

ISBN 952-11-2516-0 (nid.)
ISBN 952-11-2517-9 (PDF)
ISSN 1238-7312 (pain.)
ISSN 1796-1637 (verkkokj.)

SISÄLLYS

I Lähtökohdat ja tausta	5
2 Tutkimusalueen kuvaus	6
2.1 Kostamojärvi	7
2.2 Luusuanjärvi ja Neitilän allas	9
2.3 Pöyliöjärvi ja Kuumalampi	11
2.4 Severijärvi	13
2.5 Tarvaslampi	15
3 Sivujärvien nykytila	17
3.1 Yleistä	17
3.2 Veden fysikaalis-kemiallinen laatu	18
3.2.1 Kostamojärvi	19
3.2.2 Luusuanjärvi ja Neitilän allas	24
3.2.3 Pöyliöjärvi	28
3.2.4 Severijärvi	34
3.2.5 Tarvaslampi	38
3.3 Järvien kasvillisuus	39
3.4 Järvien kalasto	42
3.5 Yhteenveto järvien nykytilasta	43
4 Järviin kohdistuva ravinnekuormitus	45
4.1 Ulkoinen kuormitus	45
4.1.1 Aineisto ja menetelmät	45
4.1.2 Sivujärviin kohdistuva ulkoinen ravinnekuormitus	51
4.2 Sisäinen kuormitus	57
4.2.1 Aineisto ja menetelmät	58
4.2.2 Arvio sisäisestä kuormituksesta	59
4.2.3 Yhteenveto järviin kohdistuvasta sisäisestä kuormituksesta	60
4.3 Arvio järvien kuormituksen sietokyvystä	61
5 Arvio järvien kunnostustarpeesta	62
6 Kunnostusvaihtoehtojen tarkastelu	65
6.1 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen	65
6.2 Hapetus	66
6.3 Ravintoketjukunnostus	71
6.4 Alusveden poistaminen	73
6.5 Lisäveden johtaminen	78
6.6 Tarvaslammen vesistöjärjestelyjen muuttaminen	86
6.7 Kevättulvan palauttaminen	87

7 Yhteenveto ja ehdotukset jatkotoimenpiteiksi	88
7.1 Järvien nykytila ja kuormitus	88
7.2 Suositukset toimenpiteiksi	89
Kirjallisuutta	94
Kuvailulehdet	97

1 Lähtökohdat ja tausta

Kemijoen vesistöön kuuluvaa Kemijärveä on säännöstelty voimatalouden ja osin myös tulvasuojelun tarpeisiin. Säännöstelyä varten valmistui järven luusuaan Seitakorvan voimalaitos vuonna 1963 ja säännöstely alkoi vuonna 1965. Säännöstelyn alussa avovesikauden keskivedenkorkeutta nostettiin kaksi metriä ja laajoja alueita padottiin ja pengerrettiin. Säännöstely on ollut voimallista. Kemijärvi on Suomen voimakkaimmin säännöstelty luonnonjärvi. Kemijärven lyhyen viipymän ja alapuolisen vesistön suuren tulvaherkkyuden vuoksi seitsemän metrin säännöstely on toteutunut täysimääräisenä miltei vuosittain.

Kemijärven vesistöalueen yhteyteen kuuluu joukko pieniä samalla tulva-alueella olleita järviä, jotka ainakin osan aikaa kevättulvan aikana olivat yhteydessä pääaltaaseen. Säännöstelyn alussa tehdyillä penkereillä järvet eristettiin pääaltaasta ja samalla saatiin maatalouskäyttöön kevättulvista vapaita peltoja (Seppänen 1962). Järvien veden säilyminen hyvälaatuisena oli kuitenkin luonnontilassa perustunut suurelta osin tulvan huuhtovaan vaikutukseen eikä oman padon taakse jääneen valuma-alueen pinta-ala pystynyt enää turvaamaan riittävää vedenvaihtuvuutta ja ylläpitämään hyvää veden laatua tilanteissa, joissa oman valuma-alueen hajakuormitus oli liian korkea.

Kemijärven kaupunki ja Kemijärven kalastusalue tekivät keväällä 1999 Lapin ympäristökeskukselle aloitteen, että se ryhtyisi tekemään vesilain 8 luvun 10b §:n mukaista selvitystä mahdollisuuksista vähentää säännöstelyn haitallisia vaikutuksia Kemijärvestä ja sen padotuissa sivujärvissä. Lapin ympäristökeskus käynnisti säännöstelyn vaikutuksia koskevan selvitystyön, ja hanke ajoittui vuosille 2000–2004. Selvitystyötä koordinoimaan perustettiin ohjausryhmä, johon kutsuttiin edustajia voimayhtiöstä, alueen viranomaisista, intressitahoista ja tutkijoista.

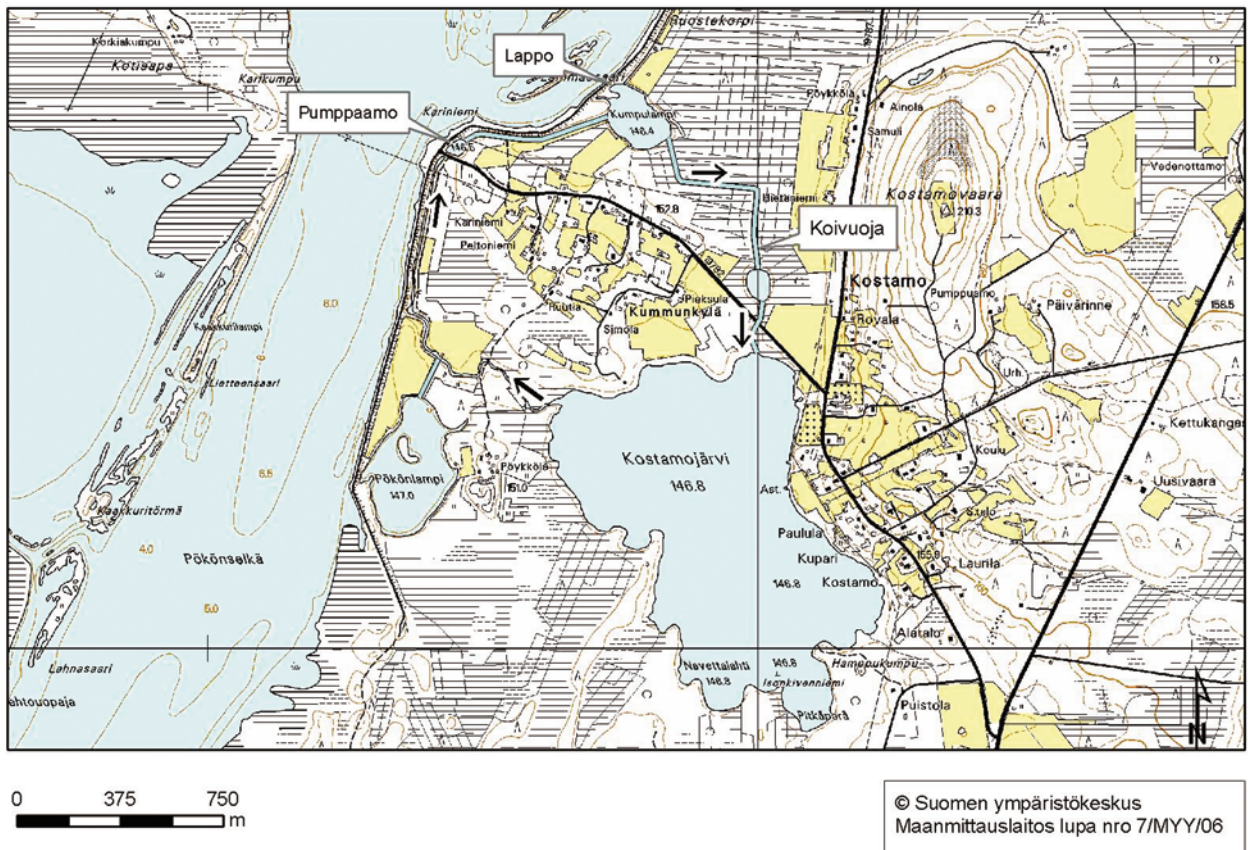
Säännöstelyn kehittämisselvitys saatiin päätökseen keväällä 2004 (Marttunen ym. 2004). Selvityksessä päädyttiin lukuisiin suosituksiin, joiden tavoitteena oli vähentää Kemijärven säännöstelyn haittoja. Kehittämisselvityksen suositus 11 oli seuraava: *”Laaditaan kunnostussuunnitelmat Kostamojärvelle, Severijärvelle, Pöyliöjärvelle ja käynnistetään niiden mukaiset työt. Selvitetään muiden mahdollisten kohteiden esim. Luusuan alueen vesistöjen, Kulpiskanlahden, Tarvaslammen ja Imposenlahden kunnostustarpeita ja -mahdollisuuksia.”*

Kehittämisselvityksen perusteella Suomen ympäristökeskus sai tehtäväkseen keväällä 2005 selvittää Kostamo-, Pöyliö-, Severi- ja Luusuan alueiden järvien sekä Tarvaslammen nykytilan ja ongelmat sekä laatia alustavan ehdotuksen tilaa parantavista toimenpiteistä.

Kostamojärvi

Kostamojärvi sijaitsee Kostamon kylässä, joka on noin 8 km Kemijärven keskustaajamasta pohjoiseen. Kostamon pengerrysalue käsittää Kemijoen rannalla sijaitsevan Kostamojärven ympäristöineen (Seppänen 1962). Alue on eristetty Kemijoesta noin 5 200 metriä pitkällä maapadolla. Luonnontilassa Kostamojärvi on ollut yhteydessä Kemijärveen siten, että sen pinnankorkeus on seurannut pienellä viiveellä Kemijärven pinnankorkeutta ja tulvien aikana vesi on huuhdellut tehokkaasti Kostamojärveä. Järven vedenpinta on ollut keskimäärin 320 vuorokauden ajan Kemijärven pinnan tasalla (Marttunen ym. 2004). Pohjois-Suomen vesioikeuden vuoden 1978 päätöksen mukaisesti Kostamon pohjoispuolelle Kemijärveen luonnontilassa laskeneen Koivuojan vedet on käännetty virtaamaan Kostamojärven pohjoisosaan (Kinnunen 1986) (kuva 2.2).

Kostamojärven valuma-alueen pinta-ala on nykyisin 14,5 km² ja järven pinta-ala noin 0,9 km². Padon taakse jääneeltä valuma-alueelta vedet pumpataan Kemijokeen. Kemijoki Oy:n (Leiviskä 2005) kirjallisten tiedonantojen perusteella Kostamojärven pumppuasemalla on kolme 120 000 l/min tuottavaa pumppua sekä yksi 30 000 l/min tuottava pumppu. Näiden lisäksi pumppaamolla on käytössä 5 000 l/min tuottava talvipumppu. Kostamojärvellä vuosina 1995–2004 pumpatun vesimäärän keskiarvo oli 9,5 milj. m³/a. Kostamojärvi on hyvin matala ja rehevöitynyt. Sen keskisyvyys on noin 1,4 m ja suurin syvyys 3 m. Kinnusen (1986) mukaan Kostamojärven tilavuus on 1,3 milj. m³. Veden teorettinen viipymä järvessä tilavuuden ja keskivirtaaman perusteella laskettuna on noin 50 d.



Kuva 2.2. Kostamojärven vesistöjärjestelyt.

Kostamojärven eristäminen ja melko voimakas hajakuormitus saivat aikaan järven välittömän rehevöitymisen jo 1980-luvun alkupuolella. Kemijärven lopputarkastuksen yhteydessä tehdyissä selvityksissä todettiin järven tilan olevan huono ja samalla esitettiin merkittäviä kunnostustoimenpiteitä tilan parantamiseksi (Kinnunen 1983a). Lopputarkastuksen seurauksena Kostamojärven keskelle on asennettu Neutroxin mikrokuplatekniikkaan perustuva ilmastin vuonna 1993. Ilmastin, jonka teoreettinen hapensiirtokyky ilmasta veteen on 70 kg/d, on toiminnassa Kemijärven kunnossapitovelvoitteen mukaisesti joulukuusta maaliskuuhun sekä kesäkuusta elokuuhun, jolloin järveen johdetaan lisävettä lapolla Kemijoesta. Lisävesiä on johdettu vuodesta 1995 alkaen kesäisin 60 päivän ajan noin 710 l/s.



Kostamojärven pohjoisosassa sekä järvenselällä (kuvan keskellä Neutrox-ilmastin) (Kuvat: Kati Martinmäki).

2.2

Luusuanjärvi ja Neitilän allas

Ennen säännöstelyn aloittamista säännöstelykanavan molemmin puolin olevat rannat on eristetty säännöstelyn vaikutusalueesta pengerryksin, joita kutsutaan Luusuan itä- ja länsirannan pengerryksiksi. Itärannalla säännöstelykanavan reunapato liittyy Tuulansaaren pohjoispäähän rakennettuun patoon. Tuulansaaresta pato jatkuu Tuulanniemeen ja edelleen Soinanlahden perukkaan. Patoamisen yhteydessä muodostuivat Luusuanjärvi ja Neitilän allas, jotka ennen olivat osa Kemijärven luusuaa. Neitikosken pato, joka on rakennettu pengerrytyn alueen eteläosaan, erottaa altaat Kemijärven säännöstelykanavasta (Seppänen 1962). Järvien vedenpinta on ennen säännöstelyä seurannut täysin Kemijärven vedenpinnan vaihtelua (Marttunen ym. 2004).

Luusuanjärven ja Neitilän altaan yhteenlaskettu pinta-ala on 160 ha ja valuma-alueen pinta-ala 12,5 km². Neitikosken padon yhteyteen on rakennettu pumppuasema, jossa on kaksi pumppua yhteisteholtaan 60 000 l/min. Vuosina 1995–2004 Neitikosken pumppuasemalta pumpatun vesimäärän keskiarvo oli 5,0 milj. m³/a (Leiviskä 2005). Luusuanjärven keskisyvyys on noin 4,5 m ja suurin syvyys 8 m. Neitilän altaan keskisyvyys on 2,8 m. Yleisesti altaat ovat hyvin matalia. Keskisyvyydellä laskettuna altaiden yhteistilavuudeksi saadaan 6,7 milj. m³. Veden viipymä järvessä on pitkä, noin 480 d. Altaiden veden vaihtumisen lisäämiseksi ei ole tehty mitään erityisjärjestelyjä.



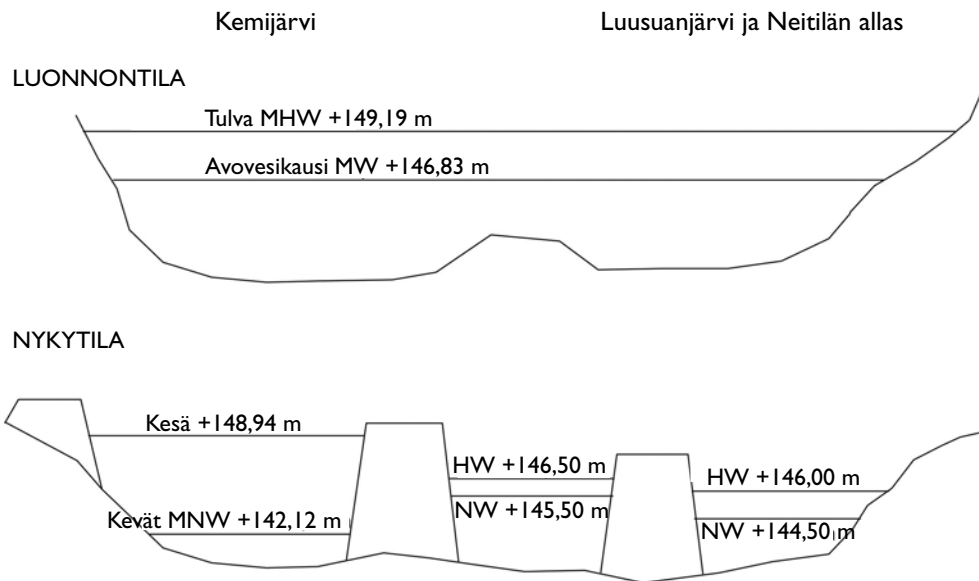
Neitikosken padon pumppuaseman purkuputket (Kuva: Seppo Hellsten).

Luusuanjärven ja Neitilän altaan vedenpinnat voidaan pitää eri korkeuksilla altain välillä olevalla padolla. Ilman patoa Luusuanjärven vedenpinta laskisi pumppauksen johdosta tarpeettoman alas ja rantoja paljastuisi (Seppänen 1962). Pohjois-Suomen vesioikeuden vuoden 1971 II vaiheen säännöstelyluvassa on määrätty seuraavasti: *”Neitikosken padolla on sen yläpuolisessa altaassa vedenpinta pidettävä suunnilleen korkeudella $N_{43} + 145,00$ m. Tulva-aikana saa vedenpinta kuitenkin nousta korkeuteen $N_{43} + 146,00$ m ja ennen kevättulvaa se saadaan laskea korkeuteen $N_{43} + 144,50$ m. Vastaavasti on Luusuansaaren padolla sen yläpuolinen vedenpinta pidettävä suunnilleen korkeudessa $N_{43} + 146,00$ m. Tulva-aikana saa vedenkorkeus nousta korkeuteen $N_{43} + 146,50$ m, ja poikkeuksellisen tulvan aikana vedenkorkeus saa ylittää korkeuden $N_{43} + 146,50$ m enintään kymmenen vuorokauden aikana edellyttäen, että pumput ovat tällöin jatkuvasti toiminnassa. Ennen kevättulvaa saa vedenpinnan laskea korkeuteen $N_{43} + 145,50$ m”*. Taulukossa 2.2 on esitetty Luusuanjärven ja Neitilän altaan vuosien 1994–2005 aikaiset minimi-, maksimi- ja keskimääräiset vedenkorkeudet (Leiviskä 2005). Luusuanjärven ja Neitilän altaan sekä Kemijärven vedenpinnan korkeuksien vaihtelu luonnontilassa ja säännöstelyn aloittamisen jälkeen on esitetty kuvassa 2.4.

Taulukko 2.2.

Luusuanjärven ja Neitilän altaan vedenkorkeustiedot tarkastelujaksolta 1.1.1994–29.6.2005 tasossa N_{43} (Leiviskä 2005).

Luusuanjärvi	Vedenkorkeus (m)	Neitilän allas	Vedenkorkeus (m)
NW	144,80	NW	144,55
MNW	145,43	MNW	144,66
MW	145,94	MW	144,95
HW	146,21	HW	145,20
MHW	146,09	MHW	145,17



Kuva 2.4. Luusuanjärven ja Neitilän altaan sekä Kemijärven vedenkorkeuksien vaihtelu luonnontilaisena ja säännöstelyn lupaehtojen mukaisena.

2.3

Pöyliöjärvi ja Kuumalampi

Pöyliöjärvi ja Kuumalampi sijaitsevat Kemijärven kaupungin keskustan välittömässä läheisyydessä ja ovat virkistyskäyttöarvoltaan Kemijärven kaupungille hyvin merkittäviä (Kinnunen 1986). Pöyliöjärvi ja siihen kuuluva Kuumalampi olivat ennen säännöstelyä yhteydessä Kemijärveen keskimäärin 95 d vuodessa (Marttunen ym. 2004). Säännöstelyn alussa nämä järvet erotettiin pääaltaasta padoilla.

Pöyliöjärven pinta-ala on noin 286 ha ja valuma-alueen pinta-ala 25,6 km². Pöyliöjärvellä on tehty hiljattain syvyyskarttoitus ja järven suurin syvyys on 11 m. Huttulan (1999) mukaan Pöyliöjärven kokonaistilavuus on 8,1 milj. m³ ja Kuumalammen tilavuus keskisyvyydellä 0,9 m on 117 000 m³. Patoamisen vuoksi Pöyliöjärvestä pumpataan vettä Kemijärveen. Pöyliönsalmessa on pumppuasema, johon on asennettu kaksi pumppua tehoiltaan 120 000 ja 30 000 l/min. Lisäksi Lossirannan viemäripumppaamon läheisyyteen on rakennettu Kuumalammen pumppaamo, jonka pumpun teho on 4 600 l/min. Kuumalammen pumppaamon avulla on pyritty lähinnä parantamaan Kuumalammen veden vaihtuvuutta, mikä parantaa lammen veden laatua (Kinnunen 1986). Vuosina 1995–2004 pumpatun vesimäärän keskiarvo oli 9,7 milj. m³/a (Leiviskä 2005). Veden viipymä Pöyliöjärvessä ja Kuumalammessa on noin 310 d, eli järven vesi vaihtuu suunnilleen kerran kymmenessä kuukaudessa.



Pöylijärven pohjoisosa (Kuva: Kati Martinmäki).

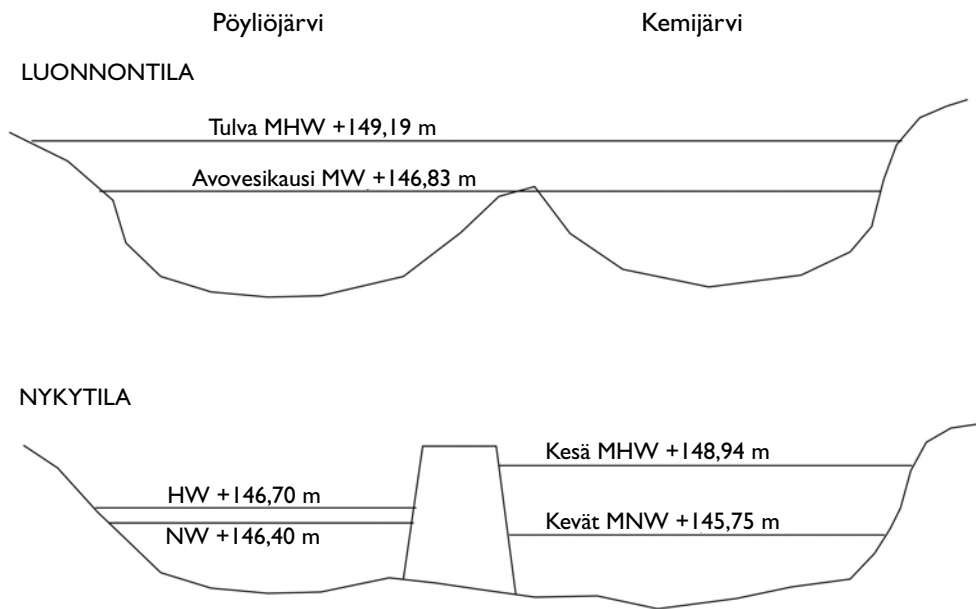
Pohjois-Suomen vesioikeuden vuoden 1971 II vaiheen säännöstelyluvassa on määrätty seuraava: ”Pöylijärven ja Kuumalammen vedenpinnat on yleensä pidettävä korkeudessa $N_{43} + 146,60$ m. Vedenkorkeus ei saa ylittää korkeutta $N_{43} + 146,70$ m muulloin kuin kevättulvakaudella, jolloin se saa enintään kymmenen vuorokauden ajaksi nousta korkeuteen $N_{43} + 147,00$ m. Vedenkorkeus ei saa alittaa korkeutta $N_{43} + 146,40$ m, paitsi milloin odotettavissa olevan tulvan estämiseksi on tarpeen, veden korkeus saa enintään 30 vrk:n aikana ennen kevättulvan alkua laskea korkeuden $N_{43} + 146,40$ m alapuolelle, ei kuitenkaan alle korkeuden $N_{43} + 145,83$ m”. Pöylijärvelle ja Kuumalammelle on laskettu tarkastelujakson aikaiset minimi-, maksimi- ja keskimääräiset vedenkorkeudet (taulukko 2.3) (Leiviskä 2005). Pöylijärven ja Kemijärven vedenpinnan korkeuksien vaihtelu luonnontilassa ja säännöstelyn aloittamisen jälkeen on esitetty kuvassa 2.5.

Kinnusen (1986) mukaan Kuumalampi on ollut selvästi rehevöitynyt 1980-luvun alkupuolella, mikä on johtunut Kuumalampeen tulevasta kuormituksesta sekä matalan lammen pohjasedimentin vaikutuksesta. Rehevöityminen on ollut havaittavissa runsaana vesikasvillisuutena. Tämän vuoksi Lapin vesipiirin vesitoimisto ja Kemijärven kaupunki ovat kunnostaneet Kuumalampea vuodesta 1985 lähtien muun muassa ruoppaamalla.

	Vedenkorkeus (m)
NW	145,97
MNW	146,08
MW	146,55
HW	146,68
MHW	146,66

Taulukko 2.3.

Pöylijärven ja Kuumalammen vedenkorkeustiedot tarkastelujaksolta 1.1.1994–29.6.2005 tasossa N_{43} (Leiviskä 2005).



Kuva 2.5. Pöyliöjärven ja Kemijärven vedenkorkeuksien vaihtelu luonnontilassa ja säännöstelyn lupaehtojen mukaisena.

2.4

Severijärvi

Luonnontilassa Severijärvi on ollut yhteydessä Kemijärveen Karjakanselan kautta ympäri vuoden. Veden virtaus Kemijärvestä on ollut erittäin voimakasta varsinkin tulva-aikoina. Severijärvestä vesi on virrannut Severijokea myöten Kemijokeen (Kinnunen 1986). Säännöstelyn alussa Luusuan länsiranta on pengerrytetty kolmella maapadolla, joista tärkein on säännöstelykanavan reunapato (Seppänen 1962). Severijärven itäosan Karjakanselästä on muodostunut ns. umpiperä, jossa veden vaihtuvuus on erittäin vähäistä. Sen sijaan luoteisen altaan veden vaihtuvuus on erittäin hyvä, koska järven oman, laajan valuma-alueen vedet tulevat pääosin sinne.

Severijärven pinta-ala on noin 2,9 km² ja valuma-alue noin 101 km². Järven suurin syvyys on 8 m, mutta muuten Severijärvi on yleisesti hyvin matala. Kiviniemen (2000a) mukaan Severijärven keskisyvyys on 1,5 m ja Karjakanselällä vettä on enimmillään noin 4 m. Karjakanselan pinta-ala on noin 0,5 km² ja valuma-alue noin 7,8 km². Keskisyvyyden perusteella Karjakanselan tilavuudeksi saadaan noin 0,8 milj. m³ ja Severijärven kokonaistilavuudeksi 4,4 milj. m³. Severijärven vesi pumpataan säännöstelykanavaan Severijoen pumppuasemalta, jossa on neljä pumppua yhteisteholtaan 480 000 l/min. Vuosien 1995–2004 pumpatun vesimäärän vuosikeskiarvo oli noin 37,7 milj. m³ (Leiviskä 2005). Severijärvessä veden viipymä on noin 42 d. Karjakanselan vesi vaihtuu selvästi muuta järveä heikommin noin kerran kolmessa kuukaudessa.

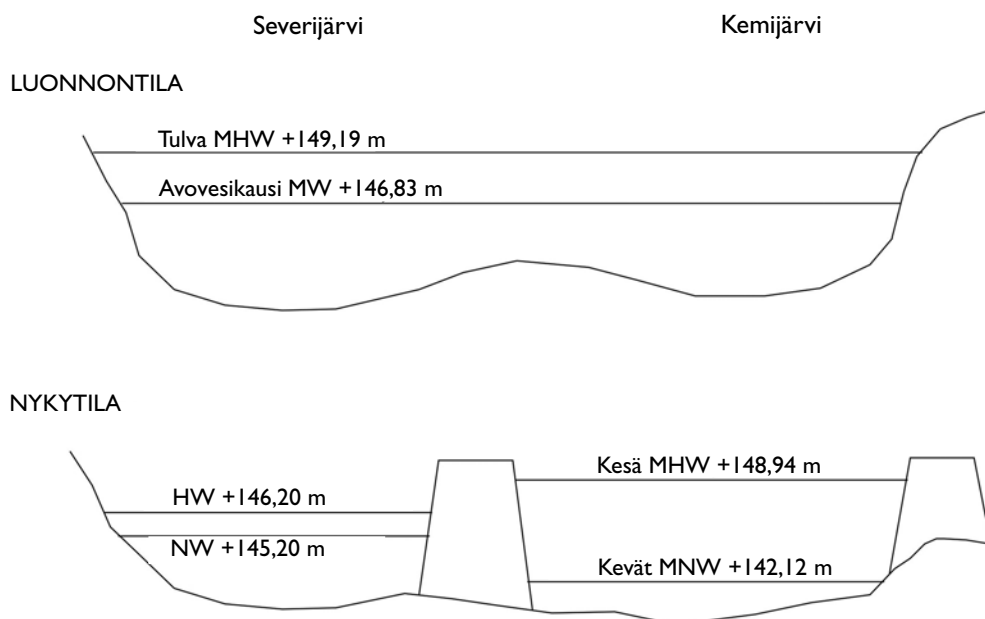
Kemijärven välisen penkereen rakentamisen jälkeen Severijärven keskivedenpinta laski 30–40 cm luonnontilaisesta korkeudestaan (Kinnunen 1986), mikä aiheutti Severijärvestä tehdyn katselmuksen (Alatalo 1977) mukaan järvestä vesikasvien lisääntymistä ja alkavaa rehevöitymistä. Pohjois-Suomen vesioikeuden vuoden 1978 lupaehdon mukaan täytyy vedenkorkeuksia säännöstellä pumppujen avulla seuraavasti: "Vedenkorkeus Severijärven asteikolla on aina vähintään tasossa $N_{43} + 145,20$ m ja että vedenkorkeus mainitulla asteikolla ei ylitä tasoa $N_{43} + 145,40$ m lukuun ottamatta

kevättulvan aikaa, jolloin keskimääräisen tulvan aikana vedenkorkeus saa nousta tasoon $N_{43} + 146,20$ m ja poikkeuksellisen tulvan sattuessa tasoon $N_{43} + 147,30$ m". Severijärvelle on laskettu minimi-, maksimi- ja keskimääräiset vedenkorkeudet ajanjaksolla 1994–2005 (taulukko 2.4) (Leiviskä 2005). Severijärven ja Kemijärven vedenpinnan korkeuksien vaihtelu luonnontilassa ja säännöstelyn aloittamisen jälkeen on esitetty kuvassa 2.6.

	Vedenkorkeus (m)
NW	144,90 m
MNW	145,14 m
MW	145,29 m
HW	146,15 m
MHW	145,56 m

Taulukko 2.4.

Severijärven vedenkorkeustiedot tarkastelujaksolta 1.1.1994–29.6.2005 tasossa N_{43} (Leiviskä 2005).



Kuva 2.6. Severijärven ja Kemijärven luonnontilaiset ja säännöstelyn lupaehtojen mukaiset vedenkorkeudet.

Kemijärven lopputarkastuksen yhteydessä todettiin erityisesti Karjakanselän tilan heikentyneen selvästi luonnontilasta ja Severijärvelle määrättiin kunnostustoimenpiteitä (Kinnunen 1983b). Severijärven syvännettä on ilmastettu vuodesta 1993 lähtien sekä kevättalvella että keskikesällä. Severijärvellä on ollut käytössä Neutroxin mikrokuplatekniikkaan perustuva ilmastin. Kemijoki Oy:n (Leiviskä 2006d) kirjallisen tiedonannon mukaan Severijärven ilmastin on vaihdettu noin viisi vuotta sitten ja nykyisin ilmastimen sijaintipaikka on Karjakanselkä. Kesäaikaista veden laatua on parannettu johtamalla järveen hapekasta ja vähäravinteista vettä 230 l/s Kemijärvestä Seitakorvan kanavasta 60 vuorokauden ajan. Lisävesien ensisijainen vaikutusalue on Karjakanselkä, jonne vesi tulee pienten oijen ja lampien kautta.



Severijärven selkä pohjoisrannalta katsottuna sekä Seitakorvan yläkanavasta Karjakanselälle vettä johtavan lappoputken suu kevään aliveden aikana (Kuvat: Kati Martinmäki ja Seppo Hellsten).

2.5

Tarvaslampi

Alkuperäisen Kotajärven pengerryssuunnitelman mukaan padon vaikutusalue olisi käsittänyt Kotajärven ja sen eteläpuolella olevan Tarvaslammen ja Karsimusjärven rantamaat (Seppänen 1962). Kotajärven pengertäminen olisi vaatinut laajoja rakenteita ja kaivutöitä veden virtauksien muuttamiseksi, sillä Kotajärvi ei olisi pinta-alaltaan riittänyt 183 km² suuruisen valuma-alueen varastoaltaaksi. Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen Tarvaslampi on eristetty Kotajärvestä maapadolla ja Karsimusjärven vedet on käännetty laskemaan Tarvaslampeen. Tarvaslammen valuma-alueen vedet pumpataan Tarvaslammen pumppuasemalta Kotajärveen pumpuilla, joiden tehot ovat 10 000 l/min ja 30 000 l/min. Tarvaslammen pumppuaseman vuosina 1995–2004 pumpatun vesimäärän vuosikeskiarvo oli noin 0,9 milj. m³ (Leiviskä 2005). Vuosikeskiarvon perusteella laskettuna veden viipymä järvessä on 45 d.



Tarvaslampi ja lammen vedenkorkeusasteikko kesäkuussa 2006 (Kuvat: Kati Martinmäki).

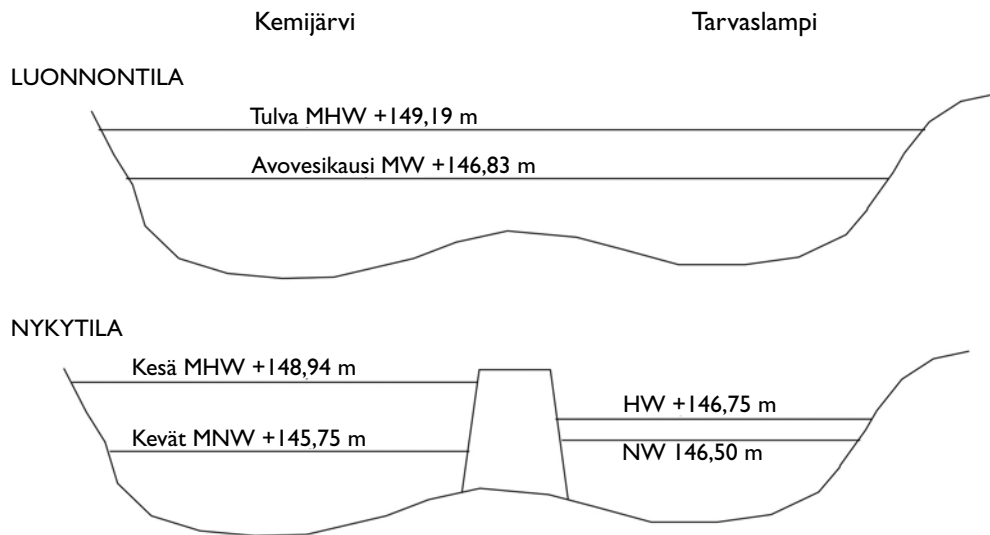
Tarvaslampi on pinta-alaltaan hyvin pieni, vain 4 hehtaaria. Järven valuma-alueen ala on 2,8 km², johon sisältyy myös Karsimusjärvi valuma-alueineen. Tarvaslammen keskisyvyys on noin 2,8 m. Keskisyvyydellä laskettuna järven tilavuudeksi saadaan noin 0,1 milj. m³.

Säännöstelyn lupaehtojen mukaisesti täytyy vedenkorkeuksia säännöstellä seuraavasti: "Tarvaslammen vedenkorkeutta ei saa laskea korkeutta $N_{43} + 146,50$ m alemmaksi eikä nostaa korkeutta $N_{43} + 146,75$ m ylemmäksi lukuun ottamatta kevättulvia, jolloin vedenkorkeus saa 10 vuorokauden aikana nousta korkeuteen $N_{43} + 147,50$ m". Tarvaslammelle on laskettu Kemijoki Oy:n (Leiviskä 2005) vuosien 1994–2005 pumppaustietojen avulla minimi-, maksimi- ja keskimääräiset vedenkorkeudet (taulukko 2.5). Tarvaslammen ja Kemijärven vedenpinnan korkeuksien vaihtelu luonnontilassa ja säännöstelyn aloittamisen jälkeen on esitetty kuvassa 2.7.

	Vedenkorkeus (m)
NW	146,10
MNW	146,49
MW	146,61
HW	146,71
MHW	146,68

Taulukko 2.5.

Tarvaslammen vedenkorkeustiedot tarkastelujaksolta 1.1.1994–29.6.2005 tasossa N_{43} (Kemijoki Oy).



Kuva 2.7. Tarvaslammen ja Kemijärven luonnontilaiset ja säännöstelyn lupaehtojen mukaiset vedenkorkeudet.

3 Sivujärvien nykytila

3.1

Yleistä

Kemijärven säännöstelyn kehittämiselvityksen yhteydessä tehtiin laajahko kysely, jossa selvitettiin käyttäjien näkemyksiä sivujärvien tilasta ja siihen liittyvistä ongelmista. Kysely kohdennettiin vuonna 2001 Kostamojärven ja Severijärven–Neitilän altaan ranta-asukkaille (Marttunen ym. 2004). Severijärven–Neitilän alueella kyselyitä postitettiin yhteensä 200 kpl (vastausprosentti 50) ja Kostamojärven alueella 118 kpl (vastausprosentti 54).

Severijärven alueella kyselyyn vastanneet olivat havainneet käyttörannallaan eniten vesikasvillisuuden lisääntymistä, rantojen pensoittumista sekä rantojen liettymistä. Yli puolet vastanneista oli havainnut myös pohjan limoittumista ja rannan umpeenkasvua. Suuri osa vastanneista koki nämä muutokset myös haitallisiksi. Enemmistö vastanneista arvioi kalakantojen tilan muuttuneen huonompaan suuntaan viimeisen kolmen vuoden aikana. Etenkin järvitaimen, kirjolohi, kuha, kuore ja siika olivat vastaajien mielestä vähentyneet. Severijärven vesistöalueen virkistyskäyttöä häitäsivät vastausten mukaan eniten vähäarvoisten kalojen suuri osuus, pyydysten likaantuminen tai repeytyminen sekä runsas vesikasvillisuus. Severijärven ja Neitilän patoamisen arvioitiin aiheuttavan eniten haittaa kalastukselle, rannalla oleilulle, veneilylle sekä vedenhankinnalle, ja patoamisen arveltiin hyödyttävän lähinnä vesivoimatuotantoa ja tulvasuojelua.

Vastanneilla oli yleisesti melko neutraali kuva Severijärven ja Neitilän vesistöjen hoidosta. Kuitenkin reilu kolmannes suhtautui hoitoon erittäin tai melko kielteisesti, ja näistä suuri osa oli alueella vakituisesti asuvia. Severijärven alueella oli tehty jonkin verran ympäristöhoidollisia toimenpiteitä. Eniten vastaajilla oli kokemuksia vähempiarvoisen kalaston poistosta, virkistys- ja ulkoilualueiden kunnostamisesta sekä ranta-alueiden siivouksesta. Eniten kyselyyn vastanneet toivoivat vedenvaihutumisen tehostamista ja ilmastusta, kalaistutusten lisäämistä sekä säännöstelyn alarajan nostoa keväisin. Vapaamuotoisissa kommentteissaan Severijärven vesistöalueen käyttäjät mainitsivat erityisesti järvien rehevöitymisen ja hitaan virtaaman aiheuttamat haitat. Myös roskakalat sekä kalojen paha maku häitäsivät, ja kalaistutuksia pidettiin huonosti onnistuneina.

Luusuanjärvien alueella vesistön virkistyskäyttäjät ovat huomanneet erityisesti rantojen kasvillisuuden lisääntyneen voimakkaasti viime vuosina ja kesällä 2005 järven ranta-asukkaat perustivat suojeluyhdistyksen edistämään järvien kunnostukseen johtavaa toimintaa. Huomattavaa on, että jo Kemijärven katselmustoimituksen yhteydessä todettiin rehevöitymisen lisääntyneen merkittävästi.

Kostamojärven virkistyskäyttöä häitäsivät eniten saaliskalojen maku- ja hajuhaitat, leväkukinnat sekä vähäarvoisten kalojen suuri osuus. Sen sijaan kannot, risut ja turvelautat, jäiden aiheuttamat vahingot sekä melu tai muu häiriö koettiin Kostamojärvellä vähäisiksi haitoiksi. Patoamisen arveltiin tuovan eniten hyötyä tulvasuojelulle ja vesivoimatuotannolle ja aiheuttavan runsaasti haittaa kotitarvekalastukselle, kalakannoille, veneilylle ja muulle vesiliikenteelle, ranta-asutukselle, matkailulle sekä vedenhankinnalle.

Vastaajien yleiskuva Kostamojärven säännöstelyn hoidosta oli enimmäkseen kielteinen, sillä noin 63 % vastanneista ilmoitti kannakseen erittäin tai melko kielteisen. Kielteisimmän suhtautuivat rantatilan tai vesialueen omistajat ja vapaa-ajan kalastajat; heistä 75–80 %:lla oli melko tai erittäin kielteinen käsitys. Kostamojärvellä oli eri hoitotoimenpiteistä melko vähän kokemusta. Vähempiarvoista kalastoa oli kuitenkin

poistettu sekä tulva-alueita suojattu. Vastaajat toivoivat hoitotoimenpiteiksi erityisesti vedenvaihtumisen tehostamista ja ilmastusta sekä rantakasvillisuuden vähentämistä ruoppaamalla. Vapaamuotoisissa kommentteissa tuli erityisesti esille Kostamojärven käyttäjien toivomus järven ruoppauksesta. Veden vaihtumisen tehostamista, jätevesiviemärintiä ja puhdistamoja ehdotettiin myös paljon. Järven paha haju ja kalojen makuhaitat olivat monien mielestä pahimpia haittoja, jotka poistamalla järven virkistyskäyttömahdollisuudet (kalastus ja uiminen) paranisivat huomattavasti.

3.2

Veden fysikaalis-kemiallinen laatu

Kemijärven sivujärvistä on saatavilla melko paljon aikaisempia tutkimustuloksia. Sivujärvien veden laatua on seurattu sekä erillisten selvitysten että Kemijoen yhteistarkkailuun liittyen jo usean vuoden ajan. Osa tästä hyvin hajanaisesta veden laatuaineistosta on koottu ympäristöhallinnon tietojärjestelmä Herttaan, jonka tietoja on tässä työssä täydennetty useiden olemassa olevien raporttien ja selvitysten perusteella. Kerätyn aineiston pohjalta on tehty yhteenveto sivujärvien veden laadun kehittymisestä. Sivujärvistä ei ole saatavilla veden laatuaineistoja ajalta ennen säännöstelyä, joten vertailua luonnontilan ja nykytilan välillä ei ole voitu tehdä.

Pääsääntöisesti tässä työssä on tarkasteltu järvien veden laadun kehittymistä vuosien 1995–2004 välisenä aikana, jolloin järvien vesinäytteistä on tehty perusanalyysit ainakin kaksi kertaa vuodessa (kevättalvi ja keskikesä). Veden laadun arvioinnin luotettavuuden parantamiseksi on huomioitu myös aikaisemmat olemassa olevat veden laatutulokset 1980-luvun alulta. Tarvaslampi on suljetuista järvistä ainoa, jonka veden laatua ei ole aikaisemmin seurattu. Tähän hankkeeseen liittyen Lapin ympäristökeskus on järjestänyt vesinäytteenoton Tarvaslammelta kaksi kertaa kesän 2005 aikana. Lisäksi Luusuanjärvellä ja Neitilän altaalla, Severijärven Karjakanselällä sekä Tarvaslammella on tehty tarkentavia happimittauksia kevättalven 2005 aikana. Kemijoen vesistötarkkailussa mukana olleiden sivujärvien ja Tarvaslammen näytteenottopisteet on merkitty kuvaan 2.1 (sivu 6).

Sivujärvien veden laadun arvioinnissa on käytetty seuraavia parametreja:

- happipitoisuus
- väri
- fosforipitoisuus
- typpipitoisuus
- a-klorofylli.

Veden laadun arvioinnissa on käytetty yleensä pintavedestä (syvyys 1 m) otettujen näytteiden tuloksia. Talviaikaisen happipitoisuuden seuraamiseksi on tarkasteltu pohjanläheisestä vesikerroksesta otettujen näytteiden tuloksia. Koska osa järvistä on hyvin matalia ja näytteenottoa ei ole aina ulotettu alusveteen saakka, on happitilanteen tarkastelussa käytetty myös pintavedestä otettujen näytteiden tuloksia. Veden laadun kuvaamisessa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen ja alueellisten ympäristökeskusten laatimaa vesien yleistä käyttökelpoisuusluokitusta (taulukko 3.1).

Taulukko 3.1.

Käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat eri parametreille (Suomen ympäristökeskus 2005b).

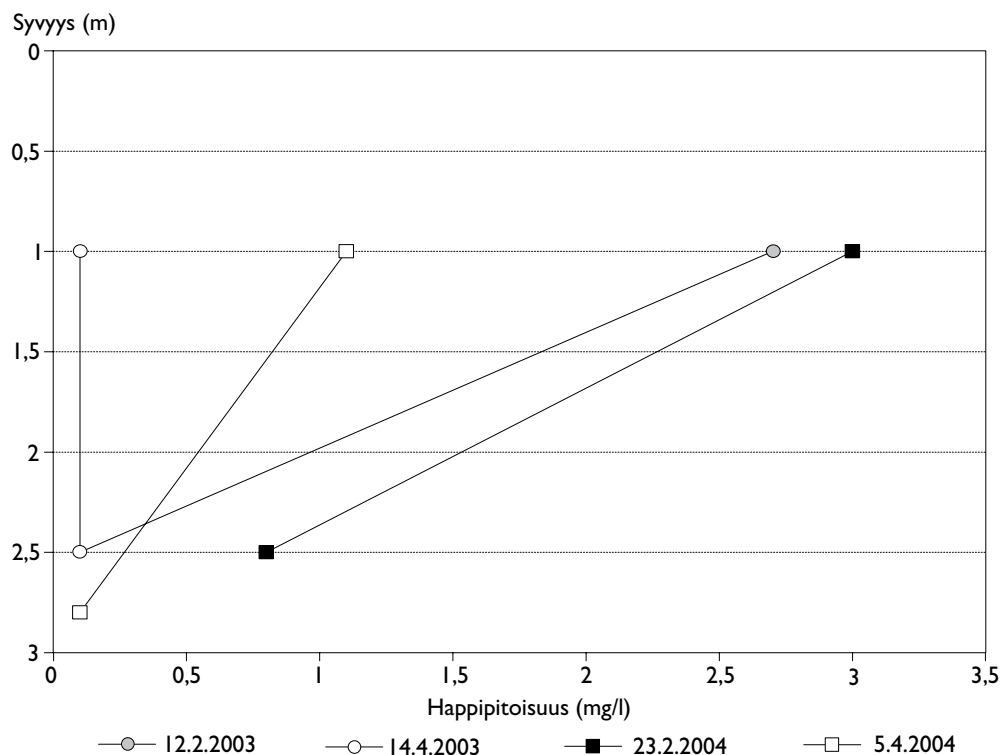
	I Erinomainen	II Hyvä	III Tyydyttävä	IV Välttävä	V Huono
Alusveden hapettomuus	ei	ei	satunnaista	esiintyy	yleistä
Väriluku (mg Pt/l)	<50	50–100	<150	>150	
Kokonaisfosfori (µg/l)	<12	<30	<50	50–100	>100
Klorofylli-a (µg/l)	<4	<10	<20	20–50	>50

3.2.1

Kostamojärvi

Happipitoisuus

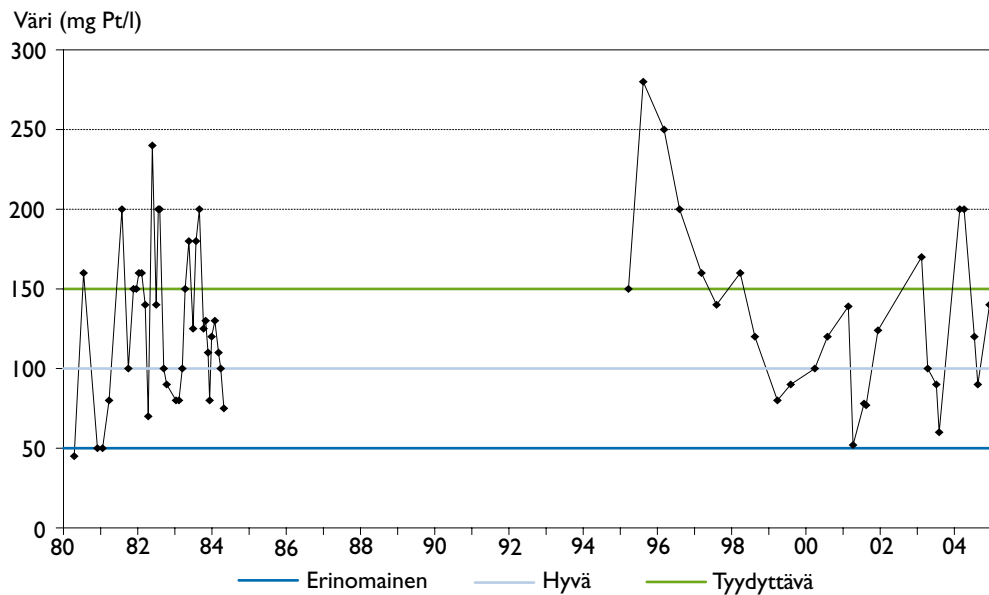
Kinnusen (1983a) selvityksestä käy ilmi, että Kostamojärven alusvesi on ollut 1980-luvun alussa loppupalvisin poikkeuksetta vähähappista tai kokonaan hapetonta, ja järven sisäinen fosforikuormitus on ollut merkittävää. Talviaikaisen happitilanteen parantamiseksi Kostamojärvelle on asennettu ilmastin vuonna 1993. Hapetuksen aloittamisen jälkeen Kostamojärven pintaveden happitilanteen kehittymistä on seurattu useana vuonna (Kiviniemi 2000a). Tulosten mukaan pintaveden kevättalvinen happitilanne on ilmastushoidon aloittamisen jälkeen hieman parantunut. Kuitenkin vuosien 2003 ja 2004 Kemijoen vesistötarkkailun seurantatulosten perusteella (PSV - Maa ja Vesi 2004; 2005) Kostamojärven kevättalven happipitoisuudet ovat alentuneet selvästi koko vesipatsaassa ja alusvesi on ollut lähes hapetonta (kuva 3.1). Matala Kostamojärvi ei kerrostu lämpötilan suhteen kesäisin ja happipitoisuudet säilyvät hyvänä koko vesipatsaassa.



Kuva 3.1. Kostamojärven kevättalviset happipitoisuudet Kemijoen vesistön seurantatarkkailun vuosien 2003 ja 2004 näytteenottokerroilla.

Väri

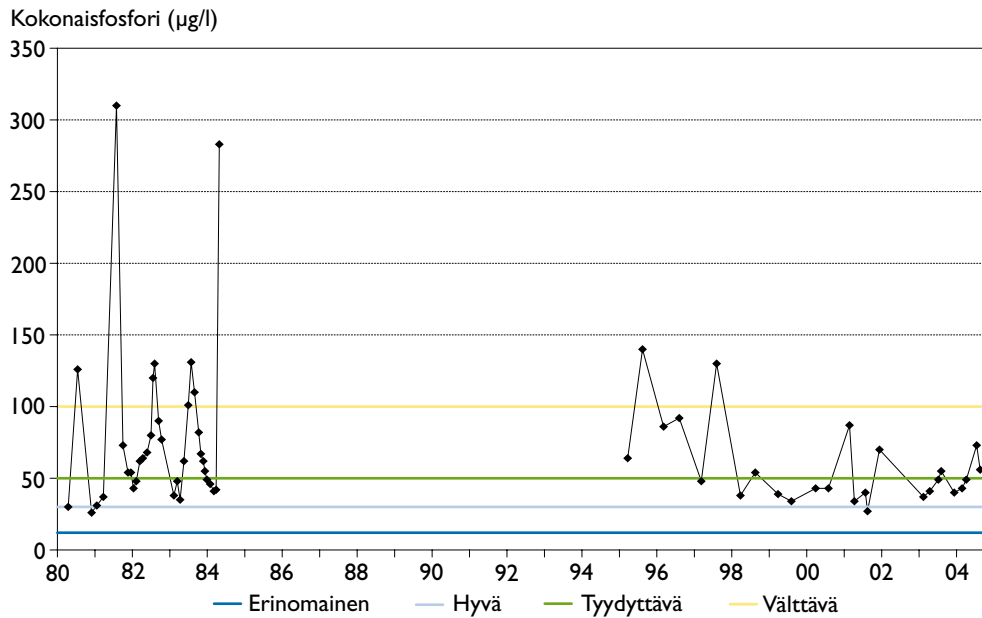
Kostamojärvestä vuosina 1980–2004 otettujen näytteiden keskimääräinen väriarvo on ollut 130 mg Pt/l (kuva 3.2), jonka perusteella järvi kuuluu vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksen mukaan luokkaan tyydyttävä. Ajoittain Kostamojärven veden väriarvot ovat olleet käyttökelpoisuudeltaan välttäviä, yli 150 mg Pt/l. Alusveden huonon happitilanteen vuoksi pohjasedimentistä vapautuu rautaa, joka näkyy viime vuosina kevättalven näytteenottokertojen kohonneina väriarvoina.



Kuva 3.2. Pintaveden (1 m) väriluvun kehitys Kostamojärvellä vuosina 1980–1985 ja 1995–2004. Vesistöjen yleisen luokituksen luokkarajat on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Kokonaisfosforipitoisuus

Kostamojärven kasvukauden kokonaisfosforipitoisuudet ovat 1980-luvun alussa olleet korkeita, yli 100 µg/l. Kinnusen (1983a) mukaan korkeat fosforipitoisuudet ovat seurausta järven voimakkaasta sisäisestä kuormituksesta, mutta osaltaan myös järveen kohdistuvasta ulkoisesta kuormituksesta. Vuosina 1995–2004 kokonaisfosforipitoisuuksissa voidaan havaita lievä laskeva trendi, mutta edelleen varsinkin kesäkuukausina fosforipitoisuudet ovat olleet korkeita, yli 50 µg/l (kuva 3.3). Kesäaikaan mitatut korkeammat kokonaisfosforin pitoisuudet kuvastavat pohjasta resuspendoituneen aineksen ja veden planktonlevästön suurta määrää. Myös tuulet ja särkikalojen bioturbaatio voivat siirtää sedimentin fosforia veteen (Kiviniemi 2000a). Vuosien 1995–2004 keskimääräisen fosforipitoisuuden (58 µg/l) perusteella Kostamojärvi voidaan luokitella käyttökelpoisuudeltaan luokkaan välttävä.



Kuva 3.3. Pintaveden (1 m) kokonaisfosforipitoisuuden kehitys Kostamojärvellä vuosina 1980–1985 ja 1995–2004. Käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

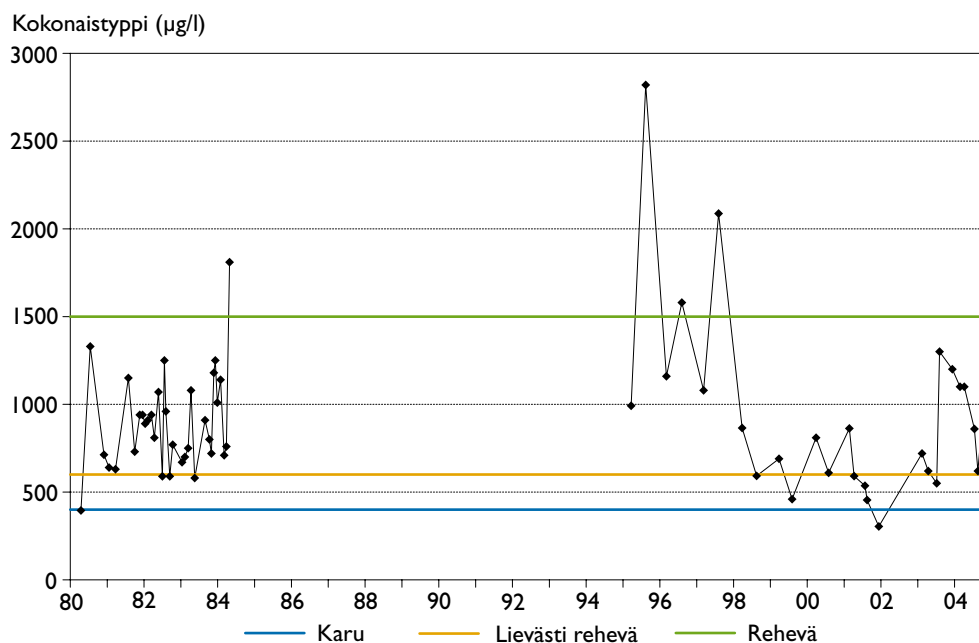
Kokonaistyyppipitoisuus

Kostamojärven vuosina 1995–2004 mitattujen näytteiden tyyppipitoisuuden keskiarvo on noin 960 µg/l (kuva 3.4), jonka perusteella järvi voidaan luokitella reheväksi (taulukko 3.2). Järven tyyppipitoisuudet eivät ole laskeneet 1980-luvun pitoisuuksista vaan ovat edelleenkin hyvin korkeita. Kesällä 2003 korkeat tyyppipitoisuudet olivat seurausta huomattavista sinileväkukinnoista (PSV-Maa ja Vesi 2005).

Taulukko 3.2.

Eri rehevyydystason vesistöille tyypilliset tyyppipitoisuudet (Nordforsk 1980).

Rehevyyssluokka	N (µg/l)
Karu (oligotrofinen)	<400
Lievästi rehevä (mesotrofinen)	400–600
Rehevä (eutrofinen)	600–1 500
Ylirehevä (hypertrofinen)	>1 500



Kuva 3.4. Pintaveden (1 m) kokonaistyyppipitoisuuden kehitys Kostamojärvellä vuosina 1980–1985 ja 1995–2004. Eri rehevyydstason vesistöille tyypilliset tyyppipitoisuusrajat (Nordforsk 1980) on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Järven ravinnerajoittuneisuus

Perustuotantoa säätelee ravinnepitoisuuksien lisäksi niiden määräsuhteet. Pääravin- teiden, eli typen ja fosforin, määräsuhteille on kirjallisuudessa (Forsberg ym. 1978) esitetty raja-arvoja (taulukko 3.3).

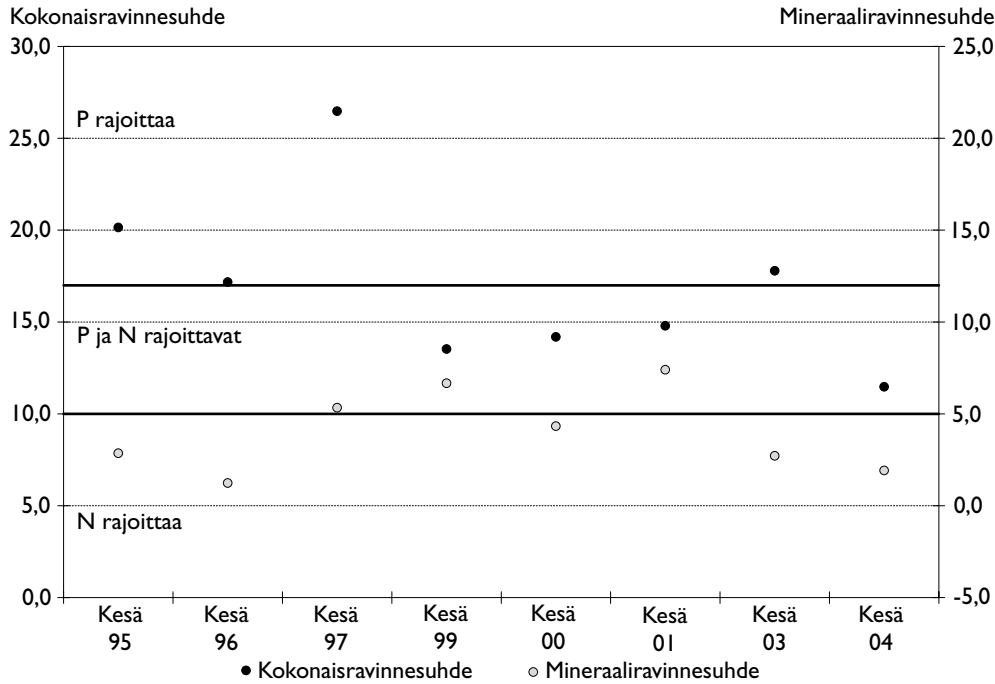
Taulukko 3.3.

Minimiravennesuhteiden raja-arvot (Forsberg ym. 1978)

Minimi- ravinne	Mineraaliravinne- suhde (NO ₂₃ -N+NH ₄ -N)/PO ₄ -P	Kokonaisravennesuhde kokN/kokP	Ravinteiden tasapainosuhte (kokN/kokP)/ ((NO ₂₃ -N+NH ₄ -N)/PO ₄ -P)
P	>12	>17	<1
P ja/tai N	5–10	10–17	
N	<5	<10	>1

Kuvassa 3.5 on esitetty Kostamojärven minimiravinnetarkastelu kokonaisravinteiden ja mineraaliravinteiden määräsuhteilla kesäkuukausien (heinä- ja elokuu) pitoisuuksien keskiarvona. Joiltakin kesiltä arviointi perustuu vain yhteen näytteen- ottokertaan. Nykyisin luotettavimpana ravinnerajoitteisuuden arviointiperustana pidetään mineraaliravennesuhdetta, vaikka se vaihtelee usein samassa vesistössä eri ajankohtina. Erityisesti rehevissä vesissä ravinnepitoisuudet ja -suhteet voivat vaihdella huomattavasti vuoden aikana (Pietiläinen ja Räike 1999).

Kostamojärven mineraaliravennesuhteiden perusteella perustuotantoa rajoittava pääravinne on kesinä 2003 ja 2004 ollut typpi (kuva 3.5). Kyseisinä vuosina sinilevä- kukinnat ovat olleet Kostamojärvellä voimakkaita (PSV-Maa ja Vesi 2005). Joinakin kesinä minimiravinne on vaihdellut kesän aikana, jolloin järvi on ollut yhteisrajoit- teinen. Myös kokonaisravennesuhteen perusteella järvi on ollut useimpina kesinä yhteisrajoitteinen. Ravinteiden tasapainosuhteen perusteella Kostamojärvi on ollut kesäisin typpirajoitteinen.

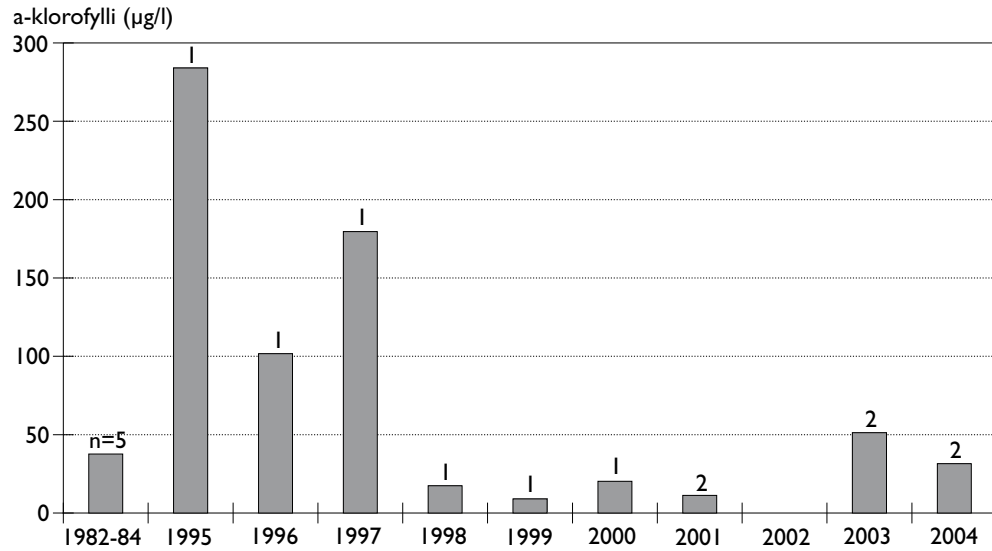


Kuva 3.5. Kostamojärven minimiravinnetarkastelu kokonais- ja mineraaliravinteiden määräsuhteilla. Ravinnesuhteiden raja-arvot (taulukko 3.3) on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Klorofylli-a

Kasviplanktonbiomassaa kuvastava a-klorofyllipitoisuus on altis kesän sääolojen aiheuttamalle vaihtelulle, minkä vuoksi määrittämiä tulisi tehdä kesän aikana useita, vähintään kolme (kesä-, heinä- ja elokuu) (Tanskanen 2005). 1980-luvun alusta lähtien Kostamojärven a-klorofyllipitoisuutta on pääasiassa seurattu ainoastaan yhdellä näytteenotokerralla kesässä, eikä sen perusteella voida tehdä luotettavaa arviointia järven tilasta.

Kostamojärvi on a-klorofyllipitoisuuksien perusteella rehevä. Varsinkin 1990-luvun puolenvälin jälkeen tuotantokauden a-klorofyllipitoisuudet ($n=1$) ovat olleet hypertrofiaa eli ylirehevyyttä osoittavalla tasolla (Kiviniemi 2000a). Tämän jälkeen pitoisuudet ovat laskeneet selvästi. 2000-luvulla mitattujen a-klorofyllipitoisuuksien keskiarvo on Kostamojärvellä ollut noin $30 \mu\text{g}/\text{l}$ (kuva 3.6). Kostamojärvi on kuulunut kasviplanktonitarkkailuun vuosina 2001–2004. Tulosten mukaan sinilevien esiintyminen on ollut vuosina 2001 ja 2002 vähäistä, mutta vuosina 2003 ja 2004 sinileviä on havaittu runsaasti (PSV-Maa ja Vesi 2005).



Kuva 3.6. Eri tuotantokausien pintaveden (0–2 m) a-klorofyllipitoisuuksien keskimääräinen taso. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärä.

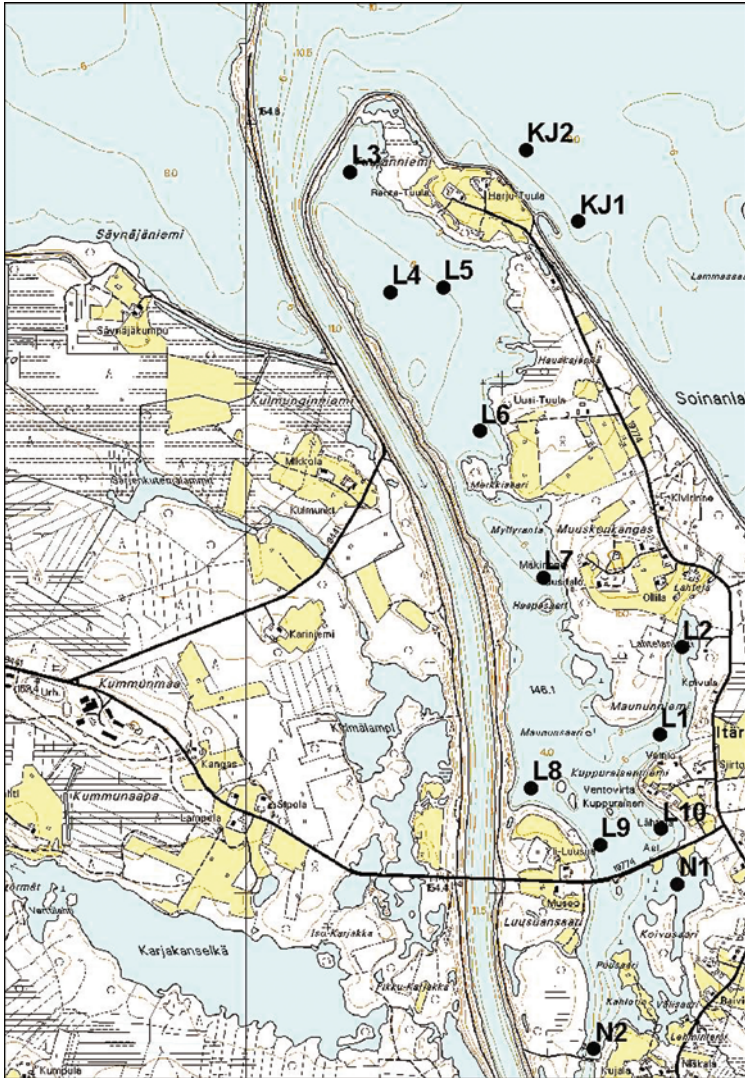
3.2.2

Luusuanjärvi ja Neitilän allas

Happipitoisuus

Luusuanjärvellä ja Neitilän altaalla on tehty tarkennettu happikartoitus kevättalvella 2005 (kuva 3.7). Luusuanjärven mittaustulosten perusteella pintaveden happipitoisuudet ovat olleet hyviä, mutta pohjanläheisen vesikerroksen happitilanne on ollut useimmissa näytteenottopisteissä heikko. Neitilän altaalla pintaveden happitilanne on kevättalvella 2005 ollut hieman Luusuanjärveä heikompi, mutta alusveden happitilanne on kuitenkin säilynyt hyvänä.

Syvänteen (näytteenottopiste L4) alusvesi on ollut täysin hapetonta kevättalvella 2005. Aikaisempina vuosina näytteenottoa ei ole ulotettu alusveteen asti, joten pohjanläheisen vesikerroksen happitilanteesta ei ole tarkkaa tietoa. Vuosina 2003 ja 2004 happitilanne on selvästi heikentynyt jo 4 metrin syvyydeltä otetussa näytteessä ja siten voidaan olettaa, että happipitoisuus lähellä pohjaa on sitäkin huonompi. Alusveden alentunut happipitoisuus johtunee osittain altaiden heikosta veden vaihtuvuudesta. Vaikka sedimentin pintakerroksen happitilanne on heikentynyt keväällä, ei veteen kuitenkaan ole liuennut huomattavia määriä ravinteita (PSV-Maa ja Vesi 2005). Avovesiaikaiset happipitoisuudet ovat olleet erittäin hyviä.



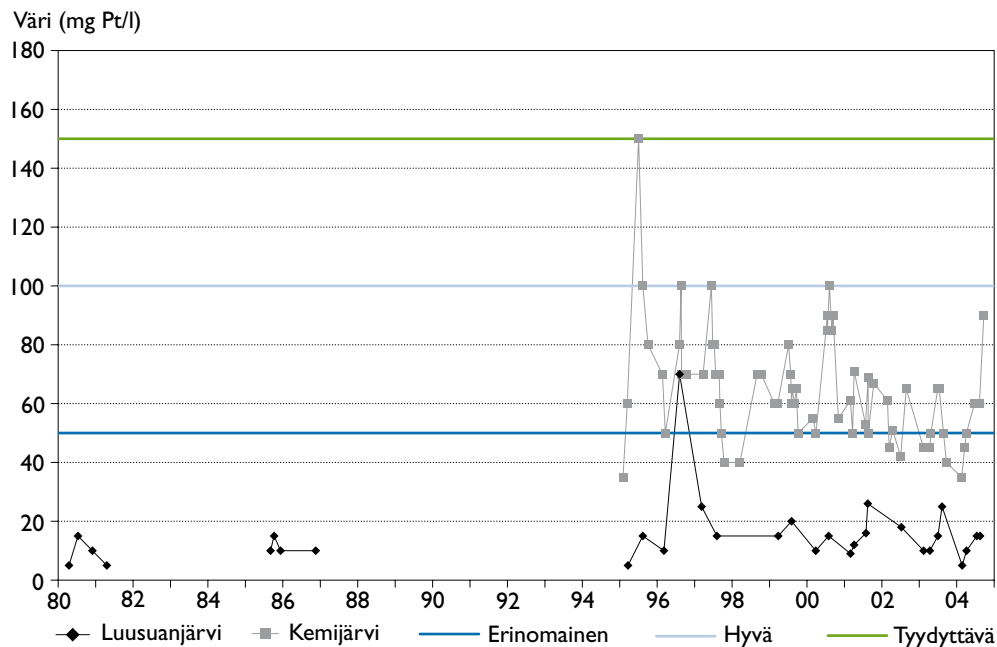
Kuva 3.7. Luusuanjärven ja Neitilän altaan huhtikuun 2005 happi-
mittauksien näytteenottoaikat ja mittaustulokset.

Piste	Syvyys (m)	Happi (mg/l)
KJ1	0,8	12,9
KJ2	1	10,1
	1,4	9,8
L1	1	9,2
	2	4,1
	2,8	1,9
L2	1	7,3
	2	2,4
L3	1	9,7
	1,7	7,6
L4	1	10,7
	3	3,2
	5	1,1
	6	0,1
	6,5	0
L5	1	10,8
	2,8	2,7
L6	1	12,1
	1,6	10,8
L7	1	8,9
	2	6,3
	3,1	2,2
L8	1	7,6
	2	2,2
	2,8	0,3
L9	1	8,4
	3	1,5
	4	0,5
	4,5	0
L10	1	7,5
	2	4,2
	3	1,3
	3,3	1,1
N1	1	5,5
	1,3	3,3
N2	1	6,1
	2	5,3
	2,8	5
N3	1	5,7
	1,5	5,4
N4	1	6
	2	5,4
	2,3	5,3

Väri

Luusuanjärven veden väriarvot ovat olleet varsin matalia 1980-luvun alusta lähtien. Veden vuotuiset keskimääräiset väriarvot ovat vuotta 1997 lukuun ottamatta olleet koko ajan alle 20 mg Pt/l (kuva 3.8). Luusuanjärven alhainen väriarvo johtuu vähäisestä humuksen määrästä ja alhaisista rautapitoisuuksista (PSV-Maa ja Vesi 2005). Luonnontilassa Kemijärven luusuasta mitatut veden väriarvot ovat vaihdelleet välillä 40–60 mg Pt/l (Viitasaari & Seppänen 1967). Vuosien 1995–2004 aikana Kemijärven pääaltaasta otettujen näytteiden keskimääräinen värin arvo on ollut noin 65 mg Pt/l. Keskimääräisen väriarvon perusteella Luusuanjärvi voidaan luokitella käyttökelpoisuudeltaan erinomaiseksi. Toisaalta veden kirkas väri voi luoda erinomaiset edellytykset vesikasvillisuuden runsastumiselle.

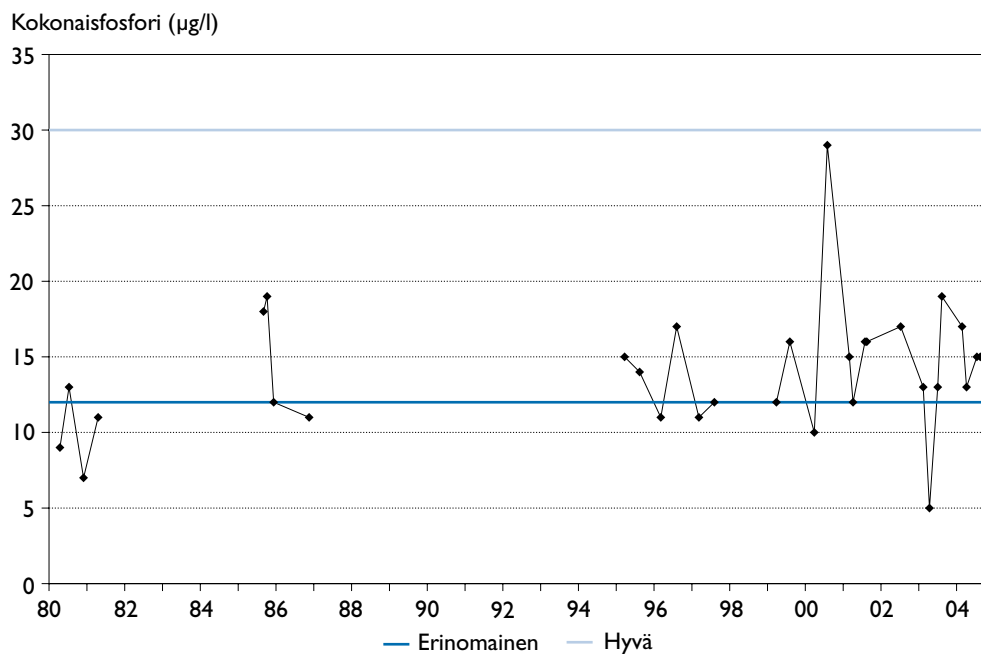
Kuva 3.8. Pintaveden (1 m) väriluvun kehitys Luusuanjärvellä vuosina 1980–1986 ja 1995–2004 sekä Kemijärvellä vuosina 1995–2004. Käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.



Kokonaisfosforipitoisuus

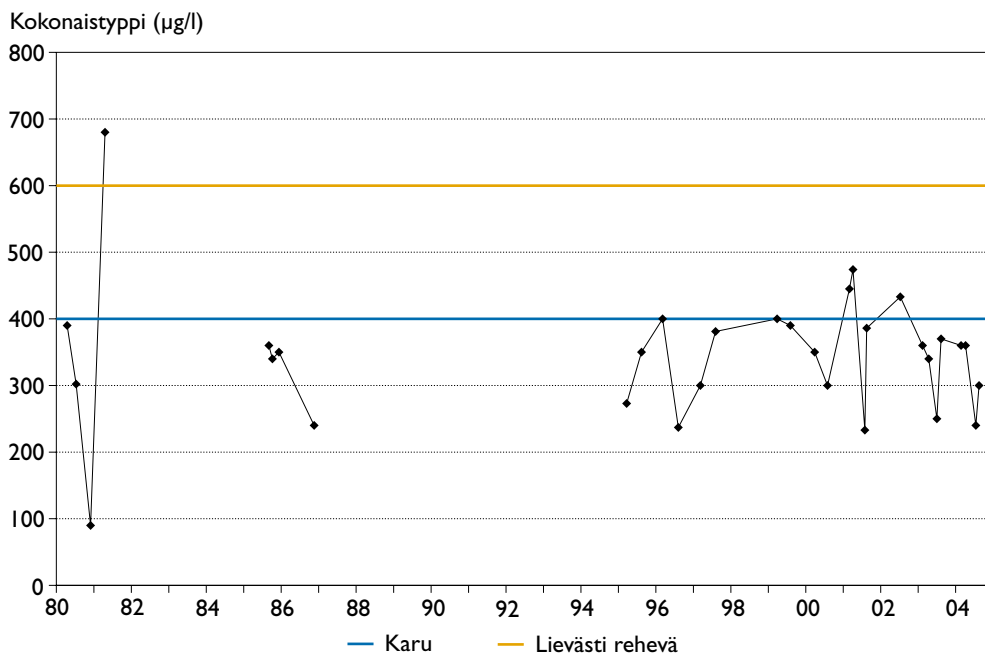
1980-luvun alussa Luusuanjärvi ja Neitilän allas ovat olleet rehevyydeltään lähes karuja ja kasvukauden aikainen kokonaisfosforipitoisuus on ollut luokkaa 17 $\mu\text{g/l}$ (Kinnunen 1986). Luusuanjärven kokonaisfosforipitoisuudet ovat edelleenkin vuosina 1995–2004 olleet alhaisia verrattuina muihin padottuihin järviin. Luusuanjärven kokonaisfosforipitoisuuksissa on havaittavissa kesäaikainen nousu, joka voi osaltaan kuvastaa lievää rehevöitymistä. Kokonaisfosforipitoisuuden keskimääräinen arvo on vuosina 1995–2004 ollut 15 $\mu\text{g/l}$, jonka perusteella järvi voidaan luokitella käyttökelpoisuudeltaan hyväksi (kuva 3.9).

Kuva 3.9. Pintaveden (1 m) kokonaisfosforipitoisuuden kehitys Luusuanjärvellä vuosina 1980–1986 ja 1995–2004. Käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.



Kokonaistyyppipitoisuus

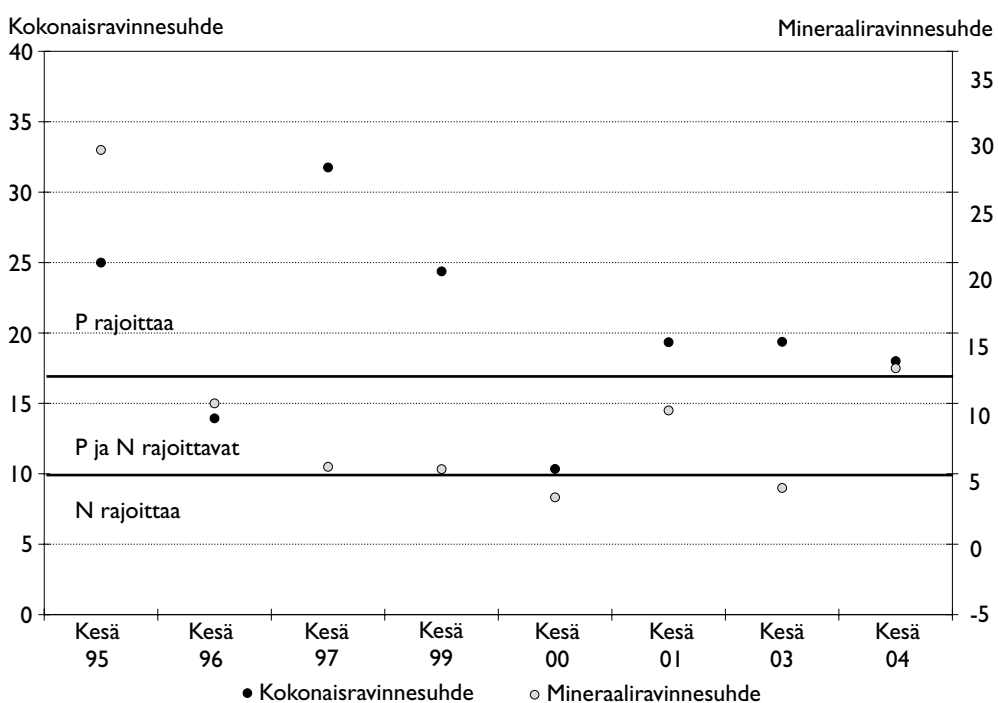
Luusuanjärven näytteiden kokonaistyyppipitoisuudet ovat olleet hyvin alhaisia. Vuosien 1995–2004 tyyppipitoisuuden keskimääräinen arvo on ollut 345 µg/l, jonka perusteella järvi voidaan luokitella karuksi (kuva 3.10).



Kuva 3.10. Pintaveden (1 m) kokonaistyyppipitoisuuden kehitys Luusuanjärvellä vuosina 1980–1985 ja 1995–2004. Eri rehevyystason vesistöille tyypilliset tyyppipitoisuusrajat (Nordforsk 1980) on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Järven ravinnerajoittuneisuus

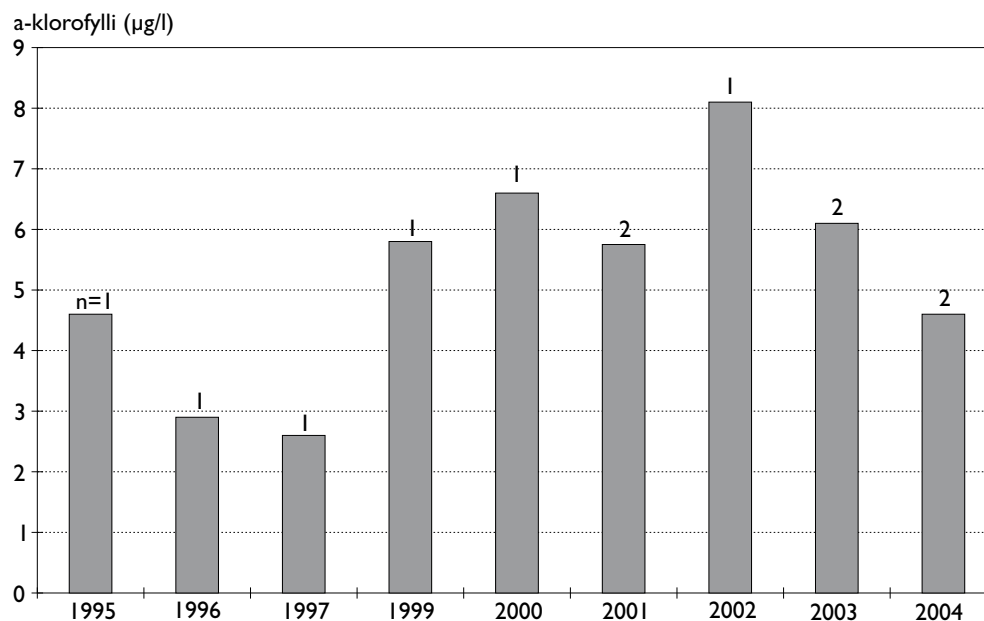
Minimiravinnetarkastelun perusteella Luusuanjärveä ei voida selvästi määrittellä joko typpi- tai fosforirajoitteiseksi (kuva 3.11). Vuosien 1995–1999 minimiravinteiden arviointi perustuu yhteen näytteenotokertaan. Koska ravinnesuhteet voivat vaihdella paljon saman tuotantokauden aikana, ei tehty arvio ole kovin luotettava. Vuosina 2000 ja 2003 tuotantoa rajoittava pääraavinne olisi mineraaliravinteiden perusteella typpi. Muina kesinä järvi on ollut mineraaliravintesuhteen perusteella joko yhteis- tai fosforirajoitteinen. Kokonaisravintesuhte kuvastaa Luusuanjärven olevan fosforirajoitteinen.



Kuva 3.11. Luusuanjärven minimiravinnetarkastelu kokonaisravinteiden ja mineraaliravinteiden määrisuhteilla. Ravinnesuhteiden raja-arvot (katso taulukko 3.3) on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Klorofylli-a

Luusuanjärvellä levätuotannon määrää kuvastavat a-klorofyllipitoisuudet ovat olleet tuotantokausina 1995–2004 alle 10 µg/l eli lievästi rehevien vesien tasoa (kuva 3.12). Luusuanjärvellä ei ole havaittu leväkukintoja.



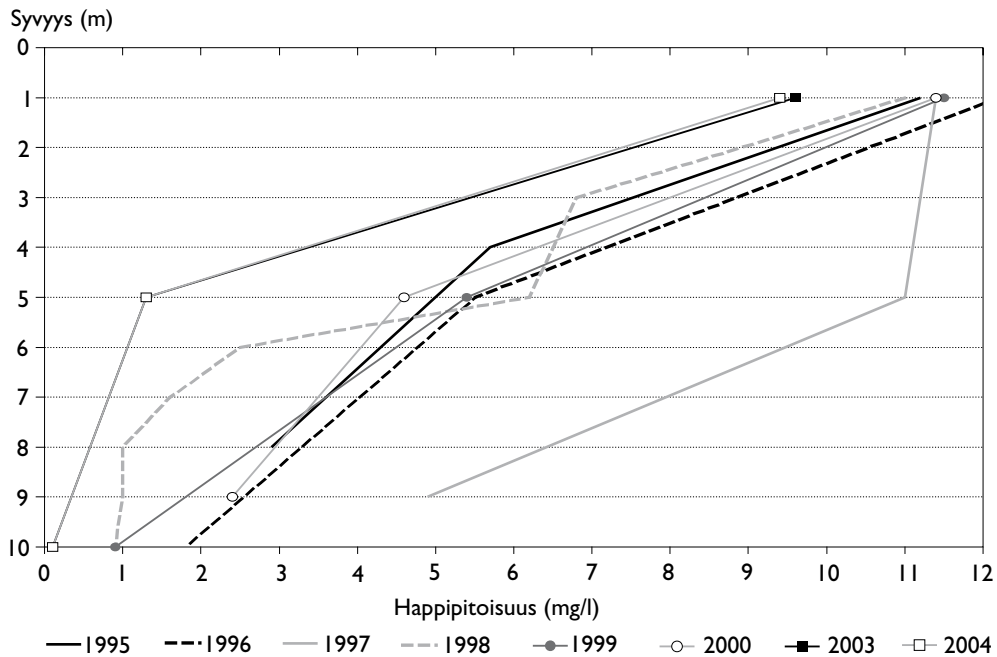
Kuva 3.12. Eri tuotantokausien pintaveden (0–2 m) a-klorofyllipitoisuuksien keskimääräinen taso. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärä.

3.2.3

Pöyliöjärvi

Happipitoisuus

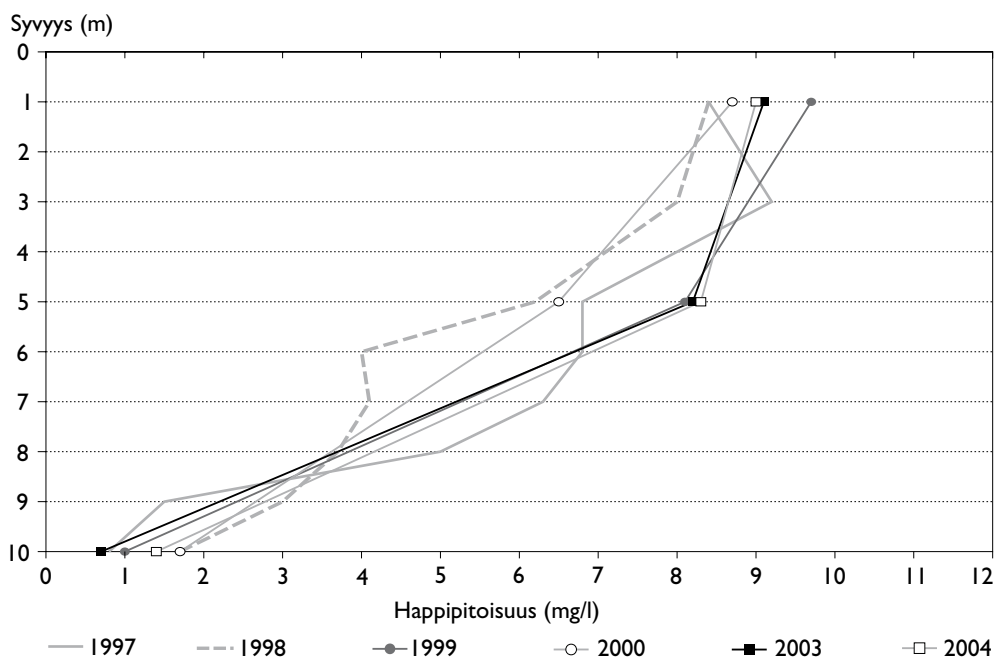
Pöyliöjärven syvänteen alusvesi on kevättalvisin vuosina 1981–1985 muuttunut poikkeuksetta lähes hapettomaksi. Pöyliöjärven pohjasedimentti ei ole kuitenkaan vapauttanut merkittävässä määrin fosforia, vaikka happitilanne on talvisin ollut huono (Kinnunen 1986). Edelleen vuosina 1995–2004 Pöyliöjärven alusvesi on maaliskuun näytteenotokerralla ollut joko vähähappista tai täysin hapetonta (kuva 3.13). Useana kevättalvena happipitoisuudet ovat alentuneet jo 5 m:n syvyydestä otetuissa näytteissä. Varsinkin vuosina 2003 ja 2004 väliveden happitilanne on ollut todella heikko. Koska syvänteen on pienialainen, voidaan hapettomuutta pitää aivan luonnollisena ilmiönä (Huttula 1999).



Kuva 3.13. Pöyliöjärven maaliskuun lopun happipitoisuudet Kemijoen vesistö tarkkailun vuosien 1995–2004 näytteenotto kerroilla.

Pöyliöjärven syväne on ollut kerrostunut lämpötilan suhteen lähes joka kesä vuosina 1995–2004, ja myös alusveden happitilanne on tällöin ollut heikko (kuva 3.14). Pöyliöjärven kerrostuneisuusajat jäävät usein lyhyiksi. Esimerkiksi vuonna 2003 syväne oli heinäkuun näytteenottokerralla kerrostunut ja alusveden happitilanne heikko. Kuitenkin elokuun näytteenottokerralla vesi oli tasalämpöistä ja happipitoisuudet hyviä koko vesipatsaassa. Pöyliöjärven ei pääse helposti muodostumaan pysyvää lämpötilakerrostuneisuutta, koska syväne on pienialainen koko järven pinta-alaan nähden ja vesi sekoittuu avovesiaikana helposti tuulen vaikutuksesta (Huttula 1999).

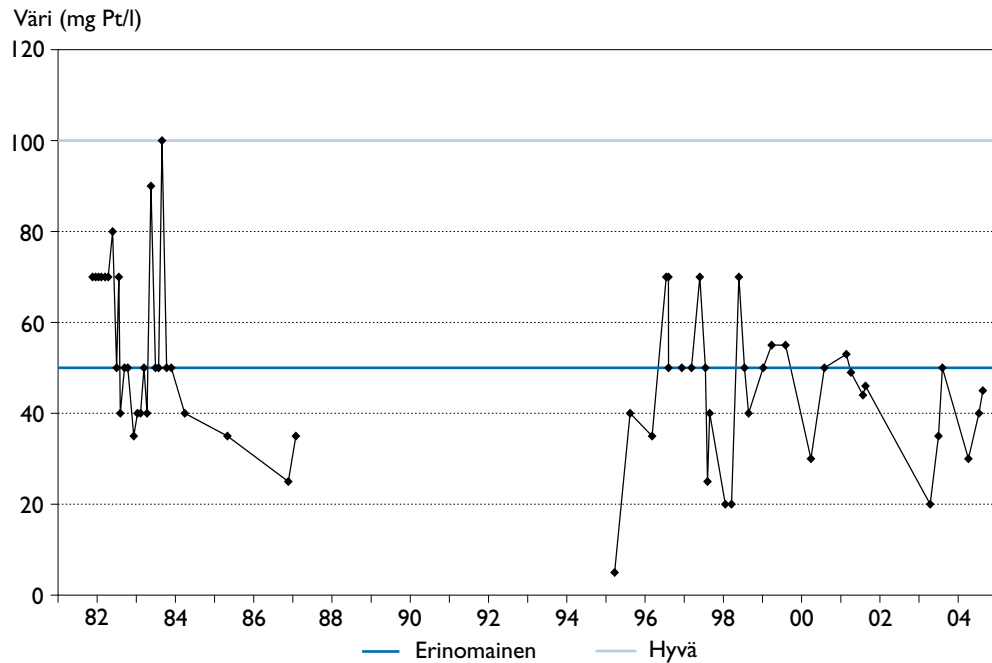
Pöyliöjärven yli 6 m syvän vyöhykkeen osuus koko järven tilavuudesta on hyvin pieni. Kun tarkastellaan koko järveä, ei syvänteiden muita vesikerroksia heikompi veden laatu juurikaan vaikuta koko järven keskimääräiseen veden laatuun. Pinnasta 3 m:n syvyyteen ulottuvalla vyöhykkeellä happipitoisuus säilyy riittävän korkeana kalalajien kannalta (Huttula 1999).



Kuva 3.14. Pöyliöjärven kesäkerrostuneisuuden aikaiset happipitoisuudet.

Väri

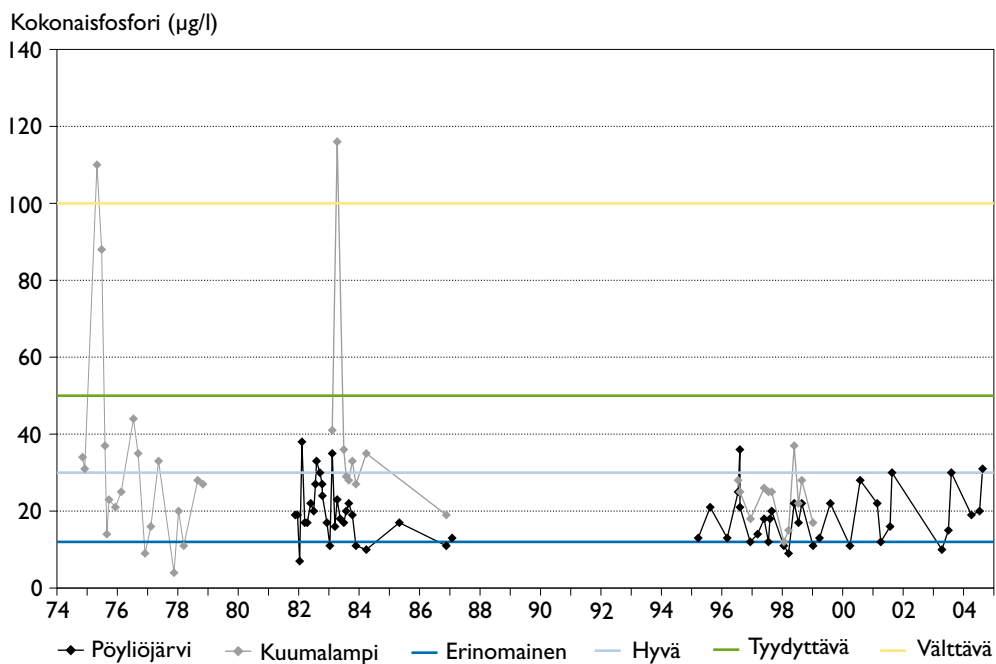
Pöylijärven veden väriarvot ovat yleisesti olleet alhaisia (kuva 3.15). Kuitenkin 1980-luvulla on mitattu vähän korkeampia arvoja. Pääasiassa Pöylijärven väriarvot ovat olleet pienempiä kuin Kemijärven. Vuosien 1995–2004 keskimääräinen väriarvo on ollut noin 44 mg Pt/l, jonka perusteella Pöylijärvi luokitellaan käyttökelpoisuudeltaan luokkaan erinomainen.



Kuva 3.15. Pintaveden (1 m) väriarvon kehitys Pöylijärvellä vuosina 1981–1987 ja 1995–2004. Käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Kokonaisfosforipitoisuus

Pöylijärven kokonaisfosforipitoisuudet ovat sekä 1980-luvun alussa että 2000-luvulla kuuluneet lähes poikkeuksetta käyttökelpoisuusluokkaan hyvä. Pintaveden kokonaisfosforipitoisuuden vuosien 1995–2004 keskiarvo on noin 19 µg/l, joka kuvaa lievää rehevöitymistä (kuva 3.16). Kuumalammen kokonaisfosforipitoisuudet ovat varsinkin 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa olleet korkeita. Tällöin Kuumalampi on ollut rehevöitynyt, lammen pohja on ollut liettynyt ja vesikasvillisuus on ollut runsasta. Kuumalampea on kunnostettu 1980-luvun alussa mm. ruoppaamalla (Kinnunen 1986). 1990-luvun lopussa mitatut fosforipitoisuudet ovat olleet Kuumalammessa lähes samaa tasoa kuin syvänteen näytteenottopisteessä.

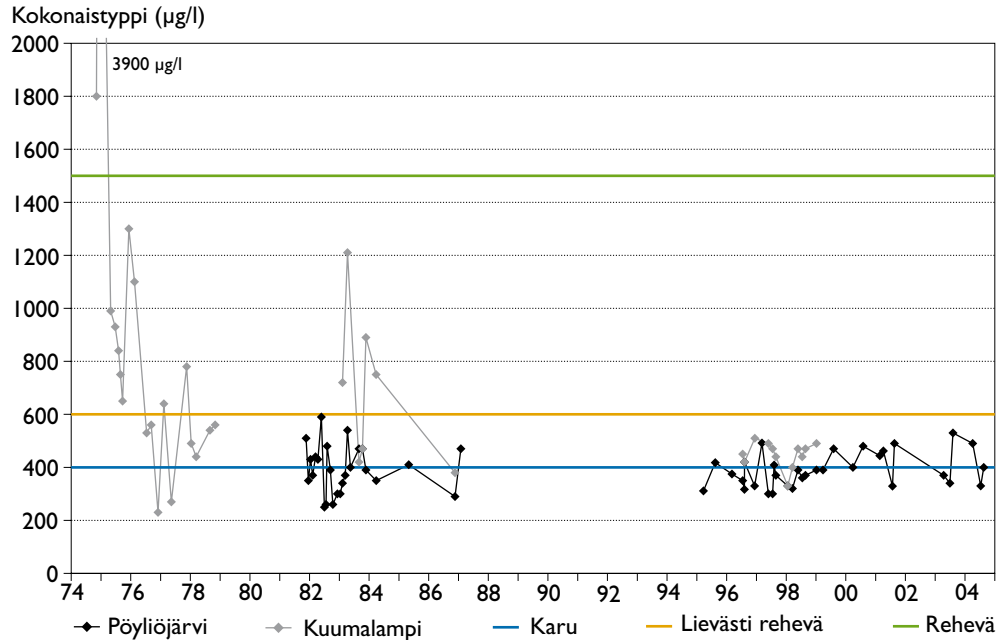


Kuva 3.16. Pintaveden (1 m) kokonaisfosforipitoisuuden kehitys Pöyliöjärven syvänteen ja Kuumalammen näytteenottopisteissä vuosina 1974–2004. Käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Pohjanläheisen vesikerroksen happipitoisuuden ja kasviravinnepitoisuuksien välillä vallitsee yleensä selkeä riippuvuussuhde (Huttula 1999). Pöyliöjärven kokonaisfosforipitoisuuksissa tapahtuu selvä kesäaikainen nousu. Tämä johtuu syvänteen alusveden kesäajan alhaisista happipitoisuuksista, jolloin pohjasedimentistä liukenee fosforia veteen. Kesäaikaan ravinteita todennäköisesti liukenee sedimentistä syväntettä laajemmalta alueelta. Kevättalvella, vaikka alusveden happipitoisuudet ovat heikkoja, fosforia ei juurikaan liukene veteen.

Kokonaistyyppipitoisuus

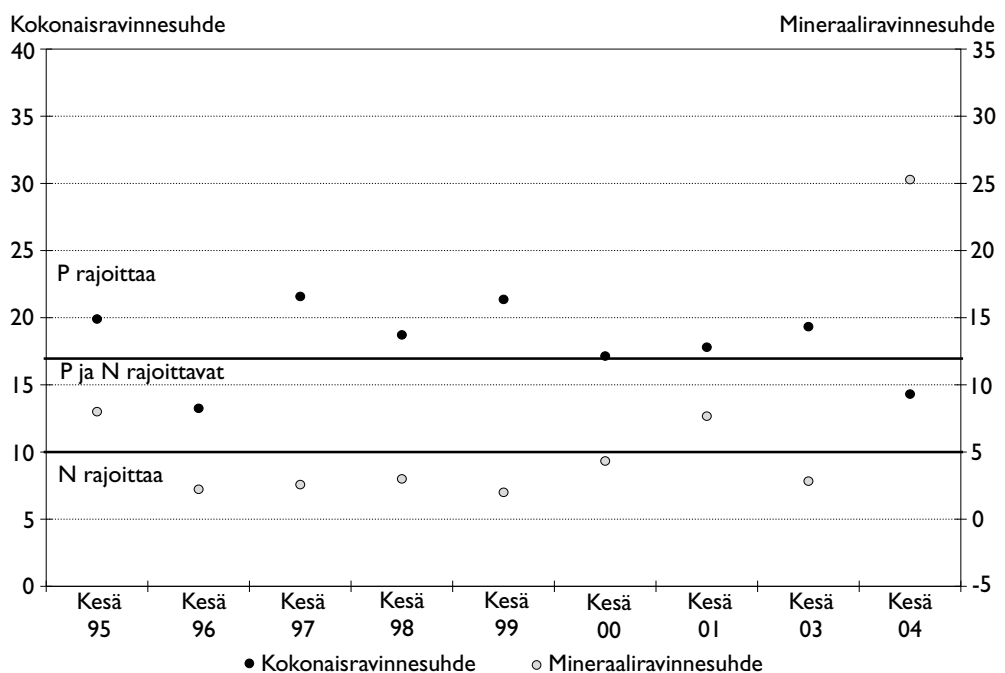
Pöyliöjärvi voidaan pintaveden kokonaistyyppipitoisuuksien perusteella luokitella lievästi reheväksi (kuva 3.17). Vuosien 1995–2004 keskimääräinen syvänteen pintaveden tyyppipitoisuus on noin 390 µg/l. 1970-luvun lopussa ja 1980-luvun alussa Kuumalammen näytteenottopisteestä mitatut kokonaistyyppipitoisuudet ovat fosforipitoisuuksien tapaan olleet korkeita, mutta 1990-luvun lopussa Kuumalammen tyyppipitoisuudet ovat olleet samaa tasoa kuin syvänteen näytteenottopisteessä.



Kuva 3.17. Pintaveden (1 m) kokonaistyyppipitoisuuden kehitys Pöyliöjärven syvänteen ja Kuumalammen näytteenottopisteissä vuosina 1974–2004. Eri rehevyydstason vesistöille tyyppilliset tyyppipitoisuusrajat (Nordforsk 1980) on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Järven ravinnerajoittuneisuus

Mineraaliravintesuhteen perusteella Pöyliöjärvi on useimpina kesinä ollut typpirajoitteinen (kuva 3.18). Tuotantokaudella 2004 mineraaliravintesuhteen vaihtelu on ollut voimakasta. Heinäkuun näytteenottokerran perusteella järvi on ollut selvästi fosforirajoitteinen ja elokuun tulosten mukaan selvästi typpirajoitteinen. Vuosina 1995, 1999 ja 2000 ravinnerajoittuneisuuden arviointi on tehty yhden näytteenottokerran tulosten perusteella, joten arvioinnit minimiravinteista voivat olla epäluotettavia. Kokonais- ja mineraaliravintesuhteilla laskettavan ravinteiden tasapainosuhteen perusteella Pöyliöjärvi on ollut typpirajoitteinen kaikkina muina kesinä paitsi kesällä 2004.

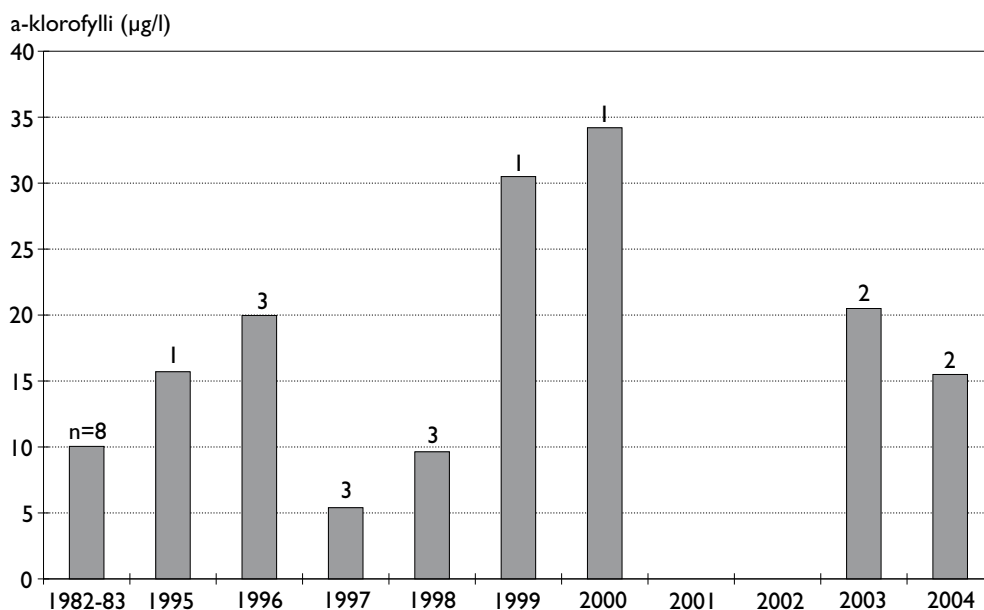


Kuva 3.18. Pöyliöjärven minimiravintetarkastelu kokonaisravinteiden ja mineraaliravinteiden määräsuhdeilla. Ravintesusuhdeiden raja-arvot (taulukko 3.3) on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Klorofylli-a

Pöyliöjärven a-klorofyllipitoisuudet ovat vaihdelleet paljon saman tuotantokauden aikana. Esimerkiksi tuotantokausina 2003 ja 2004 Pöyliöjärven elokuun a-klorofyllipitoisuudet ovat olleet rehevien vesien tasolla, yli 20 µg/l. Pääasiassa a-klorofyllipitoisuudet ovat olleet käyttökelpoisuusluokaltaan tyydyttävää tai välttävää tasoa (kuva 3.19). On kuitenkin muistettava, että yksi tuotantokaudella otettu näyte ei ole riittävä arvioitaessa luotettavasti kasviplanktonin biomassaa.

Pöyliöjärvi on kuulunut ympäristöviranomaisten koordinoimaan levähaittaseurantaan vuosina 2001–2004. Tutkimustuloksien mukaan järvessä on havaittu vuosittain vähäisessä määrin sinilevää loppukesästä. Poikkeuksen muodostaa elokuu 2002, jolloin sinileväkukinnat olivat runsaita. Kasviplanktontarkkailussa on havaittu limalevän selvä lisääntyminen. Vuonna 2001 näytteissä ei ole esiintynyt limalevää, mutta vuonna 2002 limalevää on esiintynyt elokuussa. Seuraavina kesinä sen määrä on edelleen kasvanut, ja vuonna 2004 limalevän osuus kokonaisbiomassasta on ollut 80 %. Ilman limalevän esiintymistä voitaisiin Pöyliöjärvi luokitella lievästi rehevöityneeksi. (PSV-Maa ja Vesi 2005)

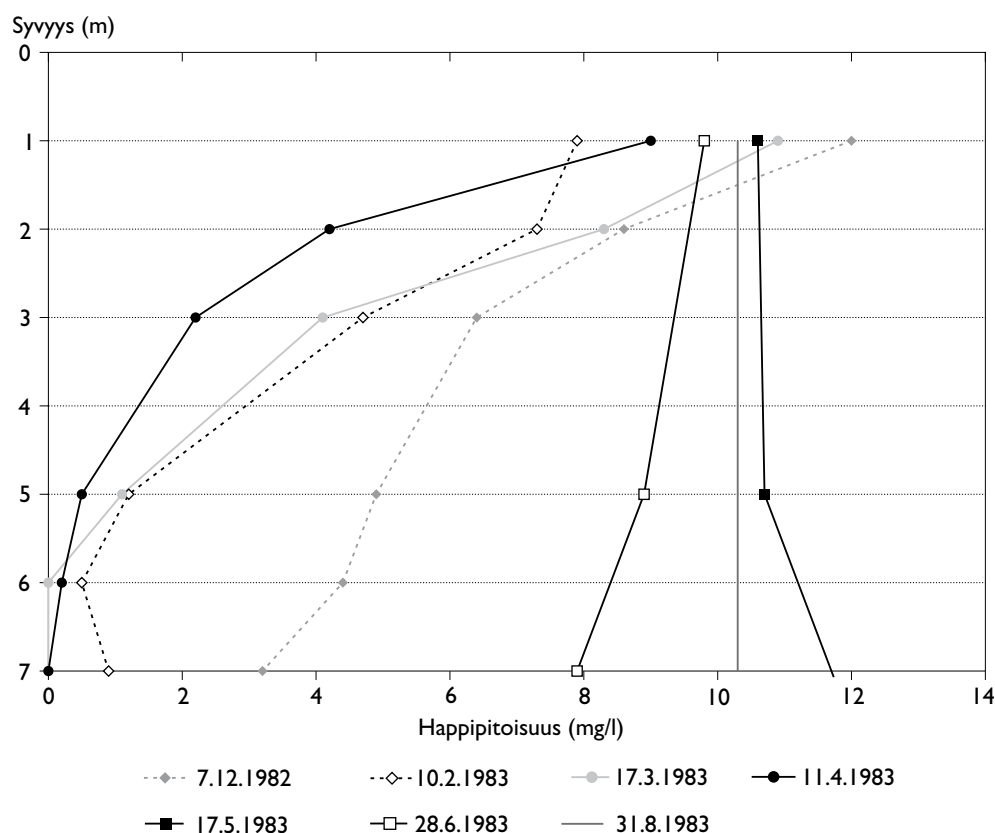


Kuva 3.19. Eri tuotantokausien pintaveden (0–2 m) a-klorofyllipitoisuuksien keskimääräinen taso Pöyliöjärvellä. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärä.

Severijärvi

Happipitoisuus

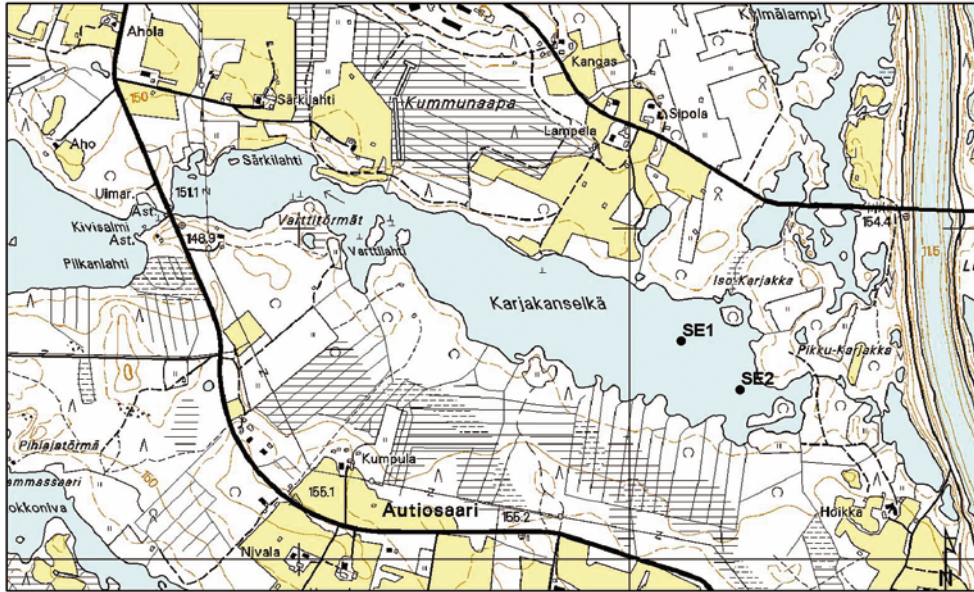
Lapin ympäristökeskuksen 1980-luvun alussa ottamat havaintosarjat kuvaavat hyvin Severijärven syvänteen happipitoisuuden kehittymistä. Yleisesti happipitoisuus on alentunut orgaanisen aineksen hajotuksen vuoksi alusvedessä jo joulukuussa ja hapettomuus on kehittynyt alusvedessä hiljalleen kevään edetessä (Kiviniemi 1999). Heikon happitilanteen seurauksena pohjasedimentistä on purkautunut sinne saostunutta fosforia takaisin veteen (Kinnunen 1983b). Avovesiaikaiset happipitoisuudet ovat säilyneet hyvinä koko vesipatsaassa. Kuvassa 3.20 on esitetty havaintosarja happipitoisuuksista eri syvyysvyöhykkeillä joulukuusta 1982 elokuuhun 1983.



Kuva 3.20. Severijärven happipitoisuuden kehittyminen eri syvyysvyöhykkeillä loppupalvesta 1982 elokuuhun 1983.

Kevättalvisin 1995–2004 Severijärven alusvesi on ollut poikkeuksetta vähähappista tai hapetonta. Esimerkiksi vuosina 2003 ja 2004 helmikuun näytteenottokerroilla happipitoisuudet ovat alentuneet selvästi jo kolmen metrin syvyydellä ja alusvesi on ollut hapetonta. Kesäisin Severijärven syvänteen ei kerrostu säännöllisesti lämpötilan suhteen. Kuitenkin sellaisina kesinä, jolloin syvänteen on ollut kerrostunut, alusveden happipitoisuudet ovat olleet heikkoja.

Huhtikuun 2005 happikartoituksen yhteydessä on tarkasteltu myös Karjakanselän happitilannetta (kuva 3.21). Karjakanselän näytteenottotuloksien perusteella happipitoisuudet ovat olleet heikkoja koko vesipatsaassa. Myös aikaisemmilla (1995–2004) maaliskuun näytteenottokerroilla Karjakanselän alusveden happitilanne on ollut heikentynyt ja pintavedessä happipitoisuus on ollut lähes aina alle 5 mg/l. Kesäisin Karjakanselän happitilanne on säilynyt kerrostumattomuuden ansiosta hyvänä.

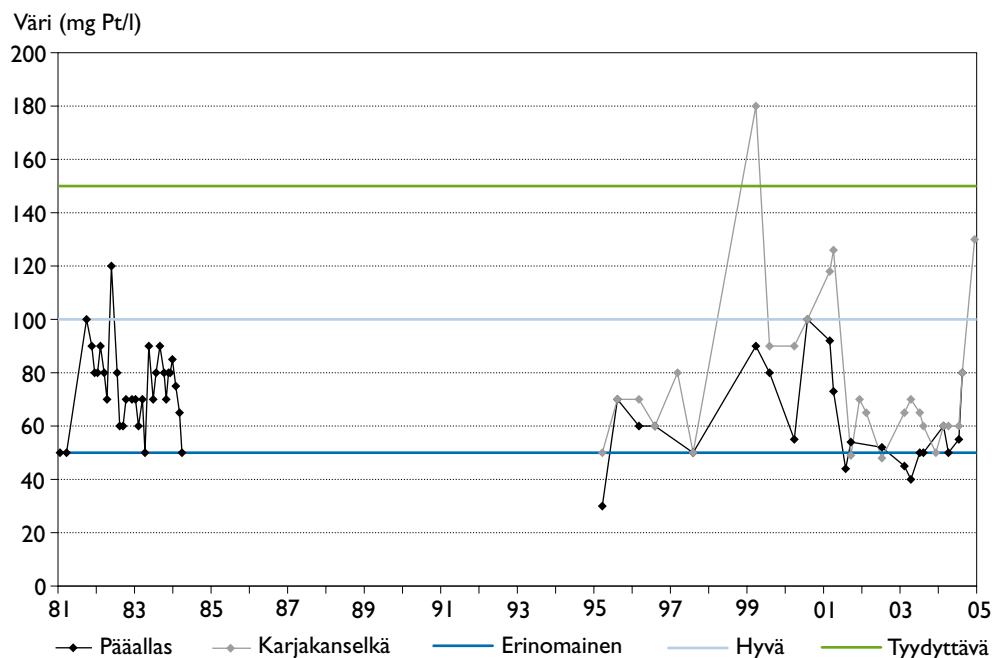


Piste	Syvyys (m)	Happi (mg/l)
SE1	1	3,7
	2	0,6
SE2	2,6	0,2
	1	3,5

Kuva 3.21. Severijärven Karjakanselän huhtikuun 2005 happimittausten näytteenottoaikat ja mittaustulokset.

Väri

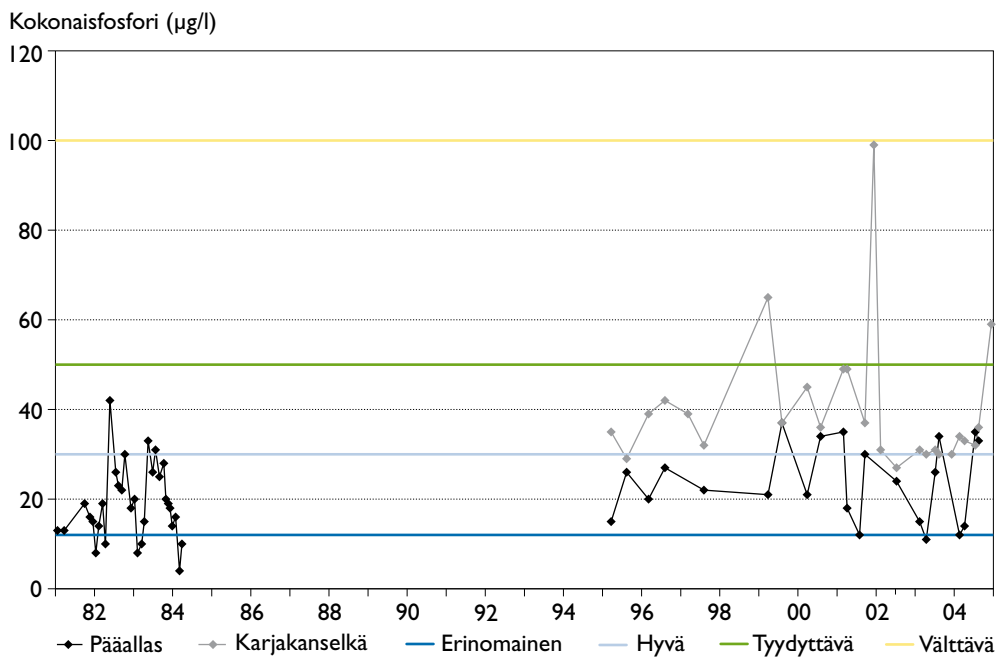
Severijärven päältäan väriarvot ovat keskimäärin kuuluneet käyttökelpoisuusluokituksen perusteella laatuluokkaan hyvä (kuva 3.22). Severijärvellä väriluvut näyttävät hieman laskeneen 1980-luvun alulta. Karjakanselältä mitatut väriarvot ovat olleet hieman päältäan väriarvoja korkeampia. Kevättalvisin vähähappisina aikoina pohjasedimentistä on liennut rautaa alusveteen ja väriarvot ovat pohjan lähellä olleet korkeita (Kiviniemi 2000a).



Kuva 3.22. Pintaveden (1 m) väriluvun kehitys Severijärven päältäaassa ja Karjakanselällä vuosina 1981–1987 ja 1995–2004. Käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Kokonaisfosforipitoisuus

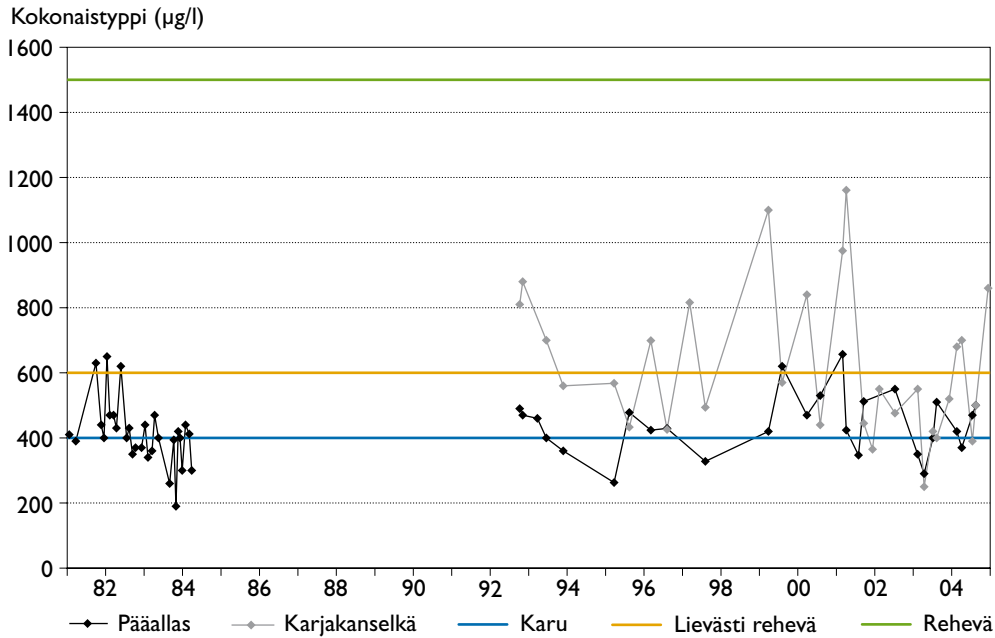
1980-luvun alussa Severijärven syvänteessä on esiintynyt happikatoja ja niistä johdettavaa fosforin sisäistä kuormitusta (Kinnunen 1983b). Vuosina 2003 ja 2004 fosforipitoisuudet ovat olleet korkeita loppukesästä. Kyseisinä kesinä syvänte on ollut lämpötilakerrostunut ja alusveden happitilanne on ollut heikko, jolloin sedimentistä on liuennut ravinteita. Karjakanselän veden laatu on Severijärveä heikompi. Karjakanselän muutaman edellisen vuoden fosforipitoisuuksissa ei ole havaittavissa suuria vuodenaikaisia vaihteluita (kuva 3.23). Vuosien 1995–2004 tuotantokausien keskimääräinen fosforipitoisuus Karjakanselällä on ollut noin 34 µg/l ja Severijärven syvänteessä 32 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuuden perusteella sekä pääallas että Karjakanselkä kuuluvat käyttökelpoisuudeltaan luokkaan tyydyttävä.



Kuva 3.23. Pintaveden (1 m) kokonaisfosforipitoisuuden kehitys Severijärven pääaltaan ja Karjakanselän näytteenottopisteissä vuosina 1974–2004. Käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Kokonaistyyppipitoisuus

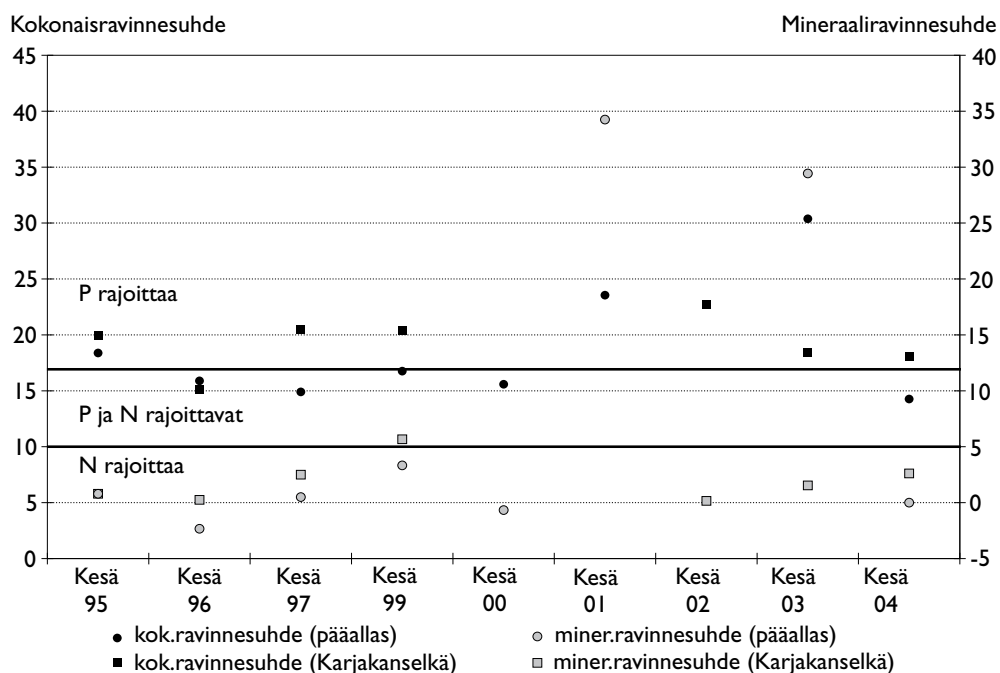
Severijärven näytteenottopisteiden kokonaistyyppipitoisuuksien perusteella voidaan todeta, että Karjakanselkä on veden laadultaan pääallasta rehevämpi. Karjakanselällä korkeimmat tyyppipitoisuudet on mitattu kevättalvella. Syvänte voidaan luokitella tyyppipitoisuuksiensa perusteella lievästi reheväksi ja Karjakanselkä reheväksi (kuva 3.24).



Kuva 3.24. Pintaveden (1 m) kokonaistyyppipitoisuuden kehitys Severijärven pääaltaan ja Karjakanselän näytteenottopisteissä vuosina 1981–2004. Eri rehevyystason vesistöille tyypilliset tyyppipitoisuusrajat (Nordforsk 1980) on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Järven ravinnerajoittuneisuus

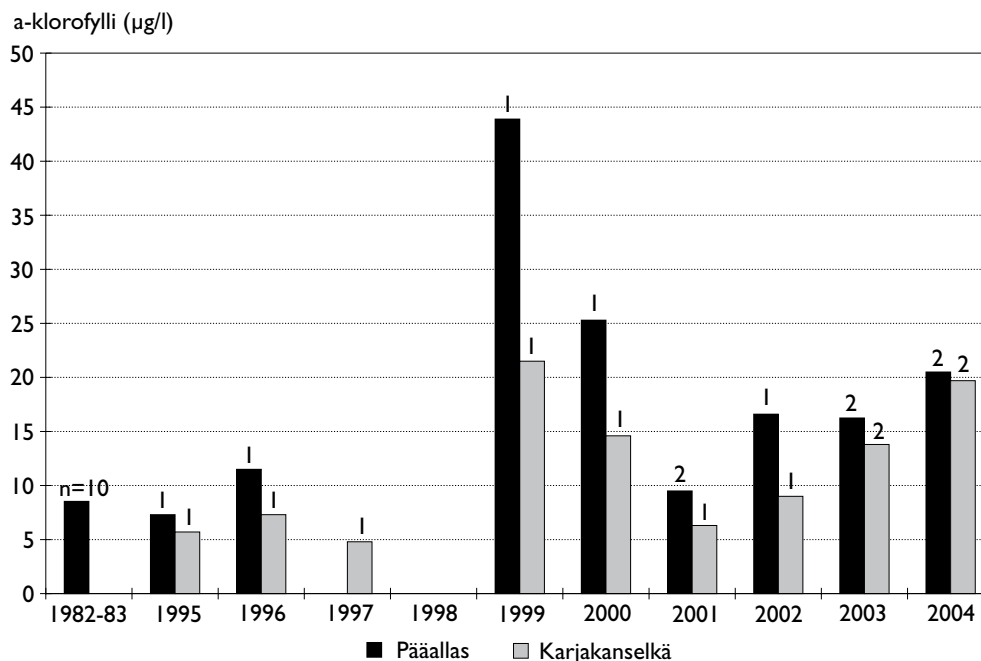
Kuvassa 3.25 on esitetty sekä Severijärven syvänteen että Karjakanselän minimiravinnetarkastelu kokonaisravinteiden ja mineraaliravinteiden määräsuhteilla. Pääaltaan perustuotantoa rajoittava ravinne on mineraaliravinteiden perusteella ollut pääasiassa typpi. Tuotantokausina 2001 ja 2003 rajoittavana tekijänä on mineraaliravinteiden suhteen ollut fosfori. Kokonaisravinnesuhteen arvojen perusteella ravinteet ovat olleet vaihtelevasti joko tasapainosuhteessa tai järvi on ollut fosforirajoitteinen. Ravinteiden tasapainosuhteen perusteella Severijärvi on ollut tuotantokausina 2001 ja 2003 fosforirajoitteinen ja muuten typpirajoitteinen. Karjakanselän perustuotantoa rajoittavana pääravinteena on mineraaliravinteiden perusteella ollut lähes poikkeuksetta typpi. Kokonaisravinneravinteiden suhteen perusteella Karjakanselkä on ollut lähes jokaisena tuotantokautena fosforirajoitteinen. Ravinteiden tasapainosuhte osoittaa, että Karjakanselkä on typpirajoitteinen.



Kuva 3.25. Severijärven pääaltaan ja Karjakanselän minimiravinnetarkastelu kokonaisravinteiden ja mineraaliravinteiden määräsuhteilla. Ravinnesuhteiden raja-arvot (taulukko 3.3) on merkitty kuvaajaan vaakaviivoilla.

Klorofylli-a

Severijärven pääaltaan ja Karjakanselän tuotantokausien a-klorofyllin keskimääräiset pitoisuudet on esitetty kuvassa 3.26. Molemmista näytteenottopisteissä kasviplanktonin biomassan määrän arviointi perustuu useimpina vuosina vain yhteen kesän aikana otettuun näytteeseen. Vuosina 2003 ja 2004 mitatuissa heinä- ja elokuun a-klorofyllipitoisuuksissa on ollut huomattava ero molemmissa näytteenottopisteissä. Molemmissa näytteenottopisteissä elokuussa mitatut a-klorofyllipitoisuudet ovat olleet heinäkuun pitoisuuksia suurempia. Elokuun näytteiden pitoisuudet ovat pääaltaassa olleet suurempia kuin 20 µg/l. Karjakanselällä vuonna 2004 elokuussa otetun näytteen a-klorofyllipitoisuus oli 30 µg/l.



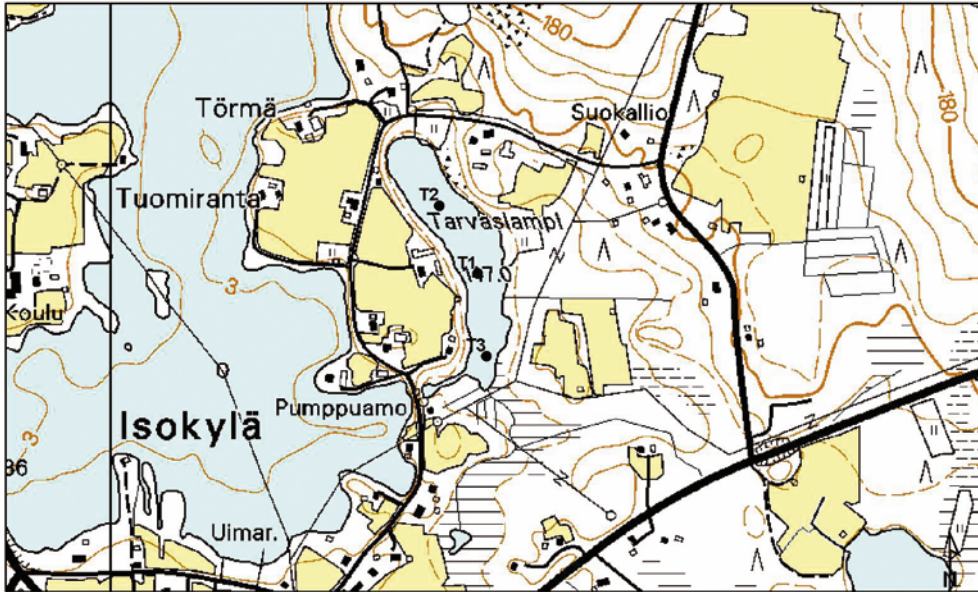
Kuva 3.26. Eri tuotantokausien pintaveden (0–2 m) a-klorofyllipitoisuuksien keskimääräinen taso Severijärvellä. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärä.

3.2.5

Tarvaslampi

Happipitoisuus

Tarvaslammella on tehty tarkennettu happikartoitus kevättalvella 2005 (kuva 3.27). Kaikissa kolmessa näytteenottopisteessä alusvesi on ollut täysin hapetonta. Myös pintaveden (1 m) happitilanne on ollut tällöin heikko (≤ 2 mg/l). Lisäksi Tarvaslammen happipitoisuus on mitattu on kaksi kertaa kesän 2005 aikana. Avovesiaikaan järven happitilanne on ollut erittäin hyvä.



Piste	Syys (m)	Happi (mg/l)
T1	1	1,6
	2	0,2
	3	0
T2	1	2,1
	2	0,4
	3	0
T3	1	1,3
	2	0,2

Kuva 3.27. Tarvaslammen huhtikuun 2005 happimittausten näytteenotto pisteet ja tulokset.

Ravinnepitoisuudet

Tarvaslammen vuoden 2005 avovesikauden (heinäkuu ja elokuu) keskimääräinen fosforipitoisuus on ollut 66 µg/l ja typpipitoisuus 1 045 µg/l. Varsinkin elokuun näytteenotokerralla mitatut kokonaisravinnepitoisuudet ovat olleet korkeita, fosforia 95 µg/l ja typpeä 1 200 µg/l. Mitattujen ravinnepitoisuuksien perusteella voidaan sanoa, että Tarvaslammi on veden laadultaan rehevä.

A-klorofylli

Tarvaslammella a-klorofyllipitoisuus on määritetty ainoastaan elokuun näytteenotokerralla, jolloin pitoisuus on ollut korkea, 26 µg/l. A-klorofyllipitoisuuden perusteella Tarvaslammi luokitellaan käyttökelpoisuudeltaan luokkaan tyydyttävä.

3.3

Järvien kasvillisuus

Luusuanjärven vesi- ja rantakasvillisuus

Luusuanjärven vesikasvillisuutta havainnoitiin 29.6.2005 tarkoituksena saada yleiskuva järven kasvillisuudesta ja lajistosta sekä mahdollisesta umpeenkasvusta. Lajiston osalta keskityttiin umpeenkasvua aiheuttaviin ilmaversois- ja kelluslehtisiin vesikasveihin. Havainnointi tehtiin pääosin pohjoisella altaalla rannalta käsin kuudesta pisteestä eri puolilta järveä sekä Lahtelanlahdelta, joka kierrettiin veneellä. Lisäksi Neitilän altaan kasvillisuutta havainnoitiin rannalta käsin Katosojan laskukohdasta sillan luota.

Rantalajisto osoittautui järvellä melko niukaksi (taulukko 3.4). Rantasaraikon muodostavat viiltosara, vesisara ja pullosara. Saraikon seassa kasvaa mm. terttualpia, myrkykeisoa sekä paikoin luhtavillaa ja vesihierakkaa. Järvikortteen muodostamia harvoja kasvustoja on monin paikoin. Matalassa vedessä saraikon ja kortteikon seassa kasvaa pohjalehtistä rantaleinikkiä. Uposlehtisistä tavataan Lahtelanlahdella ahven- ja heinävitaa sekä järvisätkintä, jota kasvaa siellä täällä muuallakin Luusuanjärvellä. Kelluslehtisistä Lahtelanlahdella esiintyy melko niukasti ulpukkaa, palpakkoa ja kelluskeiholehteä.

Taulukko 3.4.

Luusuanjärvellä 29.6.2005 havaittu lajisto sekä Neitijärven, Severijärven ja Pöyliöjärven lajisto Rintasen (1976; 1977) vuosina 1971–1974 Lapin järviä koskevasta aineistosta elomuodoittain. Elomuotoluokittelu Mäkirinnan (1978) mukaan. Trofiatasot pääosin Toivosen & Huttusen (1995) mukaan, paitsi *illä merkityt Toivosen (1981) mukaan ja **:illä merkityt Toivosen (1984) mukaan. o = oligotrofian eli niukkaravinteisuuden ilmentäjä, o-m = oligo-mesotrofian eli niukan-keskimääräisen ravinteisuuden ilmentäjä, m = mesotrofian eli keskimääräisen ravinteisuuden ilmentäjä, m-e = meso-eutrofian eli keskimääräisen-runsasravinteisuuden ilmentäjä ja e = eutrofian eli runsasravinteisuuden ilmentäjä.

Laji		Trofiataso	Luusuanjärvi		Neiti-järvi	Severi-järvi	Pöyliö-järvi
			pohjoisen allas	eteläinen allas			
Rantakasvit							
rantapuntarpää	<i>Alopecurus aequalis</i>	m			x		
rentukka	<i>Caltha palustris</i>	m*				x	x
viiltosara	<i>Carex acuta</i>	m-e	x		x	x	
vesisara	<i>Carex aquatilis</i>	m-e	x	x		x	x
pullosara	<i>Carex rostrata</i>	i	x		x		x
luhtasara	<i>Carex vesicaria</i>	m-e				x	x
myrkkyykeiso	<i>Cicuta virosa</i>	m*	x				
luhtavilla	<i>Eriophorum angustifolium</i>		x				
raate	<i>Menyanthes trifoliata</i>	o-m*			x		
ruokohelpi	<i>Phalaris arundinacea</i>	m-e				x	
kurjenjalka	<i>Potentilla palustris</i>	i*				x	x
vesihierakka	<i>Rumex aquaticus</i>		x			x	
Ilmaversoiset							
ratamosarpio	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	m-e					x
rantaluikka	<i>Eleocharis palustris</i>	i	x	x			x
järvikorte	<i>Equisetum fluviatile</i>	o-m**	x		x	x	x
vesikuusi	<i>Hippuris vulgaris</i>	i			x		
terttualpi	<i>Lysimachia thyrsoflora</i>	m			x	x	x
rantakukka	<i>Lythrum salicaria</i>	m*				x	
Kelluslehtiset							
ulpukka	<i>Nuphar lutea</i>	i	x				
pohjanulpukka	<i>Nuphar lutea x pumila</i>					x	x
vesitatar	<i>Persicaria amphibia</i>	m-e			x	x	
uistinvita	<i>Potamogeton natans</i>	i					x
kelluskeiholehti	<i>Sagittaria natans</i>	m-e*	x			x	x
kaitapalpakko	<i>Sparganium angustifolium</i>	o			x	x	
rantapalpakko	<i>Sparganium emersum</i>	i				x	x
siimapalpakko	<i>Sparganium gramineum</i>	m			x		
palpakko	<i>Sparganium sp.</i>	o/m	x	x			
Uposlehtiset							
pikkuvesitähti	<i>Callitriche palustris</i>	m			x	x	x
vesitähti	<i>Callitriche sp.</i>			x			
ruskoärviä	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	o-m				x	x
purovita	<i>Potamogeton alpinus</i>	i				x	
pikkuvita	<i>Potamogeton berchtoldii</i>	m-e				x	x
heinävita	<i>Potamogeton gramineus</i>	m	x			x	
ahvenvita	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	m	x			x	x
järvisätkin	<i>Ranunculus peltatus ssp. peltatus</i>	m	x			x	x

Laji		Trofiataso	Luusuanjärvi		Neiti- järvi	Severi- järvi	Pöyliö- järvi
			pohjoi- nen allas	eteläi- nen allas			
vaalealahnaruoho	<i>Isoëtes echinospora</i>					x	x
tummalahnaruoho	<i>Isoëtes lacustris</i>	o				x	
katkeravesirikko	<i>Elatine hydropiper</i>	o-m	x		x	x	x
kolmihedevesi- rikko	<i>Elatine triandra</i>	m				x	
hapsiluikka	<i>Eleocharis acicularis</i>	o-m,i				x	x
mutayrtti	<i>Limosella aquatica</i>	m-e					x
rantaleinikki	<i>Ranunculus reptans</i>	m			x	x	x
äimäruoho	<i>Subularia aquatica</i>	o-m			x	x	x
Irtokeijukat							
isovesiherne	<i>Utricularia vulgaris</i>	i			x		x
Vesisammalet							
järvikuirisammal	<i>Calliergon megalophyllum</i>	m				x	
hiussirppisammal	<i>Drepanocladus longifolius</i>					x	
upposirppisammal	<i>Drepanocladus sordidus</i>					x	
isonäkinsammal	<i>Fontinalis antipyretica</i>	o-m				x	x
järvinäkinsammal	<i>Fontinalis hypnoides</i>	m-e				x	
aapasirppisammal	<i>Warnstorfia procera</i>	o-m			x	x	
Näkinpartaiset							
hauensiloparta	<i>Nitella opaca</i>						x

Varsinaista vesikasvillisuuden aiheuttamaa umpeenkasvua ei pohjoisella altaalla havaittu. Leveimmillään sara- ja järvikortevyöhykkeet ovat kuitenkin suojaisissa lahdissa, joihin kohdistuu hajakuormitusta (vakituista ja loma-asutusta, maataloutta). Neitilän altaalla Katosojan laskukohtaan on myös muodostunut leveä saravyöhyke ja kelluslehtisiä on runsaammin kuin pohjoisella altaalla, mikä kertoo ojan aiheuttamasta liettymisestä.

Kasvupaikan ravinteisuus vaikuttaa järvessä esiintyvän vesikasvilajiston koostumukseen. Eri vesikasvilajien suhdetta kasvupaikan rehevyys- eli trofiatasoon ovat arvioineet mm. Toivonen (1981 ja 1984) ja Toivonen ja Huttunen (1995). Verrattaessa Luusuanjärven lajiston trofiatasoja viereisen Neitijärven vastaaviin (taulukko 3.4), voidaan havaita, että keski- ja runsasravinteisuutta suosivien lajien määrä on sekä Luusuan- että Neitijärvellä sama (6 kpl). Luusuanjärven koko lajiston trofiatasoja tarkasteltaessa näyttäisi siltä, että lajisto painottuisi keskiravinteisuutta ja keskirun- sasravinteisuutta ilmentäviin lajeihin. Mikään näistä lajeista suursaroja lukuunotta- matta ei kuitenkaan esiinny järvessä runsaana. Pääosin vähä- tai keskiravinteisuut- ta ilmentävien pohjalehtisten vähydestä Luusuanjärven lajistossa ei voida tehdä johtopäätöksiä, sillä pohjalehtisiä etsittiin vain matalasta rantavedestä eikä apuna käytetty pohjaharua. Severijärven ja Pöyliönjärven lajimäärät ovat suuremmat kuin Neitijärven, samoin keski- ja runsasravinteisuutta ilmentävää lajistoa on näillä järvillä huomattavasti enemmän (taulukko 3.4).

Järvien kalasto

Kemijärvestä padottujen sivujärvien kalastoa on tutkittu Kemijärven maksuvelvoitehoidon tarkkailun yhteydessä. Tarkkailun tavoitteena on kerätä tietoa hoidon kohteena olevien kalakantojen tilasta siten, että tarkkailutulosten perusteella voidaan antaa suosituksia Kemijärven ja siitä padottujen sivuvesien kalanhoidon ja kalastuksen kehittämiseksi.

Viimeksi kuluneen tarkkailujakson aikana 1997–2001 sivujärvien kalastotutkimuksissa keskityttiin lähes yksinomaan siikanäytteiden keruuseen. Uuden tarkkailujakson aikana 2002–2006 tarkkailu tapahtuu koeverkkokalastuksin, joiden tuloksena tutkimusjärvien kalaston rakennetta voidaan tarkastella laajemmin (Hamari 2003).

Kostamojärvi

Kostamojärveen istutettava siika näyttää tutkimustulosten perusteella menestyvän järvessä hyvin. Kalat ovat hyväkuntoisia ja saavuttavat 30 cm pituuden keskimäärin 3-vuotiaina. Kalojen kasvu on nopeaa verrattuna Kemijärven pääaltaan siikojen kasvuun. Tästä huolimatta järven kalastus on vähäistä (Kiviniemi 2000b).

Verkkokoekalastusten perusteella Kostamojärven kalasto on ahven- ja särkipainotteinen (85 % kokonaissaaliista), joskin siikaakin järvessä on kohtalaisen runsaasti. Koekalastusten kokonaissaaliit ovat olleet Kostamojärvellä kohtalaisen suuria, mutta saalis on koostunut pääasiassa pienikokoisista ahvenista ja särjistä, joiden kannat ovat tiheitä ja todennäköisesti myös hidaskasvuisia (Hamari 2005).

Luusuanjärvi ja Neitilän allas

Luusuanjärven kokonaissaaliit ovat olleet koekalastuksissa suhteellisen suuria, ja yhdellä koentakerralla saatu keskimääräinen verkkokohtainen saalis on 2,4 kg. Kokonaissaalis on muodostunut lähes pelkästään särjestä (73 %) ja ahvenesta (25 %). Lisäksi saaliiksi on saatu jonkin verran kiiskiä. Ahvenen ja särjen keskikoko on hieman kasvanut viime vuosina, mutta kalakanta on yksikkösaaliiden ja kalojen keskipainon perusteella tiheä ja ilmeisesti myös hidaskasvuinen (Hamari 2005).

Pöyliöjärvi

Pöyliöjärven koekalastukset rajoittuvat vuonna 2000 tehtyyn siikatutkimukseen, jossa nuotattiin 100 näytesiikaa järven eteläosasta. Saaliista puolet oli pohjasiikoja, neljännes vaellussiikoja ja neljännes planktonsiikoja. Siikojen kasvu vaihteli siikamuodoittain: planktonsiikat kasvoivat nopeimmin ja pohjasiikat hitaimmin. Suurin siika oli 1,5 kg:n painoinen planktonsiika, ja aineistossa oli kaikkiaan 11 kpl yli 600 grammaa painavia siikoja. Järven siikat ovat hyväkasvuisia ja hyväkuntoisia. Siikojen kasvu ei nuoremmissa ikäryhmissä juurikaan poikennut Kemijärven siikojen kasvusta, mutta vanhempien yksilöiden kasvu oli jonkin verran nopeampaa kuin Kemijärven säännöstelyalueella (Kiviniemi 2001).

Kalastusalue on poistanut Pöyliöjärvestä vähempiarvoista kalaa useana vuonna. Poistettu kala on ollut pääasiassa särkeä ja kuoretta, jota on järvessä runsaasti (Vihriälä 2006).

Pöyliöjärvi on suosittu virkistyskalastuskohde ja sinne istutetaan vuosittain pyyntikokoista kirjolohta ja taimenta.

Severijärvi

Severijärven siikakanta koostuu pääasiassa istutetusta planktonsiiasta. Siikojen kasvu on ollut nuoremmassa ikäryhmissä selvästi nopeampaa kuin Kemijärvässä, mutta vanhimmat 7- ja 8-kesäiset kalat ovat jääneet siihen nähden varsin pienikokoisiksi. Kemijärven siikoihin verrattuna Severijärven siikat ovat lihavampia ja parempikuntoisia. Nopeakasvuisista siiioista huolimatta kalastus on ollut Severijärvässä suhteellisen vähäistä ja keskittynyt lähinnä haukeen (Kiviniemi 1999).

Verkkokoekalastuksen kokonaissaalis vuonna 2003 koostui pääosin särjestä (46 %), ahvenesta (40 %) ja hauesta (12 %). Lisäksi saaliiseen kuului kiiskiä sekä muutamia siikoja ja seipiä. Järven rehevyys suosii sekä särjen että ahvenen kasvua, ja kannat ovatkin tiheitä ja erityisesti särjen osalta hidaskasvuisia (Hamari 2004).

Tarvaslampi

Tarvaslammen kalastosta ei ole olemassa tutkittua tietoa. Voidaan kuitenkin olettaa, että talvinen huono happitilanne heikentää kalojen mahdollisuutta selviytyä ympärivuotisesti lammessa.

3.5

Yhteenveto järvien nykytilasta

Kevättalvisin kaikilla kohdejärvillä ainakin syvänealueiden happipitoisuus on alentunut. Kostamojärvellä, Severijärven Karjakanselällä ja Tarvaslammella happipitoisuudet ovat alentuneita kevättalvisin koko vesimassassa. Pöyliöjärven ja Severijärven syvänteissä alusveden happitilanne on ollut heikko myös sellaisina kesinä, jolloin järvet ovat olleet lämpötilan suhteen kerrostuneita.

Kostamojärvi ja Tarvaslampi ovat pengerryistä järvistä selvästi ravinteikkaimmat ja rehevimmät. Myös Severijärven Karjakanselällä on havaittavissa rehevöitymistä. Kostamojärven rehevöitynyttä tilaa kuvaavat vuosittaiset, usein hyvin runsaat, sini-leväkukinnat. Minimiravinnetarkastelun perusteella Kostamojärvi on todennäköisesti typpirajoitteinen, mikä luo kilpailuedun tyypin sidontaan kykeneville sinileville. Klorofylli-a:n pitkän ajan keskiarvon perusteella Kostamojärvi kuuluu käyttökelpoisuudeltaan luokkaan huono. Tarvaslammen tilan kehittymisestä ei voida tehdä luotettavia päätelmiä, koska säännöllistä veden laadun seurainta ei ole tehty. Lammen ravinnepitoisuudet olivat kesällä 2005 hyvin korkeita, ja niiden perusteella Tarvaslampi luokitellaan reheväksi.

Luusuanjärvessä ja Neitilän altaassa ravinnepitoisuudet ovat hyvin alhaiset. Toisaalta järven erittäin pitkä viipymä saattaa heikentää sen kuormituksen sietokykyä. Altaiden vesi on hyvin kirkasta ja luo vesikasvillisuuden leviämislle otolliset olosuhteet. Umpeenkasvun merkkejä ei kasvillisuuskartoituksissa ole kuitenkaan vielä havaittu.

Pöyliöjärvellä varsinkin kesäaikaisina kerrostuneisuuskausina syvänteiden alusveden happi kuluu lähes loppuun, mikä mahdollistaa ravinteiden vapautumisen pohjasedimentistä. Pöyliöjärven virkistyskäyttöä haittaavat toistuvat limaleväkukinnat, jotka saavat ihon tuntumaan uimisen jälkeen liukkaalta ja kiristävältä (PSV-Maa ja Vesi Oy 2005). Pöyliöjärvässä ei ole kuitenkaan havaittavissa vakavia veden laadullisia ongelmia. Ilman runsaita limaleväkukintoja Pöyliöjärvi voitaisiinkin luokitella käyttökelpoisuudeltaan hyväksi.

Taulukkoon 3.5 on koottu yhteenveto tärkeimmistä sivujärvien nykytilaa kuvaavista tekijöistä.

Taulukko 3.5. Kohdejärvien veden fysikaalis-kemiallinen laatu ja järvien nykytila.

		Kostamojärvi	Luusuanjärvi ⁵	Pöyliöjärvi	Severijärvi		Tarvaslampi
					Pääallas	Karjankanselkä	
Happi-tilanne		Keväällä happipitoisuudet alentuneet selvästi koko vesimassassa. Kesällä hapettomuutta ei esiinny.	Keväällä happipitoisuudet alentuneet jonkin verran syvimpien alueiden pohjanläheisissä vesikerroksissa. Kesällä hapettomuutta ei esiinny.	Keväällä happipitoisuudet alentuneet selvästi 5 m:n syvyydellä. Ajoittain vähähappinen myös kesäkerrostuneisuuden aikaan.	Keväällä happipitoisuudet alentuneet selvästi 3 m:n syvyydellä. Ajoittain vähähappinen myös kesäkerrostuneisuuden aikaan.	Keväällä happipitoisuudet alentuneet selvästi 2 m:n syvyydellä.	Keväällä 2005 happipitoisuudet alentuneet koko vesimassassa, 2 m:n syvyydeltä happikuluu kokonaan loppuun.
Väri-arvo ⁽¹⁾	mg Pt/l	134	17	45	61	78	98
Kokonaisfosfori ⁽¹⁾	µg/l	58	15	19	32	40	60
Kokonaisytyppi ⁽¹⁾	µg/l	960	345	390	444	600	1 045
Klorofylli-a ⁽¹⁾	µg/l	55,7	5,1	15,2	15,8	12,4	26
Leväkukinnat ⁽²⁾		Sinilevää havaittu vuosittain, kukinnat runsaita vuosina 2001 ja 2002.	Ei tietoa.	Limaleväkukinnat voimakkaita vuosina 2002, 2003 ja 2004. Sinileväkukinnat runsaita elokuussa 2002.	Ei tietoa.	Ei tietoa.	Ei tietoa.
Minimiravinne ⁽³⁾		Typpi	Vaihtelee.	Typpi	Vaihtelee.	Vaihtelee.	Vaihtelee.
Järven rehevyysaste ⁽⁴⁾		Erittäin rehevä	Keskirehevä	Rehevä	Keskirehevä	Keski-rehevä	Erittäin rehevä
Kalaston koostumus		Kalasto ahven- ja särkipainotteista, mutta istutettuja siikoja on myös runsaasti.	Kalasto särki- ja ahvenpainotteista.	Istutettu siikoja, jotka kasvavat hyvin.	Kalasto koostuu pääosin särjestä, ahvenesta ja hauesta. Siikaa on istutettu, mutta niiden kasvu on ollut heikkoa.		Ei ole tutkittua tietoa.

¹⁾ Pitoisuudet ovat vuosina 1995–2004 otettujen näytteiden keskiarvoja. Tarvaslammen pitoisuudet ovat kesän 2005 aikana otettujen näytteiden (2 kpl) keskiarvoja.

²⁾ Levähaittaseurannan tulokset vuosilta 2001–2004 (PSV-Maa ja Vesi 2005).

³⁾ Arvioitu Forsberg ym. (1978) minimiravinessuhteiden raja-arvojen perusteella.

⁴⁾ Arvioitu OECD:n (1982) rehevyysluokituksen raja-arvojen perusteella.

⁵⁾ Taulukon tiedot koskevat vain pohjapadon yläpuolista osaa. Padon alapuolisessa Neitilän altaassa happipitoisuudet säilyvät riittävinä ympäri vuoden.

4 Järviin kohdistuva ravinnekuormitus

4.1

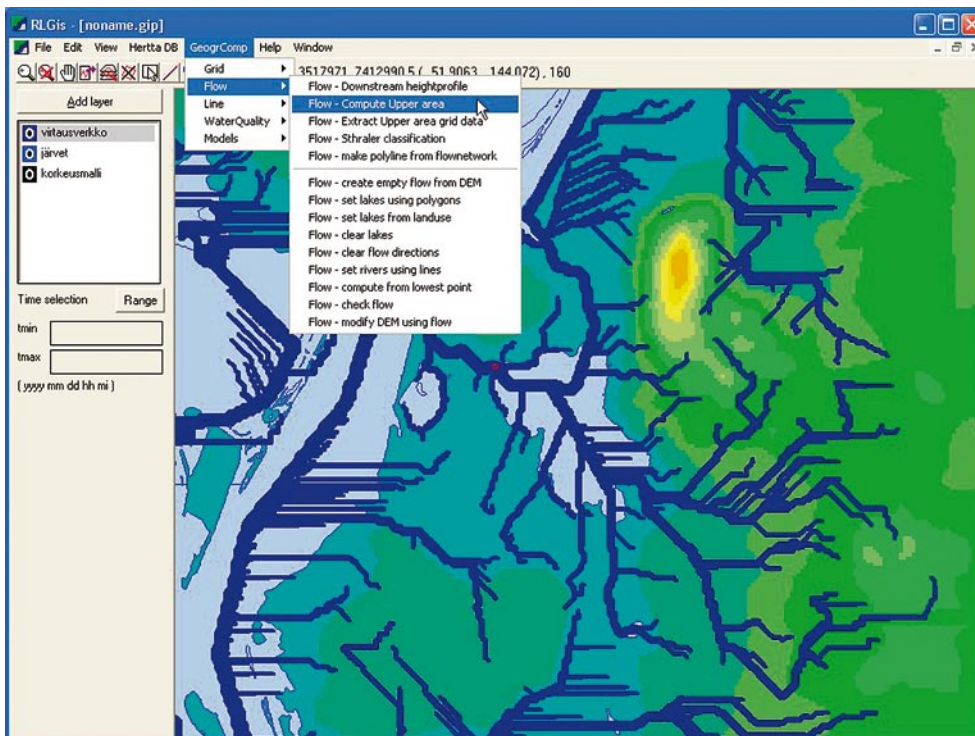
Ulkoisen kuormitus

4.1.1

Aineisto ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa sivujärviin kohdistuvaa ulkoista kuormitusta on mallinnettu RiverLifeGIS-työkalun (Geographic Information System) avulla. Paikkatietojärjestelmät ovat tietokonepohjaisia järjestelmiä, jotka voivat käsitellä kaikenlaista ominaisuustietoa, jolla on maantieteellinen sijainti. 2000-luvun taitteessa paikkatietopohjaiset järjestelmät ovat saaneet jalansijaa myös hydrologian ja hydrauliiikan alalla. Näiden työkalujen kehitystä tehostavat ympäristön ja vesistön suojelun tarpeet. Esimerkiksi Suomessakin voimaan tullut vesipuitedirektiivi edellyttää valuma-alueen kokonaisvaltaista tarkastelua ja hoitoa, johon paikkatieto-ohjelmistot tarjoavat erinomaisen työkalun (Silvo & Forsius 1998).

RiverLifeGIS on Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen RiverLife-projektin yhteydessä kehitetty päätöksenteon tukijärjestelmään kuuluva paikkatietotyökalu (kuva 4.1). Ohjelman avulla voidaan päättäjille tarjota havainnollista ja helposti käytettävää tietoa. RiverLifeGIS-työkalulla voidaan karttapohjaisen käyttöliittymän avulla tarkastella mm. halutun alueen karttatietoja, esim. korkeustietoja ja maankäyttöä, sekä laskea veden virtaussuuntia, joiden avulla voidaan määrittää minkä tahansa pisteen yläpuolinen valuma-alue. Lisäksi ohjelmalla voidaan analysoida pistekuormituksen laimeneminen jokiuomassa tai laskea valuma-alueelta järveen kohdistuva hajakuormitus (Lauri & Virtanen 2002, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus 2005).



Kuva 4.1. RiverLifeGIS paikkatietopohjaisen työkalun karttasovellusesimerkki.

Valuma-alueen määrittäminen

Aineistona sivujärvien valuma-alueiden määrittämisessä on käytetty Maanmittauslaitoksen korkeusmallia, joka on laskettu peruskartan korkeuskäyristä ja rantaviiva-elementeistä kolmioverkkointerpoloinnilla ruutumalliksi. Se on tarkin valtakunnallinen aineisto, jossa ruudun koko on 25 x 25 m² (Maanmittauslaitos 2002).

Valuma-alueen laskenta perustuu rasteripohjaiseen, soluista koostuvaan maastonkorkeusmalliin (DEM – Digital Elevation Model). Ohjelman taustalla oleva laskentamenetelmä etsii jokaisesta korkeusmallin solusta virtaussuunnan kohti jyrkintä alamäkeä. Veden virtaussuuntien laskentaa varten täytyy alkuperäisen korkeusmallin solujen arvoa madaltaa vesistöjen kohdalta. Laskennan tuloksena saadaan virtausverkko, jonka avulla voidaan määrittää valitun pisteen yläpuolinen valuma-alue.

Ohjelmalla muodostettujen virtausverkkojen tarkastamisessa on käytetty apuna tutkittavien valuma-alueiden ojitustietoja. Tarkennuksessa on käytetty sekä Maanmittauslaitoksen karttatietokannan 1:250 000 vesistöjen paikkatietoaineistoa, joka sisältää yli 1 ha:n järvet ja lammet ja kaikki vähintään 2 m leveät ja alle 2 m leveät järviä ja lampia yhdistävät joet, että peruskarttalehden tietoja. Tarvittaessa veden virtaussuuntaa on yksittäisessä solussa muutettu ja tämän jälkeen valuma-alue on määritetty uudestaan.

Maankäyttö ja ulkoinen ravinnekuormitus

Kemijärven sivujärvien valuma-alueiden maankäytön jakautuminen ja järviin kohdistuvan ulkoisen ravinnekuormituksen laskenta perustuu Suomen ympäristökeskuksen CLC2000-maankäyttö/maanpeiteaineistoon. Aineisto on koko Suomen kattava rasterimuotoinen paikkatietokanta maankäytöstä ja maanpeitteestä ja sen pienin alueellinen yksikkö on 25 x 25 m² kokoinen kuvapikseli. Suomalainen aineisto on osa eurooppalaista CORINE2000-hanketta, jonka tavoitteena oli tuottaa ensisijaisesti tarkempi kansalliseen käyttöön soveltuva maankäyttö- ja maanpeiteaineisto (Suomen ympäristökeskus 2005a).

CLC2000-maankäyttö/maanpeiteaineisto on kuvattu kolmitasoisella hierarkisella luokituksella, jonka pääluokat ovat (Törmä 2005):

- rakennetut alueet
- maatalousalueet
- metsät sekä avoimet kankaat ja kalliomaat
- kosteikot ja avoimet suot
- vesialueet.

Pääluokat on jaettu edelleen tarkempiin luokkiin, esimerkiksi luokittelun kolmannella tasolla alaluokkia on 44. Kansallista käyttöä varten aineisto on tietyissä luokissa jaettu edelleen neljännelle tasolle (taulukko 4.1). Taulukossa 4.1 ei mainita niitä luokkia, joita ei esiinny Suomessa (esimerkiksi riisipellot ja oliivipuuviljelmät).

Suomalainen maankäyttöaineisto on tuotettu yhdistämällä satelliittikuvia ja olemassa olevia paikkatietoaineistoja. Paikkatietoaineistoja on käytetty maankäytön ja maaperän määrittämiseen sekä apuna satelliittikuvien tulkinnaissa. Satelliittikuvia on käytetty maanpeitetiedon hankintaan. Rakennettujen ja maatalousalueiden osalta luokitus perustuu lähinnä SLICES-maankäyttöelementtiin. Vesialueiden osalta tulkintaa on täydennetty satelliittikuvien avulla. Metsät ja harvapuustoiset alueet on tulkittu satelliittikuvista latvuspeiton (cc), puuston pituuden ja puulajien yleisyyden perusteella. Metsien maaperäkohtainen jaottelu kivennäis-, turve- ja kalliomaihin on tehty tulkitsemalla MTK:n ja Maanmittauslaitoksen PerusCD:n (peruskartta mitta-kaavassa 1:20 000) suo/soistuma-maskia ja kallio/kivikko-maskia. Kosteikkojen ja avosoiden luokittelu perustuu MTK:n aineistoihin. Näillä alueilla latvuspeitto on alle 10 %. (Törmä 2005)

Taulukko 4.1.

Alkuperäisen CLC2000-maankäyttö/maanpeiteaineiston tasot 1, 3 ja 4. (Finnish Environment Institute 2005)

TASO 1	TASO 3	TASO 4	Luokan kuvaus
1. Rakennukset	111	1110	Tiiviisti rakennetut asuinalueet
	112	1120	Väljästi rakennetut asuinalueet
	121	1210	Teollisuuden ja palveluiden alueet
	122	1220	Liikennealueet
	123	1230	Satama-alueet
	124	1240	Lentokenttäalueet
	131	1310	Maa-aineisten ottoalueet
	132	1320	Kaatopaikat
	133	1330	Rakennustyöalueet
	141	1410	Taajamien viheralueet ja puistot
	142 Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	1421	Kesämökit
		1422	Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet
	2. Maatalousalueet	211	2110
222		2220	Hedelmäpuu- ja marjapensasviljelmät
231		2310	Laidunmaat
243		2430	Pienipiirteinen maatalousmosaiikki
3. Metsät sekä avoimet kankaat ja kalliomaat	311 Lehtimetsät	3111	Lehtimetsät kivennäismaalla
		3112	Lehtimetsät turvemaalla
	312 Havumetsät	3121	Havumetsät kivennäismaalla
		3122	Havumetsät turvemaalla
		3123	Havumetsät kalliomaalla
	313 Sekametsät	3131	Sekametsät kivennäismaalla
		3132	Sekametsät turvemaalla
		3133	Sekametsät kalliomaalla
	321	3210	Luonnonniityt
	322	3220	Varvikot ja nummet
	324 Harvapuustoiset alueet	3241	Harvapuustoiset alueet , cc <10 %
		3242	Harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, kivennäismaalla
		3243	Harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, turvemaalla
		3244	Harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, kalliomaalla
		3245	Harvapuustoiset alueet tunturissa
		3246	Harvapuustoiset alueet, sähkölinjan alla
	331	3310	Rantahietikot ja dyynialueet
	332	3320	Kalliomaat
	333	3330	Niukkakasvustoiset kangasmaat
	4. Kosteikot ja avoimet suot	411 Sisämaan kosteikot	4111
4112			Sisämaan kosteikot vedessä
412 Turvesuot		4121	Avosuot
		4122	Turvetuotantoalueet
421 Merenrantakosteikot		4211	Merenrantakosteikot maalla
	4212	Merenrantakosteikot vedessä	
5. Vesialueet	511	5110	Joet
	512	5120	Järvet
	523	5230	Meri

Tässä tutkimuksessa alkuperäisestä CLC2000-maankäyttö/maanpeiteaineistosta on tehty yleistys (taulukko 4.2). Yleistyksessä alkuperäinen neljännen tason luokkajako on tiivistetty 14 luokkaan, koska tiheämmälle luokitukselle ei ole löydettävissä vesistökuormituksen laskennassa tarvittavia ominaiskuormituslukuja. Esimerkiksi maatalousalueet on yleistyksessä luokiteltu viljeltyyn ja nurmipeltoon ja metsät on jaoteltu omiin luokkiinsa puuston tiheyden ja maaperän perusteella.

Taulukko 4.2.

Yleistys alkuperäiselle maankäyttöaineistolle.

YLEISTYS	CLC2000-maankäyttö/maanpeiteaineisto		
	Taso 3	Taso 4	Luokan kuvaus
1. Vesi	511	5110	Joet
	512	5120	Järvet
	523	5230	Meri
2. Viljelty pelto	211	2110	Pellot
	222	2220	Hedelmäpuu- ja marjapensasviljelmät
3. Nurmipelto	231	2310	Laidunmaat
	243	2430	Pienipiirteinen maatalousmosaiikki
4. Rakennettu ala	111	1110	Tiiviisti rakennetut asuinalueet
	112	1120	Väljästi rakennetut asuinalueet
	121	1210	Teollisuuden ja palveluiden alueet
	122	1220	Liikennealueet
	123	1230	Satama-alueet
	124	1240	Lentokenttäalueet
	131	1310	Maa-aineisten ottoalueet
	132	1320	Kaatopaikat
	133	1330	Rakennustyöalueet
	141	1410	Taajamien viheralueet ja puistot
	142	1421	Kesämökkit
	142	1422	Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet
5. Avosuo	412	4121	Avosuot
6. Kosteikot	411	4111	Sisämaan kosteikot maalla
	411	4112	Sisämaan kosteikot vedessä
	421	4211	Merenrantakosteikot maalla
	421	4212	Merenrantakosteikot vedessä
7. Harvapuustoinen, cc <10 %	321	3210	Luonnonniityt
	322	3220	Varvikot ja nummet
	324	3241	Harvapuustoiset alueet, cc <10 %
	331	3310	Rantahietikot ja dyynialueet
	332	3320	Kalliomaat
	333	3330	Niukkakasvustoiset kangasmaat
8. Harvapuustoinen, cc 10–30 %, kivennäismaa	324	3242	Harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, kivennäismaalla
	324	3244	Harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, kalliomaalla
	324	3246	Harvapuustoiset alueet, sähkölinjan alla
9. Harvapuustoinen, cc 10–30 %, turvema	324	3243	Harvapuustoiset alueet, cc 10–30 %, turvemaalla
10. Lehtimetsä kivennäismaalla	311	3111	Lehtimetsät kivennäismaalla
	313	3131	Sekametsät kivennäismaalla

YLEISTYS	CLC2000-maankäyttö/maanpeiteaineisto		
	Taso 3	Taso 4	Luokan kuvaus
11. Lehtimetsä turvemaalla	311	3112	Lehtimetsät turvemaalla
	313	3132	Sekametsät turvemaalla
12. Havumetsä kivennäismaalla	312	3121	Havumetsät kivennäismaalla
13. Havumetsä turvemaalla	312	3122	Havumetsät turvemaalla
14. Metsä kalliomaalla	312	3123	Havumetsät kalliomaalla
	313	3133	Sekametsät kalliomaalla

RiverLifeGIS-paikkatietotyökalu laskee suoraan valuma-alueelta järveen kohdistuvan ulkoisen ravinnekuormituksen jokaisen maankäyttömuodon pinta-alan (A_i) perusteella. Jokaiselle eri maankäyttömuodolle on määritetty oma pinta-alaperusteinen ominaiskuormitusluku (k_i). Tällöin tietyn maankäyttömuodon ravinnekuormitus (K_i) voidaan yksinkertaisesti laskea ko. maankäyttömuodon pinta-alan A_i avulla:

$$K_i = k_i A_i \quad (1)$$

Tässä tutkimuksessa ominaiskuormituksen arvoina on käytetty olemassa olevassa lähdekirjallisuudessa esitettyjä lukuja (taulukko 4.3). Eri toimintojen aiheuttamasta ravinnekuormituksesta on olemassa runsaasti tutkimustietoa, joista on pyritty löytämään mahdollisimman hyvin tutkimusalueelle soveltuvia kertoimia.

Taulukko 4.3.

Ulkoisen ravinnekuormituksen laskennassa käytetyt pinta-alakohtaiset ominaiskuormitukset maankäyttöluokittain.

Ulkoisen kuormituksen osatekijä	Maankäyttöluokka (yleistys)	Ominaiskuormitus (kg/km ² a)		Lähde ja/tai oletus
		P	N	
Laskeuma	1. Vesi	8	283	P&N: Lapin ympäristökeskuksen ominaislaskeuma, joka perustuu alueella sijaitsevien laskeumaseuranta-asemien vuotuisiin laskeumakeskiarvoihin (Vesistökuormituksen arviointimalli VEPS 2.0)
Viljelty pelto	2. Viljelty pelto	100	1700	P: Jämsen 1994 & SYKEN kasvi-, maalaji- sekä kaltevuustietoihin perustuva koko Suomen kattava mallinnus (VEPS 2.0) N: Viitasaari 1990
Nurmipelto	3. Nurmipelto	60	900	P: Viikinkoski & Hynninen 1993 N: Lakso & Viitasaari 1990
Hulevedet	4. Rakennettu alue			
	Rivi- ja kerrostalo-alueet	38	884	P&N: Peltola-Thies 2005
	Pientaloalueet	24	495	
	Keskusta-alueet	142	725	P&N: Melanen 1981
	Liikennealueet	41	300	
	Teollisuusalueet	86	290	
	Puistoalueet	53	480	P&N: Kuusisto 2002
Muu	5. Avosuo	4	130	P&N: 42 luonnontilaisen, pienen valuma-alueen keskimääräinen huuhtouma (VEPS 2.0)
	6. Kosteikot			
	7. Harvapuustoinen, cc <10 %			

Ulkoisen kuormituksen osatekijä	Maankäyttöluokka (yleistys)	Ominaiskuormitus (kg/km ² a)		Lähde ja/tai oletus
		P	N	
Hakkuu kivennäismaalla	8. Harvapuustoinen, cc 10–30 %, kivennäismaa	8	200	P&N: Ahtiainen & Huttunen 1995, (Nurmes-tutkimus, 5. vuoden keskiarvo Kivipuro)
Hakkuu turvemaalla	9. Harvapuustoinen, cc 10–30 %, turvema	80	300	P&N: Alatalo 2000 (Nurmes-tutkimus, 3. vuoden keskiarvo Murtopuro)
Metsät kivennäismaalla	10. Lehtimetsä kivennäismaalla	5	90	P&N: Markkanen ym. 2001
	12. Havumetsä kivennäismaalla			
	14. Metsä kallio- maalla			
Metsät turvemaalla	11. Lehtimetsä turvemaalla	11	170	P: Alatalo 2000 (Nurmes-tutkimus) N: Markkanen ym. 2001
	13. Havumetsä turvemaalla			
Haja-asutus (g/as d)		2,2	14	P&N: Viirret 2000
Loma-asutus (kg/loma-asunto a)		0,18	0,66	P&N: Viitasaari 1990
Karjatalous (kg/ey a)		0,44	2,5	P&N: Viitasaari 1990
Luonnonhuuhtouma (kg/km ² a)		4	130	P&N: 42 luonnontilaisen, pienen valuma-alueen keskimääräinen huuhtouma (VEPS 2.0)

Hulevesien aiheuttama kuormitus on otettu huomioon ainoastaan Pöyliöjärven konainsravinnekuormituksessa, koska valuma-alueen yläpuolinen osa on Kemijärven kaupungin keskustaa. Muiden sivujärvien valuma-alueella hulevesien merkitystä ei ole huomioitu.

Haja- ja loma-asutuksen aiheuttamat ravinnekuormitukset on lisätty lopullisiin tuloksiin. Haja-asutuksen aiheuttama ulkoinen kuormitus on laskettu asukasta kohden ja loma-asutuksen kuormitus loma-asuntoa kohden. Laskennassa ei ole otettu huomioon rakennusten etäisyyttä vesistöä. Laskenta perustuu valuma-alueilla vakituisesti asuvien henkilöiden ja loma-asuntojen lukumääriin. Asukasmäärät on arvioitu Kemijärven kaupungin väestö osa-alueittain vuonna 2005 -sähköisen dokumentin ja kirjallisena tiedonantona saatujen valuma-alueiden loma- ja asuinrakennusten lukumäärien ja sijaintikarttojen avulla (Pöyliö 2005).

Karjatalouden aiheuttamat ravinnekuormitukset on lisätty lopullisiin tuloksiin. Karjatalouden aiheuttama kuormitus on laskettu Kemijärven–Pelkosenniemen elinkeinoyksikön / maaseututoimiston kirjallisen tiedonannon (Heikkilä 2005) perusteella (taulukko 4.4).

Taulukko 4.4.

Valuma-aluekohtaiset karjatalouden eläinmäärät (Heikkilä 2005).

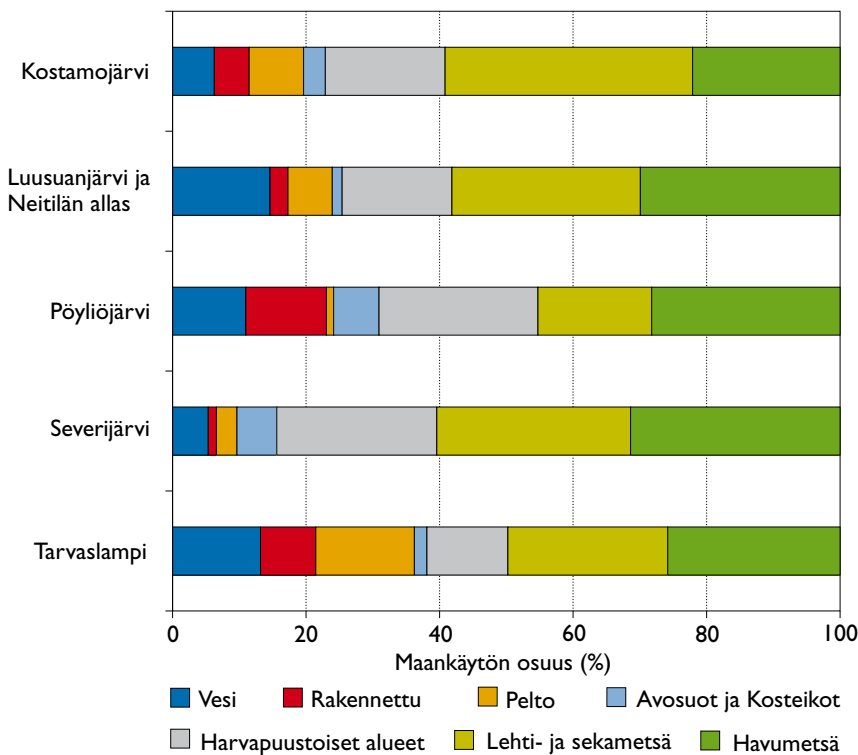
Valuma-alue	Tilojen lukumäärä	Eläinmäärä (nautayksikköä)
Kostamojärvi	6	159
Luusuanjärvi ja Neitilän allas	1	15
Pöyliöjärvi	1	9
Severijärvi	1	22
Tarvaslampi	2	40

Ulkoisen kuormituksen laskennassa on ajateltu, ettei ominaiskuormituslukuihin sisälly luonnonhuuhtouman osuutta. Tästä syystä jokaiselle valuma-alueelle on laskettu erikseen alueen luontainen huuhtouma. Luonnonhuuhtouman laskennassa pinta-alana on käytetty valuma-alueen maa-alaa. Tällä tavalla laskettu huuhtouman arvo on todennäköisesti hieman yliarvioitu, koska mm. käsittelemättömien metsämaiden aiheuttama kuormitus on laskettu kahteen kertaan.

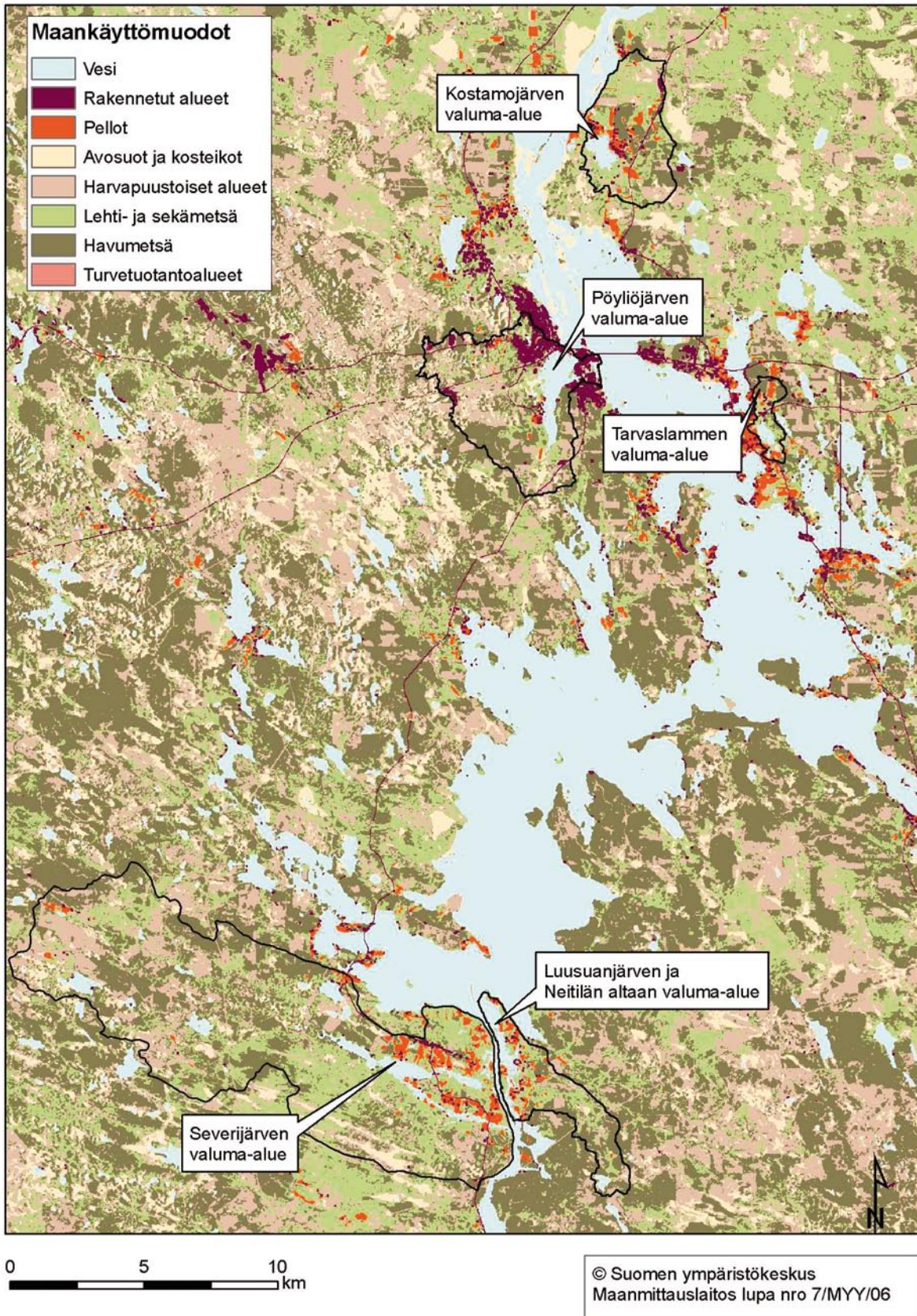
4.1.2

Sivujärviin kohdistuva ulkoinen ravinnekuormitus

Sivujärvien valuma-alueiden maankäyttömuotojen osuudet eivät poikkea toisistaan kovinkaan paljoa (kuva 4.2). Maankäytön jakautumisesta voidaan nähdä, että tutkitavien järvien valuma-alueet ovat suurimmaksi osaksi metsämaata, jossa latvuspeitto on yli 30 %. Ainoastaan Pöyliöjärvellä metsämaan osuus on alle 50 % koko valuma-alueen pinta-alasta. Rakennetun alueen (sis. tiet, päällystetyt katutasot, asuinrakennukset jne.) osuus on suurin Pöyliöjärvellä, koska järven lähivaluma-alueen pohjoisosa on Kemijärven kaupunkialuetta. Tarvaslammella peltopinta-alan osuus maankäytöstä on selvästi tutkitavista valuma-alueista suurin, noin 15 % valuma-alueen pinta-alasta. Avosoiden ja kosteikkojen pinta-alaosuudet ovat kaikilla valuma-alueilla melko pieniä. Karttakuva kohdejärvien valuma-alueiden maankäytöstä on esitetty kuvassa 4.3.



Kuva 4.2. Sivujärvien valuma-alueiden eri maankäyttömuotojen jakautuminen prosenttiosuuksina koko valuma-alueen pinta-alasta.



Kuva 4.3. Sivujärvien valuma-alueiden maankäyttö.

Kun summataan kaikki sivujärviin kohdistuvat ulkoisen fosfori- ja typpikuormituksen osatekijät, saadaan laskettua järviin kohdistuva ulkoinen kokonaisravinnekuormitus. Taulukoissa 4.5 ja 4.6 on esitetty kokonaisfosforikuormituksen suuruus kuormituslähteittäin ja kuormituksen suuruus suhteessa valuma-alueen ja järven suuruuteen. Taulukoissa 4.7 ja 4.8 on typpikuormituksen vastaavat tulokset.

Taulukko 4.5.

Kemijärven sivujärvien valuma-alueiden laskennalliset fosforin vuosikuormitukset.

Kuormituslähte		Kostamo-järvi	Luusuanjärvi ja Neitilän allas	Pöyliöjärvi	Severijärvi	Tarvas-lampi
Peltoviljely	kg/a	105	66	21	256	35
Karjatalous	kg/a	69	7	4	10	17
Haja- ja loma-asutus	kg/a	104	15	16	75	28
Kaupunkialueen hulevedet	kg/a			177		
Metsätalous	kg/a	126	85	137	945	14
Ilmalaskeuma	kg/a	7	15	23	43	3
Luonnonhuuhtouma	kg/a	54	42	91	381	10
Kokonaiskuormitus	kg/a	465	230	469	1 710	107

Taulukko 4.6.

Kohdejärvien valuma-alueiden kuormituksen suuruus suhteessa valuma-alueen maapinta-alaan sekä järven pinta-alaan ja tilavuuteen.

Kuormitus suhteessa		Kostamo-järvi	Luusuanjärvi ja Neitilän allas	Pöyliöjärvi	Severijärvi	Tarvas-lampi
Valuma-alueen ala	kg/km ² a	34	20	20	17	38
Järven ala	kg/ha a	5,2	1,4	1,6	5,9	27
Järven tilavuuteen	kg/milj.m ³ a	369	35	57	393	956

Taulukko 4.7.

Kemijärven sivujärvien valuma-alueiden laskennalliset typen vuosikuormitukset.

Kuormituslähte		Kostamo-järvi	Luusuanjärvi ja Neitilän allas	Pöyliöjärvi	Severijärvi	Tarvas-lampi
Peltoviljely	kg/a	1 744	1 075	333	4 188	585
Karjatalous	kg/a	390	38	23	55	100
Haja- ja loma-asutus	kg/a	437	61	67	314	117
Kaupunkialueen hulevedet	kg/a			1 647		
Metsätalous	kg/a	1 364	1 062	1 224	9 174	180
Ilmalaskeuma	kg/a	256	515	797	1 524	102
Luonnonhuuhtouma	kg/a	1 761	1 382	2 970	12 385	312
Kokonaiskuormitus	kg/a	5 952	4 133	7 061	27 640	1 396

Taulukko 4.8.

Kohdejärvien valuma-alueiden kuormituksen suuruus suhteessa valuma-alueen maapinta-alaan sekä järven pinta-alaan ja tilavuuteen.

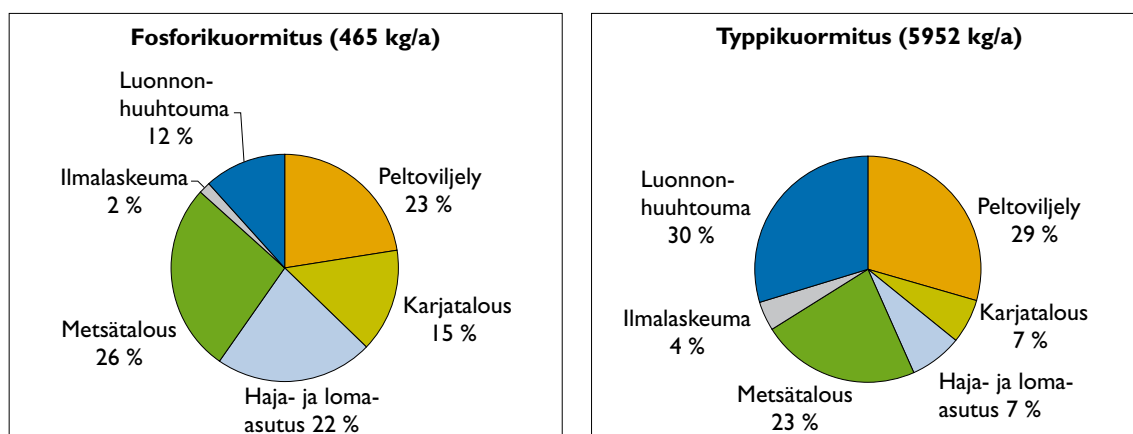
Kuormitus suhteessa		Kostamo-järvi	Luusuanjärvi ja Neitilän allas	Pöyliöjärvi	Severijärvi	Tarvas-lampi
Valuma-alueen ala	kg/km ² a	420	334	276	267	475
Järven ala	kg/ha a	66	26	24	95	349
Järven tilavuuteen	kg/milj. m ³ a	4 724	630	858	6 354	12 470

On todennäköistä, että valuma-alueilta järviin kohdistuvan ulkoisen kuormituksen laskennalliset arvot ovat todellista tilannetta suurempia, koska ravinteiden sedimentoitumista valuma-alueen yläpuolisiin järvi-altaisiin ei ole mitenkään huomioitu. Tämän lisäksi metsätaloudesta aiheutuvan kuormituksen arviointi on tehty pelkästään maankäyttöaineiston perusteella, koska valuma-alueilla tehdyistä metsätaloustoimenpiteistä kuten ojituksista, lannoituksista tai hakkuista ei ole ollut tarkkaa tietoa. Esimerkiksi kaikki harvapuustoiset alueet, joiden latvuspeitto (cc) on 10–30 %, on oletettu hakkuualueiksi. Tämän vuoksi metsätalouden aiheuttamat kuormitukset ovat karkeita arvioita ja todennäköisesti liian suuria. Tehdyissä kuormituslaskelmissa on myös oletettu, ettei käytettyihin ominaiskuormituslukuihin sisälly luonnonhuuhtouman osuutta ja huuhtouma on laskettu kaikille valuma-alueille erikseen. Tämän vuoksi esim. harvapuustoisilta varvikkoalueilta, käsittelemättömiltä metsäalueilta ja avosoilta tuleva kuormitus on laskettu kuormitustuloksiin kahteen kertaan.

RLGIS-työkalun avulla voidaan suhteellisen helposti määrittää valuma-alueilta järviin kohdistuvan ulkoisen kuormituksen suuruus. RLGISin käyttäminen kuormitus selvityksen tekemisessä säästää myös aikaa ja resursseja verrattuna perinteiseen tapaan tehdä valuma-alueen kuormitus selvitys. Laskentaa varten tarvitaan kuitenkin erilaisia paikkatietoaineistoja, jotka ovat kalliita. Ohjelmalla laskettujen kuormitustulosten luotettavuuden parantamiseksi tarvitaan tietoja mm. valuma-alueella tehdyistä metsätaloustoimenpiteistä, haja-asutuksen määristä ja käytössä olevista vesienkäsittelymenetelmistä, maatalouden viljelymenetelmistä, käytetyistä lannoitteista, karjamääristä, lannan varastoinnista jne, joten RLGIS-ohjelman käyttö ei sulje pois erillisten maastokäyntien ja/tai kyselyiden tarpeellisuutta.

Kostamojärvi

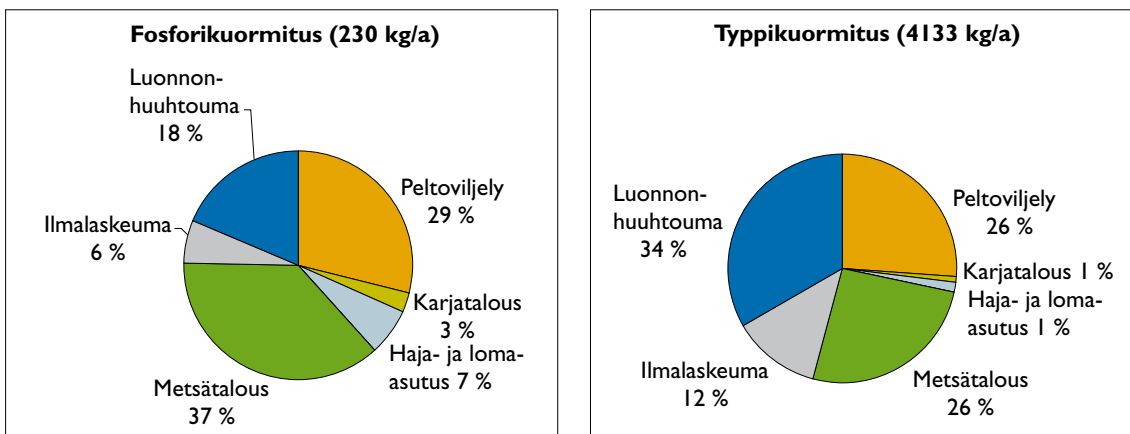
Kostamojärveen kohdistuu vuodessa 465 kg:n fosforikuormitus ja 5 952 kg:n typpi-kuormitus. Kuvassa 4.4 on esitetty Kostamojärven eri kuormituslähteiden ja luonnonhuuhtouman osuus järveen kohdistuvasta kokonaisfosfori- ja typpikuormituksesta. Suurin ulkoinen ravinnekuormittaja Kostamojärven valuma-alueella on maatalous, johon sisältyvät sekä peltoviljelyn että karjatalouden aiheuttamat kuormitukset. Haja- ja loma-asutuksen aiheuttaman fosforikuormituksen osuus on myös suuri. Kostamojärven valuma-alueelta tuleva kuormitus suhteessa valuma-alueen maapinta-alaan on kohdejärvistä toiseksi suurin.



Kuva 4.4. Kostamojärveen kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen jakautuminen kuormituslähteittäin.

Luusuanjärvi ja Neitilän allas

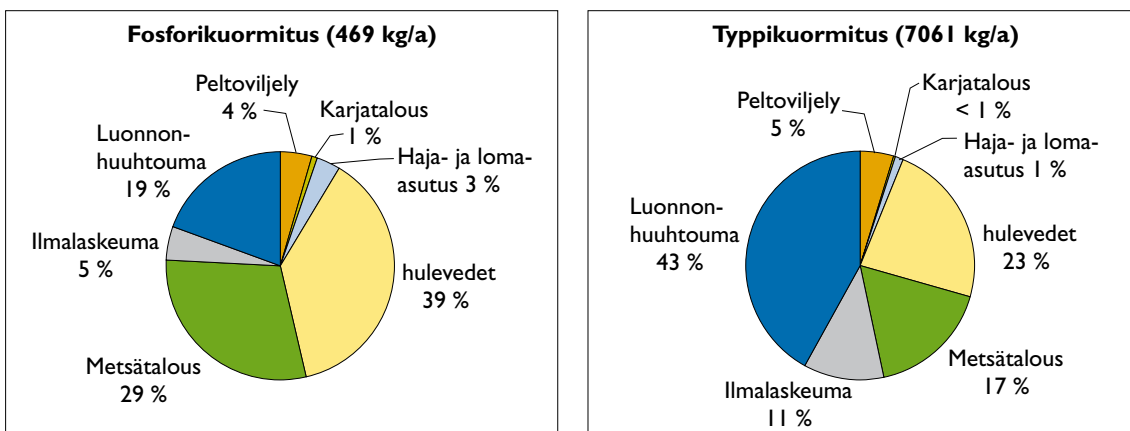
Luusuanjärveen kohdistuu vuodessa 230 kg:n fosforikuormitus ja 4 133 kg:n typpi-kuormitus (kuva 4.5). Luusuanjärvellä suurin kuormitus tulee luonnonhuuhtoumana, koska metsätalouden kuormitukset ovat todennäköisesti esitettyä pienempiä. Peltoviljelyn osuus ulkoisesta kuormituksesta on myös melko suuri. Luusuanjärven ja Neitilän altaan valuma-alueelta tulevan kuormituksen määrä suhteessa valuma-alueen maapinta-alaan sekä järven vesipinta-alaan ja tilavuuteen on pieni.



Kuva 4.5. Luusuanjärveen ja Neitilän altaaseen kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen jakautuminen kuormituslähteittäin.

Pöyliöjärvi

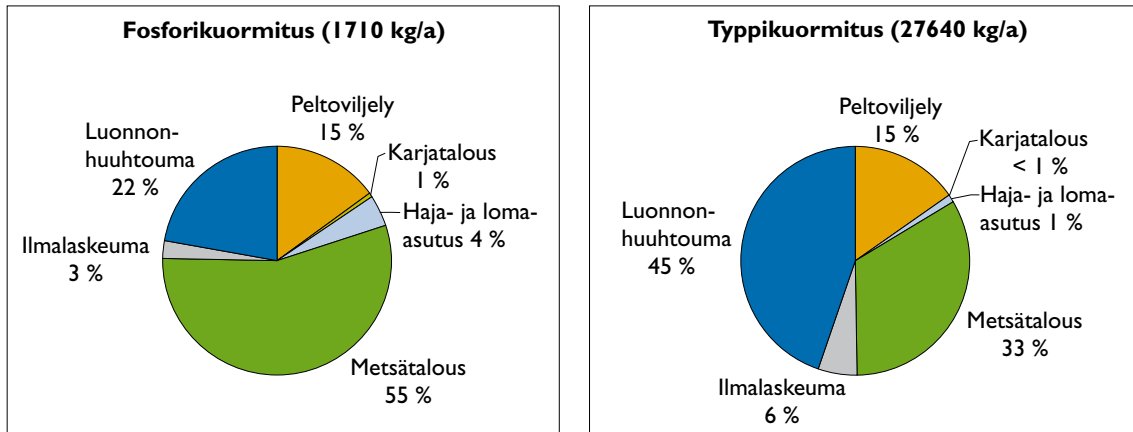
Pöyliöjärveen kohdistuu vuodessa 469 kg:n fosforikuormitus ja 7 061 kg:n typpikuormitus. Pöyliöjärvi on kohdejärvistä ainoa, jonka ulkoisen kuormituksen laskennassa on huomioitu hulevedet. Saatujen tulosten perusteella hulevesillä on suuri osuus järveen kohdistuvasta kokonaiskuormituksesta (kuva 4.6). Valuma-alueella on lumienkeruukaatopaikka, josta aiheutuva kuormitus on pyritty huomioimaan hulevesien laskennassa. Kuitenkaan tarkkoja tietoja esimerkiksi lumimääristä ei ole ollut saatavilla. Pöyliöjärven valuma-alueella muista kohdejärvistä poiketen peltoviljelyn osuus ulkoisesta kuormituksesta on pieni.



Kuva 4.6. Pöyliöjärveen kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen jakautuminen kuormituslähteittäin.

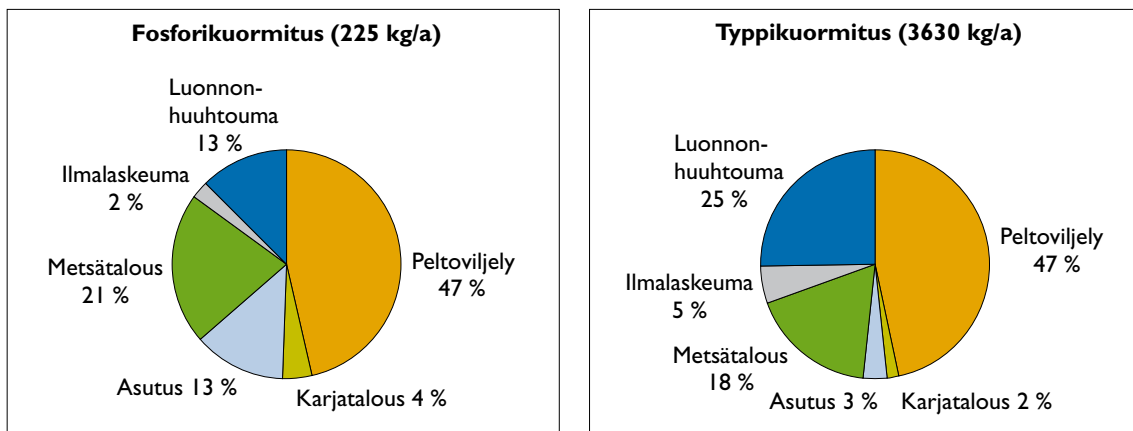
Severijärvi

Severijärveen, Karjakanselkä mukaan luettuna, kohdistuu vuodessa 1 710 kg fosforikuormitusta ja 27 640 kg typpikuormitusta (kuva 4.7). Severijärven valuma-alue on pinta-alaltaan muita kohdejärviä isompi, ja sen vuoksi vuotuiset kokonaiskuormitusarvot ovat suurempia. Severijärven valuma-alueesta suurin osa on metsämaata, jolla harjoitetaan metsätaloutta. Metsätalous onkin järven suurin fosforikuormittaja. Severijärven fosfori- ja typpikuormitus suhteessa valuma-alueen maapinta-alaan on tutkittavista sivujärvistä pienin, mutta kuormitus suhteessa järven pinta-alaan tai tilavuuteen on toiseksi suurin.



Kuva 4.7. Severijärveen kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen jakautuminen kuormituslähteittäin.

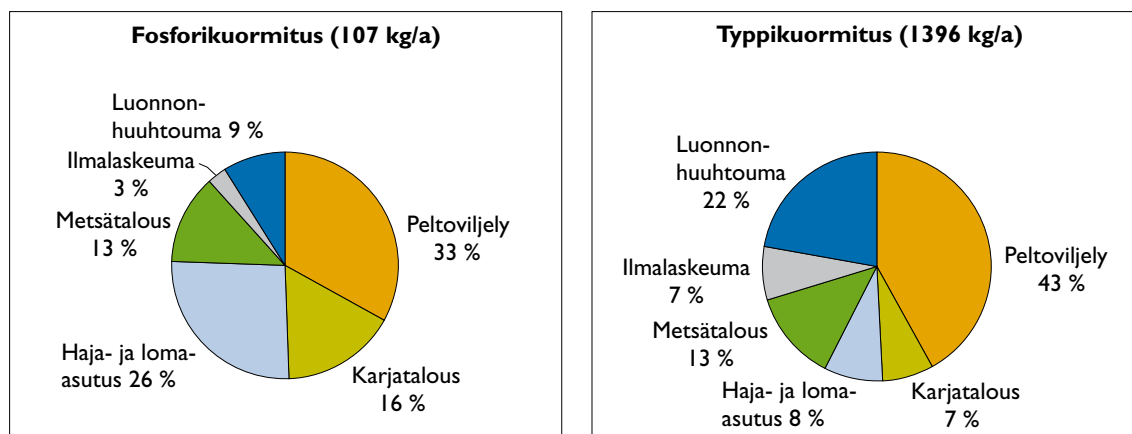
Severijärvellä maatalous ja asutus on keskittynyt pääasiassa Karjakanselän alueelle, mikä voidaan havaita myös fosfori- ja typpikuormituksen jakautumisesta (kuva 4.8). Karjakanselälle kohdistuu vuodessa 225 kg fosforikuormitusta ja 3 630 kg typpikuormitusta. Karjakanselkä on muusta järvestä eristyksiin jäävä osa, jonka vesi vaihtuu muuta järveä heikommin ja veden laatu on muuta järveä huonompi.



Kuva 4.8. Severijärven Karjakanselälle kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen jakautuminen kuormituslähteittäin.

Tarvaslampi

Tarvaslampeen kohdistuu vuodessa arviolta 107 kg:n fosforikuormitus ja 1 396 kg:n typpikuormitus. Tarvaslammen valuma-alueella suurin fosfori- ja typpikuormittaja on maatalous, jonka osuus kokonaiskuormituksesta on noin 50 % (kuva 4.9). Haja- ja loma-asutuksen aiheuttaman fosforikuormituksen osuus Tarvaslammella on suuri kuten myös Kostamojärvellä. Tarvaslammen valuma-alueelta tuleva kuormitus on hyvin suuri verrattuna siihen, miten pieni valuma-alueen pinta-ala on. Tarvaslammen valuma-alueen ulkoinen ravinnekuormitus suhteessa valuma-alueen maapinta-alaan, järven vesipinta-alaan tai järven tilavuuteen on kohdejärvistä selvästi suurin.



Kuva 4.9. Tarvaslampeen kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen jakautuminen kuormituslähteittäin.

4.2

Sisäinen kuormitus

Järven pohjaan kerrostuva sedimentti muodostuu valuma-alueelta tulevasta ja järven sisällä syntyvästä aineksesta. Hyväkuntoisessa järven kiintoainesta ja ravinteita sedimentoituu järven pohjalle enemmän kuin pohjasta eri prosessien kautta vapautuu uudelleen takaisin vesifaasiin ja järven sisäiseen kiertoon. Terveen järven pohjasedimentti toimii ravinteiden sitojana ja pysyvänä varastona. Eri prosessien seurauksena ravinteiden vapautuminen sedimentistä voi kuitenkin kiihtyä ja kasvaa sedimentaatiota suuremmaksi. Tätä ilmiötä kutsutaan järven sisäiseksi kuormitukseksi.

Sedimenttikerroksia analysoimalla saadaan tietoa järven kohdistuneen kuormituksen historiasta. Lisäksi tuloksista voidaan arvioida järven potentiaalista sisäistä kuormitusta. Vaikka ulkoinen kuormitus vähenisikin, saattaa fosforin ja typen sisäinen kierto pitää järven edelleen rehevänä tai jopa pahentaa tilannetta. Fosforista vain osa on helposti vapautuvaa fosforia osan ollessa tiukasti sitoutuneena rauta- ja alumiiniyhdisteisiin, joista se voi vapautua liukoiseen muotoon sopivissa olosuhteissa. Rehevöityneissä järvissä rautaan ja alumiiniin sitoutunutta fosforia liukenee helposti veteen, kun alusvesi muuttuu hapettomaksi. Sisäisen kuormituksen kannalta oleellinen seikka on myös, onko olemassa mekanisme, jolla pohjasta vapautuva fosfori kulkeutuu kasvukauden aikana päällysveteen. Tärkeitä kuljetusmekanismeja fosforin kulussa pohjasta veteen levien käyttöön on pohjaeläinten ja kalojen aiheuttama sedimentin sekoittuminen ja metaanikäymisestä johtuva kaasunmuodostus. Matalissa järvissä tuulen vesimassaa ja pintasedimenttiä sekoittava vaikutus on tärkein mekanismi. Typen pidättymiseen pohjaan ja uudelleen vapautumiseen vesimassaan vaikuttavat prosessit ovat monimutkaisempia kuin fosforin ja niitä tunnetaan huominnin.

Sisäisen kuormituksen suuruutta on hyvin hankala arvioida. Sen merkitys huomataan yleensä vasta silloin, kun ulkoista kuormitusta vähennetään, mutta järven tila ei paranekaan. Hyvä sisäisen kuormituksen tuntomerkki on fosforipitoisuuden kohoaminen sellaisina ajanjaksoina, kun järveen ei tule merkittävää ulkoista kuormitusta, kuten kuivat kesät ja talvi. Matalissa järvissä voi pitoisuutta kesällä nostaa etenkin särkikalojen aiheuttama pohjan pöyhintä ja talvella happikato. Myös kova tuuli saattaa kesällä nostaa pitoisuuksia.

4.2.1

Aineisto ja menetelmät

Järven fosforipitoisuuden ennustamiseen on laadittu useita yksinkertaisia matemaattisia malleja, joiden perusteella voidaan arvioida myös sisäisen kuormituksen merkitystä. Erilaisia malleja on esitelty mm. Friskin (1978) tekemässä selvityksessä. Typelle yksinkertaisia malleja ei ole olemassa, joten typen sisäistä kuormitusta ei ole voitu sivujärvillä arvioida. Malleja käytettäessä on aina huomioitava, että tuloksiin sisältyy epävarmuutta ja joissakin tapauksissa mallien soveltuvuus voi olla huono.

Sisäisen fosforikuormituksen merkitystä järvissä arvioitiin fosforin kiertoa kuvaavan Lappalaisen mallin avulla (Frisk 1978). Lappalaisen mallille on käytössä seuraava soveltuvuusehto:

$$6,1 \times \left(\frac{c_i}{T} \right)^{0,35} < c_0 < 23 \times \left(\frac{c_i}{T} \right)^{0,6} \quad 2)$$

missä c_1 = fosforin keskimääräinen pitoisuus tulevassa vedessä eli aineen alkupitoisuus [mg/m^3],
 c_0 = poistuvan veden todellinen fosforipitoisuus [mg/m^3] ja
 T = järven veden viipymä [kk].

Aineen alkupitoisuus c_1 laskettiin järveen kohdistuvan ulkoisen fosforikuormituksen ja virtaaman vuosikeskiarvon perusteella. Sivujärvien keskivaluma on noin 11 l/s km^2 . Sivujärvien poistuvan veden todellisina pitoisuuksina c_0 käytettiin vuosina 1995–2004 otettujen näytteiden keskiarvoja (Hertta-tietojärjestelmä). Tulevan ja poistuvan veden keskimääräiset fosforipitoisuudet, järvien viipymät ja Lappalaisen mallin soveltuvuusehdon rajat on esitetty taulukossa 4.9.

Taulukko 4.9.

Sisäisen kuormituksen mallinnuksessa käytetyt fosforipitoisuudet ja mallin soveltuvuus.

	Kostamo-järvi	Luusuan-järvi	Pöyliö-järvi	Severijärvi		Tarvaslampi
				Pääallas	Karjakanselkä	
c_1 (mg/m^3)	54,9	46,0	30,8	45,8	83,3	118,9
T (kk)	1,6	15,8	9,8	1,4	3,3	1,5
Soveltuvuusehdon yläraja	57,7	30,4	34,5	57,2	53,4	71,8
Soveltuvuusehdon alaraja	21,1	8,9	10,5	20,8	19,0	28,2
c_0 (mg/m^3)	58,1	14,5	18,6	32,1	42,9	60,8
Mallin soveltuvuus	ei	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä

Tuloksien mukaan sivujärvistä ainoastaan Kostamojärvi ei täytä Lappalaisen mallin soveltuvuusehtoa, koska nyt poistuvan veden todellinen fosforipitoisuus c_0 on suurempi kuin soveltuvuusehdon yläraja. Kostamojärven tapauksessa kyseisissä lukuarvoissa ei ole suurta eroa, joten Lappalaisen mallia sovellettiin myös Kostamojärven sisäisen kuormituksen arviointiin, vaikka mallin soveltuvuus ei olisikaan tässä tapauksessa kovin hyvä.

Pidättymiskertoimella R tarkoitetaan suhdelukua, joka kuvaa, kuinka paljon tulevasta fosforikuormituksesta sedimentoituu järveen eli yksinkertaisesti esitettynä

$$R = \frac{(c_I - c_0)}{c_I} \quad (3)$$

Pidättymiskerroin voidaan Lappalaisen mallin mukaan esittää yhtälönä

$$R = 0,9 \frac{(c_I - 6)T}{200 + (c_I - 6)T} \quad (4)$$

Vertaamalla todellisten havaintojen perusteella ensimmäisestä yhtälöstä lasketua pidättymiskerrointa (3) Lappalaisen mallin antamaan kertoimeen (4) voidaan tehdä päätelmiä sisäisen kuormituksen merkityksestä. Sitä voidaan arvioida myös ratkaisemalla ylimmästä kaavasta poistuvan veden fosforipitoisuus C_0 ja vertaamalla havaittuja ja mallilla laskettuja poistuvan veden fosforipitoisuuden arvoja. Lappalainen on yleisesti todennut, että pidättymiskerroin kasvaa kuormituksen ja järven fosforipitoisuuden kasvaessa (Frisk 1978). Siis mitä suurempi tulevan veden fosforipitoisuus on, sitä runsaammin fosforia pidättyy pohjasedimenttiin.

4.2.2

Arvio sisäisestä kuormituksesta

Kostamojärvi

Kostamojärven vuosina 1992–2004 otettujen näytteiden fosforin keskimääräinen pitoisuus oli 58,1 µg/l. Järveen tulevan ja siitä poistuvan veden fosforipitoisuuksien perusteella laskettiin Kostamojärvelle todellinen pidättymiskerroin. Kostamojärven pidättymiskertoimeksi kyseisenä aikana saatiin negatiivinen luku. Tämä tarkoittaa, ettei järveen tulevasta fosforista yhtään pidäty järveen. Lappalaisen mallilla laskettu pidättymiskerroin kuvaa tilannetta, jossa järveä kuormittaisi pelkkä ulkoisen kuormituksen suuruinen fosforimäärä. Mallilla saatiin kertoimen arvoksi 0,21, eli 21 % tulevasta fosforista pidättyy järveen ja 79 % poistuu järvestä. Havaintojen mukaan järveen ei pidättynyt yhtään fosforia. Laskentatuloksista voidaan todeta, että järven sedimentin fosforinpidätyskyky on mallinnettua tilannetta heikompi tai järvessä on sisäistä kuormitusta.

Edellistä laskettua tulosta tukee myös vertailu havaittujen ja mallilla laskettujen poistuvan veden fosforipitoisuuksien välillä. Mallilla saadaan Kostamojärvestä lähtevän veden fosforipitoisuuden arvoksi 41 µg/l. Todellisuudessa lähtevän veden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 58,1 µg/l. Saadut tulokset viittaavat siihen, että Kostamojärvessä olisi sisäistä kuormitusta.

Luusuanjärvi

Luusuanjärven syvänteen pintaveden näytteiden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 14,5 µg/l. Laskennassa Luusuanjärven todelliseksi pidättymiskertoimeksi saatiin 0,69, ja Lappalaisen mallilla laskettuna pidättymiskerroin oli 0,68. Luusuanjärven tapauksessa havaintojen avulla ennustettu pidättymiskerroin oli lähes sama kuin mallinnettu kerroin, eli järveen pidättyy fosforia saman verran kuin malli ennustaa.

Luusuanjärven poistuvan veden fosforipitoisuuden mallinnettu arvo oli hieman todellista arvoa suurempi. Voidaan siis päätellä, ettei Luusuanjärvi kärsi sisäisestä kuormituksesta.

Pöyliöjärvi

Pöyliöjärven tulevan veden keskimääräinen fosforipitoisuus oli vuosina 1995–2004 otettujen näytteiden perusteella 18,6 µg/l. Pöyliöjärven pidättymiskertoimeksi havaittujen arvojen perusteella saatiin 0,60, eli 60 % tulevasta fosforista pidättyy järveen ja 40 % poistuu järvestä. Lappalaisen mallin pidättymiskerroin oli sama kuin todellinen pidättymiskerroin. Pöyliöjärvessä fosforia pidättyy sedimenttiin havaintojen mukaan saman verran kuin malli ennustaa, eli poistuvan veden havaittu fosforipitoisuus ja mallinnettu pitoisuus ovat yhtä suuria. Tuloksien mukaan Pöyliöjärvessä ei olisi sisäistä kuormitusta.

Severijärvi

Severijärven syvänteen näytteiden keskimääräinen fosforipitoisuus oli tutkimusjaksolla 32,1 µg/l. Karjakanselällä fosforipitoisuuksien keskiarvo oli muuta järveä huomattavasti suurempi, noin 42,9 µg/l. Havaittujen arvojen perusteella laskettuna Severijärven pidättymiskertoimeksi saadaan 0,30 ja Karjakanselän kertoimeksi 0,49. Lappalaisen mallilla pidättymiskertoimien arvoiksi saatiin 0,19 ja 0,50. Severijärvessä fosforia pidättyy sedimenttiin havaintojen mukaan enemmän kuin malli ennustaa. Karjakanselällä tilanne on päinvastainen, eli fosforia pidättyy sedimenttiin havaintojen mukaan vähemmän kuin malli ennustaa, tai Karjakanselkä kärsii sisäisestä kuormituksesta.

Tuloksia tukee myös vertailu havaittujen ja mallilla laskettujen poistuvan veden fosforipitoisuuksien välillä. Severijärven lähtevän veden fosforipitoisuudeksi saatiin Lappalaisen mallilla 37 µg/l, joka on hieman pääaltaan keskimääräistä havaittua fosforipitoisuutta suurempi. Tämä viittaa siihen, ettei Severijärvessä ole sisäistä kuormitusta. Karjakanselällä lähtevän veden fosforipitoisuus Lappalaisen mallin avulla laskettuna oli 41,5 µg/l. Lähtevän veden fosforin havaittu keskipitoisuus (42,9 µg/l) on vähän mallin antamaa pitoisuutta suurempi. Tämä viittaisi siihen, että Karjakanselkä kärsisi vähäisestä sisäisestä kuormituksesta.

Tarvaslampi

Tarvaslammen kesän 2005 näytteiden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 60,8 µg/l. Laskennassa Tarvaslammen todelliseksi pidättymiskertoimeksi saatiin 0,49 ja Lappalaisen mallilla laskettuna pidättymiskerroin oli 0,41. Tarvaslammessa fosforia pidättyy sedimenttiin havaintojen mukaan enemmän kuin malli ennustaa. Lappalaisen mallilla lähtevän veden fosforipitoisuudeksi saatiin 70 µg/l, joka on suurempi kuin havaittu keskimääräinen fosforipitoisuus. Saadut tulokset viittaavat siihen, ettei Tarvaslampi ole sisäkuormitteinen.

4.2.3

Yhteenveto järviin kohdistuvasta sisäisestä kuormituksesta

Mallinnettujen tulosten perusteella ainoastaan Kostamojärveen ja Severijärven Karjakanselälle kohdistuu merkittävää sisäistä kuormitusta. Yhteenveto mallilaskelmien antamista tuloksista on esitetty taulukossa 4.10.

Taulukko 4.10.

Yhteenveto järvien sisäisestä kuormituksesta.

	Kostamo-järvi	Luusuan-järvi	Pöyliö-järvi	Severijärvi		Tarvas-lampi
				Pääallas	Karja-kanselkä	
Havaittu pidättymis-kerroin	-0,10	0,69	0,60	0,30	0,49	0,49
Lappalaisen mallilla laskettu pidättymis-kerroin	0,25	0,68	0,60	0,19	0,50	0,41
Havaittu fosforipitoisuus poistuvassa vedessä (µg/l)	58,1	14,5	18,6	32,1	42,9	60,8
Mallinnettu fosforipitoisuus poistuvassa vedessä (µg/l)	41,0	14,6	18,7	36,9	41,5	70
Sisäinen kuormitus	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Vähän	Ei

4.3

Arvio järvien kuormituksen sietokyvystä

Pengerrettyjen sivujärvien ulkoisen fosforikuormituksen suuruutta ja sen kriittisyyttä järvien kannalta arvioitiin vielä Vollenweiderin (1976) fosforimallilla. Mallilla voidaan laskea ns. sallittu fosforikuormitus, jonka järvi todennäköisesti vielä rehevöitymättä kestää, ja vaarallinen fosforikuormitus, jonka ylittyessä järvi todennäköisesti alkaa nopeasti rehevöityä. Mallin yhtälöt ovat muotoa:

$$P_a = 0,055x^{0,635} \quad (5)$$

ja

$$P_d = 0,174x^{0,469}, \quad (6)$$

missä P_a = sallittu fosforikuormitus ($\text{g}/\text{m}^2 \text{ a}$), P_d = vaarallinen fosforikuormitus ($\text{g}/\text{m}^2 \text{ a}$) ja x = järveen tuleva vesimäärä järven pinta-alayksikköä kohti vuodessa ($\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ a}$ eli m/a).

Tulokset on esitetty taulukossa 4.11. Niiden perusteella Tarvaslammen tilanne on kriittisin. Siellä ulkoinen fosforikuormitus on kolminkertainen kriittiseen kuormitukseen verrattuna, eli tällä kuormitustasolla järvi rehevöityy voimakkaasti. Paras tilanne on Pöyliöjärvellä ja Luusuanjärvellä, joissa ulkoinen kuormitus on likimain sallitun kuormituksen suuruinen. Niillä nopeasti ilmenevät rehevöitymishaitat ovat epätodennäköisiä. Kostamo- ja Severijärvellä ulkoinen kuormitus ylittää sallitun kuormituksen rajan selkeästi, mutta jää kuitenkin kriittisen rajan alapuolelle.

Taulukko 4.11.

Vollenweiderin (1976) mallilla arvioidut sallitun ja vaarallisen fosforikuormituksen raja-arvot ja lasketut ulkoiset fosforikuormitukset kohdejärvillä.

	Kostamo-järvi	Luusuan-järvi	Pöyliö-järvi	Severi-järvi	Karjakan-selkä	Tarvas-lampi
Sallittu fosforikuormitus ($\text{g}/\text{m}^2 \text{ a}$)	0,25	0,11	0,12	0,28	0,28	0,40
Vaarallinen fosforikuormitus ($\text{g}/\text{m}^2 \text{ a}$)	0,53	0,30	0,31	0,58	0,58	0,75
Laskettu ulkoinen fosforikuormitus ($\text{g}/\text{m}^2 \text{ a}$)	0,46	0,14	0,11	0,55	0,41	2,42

5 Arvio järvien kunnostustarpeesta

Tämän työn kohdejärvet ovat luonteeltaan hyvin erityyppisiä ja kärsivät erilaisista ongelmista. Siksi myös kunkin järven kunnostustarve on erilainen, ja mahdolliset kunnostusmenetelmät niiden tilan parantamiseksi vaihtelevat järvittäin. Seuraavassa on kuvattu jokaisen järven osalta sen suurimpia ongelmia ja niiden perusteella arvioitu kunnostustarvetta. Kullakin järvellä on vertailtu useiden eri kunnostustoimenpiteiden soveltuvuutta ja arvioitu niiden vaikutuksia ja käytön realistisuutta. Osa menetelmistä on voitu sulkea pois jo alustavassa arvioinnissa soveltumattomina.

Kostamojärvi

Kostamojärven tila on heikentynyt huomattavasti sen jälkeen, kun yhteys Kemijärven pääaltaaseen katkaistiin. Kostamojärveen kohdistuu melko paljon ravinnekuormitusta valuma-alueelta. Aiemmin Kemijärven veden huuhtelivat Kostamojärveä noin 11 kuukautta vuodessa, mikä kompensoi ulkoisen kuormituksen rehevöittäviä vaikutuksia. Eristettynä järvi ei ole kestänyt nykyisen suuruista kuormitusta, vaan on alkanut voimakkaasti rehevöityä. Järven pohjasedimentti ei kykene nykytilassa sitomaan ravinteita, vaan sinne varastoituneet ravinteet vapautuvat takaisin vesimassaan perustuotannon käyttöön.

Kostamojärven veden happitilanne talvella on erittäin heikko, mikä lisää ravinteiden vapautumista sedimentistä ja voi aiheuttaa kalakuolemia. Fosfori- ja typpipitoisuudet ovat edelleen korkeita, vaikka ne ovatkin alentuneet 1980-luvun tasosta. Järven perustuotantoa rajoittava mimimiravinne on todennäköisesti typpi.

Kostamojärven tilaa on pyritty parantamaan veden talviaikaisella hapetuksella joulumaaliskuussa vuodesta 1993 alkaen, ja kaksi vuotta myöhemmin aloitettiin lisävesien johtaminen Kemijärvestä kesäisin 60 päivän ajan. Lisävesien positiivisia vaikutuksia on pyritty tehostamaan samanaikaisella hapetuksella.

Jotta Kostamojärven tila voisi pitkällä aikavälillä parantua, on siihen kohdistuvaa ulkoista ravinnekuormitusta ehdottomasti rajoitettava. Varsinaisista järven kunnostusmenetelmistä on Kostamojärvellä ensisijaisesti tarkasteltu nykyisten kunnostusmenetelmien (hapetus, lisävesien johtaminen) mitoitusta ja tehostamismahdollisuuksia sekä arvioitu alustavasti ravintoketjukkunnostuksen soveltuvuutta.

Luusuanjärvi ja Neitilän allas

Aiemmin Luusuanjärven ja Neitilän altaiden alue oli osa Kemijärven luusuaa, mutta ne erotettiin omiksi järvialtaikseen Kemijärven säännöstelykanavan pengerrystöiden yhteydessä.

Luusuanjärvessä ja Neitilän altaassa ei ole havaittu vakavia veden laatuongelmia. Ravinnepitoisuudet ovat hyvin alhaiset, koska järvialtaiden valuma-alueelta tulee hyvin vähän ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Järvien tuotantoa rajoittavaa minimiravinnetta ei voida yksiselitteisesti arvioida. Vesi on hyvin kirkasta, jopa kirkkaampaa kuin Kemijärven pääaltaassa, mikä toisaalta luo vesikasvillisuudelle hyvät lisääntymismahdollisuudet. Umpeenkasvun merkkejä ei kasvillisuuskartoituksissa kuitenkaan havaittu. Luusuanjärven syvänteen pohjan lähellä (suurin syvyys 8 m) on havaittu keväisin alhaisia happipitoisuuksia, ja esim. vuonna 2005 happi loppui syvänteestä kokonaan. Järvialtailla ei ole toteutettu kunnostustoimia.

Luusuanjärven ja Neitilän altaan ongelmana on pieni valuma-alue ja siitä syystä veden erittäin pitkä viipymä (450 d), mikä voi pitkällä aikavälillä johtaa ongelmiin veden laadussa. Kunnostusmenetelminä on tarkasteltu lisävesien johtamismahdollisuuksia Kemijärvestä. Sen lisäksi on arvioitu hapetuksen vaikutuksia syvänteiden happitilanteeseen. Myös Luusuanjärvellä ja Neitilän altaalla on arvioitu alustavasti ravintoketjukurinnotuksen soveltuvuutta.

Pöyliöjärvi ja Kuumalampi

Kokonaisfosforipitoisuuksien perusteella Pöyliöjärvi kärsii lievästä rehevöitymisestä. Syvänteissä alusveden happitilanne heikkenee lopputalvella ja myös kesällä kerrostuneisuuskausina. Erityisesti kesäisin vähähappisina kausina alusveden fosforipitoisuudet kasvavat, kun fosforia vapautuu pohjasedimentistä. Kuitenkin syvänteiden pinta-ala suhteessa koko järveen on hyvin pieni, ja siksi syvänteiden alusveden ajoittaisten alhaisten happipitoisuuksien ja korkeiden fosforipitoisuuksien merkitys koko järven veden laadun kannalta on vähäinen.

Järven käyttäjät ovat kokeneet suurimmaksi ongelmaksi kesäiset leväkukinnot, jotka ovat pääosin olleet limalevää (*Gonyostomum semen*). Pöyliöjärven perustuotantoa rajoittaa tyyppi, mikä tarjoaa tyyppä ilmasta sitoville leville kilpailuedun. Karjalaisen (2006) mukaan yleisesti on havaittu, että *Gonyostomum semen* -limalevä viihtyy mesotrofisissa sekä runsashumuksisissa vesissä, mutta sitä voi esiintyä myös vähemmän humuksisissa vesissä, kuten Pöyliöjärvessä. Limalevällä on siimat, joiden avulla se liikkuu päivittäin vertikaalisesti vesimassassa. Siten se myös saa hyödynnettyä koko vesimassan ravinteet paremmin kuin esim. sinilevät, joilla siimoja ei ole. Limalevä runsastuu loppukesää kohti, ja sen vuoksi Pöyliöjärven elokuun vesinäytteissä olikin runsaasti orgaaniseen ainekseen sitoutunutta tyyppä ja fosforia. Veden lämpötilan laskiessa alle 10 °C:een limalevän kasvusolut alkavat muodostaa leposoluja, jotka selviytyvät pohjasedimentissä kylmän ajan yli. Leposolut varmistavat sen, että limaleviä esiintyy myös jatkossa. Alle 4–6 °C:n lämpötilassa kasvusoluja ei enää havaita (Cronberg 2005). Eläinplanktonin on havaittu vaikuttavan limalevään siten, että kun eläinplanktonia on runsaasti, niin limalevä ei kehity leposoluista kasvusoluiksi, vaan odottaa suotuisampaa aikaa. Tällainen tilanne on havaittu mm. sellaisessa tapauksessa, kun planktonia syövien kalojen lisääntyminen on epäonnistunut (Hansson 2000).

Pöyliöjärven ongelmien lieventämiskeinoina on tarkasteltu syvänteiden hapestusta ja alusveden purkuputken rakentamista pohjoisen syvänteestä Pöyliönsalmen pumppuasemalle. Lisäksi on arvioitu alustavasti ravintoketjukurinnotuksen soveltuvuutta. Limalevien vähentämiseksi paras keino lienee ravinnepitoisuuksien pienentäminen, joihin myös edellä mainituilla kunnostuskeinoilla pyritään. Myös ulkoisen kuormituksen rajoittaminen voi vähentää limalevien esiintymistä. Kuumalampea on jo kunnostettu ruoppaamalla ja pumppaamalla osa Pöyliöjärvestä poistettavasta vedestä lammen kautta, eikä sille ole tarpeen suunnitella erityisiä kunnostustoimia tällä hetkellä.

Severijärvi ja Karjakanselkä

Luonnontilassa Severijärvi oli yhteydessä Kemijärven Karjakanselän kautta ympäri vuoden, mutta Kemijärven säännöstelykanavan rakentamisen myötä yhteys katkesi. Tällöin Karjakanselästä muodostui muusta järvestä erillinen allas, jossa veden vaihtuvuus on luonnontilaan verrattuna hyvin vähäistä. Severijärven pääaltaan vesi vaihtuu nopeasti, koska järvellä on laaja valuma-alue. Severijärven viipymä on 42 d ja Karjakanselän noin kolminkertainen.

Kuitenkin Severijärven syväne (syvyys 8 m) on kärsinyt heikosta happitilanteesta talvisin ja myös kesällä kerrostuneisuuskausina. Useina vuosina happi on loppunut pohjan läheltä kokonaan. Syvännettä onkin hapetettu talvella ja keskikesällä Neutrox-ilmastimella vuodesta 1983 lähtien vuosituhannen vaihteen tienoille saakka, jolloin ilmastin uusittiin ja siirrettiin Karjakanselälle. Myös Karjakanselän happipitoisuus on talvella erittäin heikko, mutta kesällä happitilanne pysyy hyvänä, koska Karjakanselkä ei kerrostu lämpötilan mukaan. Severijärveä on hoidettu kesäisin myös lappoamalla hapekkaampaa ja vähäravinteisempaa vettä 230 l/s Kemijärvestä Seitakorvan kanavasta 60 vuorokauden ajan. Lapon ensisijainen vaikutusalue on Karjakanselkä, jonne lapottu vesi tulee pienten ojien ja lampien kautta.

Severijärven ja Karjakanselän kunnostusvaihtoehtoina on tarkasteltu nykyisen hapetuksen mitoituksen riittävyttä ja sen tehostamismahdollisuuksia. Lisäksi on tarkasteltu nykyisen lisäveden johtamisen vaikutuksia ja mahdollisuuksia sen tehostamiseksi. Myös Severijärven ja Karjakanselän osalta on arvioitu ravintoketjukurkennostuksen soveltuvuutta.

Tarvaslampi

Tarvaslammen tilasta ei voida tehdä luotettavia päätelmiä, koska säännöllistä veden laadun seuranta lammella ei ole tehty. Tila-arvio perustuu vain kesällä 2005 otettuihin vesinäytteisiin ja kevättalven happimittauksiin.

Tarvaslammen lähivaluma-alueella on runsaasti maanviljelyä ja karjataloutta, ja siksi lampeen kohdistuu paljon ulkoista kuormitusta, moninkertaisesti muihin kohdejärviin verrattuna. Lammen ravinnepitoisuudet olivat kesällä 2005 todella korkeita, ja niiden perusteella Tarvaslampi luokitellaan reheväksi.

Tarvaslammen tilan paranemisen ehdoton edellytys on voimakkaan ulkoisen kuormituksen merkittävä rajoittaminen. Lisäksi järven hapettaminen talvella vähentäisi pohjasta mahdollisesti vapautuvien ravinteiden määrää ja mahdollinen kalasto voisi säilyä hengissä talven yli. Tarvaslammen valuma-alueella on Kemijärven rakentamisen yhteydessä muokattu voimakkaasti, kun Karsimusjärven vedet on käännetty kulkemaan Kemijärveen pumppaamalla ne Tarvaslammen kautta. Karsimusjärven lähivaluma-alueella harjoitetaan myös runsaasti maanviljelyä, ja siksi järveen kohdistuu paljon ulkoista kuormitusta. Paikallisten asukkaiden kommenttien mukaan Karsimusjärven tila on huono ja järvi kärsii rehevöitymisestä. Karsimusjärven vesillä ei järven huonon tilan vuoksi todennäköisesti ole huuhtelevaa eikä laimentavaa vaikutusta Tarvaslampeen. Sen sijaan Karsimusjärven vedet tuovat mukanaan lisäkuormitusta ja heikentävät Tarvaslammen tilaa. Yhtenä Tarvaslammen kunnostuskeinona on tutkittu lisävesien johtamismahdollisuuksia Kotajärvestä ja Karsimusjärvestä tulevien vesien kierrättämistä Tarvaslammen ohitse. Myös ravintoketjukurkennostuksen soveltuvuutta Tarvaslammen tilan parantamiseksi on arvioitu.

6 Kunnostusvaihtoehtojen tarkastelu

Taulukkoon 6.1 on koottu tarkemmassa tarkastelussa olleet kunnostusmenetelmät järvittäin. Tulokset on esitetty tässä luvussa myöhemmin.

Koska rehevyydestä kärsivien järvien tilan paranemisen ehdoton edellytys on riittävän alhainen ulkoinen ravinnekuormitus, kaikille järville tulisi laatia vesien-suojelusuunnitelmat kuormituksen vähentämiseksi (katso luku 6.1). Kuormituksen vähentämismahdollisuuksia ja sen vaikutuksia ei ole kuitenkaan tässä työssä arvioitu. Säännöstelyn myötä kohdejärvien vedenpinnan vaihtelu on rajoitettu hyvin vähäiseksi, mikä voi lisätä rehevöitymistä ja muita haittoja erityisesti järvien rantavyöhykkeillä (katso luku 6.6). Myös kevättulvan palauttamismahdollisuuksia tulisi tarkastella erillisessä selvityksessä järvikohtaisesti.

Taulukko 6.1.

Tarkastellut varsinaiset kunnostusmenetelmät kohdejärvittäin.

	Kostamo-järvi	Luusuan-järvi	Pöyliöjärvi ja Kuuma-lampi	Severijärvi ja Karja-kanselkä	Tarvas-lampi
Hapetus	x	x	x	x	x
Ravintoketjukunnostus	x	x	x	x	x
Alusveden poistaminen			x		
Lisäveden johtaminen	x	x		x	x

6.1

Ulkoisen kuormituksen vähentäminen

Järven kunnostuksen perussääntö on, että järveen kohdistuva ulkoinen ravinnekuormitus pitäisi saada sellaiselle tasolle, jonka järvi kestää rehevöitymättä. Jos kuormitus on jatkuvasti liian suurta, ei kunnostusmenetelmillä voida saavuttaa pysyviä tuloksia.

Tämän työn kohdejärvillä ei ole pistemäisiä kuormituslähteitä, vaan järviin kohdistuu käytännössä vain hajakuormitusta. Se päätyy vesistöihin ilmalaskeumana ja niiden valuma-alueelta tulevien vesien mukana, ja sen suuruus riippuu valuma-alueen maankäyttömuodoista ja virtausolosuhteista.

Hajakuormitusta voidaan rajoittaa joko estämällä kuormitusta syntymästä tai rajoittamalla sitä syntypaikan ulkopuolella erilaisilla vesien suojeletoimenpiteillä (Matti 2005). Maataloudessa syntyvää kuormitusta voidaan vähentää mm. kehittämällä peltoviljelyssä käytettäviä tuotantomenetelmiä, jättämällä suojavyöhykkeitä vesistöjen varsille ja rakentamalla pelloille säätösaloitus. Metsätaloudessa kuormituksen syntyyn voidaan vaikuttaa merkittävästi erilaisilla hakkuu-, korjuu- ja metsäpohjan muokkausmenetelmillä. Varsinaisista vesien suojeletoimenpiteistä tavallisimpia ovat kosteikot, laskeutusaltaat ja pintavalutuskentät. Asutusjätevesien aiheuttaman kuormituksen tulisi vähentyä merkittävästi uuden haja-asutuksen jätevesien käsittelymääräysten toimeenpanon vuoksi lähitulevaisuudessa, mutta tämän työn kohdejärvien kuormituksen kannalta vain Tarvaslammella sen vaikutus voi olla merkittävä.

Kaikille järville tulisi laatia erillinen vesiensuojelusuunnitelma, jossa eri lähteistä peräisin olevan ravinnekuormituksen vähentämiseksi esitetään mahdollisia toimenpiteitä. Vesiensuojeluun panostamalla voitaisiin todennäköisesti eniten vaikuttaa Tarvaslammen ja Kostamojärven tilaan, joissa nykyinen kuormitus on erittäin suuri niiden kokoon ja sietokykyyn nähden. Lisäksi niissä merkittävä kuormituslähde on maatalous, jonka vesiensuojeluun on olemassa eniten tehokkaiksi havaittuja menetelmiä ja myös taloudellisia tukimuotoja viljelijöille. Severijärven kuormitus on myös hyvin suurta, mutta siitä valtaosa on peräisin metsätaloudesta, johon on vaikeampi puuttua.

6.2

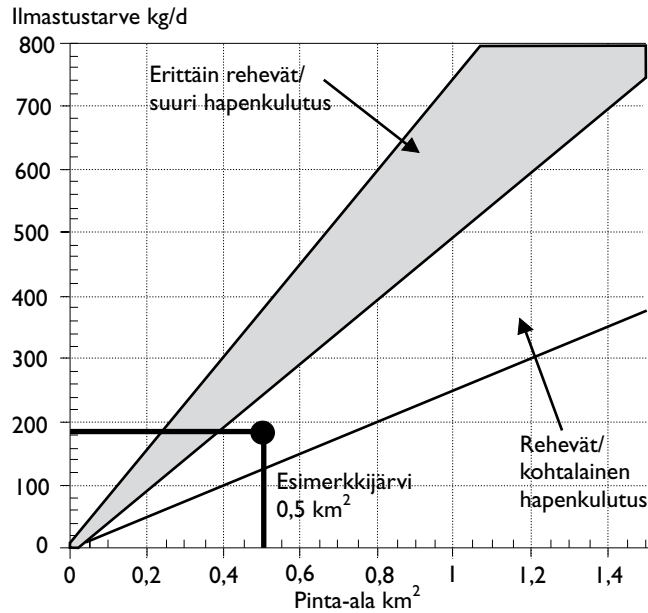
Hapetus

Rehevöitymisen myötä järven biologinen perustuotanto kasvaa, eli orgaanisen aineksen määrä järvessä lisääntyy. Kuollut orgaaninen aines vajoaa järven pohjalle ja kuluttaa hajotessaan happea. Veden happipitoisuus voi alentua, ja pahimmassa tapauksessa happi voi loppua vedestä kokonaan. Hapettomissa olosuhteissa pohjaan sitoutunut fosfori liukenee takaisin vesimassaan, eli järvi kuormittuu sisäisesti. Happipitoisuuden laskiessa kalakuolemien riski kasvaa. Näitä haitallisia ilmiöitä voidaan torjua erilaisilla hapetusmenetelmillä, joissa joko johdetaan happea ilmasta vesimassaan tai kierrätetään hapekkaampaa pintavettä lähelle pohjaa, jossa happipitoisuus on yleensä alhaisempi (Lappalainen & Lakso 2005).

Jos happipitoisuus järven sedimentin pinnassa laskee liian alas, orgaanisen aineksen hajotustoiminta häiriintyy. Siksi järven alusveden happipitoisuuden tulisi olla aina vähintään 5 mg/l. Syvissä ja matalissa ja siten eri tavoin lämpötilakerrostuvissa järvissä hapetus on mitoitettava eri tavoilla ja niihin soveltuvat myös erilaiset hapetusmenetelmät.

Tämän työn kohdejärvet ovat pääosiltaan matalia, keskisyvyydet ovat 1,4–4,5 m ja suurimmat syvyydet 3–11 m. Kaikkien järvien pohjan lähellä on havaittu happivajetta talvisin. Huomioimalla happivajeesta kärsivän alueen laajuus ja sen vaikutukset kalastoon ja veden ravinnepitoisuuksiin järvien hapettaminen talvella voi olla järkevää. Pöyliö- ja Severijärven syvännealueita lukuun ottamatta järvet eivät kerrosta lämpötilan mukaan kesäisin. Kesäkerrostuneisuuden aikaan Pöyliö- ja Severijärven syvänteet kärsivät happivajeesta. Kuitenkin syvänteet ovat pinta-alaltaan järvien kokonaispinta-alaan verrattuna pieniä, joten niiden pohjalta mahdollisen hapettomuuden takia vapautuvien ravinteiden vaikutukset järvien veden laatuun ovat vähäisiä. Kostamo- ja Severijärven on säännöstelyn lopputarkastuksen yhteydessä määrätty kesähapetus yhdessä lisäveden johtamisen kanssa.

Talvella kaikissa järvissä vähintään syvännealueet kärsivät happivajeesta. Kohdejärvissä hapetustarpeen arviointiin ja hapetuslaitteiden mitoittamiseen on sovellettu Saarijärven (2003) kokemuspohjaista mitoituskaaviota (kuva 6.1). Mitoitus on tehty järvien kokonaispinta-alojen perusteella. Pöyliöjärvellä, Luusuanjärvellä ja Severijärvellä todennäköisesti vain syvännealueet kärsivät happivajeesta. Järvien syvänteet ovat pienialaisia suhteessa altaiden kokonaispinta-aloihin, joten syvänteiden hapetustarpeiden on arvioitu olevan noin neljännes koko järvioltaan hapetustarpeesta. Kostamojärvi, Severijärven Karjakanselkä ja Tarvaslampi ovat puolestaan hyvin matalia, ja niissä happivajeesta kärsii kevättalvisin lähes koko vesimassa. Tarkastelujen tulokset on koottu taulukkoon 6.2. Kriisitilanteissa noin neljännes mitoituskaavioiden perusteella määritetystä hapetustarpeesta riittänee estämään täydelliset kalakuolemat (Saarijärvi 2003).



Kuva 6.1. Hapetustarpeen määrittäminen järven koon tai rehevyyssasteen mukaan (Saarijärvi 2003).

Taulukko 6.2.

Kohdejärvien talviaikainen happitilanne sekä nykyisen hapetuksen riittävyyden ja hapetustarpeen arviointi.

	Kostamojärvi	Luusuanjärvi ⁽¹⁾	Pöyliöjärvi	Severijärvi		Tarvaslampi
				Pääallas	Karjakanselkä	
Happivajeen laajuus loppupalvella	Happipitoisuudet alentuneet selvästi koko vesimassassa	Happipitoisuudet alentuneet jonkin verran syvimpien alueiden pohjanläheisissä vesikerroksissa	Happipitoisuudet alentuneet selvästi 5 m:n syvyydellä	Happipitoisuudet alentuneet selvästi 3 m:n syvyydellä	Happipitoisuudet alentuneet selvästi 2 m:n syvyydellä	Happipitoisuudet alentuneet koko vesimassassa, 2 m:n syvyydeltä happi kulunut loppuun
Järven rehevyyssaste⁽²⁾	Erittäin rehevä	Keskirehevä	Rehevä ⁽⁶⁾	Keskirehevä	Keskirehevä	Erittäin rehevä
Nykyinen hapetin	Neutrox	Ei hapetinta	Ei hapetinta	Ei hapetinta ⁽⁸⁾	Ilmaturbiinihapetin ⁽⁹⁾	Ei hapetinta
Hapetuksen ajankohta⁽³⁾	Joulu–maaliskuu ja kesä–elokuu	-	-	-	Joulu–maaliskuu ja kesä–elokuu	-
Hapetuksen kesto aika⁽³⁾ (d)	Talvella 75, kesällä 60	-	-	-	Talvella 75, kesällä 60	-
Hapetusteho⁽³⁾ (kg O₂/d)	70	-	-	-	70	-
Hapetustarve⁽⁴⁾ (kg O₂/d)	450–550	150–250	500–600	500–600	80–120	30–40
Hapetustarve syvänteessä⁽⁵⁾ (kg O₂/d)		40–70	130–150 ⁽⁷⁾	130–150		

- 1) Taulukon tiedot koskevat vain pohjapadon yläpuolista osaa. Padon alapuolisessa Neitilän altaassa happipitoisuudet säilyvät riittävinä ympäri vuoden.
- 2) Arvioitu OECD:n (1982) rehevyysluokituksen raja-arvojen perusteella.
- 3) Perustuu Kemijärven säännöstelyssä noudatettavien lupaehtojen täydentäviin lupamääräyksiin.
- 4) Arvioitu kuvan 6.1 mitoituskäyrän avulla koko järvaltaan pinta-alatietojen ja järven rehevyyssasteen perusteella.
- 5) Syvänteiden pientalajuuden vuoksi Luusuan-, Pöyliö- ja Severijärven päältä todellinen hapetustarve on arvioitu olevan noin ¼ koko järven hapetustarpeesta.
- 6) Pöyliöjärvi olisi ilman limalevän esiintymistä keskirehevä.
- 7) Luku kuvaa etelä- ja pohjoissyvänteiden kokonaishapetustarvetta.
- 8) Severijärven päältä on ollut Neutrox-hapetin vuodesta 1993 vuosituhaten vaihteeseen saakka. Sen rikkouduttua on hankittu uusi hapetin, joka on siirretty Karjakanselälle.
- 9) Tieto perustuu Kemijoki Oy:n (Leiviskä 2006d) kirjalliseen tiedonantoon. Hapettimen tarkka tyyppi ja valmistaja eivät ole tiedossa.

Hapetuslaitteiden vertailussa on käytetty VTT:n ja Suomen ympäristökeskuksen tekemää hapetuslaitteiden tehokkuustutkimusta (Sassi & Keto 2005) sekä Vesi-Eko Oy:n Mixox-hapettimen laitetietoja (Vesi-Eko Oy 2003). Taulukkoon 6.3 on koottu eräiden hapetuslaitteiden perustietoja. Laitteet on esitelty lyhyesti taulukon jälkeen.

Taulukko 6.3.

Eräiden hapetuslaitteiden perustietoja ja niiden ilmastuksen tuottoja ja hyötysuhteita (Sassi & Keto 2005, Vesi-Eko Oy 2003).

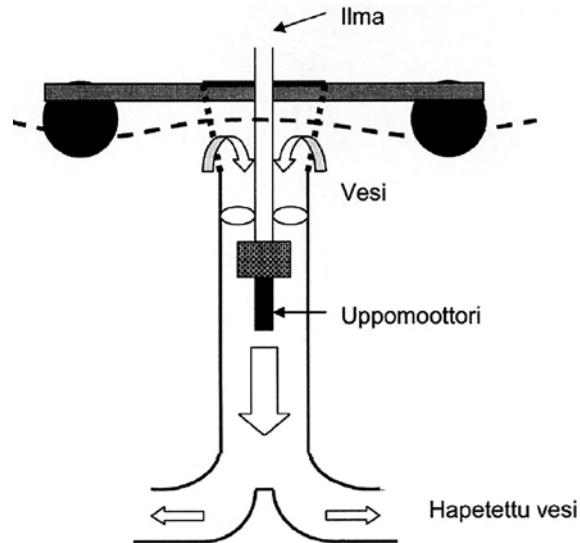
Laite	Valmistaja	Paino	Moottorin nimellisteho (kW)	Mitattu ottoteho (kW)	Ilmastuksen tuotto (kgO ₂ /d)	Ilmastuksen hyötysuhde (kgO ₂ /kWh)
Aire O ₂	Claritek Oy (maahantuojaja)	40–50 kg	2,5	2,5	36	0,6
Mikrox	Mik-Rip Teräs Oy	n. 700 kg	7,5	10	90	0,4
Micro	Waterix Oy	6–9 kg	0,09	0,2	3	0,7
Mini	Waterix Oy	n. 19 kg	1,1	1,3	46	1,5
Mixox	Vesi-Eko Oy					
MC-500			0,6		150	10,4
MC-750			1,1		350	13,3
MC-1000			2,1		700	13,9
MC-1100			2,5		800	13,3
Visiox	Vesi-Eko Oy	n. 200 kg	4	4,5	110	1

Aire-O₂-hapettimessa (kuva 6.2) pyörivä potkuri (1) pakottaa veden ulospäin akselin (4) suuntaisesti suurella virtausnopeudella ja aiheuttaa näin imuvaikutuksen. Tämän seurauksena vedenpinnan yläpuolella oleva ilma kulkeutuu imuaukkojen (3) kautta ontton akselin läpi veteen. Ilma sekoittuu veteen viuhkana (2), jossa ilmakuplien halkaisija on noin 2 mm. Laitteessa on veden yläpuolelle jäävä moottori. Laite asennetaan kellukkeiden varaan noin 45 asteen kulmaan. (Aeration Industries International Inc 2006, Sassi & Keto 2005))



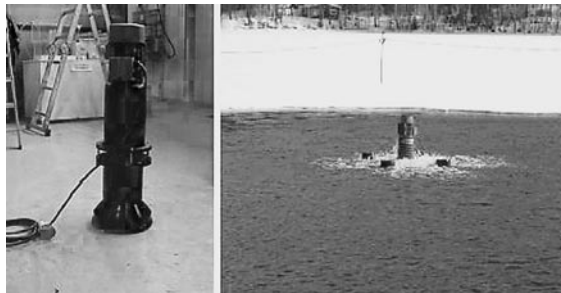
Kuva 6.2. Aire-O₂ -hapetin (Aeration Industries International Inc 2006).

Mikrox-hapetin on kehitetty Neutrox-hapettimesta ja sen toimintaperiaate on samanlainen (kuva 6.3). Hapetin ottaa pintavettä, jonka se hapettaa ja johtaa pohjan lähelle. Samalla laite purkaa järven kerrostuneisuuden. Mikrox-hapetin soveltuu matalien ja keskisyvien järvien talvi-ilmastukseen (Sassi & Keto 2005).



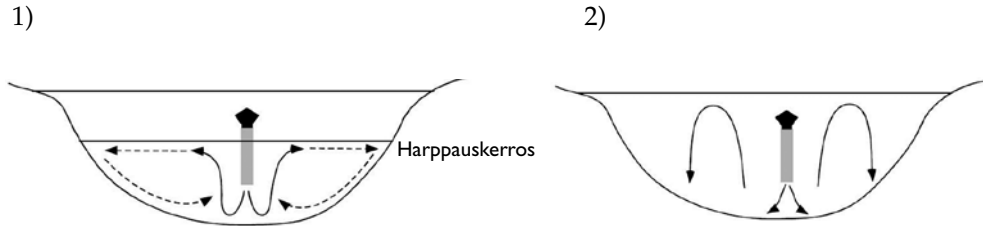
Kuva 6.3. Mikrox-hapettimen toimintaperiaate (Mik-Rip Teräs Oy/ Sassi & Keto 2005).

Waterixin Micro- ja Mini-ilmastimet imevät sähkömoottorin avulla vettä imuputken läpi halutusta syvyydestä ja levittävät veden suutinraon kautta veden pinnalle ja säilyttävät järven kerrostuneisuuden. Micro-ilmastin on tarkoitettu käyttökohteisiin, joissa tarvitaan pieniä määriä happea. Mini-ilmastin (kuva 6.4) on suunniteltu kunnallis- ja teollisuusjäteveden sekä luonnonvesien ilmastukseen. Laite mahdollistaa sekä ilmastuksen että sekoituksen; sekoitus on myös mahdollista ilman ilmastusta. (Sassi & Keto 2005.)



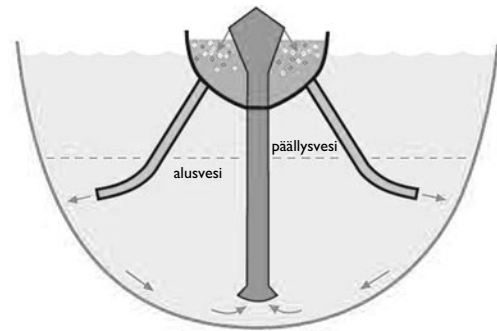
Kuva 6.4. Waterixin Mini-ilmastin (Sassi & Keto 2005).

Mixox-hapetusmenetelmässä hyödynnetään pintaveteen jo valmiiksi liuennutta happea. Tällöin happea ei tarvitse ensin siirtää ilmasta veteen. Hapekas pintavesi johdetaan pumppujärjestelmän avulla lähelle pohjaa. Menetelmä ei sovellu talvella koko vesimassan happikadosta kärsiviin kohteisiin. Menetelmässä on kaksi käyttötapaa (kuva 6.5): syvien järvien kerrostuneisuutta lievästi purkava käyttötapa sekä keskisyvien ja epämääräisesti kerrostuvien järvien käyttötapa, jossa kerrostuneisuutta säädelään voimakkaasti (Lappalainen & Lakso 2005).



Kuva 6.5. Kierrätysvapetusmenetelmän toimintaperiaate 1) normaalisti kerrostuvissa syvissä järvissä ja 2) epämääräisesti kerrostuvissa keskisyvissä ja matalahkoissa järvissä (Vesi-Eko Oy 2003).

Visiox-ilmastimen toimintaperiaatteena on huonohappisen alusveden johtaminen pinnalle hapetettavaksi. Pinnalla alusvesi suihkutetaan osasuikuna pressukehällä rajattuun ns. yläaltaaseen. Suihkutuksessa ilmastunut vesi ohjataan paluuputkia pitkin takaisin alusveteen, ja samalla vesi leviää horisontaalisesti laajemmalle alueelle (kuva 6.6). Hapetin säilyttää veden kerrostuneisuuden. Laitteen minimiasetussyvyys on 2,5 m. (Vesi-Eko Oy 2006)



Kuva 6.6. Visiox-ilmastin ja sen toimintaperiaate (Vesi-Eko Oy 2006).

Taulukkoon 6.4 on hapetustarvelaskelmien perusteella koottu muutamia vaihtoehtoja järvien hapetinlaitteiksi ja laskettu, millaisia käyttökustannuksia niistä kunkin järven kohdalla aiheutuisi.

Taulukko 6.4.

Vaihtoehtoja hapetinlaitteiksi ja laskelma niiden käyttökustannuksista. Luusuan-, Pöyliö- ja Severijärven päältäan hapetinlaitteet on valittu syvänealueiden hapetustarpeiden perusteella. Laskelmissa on käytetty taulukon 6.3 teho- ja tuottotietoja. Laskelmissa ei ole mukana laitteiden hankinta- tai vuokraus- eikä huoltokustannuksia eikä tarvittavien sähköliittymien tms. aiheuttamia kuluja.

Hapetuslaitte	Kostamojärvi		Luusuanjärvi				Pöyliöjärvi			Severijärvi						Tarvaslampi	
	Vi-siox	Mik-rox	Vi-siox	Mik-rox	Mi-xox MC-500	Mini	Vi-siox	Mik-rox	Mi-xox MC-500	Pääallas		Karjakanselkä				Mini	Aire O ₂
Laitteen tuotto (kg O ₂ /d)	110	90	110	90	150	46	110	90	150	110	90	150	110	90	46	46	36
Laitteita (kpl)	4	5	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1
Laitteen ottoteho (kW)	4,5	10	4,5	10	0,6	1,3	4,5	10	0,6	4,5	10	0,6	4,5	10	1,3	1,3	2,5
Hapetuksen kesto-aika (d/vuosi)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Energiankulutus (kWh/vuosi)	9720	21600	9720	21600	1296	2808	9720	21600	1296	9720	21600	1296	9720	21600	2808	2808	5400
Sähköenergian hinta (€/kWh)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Käyttökustannukset (€/vuosi)	3 110	8 640	778	1 728	104	449	1 555	3 456	207	1 555	3 456	104	778	1 728	449	225	432

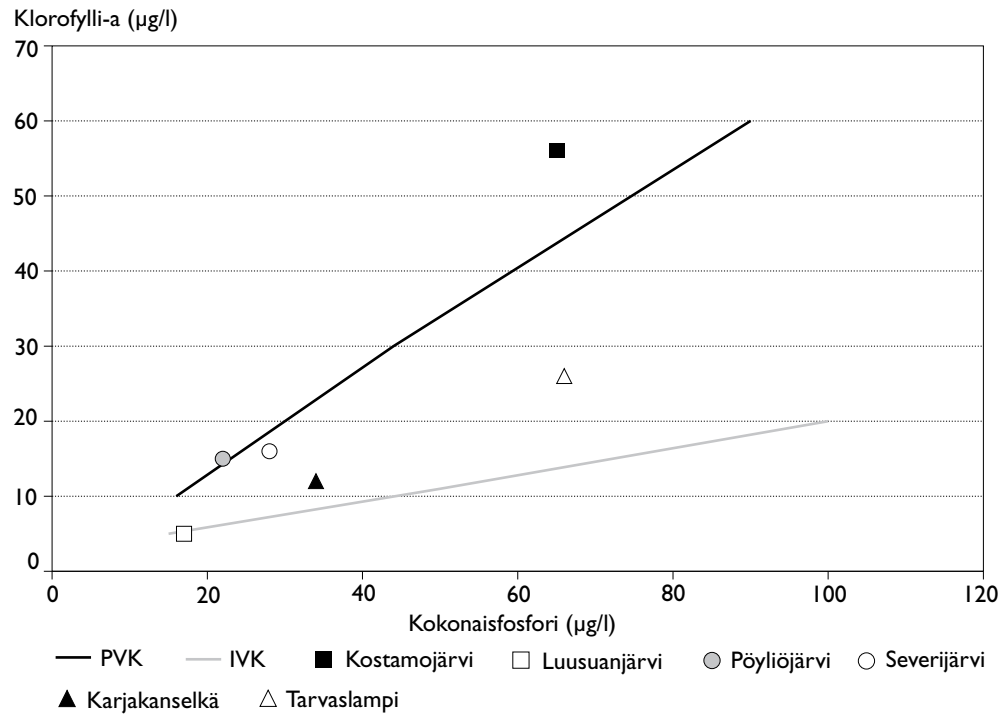
6.3

Ravintoketjukurinnot

Järven vinoutunut ravintoketju voi rehevöittää järveä ja aiheuttaa muita haittoja virkistyskäytölle. Ravintoketjukurinnotuksella voidaan korjata kalaston rakennetta, mikä yleensä tarkoittaa liiallisen särkikalaston vähentämistä. Särkikalat syövät eläinplanktonia, joka puolestaan käyttää ravinnokseen kasviplanktonia. Jos eläinplanktonia on riittävästi, kasviplanktonin määrä pysyy kurissa. Tällöin hajoavaa ja happea kuluttavaa orgaanista ainesta syntyy vähemmän, levien massaesiintymät ovat epätodennäköisiä ja vesi kirkastuu. Särkikalojen määrän väheneminen rajoittaa myös kalojen ulosteista ja pohjan pöyhimisestä johtuvaa ravinnekuormitusta.

Yleensä ravintoketjukurinnotus aloitetaan intensiivisellä, 1–3 vuotta kestäväällä tehokalastuksella, jossa pyritään mahdollisimman suuriin saalismääriin. Tehokalastuksella saavutetut muutokset kalastossa palautuvat herkästi, ja tehokalastusvaiheen jälkeen on jatkettava kevyempää hoitokalastusta usean vuoden ajan. Pyyntimenetelminä käytetään tavallisesti nuottaa tai rysiä. Suurissa ja syvissä järvissä on mahdollista käyttää myös troolia ja vastaavasti matalissa, pienissä järvissä verkkopyynti voi olla käyttökelpoinen menetelmä. Teho- ja hoitokalastuksen vaikutuksia pyritään usein parantamaan myös petokalaistutuksilla (Sammalkorpi & Horppila 2005).

Ravintoketjukurjennostuksen soveltuvuutta kunnostusmenetelmänä on tarkasteltu karkealla tasolla kaikilla kohdejärville Mazumderin (1994, kuva 6.7) menetelmällä. Siinä verrataan kohdejärvien kokonaisfosforin ja leväbiomassan suhdetta kansainvälisen tutkimuksen aineistoon, joka on jaoteltu pääasiassa suurilla ja pienillä vesikirppuilla sisältäviin järviin. Järviissä, joissa a-klorofyllin ja kokonaisfosforin suhde on lähellä sitä tasoa, jossa vesikirppujen levämassaan kohdistuva laidunnusvaikutus on heikko (ylempi viiva PVK), voi tehokas kalastus johtaa klorofylli-fosforisuhteen pienenemiseen, järven veden kirkastumiseen ja leväkukintojen häviämiseen (kuva 6.7). Jos järvi sijoittuu tarkastelussa lähelle alemmaa viivaa (IVK) tai sen alapuolelle, ravintoketjukurjennostuksella ei todennäköisesti ole haluttuja vaikutuksia.



Kuva 6.7. Mazumderin (1994) menetelmä ravintoketjukurjennostuksen soveltuvuuden arvioimiseksi. Kohdejärvet on sijoitettu kuvaan keskimääräisten veden laatutietojen perusteella.

Tehdyn tarkastelun perusteella Kostamojärvelle ja Severijärven pääaltaalle ravintoketjukurjennostus voisi olla tehokas kunnostuskeino. Luusuanjärvellä ja Severijärven Karjakanselällä ravintoketjukurjennostuksen vaikutukset ovat tarkastelun perusteella epävarmoja (kuva 6.7).

Pöyliöjärven ja Tarvaslammen kalastosta ei ole saatavilla tarkempaa tutkimustietoa, joten ravintoketjukurjennostuksen mahdollisia vaikutuksia ei ole tarkemmin arvioitu. Pöyliöjärvestä on poistettu tehokalastamalla pääasiassa särkeä ja kuoretta useana vuonna (Vihriälä 2006). Vähempiarvoisten lajien vähentäminen vaikuttaa todennäköisesti positiivisesti järven kalastoon ja myös muuhun tilaan, kuten sisäiseen kuormitukseen, joten tehokalastuksen jatkaminen on suositeltavaa. Eläinplanktonia syövän kuoreen määrän vähentäminen saattaa myös rajoittaa limalevien esiintymistä.

Kostamojärven kalasto koostuu koekalastusten perusteella pääasiassa pienikokoisesta ahvenesta ja särjestä, joiden osuus kokonaissaaliista on noin 85 %. Ahven- ja särkikannat ovat tiheitä ja todennäköisesti myös hidaskasvuisia. Pienikokoisen ahvenen ja särjen vähentämisellä voitaisiin todennäköisesti parantaa järven veden laatua sisäisen kuormituksen vähentyessä. Lisäksi saataisiin parannettua kalaston rakennetta särkikalajien osuuden pienentyessä sekä kalojen kasvunopeutta liian tiheiden kantojen harventuessa. Ravintoketjukurkennostuksen käyttö Kostamojärven kunnostuksessa vaatii kuitenkin tarkempia koekalastuksia ja suunnittelua ennen varsinaisiin toimenpiteisiin ryhtymistä.

Luusuanjärven ja Neitilän altaan kokonaissaaliit ovat olleet koekalastuksissa suhteellisen suuria ja saalis on muodostunut lähes pelkästään särjestä ja ahvenesta. Vaikka ahvenen ja särjen keskikoko on hieman kasvanut viime vuosina, kyseisten lajien kannat ovat tiheitä ja ilmeisesti myös hidaskasvuisia. Luusuanjärvellä kalasto ei kuitenkaan näyttäisi vaikuttavan merkittävästi veden laatuun, joten siellä tehokaslastus ei vaikuttaisi olevan järkevä kunnostusvaihtoehto.

Severijärven pääaltaan ja Karjakanselän kalasto koostuu verkkokoekalastusten perusteella pääosin särjestä (46 %), ahvenesta (40 %) ja hauesta (12 %). Särki- ja ahvenkannat ovat tiheitä ja erityisesti särjen osalta hidaskasvuisia. Järven kalaston rakennetta parantaa hieman suhteellisen voimakas haukikanta, joka tasapainottaa peto- ja särkikalajien keskinäistä suhdetta. Pienikokoisen ahvenen ja särjen vähentämisellä voitaisiin todennäköisesti vaikuttaa Severijärven veden laatuun positiivisesti sisäisen kuormituksen vähentyessä. Lisäksi saataisiin entisestään parannettua kalaston rakennetta särkikalajien osuuden pienentyessä sekä harvennettua liian tiheitä kalakantoja. Ravintoketjukurkennostuksen käyttö Severijärven kunnostuksessa vaatii kuitenkin tarkempia koekalastuksia ja suunnittelua ennen varsinaisiin toimenpiteisiin ryhtymistä. Karjakanselän veden laatuun ei kalakanta näyttäisi vaikuttavan merkittävästi, joten siellä kalastoon kohdistuvat kunnostustoimenpiteet olisivat lähinnä kalastoa hoitavia.

6.4

Alusveden poistaminen

Lähellä järven pohjaa oleva vesikerros eli ns. alusvesi on yleensä vähähappisempaa ja ravinteikkaampaa kuin pintavesi. Jos osa järven poistovirtaamasta otetaan pintaveden sijasta alusvedestä, poistuvat ravinnemäärät ovat suurempia ja pohjan läheltä poistunut vähähappinen vesi korvautuu ylemmistä vesikerroksista laskeutuvalla hapekkaammalla vedellä. Menetelmällä pyritään parantamaan alusveden happitilannetta ja toisaalta vähentämään vesimassan ravinnemääriä. Yleensä alusvesi poistetaan painovoimaisesti ilman pumppausta rakentamalla putki järven syvänteestä lähtöuomaan rakennettavan padon kynnyksikorkeuden alapuolelle (Ulvi 2005).

Ehdoton edellytys alusveden poistamisen soveltuvuudelle kunnostusmenetelmänä on, että järveen muodostuu lämpötilakerrostuneisuus, jolloin vesimassan kierto alus- ja päällysveden välillä estyy eikä alusvesi saa happitäydennystä (Ulvi 2005). Alusveden poistamisen toimivuus kunnostusmenetelmänä riippuu olennaisesti järven ja sen alusveden tilavuuden ja poistovirtaaman välisistä suhteista. Taulukkoon 6.5 on koottu Lappalaisen (1990a) esittämiä kriteerejä, joiden avulla voidaan arvioida alusveden poistamisen soveltuvuutta järven kunnostusmenetelmäksi.

Taulukko 6.5.

Kriteerijä alusveden poistamisen soveltuvuudelle järven kunnostusmenetelmäksi (Lappalainen 1990a).

	Yksikkö	Soveltuu hyvin	Soveltuu huonosti
V / Q_j	d	<400	>800
V_h / Q_j	d	<100	>200
Q_j / A	l/s km ²	>100	<50

Taulukon merkinnät: Q_j = alusveden poistovirtaama,
 V_j = järven tilavuus,
 V_h = alusveden tilavuus ja
 A = järven pinta-ala.

Poistuvaan ainevirtaamaan saatava lisäys voidaan näin laskea kaavalla (Lappalainen 1990a):

$$dLP = Q_j (C_a - C_p), \quad (7)$$

missä dLP = poistuvan ainevirtaaman lisäys,
 C_p = ainepitoisuus päällyksivedessä ja
 C_a = ainepitoisuus alusvedessä.

Alusveden poisjohtamisella on ravinnepitoisuuksien pienentymisen ohella vaikutuksia järven lämpö- ja happitalouteen. Juoksutuksen seurauksena hapellinen päällyksivesi korvaa heikkohappista alusvettä juoksutusta vastaavalla teholla. Alusvettä poistamalla pyritään lisäämään hapen siirtymistä pinnalta alaspäin (Lappalainen 1990a, Silvo 1983).

Alusveden poisjohtamisen hapetusvaikutuksia alaspäin voidaan kuvata yhtälöllä (Lappalainen 1983):

$$HAPI = Q_j (O - O_j), \quad (8)$$

missä HAPI = alaspäin kohdistuva hapetusvaikutus,
 O = päällyksiveden alaosan happipitoisuus ja
 O_j = alusveden happipitoisuus.

Alusveden poisjohtamista on tarkasteltu yhtenä mahdollisena Pöyliöjärven tilaa parantavana kunnostusmenetelmänä. Pöyliöjärven pohjoinen syväne kerrostuu lämpötilan suhteen ja täyttää siten alusveden poiston perusedellytyksen. Taulukossa 6.6 on esitetty alusvedenpoiston soveltuvuus Lappalaisen (1990a) esittämien kriteerien mukaan. Kunnostusmenetelmän soveltuvuutta on tarkasteltu kahdella eri alusveden poistovirtaaman arvolla, Pöyliönsalmen pumpun 1 ($Q_j = 5,0$ milj. m³) ja pumpun 2 ($Q_j = 3,9$ milj. m³) pumpatun vesimäärän vuosikeskiarvon mukaan.

Taulukko 6.6.

Alusveden poisjohtamisen soveltuvuus Pöyliöjärven kunnostukseen Lappalaisen (1990a) esittämien kriteerien mukaan.

	Yksikkö	Soveltuu hyvin	Soveltuu huonosti	Pumppu 1	Pumppu 2
V / Q_j	d	<400	>800	594	767
Q_j / A	l/s km ²	>100	<50	55	43
V_h / Q_j	d	<100	>200	147	189

Kahden ensimmäisen kriteerin mukaan alusveden poisto ei sovellu erityisen hyvin Pöyliöjärven kunnostusmenetelmäksi. Kolmatta Lappalaisen kriteeriä on hankala määrittää, koska alusveden tilavuuden ja juoksutusvirtaaman suhde muuttuu koko ajan lämpötilakerrostuneisuuden muuttuessa. Kesän 2004 näytteenottotulosten perusteella harppauskerroksen syvyys oli noin 5 m, jonka perusteella alusveden tilavuudeksi voidaan arvioida 2,0 milj. m³.

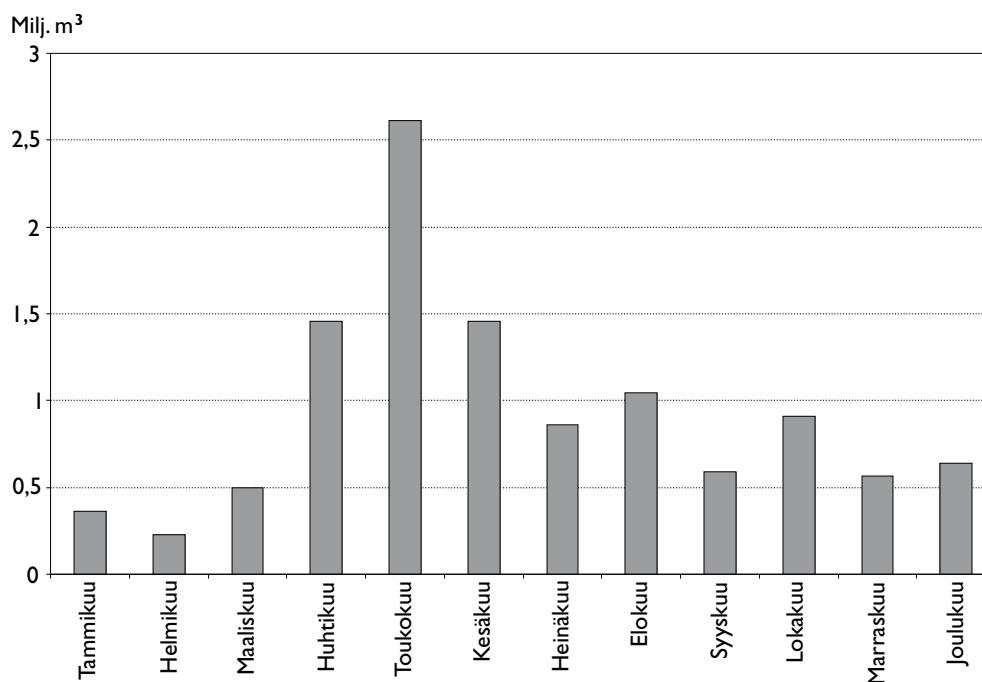
Pöyliöjärven tapauksessa alusveden poistoputki täytyisi rakentaa syvänteestä Pöyliönsalmen pumppaamolle, josta vesi pumpattaisiin Kemijärven päältäaseen. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että toinen pumppaamon pumpuista pumppaisi ympäri vuoden alusvettä ja toinen pintavettä. Putken pituudeksi tulisi noin 1 km. Pöyliöjärvi kerrostuu lämpötilan suhteen kevättalvisin ja kesäisin, jolloin vesimassan kierto alus- ja päällysveden välillä estyy eikä alusvesi saa happitäydennystä. Kerrostuneisuusajankana erot alusveden ja päällysveden ravinnepitoisuuksissa eivät kuitenkaan ole kovin suuria (taulukko 6.7).

Taulukko 6.7.

Pöyliöjärven syvänteen näytteenottopisteen pinta- ja pohjaveden keskimääräiset ravinnepitoisuudet kuukausittain vuosilta 1981–1987 ja 1994–2004 (Hertta-tietojärjestelmä).

	Kokonaisfosfori (µg/l)		Kokonaistyyppi (µg/l)	
	Pintavesi	Alusvesi	Pintavesi	Alusvesi
Tammikuu	10,6	19,2	384,0	474,0
Helmikuu	36,5	29,0	384,7	450,0
Maaliskuu	11,6	19,3	381,0	577,0
Huhtikuu	16,3	60,6	450,3	923,8
Toukokuu	20,0	22,0	430,0	570,0
Kesäkuu	17,0	32,0	400,0	400,0
Heinäkuu	19,2	39,4	333,2	432,9
Elokuu	26,0	27,8	424,1	435,1
Syyskuu	30,0	30,0	390,0	390,0
Lokakuu	19,0	16,5	365,0	250,0
Marraskuu	13,7	15,0	415,0	285,0
Joulukuu	16,0	19,3	353,3	515,0

Pöyliöjärven ravinnepitoisuuserot ovat suurimmillaan kerrostuneisuusajoina huhtikuussa ja kesä–heinäkuun aikana. Kevät- ja syystäyskiertojen aikaan erot pinta- ja alusveden ravinnepitoisuuksissa ovat hyvin pieniä. Edullisinta veden laadun paranemisen kannalta olisi, että alusvettä pumpattaisiin mahdollisimman paljon sellaisina ajankohtina, jolloin pitoisuuserot pinta- ja pohjaveden välillä ovat suurimmillaan. Siten järvestä poistuisi eniten ravinteita. Kuitenkin Pöyliöjärvellä veden pumppaamisen täytyy tapahtua säännöstelyn lupaehtojen puitteissa. Kuvassa 6.8 on esitetty Pöyliöjärven pumppaamojen pumpatun vesimäärän keskimääräinen kausijakauma vuosien 1996–1998 keskiarvona. Pumppaustietojen mukaan Pöyliöjärvestä pumpataan vettä eniten keväällä ja alkukesästä.



Kuva 6.8. Pöyliöjärvestä ja Kuumalammesta kuukausittain pumpattu vesimäärä vuosien 1996–1998 keskiarvona (Huttula 1999).

Pöyliöjärvestä pumpataan vedellä keskimäärin 10 milj. m³, jonka mukana poistuu fosforia noin 215 kg (taulukko 6.8). Eniten fosforia poistuu keväällä ja alkukesästä, jolloin Pöyliöjärvestä pumpattavat vesimäärät ovat suuria.

Taulukko 6.8.

Pöyliöjärvestä nykytilanteessa Kemijärveen poistuva fosforimäärä vuosien 1996–1998 kuukausittaisten pumpattujen virtaamien ja vuosien 1981–1987 ja 1994–2004 kuukausittaisten pitoisuushavaintojen perusteella.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yhteensä (kg/a)
Päällysveden fosforipitoisuus	mg/m ³	11	37	12	16	20	17	19	26	30	19	14	16	
Päällysveden typpipitoisuus	mg/m ³	384	385	381	450	430	400	333	424	390	365	415	353	
Pumpattu kokonaisvesimäärä	m ³ /s		0,09	0,19	0,56	1,01	0,56	0,33	0,40	0,23	0,35	0,22	0,25	
Poistuva fosforimäärä	kg/kk	4	8	6	24	52	25	17	27	18	17	8	10	215
Poistuva typpimäärä	kg/kk	140	87	191	655	1 124	582	288	443	230	332	236	225	4 532

Vertaamalla Pöyliöjärven pintaveden ja alusveden fosforipitoisuuksia toisiinsa voidaan arvioida alusveden purkutuputken vaikutuksia Pöyliöjärvestä poistuvaan fosforimäärään. Taulukkoon 6.9 on laskettu poistuvan ainevirtaaman lisäys kahdessa eri tapauksessa.

Taulukko 6.9.

Arvio alusveden eri pumppausmäärillä saavutettavasta fosforin ja typen lisäpoistumasta Pöyliöjärvestä. Pumppausvaihtoehdot: 1) Alusveden mitoitusvirtaama on Pöyliönsalmen pumppaamon pumpulla 1 (tuotto 30 m³/min) pumpattu keskimääräinen vesimäärä vuodessa; 2) Alusveden mitoitusvirtaama on pumpulla 2 (tuotto 120 m³/min) pumpattu keskimääräinen vesimäärä vuodessa.

Ravinne	Vaihtoehto	Pinta-veden virtaama (milj. m ³ /a)	Alusveden virtaama (milj. m ³ /a)	Pinta-vedestä poistuva ravinne määrä (kg/kk)	Alusvedestä poistuva ravinne määrä (kg/kk)	Poistuva ravinne määrä yhteensä (kg/kk)	Poistoainevirtaaman lisäys (kg/kk)
Kokonaisfosfori	1)	6,3	5,0	120	147	267	52
	2)	7,4	3,9	141	114	255	40
Kokonaistyyppi	1)	6,3	5,0	2 524	2 550	5 074	542
	2)	7,4	3,9	2 975	1 977	4 952	420

Alusveden purkuputki lisäisi fosforipoistumaa noin 40–50 kg/a sen mukaan, poistettaisiinko alusvettä pumpulla 1 vai pumpulla 2. Vastaava typpipoistuman lisäys vuodessa olisi noin 420–540 kg/a.

Alusveden poisjohtamisella on vaikutuksia myös järven happitalouteen. Purkuputken hapetusvaikutus alaspäin olisi päivässä 50–66 kg/d poistettavan alusveden määrän mukaan. Se saattaisi riittää täyttämään pohjoisen syvänealueen hapetusarpeen, mutta vaikutusalue jäisi todennäköisesti hyvin pieneksi ja rajoittuisi lähelle purkuputken suuta. Koko järven arvioitua hapetustarvetta (500–600 kg/d) se ei läheskään voisi kattaa.

Vaihtoehdossa 1, jossa putki kytkettäisiin pienempään pumppuun teholtaan 30 m³/min, putken minimihalkaisija olisi 700 mm. Suurempaa pumppua käytettäessä putken tulisi olla halkaisijaltaan peräti 2 000 mm. Koska tarvittavat putkikoot olisivat hyvin suuria, purkuputken rakennuskustannukset koostuisivat pääasiassa materiaalikustannuksista. Jos laskennassa käytetään Uponorin (2006) paineputkistohinnastoa juomavesikäyttöön tarkoitetuille PN10-paineluokan PEH-putkille, jo vaihtoehdossa 1 putken hankintahinnaksi tulisi noin 460 000 €. Suuremmalle putkikoolle hintoja ei ollut käytettävissä, mutta kustannukset olisivat todennäköisesti huomattavasti suuremmat.

Muut kustannukset tulisivat putken asentamisesta ja pumppaamojen muutostöistä. Purkuputket eivät yleensä vaadi erityistä kunnossapitoa ja käyttöiät ovat hyvin pitkiä. Alusveden poistaminen lisäisi pumppauskustannuksia jonkin verran nykytasosta, koska pitkässä putkessa tapahtuvat painehäviöt kasvattaisivat energiankulutusta. Putki voitaisiin laskea järven pohjaan talvella jään päältä. Nykyisten pumppujen soveltuvuudesta tällaiseen käyttötarkoitukseen ei ole tietoa eikä muutostöiden kustannuksia ole voitu arvioida.

Alustavan tarkastelun perusteella voidaan todeta, että alusveden purkuputken rakentaminen Pöyliöjärvelle ei ole kovin realistinen vaihtoehto, koska purkuputken investointikustannukset ovat saavutettavaan ravinteiden poistuman lisäykseen nähden suuret. Lisäksi on epävarmaa, voidaanko Pöyliöjärven pumppuaseman pumppuihin liittää purkuputkea vai vaatisiko alusveden poisjohtaminen pumppujen uusimista, mikä taas lisäisi kustannuksia entisestään. Putken rakentamista kannattaakin harkita vain siinä tapauksessa, kun Pöyliönsalmen pumpput ja pumppaamo on uusittava tai peruskorjattava.

Lisäveden johtaminen

Järvi, jonka veden viipymä on pitkä ja vedenvaihtuvuus vähäistä, kestää ulkoista kuormitusta huonommin kuin lyhytviipymäinen järvi. Johtamalla järveen ravinnepitoisuuksiltaan köyhempää lisävettä viipymää voidaan lyhentää ja järven vesimassan ravinnepitoisuuksia pienentää. Toisaalta lisävesi tuo mukanaan lisäkuormitusta alkuperäiseen tilanteeseen verrattuna (Lappalainen 1990b).

Pääravinteista fosforin osalta tilannetta voidaan tarkastella yksinkertaisesti nettosedimentaatiomallin avulla (Lappalainen & Matinvesi 1990), mutta typelle vastaavia laskelmia ei voida tehdä. Järven toimintaa voidaan yksinkertaisesti kuvata yhtälöllä:

$$UK = LP + NS, \quad (9)$$

missä UK = järveen kohdistuva ulkoinen fosforikuormitus,
 LP = järvestä menovirtaaman mukana luusuan kautta poistuva fosfori ja
 NS = järveen jäävä fosfori eli nettosedimentaatio.

Tällöin siis nettosedimentaatio on:

$$NS = UK - LP. \quad (10)$$

Kun järveen johdetaan lisävesiä, fosforikuormitus kasvaa alkutilanteesta lisävesien mukanaan tuomalla fosforilla. Ulkoinen kuormitus voidaan siten laskea kaavalla (Lappalainen 1990b):

$$UK = UK_{\text{alkutilanne}} + UK_{\text{lisävesien mukana}} = (Q \times C) + (q \times c), \quad (11)$$

missä Q = tulovirtaama alkutilanteessa (esim. m³/a tai m³/s),
 C = tulevan veden keskimääräinen fosforipitoisuus alkutilanteessa (mg/m³),
 q = lisävesien tulovirtaama ja (esim. m³/a tai m³/s)
 c = lisävesien keskimääräinen fosforipitoisuus (mg/m³).

Järvestä poistuva fosforimäärä voidaan puolestaan laskea kaavasta:

$$LP = (Q + q) \times C_j, \quad (12)$$

missä C_j = järvestä poistuvan vesimassan keskimääräinen fosforipitoisuus.

Veden fosforipitoisuutta järvessä voidaan ennustaa esim. Vollenweiderin yhtälöllä (Lappalainen 1990c):

$$C_{pv} = \frac{C_{pk}}{(1 + T^{0,5})}, \quad (13)$$

missä C_{pv} = ennustettu fosforipitoisuus (mg/m³),
 C_{pk} = fosforin sekoituspitoisuus eli ulkoinen fosforikuormitus sekoitettuna järven keskivirtaamaan (mg/m³) ja
 T = järven keskiviipymä (a).

Tällä yhtälöllä saatua arvoa on käytetty laskelmissa poistuvan veden keskimääräisenä fosforipitoisuutena.

Lisäveden johtaminen edellyttää, että lisävettä on saatavissa kohtuullisen läheltä ja se on laadultaan vähintään yhtä hyvää kuin kohdevesistön vesi. Lisäveden johtaminen ei saa aiheuttaa haitallisia muutoksia vedenpinnankorkeuksissa ja virtaamissa lähde- ja kohdevesistössä (Lappalainen 1990b).

Eristetyt sivujärvet ovat lisäveden johtamismahdollisuuksien suhteen erikoistapa- uksia. Kaikkiin järviin voitaisiin johtaa lisävettä Kemijärvestä painovoimaisesti käy- tännössä ilman kustannuksia osan vuotta, kun Kemijärven vedenpinta on sivujärvien pintoja ylempänä. Sivujärviin johdettu lisävesi olisi kuitenkin pumpattava pois, mikä lisäisi pumppauskustannuksia nykyisestä. Lisäveden johtamisjärjestelyt on mitoitet- tava niin, että järven rannoilla ei missään tilanteessa aiheutuisi tulvan vaaraa.

Talvella lisäveden johtamisen ongelmana on, että johdettava vesi ei yleensä se- koitu kunnolla kohdejärven veteen, vaan se virtaa omana kerroksenaan jään alla. Tämän vuoksi lisävesien johtamisella ei voida tavallisesti parantaa järvien talviai- kaista heikentynyttä happitilannetta. Siksi lisävesiä kannattaakin johtaa järveen vain kasvukaudella tarkoituksena laimentaa korkeita ravinnepitoisuuksia ja rajoittaa siten levien tuotantoa.

Luusuanjärvi ja Neitilän allas

Mahdollisina lisäveden lähteinä Luusuanjärvelle on tarkasteltu Kemijärven pääal- lasta ja Soinanjokea. Fosforin osalta kummankin vaihtoehdon veden laatu on hie- man heikompa kuin Luusuanjärven. Luusuanjärven pintaveden fosforipitoisuus on keskimäärin 14,5 µg/l, Kemijärven Tossanselän näytteenottopisteen pitkän ajan keskipitoisuus on 16,7 µg/l ja Soinanjoen 18,9 µg/l. Erot fosforipitoisuuksissa eivät ole kovin suuria, mutta lisävettä johtamalla ei Luusuanjärven fosforipitoisuuksia voida alentaa.

Soinanjoen veden käyttö on erittäin hankalaa. Lyhin etäisyys Soinanjoesta Luusu- anjärveen on noin 1 km jokisuulta järven keskiosassa olevan lahden pohjukkaan. Vesi voitaisiin johtaa kaivettavaa ojaa myöten. Tällöin lisävesi ei kuitenkaan vaikuttaisi järven pohjoisosaan lainkaan. Veden johtaminen Soinanjoesta järven pohjoisosaan vaatisi huomattavan suuria kaivutöitä. Vedenottaminen Soinanjoesta voisi myös vaarantaa joen kalataloudellista arvoa.

Siten Luusuanjärvelle ainoa realistinen lisäveden lähde on Kemijärven pääallas. Vesi voitaisiin johtaa esim. lappoputkella patopenkereen yli Luusuanjärven pohjois- osaan, jolloin lisävesi virtaisi koko allasketjun läpi Neitikosken pumppuasemalle altaiden eteläpäähän. Lisävettä voitaisiin teoriassa johtaa vuosittain kesäkuun alusta helmikuun loppuun, jolloin Kemijärven pinta on Luusuanjärveä ylempänä.

Taulukossa 6.10 on esitetty eri suuruisten lisävesivirtaamien vaikutukset Luusu- anjärven fosforipitoisuuksiin ja viipymiin. Lisäveden johtaminen kasvattaa järveen tulevaa ja järvestä poistuvaa fosforikuormitusta sekä järveen varastoituvan fosforin määrää. Lisäveden johtamisen ainoa positiivinen vaikutusmekanismi Luusuanjärvel- lä olisi viipymän lyhentyminen, mutta sen vaikutukset järven veden laatuun olisivat todennäköisesti hyvin vähäiset.

Taulukko 6.10.

Lisäveden johtamisen vaikutukset Luusuanjärven fosforitaseeseen ja viipymään.

Nykytilanne		
Järviveden fosforipitoisuus	µg/l	14,5
Tulovirtaama valuma-alueelta	milj. m ³ /a	5,0
Viipymä ilman lisävettä	kk	16
Nykyinen lisäveden tulovirtaama	milj. m ³ /a	0
Kokonaistulovirtaama	milj. m ³ /a	5,0
Viipymä lisäveden kanssa	kk	16
Ulkoisen fosforikuormitus	kg/a	230
Poistuva fosforikuormitus	kg/a	107
Järveen varastoituva fosfori	kg/a	123

Lisäveden johtamisen jälkeen				
Lisävesilähde		Kemijärvi		
Lisäveden fosforipitoisuus	µg/l	16,7	16,7	16,7
Lisäveden kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	0,5	1,5	2,5
Viipymä	kk	14	12	11
Ulkoisen fosforikuormitus	kg/a	238	255	272
Poistuva fosforikuormitus	kg/a	114	127	140
Järveen varastoituva fosfori	kg/a	124	128	132
Ulkoisen fosforikuormituksen muutos	%	4	11	18
Varastoituvan fosforimäärän muutos	%	1	4	8

Lisävesiä johtamalla ei todennäköisesti saavutettaisi toivottuja vaikutuksia Luusuanjärvellä, koska lisävesillä ei voitaisi alentaa järven fosforipitoisuuksia eikä parantaa talviaikaista happitilannetta. Myös viipymän lyhenemisen vaikutukset järven veden laatuun ovat epävarmoja. Lisävesien johtaminen soveltuu siksi huonosti järven kunnostusmenetelmäksi. Järveen johdettu lisävesi täytyisi kuitenkin pumpata pois, mikä lisäisi pumppauskustannuksia nykyisestä. Nykyisellään pumppauskustannukset ovat noin 12 400 €/a, kun energian hintana käytetään 0,08 €/kWh. Lisäveden johtamisesta aiheutuisi lisäkustannuksia valittavan vaihtoehdon mukaan noin 1 200–6 200 €/a, eli pumppauskustannukset nousisivat 10–50 % nykytasosta (taulukko 6.11).

Taulukko 6.11.

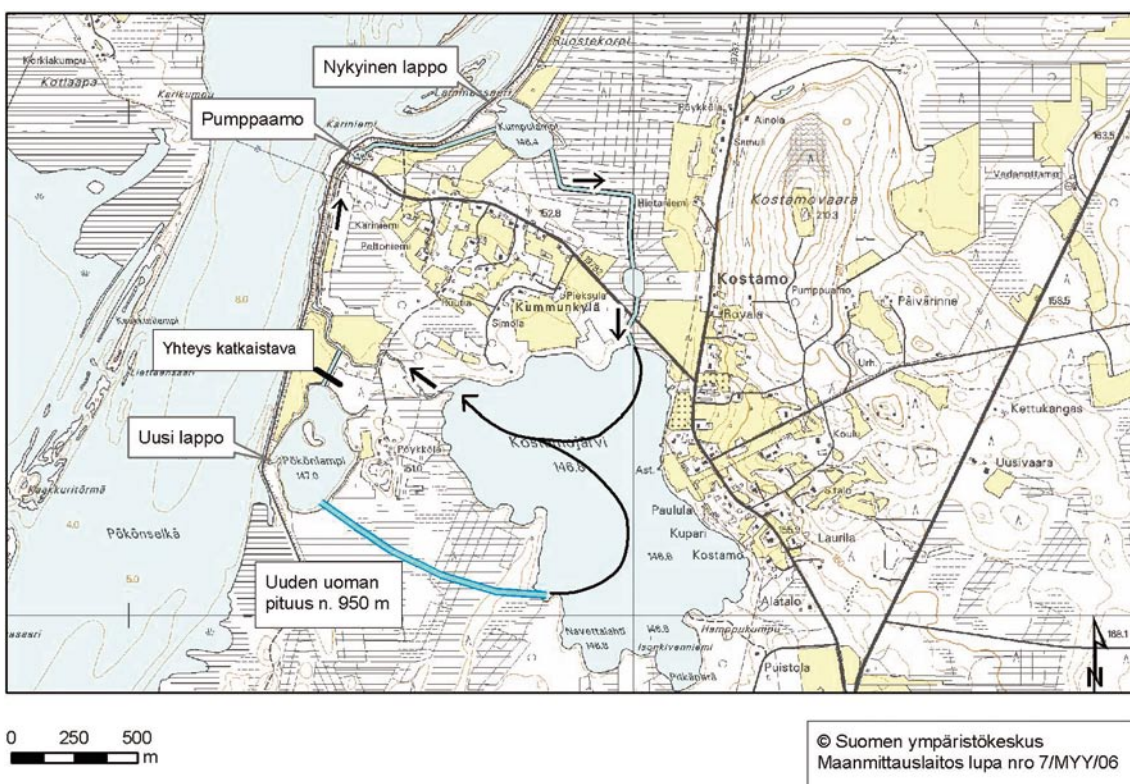
Lisäveden johtamisesta aiheutuvat pumppauskustannukset. Pumppujen tehotiedot on saatu kirjallisena tiedonantona Kemijoki Oy:stä (Leiviskä 2006b). Tarvittavien rakenteiden rakennus- ja kunnossapitokustannuksia ei ole arvioitu.

Nykytilanne		
Pumppujen pumppausteho	m ³ /min	60
Pumppujen ottoteho	kW	112
Tulovirtaama nykytilanteessa	milj. m ³ /a	5,0
Energiankulutus	kWh	155 440
Sähköenergian hinta	€/kWh	0,08
Pumppauskustannukset	€/a	12 435

Lisäveden johtamisen jälkeen				
Lisäveden kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	0,5	1,5	2,5
Kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	5,5	6,5	7,5
Energiankulutus	kWh	171 000	202 110	233 220
Pumppauskustannukset	€/a	13 680	16 169	18 658
Lisäkustannukset	€/a	1 245	3 734	6 222

Kostamojärvi

Nykytilanteessa Kostamojärvelle johdetaan kesäisin 60 vuorokauden ajan lisävesiä Kemijärvestä 710 l/s eli kesässä noin 3,74 milj. m³. Lisävesiä johdetaan painovoimaisesti lapolla kesäkuun puolivälistä aina elokuun puoleenväliin asti. Nykyisin lisävedet virtaavat Kumpulammen kautta Koivuojaa pitkin Kostamojärven pohjoisosaan. Todennäköisesti lisävesien huuhteleva vaikutus ei ulotu koko järveen, vaan vesi kiertää järven pohjoisosan kautta pumppaamolle johtavaan uomaan. Yhtenä vaihtoehtona lisävesien kierrättämisen tehostamiseksi on johtaa nykyisen käytössä olevan lapon lisäksi lisävetä Kemijärvestä Pökönlammen kautta Kostamojärven lounaisosaan. Jotta lisäveden johtaminen edellä mainittua reittiä olisi mahdollista, täytyisi Pökönlammeista Kostamojärven pumppaamolle menevä uoma sulkea ja lisäksi kaivaa uusi uoma lammesta Kostamojärven lounaisosaan (kuva 6.9). Suurin hyöty järven virkistyskäytön kannalta saavutettaisiin, jos lisävesien johtaminen Kemijärvestä aloitettaisiin heti, kun se on painovoimaisesti mahdollista eli kesäkuun alussa.



Kuva 6.9. Alustavat toimenpide-ehdotukset tarvittavista järjestelyistä lisäveden johtamiseksi Kemijärvestä Pökönlammen kautta Kostamojärveen.

Kostamojärven tapauksessa tarkasteltiin, millaisia vaikutuksia järven veden laadussa ja viipymässä saavutettaisiin, jos johdettavan lisäveden määrää kasvatettaisiin nykyisestä. Kostamojärven pitkän ajan keskimääräinen fosforipitoisuus on 58,1 µg/l ja Kemijärven 15,1 µg/l. Koska Kemijärven veden laatu on fosforin osalta huomattavasti Kostamojärveä parempi, lisäveden johtamisen tehostamisella voidaan alentaa Kostamojärven fosforipitoisuuksia. Taulukossa 6.12 on esitetty eri lisävesivirtaamien vaikutukset Kostamojärven fosforipitoisuuksiin ja viipymiin. Nykyistä tehokkaampi lisävesien johtaminen ei todennäköisesti juurikaan muuttaisi Kostamojärveen varastoituvan fosforin määrää, mikä saattaisi myöhemmin vapautua sisäisenä kuormitukseksi pohjasedimentistä takaisin vesimassaan.

Taulukko 6.12.

Lisäveden johtamisen vaikutukset Kostamojärven fosforitaseeseen ja viipymään.

Nykytilanne		
Järviveden fosforipitoisuus	µg/l	58,1
Tulovirtaama valuma-alueelta	milj. m ³ /a	5,8
Viipymä ilman lisäettä	kk	2,6
Nykyinen lisäveden tulovirtaama	milj. m ³ /a	3,7
Kokonaistulovirtaama	milj. m ³ /a	9,5
Viipymä lisäveden kanssa	kk	1,6
Ulkoisen fosforikuormitus	kg/a	521
Poistuva fosforikuormitus	kg/a	382
Järveen varastoituva fosfori	kg/a	139

Lisäveden johtamisen jälkeen				
Lisävesilähde		Kemijärvi		
Lisäveden fosforipitoisuus	µg/l	15,1	15,1	15,1
Lisäveden kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	5	7	9
Viipymä	kk	1,4	1,2	1,1
Ulkoisen fosforikuormitus	kg/a	541	571	601
Poistuva fosforikuormitus	kg/a	403	435	465
Järveen varastoituva fosfori	kg/a	138	136	136
Ulkoisen fosforikuormituksen muutos	%	4	10	15
Varastoituvan fosforimäärän muutos	%	-1	-2	-2

Nykyisellään pumppauskustannukset ovat noin 16 800 €/a. Lisäveden johtamisesta aiheutuisi lisäkustannuksia valittavan vaihtoehdon mukaan noin 2 300–9 400 €/a, eli pumppauskustannukset nousisivat 14–56 % nykyisestä (taulukko 6.13).

Taulukko 6.13.

Lisäveden johtamisesta aiheutuvat pumppauskustannukset Kostamojärvellä eri virtaamamäärillä. Pumppujen tehotiedot on saatu kirjallisena tiedonantona Kemijoki Oy:stä (Leiviskä 2006a). Tarvittavien rakenteiden rakennus- ja kunnossapitokustannuksia ei ole arvioitu.

Nykytilanne		
Pumppujen pumppausteho	m ³ /min	395
Pumppujen ottoteho	kW	463
Tulovirtaama nykytilanteessa	milj. m ³ /a	9,5
Energiankulutus	kWh	209 541
Sähköenergian hinta	€/kWh	0,08
Pumppauskustannukset	€/a	16 763

Lisäveden johtamisen jälkeen				
Lisäveden kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	5	7	9
Kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	10,8	12,8	14,8
Energiankulutus	kWh	238 249	282 415	326 580
Pumppauskustannukset	€/a	19 060	22 593	26 126
Lisäkustannukset	(€/a)	2 297	5 830	9 363

Karjakanselkä

Nykytilanteessa Karjakanselälle johdetaan kesäisin noin 60 vuorokauden ajan lisävesiä Kemijärvestä 230 l/s, eli kesässä noin 1,2 milj. m³. Lisävesiä johdetaan painovoimaisesti lapolla kesäkuun puolivälistä elokuun puoliväliin asti. Ne päätyvät Karjakanselälle pienten, osin kasvillisuuden valtaamien lampien kautta, jolloin veden laatu saattaa heikentyä ennen sen päätymistä Karjakanselälle. Lisävedet kuitenkin vaikuttavat positiivisesti lampien tilaan, ja niiden tila ja kunnostustarpeet on syytä ottaa huomioon lisäveden johtamisjärjestelyjen toteutussuunnitelmissa. Suurin hyöty järven virkistyskäytön kannalta saavutettaisiin, jos lisävesien johtaminen aloitettaisiin heti, kun se on painovoimaisesti mahdollista eli kesäkuun alussa.

Karjakanselällä tarkasteltiin, millaisia vaikutuksia järveen kohdistuvassa fosforikuormituksessa ja viipymässä saavutettaisiin, jos johdettavan lisäveden määrää kasvatettaisiin nykyisestä. Laskelmissa oli mukana kolme vaihtoehtoa. Kemijärvestä johdettavaa vesimäärää voitaisiin kasvattaa nykyisestä. Toisena vaihtoehtona tutkittiin lapon kautta tulevan lisäveden korvaamista Severijärven pääaltaasta johdettavalla vedellä. Kolmas vaihtoehto on edellä mainittujen yhdistelmä, jossa lisäveden virtaama Kemijärvestä säilytettäisiin nykyisellään ja sitä tehostettaisiin Severijärven pääaltaasta johdettavalla vedellä.

Karjakanselän pitkän ajan keskimääräinen fosforipitoisuus on 42,9 µg/l, Kemijärven eteläosan 16,7 µg/l ja Severijärven pääaltaan 17,9 µg/l. Koska sekä Kemijärven että Severijärven veden laatu on fosforin osalta huomattavasti Karjakanselkää parempi, kummasta tahansa lähteestä otettava lisävesi voisi laimentaa Karjakanselän fosforipitoisuuksia. Taulukossa 6.14 on esitetty eri lisävesivaihtoehtojen ja -virtaamien vaikutukset Karjakanselän fosforitaseeseen ja viipymään. Nykyistä tehokkaampi lisävesien johtaminen ei todennäköisesti juurikaan muuttaisi Karjakanselän pohjasedimenttiin varastoituvan fosforin määrää, mikä saattaisi myöhemmin vapautua sisäisenä kuormituksena pohjasedimentistä takaisin vesimassaan.

Taulukko 6.14.

Lisäveden johtamisen vaikutukset Karjakanselän fosforitaseeseen ja viipymään.

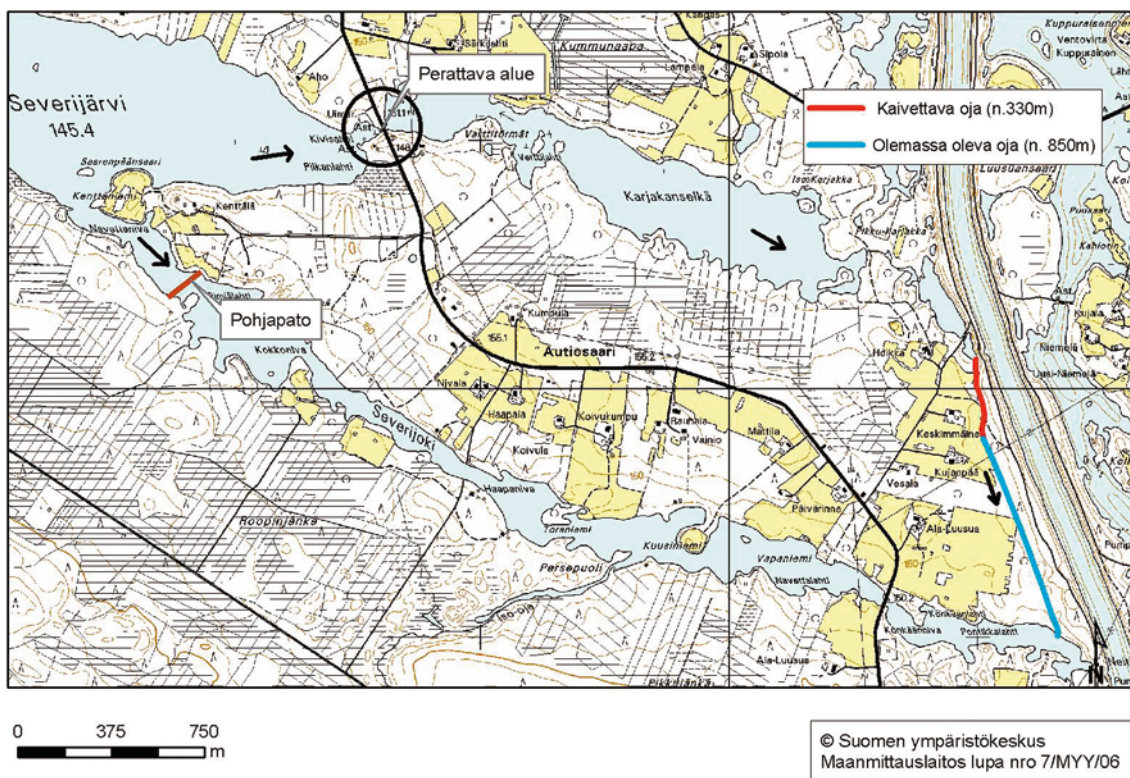
Nykytilanne		
Järviveden fosforipitoisuus	µg/l	42,9
Tulovirtaama valuma-alueelta	milj. m ³ /a	1,8
Viipymä ilman lisävettä	kk	5,3
Nykyinen lisäveden tulovirtaama	milj. m ³ /a	1,2
Kokonaistulovirtaama	milj. m ³ /a	3,0
Viipymä lisäveden kanssa	kk	3,2
Ulkoinen fosforikuormitus	kg/a	245
Poistuva fosforikuormitus	kg/a	161
Järveen varastoituva fosfori	kg/a	84

Lisäveden johtamisen jälkeen										
Lisävesilähde		Kemijärvi ¹⁾			Severijärvi ²⁾			Kemijärvi ja Severijärvi ³⁾		
Lisäveden fosforipitoisuus	µg/l	16,7	16,7	16,7	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
Lisäveden kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	3	4,5	6	2,5	3,5	4,5	2,7	4,2	5,7
Viipymä	kk	2,0	1,6	1,2	2,3	1,8	1,6	2,2	1,6	1,3
Ulkoinen fosforikuormitus	kg/a	275	300	326	270	288	306	272	299	326
Poistuva fosforikuormitus	kg/a	195	221	246	188	207	225	191	219	245
Järveen varastoituva fosfori	kg/a	80	79	80	82	81	81	81	80	81
Ulkoisen fosforikuormituksen muutos	%	12	22	33	10	17	25	11	22	33
Varastoituvan fosforimäärän muutos	%	-5	-6	-5	-2	-4	-4	-4	-5	-4

¹⁾ Lisäveden ottoa Kemijärvestä kasvatettaisiin nykytasosta.

²⁾ Lisäveden johtaminen Kemijärvestä lopetettaisiin ja vettä otettaisiin sen sijaan Severijärven pääaltaasta (katso kuva 6.10).

³⁾ Lisävettä johdettaisiin Kemijärvestä kuten nykyään, mutta Karjakanselälle johdettaisiin vettä myös Severijärven pääaltaasta (katso kuva 6.10).



Kuva 6.10. Alustavat toimenpide-ehdotukset tarvittavista järjestelyistä lisäveden johtamiseksi Severijärven pääaltaasta Karjakanselälle ja edelleen Severijoen suun pumppaamolle.

Lisäveden johtaminen Severijärven pääaltaasta Karjakanselälle vaatisi suurimmat toimenpiteet. Severijokeen tulisi rakentaa pohjapato ja Kivisalmi tulisi perata, jotta vesi saataisiin virtaamaan Karjakanselälle. Toisena vaihtoehtona voisi olla potkuripumpun asentaminen nykyiseen Kivisalmen silta-aukkoon. Tällainen ratkaisu on toteutettu mm. Evijärven Inanlahdessa (Lappalainen & Lakso 2005). Lisäksi Karjakanselän itäpäästä pitäisi kaivaa oja Severijoen suun pumppaamolle. Tarvittavia toimenpiteitä ja rakenteita ei ole tässä työssä tarkemmin suunniteltu eikä niiden aiheuttamia rakennus- ja kunnossapitokustannuksia ole huomioitu laskelmissa.

Nykyisellään pumppauskustannukset ovat noin 96 500 €/a. Jos vettä edelleen johdettaisiin Kemijärvestä, lisäveden johtamisesta aiheutuisi lisäkustannuksia vaihtoehdon mukaan noin 3 800–12 300 €/a (taulukko 6.15) eli pumppauskustannukset nousisivat 4–13 %. Jos Kemijärvestä Karjakanselälle otettava lisävesi korvattaisiin kokonaan Severijärven pääaltaasta johdettavalla vedellä, pumppauskustannuksissa säästettäisiin noin 3 000 €/a eli noin 3 %.

Taulukko 6.15.

Lisäveden johtamisesta aiheutuvat pumppauskustannukset Karjakanselällä eri virtaamamäärillä. Pumppujen tehotiedot on saatu kirjallisena tiedonantona Kemijoki Oy:stä (Leiviskä 2006c). Tarvitavien rakenteiden rakennus- ja kunnossapitokustannuksia ei ole arvioitu.

Nykytilanne		
Pumppujen pumppausteho	m ³ /min	480
Pumppujen laskettu ottoteho	kW	920
Tulovirtaama nykytilanteessa	milj. m ³ /a	37,7
Energiankulutus	kWh	1 205 762
Sähköenergian hinta	€/kWh	0,08
Pumppauskustannukset	€/a	96 461

Lisäveden johtamisen jälkeen								
Lisävesilähde		Kemijärvi			Severi-järvi	Kemijärvi ja Severijärvi		
Lisäveden kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	3	4,5	6	-1,2	2,7	4,2	5,7
Kokonaisvirtaama	milj. m ³ /a	39,5	41,0	42,5	36,5	39,2	40,7	42,2
Energiankulutus	kWh	1 263 262	1 311 179	1 359 096	1 167 429	1 253 679	1 301 596	1 349 512
Pumppauskustannukset	€/a	101 061	104 894	108 728	93 394	100 294	104 128	107 961
Lisäkustannukset	€/a	4 600	8 433	12 267	-3 067	3 833	7 667	11 500

6.6

Tarvaslammen vesistöjärjestelyjen muuttaminen

Tarvaslammen valuma-alue on muutettu voimakkaasti Kemijärven säännöstelyn toteuttamisen yhteydessä, kun Karsimusjärven vedet on käännetty kulkemaan Kemijärveen pumppaamalla ne Tarvaslammen kautta. Paikallisten asukkaiden mukaan Karsimusjärvi kärsii rehevöitymisestä ja järvestä tulevat vedet todennäköisesti tuovat mukanaan lisäkuormitusta ja heikentävät Tarvaslammen tilaa.

Tarvaslammella arvioitiin, millaisia muutoksia mm. järven viipymässä ja siihen kohdistuvassa ulkoisessa kuormituksessa saavutettaisiin, jos Karsimusjärven vesien virtaus Tarvaslampeen estettäisiin (taulukko 6.16).

Taulukko 6.16.

Vaikutukset Tarvaslammen viipymään, valuma-alueeseen ja järveen kohdistuvaan kuormitukseen, jos Karsimusjärven vesien pumppaaminen Tarvaslampeen lopetetaan.

		Nykytilanne	Vesistöjärjestelyjen muuttamisen jälkeen
Valuma-alueen pinta-ala	km ²	2,8	1,1
Luontainen tulovirtaama	m ³ /a	900 466	353 755
Järven tilavuus	m ³	112 000	112 000
Järven viipymä	kk	1,5	3,8
Ulkoisen fosforikuormitus suhteessa järven pinta-alaan	kg/ha a	27	18
Ulkoisen typpikuormitus suhteessa järven pinta-alaan	kg/ha a	349	188
Tulovesien fosforipitoisuus	mg/m ³	120	204
Poistuvan veden fosforipitoisuus	mg/m ³	89	130
Poistuva fosforikuormitus	kg/a	80	46
Järveen varastoituva fosfori	kg/a	28	26

Jos Karsimusjärven vedet kierrätetään Tarvaslammen ohitse, pienenee Tarvaslammen valuma-alueen koko alle puoleen nykyisestä ja järven viipymä kasvaa parilla kuukaudella. Tehdyn arvion mukaan Tarvaslampeen kohdistuva ulkoinen fosforikuormitus vähenee kolmanneksella nykytilanteesta, jossa järveen kohdistuva ulkoinen fosforikuormitus suhteessa järven pinta-alaan on noin 27 kg/ha a. Karsimusjärven vesien kierrättäminen Tarvaslammen ohitse ei todennäköisesti juurikaan muuta järveen varastoituvan fosforin määrää.

Tarvaslammen tilaa voitaisiin todennäköisesti parantaa johtamalla lampeen lisävesiä painovoimaisesti Kotajärvestä. Tässä työssä Kotajärvestä johdettavan lisäveden vaikutuksia Tarvaslammen tilaan ei voida arvioida, koska Kotajärveltä ei ole saatavilla veden laatutietoja. Lisävesien johtamisen vaikutuksista Tarvaslammen veden laatuun tulisi tehdä oma erillinen selvitys. Jotta lisävesien vaikutusten arviointi Tarvaslammen tilaan olisi mahdollista, täytyisi Kotajärven veden laatua seurata säännöllisellä näytteenotolla vähintään vuoden ajan.

Karsimusjärven vesien kierrättäminen Tarvaslammen ohitse vaatii muutoksia nykyiseen pumppausjärjestelmään. Yhtenä vaihtoehtona on johtaa Karsimusjärven vedet suoraan nykyiselle pumppaamolle niin, ettei vesi kierrä Tarvaslammen kautta. Toisena vaihtoehtona on, että Tarvaslammen vedet pumpattaisiin Karsimusjärven kautta Kemijärveen. Tämä järjestely kuitenkin vaatisi uuden pumppaamon rakentamista, josta aiheutuvat kustannukset ovat huomattavasti ensimmäisen vaihtoehdon mukaista pumppausjärjestelyä suuremmat. Lisäksi lisävesien vaikutukset Karsimusjärveen tulisi selvittää.

6.7

Kevättulvan palauttaminen

Kohdejärvien luonnolliseen vedenvaihtuvuuteen on vaikutettu patoamalla ne erilleen Kemijärven pääaltaasta säännöstelyn aloittamisen yhteydessä. Patoamisella on voitu torjua säännöstelyn vahingolliset vaikutukset maataloustuotannolle ja muulle maankäytölle. Samalla kuitenkin järvien luontainen vedenkorkeuksien vaihtelu on pienentynyt luonnontilaisesta. Vedenkorkeuksien vaihteluväli on erittäin pieni ja kevättulvat ovat poistuneet kokonaan.

Tulvista on kuitenkin hyötyä vesistön tilalle, ja siksi tulvien osittainen palauttaminen voikin toimia järven hoitotoimenpiteenä. Kun vedenpinta käy hetkellisesti korkealla, osa järven vesimassassa olevista ravinteista, järvessä syntyneistä orgaanisista aineksista ja muista aineista jää rantavyöhykkeelle ja poistuu järven kiertokulusta. Jos tulvaa ei ole, rantakasvillisuuden sekaan jää paljon hajoavaa orgaanista ainesta, joka kuluttaa happea ja luo toisaalta hyvän kasvualustan uudelle kasvillisuudelle. Tulvien poistaminen köyhdyttää rantavyöhykkeiden eliöstön monimuotoisuutta. Jotkut vesikasvit voivat saada valta-aseman ja toiset lajit vähentyä merkittävästi tai jopa hävitä kokonaan, millä voi olla vaikutuksia mm. kalojen lisääntymiseen. Luontainen, vyöhykkeinen rantakasvillisuus sitoo myös tehokkaasti valumavesien ravinteita ennen niiden päätymistä järveen. (Hellsten 2003)

Kaikkien eristettyjen sivujärvien osalta suositellaan tarkasteltavaksi kevättulvien palauttamismahdollisuuksia erillisessä selvityksessä. Työssä tulisi kartoittaa olemassa olevien rakennusten ja rakenteiden sekä viljelykäytössä olevien peltojen alimmat korkeustasot ja määrittää siten tasot, joihin vedenpinta voisi keväisin hetkellisesti nousta aiheuttamatta vaaraa tai merkittävää taloudellista haittaa. Tämän jälkeen voitaisiin arvioida, millä tavoin ja missä laajuudessa kevättulvia pystyttäisiin palauttamaan. Työssä tulisi myös arvioida tarkemmin tulvien palauttamisen vaikutuksia järvien ja erityisen niiden rantavyöhykkeiden tilaan ja siten asettaa tulvalle tavoitkorkeudet. Viimeisenä vaiheena tehtäisiin arvio, voisiko tulvien palauttaminen vaikuttaa tehokkaasti ja toivotulla tavalla nykyisten säännöstelyrajojen puitteissa vai tulisiko niitä muuttaa.

7 Yhteenveto ja ehdotukset jatkotoimenpiteiksi

7.1

Järvien nykytila ja kuormitus

Kemijoen vesistöön kuuluvaa Kemijärveä on säännöstelty vuodesta 1965 lähtien. Kemijärven vesistöalueen yhteyteen kuuluu joukko pieniä, samalla tulva-alueella olleita järviä, jotka ainakin osan aikaa kevättulvan aikana olivat yhteydessä pääaltaaseen (Marttunen ym. 2004). Säännöstelyn alussa Kemijärven kesäaikaista keski-vedenkorkeutta nostettiin yli kahdella metrillä ja sivujärvet eristettiin pääaltaasta patorakenteilla. Luonnontilassa järvien veden laadun säilyminen hyvänä perustui kuitenkin suurelta osin tulvan huuhtovaan vaikutukseen. Patoamisen jälkeen järvi-
en omilta valuma-alueilta tulevat vedet eivät pystyneet turvaamaan riittävää veden vaihtuvuutta eivätkä hyvää veden laatua tilanteissa, joissa valuma-alueelta tuleva hajakuormitus on liian suurta. Vuosina 2001–2004 käynnissä olleen Kemijärven säännöstelyn vaikutuksia koskevan selvitystyön tuloksena määrättiin suosituksia, joilla säännöstelyn haittoja pyritään vähentämään (Marttunen ym. 2004).

Sivujärviltä ei ole saatavilla veden laatuaineistoja pengertämistä edeltävältä ajalta, joten luonnontilan ja nykytilan välistä tarkastelua ei ole voitu tehdä. Todennäköisesti järvien pengertäminen on osaltaan vaikuttanut heikentävästi järvien tilaan. Kevättalvella kaikissa kohdejärvissä vähintään syvännealueet kärsivät happivajeesta. Kostamojärvi, Severijärven Karjakanselkä ja Tarvaslampi ovat hyvin matalia, ja niissä happivajeesta kärsii kevättalvisin lähes koko vesimassa. Kesäisin happitilanne heikentyy Pöyliö- ja Severijärven syvänteissä, jotka kerrostuvat lämpötilan suhteen.

Kostamojärvi ja Tarvaslampi ovat kohdejärvistä selvästi ravinteikkaimpia. Kostamojärven tilaa on pyritty parantamaan talvihapetuksella vuodesta 1993 alkaen. Kaksi vuotta myöhemmin Kostamojärveen aloitettiin lisävesien johtaminen Kemijärvestä kesäisin 60 päivän ajan, minkä positiivisia vaikutuksia on pyritty tehostamaan samanaikaisella hapetuksella. Kunnostustoimenpiteistä huolimatta Kostamojärvi on ravinnepitoisuuksiltaan rehevä ja kesäisin järvessä esiintyy usein voimakkaitakin sinileväkukintoja. Kostamojärven kalasto koostuu pääasiassa pienikokoisesta ahvenesta ja särjestä. Myös Tarvaslampi voidaan kesällä 2005 mitattujen ravinnepitoisuuksien perusteella luokitella reheväksi. Sekä Kostamojärven että Tarvaslammen lähivaluma-alueella on runsaasti maanviljelyä ja karjataloutta, ja niihin kohdistuvan ulkoisen kuormituksen määrä on suuri niiden kokoon ja sietokykyyn nähden.

Luusuanjärven ravinnepitoisuudet ovat hyvin alhaiset, koska järvi- ja kiintoainekuormitusta. Vesi on hyvin kirkasta, jopa kirkkaampaa kuin Kemijärven pääaltaassa, mikä toisaalta luo vesikasvillisuudelle hyvät lisääntymismahdollisuudet. Umpeenkasvun merkkejä ei kasvilisuuskartoituksissa kuitenkaan havaittu. Luusuanjärven ja Neitilän altaan kalasto koostuu koekalastusten perusteella lähes pelkästään särjestä ja ahvenesta. Vaikka ahvenen ja särjen keskikoko on hieman kasvanut viime vuosina, kyseisten lajien kannat ovat tiheitä ja ilmeisesti myös hidaskasvuisia. Luusuanjärvi on kohdejärvistä selvästi vähäravinteisin, eikä järvessä ole havaittavissa vakavia veden laadun muutoksia. Ainoastaan kevättalvisin syvännepaikkojen alusvesi voi olla vähähappista. Heikosta happitilanteesta huolimatta sedimentistä ei vapaudu merkittävästi ravinteita takaisin vesimassaan. Luusuanjärven ja Neitilän altaan ongelmana on pieni valuma-alue ja siitä syystä veden erittäin pitkä viipymä.

Pöylijärven ravinnepitoisuudet kohoavat jonkin verran kesän hapettomina kautena. Kuitenkin pitkän aikavälin keskiarvon perusteella Pöylijärvi on vähäravinteinen. Virkistyskäytön kannalta ongelmallisimpia ovat järvessä kesäisin esiintyvät limaleväkukinnat, jotka voimistuvat loppukesää kohti. Limalevän runsaan esiintymisen takia Pöylijärvi luokitellaan reheväksi. Pöylijärven lähivaluma-alueen pohjoisosa on Kemijärven kaupungin keskusta-alueita, ja muuten valuma-alue on suurelta osin metsämaata. Muista kohdejärvistä poiketen maanviljelyn osuus valuma-alueella on todella pieni. Pöylijärveen kohdistuvasta ulkoisesta kokonaiskuormituksesta hulevesien osuus on melko suuri.

Severijärvestä voidaan erottaa veden laadun ja veden vaihtuvuuden suhteen toisistaan erottuvat alueet ns. pääallas ja Karjakanselkä. Ravinnepitoisuuksien perusteella pääallas on lievästi rehevöitynyt. Karjakanselkä on muusta järvestä erillinen allas, jossa veden vaihtuvuus luonnontilaan nähden on hyvin vähäistä. Severijärven pääaltaan vesi taas vaihtuu nopeasti, koska järvellä on laaja valuma-alue. Karjakanselkä voidaan ravinnepitoisuuksien perusteella luokitella reheväksi. Pääaltaan kevättalvista happitilannetta on pyritty parantamaan talvi- ja kesäaikaisella hapetuksella vuodesta 1993 lähtien. Vuosituhannen vaihteen tienoilla ilmastin uusittiin ja siirrettiin Karjakanselälle. Severijärveä on hoidettu kesäisin myös lappoamalla hapekasta ja vähäravinteista vettä 230 l/s Kemijärvestä Seitakorvan kanavasta 60 vuorokauden ajan. Lapon ensisijainen vaikutusalue on Karjakanselkä, jonne lapottu vesi tulee pienten oijien ja lampien kautta. Severijärven pääaltaan ja Karjakanselän kalasto koostuu verkkokoekalastusten perusteella pääosin särjestä (46 %), ahvenesta (40 %) ja hauesta (12 %). Särki- ja ahvenkannat ovat tiheitä ja erityisesti särjen osalta hidaskasvuisia. Severijärven valuma-alueelta tuleva kuormitus on myös suurta, ja siitä valtaosa on peräisin metsätaloudesta.

7.2

Suosituksukset toimenpiteiksi

Kostamojärvi

Kostamojärven tilan parantamiseksi ensimmäisenä on syytä alentaa järveen valuma-alueelta tulevaa ravinnekuormitusta. Järvelle tulisi laatia vesiensuojelusuunnitelma, jossa valuma-alueen kuormituslähteet kartoitetaan ja laaditaan suunnitelmat toimenpiteiksi kuormituksen syntymisen estämiseksi tai sen rajoittamiseksi ennen sen päätymistä vesistöön.

Kostamojärven sisäisestä kuormituksesta johtuvaa rehevyyttä voitaisiin vähentää nykyistä tehokkaammalla hapetuksella. Nykyisin käytössä olevan hapettimen hapetusteho riittää kattamaan alustavien arvioiden mukaan vain noin kymmenesosan koko järven hapetustarpeesta. Hapetuksen tehostamiseksi Kostamojärvelle tarvitaan todennäköisesti useampi kuin yksi hapetin, joten laitteiden investointikustannusten lisäksi myös hapetuksen käyttökustannukset kasvavat nykyisestä.

Koska Kemijärven veden laatu on fosforin osalta huomattavasti Kostamojärveä parempi, voidaan Kemijärvestä johdettavan lisäveden määrän kasvattamisella alentaa Kostamojärven fosforipitoisuuksia nykyisestä. Vaikka lisävedet toisaalta tuovat lisäkuormitusta nykytilanteeseen verrattuna, ei tehokkaampi lisävesien johtaminen todennäköisesti juurikaan muuttaisi Kostamojärveen varastoituvan fosforin määrää, mikä saattaisi myöhemmin vapautua sisäisenä kuormituksena pohjasedimentistä takaisin vesimassaan. Suurin hyöty järven virkistyskäytön kannalta saavutettaisiin, jos lisävesien johtaminen Kemijärvestä aloitettaisiin heti, kun se on painovoimaisesti mahdollista eli kesäkuun alussa. Lisäveden johtamisesta aiheutuisi lisäkustannuksia johdettavan lisäveden määrän mukaan noin 2 300–9 400 €/a, eli pumppauskustannukset nousisivat 14–56 % nykyisestä. Lisävesien vaikutusten tehostamiseksi lappo

tulisi siirtää etelämmäksi sellaiseen paikkaan, että Kemijärvestä johdettava vesi las-
kisi mahdollisimman lähelle Kostamojärven eteläpäätä. Nykytilanteessa lisävedet
todennäköisesti vaikuttavat vain järven pohjoispäässä tulo- ja lähtöuoman välisellä
alueella.

Nykyisten kunnostusmenetelmien tehostamisen lisäksi ravintoketjukunnostuk-
sella voidaan vähentää pienikokoisten ahven- ja särkikalojen määrää, jolloin veden
laatu paranee sisäisen kuormituksen pienentyessä. Lisäksi järven kalaston rakenne
paranee. Ravintoketjukunnostuksen käyttö Kostamojärven kunnostuksessa vaatii
kuitenkin tarkempia koekalastuksia ja suunnittelua ennen varsinaisiin toimenpitei-
siin ryhtymistä.

Toimenpiteiden toteutusjärjestykseksi suosittelemme seuraavaa:

1. Vesiensuojelun tehostaminen
 - a. Vesiensuojelusuunnitelman laatiminen
 - b. Toimenpiteiden toteuttaminen
2. Ravintoketjukunnostuksen soveltuvuuden arviointi
 - a. Kalastotutkimukset
 - b. Mahdollisesti teho- ja hoitokalastuksen suunnittelu ja toteuttaminen
3. Lisävesimäärän kasvattaminen
4. Talvihapetuksen tehostaminen

Luusuanjärvi

Luusuanjärvellä ainoastaan syvimmat alueet kärsivät kevättalvella happivajeesta.
Ensisijaisena hapetuskohteena Luusuanjärvellä olisi pohjoinen syväne, joka muo-
dostuu kevättalvisin vähähappiseksi. Alustavien mitoituskalkelmien perusteella yksi
hapetin riittää täyttämään syvänteen hapetustarpeen. Hapettimien tuotot ja tehon-
tarpeet ja siten myös käyttökustannukset vaihtelevat laitekohtaisesti.

Pitkä viipymä on Luusuanjärven ja Neitilän altaan suurin ongelma. Lisävesiä joh-
tamalla viipymää voitaisiin lyhentää. Lisävesilähteinä on tarkasteltu sekä Kemijärveä
että Soinanjokea. Lisävesien johtaminen Soinanjoesta on kuitenkin epärealistinen
vaihtoehto, koska veden ottaminen Luusuanjärveen vaatisi runsaasti kaivutöitä ja
voisi vaarantaa joen kalataloudellista arvoa. Kemijärvestä johdettavilla lisävesillä
Luusuanjärven fosforipitoisuuksia ei voida alentaa, koska Kemijärven vesi on laa-
dultaan Luusuanjärven vettä heikompa. Lisävesien johtamisen ainoa positiivinen
vaikutusmekanismi on viipymän lyheneminen, jonka vaikutukset veden laatuun
ovat epävarmoja. Tehtyjen tarkastelujen perusteella voidaan todeta, ettei lisävesien
johtaminen Kemijärvestä todennäköisesti sovellu Luusuanjärven kunnostusmene-
telmäksi.

Luusuanjärvellä kalasto ei veden laatutietojen perusteella vaikuta merkittävästi
veden laatuun, joten ravintoketjukunnostus ei todennäköisesti ole järkevä kunnos-
tusvaihtoehto.

Luusuanjärven ja sen ranta-alueiden virkistyskäyttömahdollisuuksia voidaan pa-
rantaa paikallisilla toimenpiteillä, kuten niitoilla ja pienimuotoisilla ruoppauksilla.
Niillä ei kuitenkaan ole merkitystä järven kokonaistilan kannalta, mutta ne voivat
merkittävästi parantaa järven käyttäjien viihtyvyyttä.

Toimenpiteiden toteutusjärjestykseksi suosittelemme seuraavaa:

1. Vesiensuojelun tehostaminen
 - a. Vesiensuojelusuunnitelman laatiminen
 - b. Toimenpiteiden toteuttaminen
2. Käyttökelpoisuuden parantaminen
 - a. Vesikasvillisuuden vähentäminen
 - b. Rantojen kunnostukset

Seuraavia toimenpiteitä voidaan myöhemmin harkita, mutta ne eivät ole välttämättömiä ja kiireellisiä:

3. Syvänteen talvihapetus
4. Lisävesien johtaminen

Pöyliöjärvi

Pöyliöjärvellä hulevesien osuus ulkoisesta kokonaiskuormituksesta on melko suuri. Hulevesien vaikutuksia ja niiden puhdistusmahdollisuuksia kannattaisi selvittää tarkemmin, jotta niiden aiheuttamaa kuormitusta voitaisiin pienentää. Lisäksi järven valuma-alueella olevan lumenkaatopaikan vaikutus selvitys ja toimenpidesuunnitelma vaikutusten vähentämiseksi suositellaan tehtäväksi. Pöyliöjärvellä ulkoisen ravinnekuormituksen vähentäminen voi vähentää limalevän esiintymistä.

Hapetuksella voidaan parantaa Pöyliöjärven syvänteiden kevättalvista heikkoa happitilannetta. Kuitenkaan pelkkä talviaikainen hapettaminen ei todennäköisesti ole riittävää, koska syvänteen happitilanne on heikko myös kesäkerrostuneisuuden aikana. Alusveden kesäaikaisella hapettamisella voidaan vähentää sedimentistä liukenevan fosforin määrää. Alustavan arvion mukaan Pöyliöjärvelle tarvitaan hapetin sekä pohjoiseen että eteläiseen syvänteeseen.

Kesäkerrostuneisuuden aikana vesimassan kierto alus- ja päällysveden välillä estyy eikä alusvesi saa happitäydennystä. Yleensä alusvesi on myös pintavettä ravinteikkaampaa. Yhtenä Pöyliöjärven kunnostusvaihtoehtona on tarkasteltu alusveden purkuputken rakentamista pohjoisesta syvänteestä Pöyliönsalmen pumppaamolle. Tulosten perusteella alusveden poisjohtaminen ei ole kovin realistinen kunnostusvaihtoehto, koska sillä saavutettavat ravinnepoistumien lisäykset ovat hyvin pienet verrattuna purkuputken aiheuttamiin investointikustannuksiin. Noin kilometrin mittaisen putken hankinnan lisäksi alusveden poisto vaatisi luultavasti muutostöitä pumppaamoon ja pumppuihin, joten kustannukset nousisivat hyvin korkeiksi, vähintään noin 0,5 miljoonaan euroon.

Pöyliöjärven kalastosta ei ole saatavilla tarkempaa tutkimustietoa, joten ravintoketjukurinnoituksen soveltuvuutta ja mahdollisia vaikutuksia ei ole voitu tarkemmin arvioida. Osakaskunnan edustajilta saatujen tietojen mukaan järven kalaston rakenne saattaa kuitenkin olla sellainen, että ravintoketjukurinnoituksella järven tilaa ja virkistyskäyttömahdollisuuksia voitaisiin parantaa.

Toimenpiteiden toteutusjärjestykseksi suosittelemme seuraavaa:

1. Vesiensuojelun tehostaminen
 - a. Vesiensuojelusuunnitelman laatiminen, erityisesti hulevesien ja lumenkaatopaikan vaikutusten arvioiminen ja toimenpidesuunnitelma
 - b. Toimenpiteiden toteuttaminen
2. Ravintoketjukurinnoituksen soveltuvuuden arviointi
 - a. Kalastotutkimukset
 - b. Mahdollisesti teho- ja hoitokalastuksen suunnittelu ja toteuttaminen
3. Syvänteiden hapetus

Severijärvi

Severijärven Karjakanselkää hapetetaan talvisin ja kesällä lisävesien johtamisen aikaan. Hapettamisesta huolimatta happipitoisuudet ovat heikentyneitä kevättalvella jo 2 m:n syvyydellä. Nykyisin käytössä olevan hapetuslaitteen hapetusteho ei alustavien arvioiden mukaan riitä täyttämään Karjakanselän hapetustarvetta. Mahdollisesti hapetuksen tehostaminen vaatisi uusia laitehankintoja. Karjakanselän lisäksi Severijärven syvänteen alusvesi on kevättalvisin vähähappista. Kuitenkin happivajetta esiintyy todennäköisesti vain syvännealueella, joten hapetustarve voitaisiin täyttää yhden syvänteeseen asennettavan hapettimen avulla.

Karjakanselkä on muusta järvestä erillinen osa, jossa veden vaihtuvuus ja veden laatu ovat muuta järveä heikompia. Karjakanselälle tarkasteltiin kolmea eri lisävesivaihtoehtoa. Kemijärvestä nykyisin johdettavaa lisävesimäärää voitaisiin kasvattaa ja siten lyhentää järven viipymää ja alentaa fosforipitoisuuksia. Lapon sijaintipaikka kannattaisi muuttaa niin, että vedet tulisivat suoraan Karjakanselälle. Nykyisin lisävedet tulevat pienten metsälampien kautta, jotka voivat heikentää johdettavan veden laatua ennen sen päätymistä itse järveen. Suurin hyöty järven virkistyskäytön kannalta saavutettaisiin, jos lisävesien johtaminen Kemijärvestä aloitettaisiin heti, kun se on painovoimaisesti mahdollista eli kesäkuun alussa. Lisäveden johtamisesta aiheutuisi lisäkustannuksia johdettavan lisäveden määrän mukaan noin 3 800–12 300 €/a, eli pumppauskustannukset nousisivat 4–13 % nykyisestä.

Toisena vaihtoehtona on korvata lapottu vesi Severijärven pääaltaan vedellä. Lisävesien johtaminen Severijärven pääaltaasta vaatii kuitenkin suuria toimenpiteitä, mm. pohjapadon rakentamista Severijokeen, perkaus- ja kaivutöitä. Näitä kustannuksia ei ole tässä työssä arvioitu. Toisaalta lapon poistaminen vähentää pumppauskustannuksia nykyisestä 3 000 €/a eli noin 3 %.

Kolmas tarkasteltu vaihtoehto säilyttää lisäveden virtaaman Kemijärvestä nykyisellään, mutta tehostaa sitä Severijärven pääaltaasta johdettavalla vedellä.

Alustavan arvion mukaan ravintoketjukurannostuksella voidaan todennäköisesti vaikuttaa Severijärven veden laatuun positiivisesti. Lisäksi kalaston rakenne parantuisi entisestä. Ravintoketjukurannostuksen käyttö Severijärven kunnostuksessa vaatii kuitenkin tarkempia koekalastuksia ja suunnittelua ennen varsinaisiin toimenpiteisiin ryhtymistä. Karjakanselän veden laatuun ei kalakanta näytä vaikuttavan merkittävästi, joten siellä kalastoon kohdistuvat kunnostustoimenpiteet olisivat lähinnä kalastoa hoitavia.

Toimenpiteiden toteutusjärjestykseksi suosittelemme seuraavaa:

1. Vesiensuojelun tehostaminen
 - a. Vesiensuojelusuunnitelman laatiminen
 - b. Toimenpiteiden toteuttaminen
2. Ravintoketjukurannostuksen soveltuvuuden arviointi
 - a. Kalastotutkimukset
 - b. Mahdollisesti teho- ja hoitokalastuksen suunnittelu ja toteuttaminen
3. Talvihapetuksen tehostaminen
4. Lisäveden johtamisen tehostaminen
 - a. Lappoputken siirtäminen tai uuden lapon rakentaminen suoraan Karjakanselälle
 - b. Lisävesimäärän kasvattaminen

Lisäveden johtamisjärjestelyjä suunniteltaessa kannattaa huomioida myös Karjakanselän pohjoispuolella olevien lampien kunnostustarpeet.

Tarvaslampi

Tarvaslammen valuma-alue on intensiivisessä maatalouskäytössä, eikä lammen tila voi kohentua nykyisellä kuormitustasolla. Tavanomaisilla vesiensuojelukeinoilla ei pystytä leikkaamaan kuormitusta riittävästi, mutta eri kuormituslähteiden vesiensuojelun parantaminen on kuitenkin kunnostuksen lähtökohta. Tehokkain tapa kuormituksen vähentämiseksi onkin nykyisten vesistöjärjestelyjen muuttaminen, joilla Karsimusjärven valuma-alueen vesien johtaminen Tarvaslampeen lopetettaisiin.

Tarvaslammella happivaje ulottuu kevättalvella lähes koko vesimassaan ja talviaikaisen hapetuksen avulla lammen happitilannetta voitaisiin parantaa. Lammen pienen koon vuoksi yhdellä hapettimella voidaan todennäköisesti täyttää koko lammen hapetustarve.

Tarvaslammen kalastosta ei ole saatavilla tarkempaa tutkimustietoa, joten ravintoketjukurinostuksen mahdollisia vaikutuksia ei ole tarkemmin voitu arvioida. Voidaan kuitenkin olettaa, että talvinen huono happitilanne heikentää kalojen mahdollisuuksia selviytyä ympärivuotisesti lammessa.

Toimenpiteiden toteutusjärjestykseksi suosittelemme seuraavaa:

1. Vesienpuhdistuksen tehostaminen
 - a. Vesienpuhdistussuunnitelman laatiminen
 - b. Toimenpiteiden toteuttaminen
2. Vesistöjärjestelyt
3. Hapetuksen aloittaminen
4. Lisävesien johtaminen.

KIRJALLISUUTTA

- Aeration Industries International Inc. 2006. www-dokumentti. <<http://www.aireo2.com/products.php?pind=aspirator>>. Viitattu 8.5.2006.
- Ahtiainen, M. & Huttunen, P. 1995. Metsätaloustoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutukset purovesien laatuun ja kuormaan. Julkaisussa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.). 1995. Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. Ympäristönsuojelu. Suomen ympäristö 3: 33-50.
- Alatalo, J. 1977. Katselmuskirja vesihallituksen hakemuksesta, joka koskee Kemijärven säännöstelyä siltä osin kuin korkein hallinto-oikeus on 20.2.1975 antamallaan päätöksellä palauttanut asian vesioikeuden uudelleen käsiteltäväksi.
- Alatalo, M. 2000. Metsätaloustoimenpiteistä aiheutunut ravinne- ja kiintoainekuormitus. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 381. 64 s.
- Cronberg, G. 2005. The life cycle of *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae). *Phycologia*. Vol. 44 (3). S. 285–293.
- Finnish Environment Institute (SYKE). Geoinformatics and Land Use Division (GEO). 2005. CLC2000-Finland – Final Report. www-dokumentti. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=38725&lan=fi>>. Viitattu 5.5.2006.
- Forsberg, C., Ryding, S-O., Claesson, A. & Forsberg, A. 1978. Water chemical analyses and /or algal assay? – Sewage effluent and polluted lake water studies. *Mitt. Int. Verh. Limnol.* 21: 352-363.
- Frisk, T. 1987. Järvien fosforimallit. *Vesihallitus. Tiedotteita* 146.
- Hamari, S. 2003. Kemijärven maksuvelvoitetarkkailu vuonna 2002. *Lapin Vesitutkimus Oy.* 42 s. + liitteet.
- Hamari, S. 2004. Kemijärven maksuvelvoitetarkkailu vuonna 2003. *Lapin Vesitutkimus Oy.* 49 s. + liitteet.
- Hamari, S. 2005. Kemijärven maksuvelvoitetarkkailu vuonna 2004. *Lapin Vesitutkimus Oy.* 45 s. + liitteet.
- Hansson, L.A. 2000. Synergistic Effects of Food Chain Dynamics and Induced Behavioral Responses in Aquatic Ecosystems. *Ecology* Vol. 81 (3). S. 842-851.
- Heikkilä, M. 2005. Kirjallinen tiedonanto padottujen sivujärvien elinmääristä. 5.9.2005. Kemijärven - Pelkosenniemen elinkeinoyksikkö, maaseututoimisto.
- Hellsten, S. 2003. Tulvat hyötytekijänä – riesasta rikkaudeksi. *Vesitalous* 2/2003: 19-23.
- Huttula, E. 1999. Pöyliöjärven ja Kuumalammen veden laadusta v. 1996-1998. *Lapin ympäristökeskus. Moniste.* 19 s.
- Jämsen, M. 1994. Tekojärvien ja padottujen jokisuvantojen vaikutus Kalajoen veden laatuun. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarja A nro 186.* 67 s.
- Karjalainen, S-M. 2006. Kirjallinen tiedonanto 20.2.2006.
- Kemijärven kaupunki. 2005. Kemijärven taskutieto 2005. www-dokumentti. <<http://www.kemijarvi.fi/ajankohtaista/pdf/taskutieto.pdf>> Viitattu 23.6.2005.
- Kinnunen, K. 1983a. Muistio Kostamojärven nykytilasta. *Moniste.* 4 s. + liitteet.
- Kinnunen, K. 1983b. Muistio Severijärven nykytilasta. *Moniste.* 7 s.
- Kinnunen, K. 1986. Kemijärven ja siitä pengerryttyjen järvien tilan kehittyminen Kemijärven säännöstelyn aikana. Avustavan virkamiehen veden laatua koskeva lausunto Kemijärven säännöstelyn lopputarkastukseen. *Lapin vesi- ja ympäristöpiiri. Moniste.* 89 s. + liitteet.
- Kiviniemi, M. 1999. Kemijärven kalataloudellinen velvoitetarkkailu – Tulokset vuodelta 1998. *Lapin Vesitutkimus Oy.* 46 s. + liitteet.
- Kiviniemi, M. 2000a. Kostamo- ja Severijärven veden laatu v. 1983-1999 – Raportti ilmastuhoidon tuloksellisuudesta. *Lapin vesitutkimus Oy.* 23 s. + liitteet.
- Kiviniemi, M. 2000b. Kemijärven maksuvelvoitteen tarkkailu vuonna 1999 – Tulokset vuodelta 1999 sisältäen yhteenvetotuloksia vuosilta 1997-99. *Lapin Vesitutkimus Oy.* 43 s. + liitteet.
- Kiviniemi, M. 2001. Kemijärven maksuvelvoitetarkkailu vuonna 2000 – Tulokset vuodelta 2000 sisältäen yhteenvetotuloksia vuosilta 1997-99. *Lapin Vesitutkimus Oy.* 59 s. + liitteet.
- Kuusisto, P. 2002. Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. *Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B* 48. 69 s.

- Lakso, E. & Viitasaari, S. 1990. Kauhajärven vesiensuojelusuunnitelma. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 241. 58 s. + liitteet.
- Lappalainen, K.M. 1983. Alusveden juoksutuksen ja Mixox-hapetuksen vertailu. *Vesitalous* 3/1983. S. 23-24.
- Lappalainen, K.M. 1990a. Alusveden juoksutus. Julkaisussa: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino. S. 304 - 309.
- Lappalainen, K.M. 1990b. Laimentaminen ja huuhtelevuus. Julkaisussa: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino. S. 296-303.
- Lappalainen, K.M. 1990c. Rehevöityminen seurausilmiöineen. Julkaisussa: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino. S. 108-133.
- Lappalainen, K.M. & Matinvesi, J. 1990. Järven fysikaalis-kemialliset prosessit ja ainetaseet. Julkaisussa: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino. S. 54-84.
- Lappalainen, K.M. & Lakso, E. 2005. Järven hapetus. Julkaisussa: Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.). Järvien kunnostus. Edita. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas 114: 151-168.
- Lauri, H. & Virtanen, M. 2002. A Decision Support System for management of boreal river catchments. *Large Rivers* Vol. 13 No.3-4. *Archiv fur Hydrobiologie Suppl.* Vol. 141/3-4: 401-408, Dezember 2002.
- Leiviskä, K. 2005. Kirjallinen tiedonanto sivujärvien vedenkorkeuksista ja pumpatuista vesimääristä. 9.8.2005. Kemijoki Oy.
- Leiviskä, K. 2006a. Kirjallinen tiedonanto Kostamojärven pumppaamon pumppujen tehotiedoista. 9.3.2006. Kemijoki Oy.
- Leiviskä, K. 2006b. Kirjallinen tiedonanto Neitikosken padon pumppujen tehotiedoista. 3.4.2006. Kemijoki Oy.
- Leiviskä, K. 2006c. Kirjallinen tiedonanto Severijärven pumppaamon pumppujen tehotiedoista. 8.3.2006. Kemijoki Oy.
- Leiviskä, K. 2006d. Kirjallinen tiedonanto Severijärven ilmastimesta. 13.4.2006. Kemijoki Oy.
- Maanmittauslaitos. 2002. Valtakunnallinen korkeusaineisto. www-dokumentti. <<http://www.maanmittauslaitos.fi/Default.asp?id=81>> Viitattu 10.2.2006.
- Markkanen, S-L., Lepistö, A., Granberg, K., Huttunen, M., Kenttämies, K., Rankinen, K. & Virtanen, K. 2001. Kainuun ympäristökeskus. Kainuun vesistöjen ravinnekuormitus. Suomen ympäristö 509. 100 s.
- Marttunen, M., Hellsten, S., Kerätär, K., Tarvainen, A., Visuri, M., Ahola, M., Huttunen, M., Suomalainen, M., Ulvi, T., Vehviläinen, B., Vääntänen, A., Päiväniemi, J. & Kurkela, R. 2004. Lapin ympäristökeskus ja Suomen ympäristökeskus. Kemijärven säännöstelyn kehittäminen – yhteenveto ja suosituksen. Suomen ympäristö 718. Luonto ja luonnonvarat. 236 s.
- Mattila, H. 2005. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Julkaisussa: Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.). Järvien kunnostus. Edita. Suomen ympäristökeskus. Ympäristönsuojelu. Ympäristöopas 114: 137-150.
- Mazumder, A. 1994. Phosphorus/chlorophyll relationships under contrasting herbivory and thermal stratification, predictions and patterns. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 51: 390-400.
- Melanen, M. 1981. Quality of runoff in urban areas. *Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja* 42: 123-188.
- Mäkirinta, U. 1978. Die Pflanzensoziologische Gliederung der Wasservegetation im See Kukkia, Südfinnland. – *Acta Univ. Ouluensis Ser A, 75, Biologica* Nr.5.
- Nordforsk 1980: Monitoring of inland waters. OECD Eutrophication programme the Nordic project. - Nordforsk secretariat of environmental sciences publication 1980.
- OECD 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. 154 s.
- Peltola-Thies, J. 2005. Rakennetun ympäristön aiheuttama vesistökuormitus. Julkaisussa: Vakkilainen, P., Kotola, J. & Nurminen, J. (toim.). Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 776: 32-50.
- Pietiläinen, O-P. & Räike, A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. Suomen ympäristö 313. Ympäristön suojele. 64 s.
- Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 2005. RiverLifeGIS. www-dokumentti. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=131379&lan=FI>>. Viitattu 4.5.2006.
- PSV-Maa ja Vesi Oy. 2004. Kemijoen vesistötarkkailu vuonna 2003. Moniste. 54 s. + liitteet.
- PSV-Maa ja Vesi Oy. 2005. Kemijoen vesistötarkkailu vuonna 2004 sekä yhteenveto vuosien 2001-2004

- tuloksista. Moniste. 89 s. + liitteet.
- PSVO, Pohjois-Suomen vesioikeus. Kemijärven säännöstelyssä noudatettavat lupaehdot ja niitä täydentävät lupamääräykset.
- Pöyliö, T. 2005. Kirjallinen tiedonanto padottujen sivujärvien vaki- ja loma-asuinrakennusten lukumäärästä. 23.6.2005. Kemijärven kaupunki.
- Rintanen, T. 1976. Lake studies in eastern Finnish Lapland. I. Aquatic flora: Phanerogams and Charales. - *Ann. Bot. Fennici* 13: 137-148.
- Rintanen, T. 1977. Lake studies in eastern Finnish Lapland. II. Musci and Hepaticae. - *Ann. Bot. Fennici* 14: 149-152.
- Saarijärvi, E. 2003. Järvien ilmastuslaitteiden likimääräinen mitoittaminen. *Vesi-Eko Oy*. 3 s.
- Sammalkorpi, I. & Horppila, J. 2005. Ravintoketjukurkennostus. Julkaisussa: Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.). *Järvien kunnostus*. Edita. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas 114: 169-189.
- Sassi, J. & Keto, A. 2005. Järvien kunnostuksen menetelmät – Hapetuslaitteiden laboratorio- ja kenttäkoeket. *VTT Tiedotteita* 2307. VTT. 88 s. + liitteet.
- Seppänen, E.W. 1962. Kemijärven säännöstelyyn liittyvät pengerrykset. *Voima-viesti* 3/ 1962: 2-7.
- Silvo, K. 1983. Veden kerrostuneisuuden muuttaminen järvien kunnostusmenetelmänä. *Pro gradu -tutkielma*. Helsingin yliopisto. Limnologian laitos. 161 s + liitteitä 9 s.
- Silvo, K. & Forsius, K. 1998. Euroopan unioni uudistaa vesipolitiikkaansa. *Ympäristö-lehti* 5/1998.
- Suomen ympäristökeskus. 2005a. Maankäyttö- ja maanpeiteaineistojen tuottaminen CORINE Land Cover 2000 –hankkeessa. [www-dokumentti](http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=160384&lan=FI). <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=160384&lan=FI>>. Viitattu 10.2.2006.
- Suomen ympäristökeskus. 2005b. Vedenlaatuluokituksen luokkarajat. [www-dokumentti](http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=114602&lan=fi). <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=114602&lan=fi>>. Viitattu 5.5.2006.
- Tanskanen, H. 2005. Hankkeen seuranta. Julkaisussa: Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.). 2005. *Järvien kunnostus*. Edita. Suomen ympäristökeskus. Ympäristön suojeleminen. Ympäristöopas 114: 123-134.
- Toivonen, H. 1981. Sisävesien suurkasvillisuus. Teoksessa: Meriläinen, J. (toim.) *Suomen luonto* 4: Vedet.
- Toivonen, H. 1984. Makrofytytien käyttökelpoisuus vesien tilan tutkinnassa. – *Luonnon Tutkija* 88: 92-95.
- Toivonen, H. & Huttunen, P. 1995. Aquatic macrophytes and ecological gradients in 57 small lakes in southern Finland. – *Aquatic Botany* 51:197-221.
- Törmä, M. 2005. Suomen Image2000 ja CORINE Land Cover 2000 tarkkuuden arviointi –raportti. Suomen ympäristökeskus. 45 s.
- Ulvi, T. 2005. Alusveden poistaminen. Julkaisussa: Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.). *Järvien kunnostus*. Edita. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas 114: 205-210.
- Uponor. 2006. Paineputkistot vedelle ja kaasulle. 22 s.
- Vesi-Eko Oy. 2003. Mixox-hapetus. 2 s.
- Vesi-Eko Oy. 2006. Vesi tarvitsee lääkintää – Visiox-ilmastin järven kunnostukseen ja hyvinvointiin. 2 s.
- Vihriälä, U. 2006. Suullinen tiedonanto Pöyliöjärvellä tehdyistä vähempiarvoisen kalan tehokalastuksista. Kemijärven sivujärvien tilaselvityksen ja kunnostusvaihtoehtojen esittely- ja keskustelutilaisuus. 13.6.2006. Kemijärven osakaskunta.
- Viikinkoski, K. & Hynninen, P. 1993. Pyhäjoen vesiensuojelun yleissuunnitelma. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A nro 151. 159 s.
- Viirret, M. 2000. Ison Vajusjärven kuormitus ja sen vähentämismahdollisuudet. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen moniste nro 14. 44 s.
- Viitasaari, M. & Seppänen, P. 1967. Kemijoen yleistutkimus vv. 1964 - 66. Insinööritoimisto Oy Vesiteknikka Ab. 411 s.
- Viitasaari, S. 1990. Maatalouden vesistökuormitus ja sen merkitys Ähtävänjoen vesistöalueella. Julkaisussa: Maatalouden vesiensuojelu. Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi- ja ympäristöhallituksen moniste-sarja nro 245: 49-52.
- Vollenweider, R. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33: 53-83.

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Lapin ympäristökeskus ja Suomen ympäristökeskus			Julkaisu-aika Joulukuu 2006
Tekijä(t)	Kati Martinmäki, Teemu Ulvi, Seppo Hellsten, Minna Kuoppala ja Mika Visuri			
Julkaisun nimi	Kemijärvestä padoilla eristettyjen järvien nykytila ja kunnostusvaihtoehdot			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 58 / 2006			
Julkaisun teema	Luonnonvarat, ympäristönsuojelu			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	www.ymparisto.fi/julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Kemijoen vesistöalueen Kemijärveä on säännöstelty vuodesta 1965 lähtien. Säännöstelyn alussa Kemijärven kesävedenpintaa nostettiin, ja samalla joukko pieniä järviä eristettiin pääaltaasta padoilla. Patoamisen seurauksena järvien tila on heikentynyt, koska luontainen veden vaihtuvuus on estetty. Vuonna 2004 valmistuneessa säännöstelyn kehittämisselvityksessä annettiin suosituksia, joilla säännöstelyn haittoja voitaisiin vähentää. Tässä työssä on kehittämisselvityksen suosituksen I mukaisesti arvioitu Kostamo-, Pöyliö-, Luusuan- ja Severijärven sekä Tarvaslammen kunnostusmahdollisuuksia.</p> <p>Selvitys järvien veden fysikaalis-kemiallisesta laadusta ja kalaston rakenteesta tehtiin olemassa olevien veden laatuaineistojen ja velvoitetarkkailutietojen pohjalta. Lisäksi Luusuanjärvellä tehtiin erillinen kasvillisuusselvitys. Valuma-alueelta järviin kohdistuvan ulkoisen ravinnekuormituksen laskennassa käytettiin paikkatietopohjaista RiverLifeGIS-työkalua. Järvien sisäistä kuormitusta arvioitiin eräiden kirjallisuudessa esitettyjen fosforimallien avulla. Tulosten pohjalta arvioitiin alustavasti erilaisten kunnostustoimenpiteiden soveltuvuutta järvien tilan parantamiseksi.</p> <p>Kevättalvisin kaikilla kohdejärvillä ainakin syvänealueiden happipitoisuus on alentunut. Järvien rehevyysaste vaihtelee keskirehevästä erittäin rehevään. Järvien yleisesti heikko veden laatu on seurausta valuma-alueelta tulevista ihmistoiminnan aiheuttamasta kuormituksesta ja heikosta vedenvaihtuvuudesta. Osa kohdejärvistä kärsii myös sisäisestä kuormituksesta.</p> <p>Tutkimusjärvien tilan parantumisen ehdottomana edellytyksenä on järviin tulevan ulkoisen ravinnekuormituksen vähentäminen. Tästä syystä kaikille kohdejärville tulisi laatia erilliset vesienpuhdistus suunnitelmat. Varsinaisina järviin kohdistuvina kunnostustoimenpiteinä on ehdotettu ravintoketjukunnostusta, syvänteiden talviaikaista hapettamista ja lisävesien johtamista. Näiden lisäksi on myös tarkasteltu Pöyliöjärven alusveden poistoa, Tarvaslammen vesistöjärjestelyjen muuttamista sekä kevättulvan palauttamista kaikille järville.</p>			
Asiasanat	vesistökuormitus, RiverLifeGIS, vesistöjen kunnostus, Kemijärvi, Kostamojärvi, Pöyliöjärvi, Luusuanjärvi, Severijärvi, Tarvaslampi			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Lapin ympäristökeskus			
	ISBN 952-11-2516-0 (nid.)	ISBN 952-11-2517-9 (PDF)	ISSN 1238-7312 (pain.)	ISSN 1796-1637 (verkkoi.)
	Sivuja 98	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis. alv 8 %) 13 e
Julkaisun myynti/ jakaja	Lapin ympäristökeskus, PL 8060, 96101 Rovaniemi puh. 0400 971 416, telefax 016-310 340 e-mail: kirjaamo.lap@ymparisto.fi			
Julkaisun kustantaja	Lapin ympäristökeskus			
Painopaikka ja -aika	Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2006			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Lapland Regional Environment Centre and Finnish Environment Institute	<i>Date</i>	December 2006	
<i>Author(s)</i>	Kati Martinmäki, Teemu Ulvi, Seppo Hellsten, Minna Kuoppala and Mika Visuri			
<i>Title of publication</i>	Kemijärvestä padoilla eristettyjen järvien nykytila ja kunnostusvaihtoehdot (The current status and restoration alternatives of the lakes permanently detached from Lake Kemijärvi)			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 58 / 2006			
<i>Theme of publication</i>	Natural resources, environmental protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>Lake Kemijärvi in the Kemijoki water system has been regulated since 1965. The summer water level of Lake Kemijärvi was raised at the start of its regulation and at the same time, a number of small lakes were permanently detached from the main basin. As a result, the status of the lakes has weakened because natural water exchange was prevented. The 2004 report on the development of regulation proposed means for mitigating the harmful impacts of regulation. This study assesses the restoration alternatives for Lakes Kostamojärvi, Pöyliöjärvi, Luusuanjärvi, Severijärvi and Tarvaslampi in line with proposal 11 in the regulation development report.</p> <p>The report on the physical and chemical quality of the water in the lakes and the structure of the fish population was conducted based on existing qualitative materials for water and data collected under the obligation to monitor water systems. In addition, a separate study was conducted into the vegetation in Luusuanjärvi lake. The external nutrient loading on the lakes from their catchment areas was calculated using the geographical information-based RiverLifeGIS tool. The internal loading of the lakes was estimated through the various phosphorus models presented in literature. Based on the results, an initial evaluation was made of the suitability of different restoration measures to improve the status of the lakes.</p> <p>During the early spring, the oxygen concentration falls in at least the deep areas in all the lakes studied. The degree of eutrophication in the lakes varies from average to extremely high. The generally poor quality of the water in the lakes is a consequence of the nutrient loading generated from the catchment area by human activity and poor water exchange. Some of the lakes in the study also suffer from internal loading.</p> <p>Reducing external nutrient loading is an absolute precondition to improve the status of the lakes under study. For this reason, separate water protection programmes should be drawn up for all the lakes. The actual proposals for restoring the lakes include biomanipulation, the oxidation of deep areas during the winter and conveying additional water to the lakes. In addition to these, studies were also made of removing the hypolimnion from Lake Pöyliöjärvi, modifying the water system in Lake Tarvaslampi and possibilities of restoring the spring flood to all the lakes.</p>			
<i>Keywords</i>	nutrient loading, RiverLifeGIS, lake restoration, Kemijärvi, Kostamojärvi, Pöyliöjärvi, Luusuanjärvi, Severijärvi, Tarvaslampi			
<i>Financier/ commissioner</i>	Lapland Regional Environment Centre			
	ISBN 952-11-2516-0 (pbk.)	ISBN 952-11-2517-9 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 98	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> 13 e
<i>For sale at/ distributor</i>	Lapland Regional Environment Centre P.O. Box 8060, FIN-96101 Rovaniemi Phone +358 400 971 416			
<i>Financier of publication</i>	Lapland Regional Environment Centre			
<i>Printing place and year</i>	Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2006			

Kostamojärvi, Luusuanjärvi, Pöyliöjärvi, Severijärvi ja Tarvaslampi on erotettu patoamalla Kemijärven pääaltaasta säännöstelyn vaatimien järjestelyjen takia. Patoamisen jälkeen järvien veden laatu on vähitellen heikentynyt. Julkaisu antaa tiedot padottujen sivujärvien nykytilasta, järvien ulkoisesta ja sisäisestä ravinnekuormituksesta. Lisäksi julkaisussa on arvioitu järvien kunnostustarpeita sekä niiden kunnostusmahdollisuuksia. Julkaisu luo pohjan tulevaisuudessa mahdollisesti toteutettaville järvikohteisille kunnostustoimenpiteille.



LAPIN
YMPÄRISTÖKESKUS



Tiedustelut:
Lapin ympäristökeskus
PL 8060
96101 ROVANIEMI
puh. 0400 971 416

ISBN 952-11-2516-0 (nid.)

ISBN 952-11-2517-9 (PDF)

ISSN 1238-7312 (pain.)

ISSN 1796-1637 (verkkokj.)