

Metsätehon raportti 158
10.10.2003

Purot ja suojavyöhyke

Kirjallisuuskatsaus

Vesa Selonen

Purot ja suojavyöhyke

Kirjallisuuskatsaus

Vesa Selonen

Metsätehon raportti 158
10.10.2003

Yhteishanke: A. Ahlström Osakeyhtiö, Järvi-Suomen Uittoyhdistys, Koskitukki Oy, Kuhmo Oy, Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Metsäteollisuus ry, Pölkky Oy, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Vapo Timber Oy, Visuvesi Oy ja Yksityismetsätalouden Työnantajat r.y.

Asiasanat: puro, purotyyppi, puroyhteisö, suojavyöhyke, vesistövaikutus, rantametsäyhteisö

© Metsäteho Oy

Helsinki 2003

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 MENETELMÄT	6
3 TULOKSET	6
3.1 Puro ja suojavyöhyke	6
3.2 Suojavyöhykkeen vaikutus veden laatuun ja puroyhteisöön	7
3.3 Suojavyöhykkeen vaikutus rantametsäyhteisöön	8
3.4 Suojavyöhykkeen eri käsittelymenetelmien vaikutus	9
3.5 Eri maissa käytettävät suojavyöhykeohjeet	10
3.6 Puroyhteisötutkimus	11
3.7 Purojen luokittelu.....	11
3.8 Purokohtainen luokittelu.....	12
KIRJALLISUUS	14

TIIVISTELMÄ

Vaikkakin suojavyöhykkeitä on tutkittu paljon, ovat tutkimukset tähän asti keskittyneet metsänkäsittelyn haitallisten vesistövaikutusten toteamiseen ja suojavyöhykkeen leveyden merkitykseen. Tämän takia selkeää tutkimustietoa siitä, minkälaisia puron eri osien tai eri purojen suojavyöhykkeiden tulisi olla, löytyy niukasti. Myös sellaiset tutkimukset puuttuvat, joissa tutkittaisiin suojavyöhykkeen laadun vaikutuksia koko vesistön mittakaavassa. Suojavyöhykkeiden suunnittelua vaikeuttaa se, että suojavyöhykkeiden tarkoituksena on vaikuttaa useisiin erilaisiin ja eri tavoin toimiviin seikkoihin. Tarkoituksena on ottaa huomioon vaihtumisvyöhykkeenä toimiva ja täten lajirikas rantametsä, ihmistoiminnan takia voimakkaasti uhanalaistunut puroyhteisö ja hakkuun seurauksena vesistöihin ajautuvien ravinteiden alajuoksua rehevöittävä vaikutus. Keskeisessä asemassa on yleensä veden laatuun vaikuttavat seikat, mutta suojavyöhykkeitä suunniteltaessa tärkeää on pohtia mitä suojavyöhykkeellä oletetaan eri tilanteissa saavutettavan (Barling & Moore 1994). Se, minkä levyisiä suojavyöhykkeitä ja minkälaisia metsänhoitotoimenpiteitä suojavyöhykkeillä eri tilanteissa mahdollisesti tehtäisiin, vaatii siis jatkopohdintoja ja tutkimuksia.

1 JOHDANTO

Virtavedet katsotaan maailmanlaajuisesti yhdeksi uhanalaisimmista elinympäristöistä niihin kohdistuneen voimakkaan ihmistoiminnan takia (esim. Naiman ym. 1993). Tämä pätee myös suomalaisiin puroihin. Vesi- ja ympäristöpiirien vuosina 1989–1994 tekemän pienvesikartoituksen perusteella Etelä- ja Keski-Suomen pienvesistä arvioidaan vain 1–3 % olevan luonnontilaisia (Räike 1994, katso myös Vuori ym. 1999). Purojen arvo ei liity kuitenkaan pelkästään vesiluontoon, vaan myös rantavyöhykkeeseen. Rantametsä on yleensä hyvin lajirikas johtuen sen luonteesta vaihtumisvyöhykkeenä veden ja varsinaisen metsän välillä (Ehrlich & Wilson 1991, Naiman & Decamps 1997, Nilsson & Svedmark 2002). Esimerkiksi ruotsalaisessa tutkimuksessa on todettu purojen rantavyöhykkeessä esiintyvän kaksi kertaa enemmän sammallajeja kuin ympäröivillä metsäalueilla (Dynesius 2001, katso myös Korvenpää ym. 2002).

Suomessa luonnontilaisten kaltaisten purojen välittömät lähiympäristöt kuuluvat metsälain 10 § luettelemaan erityisen tärkeisiin elinympäristöihin. Suojavyöhykkeen määritelmä liittyy siis puro- ja rantayhteisön suojeluun, mutta myös keskeisesti metsätalouden vesistövaikutuksien ehkäisemiseen. Suomessa metsätalouden tavoitteiksi on asetettu vesistöjen typpi- ja fosforikuormituksen puolittaminen vuosina 1993–2005 (Ympäristöministeriö 1998), mikä on havaittu haasteelliseksi toteuttaa (Hilden ym. 1999).

Suojavyöhykkeen tarkoituksena on siis estää ihmisen maankäytön haitallisia vaikutuksia vesistöihin ja rantayhteisöihin. Suojavyöhykkeistä käytössä oleva terminologia vaihtelee runsaasti (suojavyöhykkeen määritelmistä ja eri termeistä, katso Bergquist 1999, Wegner 1999), mutta eri termit käytännössä tarkoittavat samaa asiaa eli ihmisen maankäytön vaikutuksien estämistä jollakin kohteella. Suomessa metsätalouden piirissä käytetään yleensä termiä suojavyöhyke, ja maatalouden piirissä lisäksi termiä suojakaista (Maa- ja metsätalousministeriö 2003). Termien merkitys ja käyttö vaihtelee jonkin verran maa- ja metsätalousalueiden suojavyöhykesuunnittelussa. Metsätalousalueilla suojavyöhykkeiden oletetaan yleensä olevan metsää (esim. Wegner 1999), kun taas maatalousalueilla suojavyöhykkeenä saattavat olla ruohoisia ja esimerkiksi lannoittamatta jätettäviä alueita (Maa- ja metsätalousministeriö 2003, Wegner 1999). Tässä kirjallisuuskatsauksessa keskitytään metsätalousalueiden suojavyöhykesuunnitteluun.

Tarkoituksena on selvittää mitä tiedetään purojen varsille jätettävien suojavyöhykkeiden merkityksestä niin vesiluonnon kuin rantametsäyhteisöjen kannalta. Erityisesti on kiinnitetty huomiota eri metsänkäsittelymenetelmien vaikutuksista suojavyöhykkeen toimivuuteen. Lisäksi tarkoituksena on tarkastella eri maissa käytettyjä suojavyöhykeohjeita ja mahdollisia purojen luokittelumenetelmiä. Selvityksen perusteella arvioidaan mahdollisuutta purojen luokitteluun, jota voitaisiin käyttää suojavyöhykkeiden suunnittelussa ja käsittelyssä. Koska suojavyöhykkeistä löytyy erittäin runsaasti kirjallisuutta (mm. useita kirjallisuuskatsauksia, esim. Bergquist 1999, Castelle ym. 1994, Norris 1993, Wegner 1999, Bergquistin (1999) Ruotsissa tekemän laajan kirjallisuuskatsauksen voi tilata Fiskeriverketin kotisivulta

<http://www.fiskeriverket.se/index2.htm>). Tarkoituksena ei ole luetella kaikkia julkaistuja tutkimuksia, vaan selvittää työn tavoitteiden kannalta keskeistä tutkimustietoa.

2 MENETELMÄT

Kirjallisuusselvitys perustuu ensinnäkin kirjallisuushakuihin erilaisia puoihin ja suojavyöhykkeisiin liittyviä avainsanoja yhdistelemällä ISI Web of science citation index, biological abstracts ja Biosis previews hakukoneilla. Toiseksi on selvitetty Suomen ympäristökeskuksen, alueellisten ympäristökeskusten, Metsäntutkimuslaitoksen ym. suomalaisten tahojen tekemiä julkaisuja. Ulkomaisista tutkimuslaitoksista on selvitetty ruotsalaisten ja pohjoisamerikkalaisten tutkimuslaitosten aiheesta julkaisemia raportteja. Kolmanneksi selvitys perustuu keskusteluihin suomalaisten ja ruotsalaisten puorotutkijoiden ja metsäläntoimijoiden kanssa. Mahdollista puorolokittelua on selvitetty yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksessa toimivan avainbiotooppi-projektin (Tytti Kontula) kanssa.

3 TULOKSET

3.1 Puro ja suojavyöhyke

Suojavyöhykkeen vaikutusten arviointi on monimuotoinen ongelma. Suojavyöhykkeen voidaan olettaa vaikuttavan veden laatuun, puroyhteisöön ja rantametsäyhteisöön. Seuraavassa olen tiivistänyt edellisiin liittyviä tärkeitä seikkoja.

1. Veden laatuun vaikuttaa:

Valunta aiheuttaa ravinteiden, kiintoaineiden sekä metallien (erityisesti raudan ja alumiinin) huuhtoutumista vesistöihin (esim. Saukkonen & Kenttämies 1995, Vuori ym. 1998). Nämä vaikuttavat vesiyhteisöihin ja lisäävät purojen ja alajuoksun jokien ja järvien limoittumista ja rehevöitymistä (esim. Finér ym. 2003, Pinay ym. 2002). Tärkeässä osassa ovat yläjuoksun valuma-alueen olosuhteet, jotka pitkälti määräävät puroon tulevan veden laadun. Lisäksi maa-alueen topografia ja maa-aineksen laatu vaikuttavat valunnan määrään (esim. Winterbound & Townsend 1999).

2. Puroyhteisön kannalta tärkeää:

Suuri ongelma puroyhteisön kannalta on hiekan ja muun kiintoaineen kertyminen puroon (esim. Cooper 1993, Saukkonen & Kenttämies 1995). Huuhtoutuneet rauta ja alumiini ovat myrkyllisiä (esim. Vuori 1995) ja aiheuttavat esimerkiksi taimenen poikaskuolleisuutta ja pohjaeläinkuolleisuutta (esim. Laine ym. 2001, Vuori ym. 1998). Ravinteiden määrä vaikuttaa suuresti puroyhteisön rakenteeseen (Allan 1995). Suojavyöhykkeen varjostus estää puron lämpenemistä. Tämä on tärkeää, koska useat purolajit ovat sopeutuneet kylmään veteen ja matalan veden lämpötila muuttuu helposti varjostusolosuhteiden muuttuessa (esim. Allan 1995, Brososke ym. 1997, Welch ym. 1998). Lisäksi kylmässä vedessä happea on enemmän ja haitta-aineita liukenee vähemmän (Allan 1995, Karr & Schlosser 1978). Vaikkakin valon määrä on myös kasvua rajoittava tekijä (Hill ym. 1995, Kiffney ym.

2003), on useiden purolajien sietämä lämpötilan vaihteluväli varsin pieni (Allan 1995). Lehtikarikeri on olennaisin ravintolähde puroyhteisölle, mutta myös karkeakarikeri toimii ravintolähteenä sekä myös puron rakenteellisena muokkaajana. Järeä puusto on erityisen tärkeä rakenteellinen muokkaaja. Ilman rakenteita, jotka estävät ravinteita huuhtoutumasta virran mukana, ne eivät jää puroyhteisön käyttöön (Allan 1995). Lisäksi vesisammalilla on tärkeä ekologinen rooli puroyhteisöissä (esim. Muotka & Laasonen 2002, Nyberg & Eriksson 2001).

3. Rantametsäyhteisön kannalta tärkeää:

Varjostus- ja kosteusolosuhteet, järeän kuolleen puuston esiintyminen sekä reunavaikutuksen määrä ovat keskeisessä asemassa rantametsäyhteisöissä (Allan 1995). Lisäksi usein korostetaan puronvarsimetsien merkitystä yhteyden luojina eri metsäalueiden välille (esim. Noss 1983). Tämän näemyksen tueksi ei kuitenkaan ole ainakaan boreaalisessa metsävyöhykkeessä juurikaan tutkimustietoa (Fahrig 2002, Harrison & Bruna 1999, Niemelä 2001, Schmiegelow & Mönkkönen 2002, Simberloff ym. 1992).

Suojavyöhyketutkimus on lähinnä keskittynyt veden laatua ja puroyhteisöä koskevaan tutkimukseen, rantametsäyhteisön jäädessä vähemmälle huomiolle (Bergquist 1999, Castelle ym. 1994). Veden laatu, puroyhteisö ja rantametsäyhteisö muodostavat kuitenkin kokonaisuuden (stream corridor), jonka eri osat on otettava huomioon (Swanson & Franklin 1992).

3.2 Suojavyöhykkeen vaikutus veden laatuun ja puroyhteisöön

Suojavyöhykkeiden merkitystä vedenlaadun ja puroyhteisön kannalta on tutkittu jo 1960-luvulta lähtien (Swanson & Franklin 1992), aluksi lähinnä Pohjois-Amerikassa, mutta myöhemmin runsaasti myös muualla. Metsäkäsittelyn negatiiviset vaikutukset veden laatuun ja puroyhteisöön onkin hyvin dokumentoitu (kirjallisuuskatsauksia: Bergquist 1999, Castelle ym. 1994, Norris 1993, Wegner 1999). Suomessa METVE-projekti on ollut laajin asiaa selvittävä tutkimusprojekti (Saukkonen ja Kenttämies 1995) ja sen jälkeen Metsätalouden ympäristökuormitus -projekti on selvittänyt puorihin ajautuvaa kuormitusta (Ahti ym. 1999, Finér ym. 2003). Ruotsissa asiaa on selvittänyt SILVA-projekti (Skyddsridåer längs vattendrag, Nyberg & Eriksson 2001). Useissa selvityksissä on tällä hetkellä päädytty siihen, että avohakkuiden negatiivisten vesistövaikutusten estämiseksi suojavyöhykkeiden tulisi olla vähintään 15–30 m leveitä. Suojavyöhykkeen leveydestä puhuttaessa niin tässä kirjoituksessa kuin yleensäkin tarkoitetaan yhdelle rannalle tulevan suojavyöhykkeen leveyttä. Suojavyöhykkeen tullessa molemmin puolin puroa kokonaisleveys on siis kaksinkertainen. Suojavyöhykkeiden teho riippuu luonnollisesti paljon tilanteesta, mistä kertoo se että eri tutkimusten raja-arvosuosituksukset vaihtelevat runsaasti. Seikat, joiden yleensä mainitaan vaikuttavan suojavyöhykkeen tehoon, ovat maa-aineksen laatu ja rannan kaltevuusaste.

Esimerkiksi SILVA-projektiin liittyvän kirjallisuuskatsauksen perusteella päädyttiin seuraavanlaisiin johtopäätöksiin (Bergquist 1999):

1. Vesiuomissa ja rannoilla on tarpeen jättää suojavyöhykkeet kaikkien vesistöjen varsille, joissa on vettä ympäri vuoden. Eroosioherkillä alueilla suojavyöhykkeet tulee jättää myös ajoittain kuivuvien vesiuomien ja pohjaveden ulosvirtausalueiden ympärille. Lisäksi tarvitaan soiden ja kosteikkojen suojelua valuman lähdealueilla.
2. Suojavyöhykkeiden tulee olla vähintään 10 metriä leveitä, jotta ne voisivat pidättää enemmän kuin 50 % valumavesien kuljettamista ravinteista ja kiintoaineesta. Suojavyöhykkeen tulisi olla vähintään 15 metriä leveä vähentääkseen tehokkaasti maankäytön vaikutuksia veden laatuun. Kasvillisuudeltaan monikerrokselliset (sekä ruohoja, pensaita että puita kasvavat) suojavyöhykkeet, ovat tehokkaampia pidättämään sekä kiintoainetta että ravinteita kuin yksikerrokselliset (vain ruohoja, pensaita tai puita kasvavat) suojavyöhykkeet.
3. Suojavyöhykkeiden tulee olla vähintään 15–30 metriä leveitä ja niillä täytyy olla vähintään 60–80 % puuston alkuperäisestä latvuspeittävydestä jäljellä, jotta vesistön lämpötilan nousu hakkuun jälkeen voitaisiin välttää. Erityisen tärkeä on etelän puoleisen rannan suojavyöhyke.
4. Karkeampi orgaaninen kiintoaine, kuten lehtikarike, oksat ja neulaset, päätyvät puroon 10–15 metriä leveältä metsävyöhykkeeltä. Kuolleet puunrungot kaatuvat vesistöön n. 30 metriä leveältä vyöhykkeeltä. Yleensä suojavyöhykkeen tulisi olla 20 metriä leveä kyetäkseen ylläpitämään kuolleen puuston määrää vesistössä.
5. Useat tutkijat pitävät molemmin puolin puroa 15 metrin levyistä suojavyöhykettä miniminä veden laadun suojelun kannalta ja 20–30 metrin levyistä miniminä vesistön biologisten arvojen säilyttämisen kannalta.

Suomessa Nurmes- ja Valu-tutkimusten (osa Metsäntutkimuslaitoksen metsätalouden ympäristökuormitus – projektia) johtopäätöksinä Ahtiainen ym. (2003) toteavat, että ”vesistönsuojelutoimenpiteiden parhaiten käytäntöjen omaksuminen valuma-alue mittakaavassa, edellyttää vähintään 30 m levyisiä puustoisia suojavyöhykkeitä vesistöjen varsille”. Ahtiainen & Huttunen (1999) korostavat, että vyöhykkeiden suunnittelussa maaperätyyppi ja alueen topografian tulee ottaa huomioon.

3.3 Suojavyöhykkeen vaikutus rantametsäyhteisöön

Suojavyöhykkeiden merkityksestä koko rannan eliöyhteisön kannalta ei juurikaan löydy tutkimuksia (katso myös Bergquist 1999, Castelle ym. 1994). Suojavyöhykkeen esiintymisen ja leveyden vaikutusta lintuihin, sammakkoeläimiin ja nisäkkäisiin on kuitenkin selvitetty useissa tutkimuksissa (Cockle & Richardson 2002, Darveau ym. 1995, 1997, 2001, Hagar 1999, Hannon ym. 2002, Keller ym. 1993, Lambert & Hannon 2000, Machtans ym. 1996, Meiklejohn & Hughes 1999, Pearson & Manuwal 2001, Vander Haegen & DeGraaf 1996, Vesely & McComb 2002, Whitaker & Montevecchi 1999). Näiden tutkimusten perusteella useimpia metsäselkärankaisia esiintyy suhteellisen normaalisti suojavyöhykkeillä (esim. 30 m vyöhykkeillä), mutta reunaa välttelevät lajit ja vanhanmetsänlajit yleensä puuttuvat

suojavyöhykkeiltä. Koko rantametsän lintuyhteisön esiintyminen saattaa siis vaatia useita satoja metrejä leveitä suojavyöhykkeitä (katso Wegner 1999). Muilla kuin selkärankaislajeilla ei juurikaan ole tehty tutkimuksia. Ruotsissa on tehty kaksi tutkimusta sammalilla, joista ensimmäisessä lajien esiintymistä suojavyöhykkeillä verrattiin ympäröiviin metsäalueisiin (Dynesius 2001) ja toisessa vyöhykkeen leveyden vaikutusta selvitettiin muutaman sammallajin elinvoimaisuuteen sekä kosteassa että märässä ympäristössä (Hylander ym. 2002). Jälkimmäisessä tutkimuksessa hieman yllättäen todettiin, että märkä ympäristö oli vähemmän herkkä vyöhykkeen leveydelle kuin kostea ympäristö.

3.4 Suojavyöhykkeen eri käsittelymenetelmien vaikutus

Käyttökelpoisia tutkimuksia siitä, miten erilaiset suojavyöhykkeen metsänkäsittelymenetelmät vaikuttavat rantametsä- tai puroyhteisöihin ei löytynyt. Kahdessa pohjoisamerikkalaisessa rantametsää koskevassa tutkimuksessa havaittiin eri lajien reagoivan eri tavoin eri asteiseen puiden poistoon suojavyöhykkeeltä (Hanowski ym. 2003, Darveau ym. 2001). Vaikutuksista veden laatuun ei myöskään löytynyt käyttökelpoisia tutkimuksia. Kanadassa Brittiläisen Kolumbian yliopistossa toimii tutkimusryhmä, jonka tarkoituksena on selvittää erilaisten metsänkäsittelymenetelmien vaikutusta puroyhteisöihin, mutta ko. projekti ei ole vielä julkaissut tuloksia (<http://faculty.forestry.ubc.ca/richardson/index.html>). Samanlainen projekti on käynnissä USAssa, mutta keskittyen rantametsän eläimiin (USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station). Suomessa esimerkiksi Nurmes- ja Valututkimusten yhteydessä on ollut sekä kivennäismaan että turvepohjaisia tutkimuskohteita, mutta tutkimuksista on vaikea tehdä yleistyksiä joita voisi käyttää laajemmin (Laurén ym. 2003).

Maanviljelyalueiden suojavyöhykesuunnittelussa on todettu, että myös ruohoiset suojavyöhykkeet ovat toimivia (esim. Lyons ym. 2000), mutta yleensä ottaen valunnan esteenä toimiakseen suojavyöhyke on sitä parempi mitä monikerroksisempi se on (sisältää puita, pensaita ja ruohoja, esim. Bergquist 1999). Metsäisillä alueilla oletetaan että suojavyöhykkeiden tulisi olla metsää, koska luontaisten puronvarsien kasvillisuus on näillä paikoilla todennäköisimmin metsää ja puroyhteisö on sopeutunut varjoisiin oloihin (esim. Wegner 1999). Pohjoisamerikkalaisessa tutkimuksessa on kuitenkin havaittu, että sikäläisten virtavesien useat rantaympäristöt ovat luontaisesti pensaisia tai puuttomia (Nierenberg ja Hibbs 2000). Lisäksi Lamb ym. (2003) havaitsivat, ettei lyhyellä ajanjaksolla puustoisten suojavyöhykkeiden hakkuu tai polttaminen aiheuttanut muutoksia rantakasvillisuudessa. Pohjoisamerikkalaisten tutkimusten ei voi kuitenkaan olettaa suoraan soveltuvan suojavyöhykkeiden suunnitteluun Suomessa, johtuen esimerkiksi erilaisesta geomorfologiasta ja kasvilajistollisista eroista. Joka tapauksessa viime aikoina ovat muutamat tutkijat Pohjois-Amerikassa esittäneet, ettei tasalevyisten metsäsuojavyöhykkeiden suunnittelu ehkä ole tehokkain ratkaisu pohjoisamerikkalaisten purojen suojelussa (Anonyymi 2003, Lamb ym. 2003).

Ruotsalaisen selvityksen mukaan pohjaeläimistön tiheys ja lajiston monimuotoisuus pienissä, ensimmäisen ja toisen asteen puroissa on suurimmillaan kun latvuspeittävyys on 50–75 %, suuremmissa kolmannen ja neljännen asteen puroissa/joissa taas 25–50 % varjostuksessa (Olsson 1995). Purot ovat melko pieniä mikä aiheuttaa sen, ettei rantavyöhyke ole kovin leveä eikä siinä esiinny yhtä yleisesti avoimia alueita kuin jokien varsilla. Rantavyöhykkeen leveys kasvaa vesistöreitillä alaspäin mentäessä (jokijatkumo hypoteesi, Vannote ym. 1980), jolloin vesistön kasvaessa paikoin rantaan muodostuu tulvien muodostamia avoimia alueita.

Ainakin Pohjois-Amerikasta löytyy tietoa esimerkiksi metsänkäsittelyn vaikutuksista varjostus- ja kosteusolosuhteisiin, mitä voitaneen käyttää suojavyöhykkeiden suunnittelussa (esim. Blann ym. 2002, Chen ym. 1995, Dignan & Bren 2003, Härdtle ym. 2003, Murcia 1995). Koska rantavyöhykkeen kasvillisuus on usein lehtipuuvältaista ja lehtipuut ovat avainasemassa puroon kertyvien ravinteiden kannalta (lehtikarikeri), lehtipuustoa voidaan pyrkiä lisäämään metsänkäsittelymenetelmin (esim. Wallace ym. 1997). Edelliseen liittyen Ruotsissa onkin käynnissä projekteja, joissa puron ympäriltä on kaadettu puustoa 5 m vyöhykkeeltä lehtipuiden lisäämiseksi ja niiden merkityksen tutkimiseksi, mutta näistä tutkimuksista ei ole vielä julkaistu tuloksia (Högbom ym. 2002, Westling & Petersson 2002).

3.5 Eri maissa käytettävät suojavyöhykeohjeet

Pohjois-Amerikassa käytettävät suojavyöhykeohjeet vaihtelevat runsaasti eri alueiden välillä (Young 2000). Yleisesti kyseiset suositukset perustuvat lohikalajien esiintymiseen, mahdollisesti kansalaisten veden käyttötarpeisiin sekä puron/joen leveyteen. Näin ollen monin paikoin pienimmät purot jäävät ilman suojavyöhykettä. Nykyisin kuitenkin paikoin jätetään vyöhykkeitä myös pienempien purojen varsille, ja viime vuosina Pohjois-Amerikassakin on alettu korostaa pienten kalattomien purojen merkitystä koko vesistön kannalta (esim. Gomi ym. 2002). Tyypillistä pohjoisamerikkalaisille ohjeille on jakaa suojavyöhyke kahteen osaan ns. hoitovyöhykkeeseen (management zone) ja suojeluvyöhykkeeseen (no-harvest zone). Edelliseen liittyy joskus voimakkaitakin metsänkäsittelytoimia ja joillain alueilla suojeluvyöhyke voi puuttua kokonaan tai olla hyvin kapea (paljon osavaltioiden välistä vaihtelua). Esimerkiksi Washingtonin osavaltiossa ei kalattomille pienille puroille välttämättä jätetä mitään suojavyöhykettä, mutta kalaisille alle 1.5 m leveille puroille jätetään 7.5 m hoitovyöhyke. Brittiläisessä Kolumbiassa jätetään 0–3 metrisille ei kalastoarvoa omaaville puroille 20 m hoitovyöhyke. Rannan kaltevuus ja maaperän valunherkkyys (perustuen USDAn maaperätietoihin) yleensä huomioidaan pohjoisamerikkalaisissa suojavyöhykeohjeissa (Young 2000).

Englannissa alle 1 m leveille puroille jätetään 5 m leveä suojavyöhyke, 1–2 m leveille puroille noin 10 m leveä suojavyöhyke ja yli 2 m leveille puroille noin 20 m leveä suojavyöhyke (Forestry Commission 1993). Ruotsissa SCA:n ohjeiden mukaan leveämpiä vyöhykkeitä tulee jättää kosteille metsäalueille, raviineihin sekä vesistöille, joissa esiintyy kaloja (SCA 1998). Li-

säksi ruotsalaisten ohjeet korostavat rantametsän arvokkuutta elinympäristönä. Muuten SCAn ohjeet ovat melko ylimalkaiset, vaikkakin heidän mukaansa ne ovat yhteneväisiä ruotsalaisten metsäviranomaisten ohjeiden kanssa.

3.6 Puroyhteisötutkimus

Puroyhteisötutkimuksen yhtenä päämääränä on saada tietoa eliöyhteisöjen vaihtelusta purojen välillä. Tätä kautta useiden projektien tavoitteena on myös sellaisen tiedon saaminen, jota voitaisiin käyttää purojen suojelua suunniteltaessa. Puroja on kuitenkin tutkittu yllättävän vähän, eikä sellaista tietoa jota voisi suoraan käyttää luokittelun lähtökohtana tunnu olevan. Referoin seuraavassa joitain Timo Muotkan tutkimusryhmän tuloksia (Heino 2002, Paavola 2003), jotka mielestäni kuvaavat melko hyvin muuallakin maailmassa tällä hetkellä tapahtuvaa tutkimusta.

1. Alueellinen lajimäärä ('species pool') asettaa teoreettisen ylärajan paikallisyhteisöjen lajimäärälle, vaikkakin paikalliset ympäristötekijät selittävät yleensä suurimman osan paikkojen välisestä lajimäärän ja yhteisörakenteen vaihtelusta. Täten puroyhteisöjen luokittelun järkevänä lähtökohtana tulee pitää laaja alaista jaottelua ekologisten alueiden esimerkiksi kasvillisuusvyöhykkeiden tai luonnonmaantieteellisten maakuntien mukaan.

2. Yhden lajiryhmän runsaus ei korreloi toisten lajiryhmien runsauden kanssa, joten indikaattorilajien käyttäminen on hankalaa. Lisäksi eri eliöryhmät reagoivat osin eri tavoin eri ympäristömuuttujiin, veden pH:n kuitenkin ollessa tärkeä yhteinen selittäjä eri eliöryhmien runsaudelle. Suomalaiset purot ovat melko happamia, mikä on tärkeä rajoittava tekijä useiden lajien esiintymiselle. Tämä tarkoittaa, että puron biodiversiteetin arvioiminen vaatii mittavia ja kalliita kartoituksia, joissa kaikkia eliöryhmiä tulisi tarkastella vaihtelevissa ympäristöissä. Tämän takia yksinkertaisin ja toimivin menetelmä puron biodiversiteetin arvioimiselle saattaisi olla jokin ympäristön tilaan (esim. puron luonnontilaisuuteen) liittyvä menetelmä.

3.7 Purojen luokittelu

Jokia luokitellaan usein pisteytysmenetelmien avulla, jotka ottavat huomioon kohteen luonnontilaisuuden, lajimäärän, merkityksen ihmiselle ym. tekijöitä (esimerkiksi System Aqua, Willén ym. 1996, katso myös Naiman ym. 1992, O'Keefe & Uys 2000). Tällainen lähtökohta ei välttämättä ole kuitenkaan toimiva pohdittaessa purojen luokittelua suojavyöhykkeellä tapahtuvien metsänkäsittelytoimien kannalta. Luettelen alla kuitenkin joitain tekijöitä, joita voisi käyttää purojen välisen arvon mittaamiseen.

Erityistoimenpiteitä vaativat lajit (esim. taimen, rapu,
jotkin uhanalaiset lajit)

Luonnontilaisuus

Maisemallisuus

Vesistön pilaantumiseriskit (esim. vesistön rehevöitymisherkyys)

Berquistin (1999) mukaan purot tulisi luokitella suojavyöhykkeen leveyden määrittämistä varten purotyypin, kasvillisuuden, biologisen arvon, ihmisvaikutuksen määrän, kaltevuuden ja eroosioriskin mukaan. Skogsstyrelsen (2000) on Ruotsissa kehittänyt luokitusta, jossa vesistön arvoa mitataan esim. vesistön luonnontilaisuudella, lajirikkaudella, uhanalaisten lajien esiintymisellä, kalastusarvoilla, kulttuuriarvoilla tai panostuksella vesistön ennallistamiseksi. Parempi luokittelun perusta saattaisi olla kuitenkin SYKEN luontotyyppiluokittelu, joka tulee perustumaan puron lähiympäristön luontotyyppiin ja maaperään (esim. kivennäismaan sorapohjainen lähdepuro, SYKE julkaisematon). Kyseisen luokittelun tarkoituksena tulee olemaan myös eri purotyyppien uhanalaisuuden arviointi, joten se saattaa olla hyödyksi myös metsänkäsittelyä koskevan luokittelun suunnittelussa. Lisäksi Laurén ym. (2003) kehittelevät Metsäntutkimuslaitoksella GIS-pohjaista mallinnusmenetelmää, jolla voitaisiin simuloida metsätalouden aiheuttamia ympäristökuormituksia. Pohjois-Amerikassa esimerkiksi Xiang (1993) on kehittänyt GIS-pohjaisen suojavyöhykemallin, joka perustuu maaperän valutaherkkyyteen (US soil surveys) ja topografiaan. Mallin avulla suojavyöhykkeiden leveyden vaihtelua voidaan suunnitella tilannekohtaisesti.

Seuraavassa kappaleessa pohditaan mahdollisuuksia luokitteluun, jota voisi käyttää tilannekohtaisesti suojavyöhykkeitä suunniteltaessa.

3.8 Purokohtainen luokittelu

Suojavyöhykkeiden suunnitteluun vaikuttaa siis hyvin monet seikat, joista useista on liian vähän tutkimustietoa. Tällä hetkellä tietoa ei tunnu olevan riittävästi suojavyöhykkeiden vaikutuksesta erilaisissa ympäristöissä, jotta suojavyöhykkeitä voitaisiin suunnitella tilannekohtaisesti. Tästä huolimatta suojavyöhykkeiden suunnittelua voidaan edistää huomioimalla puroekosysteemin kannalta keskeisiä seikkoja (katso myös Gomi ym. 2002). Keskeiset tekijät on seuraavassa pelkistetty viiteen kohtaan:

1. Veden laatu ja ravinteiden määrä määräytyy pitkälti puron yläjuoksun ja valunta-alueen ominaisuuksilla (Allan 1995, Gomi ym. 2002). Nämä osat siis määräävät suurelta osin myös alaosien vesieliöyhteisöjä.
2. Purot ovat toisenvaraisia eli riippuvaisia rantavyöhykkeen karikkeesta. Erityisen tärkeää on lehtipuiden karike, mutta myös havupuilla on keskeinen rooli (Allan 1995, Richardson 1991, Wallace ym. 1997).
3. Vain pieni osa ravinteista jää puroyhteisön ravinnekiertoon, ja järviin ja jokiin ajautuu suurin osa. Tämä tarkoittaa, että puroyhteisön kannalta tärkeitä ovat rakenteet jotka pidättävät ravinteita purossa. Käytännössä pidättävänä rakenteena toimii yleensä puroon kaatunut kuollut puusto, mutta myös uoman muut rakenteet kuten kivikot ja mutkat (Allan 1995). Tutkimusten mukaan pienetkin rakenteen parantamisprojektit lisäävät aiemmin suoristetuissa virtavesissä elinympäristön vaihtelevuutta (Muhar 1996).

4. Suojavyöhykkeen aiheuttama varjostus viilentää puroa (katso Bergquist 1999, Wegner 1999). Useat purolajit ovat sopeutuneet kylmään veteen (Allan 1995). Hakkuita seuranneen veden lämpötilan nousun vaikutus lohikalojen esiintymiseen on hyvin dokumentoitua (esim. Barton ym. 1985, Laine ym. 2001). Lisäksi ainakin pohjoisamerikkalaisissa puroissa myöskin purojen pohjaeläimistön on havaittu kärsivän lämpötilan noususta (katso Wegner 1999). Suomessa Nurmes-tutkimusalueilla Holopainen & Huttunen (1992, 1995) havaitsivat vedenlämpötilan nousun metsänkäsittelyjen seurauksena. Tämän seurauksena purojen leväbiomassa kasvoi muutaman dominoivan lajin hyötyessä muuttuneista olosuhteista. Ruotsissa SILVA-projektin tutkimuksissa ei havaittu veden lämpötilan nousua hakkuun seurauksena, johon kylmän pohjaveden valunnasta hakkuilta puroon (Nyberg & Eriksson 2001). Suomessa lammista ja järvistä lähtevät purot saattavat erota veden lämpötilan suhteen muista puroista, koska lammen/järven vesi paljolti määrää myös niistä lähtevien purojen veden lämpötilaa. Tutkimuksia siitä, eroaako näiden purojen eliöyhteisöt jotenkin muiden purojen eliöyhteisöistä, ei kuitenkaan löytynyt.

5. Sammalilla (erityisesti näkinsammalilla (*Fontinalis*-suku)) on keskeinen rooli useiden muiden eliöryhmien menestyksen kannalta (esim. Muotka & Laasonen 2002). Sammalten menestymisen kannalta keskeistä ovat kasvu- alustana toimivat rakenteet (Muotka & Virtanen 1995). Yleisesti ottaen ympäristörakenteiden runsaus puroissa lisää puron vesieliöstön monimuotoisuutta (esim. Brown 2003).

Purojen monimuotoisuuden huomioimisessa edellä mainittujen havaintojen ja ympäristön häiriöherkkyyden perusteella suojavyöhykkeiden suunnittelussa voidaan huomioida esimerkiksi alla olevia eri puron osia.

1. Puron yläjuoksu ja valunta-alue, luusuat eli järvestä/lammesta lähtevän puron niskaosa.

2. Herkät alueet.

- a) Eroosio/Valunta herkkä maaperä
- b) Jyrkän topografian alueet (raviinit)
- c) Rehevät ja kosteat alueet (esim. korvet)

3. Monimuotoisuutta lisäävät kohteet.

- a) koskipaikat
- b) meanderoivat kohdat tai puromutkat
- c) muut monimuotoisuutta lisääväksi kohteeksi valitut alueet (Kohdat jotka toimivat tai potentiaalisesti voisivat tulevaisuudessa toimia monimuotoisuutta lisäävinä kohteina. Esimerkiksi kohdat joissa esiintyy sammalta ja kaatuneita puita, tai tällaisten puuttuessa kohdat joihin päätetään luoda rakenteellista monimuotoisuutta. Myöskin vanhat myllyrakenteet ja muut puurakenteet.)

Lisäksi lehtipuiden ja kuolleen puuston esiintymisen tulee olla keskeisessä asemassa suojavyöhykkeitä suunniteltaessa.

KIRJALLISUUS

- Ahti, E., Granlund, H. & Puranen, E.** (toim.) 1999: Metsätalouden ympäristökuormitus. Seminaari Nurmeksessa 23.-24.9.1998. Tutkimusohjelman väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 745, Vantaa.
- Ahtiainen, M. & Huttunen, P.** 1999: Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environment Research* 4:101-114.
- Ahtianen, M., Finér, L., Haapanen, M., Kenttämies, K., Mattsson, T. & Rämö, A.** 2003: Näkyvätkö hakkuun ja maanmuokkauksen vaikutukset valumaveden laadussa – tehoavatko ympäristönsuojeluohjeet? Sivut 25-33, teoksessa, Finér, L., Laurén, A. & Karvinen, L. (toim.): Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta. Tutkimustietoa ja työkaluja –seminaari Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2002. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886, Joensuu.
- Allan, J. D.** 1995: Stream ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, London.
- Anonyymi 2003: Arise amphibians: Stream buffers affect more than fish. Science findings 53 (May 2003, <http://www.fs.fed.us/pnw/sciencef/scifi53.pdf>). USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon.
- Barling, R. D. & Moore, I. D.** 1994: Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. *Environmental Management* 18:543-558.
- Barton, D. R., Taylor, W. D. & Biette, R. M.** 1985: Dimension of riparian buffer strips required to maintain trout habitat in southern Ontario streams. *North American Journal of Fisheries Management* 5:364-378.
- Bergquist, B.** 1999: Påverkan och skyddzoner vid vattendrag i skogs- och jordbrukslandskapet En litteraturöversikt. Fiskeriverket Rapport 3, Göteborg, Sverige.
- Blann, K., Nerbonne, J. F. & Vondracek, B.** 2002: Relationship of riparian buffer type to water temperature in the driftless area ecoregion of Minnesota. *North American Journal of Fisheries Management* 22:441-451.
- Brosfske, K. D., Chen, J., Naiman, R. J. & Franklin, J. F.** 1997: Harvesting effects on microclimate gradients from small streams to uplands in western Washington. *Ecological Applications* 7:1188-1200.

- Brown, B. L.** 2003: Spatial heterogeneity reduces temporal variability in stream insect communities. *Ecology Letters* 6:316-325.
- Castelle, A. J., Johnson, A. W. & Conolly, C.** 1994: Wetland and stream buffer size requirements - A review. *Journal of Environmental Quality* 23:878-882.
- Chen, J., Franklin, J. F. & Spies, T. A.** 1995: Growing season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests from clearcut edges. *Ecological Applications* 5:74-86.
- Cockle, K. L. & Richardson, J. S.** 2002: Do riparian buffer strips mitigate the impacts of clearcutting on small mammals? *Biological Conservation* 113:133-140.
- Cooper, C. M.** 1993: Biological effects of agriculturally derived surface water pollutants on aquatic systems – a review. *Journal of Environmental Quality* 22:402-408.
- Darveau, M., Beauchesne, P., Bélanger, L., Huot, J. & Larue, P.** 1995: Riparian forest strips as habitat for breeding birds in boreal forest. *Journal of Wildlife Management* 59:67-78.
- Darveau, M., Bélanger, L., Huot, J., Mélançon, É. & DeBellefeuille, S.** 1997: Forestry practices and the risk of bird nest predation in boreal coniferous forest. *Ecological Applications* 7:572-580.
- Darveau, M., Labbé, P., Beauchesne, P., Bélanger, L. & Huot, J.** 2001: The use of riparian forest strips by small mammals in a boreal balsam fir forest. *Forest Ecology and Management* 143:95-104.
- Dignan, P. & Bren, L.** 2003: A study of the effect of logging on the understorey light environment in riparian buffer strips in a south-east Australian forest. *Forest Ecology and Management* 172:161-172.
- Dynesius, M.** 2001: Spatial and evolutionary aspects of species diversity, species traits, and human impact with examples from boreal riparian and forest plant communities. Väitöskirja, Umeå Yliopisto.
- Ehrlich, P. R. & Wilson, E. O.** 1991: Biodiversity studies: science and policy. *Science* 253:758-762.
- Fahrig, L.** 2002: Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. – *Ecological Applications* 12:346-353.
- Finér, L., Laurén, A. & Karvinen, L. (toim.)** 2003: Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta. Tutkimustietoa ja työkaluja -seminaari Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2002. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886, Joensuu.
- Forestry Commission 1993: *Forests and Water. Guidelines.* The forestry Authority, U.K.

- Gomi, T., Sidle, R. C. & Richardson, J. S.** 2002: Headwater and channel network -understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience* 52:905-916.
- Hagar, J. C.** 1999: Influence of riparian buffer width on bird assemblages in western Oregon. *J. Wildlife Management* 63:484-496.
- Hannon, S. J., Paszkowski, C. A., Boutin, S., DeGroot, J., Macdonald, S. E., Wheatley, M. & Eaton, B. R.** 2002: Abundance and species composition of amphibians, small mammals, and songbirds in riparian forest buffer strips of varying widths in the boreal mixed-wood of Alberta. *Canadian Journal of Forest Research* 32:1784-1800.
- Hanowski, J. N., Danz, N., Lind J. & Niemi G.** 2003: Breeding bird response to riparian forest harvest and harvest equipment. *Forest Ecology and Management* 174:315-328.
- Harrison, S. & Bruna, E.** 1999: Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure. *Ecography* 22:225-232.
- Heino, J.** 2002: Spatial variation of benthic macroinvertebrate biodiversity in boreal streams: Biogeographic context and conservation implications. Väitöskirja, Jyväskylän Yliopisto.
- Hilden, M., Kuuluvainen, J., Ollikainen, M., Pelkonen, P. & Primmer, E.** 1999: Kansallisen metsäohjelman ympäristövaikutusten arviointi. Loppuraportti. Maatalous- ja metsäministeriö.
- Hill, W. R., Ryon, M. G. & Schilling, E. M.** 1995: Light limitation in a stream ecosystem: responses by primary producers and consumers. *Ecology* 76:1297-1309.
- Holopainen A.-L. & Huttunen, P.** 1992: Effects of forest clear-cutting and soil disturbance on the biology of small forest brooks. *Hydrobiologia* 243:457-464.
- Holopainen A.-L. & Huttunen, P.** 1995: Avohakkuun, maanmuokkauksen ja ojituksen hydrologiset vaikutukset ja niiden kesto Nurmes-tutkimus-alueella. Sivut 185-197, teoksessa, Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.): Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. Suomen Ympäristö 2. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Hylander, K., Jonsson, B. G. & Nilsson, C.** 2002: Evaluating buffer strips along boreal streams using bryophytes as indicators. *Ecological Applications* 12:797-806.
- Härdtle, W., von Oheimb, G. & Westphal, C.** 2003: The effects of light and soil conditions on the species richness of the ground vegetation of deciduous forests in northern Germany (Schleswig-Holstein). *Forest Ecology and Management*, in press, available online.

- Högbom, L., Nordlund, S., Lingdell, P.-E. & Nohrstedt, H.-Ö.** 2002: Effects of tree species in the riparian zone on brook-water quality. Sivut 107-113, teoksessa, Sustainable Forestry in temperate regions (www.sufor.nu). Proceedings of the SUFOR international workshop, April 7-9, 2002, in Lund, Sweden.
- Karr, J. R. & Schlosser, I. J.** 1978: Water recourses and the land-water interface. *Science* 201:229-234.
- Keller, C. M. E., Robbins, C. S. & Hatfield, J. S.** 1993: Avian communities in riparian forests of different widths in Maryland and Delaware. *Wetlands* 13:137-144.
- Kiffney, P. M., Richardson, J. S. & Bull, J.** 2003: Responses of periphyton and insect consumers to experimental manipulation of riparian buffer width along headwater streams. *Journal of Applied Ecology*, in press.
- Korvenpää, T., Lehesvirta, T. & Salpakivi-Salomaa, P.** 2002: Pienvesien avainbiotoopit tärkeitä harvinaisille sammalille. *Luonnon tutkija* 106:144-154.
- Laine, A., Heikkinen, K. & Sutela, T.** 2001: Incubation success of brown trout (*Salmo trutta*) eggs in boreal humic rivers affected by peatland drainage. *Archiv Fur Hydrobiologie* 150:289-305.
- Lamb, E. G., Mallik, A. U. & Mackereth, R. W.** 2003: The early impact of adjacent clearcutting and forest fire on riparian zone vegetation in northwestern Ontario. *Forest Ecology and Management* 177:529-538.
- Lambert, J. D. & Hannon, S. J.** 2000: Short-term effects of timber harvest on abundance territory characteristics, and pairing success of Ovenbirds in riparian buffer strips. *Auk* 117:687-698.
- Laurén, A., Koivusalo, H., Kokkonen, T., Penttinen, S., Nenonen, K., Hänninen, P., Finér, L. & Mannerkoski, H.** 2003: Uusia työvälineitä metsätalouden ympäristökuormituksen hallintaan - Femma. Sivut 89-95, teoksessa, Finér, L., Laurén, A. & Karvinen, L. (toim.): Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta. Tutkimustietoa ja työkaluja -seminaari Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2002. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886, Joensuu.
- Lyons, J., Trimble, S. W. & Paine, L. K.** 2000: Grass versus trees: Managing riparian areas to benefit streams of central North America. *Journal of the American Water Resources Association* 36:919-930.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2003: Suojavyöhykkeiden perustaminen ja hoito. Painotalo Auranen Oy.

- Machtans, C. S., Villard, M. & Hannon, S. J.** 1996: Use of riparian buffer strips as movement corridors by forest birds. *Conservation Biology* 10:1366-1379.
- Meiklejohn, B. A. & Hughes, J. W.** 1999: Bird communities in riparian buffer strips of industrial forests. *American Midland Naturalist* 141:172-184.
- Muhar, S.** 1996: Habitat improvement in Austrian rivers with regard to different scales. *Regulated Rivers: Research and Management* 12:471-482.
- Muotka, T. & Virtanen, R.** 1995: The stream as a habitat templet for bryophytes: species distributions along gradients in disturbance and substratum heterogeneity. *Freshwater Biology* 33:141-160.
- Muotka, T. & Laasonen, P.** 2002: Ecosystem recovery in restored headwater streams: the role of leaf retention. *Journal of Applied Ecology* 39:145-156.
- Murcia, C.** 1995: Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10:58-62.
- Naiman, R. J., Lonzarich, D. G., Beechie, T. J. & Ralph, S. C.** 1992: General principles of classification and the assessment of conservation potential in rivers. Sivut 93-123, teoksessa, Boon, P. J., Calow, P. & Petts, G. E. (toim.): *River conservation and management*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.
- Naiman, R. J., Décamps, H. & Pollock, M.** 1993: The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* 3:209-212.
- Naiman, R. J. & Décamps, H.** 1997: The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:621-658.
- Niemelä, J.** 2001: The utility of movement corridors in forested landscapes. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3:70-78.
- Nierenberg, T. R. & Hibbs, D. E.** 2000: A characterization of unmanaged riparian areas in the central Coast Range of western Oregon. *Forest Ecology and Management* 129:195-206.
- Nilsson, C. & Svedmark, M.** 2002: Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: riparian plant communities. *Environmental Management* 30:468-480.
- Norris, V.** 1993: The use of buffer zones to protect water quality: a review. *Water Resources and Management* 7:257-272.

- Noss, R. F.** 1983: A regional landscape approach to maintain biodiversity. *Bioscience* 33:700-706.
- Nyberg, P. & Eriksson, T.** 2001: SkyddsIdåer Längs Vattendrag (SILVA). Slutrapport av SILVA-projektet. Finfo 6. Fiskeriverket, Göteborg, Sverige.
- O'Keefe, J. F. & Uys, M.** 2000: The role of classification in the conservation of rivers. Teoksessa, Boon, P. J., Davies, B. R. & Petts, G. F. (toim.): *Global perspectives on river conservation: science, policy and practice*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Olsson, T.** 1995: Skuggade vatten har rikare fauna. *Skog & Forskning* 4. Sveriges Skogsvårdsförbund.
- Paavola, R.** 2003: Community structure of macroinvertebrates, bryophytes and fish in boreal streams - Patterns from local to regional scales, with conservation implications. Väitöskirja, Jyväskylän Yliopisto.
- Pearson, S. F. & Manuwal, D. A.** 2001: Breeding bird response to riparian buffer width in managed Pacific Northwest Douglas-fir forests. *Ecological Applications* 11:840-853.
- Pinay, G., Clement, J. C. & Naiman R. J.** 2002: Basic principles and ecological consequences of changing water regimes on nitrogen cycling in fluvial systems. *Environmental Management* 30:481-491.
- Richardson, J. S.** 1991: Seasonal food limitation of detritivores in a montane stream: an experimental test. *Ecology* 72:873-887.
- Räike, A.** 1994: Valtakunnallinen pienvesi-inventointi. Alustavat tulokset vuosilta 1989-1993. Vesi- ja ympäristöhallinnon monistesarja 588, Helsinki.
- Saukkonen, S. & Kenttämies, K.** (toim.) 1995: Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. *Suomen Ympäristö* 2. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- SCA 1998: Nature consideration in felling operations. SCA Forest and Timber, Sundsvall, Sweden.
- Schmiegelow, F. K. A. & Mönkkönen, M.** 2002: Habitat loss and fragmentation in dynamic landscapes: avian perspectives from the boreal forest. *Ecological Applications* 12:375-389.
- Simberloff, D., Farr, J. A., Cox, J. & Merriam, D. W.** 1992: Movement corridors: conservation bargains or poor investment? *Conservation Biology* 6:493-504.
- Skogsstyrelsen 2000: Skogsbruket vid vatten. Skogsstyrelsens förlag.

- Swanson, F. J. & Franklin, J. F.** 1992: New forestry principles from ecosystem analysis of Pacific Northwest forests. *Ecological Applications* 2:262-274.
- Vander Haegen, W. M. & DeGraaf, R. M.** 1996: Predation on artificial nests in forested riparian buffer strips. *Journal of Wildlife Management* 60:542-550.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E.** 1980: The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* Vol. 37.
- Vesely, D. G. & McComb, W. C.** 2002: Salamander abundance and amphibian species richness in riparian buffer strips in the Oregon Coast Range. *Forest Science* 48:291-297.
- Vuori, K.-M.** 1995: Direct and indirect effects of iron on river ecosystems. *Annales Zoologici Fennici* 32:317-329.
- Vuori, K.-M., Joensuu, I., Jutila, E., Ahvonen, A. & Latvala, J.** 1998: Forest drainage: a threat to benthic biodiversity of boreal headwater streams? *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 8:745-759.
- Vuori, K.-M., Luotonen, H. & Liljaniemi, P.** 1999: Benthic macroinvertebrates and aquatic mosses in pristine streams of the Tolvajärvi region, Russian Karelia. *Boreal Environment Research* 4:187-200.
- Wallace, J. B., Eggert, S. L., Meyer, J. L. & Webster, J. R.** 1997: Multiple Trophic Levels of a Forest Stream Linked to Terrestrial Litter Inputs. *Science* 277:102-104.
- Wegner, S.** 1999: A review of the scientific literature on riparian buffer width, extent and vegetation (<http://outreach.ecology.uga.edu/publications.html>). Office of Public Service and Outreach, Institute of Ecology, University of Georgia, Athens, GA, USA.
- Welch, E. B., Jacoby, J. M. & May, C. W.** 1998: Stream quality. Sivut 69-96, teoksessa, Naiman, R. J. & Bilby, R. E. (toim.): *River Ecology and management: lessons from the Pacific coastal ecoregions*. Springer-Verlag, New York.
- Westling, O. & Petersson, P.** 2002: Buffer zones along small streams in managed forests. Sivut 154, teoksessa, *Sustainable Forestry in temperate regions* (www.sufor.nu). Proceedings of the SUFOR international workshop, April 7-9, 2002, in Lund, Sweden.
- Whitaker, D. M. & Montevecchi, W. A.** 1999: Breeding bird assemblages inhabiting undisturbed shorelines and riparian buffer strips in Newfoundland, Canada. *Journal of Wildlife Management* 63:167-179.

Willén, E., Andersson, B. & Söderbäck, B. 1996: System Aqua – underlag för karakterisering av sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket rapport 4553, Stockholm.

Winterbound, M. J. & Townsend, C. R. 1999: Streams and Rivers: one-way flow systems. Sivut 230-244, teoksessa, Barnes, M. & Mann, K. (toim.): Fundamentals in Aquatic Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Xiang, W.-N. 1993: Application of a GIS-based stream buffer generation model to environmental policy evaluation. Environmental Management 17:817-827.

Ympäristöministeriö 1998: Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Suomen ympäristö 226, Helsinki.

Young, K. A. 2000: Riparian zone management in the Pacific Northwest: who's cutting what? Environmental Management 26:131-144.