

Bioenergiakorjuun ekologiset vesistövaikutukset (KORPI)

Aloitusvuosi: 2011

Päätymisvuosi: 2014

Vastuhenkilö SYKEssä: Kristian Meissner, Jyväskylä

Tutkija: Mika Nieminen, SYKE/Jyväskylän yliopisto

Rahoittajat: Maj ja Tor Nesslingin säätiö

Yhteistyökumppanit: Jyväskylän yliopisto

Bioenergiakorjuun ekologiset vesistövaikutukset (KORPI) on Maj ja Tor Nesslingin säätiön rahoittama (tutkimus nro. 2011101) 1.3.2011 alkanut 3-vuotinen tutkimushanke, jonka tavoitteena on vesistöjen biologisen tarkkailun kehittäminen. Tutkimushanke on väitöskirjaprojekti.

Sisältö

Tutkimuksen tarkoitus ja tavoite.....	1
Tutkimus jakautuu neljään osatutkimukseen	2
1. Turvetuotannon ja energiapuukorjuun vesistövaikutusten vertailu.....	2
2. Turvetuotantoalueilta tulevien vesien vaikutukset alapuolisten vesistöjen eliöyhteisöihin.....	2
3. Voidaanko eri orgaanisten aineiden lähteet erottaa toisistaan vakaiden isotooppien analyysillä?.....	2
4. Turvetuotantoalueiden ennallistamistoimenpiteiden tehokkuuden arviointi vesieliöyhteisöjen näkökulmasta.....	3
Käytettävät menetelmät.....	3
Hankkeen tulokset.....	3
Taustaa tutkimukselle.....	4
Lisätietoja	4
Lähdeluettelo	5

Tutkimuksen tarkoitus ja tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää ekologisten vesistövaikutusten seurantamenetelmiä erityisesti eri bioenergiakorjuumenetelmiä silmällä pitäen.

Tutkimuksessa vertaillaan eri bioenergiakorjuumenetelmiä ja niiden vesistövaikutuksia toisiinsa ja kontrollialueisiin. Vertailtavina bioenergian korjuumenetelminä on hakkuutähteiden korjuu, tavanomainen metsätalous ja turvetuotanto. Turvetuotannon vesistövaikutusta tutkitaan vertaamalla hiljattain tuotantoon tulleiden turvetuotantoalueiden vesieliöstöä pidempään tuotannossa olleisiin alueisiin. Lisäksi tutkitaan turvetuotantoalueen jälkikäytön aiheuttamia muutoksia vesiekosysteemeissä.

Aihetta lähestytään neljän alla tarkemmin esiteltävän osatutkimuksen kautta.

Tutkimus jakautuu neljään osatutkimukseen

1. Turvetuotannon ja energiapuukorjuun vesistövaikutusten vertailu

Vaikka bioenergian tuotanto vaikuttaa usein erityisesti latvavesiin, ei tällä hetkellä ole käytössä menetelmiä pienten ojien ja latvavesistöjen ekologiseen arviointiin. Tällä hetkellä ei käytössä myöskään ole menetelmiä bioenergiakorjuun paikallisten vesistövaikutusten tunnistamiseksi ja arvioimiseksi. Tämän lisäksi turvetuotantoa ja metsätaloutta harjoitetaan usein samalla valuma-alueella, eikä alapuolisista vesistöistä otetuilla näytteillä ei pystytä erottelemaan turvetuotannon ja metsätalouden vaikutuksia toisistaan. Tässä tutkimuksessa verrataan turvetuotannon ja metsätalouden vaikutuksen alla olevia latvavesiä käyttämällä paikallistason indikaattoreita ekologisten muutosten kuvaamisessa. Menetelminä käytetään pohjajelännäytteenottoa ja surviaissäskien kotelonahkamenetelmää.

Vertailualueina osatutkimuksessa käytetään turvetuotannossa olevia alueita (6 kpl), alueita joilla valmistellaan turvetuotantoa tai jossa turvetuotanto on juuri alkanut (6 kpl), metsätalouskäytössä olevia alueita (LRR), sisältäen normaaleja päätehakkuu alueita, päätehakkuualueita joilta poistetaan kannot, sekä kontrollialueet, joilla mainittuja toimenpiteitä ei tehdä (yht. 23 kpl). Turvetuotantoalueiden kontrollialueina käytetään luonnontilaisia soita (6 kpl).

Oletamme eri bioenergian korjuutapojen aiheuttamien muutosten vaikuttavan vesieliöyhteisöihin. Vertaamme keväällä, kesällä ja syksyllä kerättyjen surviaissäskien kotelonahkojen sekä syksyllä kerättyjen pohjajeläinten soveltuvuutta biologisten muutosten havaitsemiseksi ja arvioimiseksi. Surviaissäskien kotelonahkojen keruu on suunniteltu tehtäväksi kahden vuoden ajan eliöyhteisöjen rakenteen ajallisen vakauden arvioimiseksi. Hakkutähdekorjuun vaikutusten arvioinnin osalta tällä tutkimuksella on yhteyksiä Maj ja Tor Nesslingin säätiön rahoittamaan ja Oulangan tutkimusaseman johtajan, FT Riku Paavolan koordinoimaan "The impact of logging residue removal (LRR) on boreal headwater stream communities and drainage areas" tutkimukseen.

2. Turvetuotantoalueilta tulevien vesien vaikutukset alapuolisten vesistöjen eliöyhteisöihin

Metsätalouden vesiekosysteemeille aiheuttamien ekologisten vaikutusten tutkimukset on enimmäkseen tehty vain paikallisella tasolla. Puunkorjuutoimenpiteet muuttavat orgaanisen aineksen kulkeutumistapaa alapuoliseen vesistöön. Tästä syystä puunkorjuun aiheuttamilla muutoksilla saattaa olla siirtovaikutusta alapuolisessa vesistössä ja muutokset saattavat vaikuttaa vedessä olevien eliöyhteisöjen ravintoon sekä elinympäristön kemiallis-fysikaalisiin ominaisuuksiin. Tällaisilla muutoksilla on vaikutusta sekä korkeampiin että matalampiin trofiatasoihin. Näitä muutoksia arvioimme turvetuotannon vaikutuksen alla olevissa vesistöissä mm. vedenlaatuparametrejä (pH, johtokyky, lämpötila, liuennut happi) mittaamalla sekä käyttämällä surviaissäskien kotelonahkamenetelmää (CPET) ja perinteisiä pohjajelännäytteenottoja. Surviaissäskien kotelonahkamenetelmän yhteydessä teemme yhteistyötä Suomen johtavan CPET-asiantuntijan FT Janne Raunion kanssa.

Tässä osatutkimuksessa vertailualueina käytetään turvetuotannossa olevia alueita (6 kpl), ennallistettuja turvetuotantoalueita (6 kpl), tavanomaisia metsäojitettuja metsätalousalueita (6 kpl). Turvetuotantoalueiden kontrollialueina käytetään luonnontilaisia soita (6 kpl) ja ojitettujen metsätalousalueiden kontrollialueina luonnontilaisia turvepohjaisia metsäisiä soita (6 kpl).

3. Voidaanko eri orgaanisten aineiden lähteet erottaa toisistaan vakaiden isotooppien analyysillä?

Toisessa osatutkimuksessa kerättyjä biologisia näytteitä käytetään turvetuotantoalueilta alapuolisiin vesistöjen eliöyhteisöihin tulevien materiaalivirtojen osuuksien arviointiin. Vakaiden isotooppien tiedetään olevan tehokas tapa mm. kuluttajien trofiatason (Vander Zanden & Rasmussen 1999) ja ravintoverkossa kulkevan hiilen arvioinnissa (Peterson & Fry 1987). Akvaattisissa ravintoverkoissa hiilen eri lähteillä voi olla toisistaan eroavat $\delta^{13}\text{C}$ arvot.

Tutkimuksessa määritetään eri orgaanisen aineksen lähteiden merkittävyyttä hiilen kulkeutumiseen liittyvillä arvioilla, sekä arvioimalla vakaiden isotooppien perusteella onko hiili alloktonista vai autoktonista.

$\delta^{15}\text{N}$ arvojen on todettu heijastavan ihmisperäisiä ravinnelähteitä (Cabana & Rasmussen 1996), minkä vuoksi ne voivat mahdollistaa typen lähteen jäljittämisen ekosysteemissä. Lisäksi ravintoverkon huipulla olevien kuluttajien $\delta^{15}\text{N}$ arvojen suhde ravintoverkon tausta-arvoihin voi tarjota yksinkertaisen tavan ravintoverkon pituuden mittaamiseen (Vander Zanden & Rasmussen 1999) ja siten ne voivat indikoida mm. sen aiheuttaako turvetuotanto ekosysteemin rakenteen yksinkertaistumista.

Vertaamalla vakaiden isotooppien arvoja maaperässä, vedessä, sedimentissä ja pohjaeläimissä, pyrimme arvioimaan eri orgaanisen aineksen lähteiden merkittävyyttä valuma-alueella. Hiilen ja typen vakaiden isotooppien analyysit tehdään Jyväskylän yliopiston laboratoriossa yhteistyössä Jyväskylän yliopiston professori Roger Jonesin kanssa, joka on tutkimusryhmineen käyttänyt menetelmää erityisesti vesiekosysteemeihin liittyvissä tutkimuksissa. Lisäksi yhteistyötä tehdään Jyväskylän yliopiston ympäristötutkimuskeskuksen FT Jarmo Meriläisen kanssa, jolla on tutkimusryhmineen kokemusta turvetuotantoalueilla tehdyistä tutkimuksista.

Osatutkimuksessa käytetään vertailualueina vierekkäisiä valuma-alueita, joista toisella on turvetuotantoa ja toisella metsäojituksia. Näytteenotto tapahtuu metsäojien (3 kpl) ja turvetuotantoalueelta (3 kpl) tulevien purojen lisäksi alapuolisesta purosta ja järvestä. Turvetuotanto- ja metsätalousalueiden kontrollialueina käytetään luonnontilaisia soita (3 kpl) ja luonnontilaisia turvepohjaisia metsäisiä soita (3 kpl).

4. Turvetuotantoalueiden ennallistamistoimenpiteiden tehokkuuden arviointi vesieliöyhteisöjen näkökulmasta

Kotimaisen bioenergiatuotannon, kuten turvetuotannon ja metsätalouden, fysikaalisia ja kemiallisia vaikutuksia on aiemmin arvioitu eri tutkimuksissa (esim. Svahnäck 2007). Bioenergiatuotannon koko tuotantokaaren ja erityisesti tuotannon jälkeisen ennallistamisen tai jälkikäytön ekologisia vaikutuksia on kuitenkin tutkittu verrattain harvoissa tutkimuksissa. Tässä tutkimuksessa arvioidaan entisten turvetuotantoalueiden ennallistuksen ja jälkikäytön paikallisia vaikutuksia alapuolisissa puroissa.

Jälkikäyttö- ja ennallistuskohteiden valinta tähän osatutkimukseen on vielä käynnissä. Tarkoitus on tutkia erityisesti uudelleen metsityksen ja soistamisen aiheuttamia muutoksia alapuolisissa puroissa. Kohteet on tarkoitettu valita siten, että ne edustaisivat eri aikoina jälkikäyttöön tulleita alueita.

Käytettävät menetelmät

Tässä tutkimuksessa käytetään surviaissäaskien kotelonahkamenetelmää (CPET, Chironomid Pupal Exuviae Technique) yhdessä muiden biologisten näytteiden kanssa (pohjaeläimet) bioenergiakorjuun vesiekosysteemien vaikutusten arvioinnissa. Tutkimuksessa arvioidaan sekä paikallisvaikutuksia että harvoin tutkittuja vesistömittakaavan bioenergiatuotannon kumulatiivisia ekologisia vaikutuksia ja tuotannon jälkeen tehtävien ennallistamistoimenpiteiden tehokkuutta. Metsätaloudesta ja turvetuotannosta peräisin olevan orgaanisen aineksen alkuperän ja terrestrisen orgaanisen alkuperän osoittamiseksi tutkimuksessa käytetään vakaita isotooppeja. Suuret muutokset ravinnossa vaikuttavat todennäköisesti epäsuorasti myös saalistajiin, niiden saalistamien eliöyhteisöjen rakenteessa tapahtuneiden muutosten kautta.

Hankkeen tulokset

Hankkeen tulokset on tarkoitettu julkaista väitöskirjatutkimuksessa ja osatutkimusten tulokset kansainvälisissä vertaisarvioituissa tieteellisissä sarjoissa.

Taustaa tutkimukselle

Euroopan Unionin (EU) uusiutuvan energian direktiivin (2009/28/EC) myötä bioenergian käyttöä tullaan lisäämään tulevaisuudessa. Suomessa uusiutuvan energian käytön lisääminen tarkoittaa uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvattamista 38 % nykyisestä tasosta vuoteen 2020 mennessä (2009/28/EC, Annex I). Käytännössä tavoitteen saavuttaminen tarkoittaa mm. kotimaisen puun ja turpeen käytön lisäämistä. Lisäksi EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi (VPD, 2000/60/EC) on toimeenpanonsa jälkeen jo vaikuttanut lisäämällä biologisten tarkkailumenetelmien käyttöä. Vesistöjen ekologista tilaa tulee VPD:n mukaan arvioida erityisesti biologisten tekijöiden kautta ja fysikaalis-kemiallista tietoa käyttää biologisen tiedon tukena.

Bioenergiatuotannon lisäämispaineiden vuoksi ekologisten vaikutusten arviointimenetelmiä tarvitaan esim. ympäristön kannalta parhaiden hakkuumenetelmien ja tuotannonjälkeisten ennallistamistoimien vesistövaikutusten arvioinnissa. Luotettavat arviointimenetelmät ovat tarpeen myös velvoitetarkkailuissa ja sen kehittämisessä. Tämän lisäksi useimmilla valuma-alueilla on turvetuotannon lisäksi myös metsätaloutta, joka on yksi merkittävimpiä luonnon monimuotoisuuteen vaikuttavia tekijöitä Suomessa. Eri korjuumenetelmien vaikuttavuuden todentamiseksi ja niiden toisistaan erottamiseksi tutkimukset tulee kohdistaa sekä paikalliselle että valuma-alueitasolle. Vesistöjen ylä- ja alajuoksujen ekologisia yhteyksiä on tutkittu verrattain vähän, vaikka orgaanisen aineksen virtausten perusteella latvavesistöillä oletetaan olevan suuri merkitys alapuolisten vesistöjen rakenteeseen, toimintoihin ja sitä kautta luonnon monimuotoisuuteen (Haigh *et al.* 1998). Sekä luonnolliset muutokset (Wipfli *et al.* 2007) että bioenergiatuotannon aiheuttamat maankäytön muutokset (Kløve 2001) tekevät partikkelimaisen orgaanisen aineksen lähteistä pulssimaisia, minkä lisäksi ne ovat kytköksissä vesistöjen virtaamiin (Wallace *et al.* 1995).

Ihmisen voimaperäinen maankäyttö, kuten bioenergian korjuu, vaikuttaa paikallisten latvavesien ekosysteemien kautta kokonaisuun vesistöihin paljon aikaisemmin luultua enemmän (e.g. Zhang *et al.* 2009). Metsien hakkuut lisäävät myös sedimenttikuormitusta (Kreutzweiser *et al.* 2005), jonka tiedetään lisäävän haitallisten vaikutusten määrää suurelle osalle vesieliöyhteisöjä. Metsätaloudellisilla toimenpiteillä on lisäksi havaittu olevan vaikutuksia vielä pitkään hakkuiden jälkeenkin (Zhang *et al.* 2009). Turvetuotantoalueilta tulevat valumavedet sisältävät merkittävästi suurempia määriä kiintoainesta, liuenneita aineita, orgaanista ainesta ja tyypeä kuin luonnollisista turvepohjaisista metsistä tuleva valuma (esim. Kløve 2001). Eri toimenpiteiden negatiivisista kokonaisvaikutuksista paikallisten vesieliöstöjen monimuotoisuuteen huolimatta, metsätaloudelliset toimenpiteet voivat vaikuttaa myös virtavesien sisäisiin fyysikaalisiin ominaisuuksiin joitakin eliöryhmiä, kuten *Chironomidae* heimoa (esim. Richardson 2007, Martel *et al.* 2007) hyödyttävällä tavalla. Muihin selkärangattomiin verrattuna virtavesien surviaissäsket ovat jääneet ryhmänä vähälle huomiolle ja siksi niitä käytetäänkin vain harvoin virtavesien arvioinnissa. Kuitenkin surviaissäskien kotelonahkojen määrittämistä on esitetty vaihtoehtoiseksi menetelmäksi (Coffman 1973, Wilson & Bright 1973, Wilson & Ruse 2005) virtaavien ja seisovien makeiden vesien laadun arvioinnissa ja seurannassa. Menetelmän käyttöä puoltaa myös se, että surviaissäskien kotelonahkojen määrittäminen on helppoa ja niillä on lisäksi osoitettu olevan potentiaalia kotimaisten virtavesien ekologisessa seurannassa (Raunio 2008).

Lisätietoja

FT Kristian Meissner, SYKE Jyväskylän toimipiste

FM Mika Nieminen, SYKE Jyväskylän toimipiste/Jyväskylän yliopisto

etunimi.sukunimi@ymparisto.fi

Lähdeluetelo

- 2000/60/EC. Directive 2000/60/EC. *Official Journal of the European Union* L 327: 1-72.
- 2009/28/EC. Directive 2009/28/EC. *Official Journal of the European Union* L 140: 16-62.
- Cabana G. & Rasmussen J.B. 1996. Comparison of aquatic food chains using nitrogen isotopes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 10844-10847.
- Coffman W.P. 1973. Energy flow in a woodland stream ecosystem II. The taxonomic composition and phenology of the Chironomidae as determined by the collection of pupal exuviae. *Arch Hydrobiol* 73: 281-322.
- Davis C.M. & Fox F.F. 2009. Sediment Fingerprinting: Review of the Method and Future Improvements for Allocating Nonpoint Source Pollution. *J. Environ. Eng.* 135: 490-504.
- Finnish Environmental Administration. 2010. Biodiversity in Finland. [cited in 25.9.2010]. Available in: <http://www.environment.fi/default.asp?node=5340&lan=en>.
- Haigh M.J., Singh R.B. & Krecek J. 1998. Headwater Control: Matters Arising. In: *Headwaters: Water Resources and Soil Conservation.*, Haigh M.J., Krecek J., Rajwar G.S. & Kilmartin M.P. (eds.). A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands, pp. 3-24.
- Kløve B. 2001. Characteristics of nitrogen and phosphorus loads in peat mining wastewater. *Water Research* 35: 2353-2362. 1.
- Kreutzweiser D.P., Capell S.S. & Good K.P. 2005. Effects of fine sediment inputs from a logging road on stream insect communities: a large-scale experimental approach in a Canadian headwater stream. *Aquatic Ecology* 39: 55-66.
- Laine A. 2001. Effects of peatland drainage on the size and diet of yearling salmon in a humic northern river. *Arch Hydrobiol* 151: 83-99.
- Martel N., Rodríguez M.A. & Bérubé P. 2007. Multi-scale analysis of responses of stream macrobenthos to forestry activities and environmental context. *Freshwater Biol* 52: 85-97.
- Peterson B.J. & Fry B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18: 293-320.
- Raunio J. 2008. *The use of Chironomid Pupal Exuvial Technique (CPET) in freshwater biomonitoring: applications for boreal rivers and lakes.* Acta Univ. Oul. A 500, Oulu, Finland.
- Svahnback L. 2007. *Precipitation-induced runoff and leaching from milled peat mining mires by peat types: a comparative method for estimating the loading of water bodies during peat production.* Publications of the Department of Geology D 13. University of Helsinki.
- Vander Zanden M.J. & Rasmussen J. 1999. Primary consumer $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ and the trophic position of aquatic consumers. *Ecology* 80: 1395-1404.
- Wallace J.B., Whiles M.R., Eggert S., Cuffney T.F., Lugthart G.J. and Chung K. 1995. Long-term dynamics of coarse particulate organic matter in three Appalachian Mountain streams. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 14: 217-232.
- Wilson R.S. & Bright P.L. 1973. The use of Chironomid pupal exuviae for characterizing streams. *Freshwater Biol* 3: 283-302.
- Wilson R.S. & Ruse L.P. 2005. *A guide to the identification of genera of chironomid pupal exuviae occurring in Britain and Ireland (including common genera from northern Europe) and their use in monitoring lotic and lentic fresh waters.* Special Publication No 13. Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria, UK.
- Wipfli M.S., Richardson J.S. & Naiman R.J. 2007. Ecological linkages between headwaters and downstream ecosystems: transport of organic matter, invertebrates, and wood down headwater channels. *J. Am. Wat. Res. Assoc.* 43: 72-85.
- Zhang Y., Richardson J.S. & Pinto X. 2009. Catchment-scale effects of forestry practices on benthic invertebrate communities in Pacific coastal streams. *Journal of Applied Ecology* 46: 1292-1303.