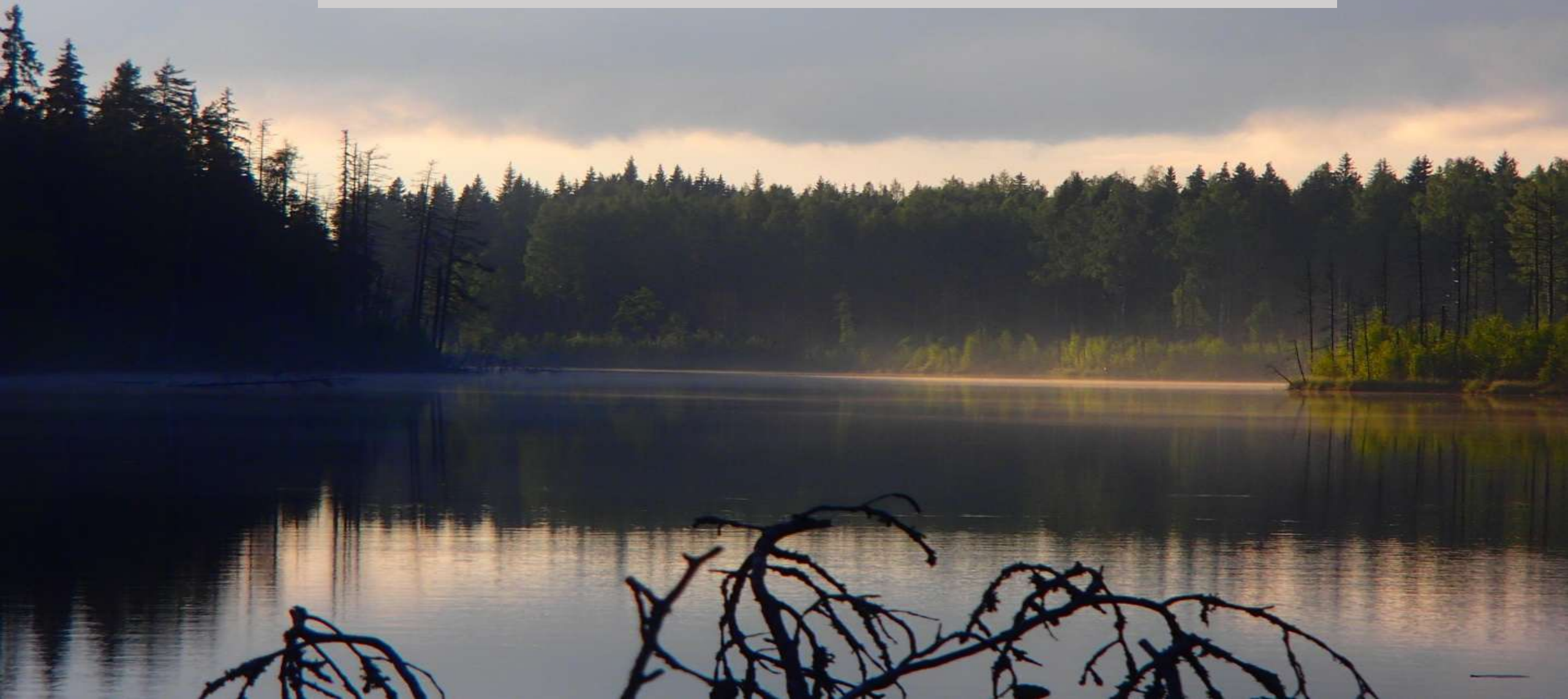
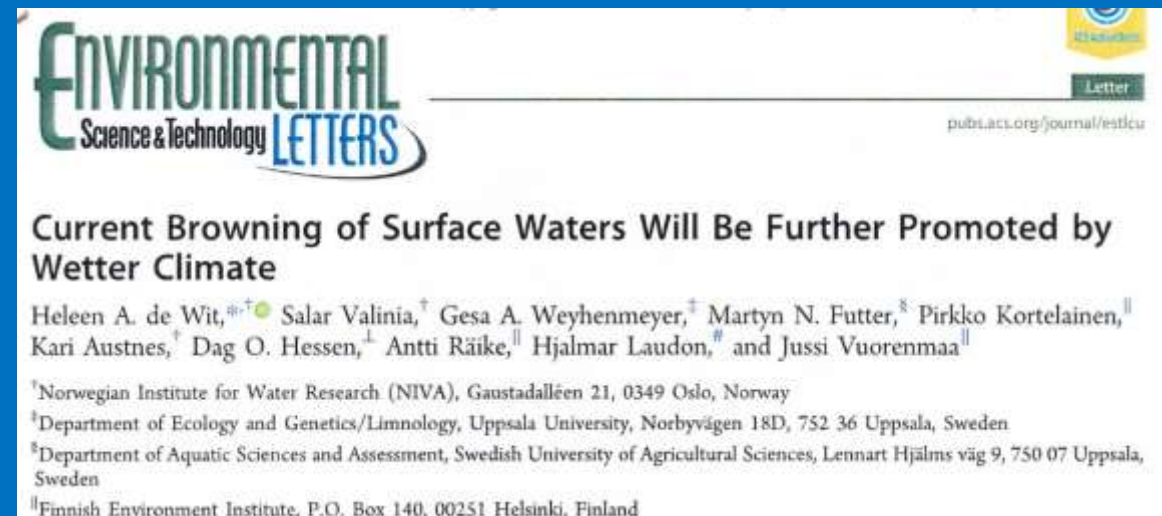
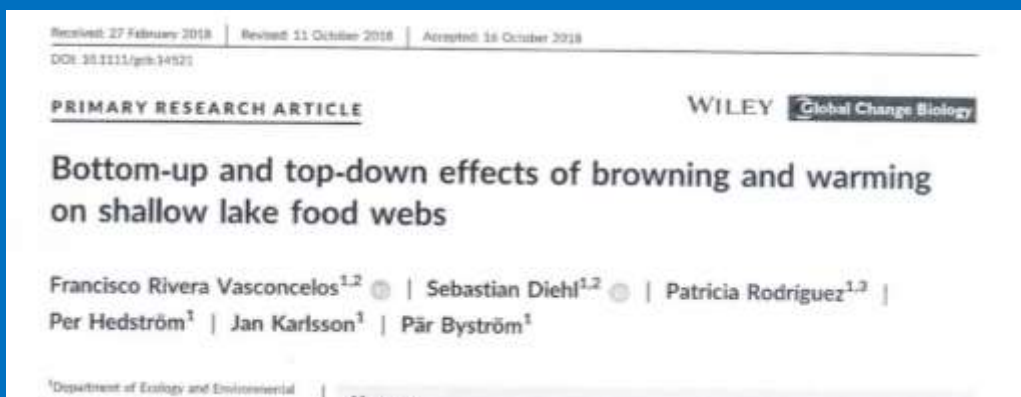


Järvien tummuminen – syitä ja seurauksia



Vesistöt tummuvat; ilmiö on havaittu lukuisissa tutkimuksissa



Tummumista aiheuttavien ainesten lisääntynyt kuormitus valuma-alueilta

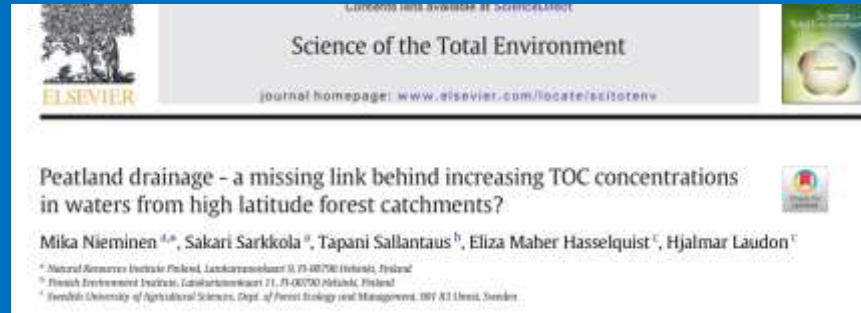
- liuennut orgaaninen hiili (DOC)
- rauta

Voimistuneen kuormituksen taustatekijöitä

- ilmastonmuutos
- happaman laskeuman väheneminen
- maankäyttö valuma-alueilla (esim. ojitukset)

Maankäytöllä on merkittävä vaikutus monilla alueilla

- metsätalous (ojitukset)
- turvetuotanto
- maatalous

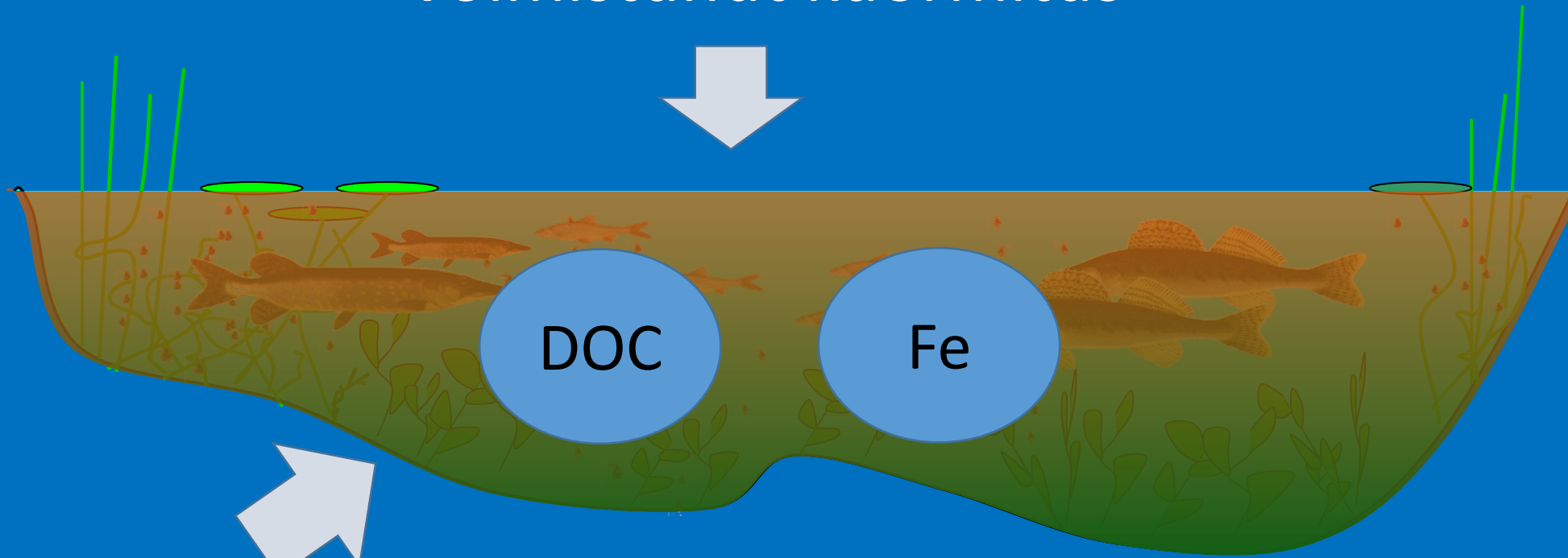


Metsätaloudessa ja turvetuotannossa käytössä olevat vesiensuojelumenetelmät ovat pääosin tehottomia vähentämään tummentavan liuenneen orgaanisen aineksen kuormitusta vesistöihin



Esimerkiksi yleisesti käytetyt pintavalutuskentät ovat DOC-kuormituksen suhteen tehottomia ja usein jopa lisäävät kuormitusta (Klöve ym. 2012, Karppinen & Postila 2015)

Voimistunut kuormitus



Kohonneet DOC- ja
rautapitoisuudet järvissä

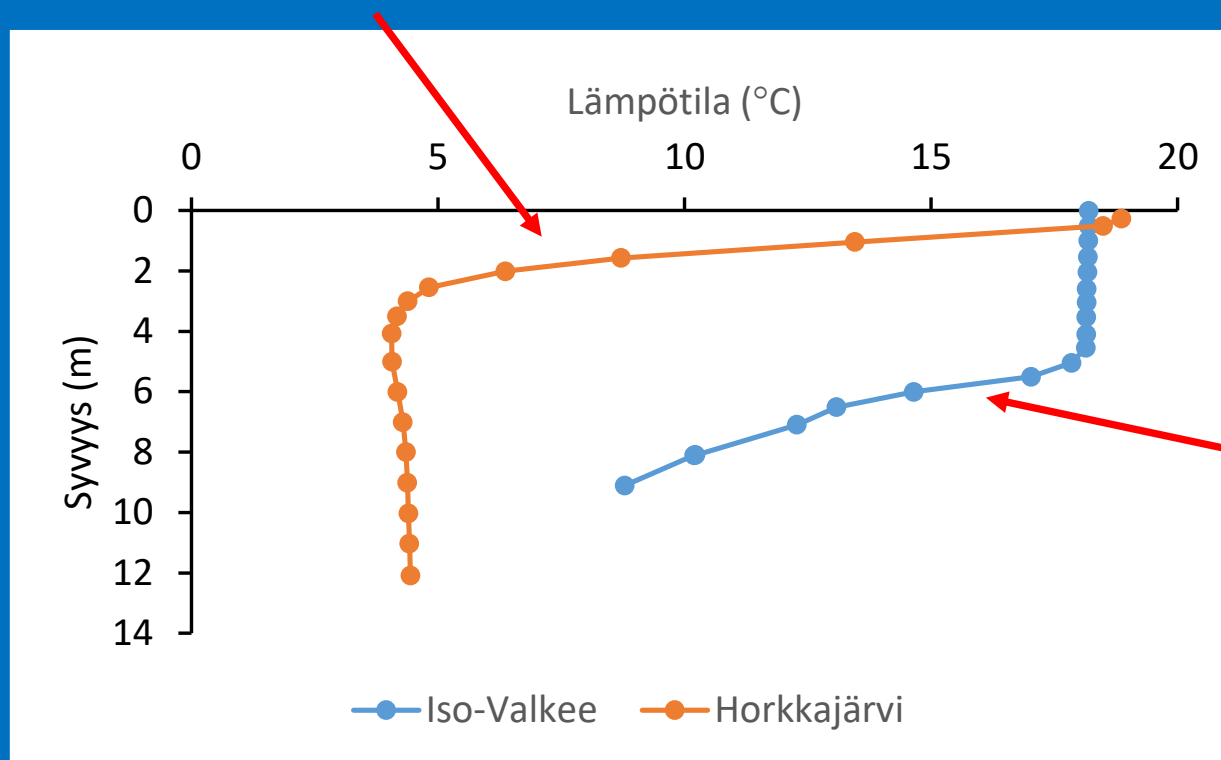
Tummuminen

Vaikutukset
ekosysteemissä?

Kun vesi tummuu, tapahtuu suuria muutoksia sekä fysikaalis-kemiallisissa säätelytekijöissä että kaikissa eliöyhteisöissä

Mitä korkeampi väriluku, sitä nopeammin ja enemmän vesi lämpenee pinnasta

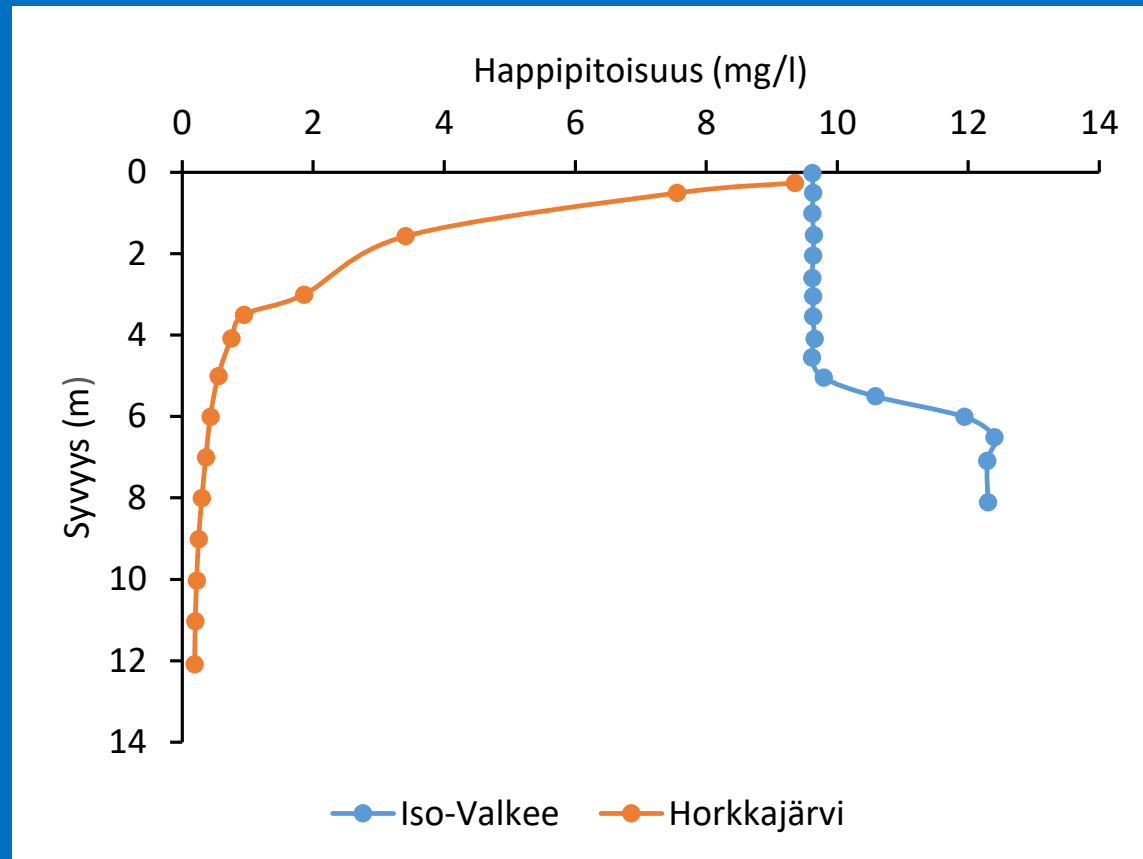
Horkkajärvi (Evo) 26.6.2019 veden väri n. 225 mg Pt/l



Iso Valkee (Somero) 8.7.2019,
veden väri n. 2 mg Pt/l

Mitä nopeammin vesi lämpenee pinnasta, sitä voimakkaammin ja pidemmäksi aikaa järvi kerrostuu kesällä

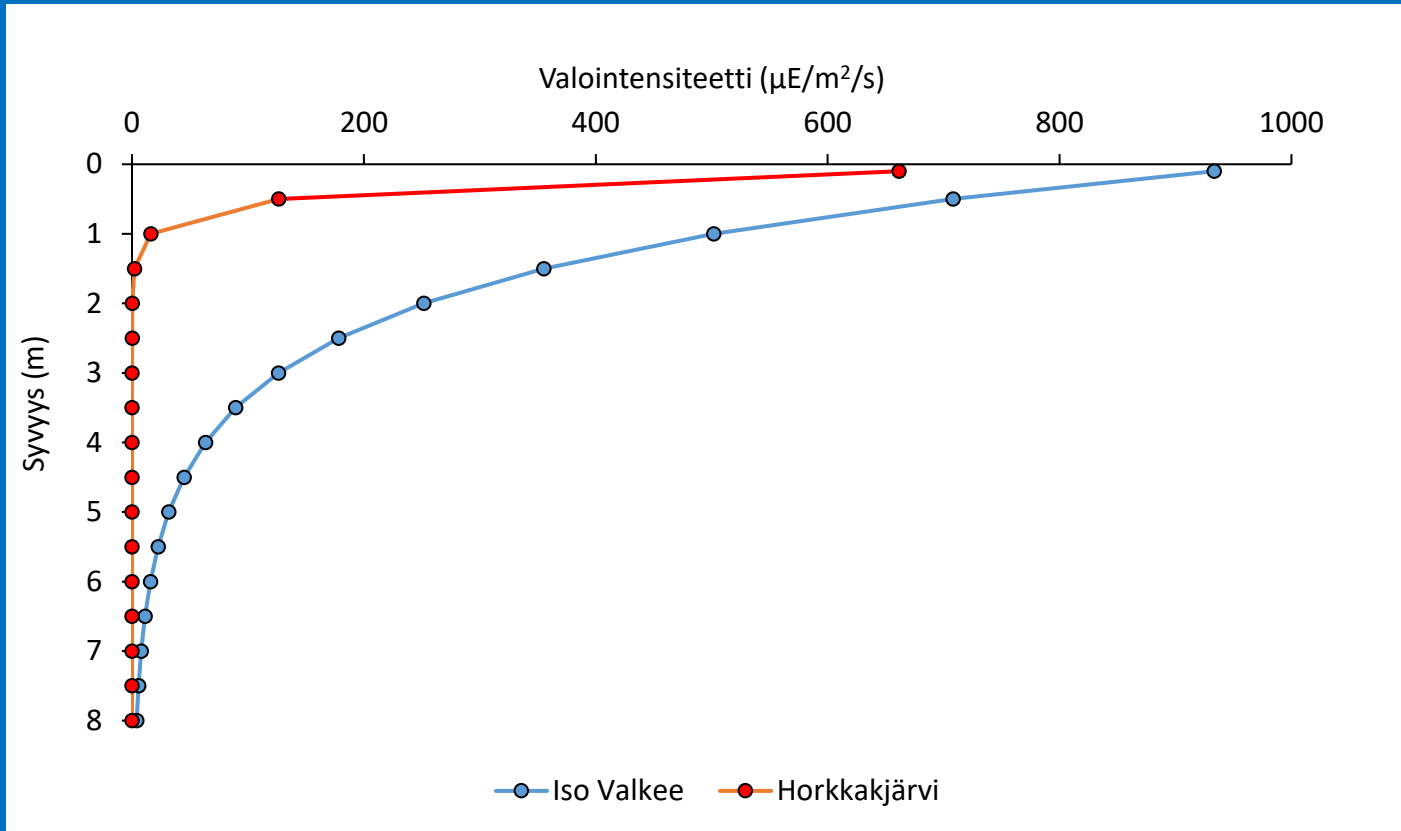
Mitä voimakkaampi kerrostuneisuus, sitä todennäköisemmin alusveteen syntyy happikatoa



Samaan aikaan valon tunkeutuminen veteen heikkenee



Valaistu kerros ohenee



Elinolosuhteiden muutokset vaikuttavat kaikkiin eliöryhmiin mikrobeista kaloihin

Ecological consequences of long-term browning in lakes

Craig E. Williamson¹, Erin P. Overholt¹, Rachel M. Pilla¹, Taylor H. Leach¹, Jennifer A. Brentrup¹, Lesley B. Knoll², Elizabeth M. Mette¹ & Robert E. Moeller¹

Increases in terrestrially-derived dissolved organic matter (DOM) have led to the browning of inland waters across regions of northeastern North America and Europe. Short-term experimental and comparative studies highlight the important ecological consequences of browning. These range from transparency-induced increases in thermal stratification and oxygen (O₂) depletion to changes in pelagic

- eri lajien runsaussuhteiden muutokset
- fysiologiset muutokset
- käyttäytymisen muutokset (esim. vaellukset, ravinnonkäytön muuttuminen)

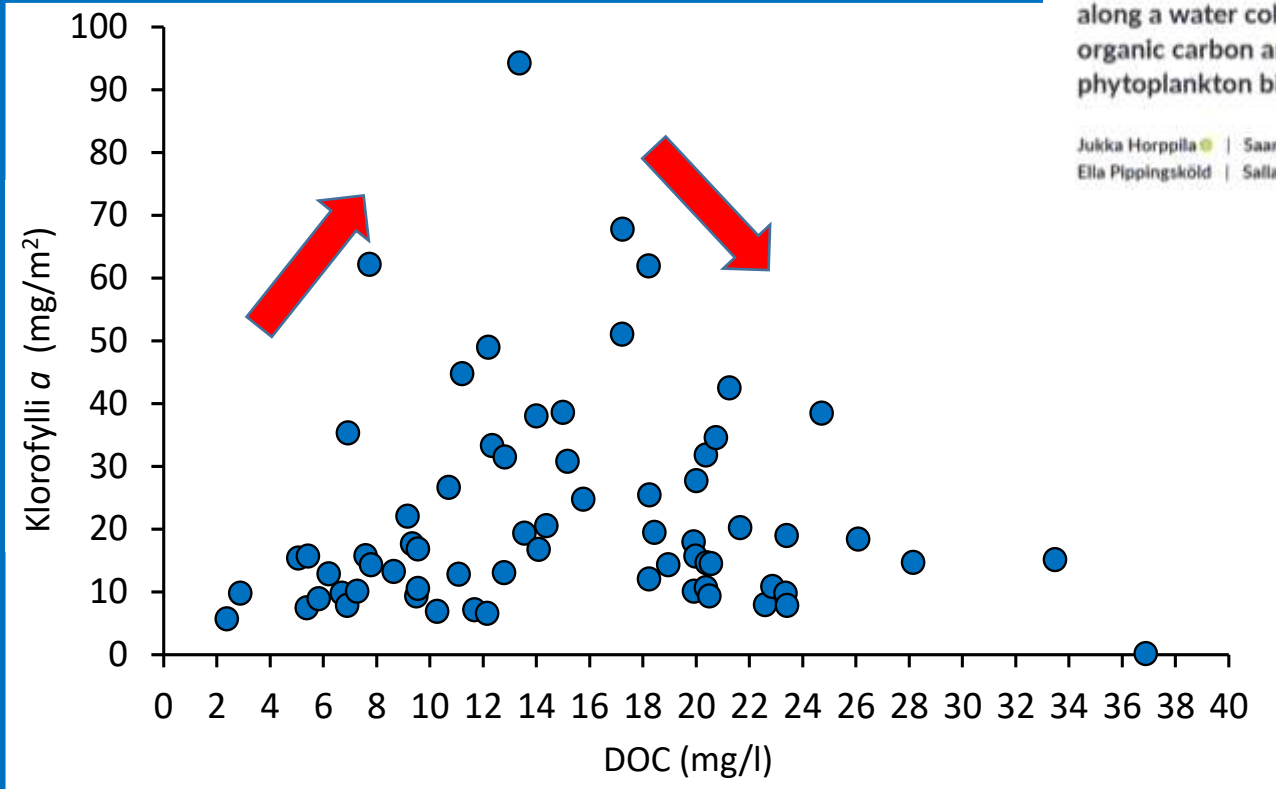
Valaistuksen vähentyessä uposlehtinen vesikasvillisuus taantuu

Tummavetisissä järvissä ilmaversoiset ja kelluslehtiset lajit usein vallitsevina



Löyhä pohjamateriaali
vaikuttaa juurtumiseen

Horppila ym. (2023), 67 järveä Etelä- ja Keski-Suomesta; veden värin vaikutus kasviplanktonbiomassaan



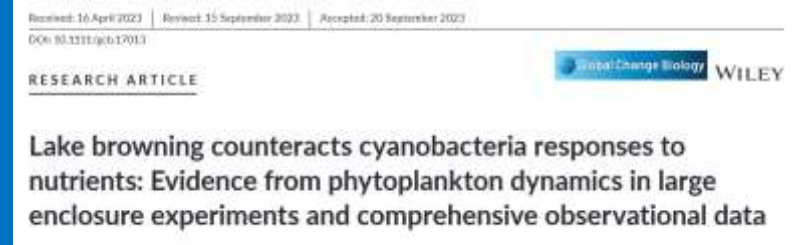
Factors behind the threshold-like changes in lake ecosystems along a water colour gradient: The effects of dissolved organic carbon and iron on euphotic depth, mixing depth and phytoplankton biomass

Jukka Horppila | Saana Keskinen | Miia Nurmesniemi | Leena Nurminen |
Ella Pippingsköld | Salla Rajala | Karl Sainio | Satu Estlander

Jos veden väri nousee riittävästi, kasviplanktonbiomassa voi alkaa laskea, koska ravinnerajoitteisuus vaihtuu valorajoitteisuuteen

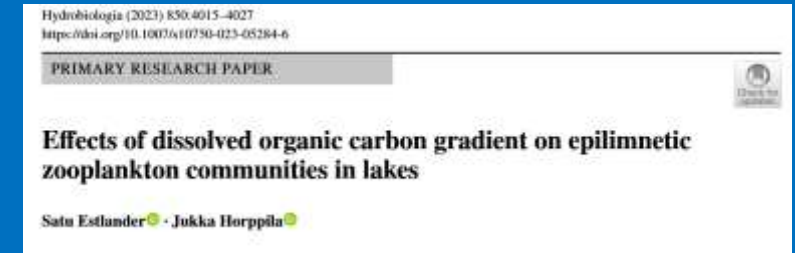
Sinilevien kasvu voi kiihtyä tummumisen myötä kun veden väriluku ei vielä ole korkea, mutta korkea veden väri hillitsee myös sinilevien kasvua

Tummumisen alkuvaiheessa kasviplanktonbiomassa voi nousta, koska tummentavan kuormituksen mukana tulee rehevöittäviä ravinteita



Eläinplanktonissa lajirunsaus alenee kun veden väri nousee korkeaksi

Useiden tutkimusten mukaan pelkkää kasviplanktonravintoa käyttävien lajien osuus eläinplanktonissa vähenee



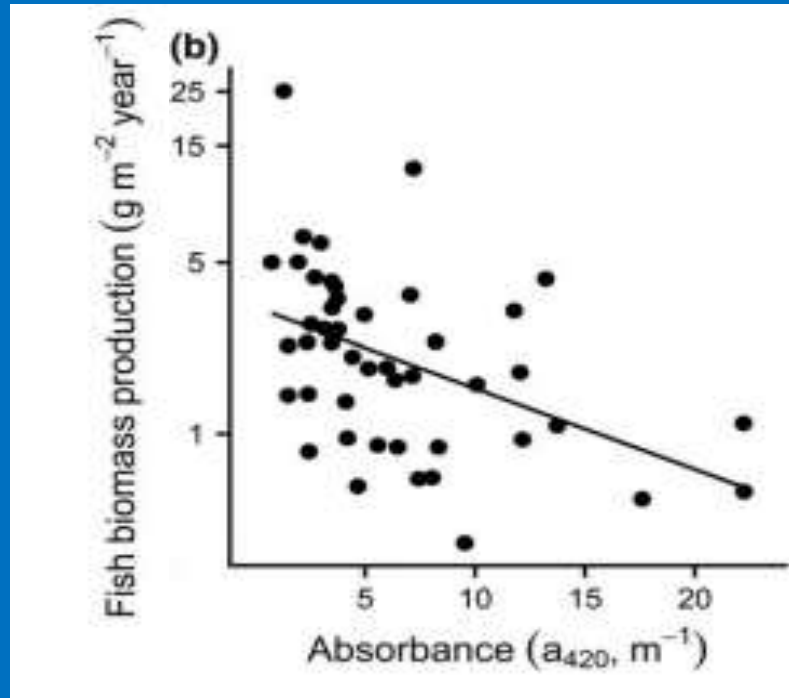
Pohjaeläimistön tiheys alenee ja yhteisörakenne muuttuu veden tummentuessa

- hapettomien ja niukkahappisten alueiden laajentuminen
- kasvillisuusvyöhykkeen kaventuminen
- perustuotannon väheneminen



Kalastossa hapekasta ja kylmää vettä vaativien lajien (esim. siika, muikku) osuus kalastossa alenee väriluvun noustessa, kalatuotanto ja kalabiomassa laskevat

Van Dorst ym. (2019): Järvien veden värin vaikutus kalantuotantoon



Kalojen kasvu hidastuu veden värin noustessa

PRIMARY RESEARCH ARTICLE WILEY Global Change Biology

Warmer and browner waters decrease fish biomass production

Renee M. van Dorst¹ | Anna Gårdmark² | Richard Svanbäck³ |
Ulrika Beier^{4,5} | Gesa A. Weyhenmeyer⁶ | Magnus Huss²

¹Department of Aquatic Resources, Institute of Coastal Research, Swedish

Abstract

Kalojen rasvahappokoostumus muuttuu – niiden ravintoarvo huononee

Contents lists available at ScienceDirect

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint

Lake eutrophication and brownification downgrade availability and transfer of essential fatty acids for human consumption

S.J. Taipale^{a,b,c,*}, K. Vuorio^{c,d}, U. Strandberg^{a,1}, K.K. Kahilainen^{e,f}, M. Järvinen^g, M. Hiltunen^a, E. Peltomaa^{h,i}, P. Kankaala^h

^a Department of Environmental and Biological Sciences, University of Eastern Finland, P.O. Box 111, 80101 Joensuu, Finland
^b Lamm Biological Station, University of Helsinki, Pöytävirtentie 320, 16200 Lamm, Finland
^c Department of Biological and Environmental Science, University of Jyväskylä, P.O. Box 35 (YA), 40014 Jyväskylä, Finland
^d Finnish Environment Institute (SYKE), P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland
^e Kallijärvi Biological Station, University of Helsinki, Ahtovuono 14022, 09400 Kallijärvi, Finland
^f Department of Environmental Sciences, University of Helsinki, P.O. Box 65, 00014 University of Helsinki, Finland
^g Finnish Environment Institute (SYKE), Jyväskylä Office, Survoentie 9A, FI-40500 Jyväskylä, Finland

Osa tummumisen aiheuttamista muutoksista on vesien käyttäjien varsin helposti havaittavissa (veden näkösyvyyden aleneminen, vesikasvillisuuden ja kalaston muutokset), osa ei (esim. lajistomuutokset planktonyhteisöissä, eliöiden fysiologiset muutokset)

Tummuminen muuttaa järviä hyvin toisentyyppisiksi, kauemmas luonnontilasta

Vesien ekologinen tila arvioidaan pääosin biologisten muuttujien avulla, vertaamalla nykyistä tilaa niiden luontaiseen tilaan

Vesien ekologisen tilan arviointi ei kaikilta osin tunnista tummumisen aiheuttamia muutoksia



Tummumisella on vaikutus myös talousveden käytölle

Veden orgaaninen aine ei yleensä aiheuta suoraa terveydellistä haittaa, mutta voi aiheuttaa esim. makuvirheitä ja mikrobikasvustojen lisääntymistä

Orgaaniselle hielle ei ole talousveden osalta tarkkoja pitoisuussuosituksia, mutta kunnan terveydensuojeluviranomainen voi asettaa vedenjakelualuekohtaisen enimmäisarvon toimitetun veden pitoisuuden vaihtelun ja pitkän aikavälin kehityssuunnan perusteella (Talousvesiasetuksen liite I)

Raudan osalta (makuhaitat, värjäytyminen) talousveden suositeltu enimmäispitoisuus 200 µg/l

Miten erilaiset järvet reagoivat tummumiseen?

Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022-2027:

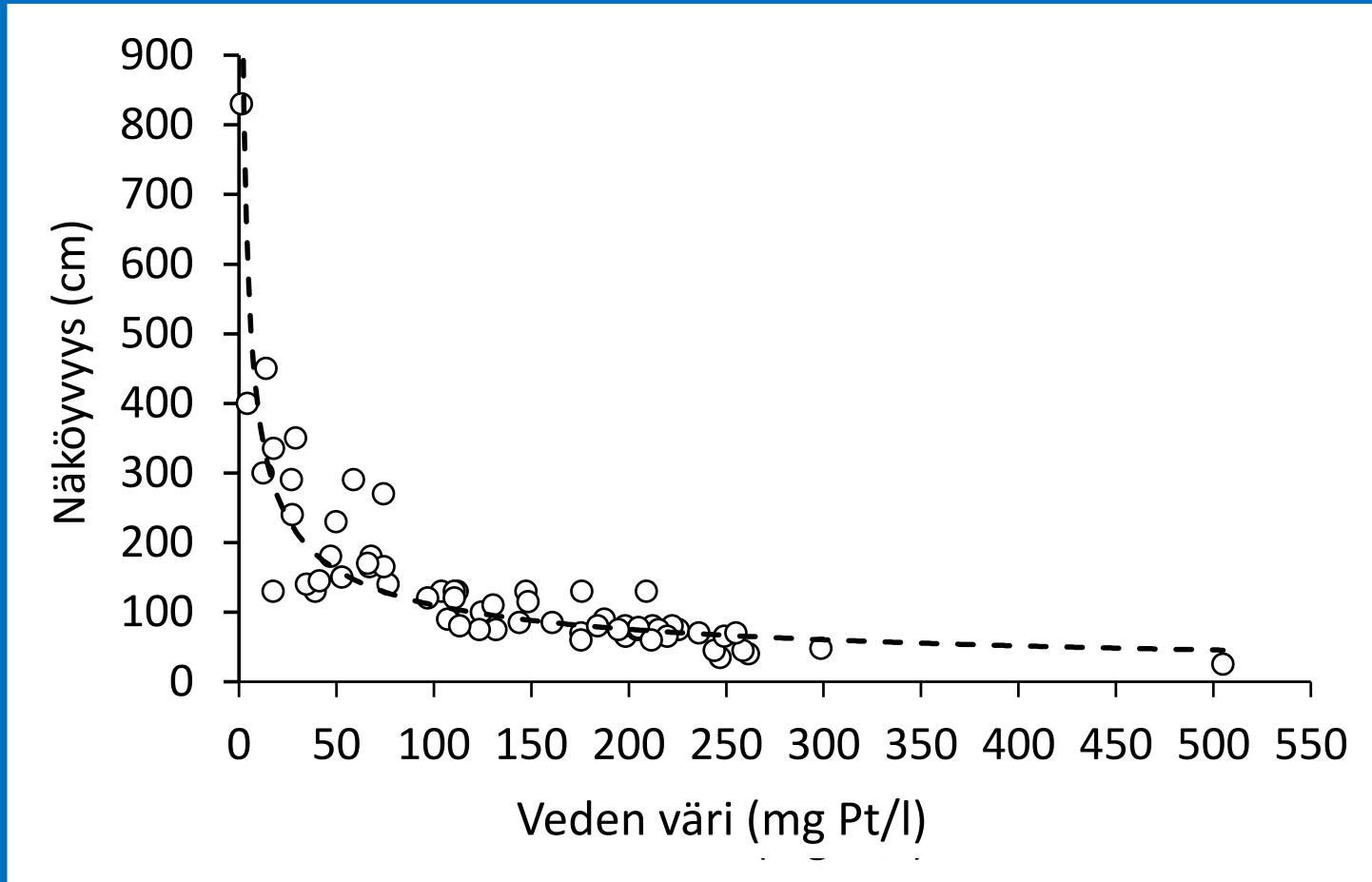
”Uusien turvetuotantoalueiden sijoittamisen suunnittelussa otetaan huomioon valuma-alueen kuormitus sekä alapuolisen vesistön tila ja herkkyys aiheutuvalle lisäkuormitukselle”

Miten määritellään järven herkkyys tummumiselle?

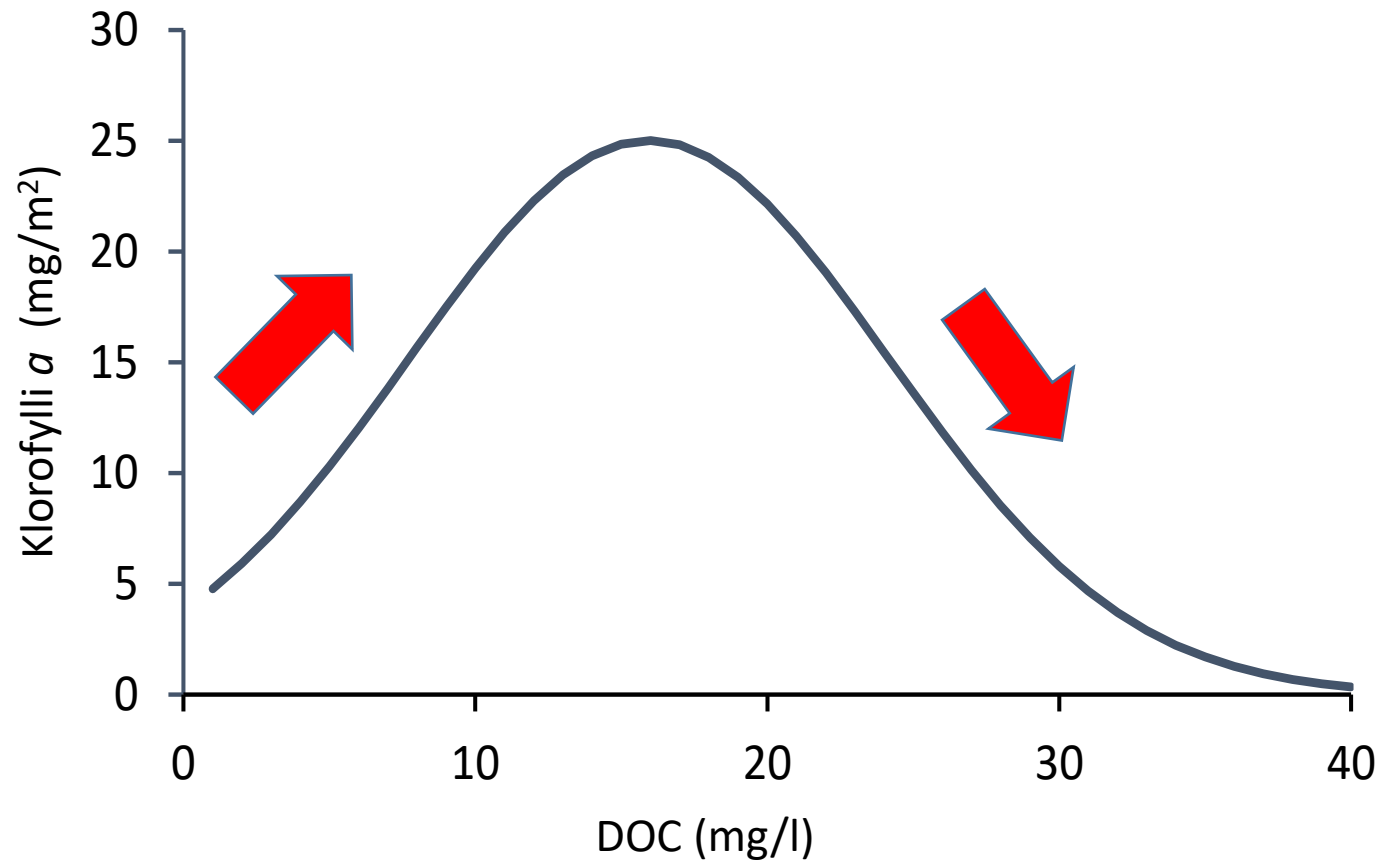
Yleensä ajatellaan, että kirkkaat järvet ovat herkimpiä tummumiselle

Esimerkiksi turvetuotantoalueiden sijoittamista perustellaan usein sillä, että vastaanottavat vesistöt ovat luonnostaan tummavetisiä

Jos veden väri nousee 10 mg Pt/l → 40 mg Pt/l, näkösyvyys alenee 206 cm (387 cm → 181 cm)



Jos veden väri nousee 300 mg Pt/l → 330 mg Pt/l, näkösyvyys alenee 3 cm (60 cm → 57 cm)

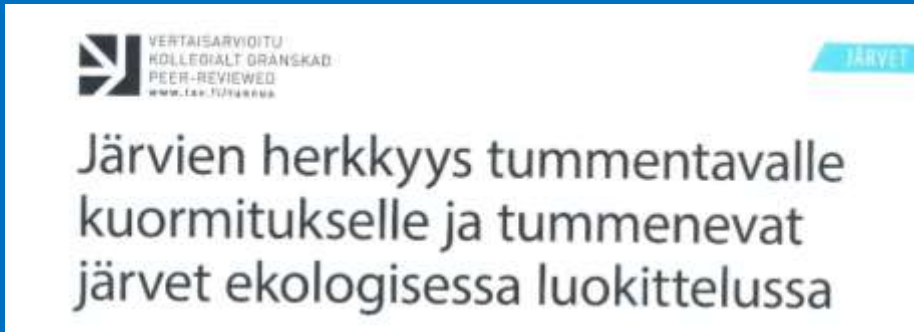


Jos DOC-pitoisuus nousee 31 mg/l → 35 mg/l, kasviplanktonbiomassa laskee 2,8-kertaisesti (klorofylli 4,7 mg/m² → 1,7 mg/m²)

Jos DOC-pitoisuus nousee 1 mg/l → 5 mg/l, kasviplanktonbiomassa nousee 2,1-kertaiseksi (klorofylli 4,8 mg/m² → 10,3 mg/m²)

Ei voida päätellä, että esim. lisääntynyt tummentava kuormitus tummavetiseen järveen olisi yksiselitteisesti vaikutuksiltaan vähäistä

Vesitalous 2/2024: 5-8.



KIRJALLISUUS

- Aroviita, J., Siimes, K., Martinmäki-Aulaskari, K., Turunen, J., Hoikkala, L., Attila, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Lehtinen, S., Mykrä, H., Nygård, H., Takolander, A., Tolonen, K., Karttunwn, K., Karjalainen, S. M., Kuoppala, M., Korhonen, P., Kulo, K., Olin, M., Ruokonen, T., Sairanen, S., Aronsuu, K., Ruuskanen, A. & Mitikka, S. (2025). Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon neljännellä kaudella. Suomen ympäristökeskus raportteja 37/2025.
- Arzel, C., Nummi, P., Arvola, L., Pöysä, H., Davranche, A., Rask, M., Olin, M., Holopainen, S., Viitala, R., Einola, E., Manninen-Johansen, S. (2020). Invertebrates are declining in boreal aquatic habitat: The effect of brownification? *Science of the Total Environment* 724:138199.
- De Wit, H.A., Valinia, S., Weyhenmeyer, G., Futter, M.N., Kortelainen, P., Austnes, K., Hessen, D. O., Räike, A., Laudon, H., Vuorenmaa, J. (2016). Current browning of surface waters will be further promoted by wetter climate. *Environmental Science & Technology Letters* 12: 430-435.
- Estlander, S. & Horppila, J. (2023). Effects of dissolved organic carbon gradient on epilimnetic zooplankton communities in lakes. *Hydrobiologia* 850: 4015-4027
- Estlander, S. Nurminen, L., Rajala, S., Olin, M. & Horppila, J. (2024). Rotifer functionality as a potentially useful indicator of lake browning. *Limnologica* 108: 126194.
- Horppila, J., Keskinen, S., Nurmesniemi, M., Nurminen, L., Pippingsköld, E., Rajala, S., Sainio, K. & Estlander, S. (2023). Factors behind the threshold-like changes in lake ecosystems along a water colour gradient: effects of dissolved organic carbon and iron on euphotic depth, mixing depth and phytoplankton biomass. *Freshwater Biology* 68: 1031-1040.
- Horppila, J., Nurminen, L., Rajala, S. & Estlander, S. (2024). Järvien herkkyys tummentavalle kuormitukselle ja tummenevat järvet ekologisessa luokittelussa. *Vesitaous* 2/2024: 5-8.
- Härkönen, L., Lepistö, A. Sarkkola, S., Kortelainen, P. & Räike, A. (2023). Reviewing peatland forestry: implications and mitigation measures for freshwater ecosystem browning. *Forest Ecology and Management* 531: 120776.
- Karppinen, A. & Postila, H. (2015). Turvetuotannon vesistökuormituksen muodostuminen ja sen hallintamahdollisuuksia. SulKa-hankkeen loppuraportti. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 23:/2015.
- Klöve, B., Saukkoriipi, J., Tuukkanen, T., Heiderscheidt, E., Heikkinen, K., Marttila, H., Ihme, R., Depre, L. & Karppinen, A. (2012). Turvetuotannon vesistökuormituksen ennakointi ja uudet hallintamenetelmät. *Suomen Ympäristö* 35/2012.
- Lyche Solheim, A., Gundersen, H., Mischke, U., Skjelbred, B., Nejstgaard, J. C., Guislain, A. L. N., Sperfeld, E., Giling, D. P., Haande, S., Ballot, A., Moe, S. J., Stephan, S., Walles, T. J. W., Jechow, A., Minguéz, L., Ganzert, L., Hornick, T., Hansson, T. H., Stratmann, C. R., Järvinen, M., Drakare, S., Carvalho, L., Grossart, H.-P., Gessner, M. O. & Berger, S. A. (2024). Lake browning counteracts cyanobacteria responses to nutrients: evidence from phytoplankton dynamics in large enclosure experiments and comprehensive observational data. *Global Change Biology* 30: e17013.

- Nieminen, M., Sarkkola, S., Sallantausta, T., Hasselquist, E. M. & Laudon, H. (2021). Peatland drainage- a missing link behind increasing TOC concentrations in waters from high latitude catchments? *Science of the Total Environment* 774: 145150.
- Solomon, C. T., Jones, S. E., Weidel, B. C., Buffam, I., Fork, M. L., Karlsson, J. Larsen, S., Lennon, J. T., Read, J. S., Sadro, S. & Saros, J. (2015). Ecosystem consequences of changing inputs of terrestrial dissolved organic matter to lakes: current knowledge and future challenges. *Ecosystems* 18: 376-389.
- Taipale, S., Vuorio, K., Strandberg, U., Kahilainen, K. K., Järvinen, M., Hiltunen, M., Peltomaa, E. & Kankaala, P. (2016). Lake eutrophication and brownification downgrade availability and transfer of essential fatty acids for human consumption. *Environment International* 96: 156-166.
- Van Dorst, R., Gårdmark, A., Svanbäck, A., Beier, U., Weyhenmeyer, G. & Huss, M. (2019). Warmer and browner waters decrease fish biomass production. *Global Change Biology* 25:1395–1408.
- Vasconcelos, F. R., Diehl, S., Rodríguez, P., Hedström, P., Karlsson, J. & Byström, P. (2019). Bottom-up and top-down effects of browning and warming on shallow lake food webs. *Global Change Biology* 25: 504-521.
- Williamson, C. E., Overholt, E. P., Pilla, R. M., Leach, T. H., Brentrup, J. A., Knoll, L. B., Mette, E. M. & Moeller, R. E. (2015). Ecological consequences of long-term browning in lakes. *Scientific Reports* 5: 18666. DOI: 10:1038/srep18666

A wide, calm lake under a clear blue sky, with forested islands in the distance. The water is a deep blue, and the sky is a lighter blue. The text "Kiitos mielenkiinnosta!" is centered in the lower half of the image.

Kiitos mielenkiinnosta!