



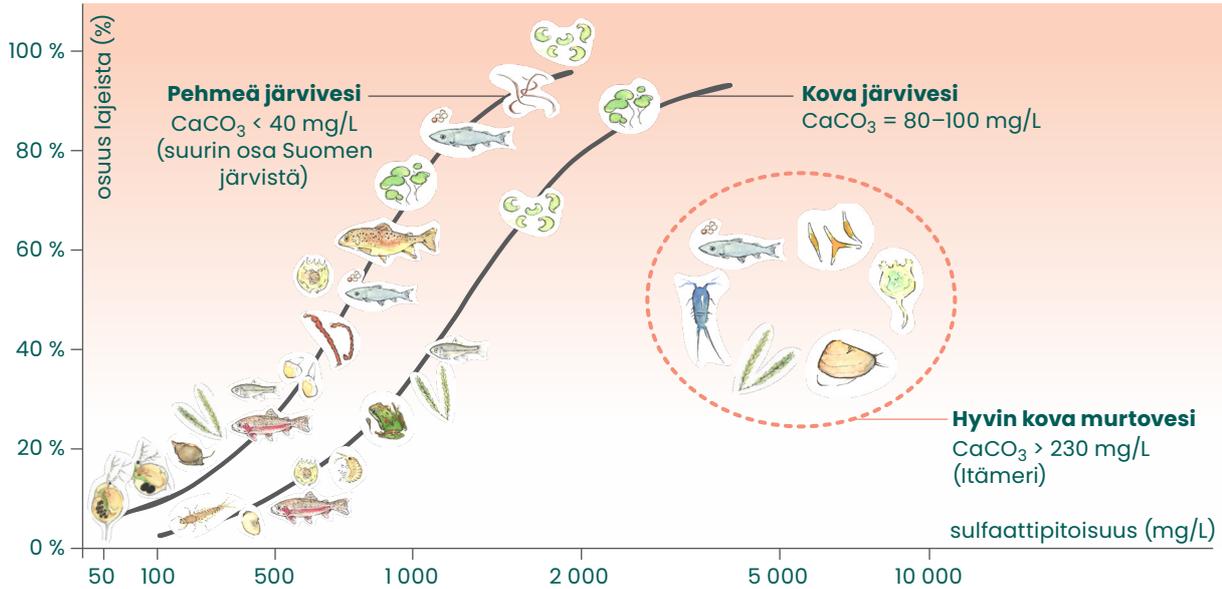
Jätevesien sulfaattikuorman rajoittamiseksi tarvitaan ympäristölaatunormit

Siirtyminen puhtaaseen energiaan ja vihreä siirtymä tuovat Suomeen kaivostoimintaa ja akkuteknologiateollisuutta. Tämän seurauksena jätevesien sulfaattikuorma sisävesiin ja Itämereen kasvaa. Sulfaattilla on vesistöissä myös hyödyllisiä vaikutuksia, eikä sulfaattia nykyisin luokitella haitalliseksi aineeksi. Suuri paikallinen kuorma voi kuitenkin vaikuttaa haitallisesti vesieliöstöön etenkin järjissä, joissa sulfaattia on niukasti. Merivedessä sulfaattia on luonnostaan ja eliöt ovat sopeutuneet siihen paremmin. Meressäkin suuret sulfaattimäärät muuttavat useiden aineiden kiertoa tavalla, jolla voi olla haitallisiakin vaikutuksia.

Suosituks

- Vesistöjen sulfaatille on asetettava ympäristölaatunormit. Ne tulee päivittää vesi-ympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetukseen. Normien avulla lupa-viranomaiset pystyvät perustellusti asettamaan sulfaattipäästöille raja-arvot. Järvien ympäristölaatunormien tulee olla huomattavasti tiukemmat kuin rannikko-alueiden. Lupaharkinnassa on tärkeää huomioida myös se, että samalle vesialueelle voi kertyä sulfaattikuormaa useista eri päästölähteistä.
- Sulfaatin haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää valitsemalla jäteveden purkupaikka alueelle, jossa jätevesi laimenee nopeasti ja laimentunut vesi kulkeutuu virtausten mukana alavirtaan tai ulkomerelle. Myös mahdollisuuksia sulfaatin poistamiseksi tuotantoprosessin aikana on selvitettävä.
- Sulfaattipäästöjen leviämistä on ennakoitava jo ennen toiminnan aloittamista mallintamalla ainakin tavallista päästötilannetta ja suurinta mahdollista haittaa aiheuttavaa poikkeustilannetta. Toiminnanharjoittajien on syytä varmistaa, että mallinnuksessa noudatetaan hyvän mallinnuksen kriteereitä.
- Ympäristölupien tarkkailumääräysten asettamisessa on kiinnitettävä erityistä huomiota veden sulfaattipitoisuuden lisäksi mahdollisiin muutoksiin pohjasedimentissä ja eliöissä.

Vesieläiden herkkyys sulfaatille



ALKUPERÄINEN KUVA ©XIAOXUAN HU. LÄHDE: SAHLIN JA ÅGERSTRAND (2018)¹, KARJALAINEN YM. (2023).²

Lajien herkkyyttä eri sulfaattipitoisuuksille tutkitaan myrkyllisyystesteillä. Herkkyyden avulla määritetään vesien turvallinen sulfaattipitoisuus, jota voidaan soveltaa lainsäädännössä raja-arvona. Veden luonnollinen suolaisuus vaikuttaa eliöiden herkkyyteen: pehmeässä järvedessä pienempi sulfaattipitoisuuden nousu aiheuttaa enemmän haitallisia vaikutuksia kuin kovassa murtovedessä. Vaikutuksia Itämeren lajistoon tutkitaan parhaillaan.

Sulfaatti haittaa järvien ja murtovesien eliöitä

Puhdas energiasiirtymä tulee toteuttaa niin, että siitä on mahdollisimman vähän haittaa vesiluonnolle. Kaivos- ja akkuteollisuus kuitenkin lisäävät sulfaattipäästöjä vesiluontoon. Kaivosteollisuus kuormittaa sulfaatilla sisävesiä ja akkuteollisuuden jätevedet etenkin Itämeriä. Aihe on nyt ajankohtainen, sillä vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetusta³ aletaan tarkastella lähiaikoina päivitystä varten.

Sulfaatin tiedetään olevan haitallista vesieläille.¹ Silti Suomessa, eikä juuri muissakaan maissa, ole asetettu sulfaatille vesiympäristöjä koskevia raja-arvoja.

Järvesiemme sulfaattipitoisuus on luonnostaan matala. Sulfaatti muodostaa kuitenkin osan veden suolaisuudesta eli ionivahvuudesta. Sulfaattikuormitus nostaa veden ionivahvuutta ja häiritsee näin eliöiden kykyä säädellä sisäistä ionitasapainoa.

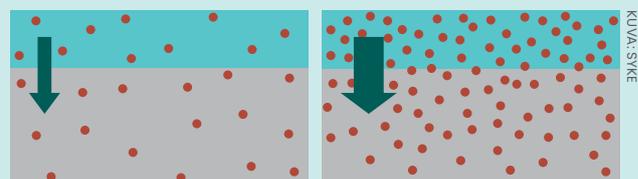
Meressä eliöt taas poistavat ioneja ylläpitääkseen solujensa suolatasapainoa. Meriveden luonnollinen korkea ionivahvuus näyttäisi suojelevan eliöitä sulfaatin haitallisilta vaikutuksilta.

Sulfaatin haitatonta pitoisuutta on tutkittu myrkyllisyystesteillä Jyväskylän yliopiston ja Suomen ympäristökeskuksen tutkimuksissa.² Sisävesien ja Itämeren eliöille tehtiin sekä lyhyt- että pitkäkestoisia sulfaattialtistuksia. Sisävesien eläinplanktonlajit vaikuttivat

olevan sulfaatille herkimpinä ja kasvit ja kalan alkioita taas kestävimpiä. Turvallinen sulfaattipitoisuus järveden pitkäkestoisessa altistuksessa vaihteli mallinnuksen ja turvakertoimen mukaan välillä 39–65 milligrammaa litrassa. Lyhytkestoisessa altistuksessa pitoisuus vaihteli välillä 257–339 milligrammaa litrassa. Murtovesilajistolla haitaton pitoisuus vaikuttaa olevan noin kymmenen kertaa suurempi. Murtovesilajiston turvalliset pitoisuudet ovat tarkentumassa.

Sulfaattipäästöjenkin haittoja tarkasteltaessa on huomioitava, että päästöt koostuvat erilaisista aineosista, joiden yhteisvaikutukset voivat olla haitallisia. Seosten myrkyvaikutuksia voidaan arvioida biologisilla testeillä. Niillä saadaan esiin haitallisten aineiden yhteisvaikutukset.

Pitoisuuden kasvu lisää sulfaatin kulkeutumista pohjasedimenttiin



Sulfaatin vaikutuksia sedimenttiin ja pohjaeliöstöön on seurattava.

Sulfaattilla tärkeä rooli vesien ainekierroissa



Jos jätevedessä on runsaasti sulfaattia, se voi painua muuta vettä raskaampana pohjalle ja voimistaa veden kerrostumista etenkin järvissä. Näin tapahtui Talvivaaran kaivoksen ympäristöonnettomuuden seurauksena.⁴ Kerrostumisen voimakkuus riippuu purkupaikan virtauksista ja esimerkiksi vuodenajasta. Sulfaattipitoisen jäteveden purkupaikaksi on valittava hyvin sekoittuva alue, jolta laimentunut jätevesi kulkeutuu alavirtaan tai ulkomerelle.

Vesiympäristössä aineet kiertävät niin, että aineita sitoutuu kasvien ja muiden eliöiden kasvuun ja niitä vapautuu takaisin kiertoon eloperäisen aineksen hajotessa. Sulfaatti osallistuu eloperäisen aineksen hajotukseen. Tämä tapahtuu mikrobien hengityksen kautta hapettomissa olosuhteissa esimerkiksi pohjasedimentissä.

Sulfaatin osallistuessa hajotukseen syntyy rikkivetyä, joka on eliöille myrkyllistä.^{5,6} Tietyt sulfaattia käyttävät mikrobit voivat myös tuottaa myrkyllistä metyylielohopeaa. Toisaalta sulfaatti hillitsee voimakkaan kasvihuonekaasun, metaanin, vapautumista pohjasedimentistä. Sulfaatin osallistuessa hajotukseen syntyy myös sulfideja, jotka poistavat vedestä haitallisia metalleja sitomalla ne metallisulfideiksi.

Rautasulfidien muodostuminen voi lisätä fosforin vapautumista ja siten voimistaa rehevöitymistä. Jätevesien sulfaatit eivät siis kiihdytä levien kasvua suoraan vaan vasta rautasulfidien muodostuttua. Meressä jätevesien sulfaatti voi aiheuttaa paikallista rehevöitymistä, mutta sisämaassa pahimmillaan lisätä rehevöitymistä koko järvessä.

Soveltuvien purkupaikka löytyy mallintamalla

Sulfaatin sekoittumista, laimenemista ja kulkeutumista eri olosuhteissa mallinnetaan tietokoneohjelmilla ja simulaatioilla. Tavoitteena on varmistaa, että päästön aiheuttama sulfaattipitoisuus pysyy sallituissa rajoissa, ja että toiminta on ympäristön kannalta hyväksyttävää.

Mallintamisessa joudutaan aina tekemään oletuksia ja yksinkertaisuuksia, jotka vaihtelevat tapauskohtaisesti. Mallissa tulee ottaa huomioon esimerkiksi syvänteet ja salmet. Mallien tuloksia tulisi verrata aiempiin mittauksiin esimerkiksi suola- ja lämpötilakerrostuneisuudesta.

Jäteveden keräysaltaissa kerrostuminen on mallinnettavissa yksinkertaisilla malleilla. Järvi- ja merialueilla tarvitaan kuitenkin myös tietoa ympärivuotisista virtausoloista ja mallit ovat tämän vuoksi monimutkaisempia. Päästövaikutusten todennäköinen vaihteluväli saadaan esiin mallintamalla yleisimpien

päästö- ja luonnonolosuhteiden lisäksi suurinta haittaa aiheuttava poikkeustilanne.

Ympäristösuojelulain mukaan ympäristövaikutukset on arvioitava riittävällä varmuudella. Liian suuri epävarmuus siitä, että vesiympäristö voi pilaantua merkittävästi, estää luvan myöntämisen varovaisuusperiaatteen vuoksi. Toiminnanharjoittajien on syytä varmistaa, että mallinnuksessa noudatetaan hyvän mallinnuksen kriteereitä.⁷ Tällöin toiminnanharjoittaja ja lupaviranomainen pystyvät tekemään riittävän tulkinna ja arvioinnin mallinnuksen tuloksista.

Akkuteollisuus lisää sulfaattikuormaa

Suomessa huuhtoutuu vuosittain vähintään miljoona tonnia sulfaattia vesiin.⁸ Kaikilta tuotantoaloilta sulfaattitietoja ei ole saatavissa.

Kaivosteollisuusyritys Terrafamen sulfaatin vuosikuorma on vaihdellut 11 000–14 500 tonnin välillä viime vuosina. Yksittäinen akkuteollisuuslaitos voi tuottaa vuosittain jopa 100 000 tonnin sulfaattikuorman.

Itämeressä sulfaattia on luonnostaan paljon toisin kuin sisävesissä. Itämereen sulfaattia kulkeutuu eniten Pohjanmereltä tulevan suolaisen veden sisävirtauksen mukana. Keskipokoisissa suolapulssseissa tulee arviolta 80–150 miljoonaa tonnia sulfaattia noin yhden viikon aikana. Osa sulfaatista poistuu Tanskan salmien kautta Pohjanmereen.

Vesiin tulee sulfaattikuormaa useista toiminnoista



KUVA: SYKE. LÄHDE: EKHOLM YM. (2020).⁸

Sulfaattia huuhtoutuu vuosittain vesiin noin miljoona tonnia. Yksittäisen akkuteollisuuslaitoksen jätevedet voivat tulevaisuudessa aiheuttaa jopa 100 000 tonnin vuosikuorman, eli sen osuus voi olla lähes 10 prosenttia vuosikuormasta. Graafin tiedot ovat 2000-luvulta, uusimmat vuodelta 2018.

EU valmistelelee vaatimuksia akkujen valmistukselle

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) määrittelyjä ja käytäntöjä akkujen valmistukselle aletaan valmistella EU:ssa vuonna 2025. BAT-vertailuasikirjan sisältö ja tarkempi soveltamisala sekä niiden perusteella määritettävät BAT-päätelmät varmistuvat vasta valmisteluprosessin aikana. Mahdolliset vaatimukset jäteveden sulfaatin poistamiselle tai kierrättämiselle käsitellään prosessin aikana.

Suomi voi tarvittaessa asettaa vesiympäristön sulfaattipitoisuudelle kansallisia rajoituksia. Uusien tutkimusten mukaan suuret sulfaattimäärät haittaavat erityisesti järvien eliöstöä. Myös vaikutukset Suomen rannikkoalueilla voivat olla haitallisempia kuin meriin yleensä, sillä Itämeressä on sulfaattia luonnostaan vähemmän kuin valtamerissä.

Sulfaatille tarvitaan kansalliset normit

Sulfaatti ei ole Suomessa vesiympäristölle haitallisten aineiden asetuksessa³ eikä sille ole asetettu raja-arvoja. Sulfaatti pitäisi lisätä asetukseen ja sille olisi asetettava tieteellisesti johdetut ympä-

ristönlaatu-normit. Normit tarvitaan erikseen sisävesille ja rannikkovesille. Asetus päivitetään lähivuosina. Suomen ympäristökeskus on ehdottanut sulfaattia lisättäväksi asetukseen.⁹ Ehdotus sisävesien vuoden keskiarvopitoisuuden laatu-normiksi on 39 milligrammaa litrassa ja hetkellisen pitoisuuden ympäristönlaatu-normiksi 279 milligrammaa litrassa. Myös rannikkovesille ollaan valmistelemaan ehdotuksia sulfaatin ympäristönlaatu-normeiksi.

Vesien pilaantumisen vaaraa aiheuttaville toiminnoille on oltava ympäristösuojelulain mukainen ympäristölupa. Lupaprosessissa on varmistuttava siitä, että päästöistä ei aiheudu vesiympäristön merkittävää pilaantumista. Ympäristönlaatu-normien asettamisen avulla sulfaattipäästöjen riskejä olisi helpompi arvioida. Tämä yhdenmukaistaisi luparatkaisuja eri puolilla Suomea. Lupakäsittelyissä on tärkeää huomioida myös se, että vesistöalueelle voi kertyä sulfaattikuormaa useista eri lähteistä. Tarkkailuveloitteiden myötä sulfaattipäästöistä ja niiden vaikutuksista saadaan kattavampaa tietoa.

Kaivos- ja akkuteknologiateollisuus ovat vihreässä siirtymässä välttämättömiä. Myös vihreän siirtymän hankkeissa on tärkeää tarkastella ympäristövaikutuksia niin, että tarkastelu sisältää ilmaan, maaperään ja veteen kohdistuvat ja tuotannon koko elinkaaren aikaiset vaikutukset.

Lähteet

- Sahlin S. & Ågerstrand M. 2018. Sulfate. EQS data overview. ACES Report 14. Department of Environmental Science and Analytical Chemistry, Stockholm University.
- Karjalainen J., Hu X., Mäkinen M., Karjalainen A., Järvisjö J., Järvenpää K., Sepponen M. & Leppänen M.T. 2023. Sulfate sensitivity of aquatic organism in soft freshwaters explored by toxicity tests and species sensitivity distribution. Ecotoxicology and Environmental Safety 258, 114984.
- Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006).
- Leppänen J.J., Weckström J. & Korhola A. 2017. Multiple mining impacts induce widespread changes in ecosystem dynamics in a boreal lake. Scientific Reports 7: 10581.
- Jørgensen B.B., Findlay A.J. & Pellerin A. 2019. The biogeochemical sulfur cycle of marine sediments. Frontiers in Microbiology. 10: 849.
- Zak D., Hupfer M., Cabezas A., Jurasinski G., Audet J., Kleeberg A., McInnes R., Kristiansen S.M., Rasmus Jes Petersen R.J., Liu H. & Goldammer T. 2021. Sulphate in freshwater ecosystems: A review of sources, biogeochemical cycles, ecotoxicological effects and bioremediation. Earth Science Reviews 212 (2021) 103446.
- Puntila-Dodd R., Kotamäki N., Juntunen J., Tolkkinen M., Kuosa H., Varjopuro R., Hannu L., Vähänen K., Suominen F., Airaksinen J., Saario M., Soininen N., Puharinen S.-T. & Belinskij A. 2022. Kriteereistä selkeyttä uusien hankkeiden ympäristövaikutusten mallintamiseen. VESIMALLIT-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja.
- Ekholm P., Lehtoranta J., Taka M., Sallantausta T., Riihimäki J. 2020. Diffuse sources dominate the sulfate load into Finnish surface waters. Science of the Total Environment 2020; 748: Art. 141297.
- Mehtonen J., Siimes K., Leppänen M., Junttila V., Äystö L., Vähä E., Karjalainen J., Hu X., Österholm P. & Nystrand M. 2023. Haitalliset aineet pintavesissä – muutosehdotuksia vesiympäristölle vaarallisten aineiden asetukseen. Syken raportteja 28/2023.

Matti Leppänen ja Kari Lehtonen.
Ratkaisuja-blogi 19.6.2024.

Akkuteknologiateollisuuden jätevesien ympäristöhallintaa voidaan parantaa.

Vähätiitto, T. 2024. Akkuteollisuuden sulfaattipäästöt. Opinnäytetyö centria-ammattikorkeakoulu kemianteekniikan koulutus. Toukokuu 2024.

Syke Policy Brief | 7.11.2024

Jätevesien sulfaattikuorman rajoittamiseksi tarvitaan ympäristönlaatu-normit

Kirjoittajat: Jouni Lehtoranta, Antti Belinskij, Petri Ekholm, Kaj Forsius, Susanna Horn, Janne Juntunen, Seppo Knuutila, Marie Korppoo, Niina Kotamäki, Kari Lehtonen, Matti Leppänen, Jukka Mehtonen, Janne Ropponen, Jussi Vuorenmaa

Toimittaja: Leena Rantajärvi

Layout ja grafiikat: Satu Turtiainen
Kannen kuva: stock.adobe.com

Julkaisija: Suomen ympäristökeskus

ISBN 978-952-11-5709-7 (pdf)
ISBN 978-952-11-5708-0 (nid.)

