Sulfaatti meriekosysteemissä

Jouni Lehtoranta
Erikoistutkija
Suomen ympäristökeskus
Meri- ja vesiratkaisut

Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Esityksessä käsitellään

- Rikin esiintyminen ja sulfaattikuormitus
- Ravinne- ja sulfaattikuormituksen vaikutustavat
- Sulfaatin kulkeutuminen ja merkitys ainekierroissa
- Sulfaatin aiheuttamia haittoja ja hyötyjä
- Yhteenveto rikin reaktioista, prosesseista ja mahdollisista vaikutuksista

Rikki (S)

- Maankuoressa runsaimpina sulfidi- ja sulfaattimineraalit (rikkikiisu FeS_2, kipsi $CaSO_4$)
- Vedessä rikki esiintyy tyypillisesti sulfaattina (SO_4^{2-})
  - Meriveden suolaisuus ja sulfaattipitoisuus yhteydessä toisiinsa
- Sulfaatti on rikkihapon neutraali anioni, joka ei juurikaan pidäty hiukkasiin (vain eloperäiseen ainekseen)
- Suomessa pintavesiin huuhtoutuu noin **miljoona tonnia** sulfaattia (2010-luvulla)

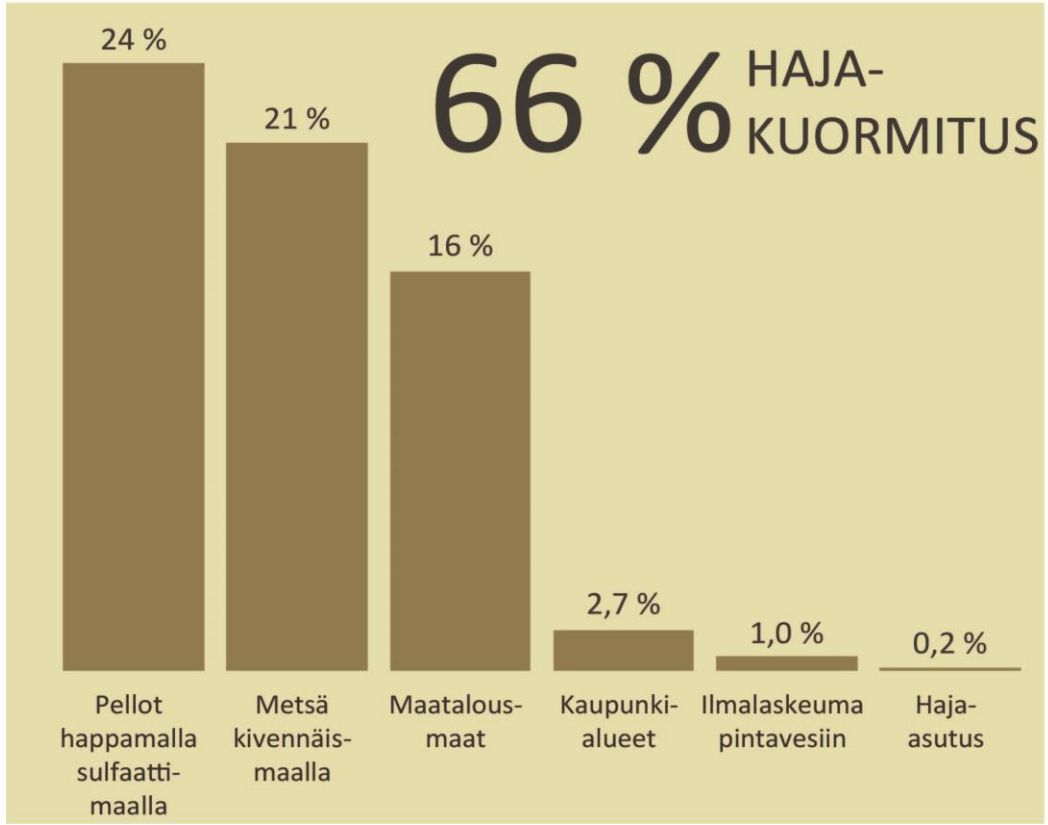
Contents lists available at ScienceDirect
Science of the Total Environment
journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Diffuse sources dominate the sulfate load into Finnish surface waters

Petri Ekholm [a,*], Jouni Lehtoranta [a], Maija Taka [b,c], Tapani Sallantaus [a], Juha Riihimäki [a]
[a] Finnish Environment Institute, Finland
[b] Water and Environmental Engineering, Aalto University, P.O. Box 15200, FI-00076 Aalto, Finland
[c] Department of Geosciences and Geography, University of Helsinki, P.O. Box 64, FI-00014 University of Helsinki, Finland

Suomen vesiin päätyvä sulfaattikuorma

Sulfaattilähteiden suhteelliset osuudet





Lannoitteet, mineralisaatio, ilmalaskeuma (fossiiliset polttoaineet)

Sulfaattipitoiset kemikaalit ja tuotteet

Itämeren suolapulssit ja sulfaatti

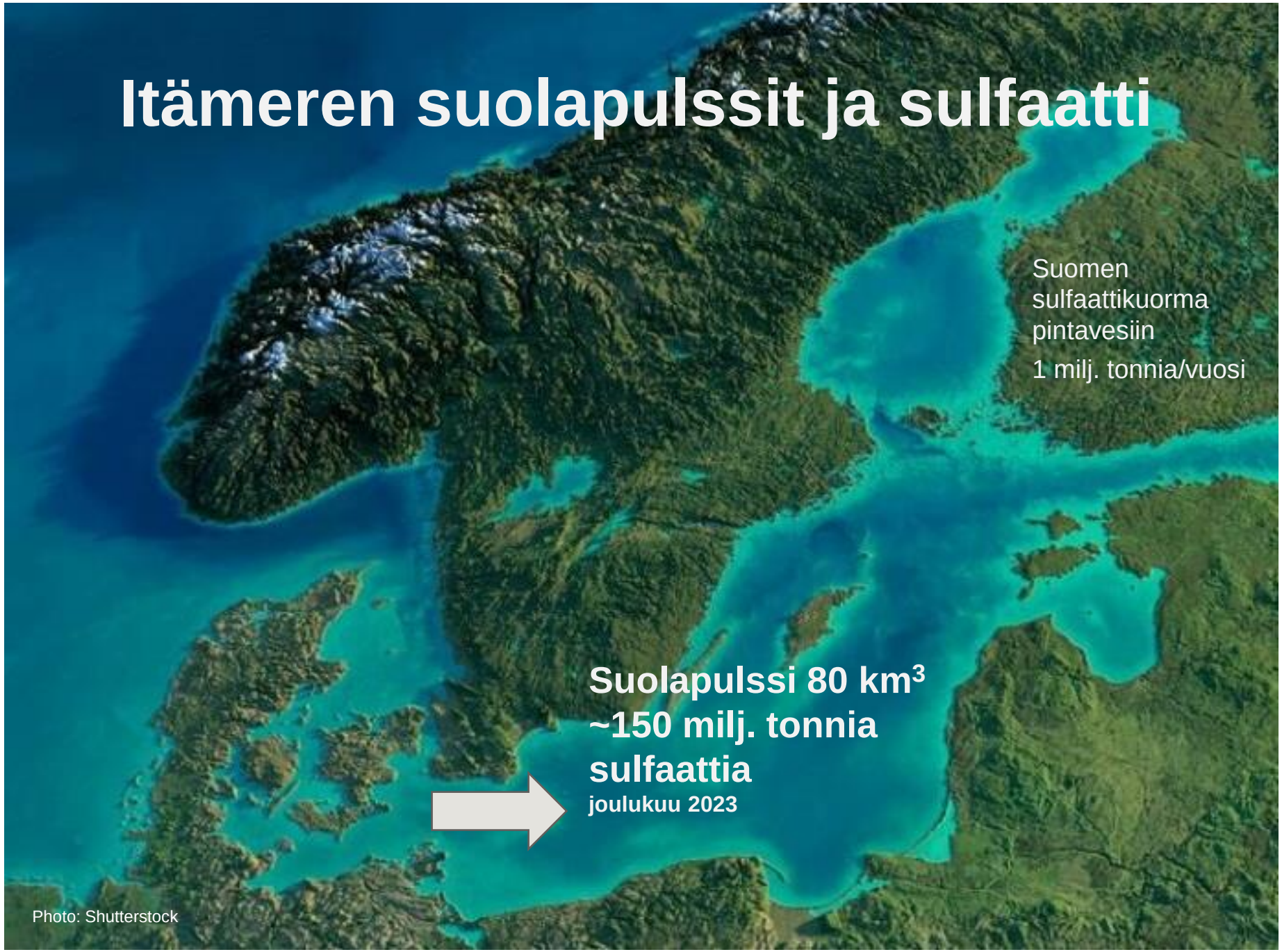


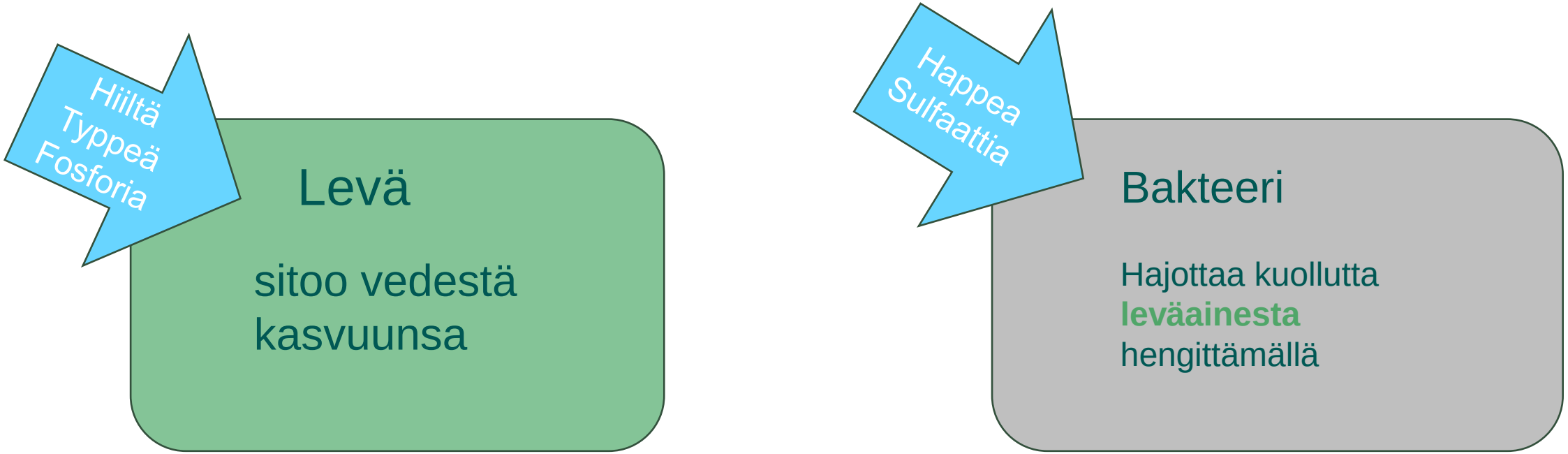
Photo: Shutterstock

Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Sulfaatin merkitys

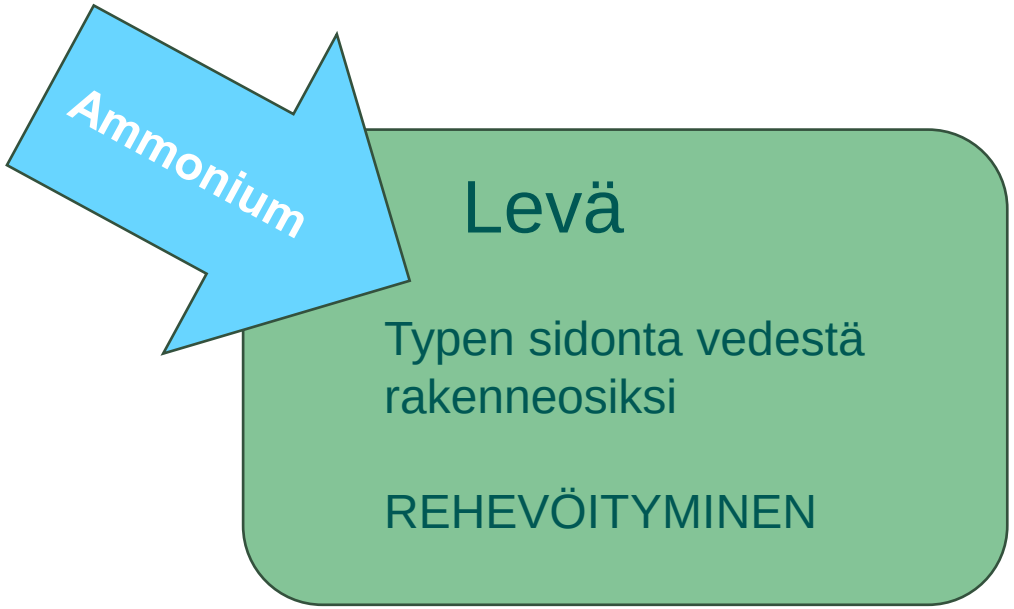
Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Perustuotanto ja hengitys



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

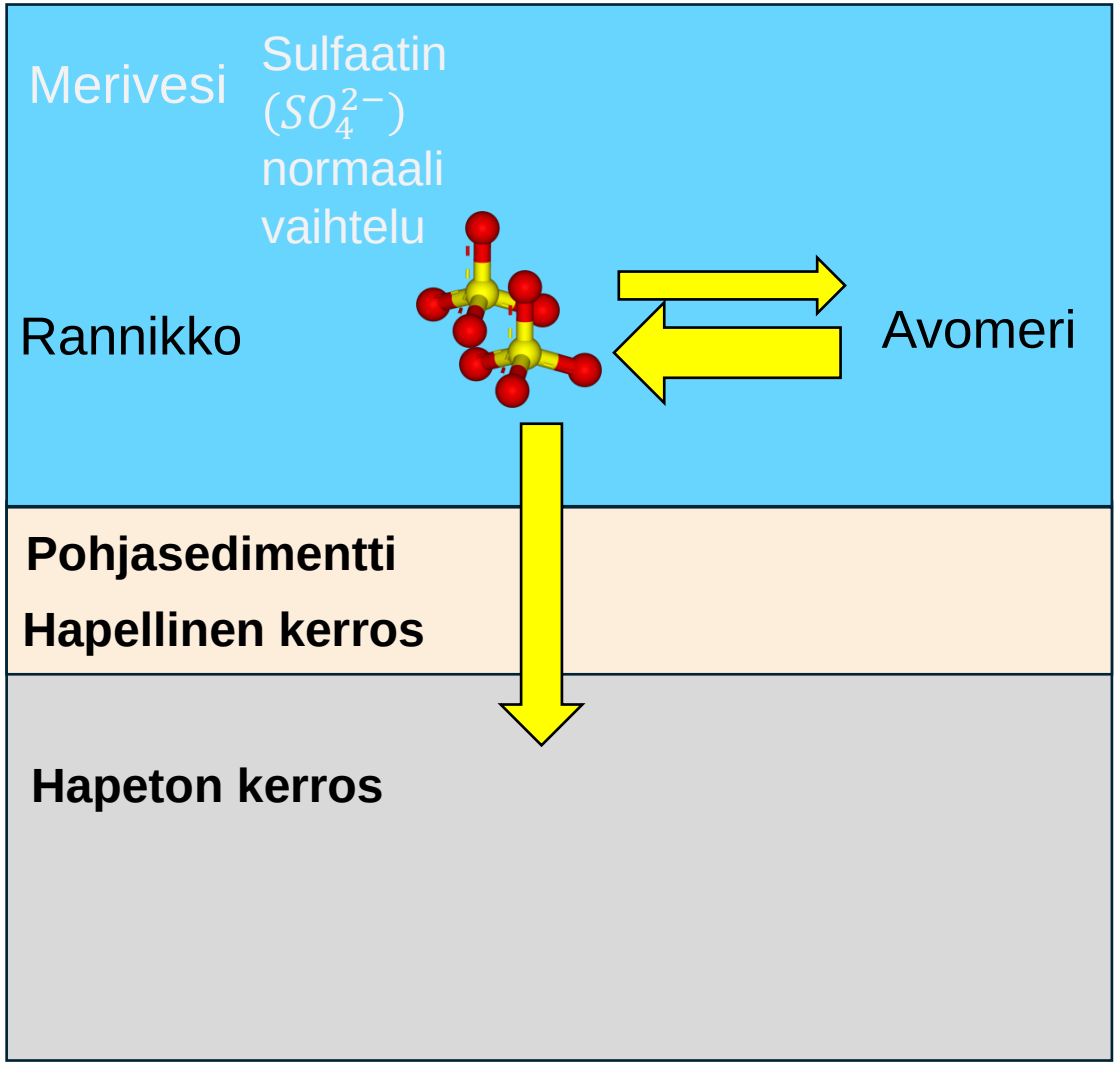
Akkuteollisuuden ammonium- ja sulfaattipäästöt

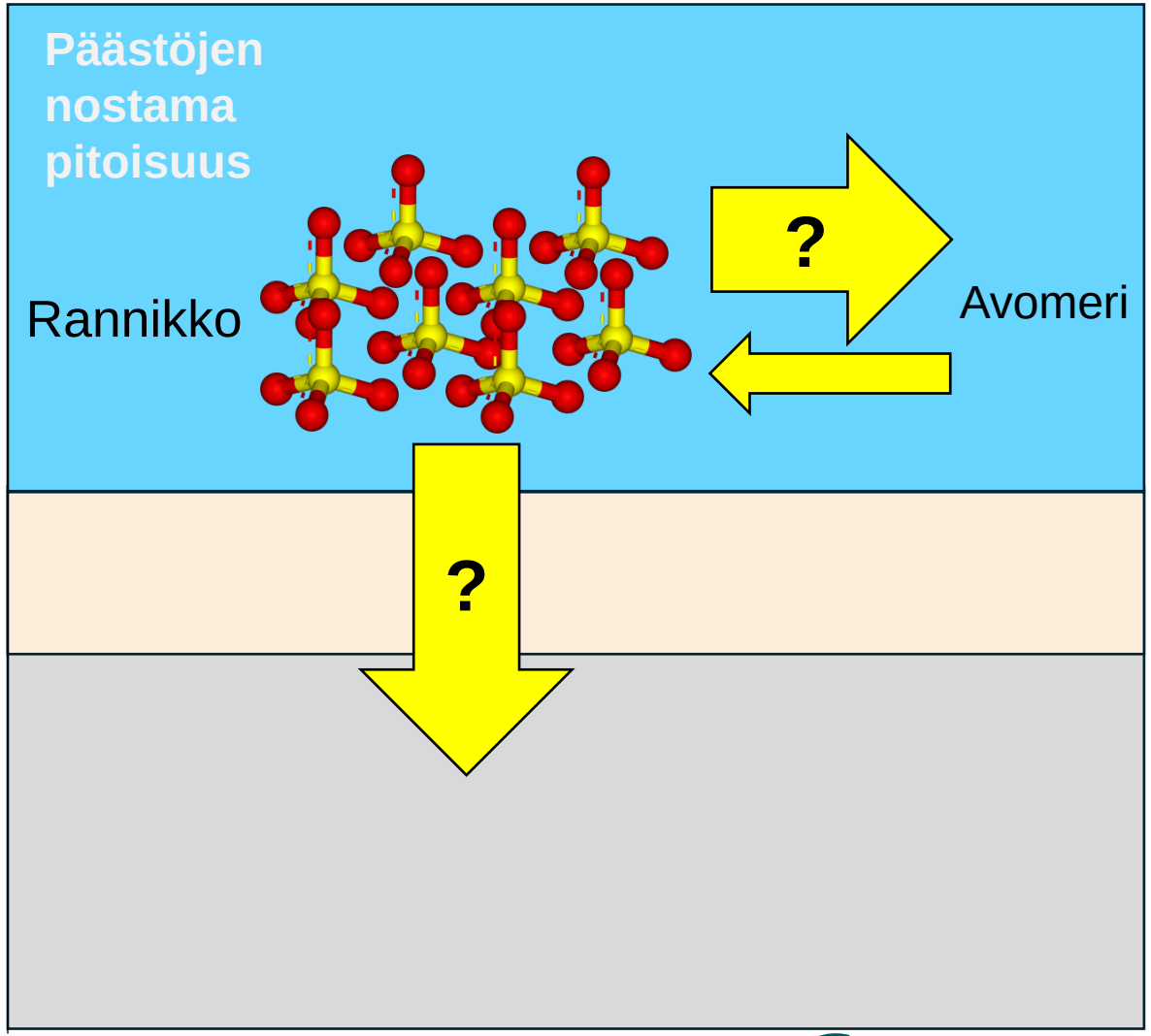




Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Sulfaatin kulkeutuminen

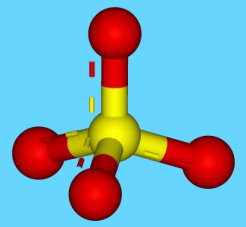




Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Sulfaatin hengityksen edellyttämät olosuhteet

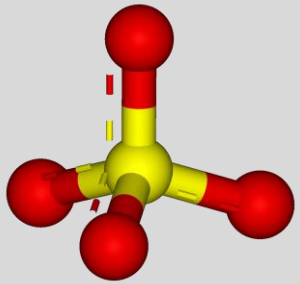
Merivesi
Hapellinen – sulfaattia ei hengitetä



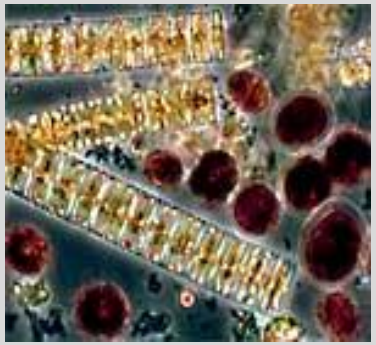
Pohjasedimentti

Happea – sulfaattia ei hengitetä

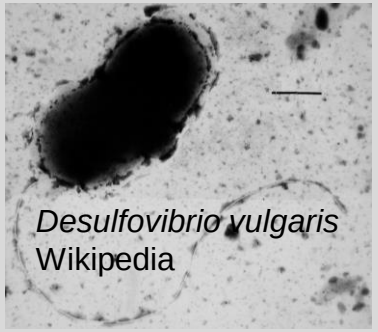
Hapetonta – sulfaattia hengitetään jos



Sulfaatti



Leväjäänteitä



Sulfaatinpelkistäjä

Sulfidi (rikkivety)

Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Sulfaatti poistaa metaania

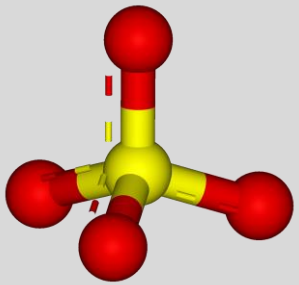
Hapellinen merivesi

Reaktio

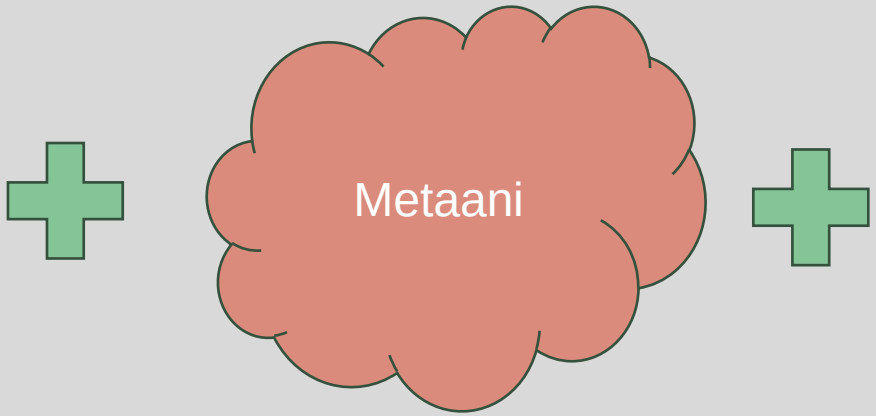
$$SO_4^{2-} + CH_4 \rightarrow HCO_3^- + HS^- + H_2O$$

poistaa kasvihuonekaasu metaania ja vähentää sen vapautumista ilmakehään

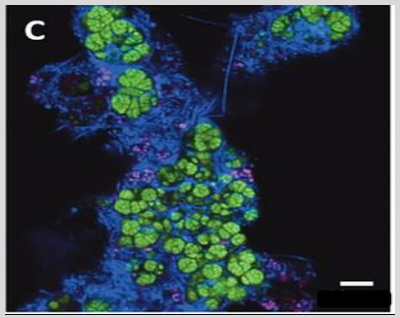
Pohjasedimentin hapeton kerros



Sulfaatti



J. Milucka
Max Planck Institute



Anaerobiset metanotrofiset arkeonit (Archaea)

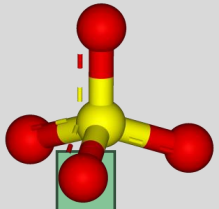
Sulfidit poistavat metalleja

Hapellinen merivesi

Veteen liukenemattomia metallisulfideja muodostavat:

Rauta (Fe)
Mangaani (Mn)
Elohopea (Hg)
Hopea (Ag)
Kupari (Cu)
Kadmium (Cd)
Lyijy (Pb)
Sinkki (Zn)
Nikkeli (Ni)
Arseeni (As)

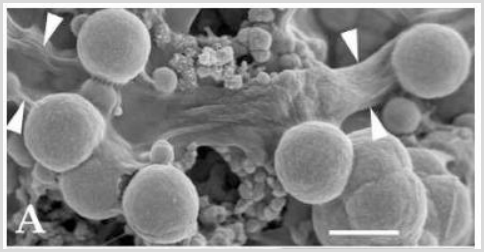
Pohjasedimentti hapeton



Sulfaatin hengitys

Sulfidi (rikkivety)

Metalli



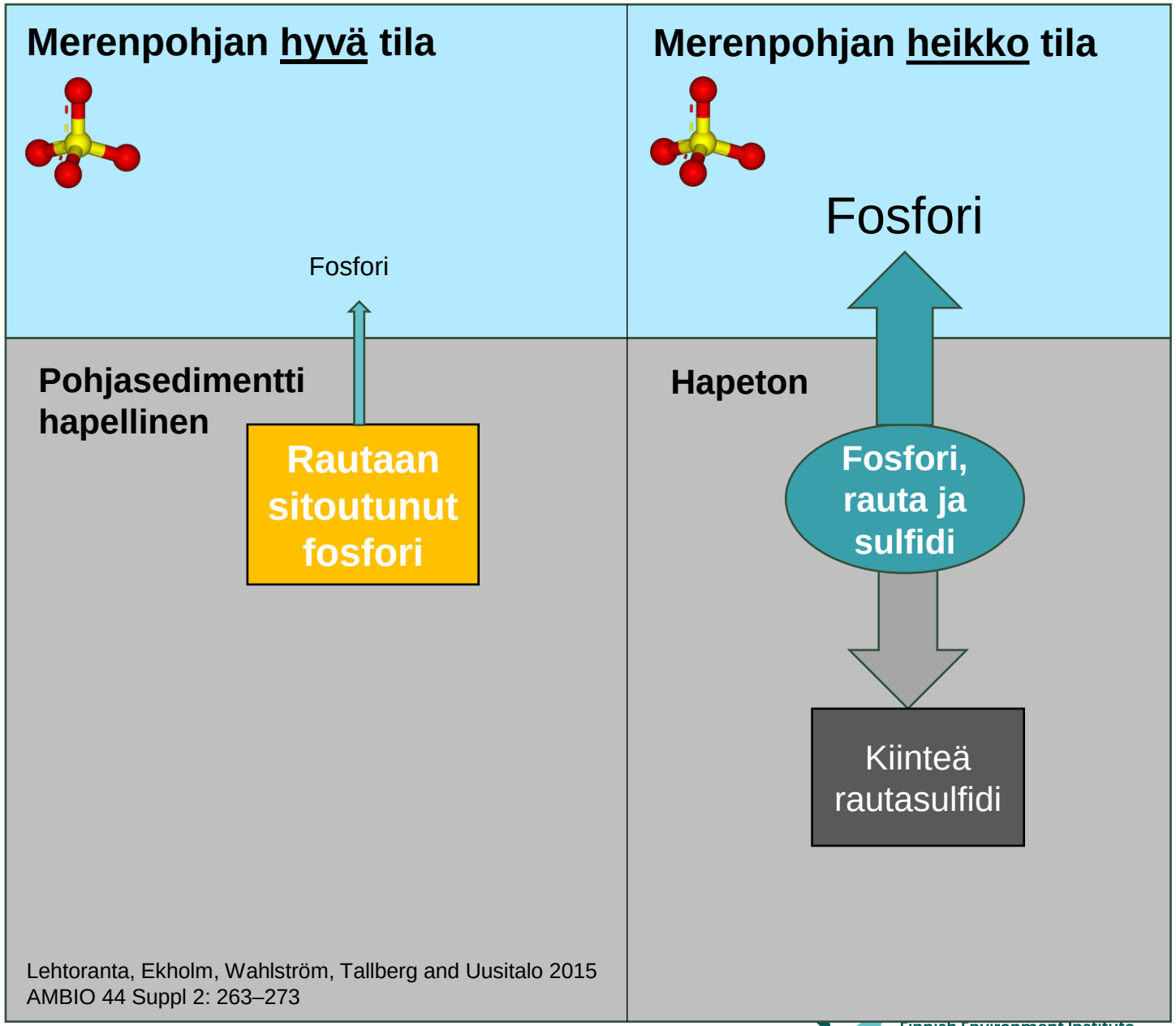
Esim. sinkkisulfidi aggregaatteja mikrobibiofilmiin liittyneenä
Labrenz et al. 2000 Science 290:1744-1747

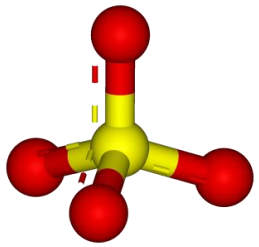
Sulfaatin pelkistyksen haittoja

Sulfaatinpelkistyksessä muodostuu myrkyllistä rikkivetyä (H_2S)

Estää raudan kierron kun sulfidi ja rauta muodostavat kiinteää rautasulfidia

→ Rauta hautautuu sulfideina ja fosfori vapautuu meriveteen



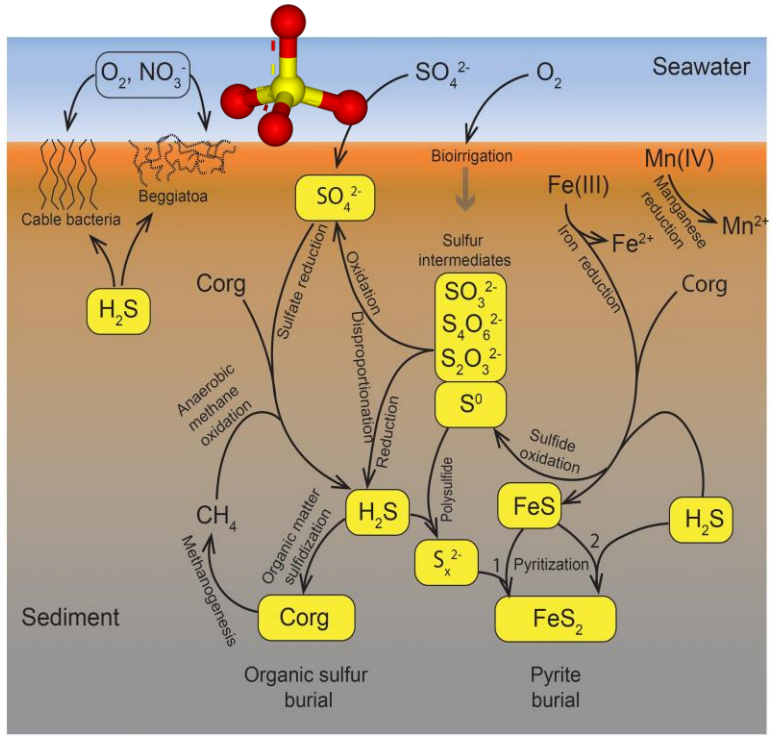


Sulfaatti
(SO_4^{2-})

Yhteenveto

RIKIN REAKTIOT

Sulfaatin rikki osallistuu lukuisiin biogeokemiallisiin reaktioihin



Jorgensen et al 2019 Front. Microb.

MIKROBIT JA PROSESSIT

Sulfaatin hengitys edellyttää hapettomuutta ja eloperäistä ainesta energianlähteeksi

Meressä sulfaatin hengitys ja rikin kierto kytkeytyneet toisiinsa

Mikrobit käyttävät sulfaattia metaanin hapettamiseen

SEURAUKSIA

Sulfaatin hengitys tuottaa myrkyllistä rikkivetyä

Rautasulfidien muodostus estää fosforin sitoutumisen rautaan

Sulfaatti vähentää metaanin vapautumista

Sulfaatin hengityksessä muodostuva sulfidi aikaansaa metallisulfidien saostumista

Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Kiitoksia



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute