

# KaiHali & DROMINÄ – hankkeiden loppuseminaari

## Sedimentin geokemiallisten olojen muuttuminen kaivoskuormituksessa

(KaiHali-projektin työpaketin 2 osatehtävä 3)

Auri Koivuhuhta, Jari Mäkinen, Tommi Kauppila ja Tatu Lahtinen

04.12.2018



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



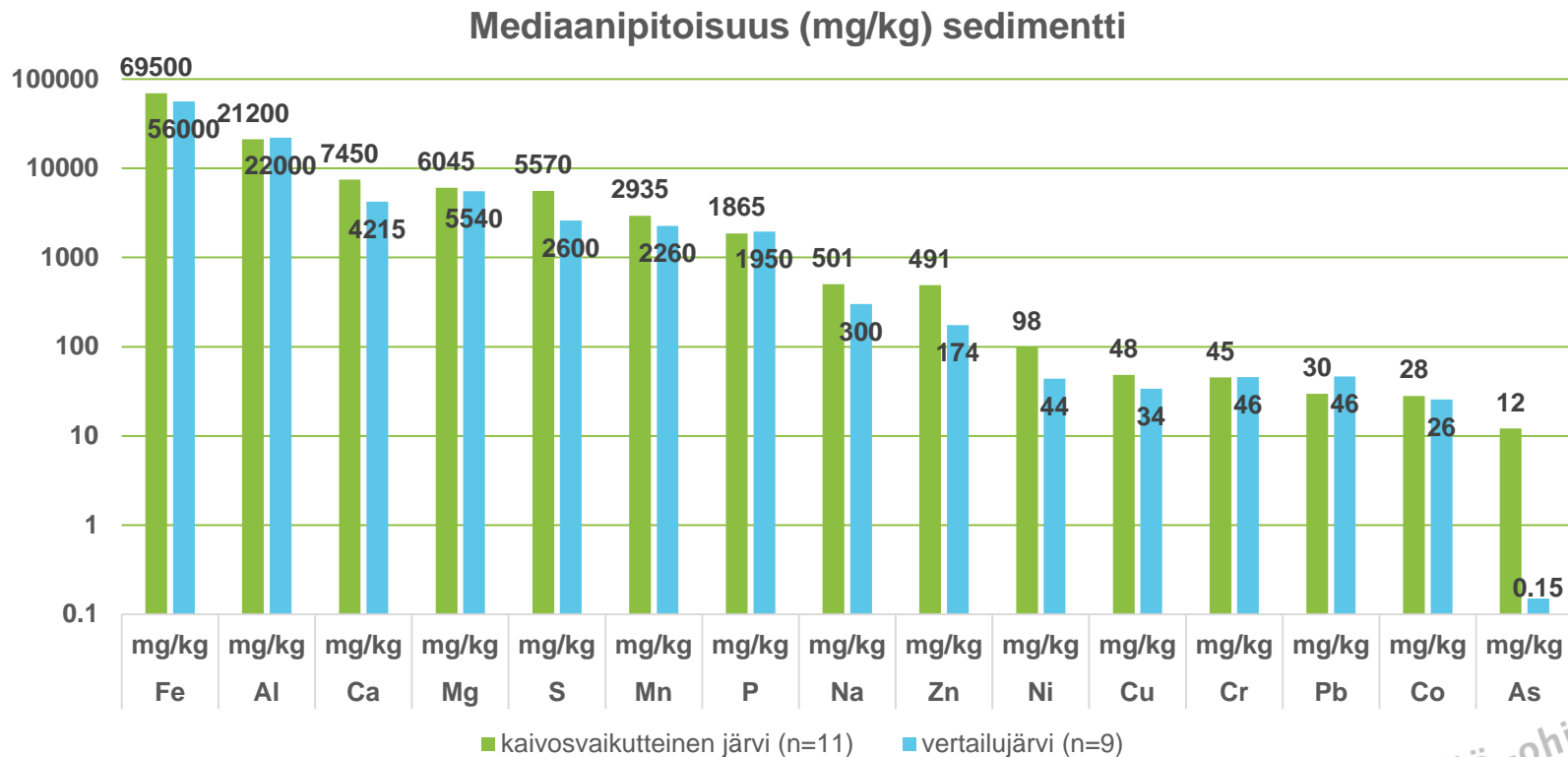
Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Aineisto

- KaiHali-projektissa (TP2 OT3) on kerätty sedimentti- ja vesinäytteitä kaivosten vaikutusalueella olevista järvistä (11 järveä) sekä niiden läheltä valituista, luonnontilaisista järvistä, joihin kaivostoiminnan ei ole oletettu vaikuttavan (9 järveä).
- Tutkimusalue on ollut Pohjois- ja Itä-Suomi.
- Näytteet:
  1. Alusvesi
    - 10 cm pohjan yläpuolelta (yläkuva)
  2. Sedimenttinäyte
    - 0-6 cm osa sedimentin pinnasta
  3. Huokosvesi
    - alipaineisella huokosvesikeräimellä (oikea alakuva)
    - Rhizoneilla (keinojuuret)

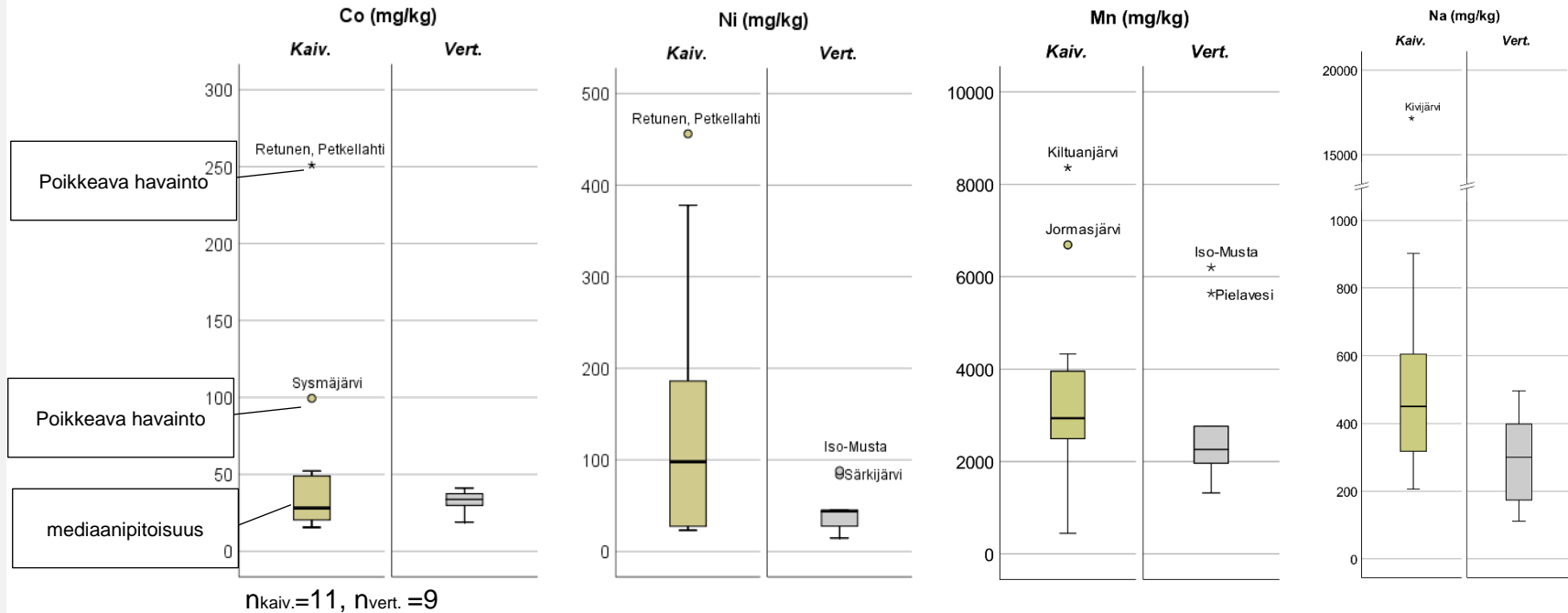


# Sedimentti (0-6 cm) – esimerkkejä alkuaineiden mediaanipitoisuuksista järvisedimenteissä



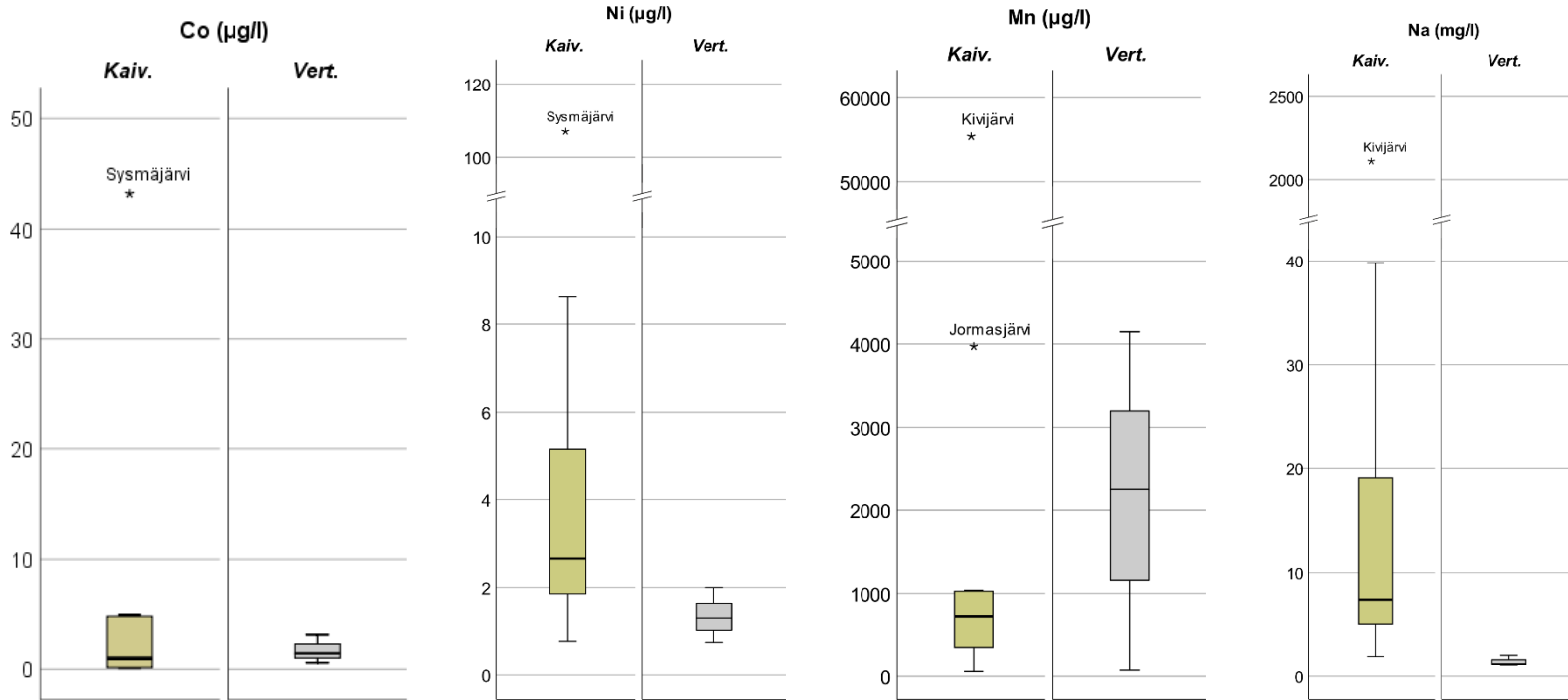
Mediaanipitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa niin vertailu- kuin kaivosvaikutteisissa järvissä. Eroja mediaanipitoisuuksissa on Ca-, S-, Na-, Zn-, Ni- ja As-pitoisuuksien kohdalla.

# Sedimentti (0-6 cm) – esimerkkejä alkuaineiden pitoisuuksista järvisedimenteissä



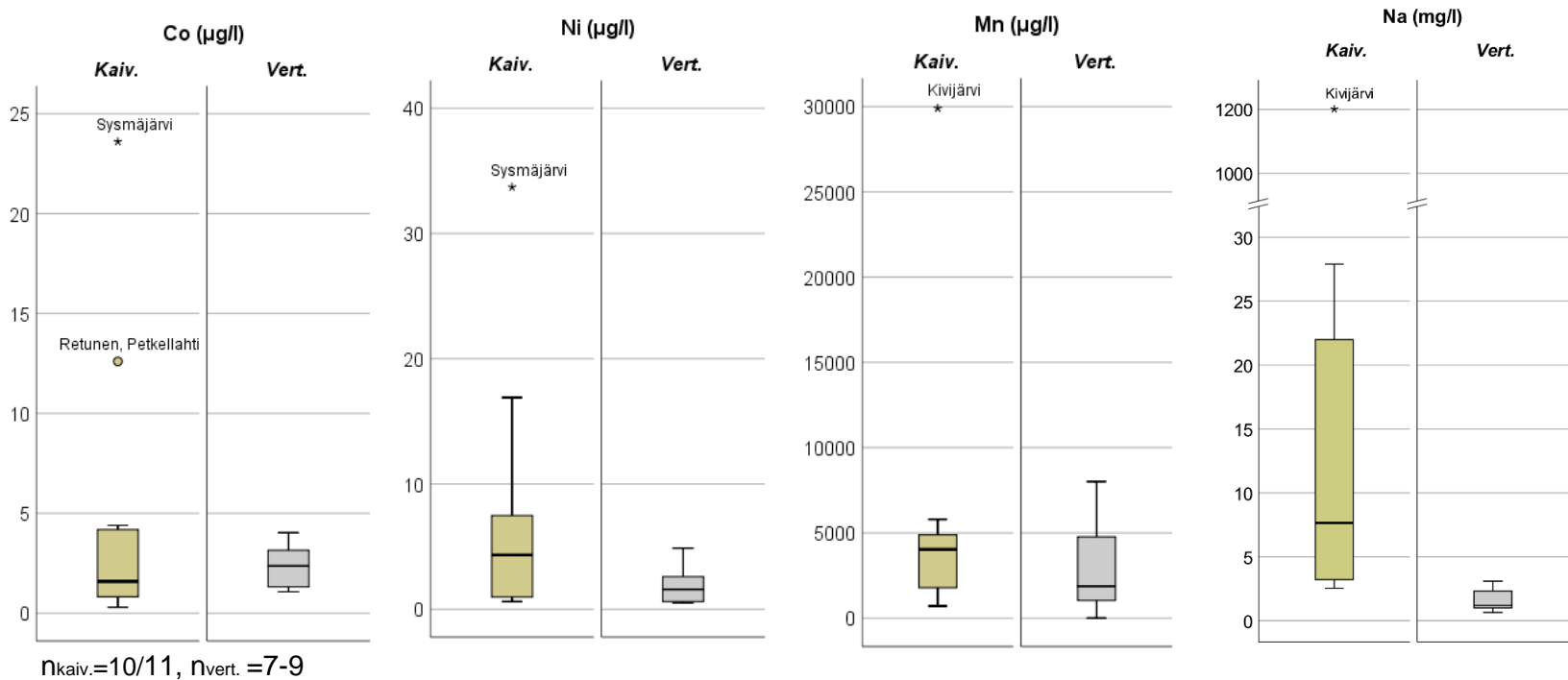
Retunen on ent. Co-Cu-kaivosksen sekä talkin prosessoinnin alapuolinen järvi.  
 Sysmäjärvi on Cu-Co-Ni-kaivoksen ja talkin prosessoinnin alapuolinen järvi.  
 Kiltuanjärvi ja Jormasjärvi ovat monimetallikaivoksen alapuolisia järviä.

# Alusvesi - esimerkkejä alkuaineiden esiintymisestä järvisedimenttien yläpuolisissa (10 cm) alusvesissä



Co, Ni ja Na-pitoisuuksilla on sama trendi kuin sedimentissä, poikkeuksena Mn.  
 Co-pitoisuus kaivos- ja vertailujärvissä samaa tasoa.  
 Ni-pitoisuus >> kaivoskuormitteisissa järvien alusvedessä.  
 Na-pitoisuus kaivoskuormitteisten järvien alusvesissä >>> vertailujärvissä.  
 Vertailujärvissä metallipitoisuuksien hajonta pienempää, poikkeuksena Mn.

# Huokosvesi (0-6 cm) - esimerkkejä alkuaineiden esiintymisestä järvisedimenttien huokosvesissä

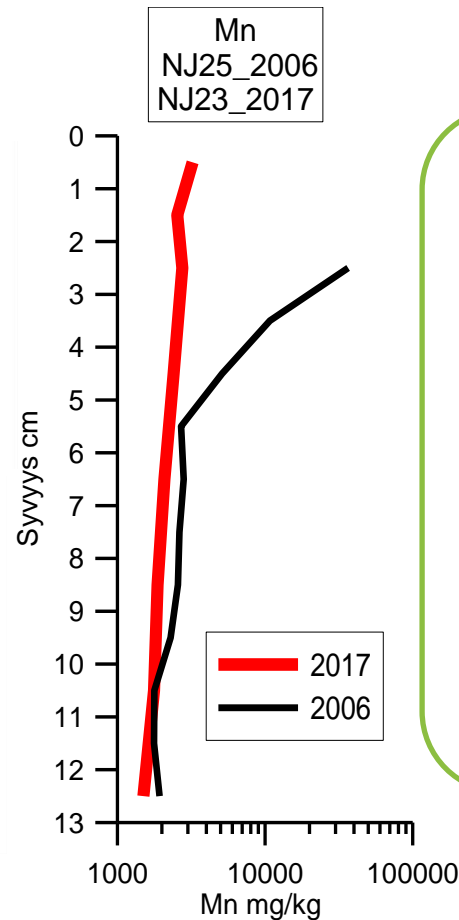
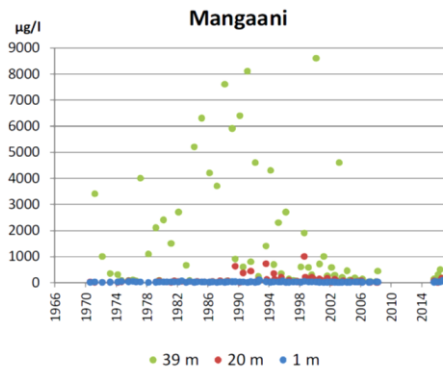
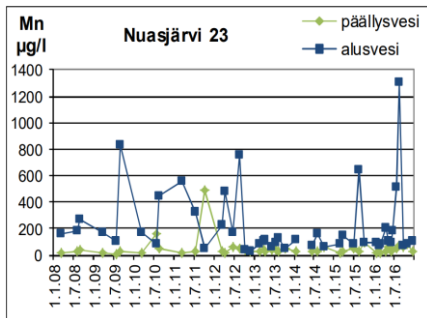
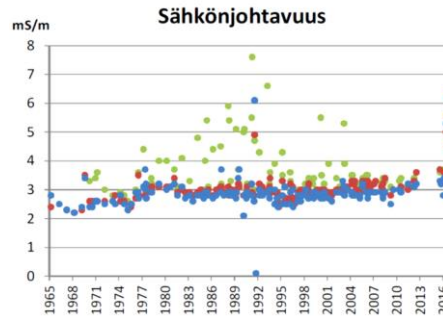
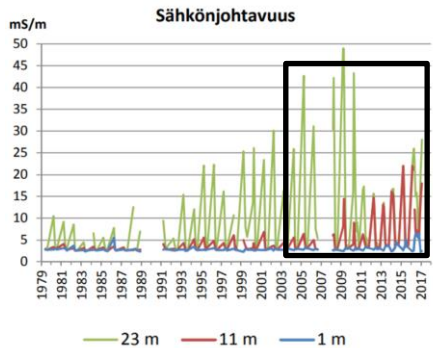


Co-, Ni-, Mn- ja Na-pitoisuuksilla on sama trendi kuin sedimentissä.

Poikkeavaa Mn-pitoisuutta ei havaita huokosvesissä → Mn on kiinnittynyt sedimenttiin.

Huokosvedessä pitoisuuksien vaihteluvälit ovat hieman suurempia kuin alusvedessä.

# Lisätietoa mangaanista



Sähkönjohtokyvyn lisääntyessä alusvedessä havaitaan Mn-pitoisuuden lisääntyvän alusvedessä.

Sähkönjohtokyky korreloi sulfaattipitoisuuden kanssa.

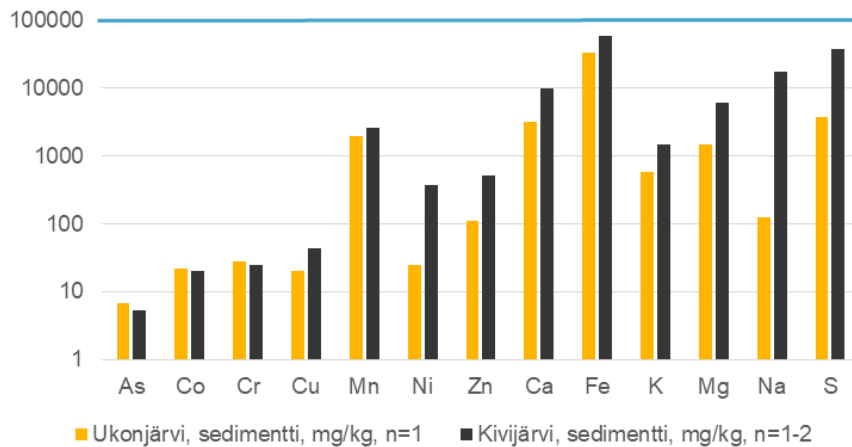
Sedimenttituloksista havaitaan, että Mn-pitoisuus pintasedimentissä vähenee sähkönjohtokykyarvon lisääntyessä.

Kuvaajat:  
Pöyry (2017). Terrafame Oy vesienhallinta. YVA-selostus 28.3.2017.

# Järvikohtaiset vertailut - esimerkkinä sedimentti 0-6 cm

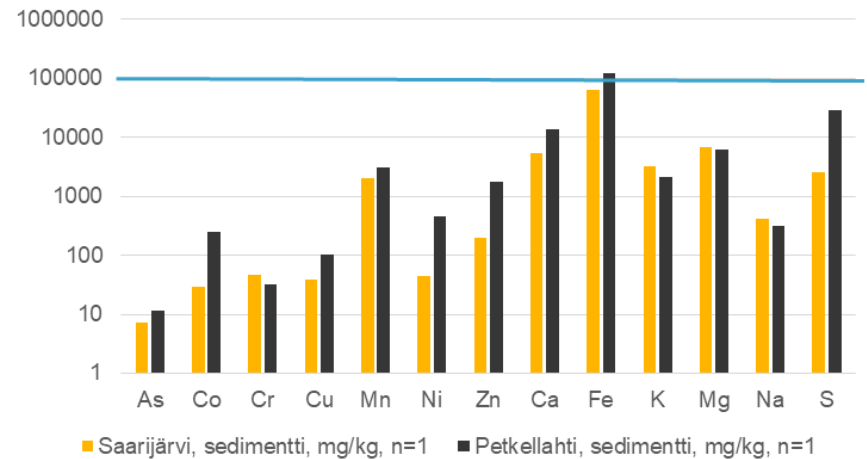
Järviparit on valittu koon ja lähialueen perusteella. Alueen geologia voi vaihdella em. huolimatta.

Sedimentti, Ukonjärvi vs Kivijärvi (mg/kg)



Kivijärveen kohdistunut kuormitus mm.  
 prosessikemikaaleja (Na, S),  
 monimetallikaivos (Ni, Co, Cu, Zn),  
 sulfidimalmi (S)  
 neutralointikemikaalit (Ca, Mg)

Sedimentti, Saarijärvi vs Petkellahti (mg/kg)



Petkellahteen kohdistunut kuormitus mm.  
 Cu-Co-Ni metallikaivos (Ni, Co),  
 Talkkiprosessi (Ni, As)  
 sulfidimalmi (S)

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



# Sedimentin geokemiallisiin oloihin vaikuttavat mm. pH, redox ja EC – esim. sedimentti

Kaivoskuormitteisten järvien sedimentistä mitatut pH-arvot, hapetus-pelkistyspotentiaalit ja sähkönjohtokykylukemat. \*laskuista on jätetty ulkopuolelle muista poikkeava tulos (4200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

	pH (n=10)	redox (mV) (n=5)	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (n=9)
<b>mediaani</b>	7,05	-76	94*
<b>min</b>	6,13	-164	45
<b>maks</b>	7,97	174	4200
<b>keskihajonta</b>	0,57	94	45*

Vertailujärvien sedimenteistä mitatut pH-arvot, hapetus-pelkistyspotentiaalit ja sähkönjohtokykylukemat.

	pH (n=5)	redox (mV) (n=4)	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (n=6)
<b>mediaani</b>	6,73	59	69
<b>min</b>	6,62	-126	20
<b>maks</b>	7,93	95	113
<b>keskihajonta</b>	0,56	101	34

Kaivosvaikutteisten järvien sedimenteissä verrattuna vertailujärvien sedimenttien fysikaalis-kemiallisiin muuttujiin on havaittavissa:

- suurempi pH-arvo
- suurempi sähkönjohtokykylukema  
HUOM! Poikkeavat tulokset
- Alhaisempi redox-potentiaali

# Jakaantumisvakioarvojen (Kd) tarkastelu

Laskentatapa: tarkasteltavan muuttujan sedimenttipitoisuus (mg/kg) on jaettu huokosvesipitoisuudella (mg/l).

Mitä suurempi log Kd-arvo, niin sitä tiukemmin aine on kiinnittynyt.

- Tulosten perusteella voidaan verrata suuntaa-antavasti järvityyppikokonaisuuksia (vertailujärvet tai kaivosvaikutteiset järvet).
- Saadaan trendejä, kuten natrium on herkästi liikkuvassa muodossa sedimenteissä, kun taas alumiini on tiukemmin sitoutunut sedimenttiin.
- Tulosten perusteella Kd-arvoon vaikuttaa missä muodossa (yhdisteessä) alkuaine on sitoutuneena. Päästö vs. geologinen mineraali. Tällä olisi vaikutusta arvioitaessa tyypillisten toksisten metallien biosaatavuutta.

## Log Kd-arvo

- vertailujärvissä  $Cr > Cu > Ni > Cd > Zn > Co > As > Fe > S > Mn > Na$
- kaivosvaikutteisissa  $Cu = Cd > Cr > Zn > Ni > As > Co > Fe > S > Mn > Na$

Kd-arvot on laskettu kahdeksan kaivosvaikutteisen järven sekä yhdeksän vertailujärven tuloksista. Painotus: yksi tulos / järvi.

log Kd > 4  
log Kd 3-4  
log Kd 1,5-3

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Päätelmät –sedimenttien geokemiallisten olojen muuttuminen kaivosvaikutuksesta

- Vertailujärvien ja kaivosvaikutteisten järvien silikaatteihin sitoutuneiden alkuaineiden mediaanitulokset samaa tasoa, kun taas kaivostoiminnan vaikutus havaitaan metallien ja metalloidien pitoisuuksien kohoamisena syvänealueiden pintasedimentissä, alusvesissä ja sedimentin huokosvesissä.
- Järvisedimenttien alkuainepitoisuuksiin vaikuttavat järven morfologian, ympäröivän alueen toimintojen lisäksi geologia, kemialliset reaktiot sekä näytteenoton ajankohta (vuodenaikaisvaihtelu).
- Tutkimus on kohdistunut metallimalmikaivosten alapuolisiin järviin.
- Kaivostoiminnan vaikutus tarkasteltaviin muuttujiin on tapauskohtainen.  
→ Tapauskohtaiset tutkimukset ovat tärkeitä.