

Työmaavesien hallinta HASU-alueilla

Mutku-päivät

12.3.2026, Joensuu

Mikko Myllymäki

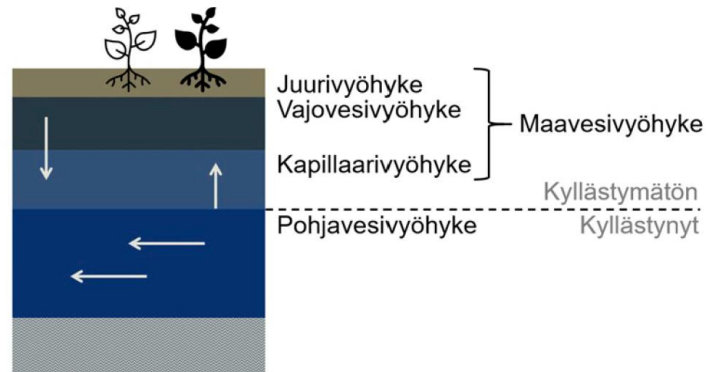
RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

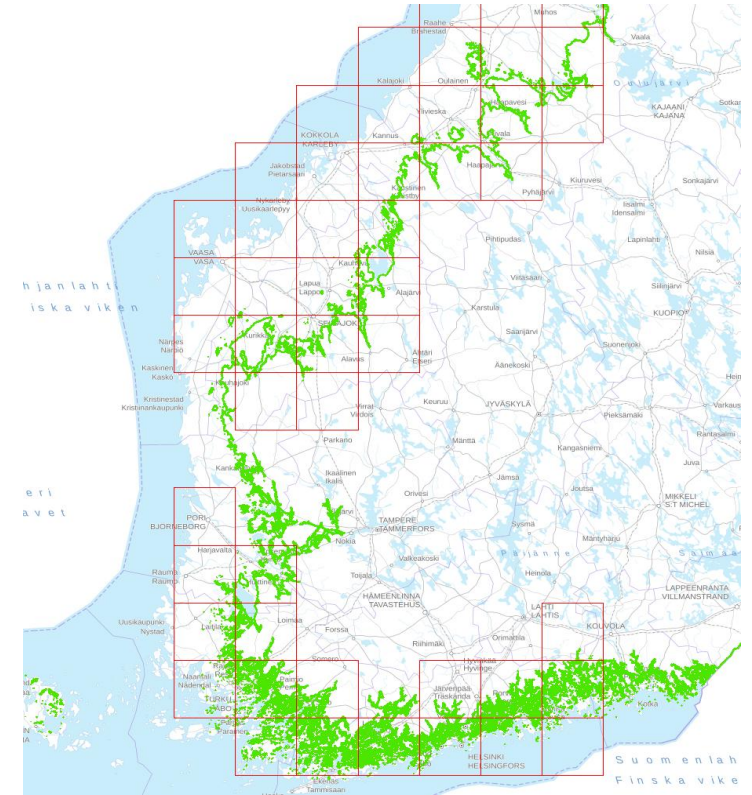
Happamat sulfaattimaat (HASU)

Maalajeja, jotka voivat hapettuessaan tuottaa happamuutta

- **Aktiivinen hapan sulfaattimaa** = Hapettumisen seurauksena muodostunut hapan maakerros
- **Potentiaalinen hapan sulfaattimaa** = Maaperää, jossa on hapettumaton sulfidipitoinen kerros, ja josta voi muodostua aktiivinen hapan sulfaattimaa
- Pääasiassa Litorina-merivaiheen aikana muodostunutta rikkipitoista sedimenttiä
- Sulfidipitoinen maaperä sisältää yleensä pyriittiä (FeS_2) ja FeS
- Hapettuminen tapahtuu pohjaveden pinnan yläpuolella, missä veden kapillaarinen nousu ei enää estä maa-aineksen hapettumista



Maanalaisten vesien vyöhykkeet, Suomen Geoteknillinen yhdistys 1984



Lähde: <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>

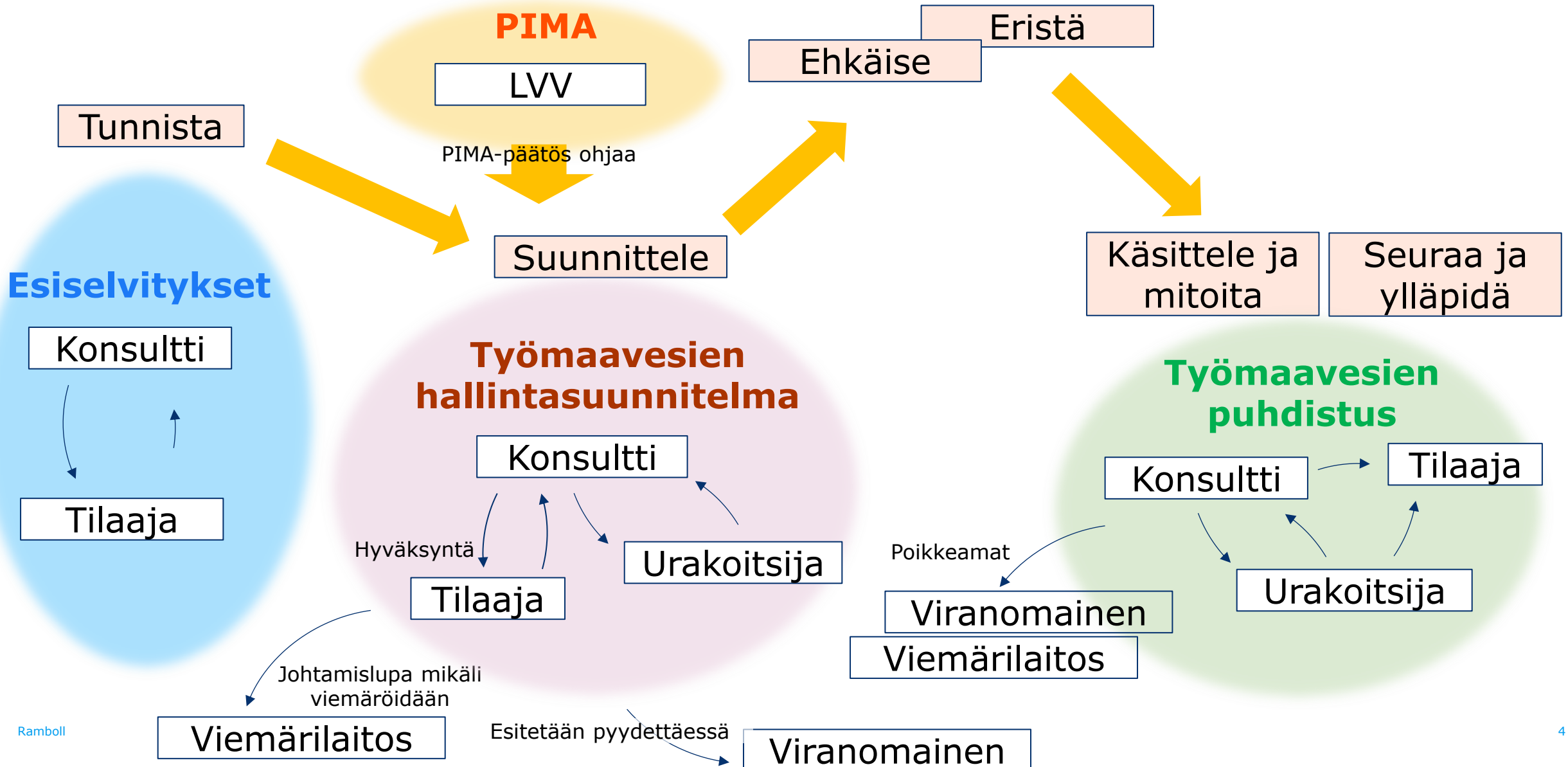


Kuva: Maiju Nylund (Ramboll Finland Oy)

HASU-maiden kemiaa

- $4\text{FeS}_2 + 15 \text{O}_2 + 14 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{SO}_4^{2-} + \mathbf{16\text{H}^+}$
- $4\text{FeS} + 9\text{O}_2 + (n+2) 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2n\text{H}_2\text{O} + 4\text{SO}_4^{2-} + \mathbf{8\text{H}^+}$
- Reaktion seurauksena
 - Rikkihappoa muodostuu \rightarrow pH laskee voimakkaasti ($<3,5$)
 - Alumiinia (Al^{3+}) liukenee
 - Muut metallit kuten mm. mangaani, sinkki, kadmium, kupari ja nikkeli liukenevat (erityisesti mustaliuskealueet)
 - Sulfaattipitoisuudet nousevat

Prosessin eteneminen ja sen osapuolet



Maankäytön suunnittelun vaikutus työmaavesien muodostumiseen

- Asemakaavoituksessa annetut rajoitteet (esimerkiksi kellarikielto ja kuivatustaso)
- Ohjataan rakentamistoimenpiteet (erityisesti maaperää kuivattavat) sellaisille alueille, joilla happamat sulfaattimaat aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa
- Potentiaaliset happamat sulfaattimaat tulee pyrkiä jättämään ennalleen ja vallitseviin luontaisiin olosuhteisiin, aina kun se on mahdollista.
- Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee happamoitumisriski minimoida erilaisin hallintatoimenpitein

Työmaavesien hallinnan pääperiaatteet

1. Ennakkotutkimukset (HASU-alueet työmaalla, vastaanottavat vesistöt jne)
2. Työmaavesien hallintasuunnitelman laadinta osana etukäteissuunnittelua
3. Työmaavesien laadun seuranta
4. Muodostuvan työmaaveden määrän minimointi
5. Hapettumisen minimointi
6. Happamien vesien erottelu muista vesistä ja hallittu keräys
7. Työmaavesien käsittely ja puhdistus

Työmaavesien laadun seuranta

Hapan työmaavesipulssi muodostuu tyypillisesti kuivan kauden jälkeen ja/tai rankkasateen jälkeen veden huuhtoessa maaperän syventynyttä (ja hapettunutta) kuivakuorikerrosta

Yleisimmät seurantaparametrit

- **Alkaliteetti** = puskurikyky happamoitumista vastaan
 - Ennustaa tulevaa pH:n muutosta
- **pH**
- **Sähkönjohtavuus**: Liukoiset metallit, sulfaatti ja kloridi nostavat veden sähkönjohtavuutta.
- **Kiintoaines ja sameus**: Hankealueelta mahdollisesti kulkeutuvan samentuman tunnistaminen kokonaismetallipitoisuuksien tulkintaa varten
- **Metallien liukoiset pitoisuudet**: VNA Pima metallit + liukoiset Mn, Fe, Al
- **Sulfaattipitoisuus (SO_4^{2-})**: Indikoi veden happamoitumisen olevan seurausta happamista sulfaattimaista

Muodostuvan happaman työmaaveden määrän minimointi

Happamien ja hienoainespitoisten vesien neutralointiin ei ole olemassa halpaa ja hyvää ratkaisua, siksi minimointi!

- Kaivuun minimointi tai suorittaminen pakkaskaudella
- Valitaan sopivat pohjanvahvistus- tai pohjarakennusmenetelmät
 - Esim. paalutukset, syvästabilointi jne. HUOM! Stabilointi emäksisellä sideaineella vähentää happamoitumisriskiä.
 - Tehostuskeinona maaperän in situ neutralointi
 - Kevennysrakenteiden käyttö vähentää tarvetta kaivuulle
- Pohjaveden pinnan laskun minimointi
- Alkuperäisen kasvillisuuden mahdollisimman laaja säilyttäminen
- Uomat ja painanteet, joilla voidaan ohjata vesiä rakennusalueen ohitse
- Imeytetään vedet syntypaikalla
- Kosteikot, pintavalutuskentät

Työmaavesien käsittely ja puhdistus

1. Kiintoaineen poisto

- a) Laskeutus
- b) Flokkulointi (savipartikkelit)
- c) Suodatus

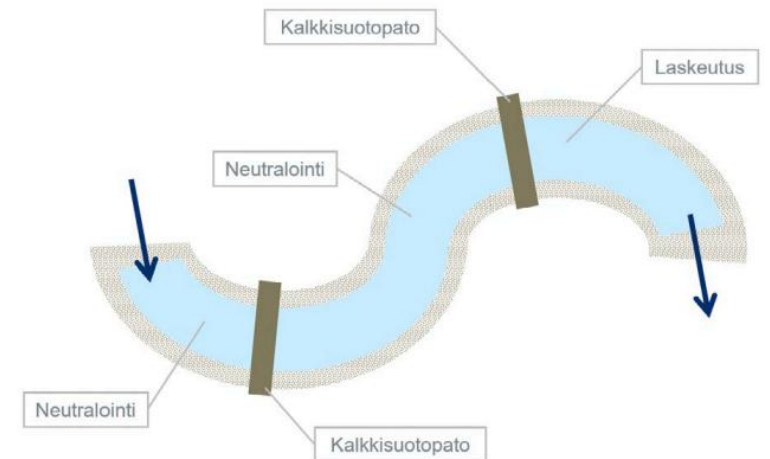
2. pH:n säätö/neutralointi

- a) Sammutettu kalkki erillisessä kaivossa tai suodattimessa, kalkkisuotopadot
- b) Veden sekoittaminen neutraloimatta jääneen veden kanssa ja ohjaaminen esim. laskeutusaltaaseen

-> Metallisakan laskeutus



Siltbuster lamelliselkeytin



Lähde: YM 2022:3

Kiintoaineen poisto

Laskeutus

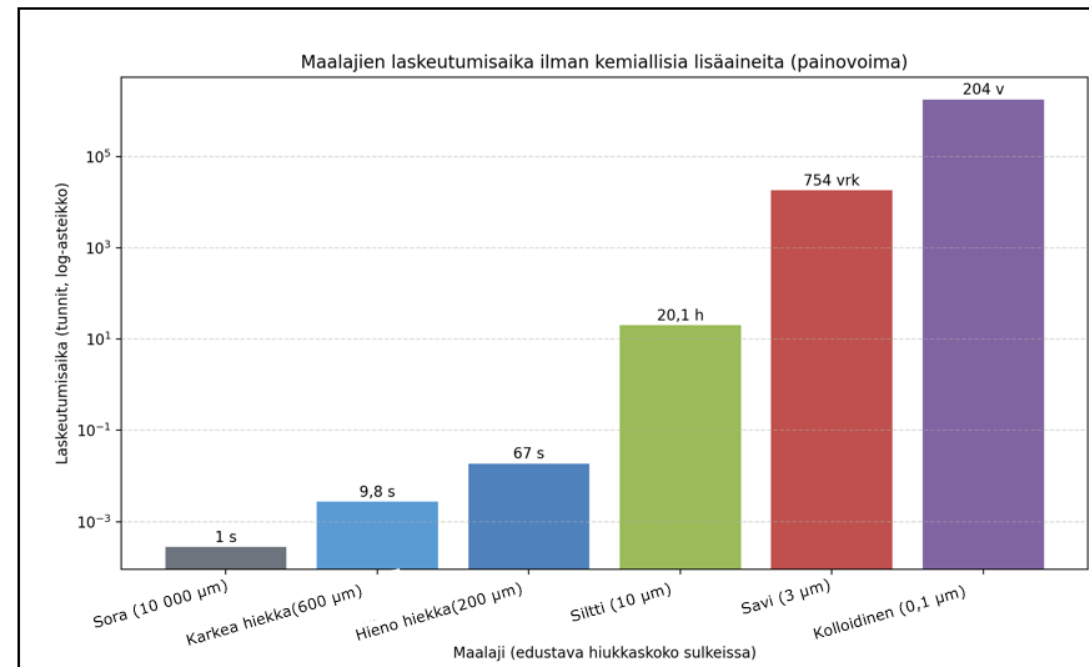
- Toimivuus hiukkaskoosta riippuvainen
- Toimii käytännössä vielä noin $>50 \mu\text{m}$ partikkeleilla
- Pienemmät partikkelit eivät laskeudu riittävän nopeasti

Flokkulointi

- Flokataan partikkelit flokkulantin avulla suuremmiksi partikkeliryppäiksi, jonka jälkeen flokit erotetaan laskeuttamalla tai suodattamalla

Suodatus

- Hiekkasuodatus, mekaaniset lamelli-, pussi, patruuna tms. suodattimet



Hiukkaskoko (mm)	Maalaji	Laskeutumisaika
10	Sora	1 sekunti
0,6 =600 μm	Karkea hiekka	9,8 sekuntia
0,3	Hieno hiekka	48 sekuntia
0,2	Hieno hiekka	67 sekuntia
0,15	Hieno hiekka	125 sekuntia
0,1 = 100 μm	Siltti	47,6 minuuttia
0,06	Siltti	107 minuuttia
0,015	Siltti	7,2 tuntia
0,01 = 10 μm	Siltti	20,1 tuntia
0,005 = 5 μm	Savi	180 tuntia (~7,5 vrk)
0,003 = 3 μm	Savi	754 päivää (~2 vuotta)
0,001 = 1 μm	Savi	204 vuotta

Työmaavesien laatuvaatimukset

Pääkaupunkiseutu (Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen) sekä Tampere

- Kiintoaines: $\leq 30 \text{ mg/l}$, *herkät vesialueet*, $\leq 100 \text{ mg/l}$, *muut alueet*
- pH: 6–9
- alkaliteetti $> 0,2 \text{ mmol/l}$
- Öljyt: $< 5 \text{ mg/l}$, ei näkyvää öljykalvoa tai **hajua**

Vanha vaatimus
 $\leq 300 \text{ mg/l}$

Tampereella
tämä pelkästään

Turku, Raisio, Oulu, Lahti, Jyväskylä

- Kiintoaines: $\leq 300 \text{ mg/l}$
- pH: 6–9
- Öljyt: $< 5 \text{ mg/l}$, **ei näkyvää öljykalvoa**

Ei Lahdessa

Voidaanko johtaa pH 6-9 vettä, jos vastaanottavan vesistön pH on 4,5?

Hämeenlinna ja Hattula

- Kiintoaines: $\leq 300 \text{ mg/l}$, herkillä alueilla tapauskohtainen arviointi
- pH: 6–9
- Öljyt: $< 5 \text{ mg/l}$, ei näkyvää öljykalvoa

pH:n säätö

Työmaalla "in situ" ja on site

- Maaperän neutralointi injektoimalla stabiloinnin yhteydessä
 - Kalkkisuotopadot työmaan uomissa/ojissa
 - Hasu materiaalien kalkitseminen $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$
 - Neutralointikaivot

Erillinen vedenkäsittelylaitteisto

- Neutraalin veden sekoittaminen happamaan veteen
- Kalkkikivisuodattimet
- Vahvan emäksen (NaOH) käyttö neutralointiin

Yleisimmät kemikaalit pH:n säätöön:

Poltettu kalkki (CaO), sammutettu kalkki ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ja kalkkikivi (CaCO_3)

HUOM! pH:n nosto saostaa metallit (Fe, Al) → Metallisakan poisto (ks. Kiintoaineen poisto)

Asiaa käsitteleviä oppaita/julkaisuja

Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin

- Suomen Ympäristöministeriön julkaisu, 2022

HaKaKo - Happamien sulfaattimaiden kansallinen koetoimintahanke

- 2022-2024

Acid sulfate soils: A challenge for environmental sustainability

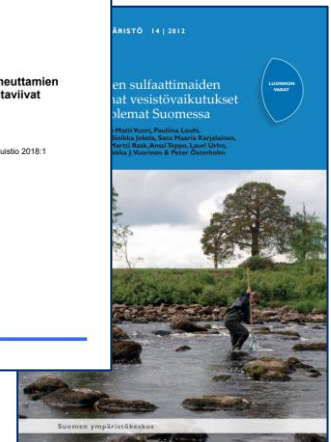
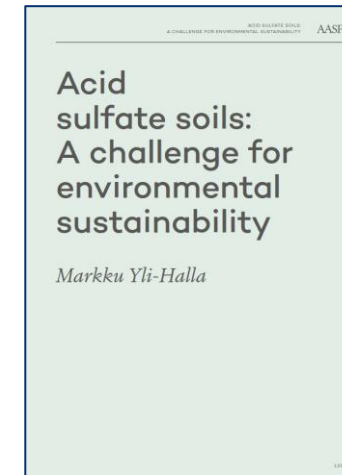
- AASF #8, Markku Yli-Halla

Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020, Väliraportti

- Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2018:1

Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa (2012)

- Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2018:1



Työmaavedet

- Tarvitsetko apua työmaavesien hallinnassa?
- Mitä työmaavesien tarkkailu sisältää?
- Miten työmaavesien syntymistä voi estää ja miten työmaavesiä voi käsitellä?



Ota avuksesi kokeneet asiantuntijamme

- Työmaavesikoordinaattoripalvelu
- Työmaavesiin liittyvä neuvonta
- Työmaavesien hallinnan suunnittelu
- Työmaavesien käsittelyn suunnittelu
- Suunnitelmien laadunvarmistus
- Työmaavesien tarkkailut (kenttä- ja online -mittaukset, laboratorioanalyysit)
- Työmaavesiin liittyvä raportointi
- Työmaavesiohjeiden laatiminen
- Työmaavesien uusien käsittelymenetelmien testaus ja kehittäminen
- Työmaavesiin liittyvät luvat ja ilmoitukset ja viranomaisyhteistyö

Projektejamme

- Kontulan ala-asteen ja lasten päiväkodin työmaavesien hallinta ja tarkkailu, 2024-2025, Helsingin kaupunki
- Tattariharjuntien infratyömaan työmaavesien hallinta ja tarkkailu, 2024-2025, Helsingin kaupunki
- HEKA Vilppulantien työmaavesien hallinta, 2025, Varte Oy
- Vartiokylän koulun ja päiväkodin työmaavesien hallinta 2025-2026, Jatke Toimitilat Oy

Kysy lisää



Sanna Pyysing
Ryhmäpäällikkö
+358 41 437 1776
sanna.pyysing@ramboll.fi



Mikko Myllymäki
Johtava asiantuntija
+358 44 753 0124
mikko.myllymaki@ramboll.fi