

# UUSIOMAARAKENTAMISEN VUOSISEMINAARI 19.9.2019

## SULFIDISAVET, TAUSTASELVITYS



Noora Lindroos

[noora.lindroos@ramboll.fi](mailto:noora.lindroos@ramboll.fi)

# SISÄLTÖ

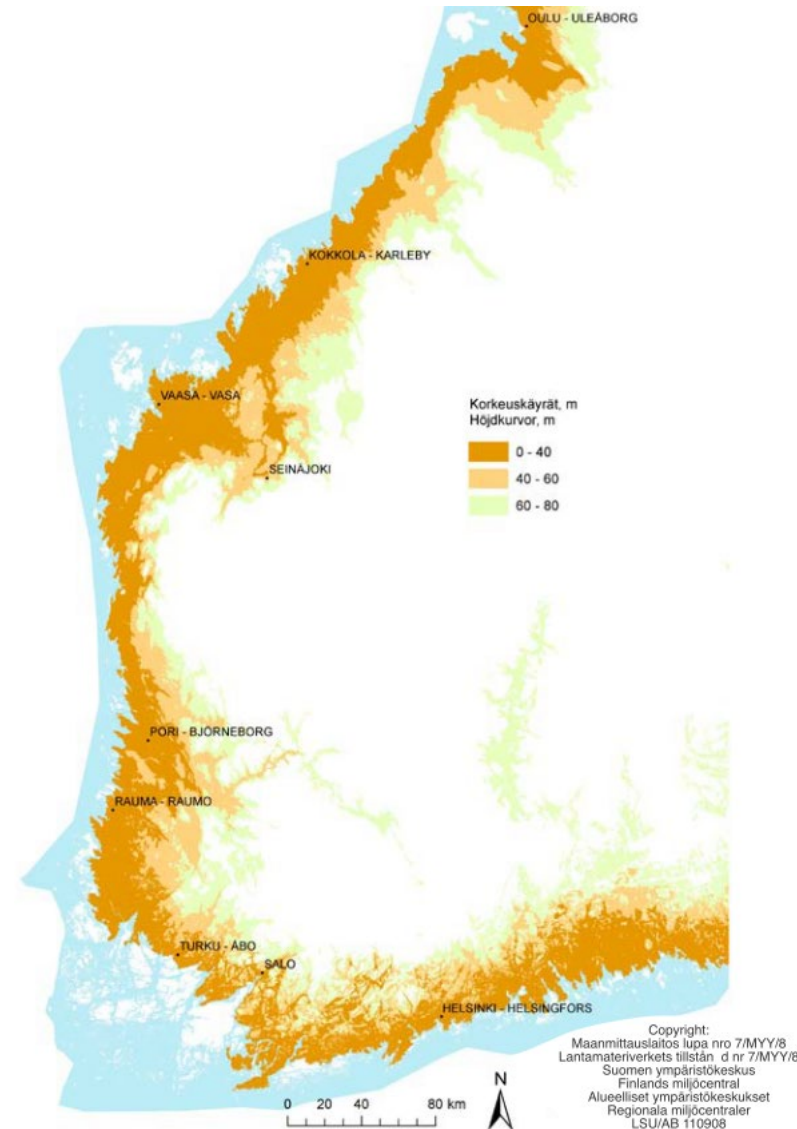
- Taustaselvitys
- Happamien sulfaattimaiden esiintyminen Suomessa
- Happamien sulfaattimaiden luokittelu
- Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat haittavaikutukset
- Kartoitustilanne
- Näytteenottomenetelmät
- Testatuja tunnistusmenetelmiä
- Suositukset tunnistusmenetelmiksi
- Hallintakeinot infrahankkeissa
- Jatkotoimenpiteet

# TAUSTASELVITYS

- *"Esiselvitys happamien sulfaattimaiden kartoitusmenetelmistä ja suosituksia toimenpiteiksi infrahankkeissa pääkaupunkiseudulla"*  
<http://www.uusiomaarakentaminen.fi/uusiomateriaalirakentaminen-ohjejulkaisuja>
- Lähtökohta: Kansallisen ohjeistuksen puute happamien sulfaattimaiden näytteenottoon, tunnistusmenetelmiin ja käsittelyyn infrahankkeissa
- Ohjausryhmässä mukana Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupungit (tekn. & ymp.), Uudenmaan ELY-keskus, HSY, Liikennevirasto nyk. Väylä, GTK ja Ramboll
- **Selvityksen sisältö:**
- *Kirjallisuus selvitys* parhaista käytännöistä ja tutkimusmenetelmistä Suomessa, Ruotsissa ja Australiassa. Käsittelyvaihtoehtojen selvittäminen
- *Kokeellinen osuus*: näytteenoton toteutus eri menetelmillä, kenttähavaintojen, kenttämittausten ja laboratorioanalyysien vertailu
- *Suosituks*et näytteenotto- ja testausmenetelmiksi

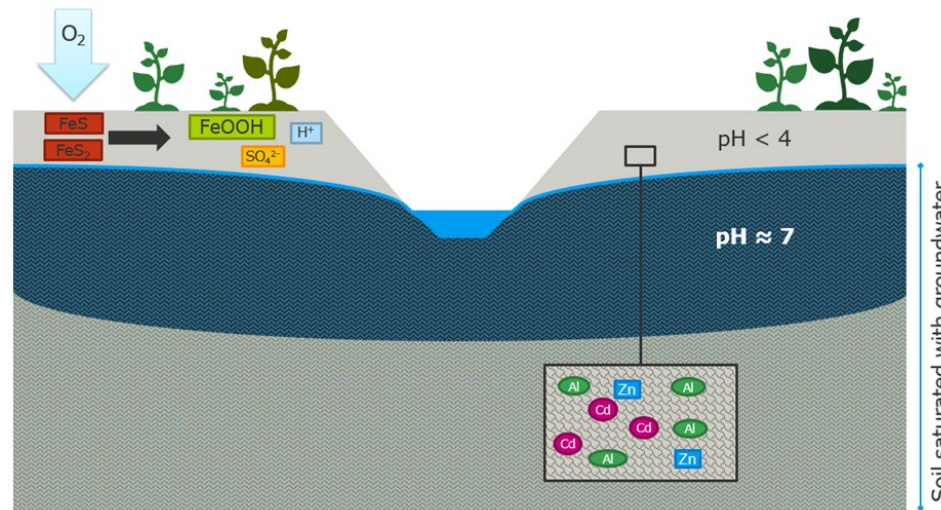
# ESIINTYMINEN

- Noin 8 000–4 000 vuotta sitten Suomen rannikkoseudut olivat Litorina-meren peitossa
- Merenpohjan rehevöityneissä ja hapettomissa olosuhteissa bakteeritoiminta muodosti rikkiyhdisteitä → sulfidipitoisia sedimenttejä
- Maankohoamisen myötä esiintymisvyöhyke ulottuu rannikkoalueella merenpinnasta noin 40-100 m korkeudelle
- Arvioitu pinta-ala 100 000 -300 000 ha



# HAPPAMIEN SULFAATTIMOIDEN LUOKITTELU

- Sulfidisavialueet ovat luonnontilassa matalia, turpeen peittämiä ja tasaisen kosteita maita, eivätkä tällöin aiheuta haittaa ympäröivälle luonnolle
- Pohjaveden pinnan tason alentumisen myötä esimerkiksi ojituksen, kaivun tai pumppauksen seurauksena sulfidit voivat hapettua sulfaateiksi ja muodostaa rikkihappoa
- Todellinen hapan sulfaattimaa (AASS)
  - **pH < 4,0** maastossa mitattuna
  - Rikki hapettuneena sulfaattina
  - Usein rautasaostumia, joskus keltaista jarosiittia
- Potentiaalinen hapan sulfaattimaa (PASS)
  - **Yleensä pH > 6** maastossa mitattuna
  - Inkubaatiossa pH laskee pH < 4
  - Rikki pelkistyneessä sulfidimuodossa
    - musta rautamonosulfidi (FeS) ja/tai
    - harmaa rautadisulfidi/pyriitti (FeS<sub>2</sub>)
  - **Rikkipitoisuus ≥ 0,2 % (savi/siltti)**



Hapan sulfaattimaa,  
AASS

Sulfidimaa (Potentiaalinen  
hapan sulfaattimaa), PASS



# HAITTAVAIKUTUKSET

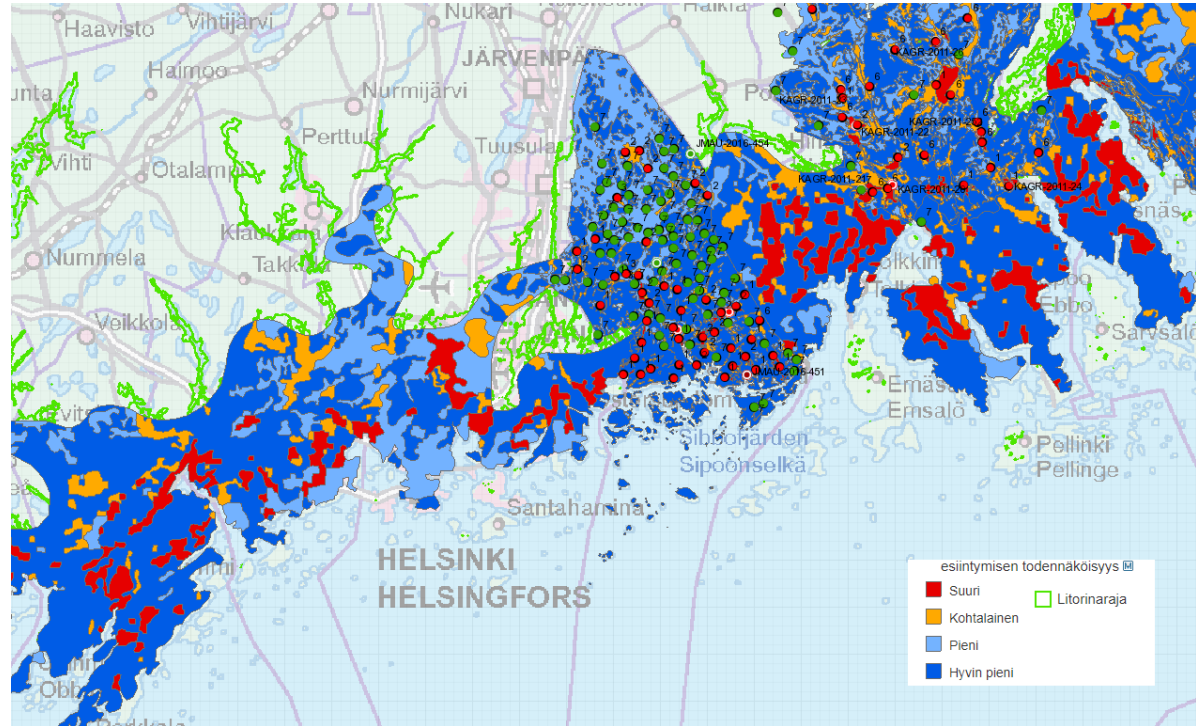
- Maarakentamistoimet sulfaatti/sulfidisavialueilla kuten kaivu, ojitus, massojen läjitys, pohjaveden pinnan alentaminen voivat johtaa PASS hapettumiseen ja happamoitumiseen
- Kuivana ajanjaksona happosuolat ja metallit varastoituvat maaperään
- Sateiden tai sulamisvesien mukana sulfaattimaiden vedet huuhtoutuvat happamana pulssina vesistöihin. Pahimmillaan happamien valumien  $\text{pH} < 3$
- Maaperän ja vesien happamoituminen
- Happamien ja metallipitoisten valumien aiheuttamat kalakuolemat ( $\text{pH} < 5,5$ , alumiinin saostuminen kiduksiin)
- Haitalliset vaikutukset maanviljelylle ja metsätaloudelle
- Korroosiovaikutukset infrarakenteisiin (teräs, betoni)
- Kustannukset käsittelystä, hallinnasta ja kunnossapidosta
- Haittavaikutusten hallintaa tarvitaan tyypillisesti:
  - Rakennusten, teiden, katujen kunnallistekniikan, rautateiden, siltojen, alikulkujen rakentamisessa, ruoppaushankkeissa



*Happamat suotovedet liuottavat maaperästä mm. alumiinia ja rautaa (Kuva, Virve Kupiainen, Ramboll, 2018)*

# HAPPAMIEN SULFAATTIMAIDEN KARTOITUSTILANNE

- GTK:n happamat sulfaattimaat – karttapalvelussa GTK:n tuottamaa kartoitustietoa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä ja ominaisuuksista [http://www.gtk.fi/tietopalvelut/palvelukuvaukset/happamat\\_sulfaattimaat.html](http://www.gtk.fi/tietopalvelut/palvelukuvaukset/happamat_sulfaattimaat.html)
- Aineisto soveltuu käytettäväksi yleismittakaavaisessa maankäytön suunnittelussa
- Aineisto ei sovellu yksityiskohtaisten, esimerkiksi hankekohtaisten suojelu-/kunnostustoimenpiteiden määrittämiseen



# NÄYTTEENOTTOMENETELMÄT

Menetelmä	Edut	Haitat
<b>Suokaira</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Visuaalinen tarkastelu, kerrostuneisuuden tunnistaminen ja pH-mittaus profiilista onnistuu kentällä</li><li>• Jatkuva näytteenotto mahdollista kairavaunuun yhdistettynä</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Käsikäyttöisen suokairan syvyysulottuvuus rajallinen</li></ul>
Kierrekaira	<ul style="list-style-type: none"><li>• Soveltuu useille maalajeille</li><li>• Nopea menetelmä</li><li>• Näytteenotto voidaan ulottaa syvälle</li><li>• Kuivakuoren avaamiseen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Häiriintyneitä näytteitä</li><li>• Visuaalinen tarkastelu ja kerrostuneisuuden tunnistaminen hankalaa</li></ul>
<b>Dual tube</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Jatkuva näytteenotto mahdollista (1 m)</li><li>• Maalajien kerrosrajojen visuaalinen tarkastelu mahdollista laboratoriossa</li><li>• Melko ilmatiiviitä putkia, vähentää hapettumista</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Näytteiden avaus ja käsittely vaativat aikaa laboratoriossa</li></ul>
St 2-näytteenotin	<ul style="list-style-type: none"><li>• Häiriintymättömiä näytteitä</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Näytteenotto hidasta</li><li>• Jatkuva profiili edellyttää rinnakkaisen kairareian</li><li>• Lyhyitä näytteitä (17 cm)</li><li>• Valokuvaus, visuaalinen tarkastelu ei kentällä mahdollista</li></ul>
Kaivinkone	<ul style="list-style-type: none"><li>• Soveltuu kaikentyyppisille maalajeille</li><li>• Saa tarvittaessa suuria näytemääriä</li><li>• Visuaalinen tarkastelu koekuopasta jollain tarkkuudella mahdollista (kerrostuneisuus, maalajit, värit)</li><li>• Kenttätestit mahdollisia</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rajallinen syvyysulottuvuus</li></ul>



# VISUAALINEN TARKASTELU, ESIMERKKI POHJANMAALTA

Vaalea,  
hapettunut  
sulfaattimaa  
AASS, pH < 4

Musta, pelkistynyt  
sulfidimaa(FeS)  
pohjavedenpinnan  
alapuolella, PASS  
pH >6



# VISUAALINEN TARKASTELU , ESIMERKKI PK-SEUDULTA

Piste / syvyys	Osanäyte [m]	Kenttä pH Mittari (mittaus syvyys [m])	S <sub>tot</sub> LECO [m- %]	Silmäm. maalajiarvio [GEO]
1 / 0,25-1 m	0,25 - 0,5	5,09 (0,25)		ljSa
	0,5-0,75	4,32 (0,5) /5,45 (0,6)	0,052	
	0,75-1	4,81 (0,75)	0,077	
1 / 1-1,5 m	1-1,25	4,52 (1)	1,7	ljSa
	1,25-1,5	5,3 (1,25)	1,2	Sa / ljSa
	1,5-1,75	6,45 (1,5)	1,5	Sa / ljSa
1 / 1,5-2 m	1,75-2	6,66 (1,75)		Sa / ljSa



0,25-1m 1-1,5m 1,5-2m

PASS (FeS<sub>2</sub>) ei ole visuaalisesti havaittavissa

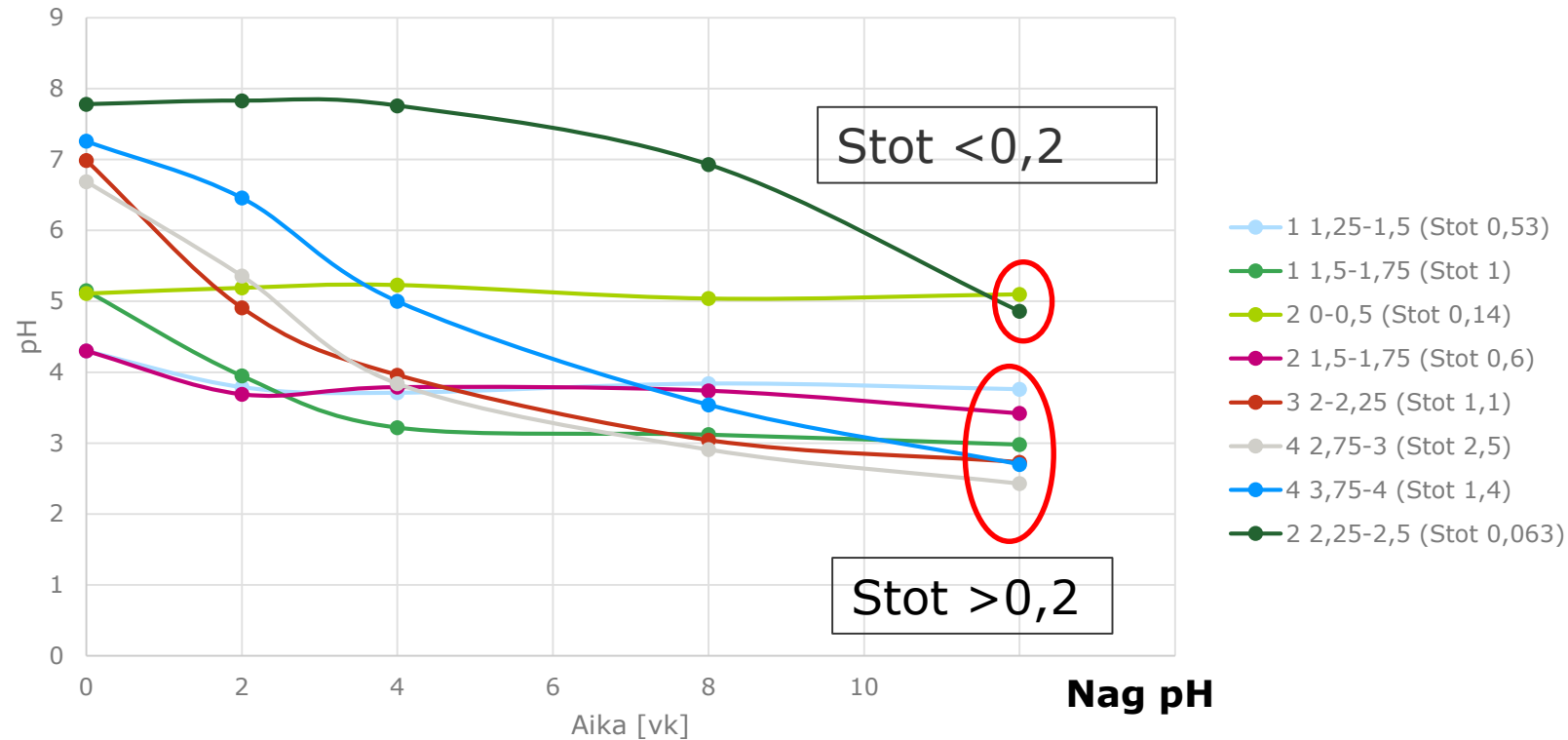


# KENTTÄHAVAINNOT RIKKIVEDYN HAJUN PERUSTEELLA

- Pelkkä HCl käsittely ja rikkivedyn hajun perusteella tehty arvio maaperän sulfidipitoisuudesta on epätarkka ja voi pahimmassa tapauksessa johtaa vääriin tulkintoihin:
- Rautamonosulfidi (FeS) + suolahappo vapauttaa rikkivetyä ja haju tunnistettava
- Rautadisulfidi (FeS<sub>2</sub>) ei vapauta rikkivetyä suolahapon kanssa
- PK-seudulla PASS ovat tyypillisesti rautadisulfidimuodossa

Tutkimuskohde	Syvyys	S <sub>tot</sub>	HCl käsittely ja aistinvarainen hajuarvio	
<b>Espoo, Suviniitty</b>				
K107	3,17-3,34	1,8	selvä rikkivedyn haju	
	3,87-4,04	1,4	selvä rikkivedyn haju	
	5,17-5,34	1,6	ei hajua	
	7-7,17	0,64	ei hajua	
	7,34-7,51	0,24	mieto rikkivedyn haju	
<b>Helsinki, Malmin lentokenttä</b>				
1	1,5-1,75	1,0	Ei hajua	
	3-3,25	0,14	Rikkivedyn haju	
2	0,25 - 0,5	0,14	ei hajua	
	0,75-1	0,28	Ei hajua	
	1,5-1,75	0,6	Ei hajua	
	2,25-2,5	0,063	Selvä rikkivedyn haju	
	2,75-3	0,15	Mieto rikkivedyn haju	
3	0,5-0,75	0,085	Ei hajua	
	1-1,25	0,75	Mieto rikkivedyn haju	
4	2-2,25	1,1	Ei hajua	
	2,75-3	2,5	Ei hajua	
	3,5-3,75	1,4	Hyvin mieto rikkivedyn haju	
	4,25-4,5	2,2	Ei hajua	
Vantaa, Satomäki	5,5-5,75	0,12	Selvä rikkivedyn haju	
	S1	0,5-0,75	0,052	ei hajua
		1-1,25	1,7	mieto rikkivedyn haju
		3-3,5	0,9	Selvä rikkivedyn haju
	S2	0,5-0,75	0,069	ei hajua
1-1,25		0,068	Selvä rikkivedyn haju	
1,5-2		1,1	Selvä rikkivedyn haju	
2,5-3		0,64	ei hajua	
	3,5-4	1,6	ei hajua	

# NÄYTTEIDEN INKUBOINNIN JA NAG-PH MENETELMÄN VERTAILU HAPPAMOITUMISEN JA PH-MUUTOKSEN TODENTAMISEKSI



- Näytteiden inkubointi kestää 8-16 viikkoa
- NAG-pH noin 1 vrk

# TESTATTUJA TUNNISTUSMENETELMIÄ JA SUOSITELLUT MENETELMÄT

## TESTATUT MENETELMÄT

- Visuaalinen tarkastelu (kerrostuneisuus, musta väri) → *pelkän värin perusteella virhetulkinnan mahdollisuus*
- Rikkivedyn haju suolahappokäsittelyssä → *pelkän hajun perusteella virhetulkinnan mahdollisuus*
- Kenttä pH / laboratorio pH → tärkeä analyysi AASS tunnistamiseen
- Stot → tärkeä analyysi PASS tunnistamiseen
- Inkuboitu pH (> 8..16 viikkoa) → hyvä menetelmä, mutta hidas
- NAG-pH kentällä/ laboratoriossa → korvaa inkuboitua pH -menetelmää
- Fe/S suhde → *epätarkka happamoitumispotentiaalın arvioinnissa*
- Hehkutushäviö, vesipitoisuus → geoteknisiä parametrejä, puskurikyvyn arviointi
- NAG (kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / t maata) → hapon tuoton arviointiin, ei tarvita tunnistukseen, mutta tuo lisäarvoa riskienhallinnan suunnittelussa

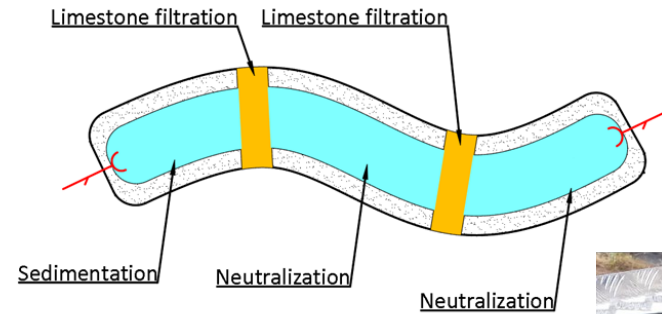
## SUOSITUKSET

- **Maalajien kerrostuneisuus ja kenttähavainnot** (valokuvat, maalaji, kerrospaksuus, väri, haju, pv-pinnantaso dokumentoidaan huomioiden että haju- ja väritunnistus eivät ole riittäviä)
- **Kenttä pH / laboratorio pH** mittaukset hapettuneen sulfaattimaakerroksen ja pelkistyneen sulfidimaakerroksen erottamiseksi
- **Kokonaisrikkipitoisuus, S<sub>tot</sub>** PASS tunnistamiseksi
- **Hapetetun näytteen pH (inkubointi tai NAG-pH)** PASS tunnistamiseksi

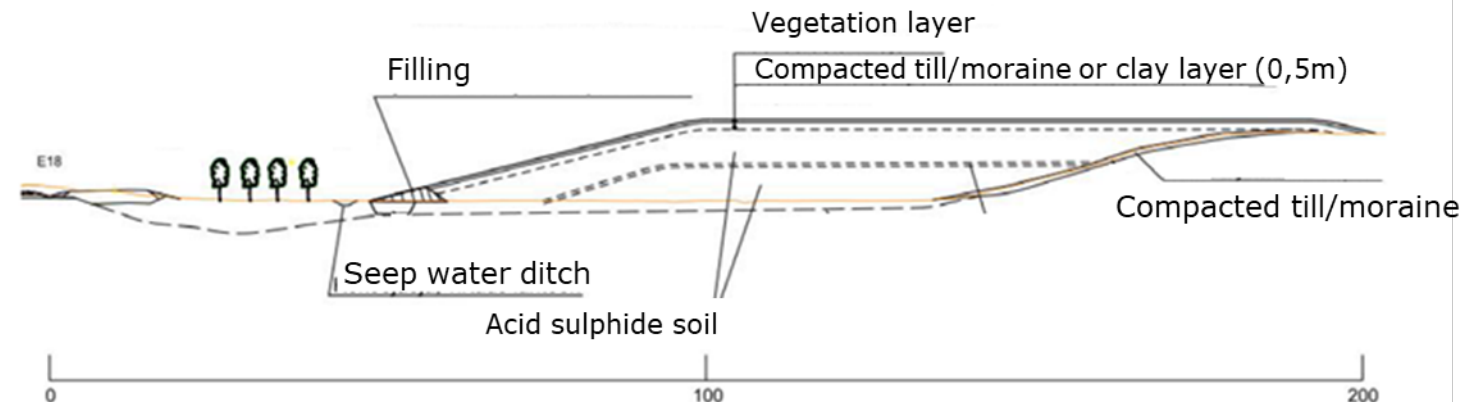


# HAPPAMIEN SULFAATTIMOIDEN HALLINTA INFRAHANKKEISSA

- Happamien sulfaattimaiden tunnistaminen tärkeää
- Happamien sulfaattimaiden huomioiminen maankäytössä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa
- Suunnittelussa huomioitavia asioita:
  - Kaivun ja massanvaihdon välttäminen jos mahdollista
  - Pohjaveden kuivatustason määrittäminen → AASS massamäärän arviointi
  - Välivarastoinnin suunnittelu ja läjityspaikan selvittäminen
  - Korroosiovaikutusten huomioiminen infrarakentamisessa
  - Maa-aineksen neutralointi tai riittävä peittäminen
  - Suotovesien tarkkailu ja käsittely (neutralointi), erilliset suoto- ja hulevedet
  - Herkkien vesistöjen tarkkailu



Cross-section of E18 ASS landfill



# JATKOTOIMENPIDETARPEET

- **KANSALLINEN OHJEISTUS HAPPAMIEN SULFAATTIMOIDEN LUOKITTELUUN JA RISKIENHALLINTAAN ESIM  
YMPÄRISTÖHALLINNON ERILLISSELVITYKSENÄ**