

Sulfidiselvitys Patrikkasuon suunnittelualueella Ilomantsissa

Jaakko Auri

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

KUVAILULEHTI

5.2.2024 / GTK/668/03.02/2023

Tekijät Jaakko Auri		Raportin laji Tilaustyö	
		Toimeksiantaja Neova Oy	
Raportin nimi Sulfidiselvitys Patrikkasuon suunnittelualueella Ilomantsissa			
Tiivistelmä Tässä raportissa esitetään arvio sulfidisedimenttien esiintymisestä ja ominaisuuksista Patrikkasuon suunnittelualueella (Neova Oy) Ilomantsissa. Arvio perustuu kairauksiin (13 kpl), joilla tunnistettiin maalajit ja otettiin näytteitä sekä turpeesta että mineraalimaasta (yhteensä 119 kpl). Kaikista näytteistä mitattiin maasto-pH ja inkuboitu-pH sekä valikoiduista näytteistä kokonaisrikkipitoisuus (37 kpl) ja hapontuottopotentiaali (TIA / 22 kpl). Turvekerroksen paksuus vaihteli kairauksissa 50-400 cm:n välillä. Turpeen alainen pohjamaa on yleisesti karkeaa hietaa, hiekkaa tai hiekkamoreenia. Satunnaisesti turvekerroksen ja pohjamaan välillä voi olla ohut liejukerros. Näytteissä ei ollut sulfidipitoisuuteen viittaavia väri- tai hajutunnusmerkkejä. Analysoitujen näytteiden rikkipitoisuus- ja inkubaatiotulosten perusteella 11/13 tutkitusta pisteestä voidaan luokitella happamaksi sulfaattimaaksi. Happamat sulfaattimaamateriaalit ovat alueella pohjaturvetta, karkeaa hietaa, hiekkaa ja hiekkamoreenia. Pohjaturve tunnistettiin happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi vain kolmella havaintopisteellä. Pohjaturpeen ja/tai heti sen alapuolella olevan mineraalimaan hapontuottopotentiaali oli yleisesti suuri tai kohtalainen. Tulosten perusteella arvioidaan, että Patrikkasuolla on yleisesti happamia sulfaattimaita. Kaikkia happamoituvat kerrokset ovat pohjaveden pinnantason alapuolista potentiaalista hapanta sulfaattimaata.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Turvetuotantoalue, hapan sulfaattimaa, maalajit, pH-mittaus, pH-inkubaatio, rikkipitoisuus, asiditeetti			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Pohjois-Karjala, Ilomantsi, Patrikkasuo			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus	
Kokonaissivumäärä	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus Ei julkinen
Yksikkö ja vastuualue Ympäristöratkaisut		Hanketunnus	
Allekirjoitus/nimen selvennys		Allekirjoitus/nimen selvennys	

Sisällysluettelo

Kuvailulehti

1	TUTKIMUKSEN TAUSTA	1
1.1	Happamat sulfaattimaamateriaalit ja riskiluokitus	1
2	TUTKIMUSALUE	2
3	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	3
3.1	GTK:n aineisto	3
3.2	Maaperäkairaukset ja maastohavainnot	3
3.3	Maasto-pH ja inkuboitu pH	4
3.4	Rikkipitoisuus ja hapontuottopotentiaali (TIA)	4
4	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	4
4.1	Maalajit ja kerrosjärjestys	4
4.2	Kairausnäytteiden rikkipitoisuus, maasto-pH ja inkuboitu pH	4
4.3	Hapontuottopotentiaali (asiditeettimääritys)	6
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	6
6	VIITELUETTELO	6

5.2.2024

1 TUTKIMUKSEN TAUSTA

Neova Oy tilasi 24.10.2023 GTK:lta sulfidiriskiselvityksen Ilomantsin kunnassa sijaitsevalta Patrikkasuon suunnittelualueelta. Selvityksen tarkoituksena oli selvittää happamien sulfaattimaiden esiintyminen alueella sekä arvioida maaperän mahdollista happamoitumisriskiä maalajien hapontuottopotentiaalin perusteella.

Happamien sulfaattimaiden tiedetään aiheuttavan maaperän ja vesistöjen happamoitumisriskin, mikäli pohjavedenpinnan alapuoliset hapettumattomat sulfidirikipitoiset maakerrokset altistuvat hapettumiselle. Happamoitumisen seurauksena maakerroksista voi myös vapautua haitallisia määriä metalleja vesistöihin. Turvetuotannossa happamoitumisriski liittyy erityisesti tuotantoalueen perustamisvaiheeseen, jolloin rakennetaan laskeutusaltaat ja syvimät kokoojaojat, jotka ulottuvat tyypillisesti mineraalimaahan. Toisaalta happamoitumisriski voi muodostua myös tuotannon loppuvaiheessa, mikäli sarkaojat ulottuvat mineraalimaahan saakka ja turvekerros tuotetaan hyvin ohueksi, jolloin pohjamaa voi päästä hapettumaan.

Patrikkasuon suunnittelualue sijaitsee noin 165 metrin korkeustasolla (m mpy) ja eikä alue ole muinaisen Litorinameren vaikutusalueella, jolla tavataan yleisesti sulfidipitoisia sedimenttejä. Alueella ei ole tulkintojen mukaan kallioperän mustaliuskevöhykkeitä, mutta alueen länsipuolella on vulkaanisia kivilajeja, joissa saattaa olla rikastuneena rikkiä. Kallioperästä rapautunut rikki voi rikastua maaperän kerrokseen ja aiheuttaa vastaavaa happamoitumisriskiä kuin merelliset sulfidisedimentit.

Tutkimus perustui maaperäkairauksiin (13 kpl), joilla kuvattiin maaperän maalajit ja kerrosjärjestys sekä otettiin näytteitä (119 kpl), joista mitattiin maasto-pH ja inkuboitu-pH sekä valituista näytteistä kokonaisrikkipitoisuus ja hapontuottopotentiaali. Tutkimuksessa noudatettiin Sulfa II –projektissa laaditun oppaan (Auri ym. 2018) ohjeita kartoituksesta ja näytteenotosta. Analyysit noudattavat TUNNISTUS-hankkeen loppuraportin suosituksia (Visuri ym. 2021).

1.1 Happamat sulfaattimaamateriaalit ja riskiluokitus

Happamat sulfaattimaamateriaalit ovat sulfidirikipitoisia maa-aineksia, jotka ovat tyypillisesti liejupitoisia ja hienorakeisia maalajeja/sedimenttejä (savi, hiesu ja hieno hietä). Paikoin myös karkeat maalajit (hietä ja hiekka) ja moreeni voivat olla hapanta sulfaattimaamateriaalia. Moreenissa sulfideja voi esiintyä erityisesti kallioperän mustaliuskeiden läheisyydessä. Tyypillisesti hienorakeinen sulfidisedimentti on väriltään musta tai tumman harmaa ja haisee selvästi rikiltä. Jos sulfidisedimentit pääsevät hapettumaan, esimerkiksi ruoppaus- ja kuivatustilanteessa, syntyy maaperässä rikkihappoa rautasulfidien hapettumisen seurauksena. Mikäli sulfidisedimentin puskurikyky ei riitä neutraloimaan muodostunutta happamuutta, ympäristö voi happamoitua merkittävästi.

Luotettavin tapa selvittää sulfidien läsnäolo sedimentissä ja tunnistaa hapan sulfaattimaamateriaali on suorittaa inkubaatio-koee. Kokeessa maanäytteen annetaan hapettua 9 -19 viikkoa, jonka jälkeen maastossa mitattuja pH-arvoja verrataan hapetuksen jälkeisiin arvoihin. Mikäli pH-arvo on laskenut alle neljään (mineraalimaat) tai alle kolmeen (orgaaniset maat) ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä, voidaan näytteet tunnistaa happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi.

pH-inkubaation lisäksi happaman sulfaattimaamateriaalin tunnistamisessa voidaan hyödyntää kokonaisrikkipitoisuutta. Karkearakeiset sulfidisedimentit (hietä, hiekka ja moreeni) sisältävät tyypillisesti huomattavasti vähemmän rikkiä kuin vastaavat hienorakeiset sedimentit. Alhaisesta rikkipitoisuudesta huolimatta karkearakeiset maalajit voivat happamoitua voimakkaasti inkubaatiossa. Tämä johtuu karkearakeisten maiden luontaisesti heikosta puskurikyvystä pH-muutosta vastaan. Karkearakeisten HaSu-materiaalien rikkipitoisuuden tunnistamisrajana käytetään pitoisuutta 0,06 % kun taas vastaava arvo hienorakeisissa HaSu-materiaaleissa on 0,2 % (Visuri ym. 2021).

5.2.2024

Turpeiden ja liejujen (LOI>20 %) rikkipitoisuus voi olla yleisesti huomattavan korkea verrattuna mineraalisiin sulfaattimaihin. Turpeissa ja liejuissa rikki saattaa kuitenkin esiintyä pääosin orgaanisessa muodossa, ja siten niiden tunnistamisessa käytetään korkeampaa rikkipitoisuutta kuin mineraalimailla (turpeet 1 %, liejut 0,5 %). Erityisesti turpeiden riskiä arvioitaessa on hyvä huomioida myös niiden alhainen irtotiheys, joka voi olla alle kymmenesosa mineraalimaiden irtotiheydestä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä että, ero mineraalimaiden rikkipitoisuuteen voi olla vähäinen, jos verrataan rikkimääriä kuutioittain luonnontilaisessa maassa.

Inkuboitujen maanäytteiden asiditeettimääritys (TIA) on todettu luotettavaksi menetelmäksi arvioida maanäytteiden hapontuottopotentialiaa ja riskiä. Asiditeettiarvoja tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava myös maalaji, sillä esimerkiksi karkearakeisissa maalajeissa jo pienempi hapontuottomäärä voi olla riskin kannalta merkittävä. Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) esitetään tässä työssä sovellettu riskiluokitus (Visuri ym. 2021). Riskiluokitusta sovelletaan, mikäli näytteet tunnistetaan happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi.

Taulukko 1. Riskiluokitus hapontuottopotentialin perusteella.

Maalaji	Hapontuottopotentiali (mmol H ⁺ / kg, pH 6,5)		
	Pieni	Kohtalainen	Suuri
Turve	<250	250–600	>600
Lieju	<100	100–200	>200
Hienorakeinen materiaali	<20	20–100	>100
Karkearakeinen materiaali	<6	6–20	>20

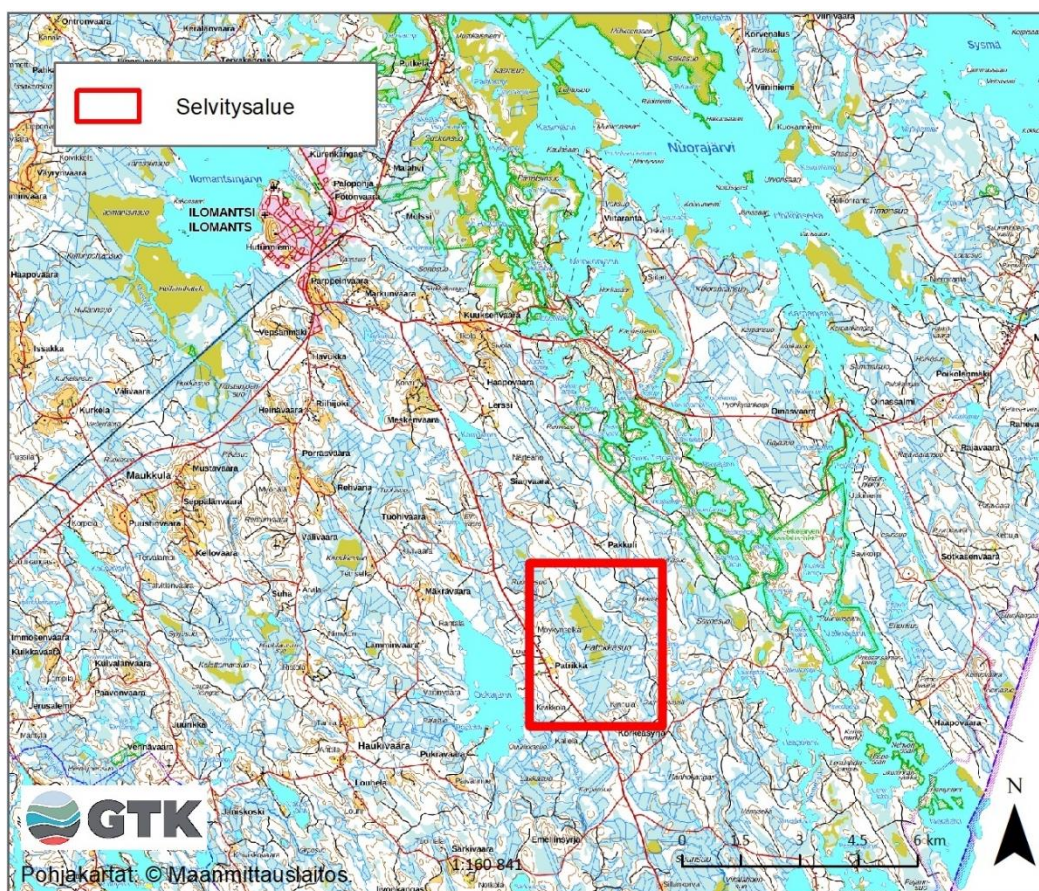
2 TUTKIMUSALUE

Patrikkasuon suunnittelualue sijaitsee Pohjois-Karjalassa Ilomantsissa (kuva 1), noin 10 kilometriä Ilomantsin taajamasta kaakkoon. Suunnittelualueen pinta-ala on noin 210 ha ja se sijaitsee noin 165 m korkeustasolla merenpinnan yläpuolella.

Maaperän yleiskartan (1:200 000) mukaan selvitysalue rajautuu turvemaihin tai moreeniin. GTK:n turvetutkimustietojen mukaan turpeen alainen maaperä on alueella pääasiassa hiekkaa ja moreenia. Paikon pohjamaan ja turvekerroksen välissä on ohut liejuserros.

GTK:n kallioperäkartoitustietojen mukaan suunnittelualueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole kallioperän mustaliuskeita, ja kallioperä on alueella tonaliittia ja biotiittiparaliusketta. Alueen länsipuolella (lähimmillään noin 100 m etäisyydellä) on kuitenkin kivilajeja (amfiboliitti, vihreäkivi, serpentiniitti), joissa voi olla rikastuneena rikkiä.

5.2.2024



Kuva 1. Selvitysalueen sijainti.

3 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 GTK:n aineisto

Tässä tutkimuksessa kerätyn aineiston ja aikaisempien selvitysten lisäksi hyödynnettiin tutkimuksen suunnittelussa ja happamien sulfaattimaiden esiintymisen tulkinnassa seuraavia aineistoja:

- GTK:n mustaliusvektoritaso (tulkinta-aineisto)
- GTK:n kallioperä-, turve- ja maaperäaineisto

GTK:n mustaliuskekartoitusaineisto perustuu pääasiassa aerogeofysikaalisen (aerosähkö- ja magneettinen) aineiston tulkintaan ja kuvaa mustaliuskeiden esiintymisen melko karkeasti.

3.2 Maaperäkairaukset ja maastohavainnot

Alueelle tehtiin 13 maaperäkairautta, joista kuusi tehtiin alueen itäisellä, noin 50 ha suuruisella osa-alueella (kuva 2). Lopulla alueella kairauksia tehtiin hieman harvemmalla tiheydellä (7 kairautta / 160 ha). Kairaukset tehtiin moottoritärkykairaan kiinnitettävällä maaperänäytteenottimella, jolla saatiin jatkuvat näytesarjat 100 cm:n osissa. Kairaukset ulotettiin vähintään 50 cm turpeen alarajan alle. Kairauspisteillä tehtiin jatkuva litostratigrafinen havainnointi (maalajimääritys, rakenteet, rajapinnat, väri) ja aistihavaintoihin perustuva tulkinta sulfidin esiintymisestä. Näytteitä otettiin jatkuvana näytesarjana turvekerroksesta ja pohjamaalajeista, noudattaen maalajikerrosrajoja. Osalla pisteistä ei saatu näytettä turvekerroksen pinnasta (liian vetistä/jäissä).

5.2.2024

Näytteet otettiin pääasiassa 20-50 cm osissa, 6-12 näytettä per kairauspiste. Turvekerroksen pohjalta ja pohjamaan pinnalta otettiin aina kaksi 20 cm osanäytettä. Näytteitä otettiin yhteensä 119 kpl. Maalajit nimettiin RT-luokituksen mukaisesti. Kairauspisteet on nimetty tunnuksella JMAU-2023-x (esim. JMAU-2023-900) ja kultakin pisteeltä otetut näytteet tunnuksella EN_JMAU-2023-x.x (esim. EN_JMAU-2023-900.1).

3.3 Maasto-pH ja inkuboitu pH

Maasto-pH mitattiin suoraan maaperänäytteiden pinnalta maastossa. Maasto-pH:n ollessa mineraalimaanäytteessä alle 4,0, voidaan maaperä luokitella (aktiiviseksi) happamaksi sulfaattimaaksi. Maasto-pH:n perusteella ei voida tunnistaa potentiaalista hapanta sulfaattimaamateriaalia.

pH-inkubaatiossa maaperänäytteiden annettiin hapettua noin 9 viikkoa tehostetusti noin 30 °C asteessa. Näytteet pidettiin kosteana lisäämällä tarvittaessa deionisoitua vettä. pH-arvo mitattiin alkutilanteessa ja hapetusjakson jälkeen. Mikäli pH inkubaation jälkeen mineraalimaanäytteessä on alle 4,0 ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä lähtötilanteeseen nähden, voidaan näyte todeta happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi. Turve voidaan tunnistaa happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi, mikäli maastossa mitattu pH on alle 3 ja/tai inkuboitu pH < 3 ja pH laskenut inkubaation yhteydessä yli 0,5 yksikköä.

3.4 Rikkipitoisuus ja hapontuottopotentiaali (TIA)

Yhteensä 37 näytteestä analysoitiin rikkipitoisuus ICP-OES-tekniikalla (mineraalimaanäytteet) tai rikkianalysointorilla (turvenäytteet). Mineraalimaanäytteet liuotettiin kuningasvedellä ja turvenäytteet typpihapolla mikroalouunissa. Näytteet esikäsiteltiin kuivamalla ja jauhamalla. Kaikki analyysit tehtiin Eurofins Oy:ssä. Rikkipitoisuutta hyödynnetään inkubaation rinnalla happaman sulfaattimaamateriaalin tunnistamisessa ja tukemaan hapontuottopotentiaalin (TIA) perusteella tehtävää riskinarviota.

TIA määritettiin titraamalla inkuboitujen näytteiden (22 kpl) pH NaOH:lla arvoon 6,5. Näytteissä oleva happomäärä ilmoitetaan yksikössä mmol H⁺/kg kuivaa maa-ainesta. Pohjamaanäytteiden hapontuottopotentiaali laskettiin vertailun vuoksi myös teoreettisena hapontuottona kokonaisrikkipitoisuuden perusteella (Visuri ym. 2021 mukaan). Taulukossa 2 esitetään hapontuottopotentiaalin luokitusrajat eri maalajiryhmissä.

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuspisteiden sijainti ja happamoitumisriski pisteillä on esitetty kuvassa 2. Kairauksista tehty maalaji- ja kerrosjärjestyshavaintotiedot, pH-mittaustulokset sekä rikkipitoisuudet esitetään profiilikuvina liitteessä 1 sekä taulukkomuodossa liitteessä 2.

4.1 Maalajit ja kerrosjärjestys

Patrikkasuolla tehtiin 13 kairasta, jotka ulottuivat 150-500 cm:n syvyydelle maanpinnasta. Turvekerroksen paksuus vaihteli kairauspisteillä 50 ja 400 cm:n välillä. Turpeen alla oli yleisesti hiekkamoreenia, karkeaa hietaa tai hiekkaa. Pisteellä JMAU-2023-910 oli moreenissa runsaasti kiviä. Kolmella pisteellä oli turpeen ja mineraalimaan välissä liejukerros, jonka paksuus vaihteli muutamasta sentistä noin 40 cm:iin. Kaikki turvekerroksen alaiset pohjamaakerrokset olivat pohjaveden pinnantason alapuolella ja hapettumattomia. Näytteissä ei ollut sulfidipitoisuuteen viittaavia väri- tai hajutunnusmerkkejä.

4.2 Kairausnäytteiden rikkipitoisuus, maasto-pH ja inkuboitu pH

Analysoitujen pohjamaanäytteiden (18 kpl) kokonaisrikkipitoisuuksien vaihteluväli oli 0,016-0,144 %. Vain viidessä näytteessä pitoisuus ylitti karkearakeisten happamien sulfaattimaamateriaalien tunnistusrajan (0,06 %). Korkein pitoisuus analysoitiin moreeninäytteestä pisteellä JMAU-2023-909. Pitoisuudet olivat suurimpia heti turvekerroksen alapuolisessa 20 cm:n osanäytteessä. Tämän alapuolella pitoisuudet olivat tyypillisesti selvästi

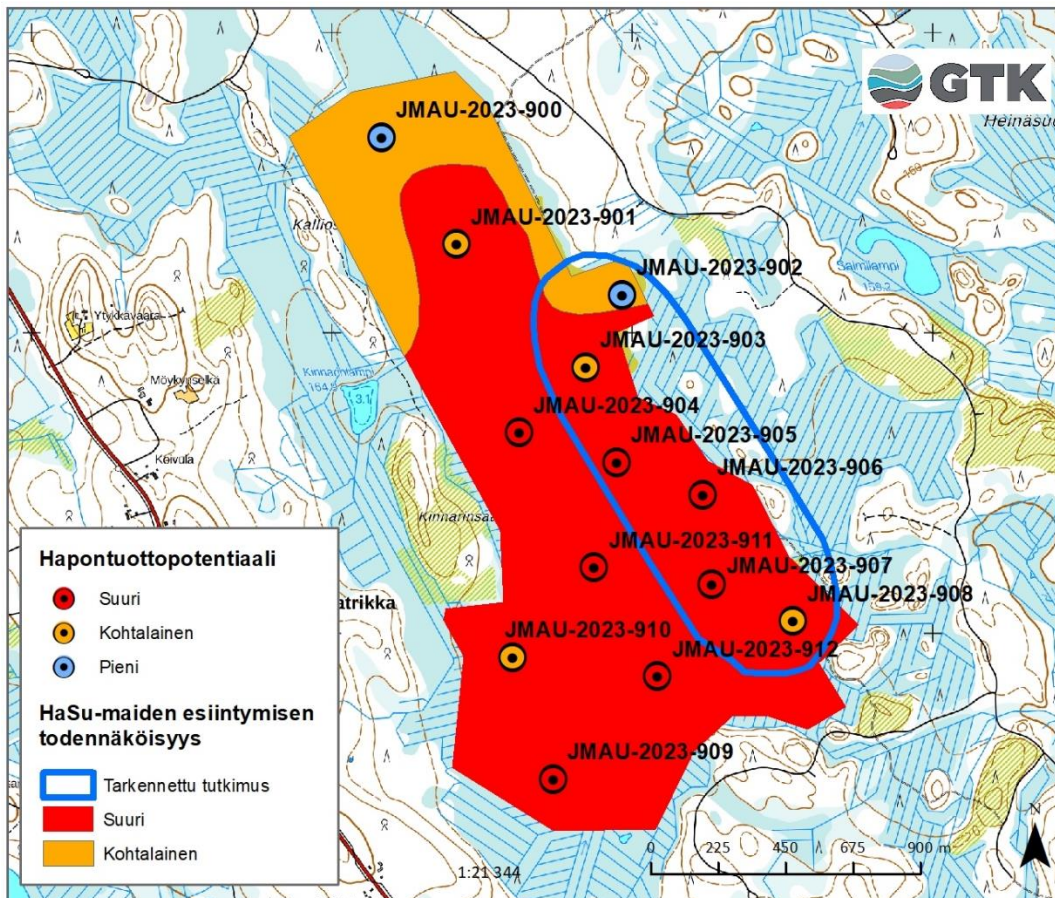
5.2.2024

alhaisemmat. Turvenäytteiden kokonaisrikkipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,10 % ja 1,94 %. HaSu-materiaalin tunnistusraja (1 %) ylittyi kolmessa pohjaturvenäytteessä pisteillä JMAU-2023-904, JMAU-2023-907 ja JMAU-2023-911. Pienimmät pitoisuudet mitattiin pintaturvenäytteistä.

Turvenäytteiden maasto-pH-arvot vaihtelivat välillä 4,0 ja 6,1. Alhaisimmat pH:t mitattiin turvekerroksen pintaosasta otetuissa näytteissä ja arvot kohosivat yleisesti kohti turvekerroksen pohjaa. Pohjamaanäytteiden maasto-pH-arvot vaihtelivat 4,8 ja 7,3 välillä. Maasto-pH:n perusteella tutkituilla pisteillä ei ole aktiivista hapanta sulfaattimaamateriaalia.

Näytteiden inkubaatiossa pisteiden JMAU-2023-904 ja JMAU-2023-907 pohjaturvenäytteiden pH laski alle kolmeen ja ne voidaan tunnistaa HaSu-materiaaliksi. Tunnistusta tukevat näytteiden korkeat rikkipitoisuudet (yli 1 %). Myös pisteellä JMAU-2023-911 laski pohjaturpeen pH voimakkaasti arvoon 3,0 ja koska näytteessä oli myös yli 1 % rikkiä, voidaan se tunnistaa HaSu-materiaaliksi. Liejunäytteiden pH:t eivät laskeneet alle raja-arvon (3,0).

Karkea hietta-, hiekka- ja moreeninäytteiden pH:t laskivat inkubaatiossa alle 4:ään melko yleisesti, lukuun ottamatta pisteitä JMAU-2023-900 ja JMAU-2023-902. Happamoituminen oli tyypillisesti voimakkainta heti turvekerroksen alapuolisessa 20 cm osanäytteessä, ja osalla pisteistä inkubaatio-pH oli alle 4 vain kyseisessä näytteessä. Turvekerroksen rajalla olevissa mineraalimaanäytteissä saattaa olla mukana turvekerroksesta suotautunutta happamuutta tai näytteisiin on voinut sekoittua mukaan pieniä määriä turvetta, mikä on voinut vaikuttaa inkubaatituloksiin. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin arvioida, että alueen pohjamaat ovat varsin yleisesti potentiaalista hapanta sulfaattimaamateriaalia (kuva 2).



Kuva 2. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen selvitysalueella sekä tutkimuspisteet.

5.2.2024

4.3 Hapontuottopotentiaali (asiditeettimääritys)

Hapontuottopotentiaali määritettiin kolmesta HaSu-materiaaliksi tunnistetusta turvenäytteestä. Asiditeetti oli niissä 645-1011 mmol H⁺ / kg ja näytteet luokituvat siten suurimpaan hapontuoton luokkaan (yli 600 mmol H⁺ / kg).

HaSu-materiaaliksi tunnistettujen mineraalimaanäytteiden asiditeetit olivat 8-142 mmol H⁺ / kg. Kokonaisrikkipitoisuuden perusteella lasketut teoreettiset hapontuottopotentiaalit olivat muutamissa turpeen rajalla olevissa näytteissä selvästi alhaisemmat (enimmillään 90 mmol H⁺ / kg), ja tulosten perusteella voidaan tulkita, että näytteisiin on suotautunut orgaanista happamuutta pohjaturpeesta. Hapontuottoluokituksessa käytetään siksi tässä tutkimuksessa teoreettista hapontuottopotentiaalia niiden näytteiden osalta, joissa arvo on määritettyä asiditeettia (TIA) alhaisempi. Määritetty asiditeetti on HaSu-mailla yleisesti aina pienempi kuin rikkipitoisuuden perusteella laskettu teoreettinen hapontuottopotentiaali.

Kymmenen näytteistä luokitui kohtalaiseen hapontuoton luokkaan (6-20 mmol H⁺ / kg) ja 7 näytettä suureen luokkaan (yli 20 mmol H⁺ / kg).

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan arvioida, että Patrikkasuon tutkimusalueella turvekerroksen paksuus vaihtelee karkeasti 50-400 cm:n välillä. Turpeen alainen pohjamaa on yleisesti, karkeaa hietaa, hiekkaa tai hiekkamoreenia. Satunnaisesti turvekerroksen ja pohjamaan välillä voi olla ohut liejuserros.

Analysoitujen näytteiden rikkipitoisuus- ja inkubaatiotulosten perusteella 11/13 tutkitusta pisteestä voidaan luokitella happamaksi sulfaattimaaksi. Happamat sulfaattimaamateriaalit ovat alueella pohjaturvetta, karkeaa hietaa, hiekkaa ja hiekkamoreenia. Pohjaturpeen happamoituminen on alueella satunnaista, mutta kerroksen hapontuottopotentiaali voi olla suuri. Pohjamaana olevat karkeat mineraalimaat sen sijaan happamoituvat yleisesti lähes koko selvitysalueella. Pohjamaan happamoituminen ja hapontuottopotentiaali on merkittävintä melko ohuessa vyöhykkeessä heti turvekerroksen alla.

Kaikki happamat sulfaattimaamateriaalit ovat alueella pohjaveden pinnantason alapuolella olevia potentiaalisia HaSu-materiaaleja. Sulfidipitoisuus ei ole havaittavissa näytteistä aistinvaraisesti.

6 VIITELUETTELO

Auri, J., Boman, A., Hadzic, M. ja Nystrand, M. 2018. Opas happamien sulfaattimaiden kartoitukseen turvetuotantoalueilla, versio 1. Haettu sivustolta <https://www.syke.fi/hankkeet/sulfa2>

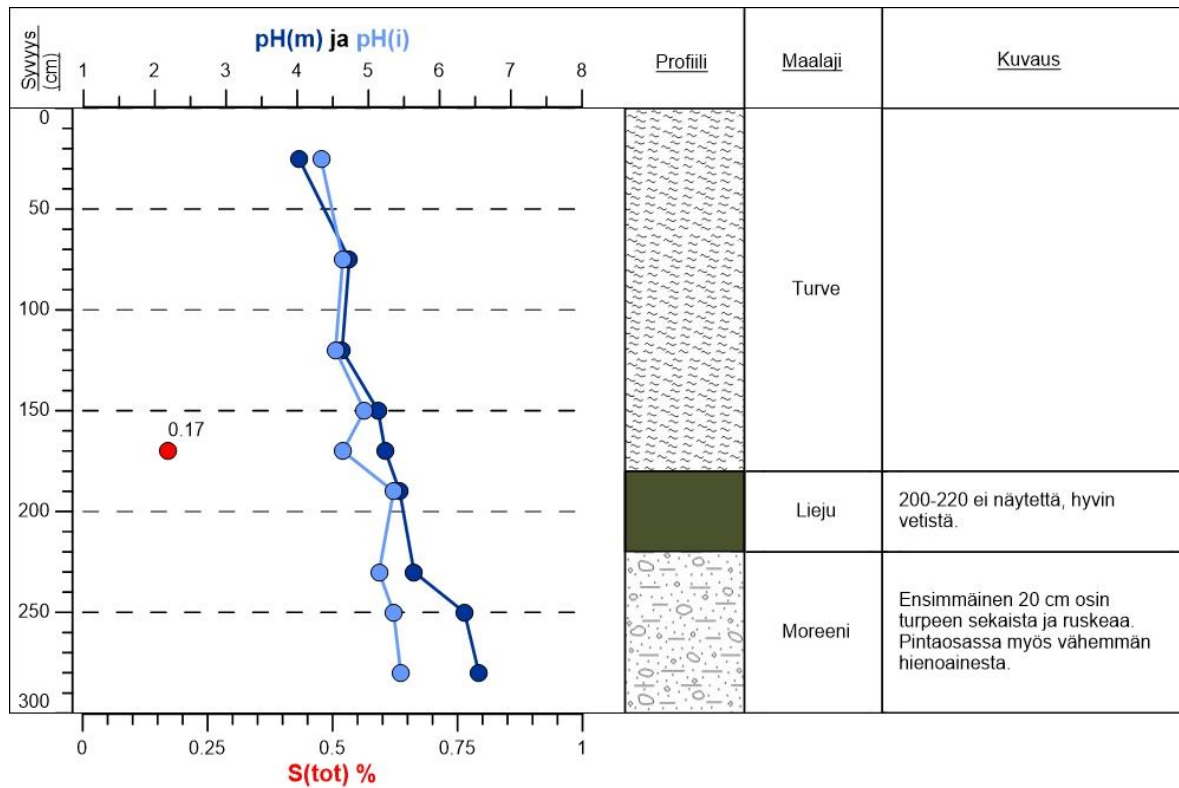
Dear, S-E., Ahern, C. R., O'Brien, L. E., Dobos, S. K., McElnea, A. E., Moore, N. G. & Watling, K. M., 2014. Queensland Acid Sulfate Soil Technical Manual: Soil Management Guidelines. Brisbane: Department of Science, Information Technology, Innovation and the Arts, Queensland Government.

Visuri, M., Nystrand, M., Auri, J., Österholm, P., Nilivaara, R., Boman, A., Räisänen, J., Mattbäck, S., Korhonen, A. & Ihme, R. 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2021.

Liite 1. Maaprofiilit ja analyysitulokset

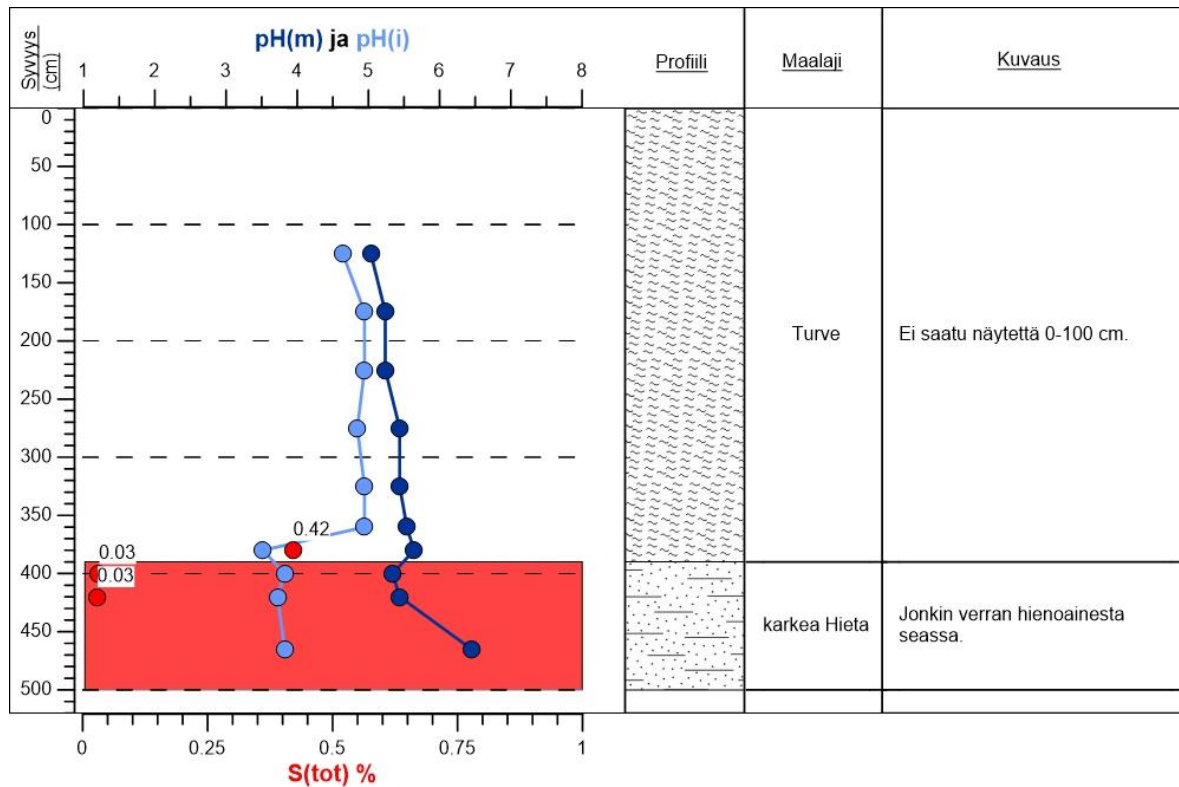
JMAU-2023-900, korkeustaso 165,8 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

Ei HaSu-materiaalia.



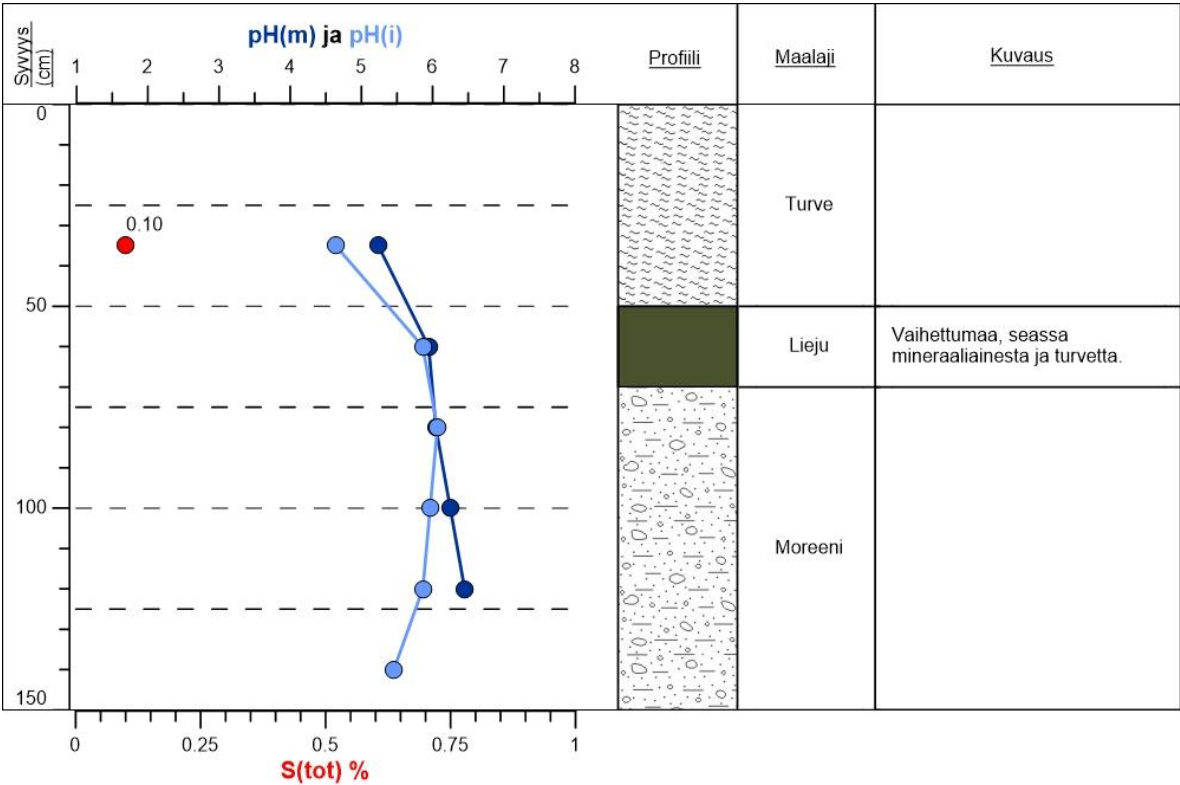
JMAU-2023-901, korkeustaso 164,5 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 390-500 cm.



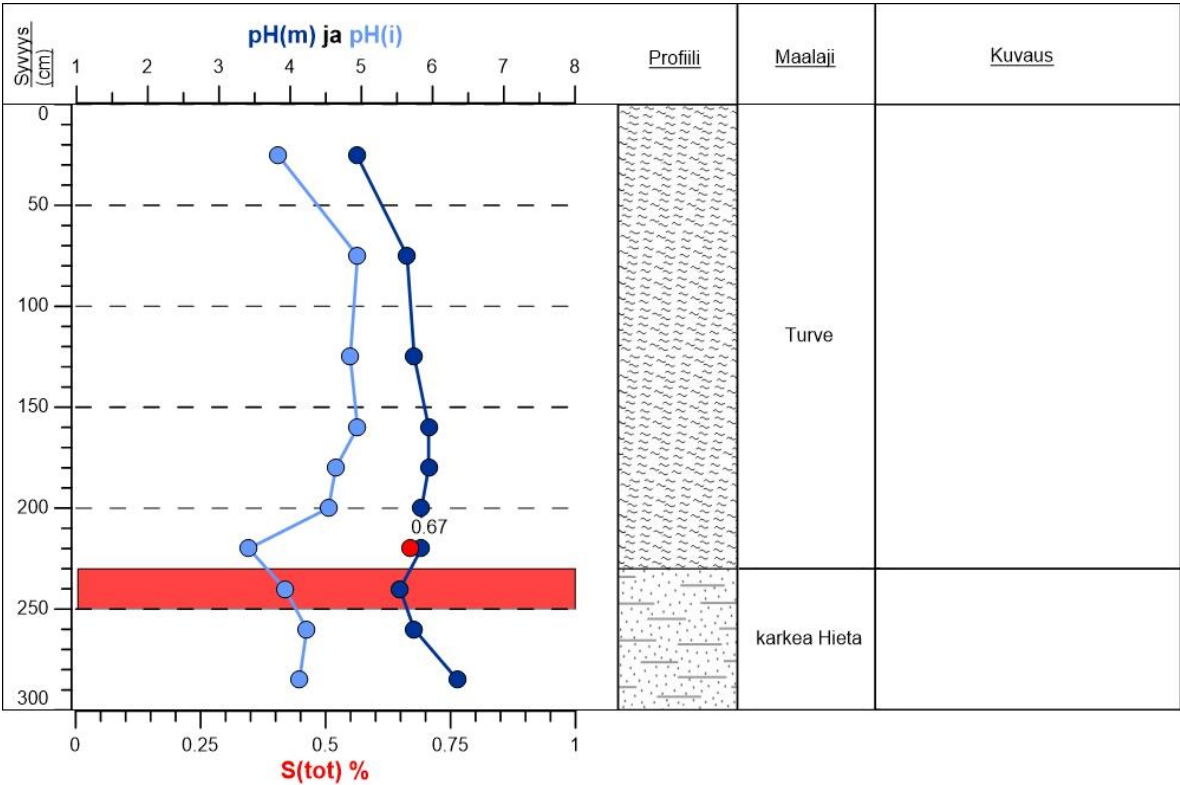
JMAU-2023-902, korkeustaso 162,9 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

Ei HaSu-materiaalia.



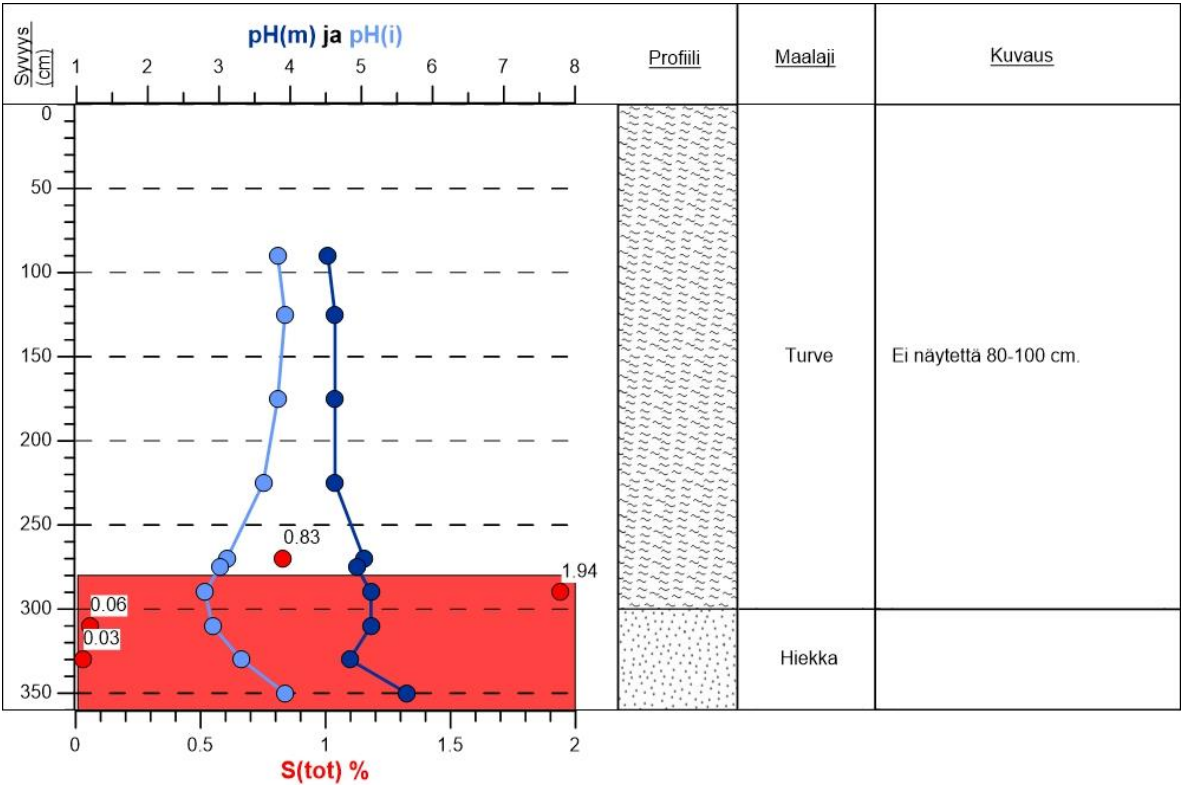
JMAU-2023-903, korkeustaso 162,6 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 230-250 cm.



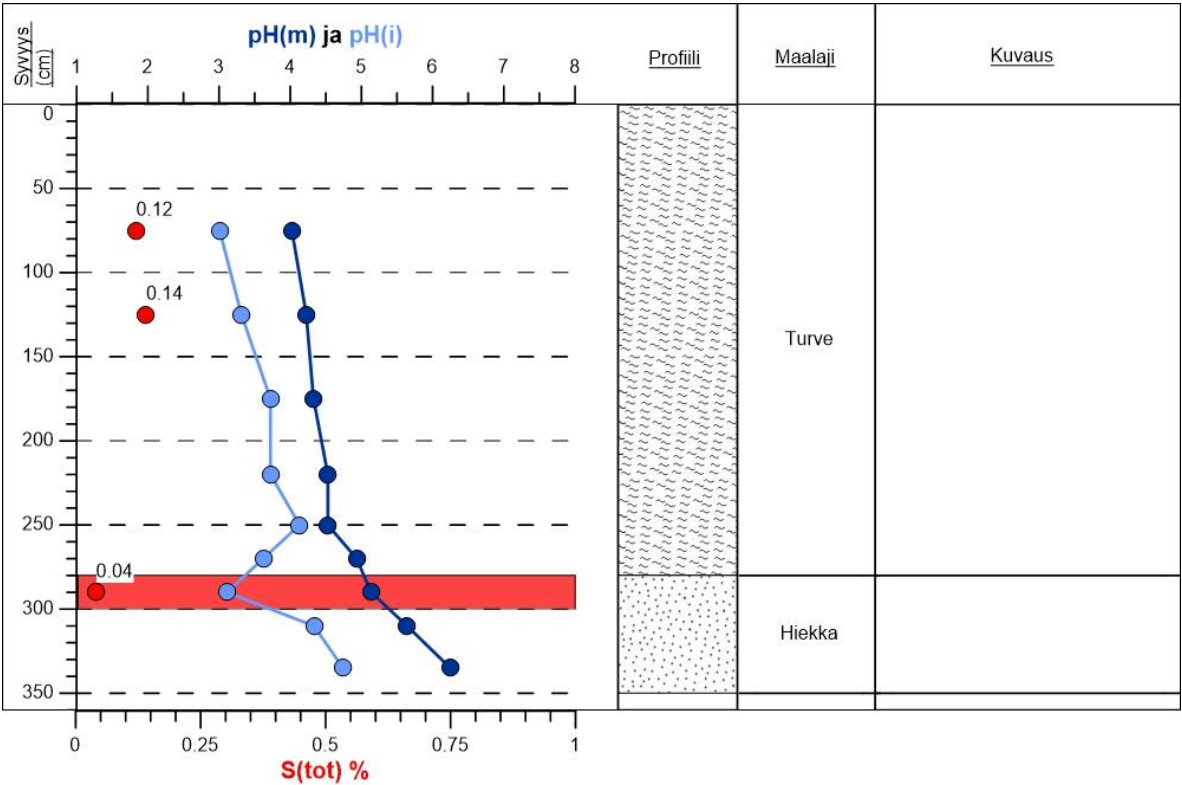
JMAU-2023-904, korkeustaso 163,4 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 280-360 cm.



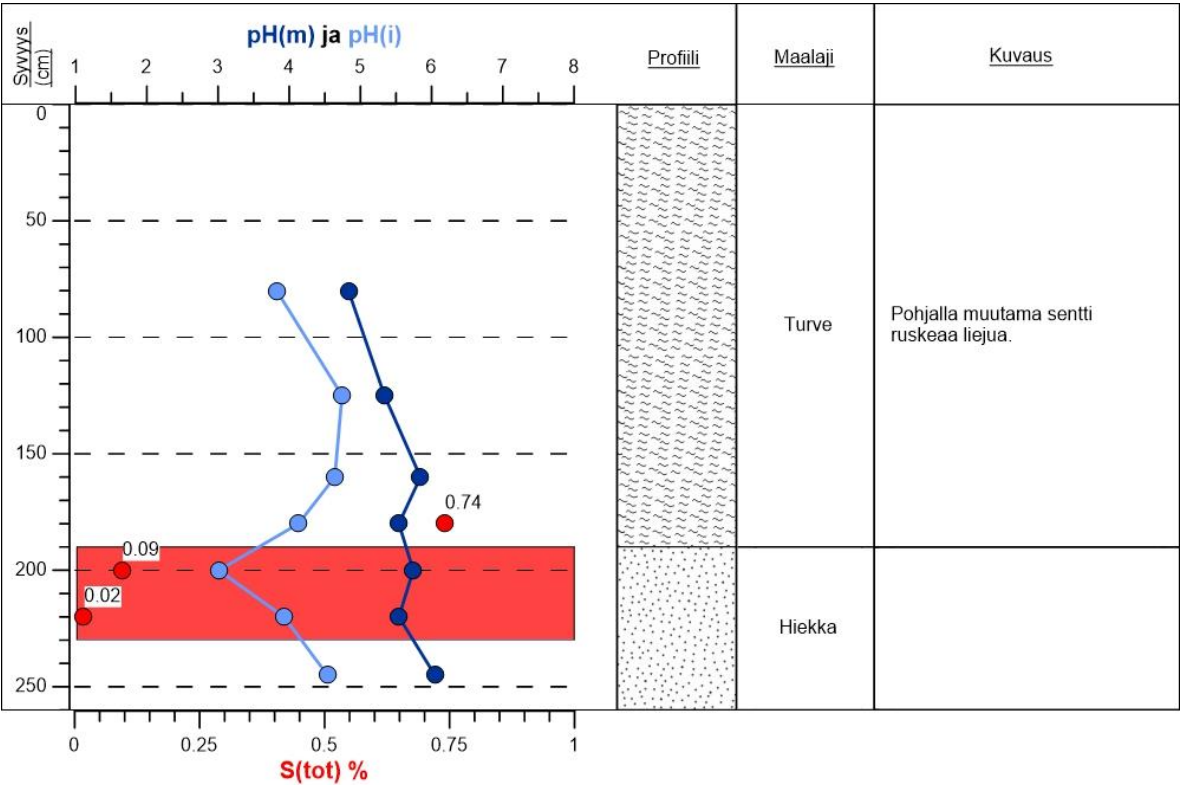
JMAU-2023-905, korkeustaso 162,9 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 280-300 cm.



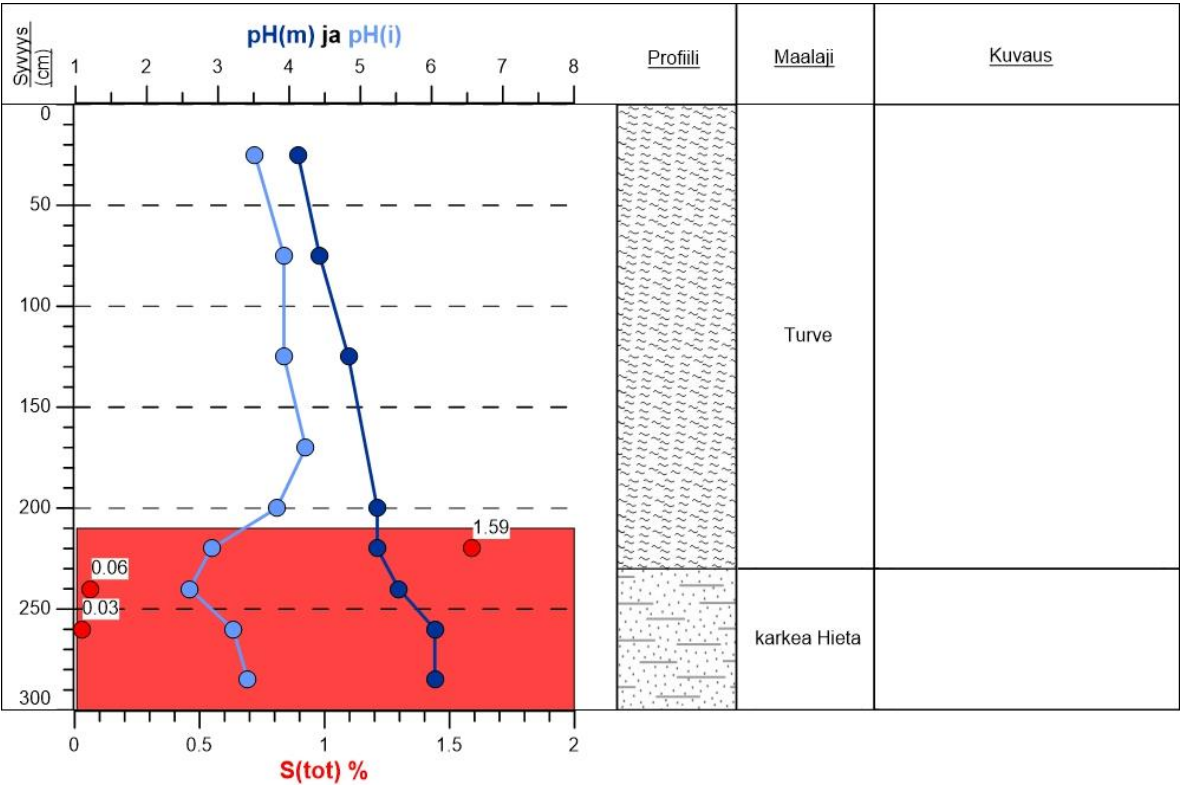
JMAU-2023-906, korkeustaso 162,0 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 190-230 cm.



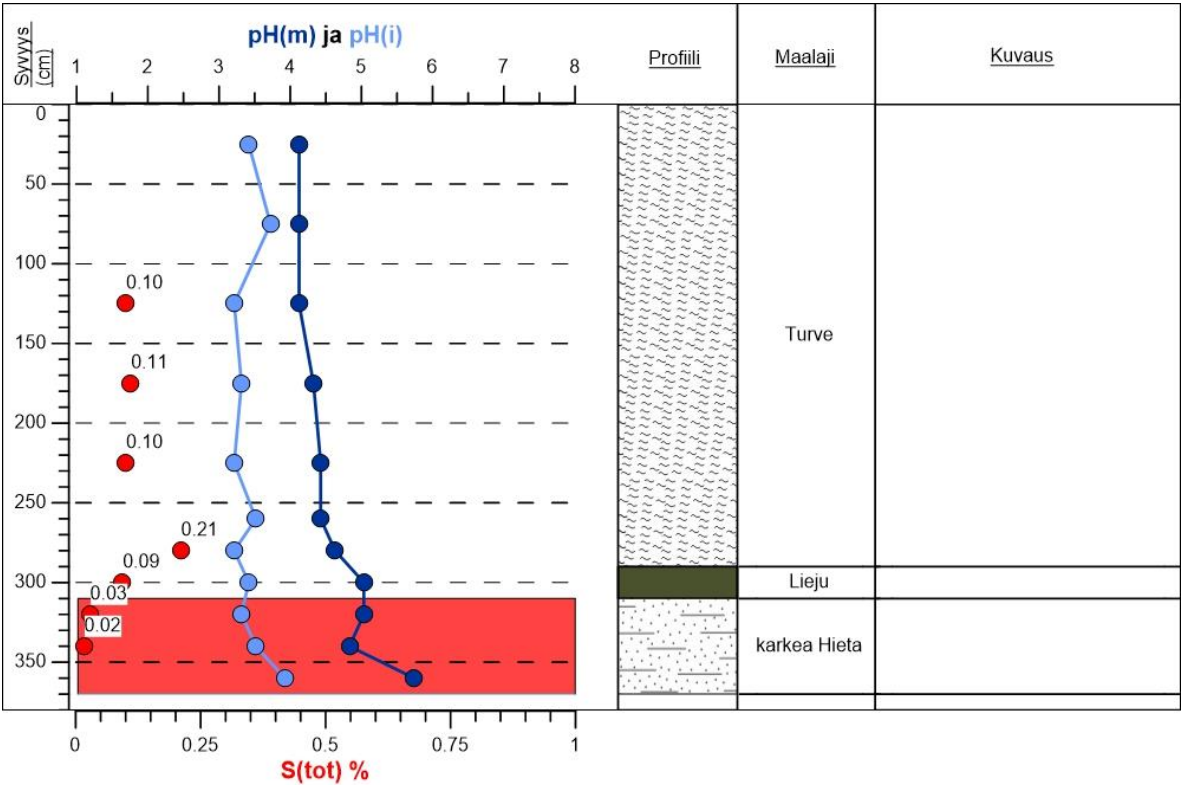
JMAU-2023-907, korkeustaso 162,2 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 210-300 cm.



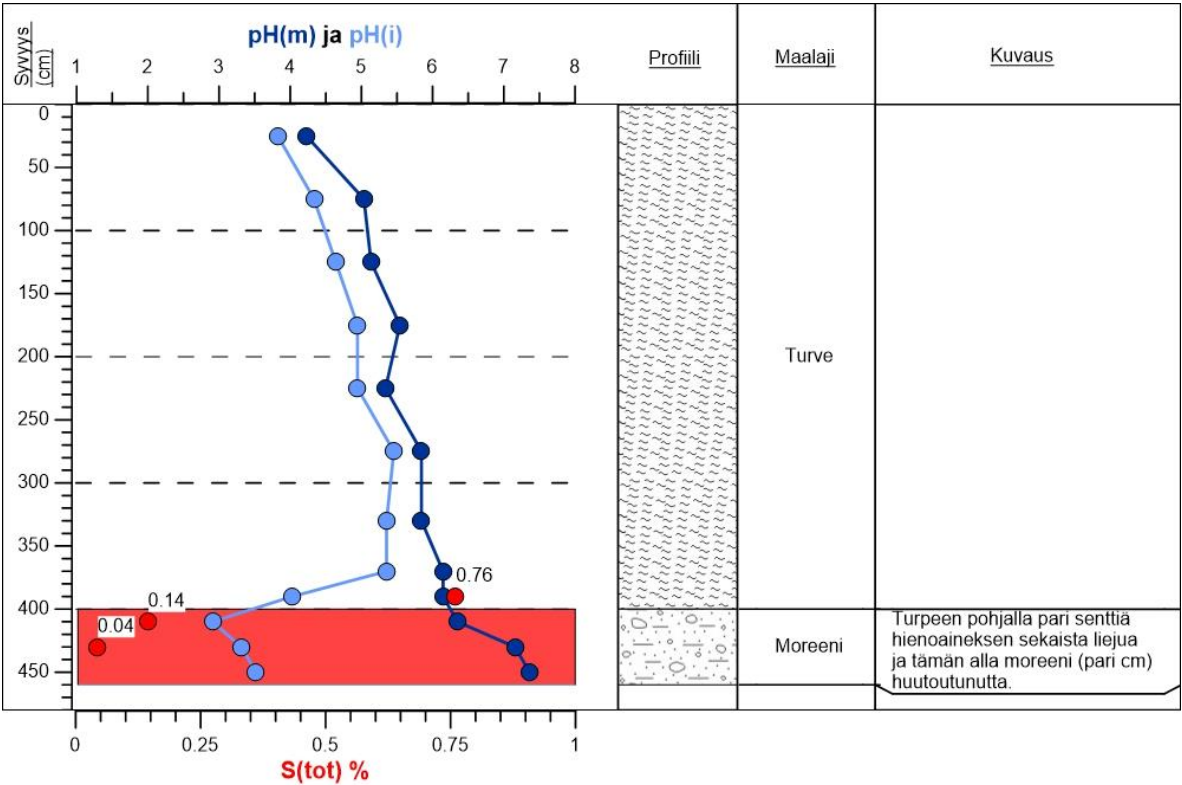
JMAU-2023-908, korkeustaso 162,4 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 310-370 cm.



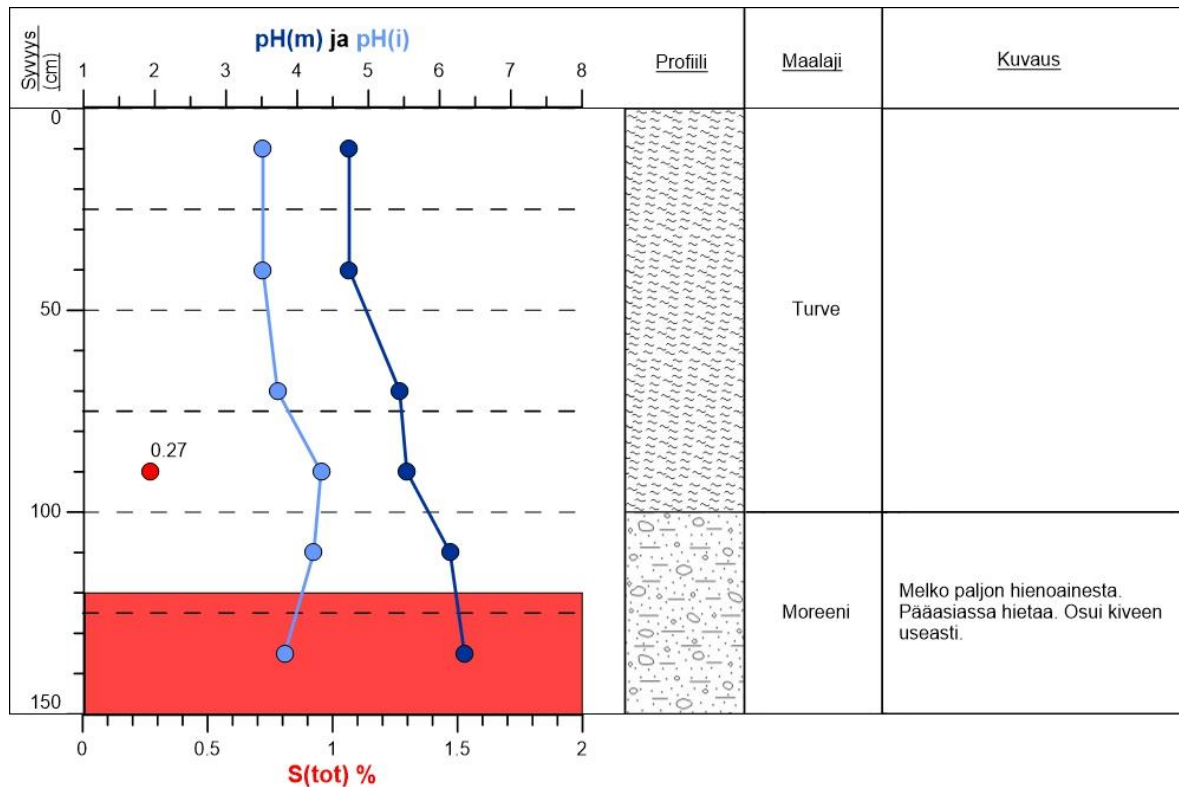
JMAU-2023-909, korkeustaso 165,0 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 400-460 cm.



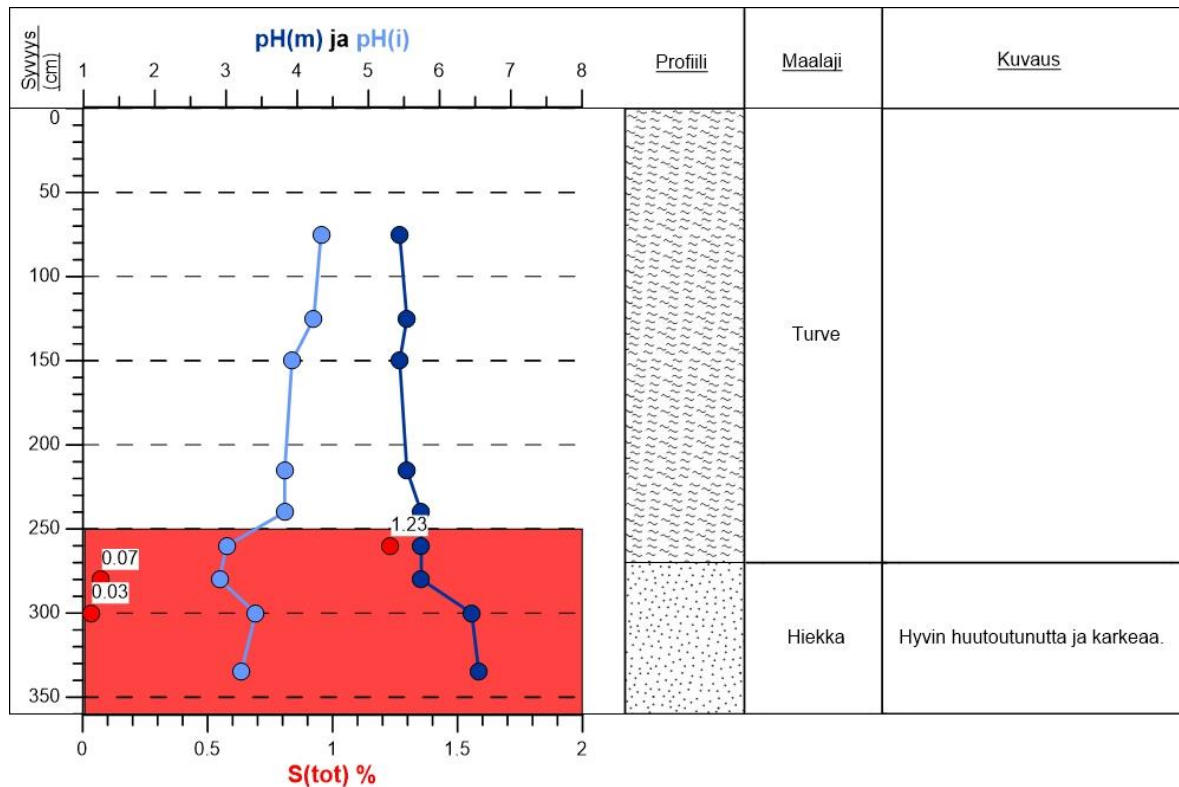
JMAU-2023-910, korkeustaso 164,6 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 120-150 cm.



JMAU-2023-911, korkeustaso 162,9 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 250-360 cm.



JMAU-2023-912, korkeustaso 163,7 m mpy (MML:n laserkeilausaineisto)

HaSu-materiaalia 310-350 cm.

