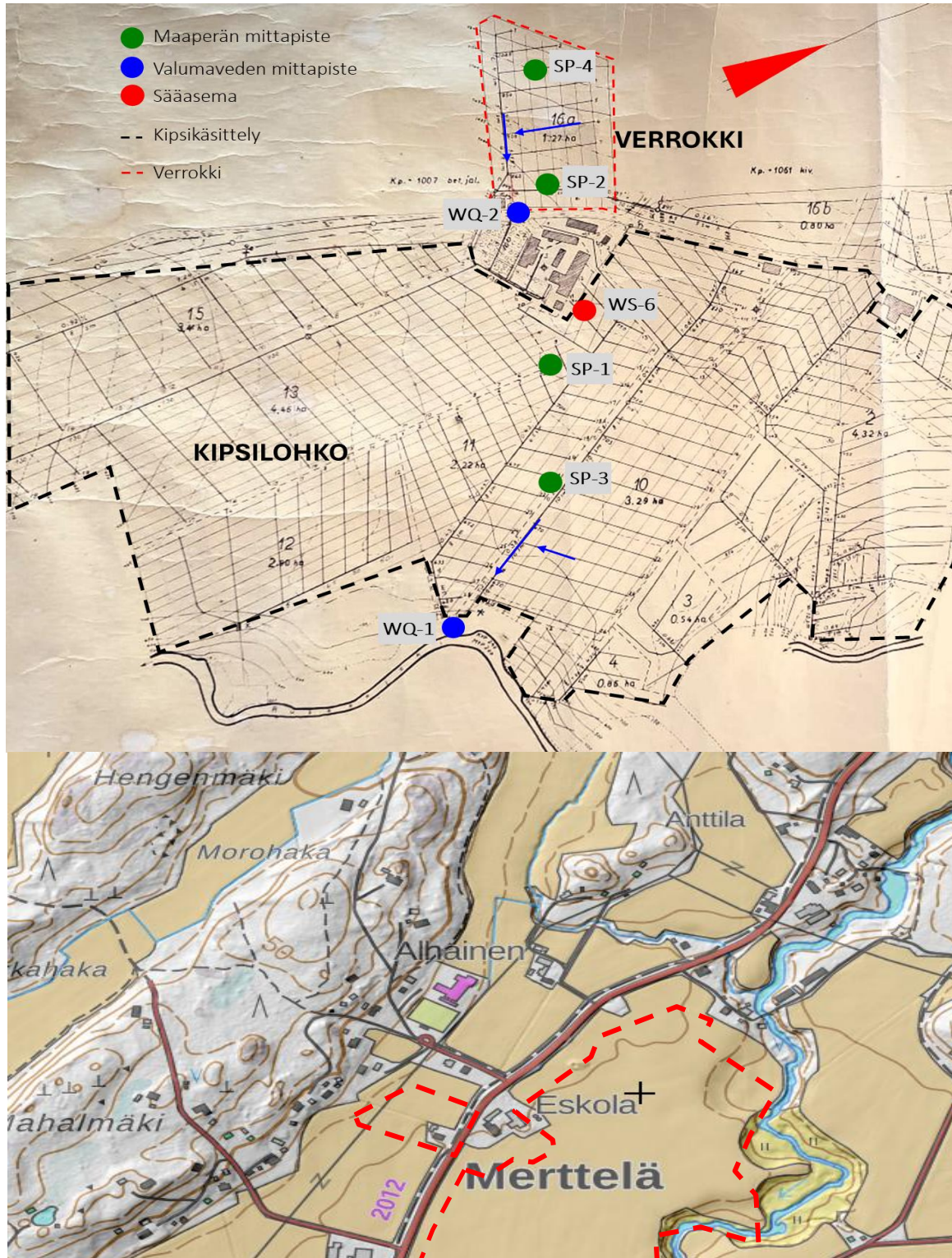


# Kipsikäsittelyn vaikutusten seuranta Raisionjoen valuma-alueella. Kokeen tulokset ja tulkintaa



## Sisältö

Mitä pellossa tapahtuu kipsikäsittelyn jälkeen?.....	3
Viljelijän kokemus ja tietämys varmistivat pilotin onnistumisen.....	3
Pilotissa tunnistettiin luotettavia indikaattoreita muutoksista .....	4
Tiivistelmä tuloksista.....	4
Mittaustuloksia kerättiin useista mittapisteistä metrin syvyyteen .....	5
Monipuolinen tulosaineisto yhtenäistettiin ja normalisoitiin.....	5
Maanäytteet analysoitiin Eurofins laboratoriossa .....	6
Maa oli selkeästi kerrostunutta kaikissa mittapaikoissa .....	7
Kerroksellinen rakenne saatiin selville NIR- ja viljavuusanalyysien avulla .....	7
Jatkuvatoimisen maaperämittauksen avulla päästiin ravinnevirtojen jäljille .....	8
Mitä kuva kertoo kipsin vaikutuksesta pellossa? .....	9
Verrokkilohkoon vaikutti harjulta tuleva virtaus merkittävästi (SP4).....	10
Kapillaarisen veden vaikutusta havainnoitiin tilavuuskosteuden muutoksen avulla .....	11
Sähkönjohtavuus (EC) toimii hyvänä ravinneindikaattorina .....	12
Tehollisia sadepäiviä oli yllättävän vähän .....	13
Veden laatua mitattiin jatkuvatoimisesti ja näyteperusteisesti .....	14
Vesianalyysit tukivat hyvin maaperähavaintoja .....	14
Eskola lohkon salaojavesi oli pääsääntöisesti poikkeuksellisen kirkasta .....	14
Sähkönjohtavuus (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – viikkomediana.....	15
pH viikkomediana.....	16
Sameus (NTU) – viikkomediana .....	17
Huomioitavaa jatkon kannalta.....	17
Viljelijä hyödynsi reaaliaikaista tietoa pellon olosuhteista .....	18
Q&A.....	18

## Mitä pellossa tapahtuu kipsikäsittelyn jälkeen?

Mitä pellossa todella tapahtuu kipsikäsittelyn jälkeen ja kuinka syvälle vaikutukset ulottuvat? Tähän kysymykseen haettiin vastausta Raisionjoen valuma-alueella, Raatikaisen tilalla, toteutetussa kahden kasvukauden mittaisessa ainutlaatuisessa pilotissa vuosina 2024–2025. Tarkat vaikutusmittaukset toteutettiin jatkuvatoimisesti pintamaasta aina metrin syvyyteen 10 cm välein. Kipsin vaikutusten todentamisen ohella viljelijälle tarjottiin lähes reaaliaikaista tietoa sääolosuhteiden vaikutuksesta, pellon hydrologiasta, maan rakenteesta ja pellolta poistuvan veden laadusta.

Monipuolisten ja pitkäkestoisten mittausten sekä maa-, kasvusto- ja vesianalyysien avulla pyrittiin ymmärtämään, mitä peltolohkolla vallitsevissa sääolosuhteissa todella tapahtuu, milloin vaikutukset näkyvät ja miten syvälle kipsin vaikutus ulottuu ajan kuluessa. Tällaisiin kysymyksiin yleisluonteiset suositukset eivät anna vastauksia.

Tämä raportti ei ole tieteellinen julkaisu, vaan kuvaus siitä, mitä kohteessa tehtiin ja mitä työn aikana opittiin. Esitetyt havainnot perustuvat yhden tilan ja peltolohkojen seurannan tuloksiin, eikä niitä sellaisenaan voida yleistää muihin kohteisiin. Sen sijaan käytetyt mittausratkaisut, seurannan periaatteet ja opit ovat sovellettavissa laajemminkin kipsikäsittelyn ja peltolohkojen toiminnan seurantaan erilaisissa olosuhteissa.

Tavoitteena oli oppia, mitä kipsikäsittelyn jälkeen pellossa tapahtuu ja miten vaikutuksia voidaan seurata ja tulkita tilatasolla todellisissa viljelyolosuhteissa. Samalla kehitettiin tapoja hyödyntää mittauksia, aikasarjoja ja analyysejä niin, että syntyvä tieto on viljelijälle käyttökelpoista ja tukee päätöksentekoa.

Seurantaa tehtiin ennen käsittelyä ja sen jälkeen. Aineistoa käytiin läpi viljelijän kanssa kahden kasvukauden ajan. Kaikkein ei saatu selkeitä vastauksia, mutta kokonaiskuva tarkentui.

## Viljelijän kokemus ja tietämys varmistivat pilotin onnistumisen

Pilotti toteutettiin viljelijälähtöisesti yhdessä EVK:n, UTU:n tutkijan ja Datasensen kesken. Viljelijälähtöisyys tarkoittaa sitä, että seuranta, tulkinta ja johtopäätökset tehdään yhdessä viljelijän kanssa. Viljelijällä oli pääsy reaaliaikaiseen mittaustietoon, ja mittaustuloksia käytiin säännöllisesti läpi yhteisen tilannekuvan muodostamiseksi. Viljelijän oma kokemus ja tietämys osoittautuivat välttämättömiksi. Ne auttoivat kohdistamaan mittaukset oikein ja ymmärtämään, miksi data käyttäytyi tietyllä tavalla eri olosuhteissa.

## Pilotissa tunnistettiin luotettavia indikaattoreita muutoksista

Kokeessa kehitettiin ja testattiin viljelijälähtöistä kipsikäsittelyn vaikutusten arviointimenetelmää, jossa yhdistettiin maaperä- ja vesinäytteet, jatkuvatoimiset mittaukset, maaprofilianalyysit, säädädata ja peltotoimenpiteet. Samalla pilotoitiin uutta maaperän mittausteknologiaa ja kustannustehokasta optista vedenlaadun analysointia lohkotason vaikutusten havaitsemiseksi. Tavoitteena oli ymmärtää kipsikäsittelyn etenemistä pellolla ja tuottaa oppeja tuleviin vaikutuksia todentaviin tutkimuksiin.

Kokeessa ei mitattu absoluuttisia määriä, vaan pyrittiin tunnistamaan selkeitä ja luotettavia indikaattoreita muutoksista.

## Tiivistelmä tuloksista

Mittaukset ja analyysi osoittivat, että kipsikäsittely vähensi ravinne- ja kiintoainevalumia ja että vaikutusten havaitsemiseen kehitetty mittausjärjestely toimi näissä olosuhteissa. Kipsin vaikutus oli hallittu ja eteni maaperässä veden liikkeen ohjaamana ilman viitteitä äkillisestä tai hallitsemattomasta huuhtoutumisesta.

Kipsikäsittelyn etenemistä pystyttiin seuraamaan liuenneen sulfaatin avulla, joka toimi herkkänä indikaattorina vaikutuksen etenemiselle maaperässä ja salaojavedessä. Jatkuvatoimiset maaprofilimittaukset (0–100 cm) osoittivat vaikutuksen etenevän vaiheittain maaperän rakennetta noudattaen. Vesinäytteissä sulfaatti-, kalsium- ja sähkönjohtavuustasot olivat korkeimmillaan käsittelyä seuraavina kuukausina ja vaimenivat ajan myötä.

Jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta osoitti, että salaojaveden laadun muutokset olivat tapahtumapohjaisia. Selvästi kohonnut sameus rajoittui harvoihin, voimakkaisiin valuntatilanteisiin alkutalvella, ja suurimman osan ajasta salaojavesi oli kirkasta. Vaikka salaojien päästä tehtävä jatkuvatoiminen mittaus on teknisesti haastavaa virtaaman voimakkaan vaihtelun vuoksi, maaperämittausten, vesinäytteiden ja jatkuvatoimisen seurannan yhdistäminen tuotti johdonmukaisen kokonaiskuvan pellolla tapahtuvista prosesseista.

Lisäksi viljelijälähtöinen toteutus osoitti, että mittausjärjestely tuottaa paitsi tutkimuksellisesti relevanttia tietoa myös käytännön hyötyä: se paransi ymmärrystä lohkojen vesi- ja ravinnetasapainosta ja tarjosi reaaliaikaista tukea peltotöiden ajoittamiseen.

## Mittaustuloksia kerättiin useista mittapisteistä metrin syvyyteen

Koalueelle perustettiin neljä mittapistettä (SP1–SP4), joista kaksi sijoittui käsitellylle Eskolan lohkolle ja kaksi verrokkilohkolle. Mittapisteet valittiin siten, että ne edustavat lohkojen sisäistä vaihtelua ja mahdollistavat sekä käsittelyn vaikutusten tarkastelun.

Aineistoa kerättiin useista toisiaan täydentävistä lähteistä. Maaperän käyttäytymistä seurattiin jatkuvatoimisilla antureilla, jotka mittasivat sähkönjohtavuutta, kosteutta ja lämpötilaa 10 cm välein metrin syvyyteen asti. Mittaukset tuottivat aikasarjoja, joiden avulla voitiin tarkastella maaperän reaktioita kipsikäsittelyyn ja veden liikkeisiin.

Maaperänäytteet otettiin kaikista mittapisteistä 10 cm kerroksittain 0–100 cm syvyyteen ennen käsittelyä ja käsittelyn jälkeen. Näytteille tehtiin NIR-analyysit, joita hyödynnettiin savipitoisuuden, orgaanisen aineksen ja rakenteellisten ominaisuuksien syvyysuuntaisessa tarkastelussa. Lisäksi näytteille tehtiin viljavuusanalyysit, joista saatiin selville maalajien kerroksittainen vaihtelu.

Vesinäytteitä kerättiin salaojaputkien päistä (mittapisteet WQ1 ja WQ2) säännöllisesti ja analysoitiin sähkönjohtavuuden, sulfaattipitoisuuden ja ravinteiden osalta. Näiden lisäksi hyödynnettiin sääaineistoa, erityisesti sademääriä ja niiden ajallista jakautumista, jotta mittaustulokset voitiin kytkeä hydrologisiin tapahtumiin.

Viljelijältä kerättiin myös lohkokorttiaineistoa ja tietoja viljelytoimenpiteistä, jotka täydensivät mittaustuloksia.

## Monipuolinen tulosaineisto yhtenäistettiin ja normalisoitiin

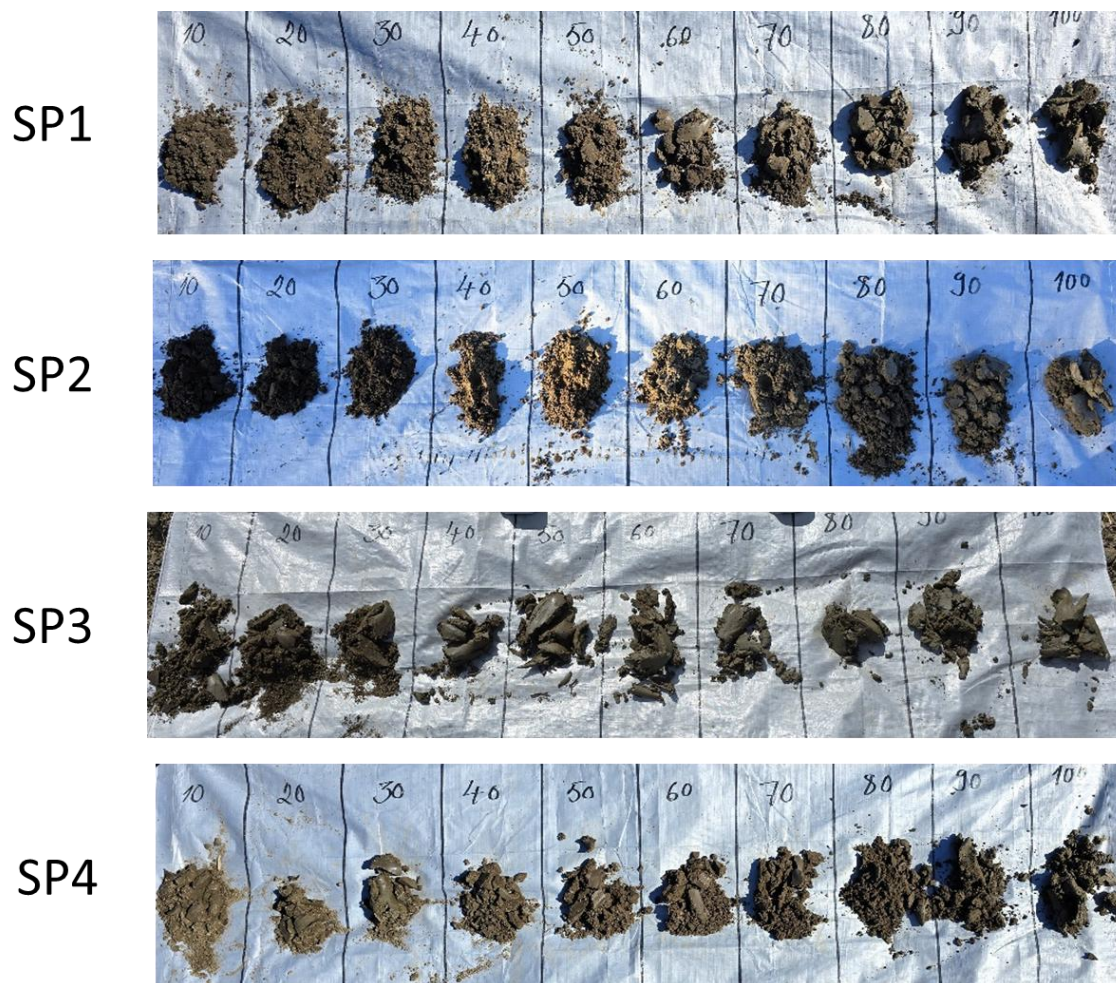
Aineisto sisälsi jatkuvatoimisia mittauksia, laboratoriotuloksia, viljelijän lohkokortteja sekä sääaineistoa. Jotta aineistoa voitiin analysoida luotettavasti ja tehokkaasti, kaikki data muutettiin digitaaliseen ja yhtenäiseen muotoon ennen varsinaista tulkintaa.

Datasta muodostettiin yhtenäinen tulosaineisto CSV-muodossa, mikä mahdollisti aikasarjojen yhdistämisen, ristiin tarkastelut ja tilastolliset analyysit. Yhtenäinen tietorakenne loi myös edellytykset tekoälyavusteiselle aikasarjojen siivoukselle ja analyysille, kuten korrelaatioiden tunnistamiselle, poikkeamien havainnoinnille ja eri muuttujien välisten yhteyksien tarkastelulle.

Ennen tulkintaa jatkuvatoiminen maaperän kosteuden vaikutus sähkönjohtavuuteen huomioitiin normalisoinnilla. Näin voitiin erottaa kosteuden aiheuttama hetkellinen vaihtelu varsinaisesta kipsikäsittelystä peräisin olevasta ionisignaalista.

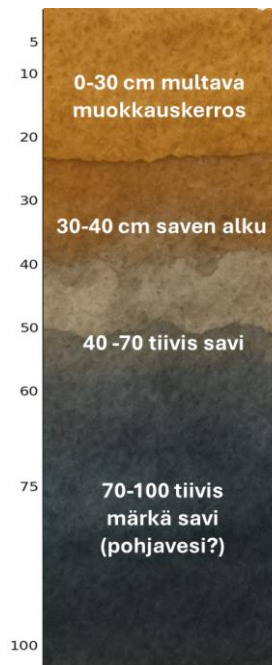
## Maanäytteet analysoitiin Eurofins laboratoriossa

Maanäytteet otettiin neljästä mittapistestä (SP1–SP4) 10 cm kerroksittain 0–100 cm syvyyteen. Näytteet aseteltiin syvyyssjärjestykseen visuaalista profiilitarkastelua varten, jossa arvioitiin maaperän rakennetta, kerrostumista, mururakennetta ja kosteustilaa. Näytteille tehtiin lisäksi NIR- ja viljavuusanalyysit. Visuaaliset havainnot, NIR-aineisto ja viljavuusanalyysi yhdistettiin kokonaisarvioon maaperän kerroksellisesta rakenteesta ja mittapisteiden välisistä eroista.



Kuva 1. Maanäytteet 0 -100 cm

## Maa oli selkeästi kerrostunutta kaikissa mittapaikoissa



Kuva 2. Maaprofiili

Kuvassa 2 on havainnollistava poikkileikkaus koealueen maaprofiilista. Kuva korostaa muokkauskerroksen ja sen alapuolisten savikerrosten selkeää kerrostuneisuutta sekä sitä, miten maaperän rakenne muuttuu syvyyssuunnassa.

Pintakerros (0–30 cm) muodostaa multavan muokkauskerroksen, joka reagoi nopeasti sääolosuhteisiin ja viljelytoimenpiteisiin. Muokkauskerroksen alapuolella (30–40 cm) savipitoisuus alkaa kasvaa ja noin 40 cm syvyydessä maa muuttuu tiiviimmäksi savimaaksi.

Syvemällä profiilissa (40–70 cm) maaperä on tiivistä savimaata, jossa vedenläpäisevyys on heikompi ja vasteet etenevät hitaasti.

Alimmissa kerroksissa (70–100 cm) maa on tiivistä ja usein selvästi vettänyttää.

## Kerroksellinen rakenne saatiin selville NIR- ja viljavuusanalyysien avulla

Maaperän rakennetta tarkasteltiin neljässä mittapisteessä yhdistämällä NIR-analyysit, viljavuusanalyysin maalajitiedot ja maaprofiilihavainnot. Näiden perusteella muodostettiin yhtenäinen kuva pellon maaperästä ja sen vaikutuksesta veden liikkumiseen.

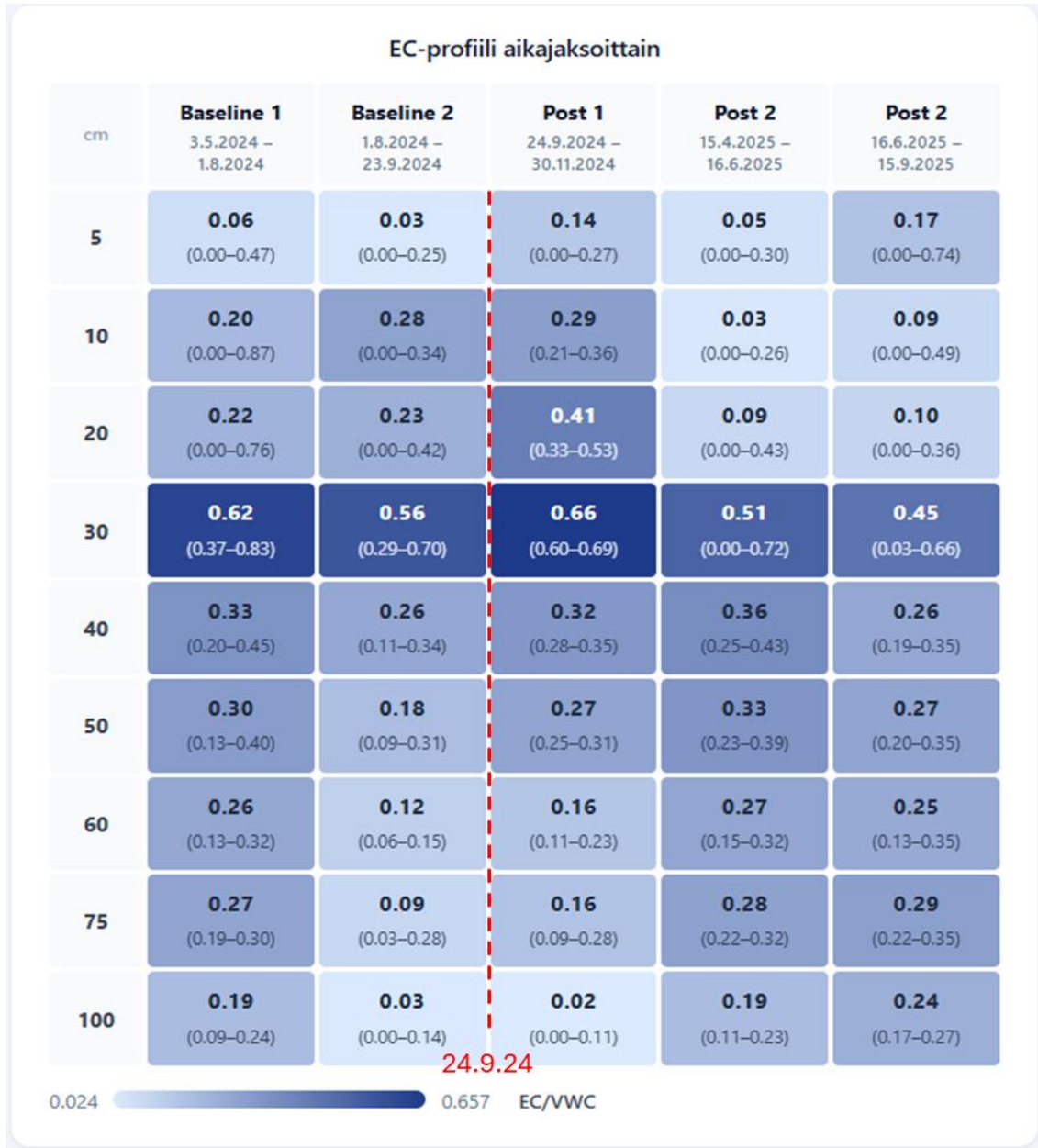
Kaikilla mittapisteillä muokkauskerroksen alapuolella, noin 30–40 cm syvyydessä, maaperä muuttuu selvästi savipitoisemmaksi ja tiiviimmäksi. Tämä hidastaa veden kulkua ja selittää, miksi vesi ja kipsikäsittelyn vaikutus etenevät maaprofiilissa vaihteittain eivätkä nopeasti syvälle. Viljavuusanalyysien maalajimääritykset tukevat tätä tulkintaa.

Mittapisteiden väliset erot liittyvät savikerrosten yhtenäisyyteen ja kosteustilaan. Eskolan loholla savikerros on rakenteellisesti selkeä ja yhtenäinen, kun taas verrokkiloholla rakenne on vaihtelevampi ja syvemmillä kerroksilla esiintyy paikoin jatkuvaa märkyyttä. Nämä erot vaikuttavat veden ja kipsin vaikutuksen etenemisnopeuteen, vaikka maaperän perusrakenne on lohkoilla pääosin samankaltainen.

Yhteenvetona analyysit osoittavat, että pellon savipitoinen ja kerroksellinen rakenne hidastaa veden liikkumista ja selittää mittauksissa havaitun viiveen. Tämä rakenne muodostaa keskeisen taustan kipsikäsittelyn vaikutusten ja jatkuvatoimisten mittausten tulosten ymmärtämiselle.

## Jatkuvatoimisen maaperämittauksen avulla päästiin ravinnevirtojen jäljille

(kosteus, sähkönjohtavuus, lämpötila, syvyysprofiilit)



Kuva 3. EC Kipsikäsittelyn vaikutuksen eteneminen maaprofiilissa (SP3, Eskolan lohko)

Kuvassa 3 esitetään SP3-mittapisteen maaprofiilin sähkönjohtavuuden (EC, mS/cm) syvyys- ja aikajaksotarkastelu, jossa kunkin kerroksen arvo kuvaa jakson keskimääräistä EC-lukemaa ja sulkeissa esitetty vaihteluväli havainnollistaa ajallista vaihtelua, ja jossa EC on normalisoitu maaperän tilavuuskosteuden mukaan kosteuden vaihtelun vaikutuksen kompensoimiseksi ja kipsikäsittelystä peräisin olevan ionisignaalin etenemisen luotettavaksi tulkitsemiseksi.

## Mitä kuva kertoo kipsin vaikutuksesta pellossa?

Mittapisteen SP3 jatkuvatoiminen mittausaineisto osoittaa, että kipsikäsittelyn vaikutus etenee maaperässä vaiheittain ja selvästi sateisiin ja maakerrosten tiivyyteen kytkeytyen. Ennen kipsikäsittelyä sähköjohtavuuden (EC) profiili on suhteellisen vakaa. Korkeimmat arvot sijoittuivat muokkauskerroksen alapuolelle noin 20–30 cm syvyyteen, ja syvemmillä kerroksilla arvot olivat selvästi matalampia. Baseline-jaksojen aikana havaittu vaihtelu vastasi pääosin normaalia sää- ja kosteustilanteen vaihtelua.

Kipsin levityksen jälkeen ensimmäinen selkeä muutos havaittiin 1–3 viikon kuluessa noin 20–30 cm syvyydessä. Tämä ajanjakso ajoittui syksyyn 2024, jolloin sateet olivat pääosin maltillisia ja suurimmat yksittäiset vuorokausikertymät jäivät noin 10–15 millimetriin. Näistä huolimatta muokkauskerroksen alapuolinen kerros reagoi nopeasti. Pintakerroksissa (0–10 cm) vaste oli lyhytkestoisempi ja vaimeni nopeasti.

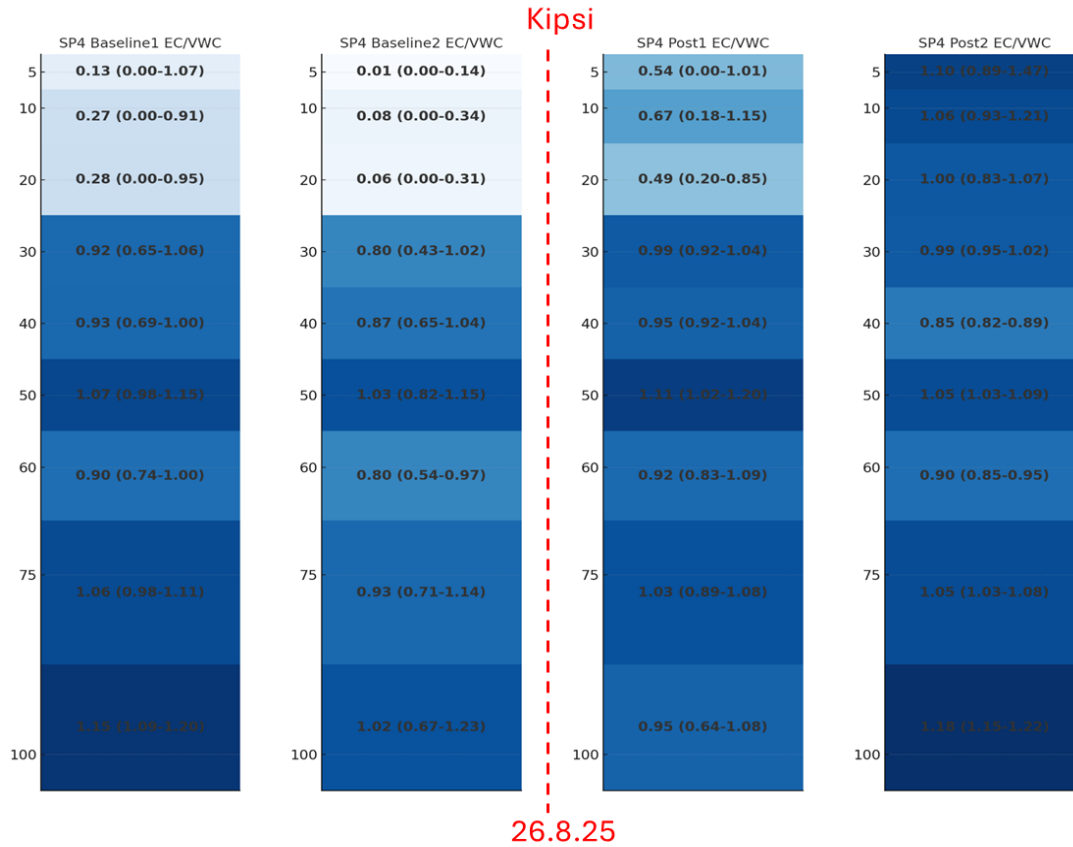
Seuraavien viikkojen aikana sähköjohtavuuden nousu alkoi näkyä myös 40–50 cm syvyydessä. Talvikaudella vaikutus jatkui hitaasti, todennäköisesti sulamisjaksoihin ja pidempikestoiseen sateen kertymiseen liittyen.

Selvästi voimakkaampi eteneminen havaittiin keväällä ja alkukesällä 2025, jolloin esiintyi useita yli 20 millimetrin vuorokausisateita. Näihin ajankohtiin ajoittuu sähköjohtavuuden nousu 60–75 cm ja paikoin 75–100 cm syvyydessä. Syvemmillä kerroksilla muutos oli loivempi, mikä on linjassa savikerrosten hidastavan vaikutuksen kanssa.

Kipsikäsittelyn vaikutus maaperässä etenee viikkojen ja kuukausien aikajänteellä, alkaen muokkauskerroksen alapuolelta ja siirtyen vähitellen syvempiin kerroksiin sateiden ja veden liikkeen ohjaamana.

## Verrokkilohkoon vaikutti harjulta tuleva virtaus merkittävästi (SP4)

Kuvassa 4 on verrokkilohkon SP4-mittapisteen maaprofilin sähkönjohtavuuden (EC, mS/cm) syvyys- ja aikajaksotarkastelu.



Kuva 4. Virtausten taustavaikutus verrokkilohkon mittaustuloksiin

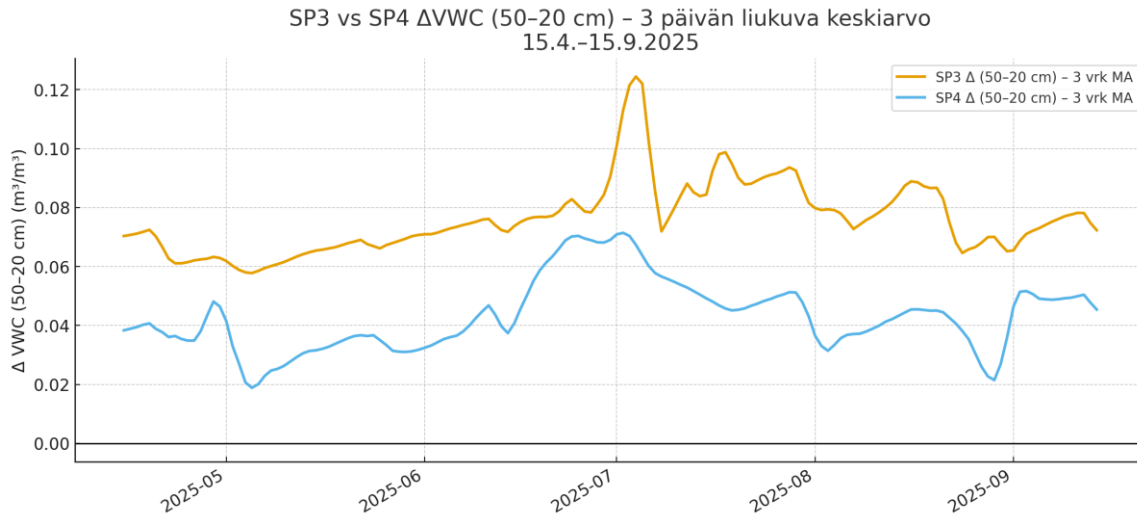
Verrokkilohkon mittapisteen SP4 mittauksessa havaittiin maaperän sähkönjohtavuuden ja kosteuden poikkeava käyttäytyminen muista mittapisteistä. Ennen kipsikäsittelyä EC/VWC-profiili oli jo lähtötilanteessa korkea ja varsin tasainen koko maaprofiilin syvyydellä, erityisesti 30 cm alapuolella. Tämä viittaa siihen, että maaperässä vallitsee jatkuva veden ja liuenneiden aineiden virtaus, joka ei ole sateesta riippuvaista.

Kipsikäsittelyn jälkeen mitatut muutokset eivät seuraa käsitellylle lohkolle tyypillistä ajallista ja syvyysuuntaista etenemistä. Esimerkiksi Post1- ja Post2-jaksoilla EC/VWC-tasot ovat kauttaaltaan korkeita, mikä ei ole linjassa maaperän rakenteen perusteella odotettavan, ylhäältä alaspäin etenevän vaikutuksen kanssa.

Tämä käyttäytyminen viittaa siihen, että SP4-mittapisteeseen kohdistuu ulkopelisen virtauksen vaikutus, joka hallitsee maaperän kosteustilaa ja ionipitoisuutta. Ilmiön aiheuttaa mahdollisesti matalalla oleva pohjavesi tai harjulta tuleva virtaus. Tällainen virtaus voi tuoda maaperään liuenneita yhdisteitä ja nostaa sähkönjohtavuutta riippumatta lannoituksesta tai kipsikäsittelystä.

## Kapillaarisen veden vaikutusta havainnoitiin tilavuuskosteuden muutoksen avulla

Kuva 5 esittää maaperän tilavuuskosteuden muutosta ( $\Delta VWC$ ) syvyyvälillä 50–20 cm mittapisteissä SP3 ja SP4. Aikasarja on esitetty kolmen päivän liukuvana keskiarvona, jotta lyhytaikainen vaihtelu tasoittuu ja kosteuden ajallinen kehitys on helpompi hahmottaa. Tarkastelun tavoitteena on vertailla mittapisteiden kosteuskäyttäytymistä sekä erottaa sateen vaikutus mahdollisesta alhaalta suuntautuvasta kapillaarisesta vedennoususta tai ulkopuolisesta virtauksesta.



Kuva 5. Maaperän tilavuuskosteuden muutos ( $\Delta VWC$ ) syvyyvälillä 50–20 cm mittapisteissä SP3 ja SP4

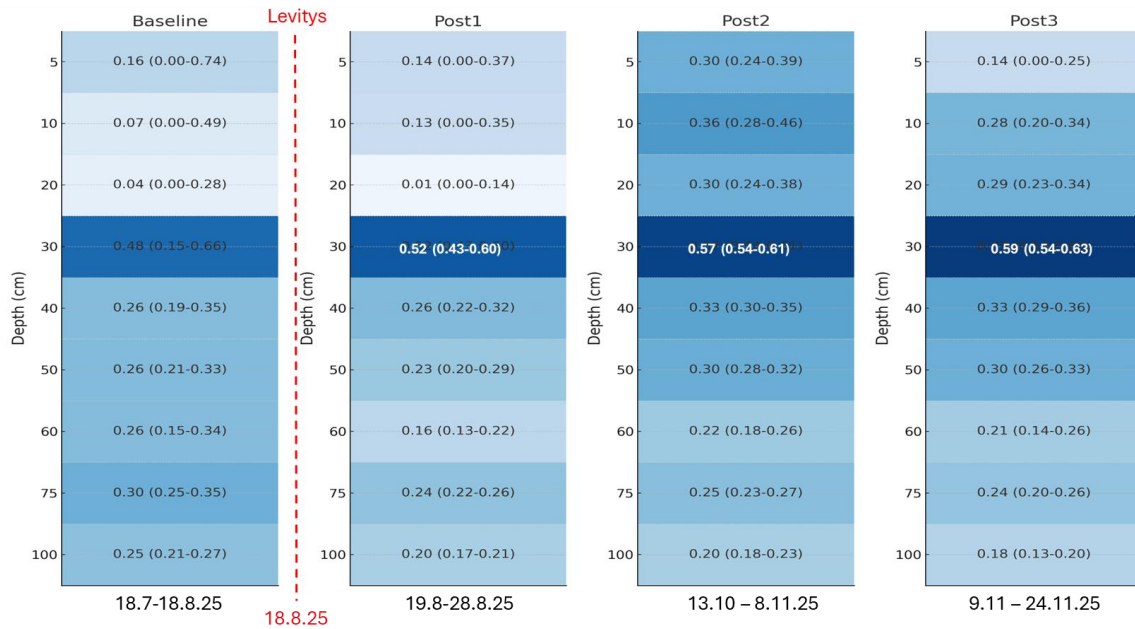
Käsitellyllä Eskolan loholla sijaitsevassa SP3-mittapisteessä  $\Delta VWC$  on koko tarkastelujakson ajan suurempi ja reagoi selkeästi sateisiin. Sateisten jaksojen aikana kosteusero ylempien ja alempien kerrosten välillä kasvaa, mikä viittaa veden liikkumiseen pääosin ylhäältä alaspäin.

Verrokkilohkon SP4-mittapisteessä  $\Delta VWC$  on pienempi ja ajallisesti tasaisempi eikä seuraa yhtä selvästi yksittäisiä sadejaksoja. Kosteuserot pysyvät maltillisina myös kuivempina jaksoina, mikä viittaa siihen, että syvemmät maakerrokset ovat jatkuvasti vettyneitä. Tähän vaikuttaa todennäköisesti kapillaarinen vedennousu tai harjulta tuleva ulkopuolinen virtaus.

SP3:n ja SP4:n erilainen  $\Delta VWC$ -käyttäytyminen selittää, miksi kipsikäsitteilyn vaikutusta ei voida verrokkilohkolla havaita vertailukelpoisella tavalla.

## Sähkönjohtavuus (EC) toimii hyvänä ravinneindikaattorina

Kuvassa 6 esitetään maaperän ravinneindikaattorin (EC) syvyyskohtainen jakauma lähtötilanteessa (Baseline) sekä lietalannan levityksen (18.8.2025) jälkeisissä tarkastelujaksoissa (Post1–Post3).



Kuva 6. Pellon ravinnekäyttäjytymisen analyysi

Pellon ravinnekäyttäjytymistä tarkasteltiin vertaamalla lähtötilannetta ja lietalannan levityksen jälkeisiä ajanjaksoja eri maasyvyyksissä. Lietelanta levitettiin 18.8.2025, minkä jälkeen ravinteiden käyttäjytymistä seurattiin useamman jakson ajan.

Jo lähtötilanteessa ravinneindikaattorin tasot olivat korkeimmat noin 30 cm syvyydessä, mikä vastaa muokkauskerroksen alarajaa ja kohtaa, jossa maan rakenne alkaa tiivistyä. Lietelannan levityksen jälkeen ravinneväste näkyi selkeimmin juuri tällä 30–40 cm syvyydellä.

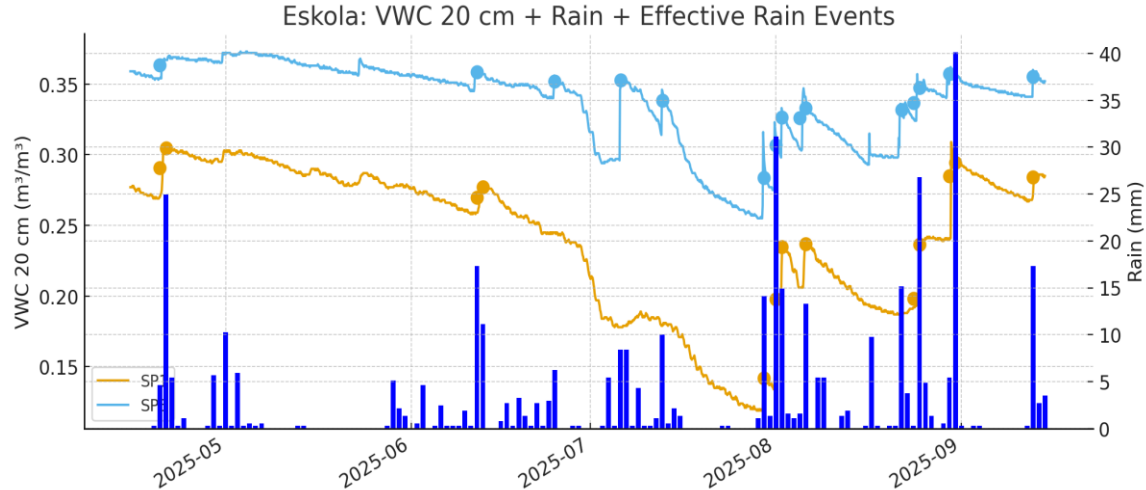
Syvemmillä maakerroksilla (noin 50–100 cm) muutokset olivat vähäisiä ja etenivät hitaasti. Savinen ja tiivis maaperä rajoitti ravinteiden kulkeutumista alaspäin, eikä aineisto viittaa nopeaan huuhtoutumiseen syvempiin kerroksiin.

Kokonaisuutena tulokset osoittavat, että ravinteet kertyvät ja pidättyvät ensisijaisesti muokkauskerroksen alapuoliseen vyöhykkeeseen, jossa ne ovat kasvien hyödynnettävissä mutta eivät helposti huuhtoudu pois. Havainnot korostavat maaperän rakenteen ja kosteuden merkitystä ravinnekäyttäjytymisessä sekä osoittavat, että syvyyskohtainen ja jatkuva mittaus antaa olennaista lisätietoa verrattuna pelkkiin pintanäytteisiin.

**Seuranta päättyy alkutalveen.** Seuraavan kasvukauden alussa olisi kiinnostavaa nähdä, miten ravinnetilanne on talven jälkeen asettunut.

## Tehollisia sadepäiviä oli yllättävän vähän

Tehollisella sateella tarkoitetaan sadetta, joka lisää maaperän kosteutta ja näkyy mitattavana, pidempikestoisena kosteuden nousuna muokkauskerroksessa. Tässä tarkastelussa teholliset sadepäivät tunnistettiin vertaamalla sademääriä maaperän kosteuden (VWC) muutoksiin.



Kuva 7. Tehollinen sade mittapisteissä SP3 ja SP4

Kuvassa SP3 on oranssi viiva ja SP4 on vaaleansininen. Pisteet kuvaavat tehollisen sateen ajankohtia.

Eskolan lohkolla tehollisten sateiden vaikutus näkyy selvästi 20 cm syvyyden kosteusajakaarjassa. Kosteus nousee vain silloin, kun sade on riittävän voimakas tai useampi sade seuraa toisiaan lyhyellä aikavälillä. Keväällä ja alkukesällä yksittäiset tai pienet sateet eivät juuri vaikuta maaperän kosteuteen, vaikka sadetta esiintyisi usein.

Keskikesällä maan ollessa kuivimmillaan lähtötilan merkitys korostuu: vain voimakkaammat sadejaksot pysäyttävät kosteuden laskun ja näkyvät selkeinä nousuina mittauksissa. Sama sademäärä voi olla merkityksetön kuivassa maassa mutta selvästi tehollinen kosteammissa olosuhteissa. Loppukesällä ja alkusyksyllä haihdunnan vähentyessä suurempi osa sateista muuttuu tehollisiksi ja kosteuden vasteet ovat pidempikestoisia.

Tehollisten sateiden tarkastelu osoittaa, että maaperän kosteuskäyttäytymistä ei voi tulkita pelkkien sademäärien perusteella. Tämä on keskeistä myös kipsikäsittelyn vaikutusten arvioinnissa, sillä veden liike ja kipsin vaikutuksen eteneminen kytkeytyvät nimenomaan tehollisiin sadejaksoihin.

## Veden laatua mitattiin jatkuvatoimisesti ja näyteperusteisesti

Vesinäytteenottoon liittyi pilotin aikana useita käytännön haasteita, jotka on huomioitava tulosten tulkinnassa. Eskolan loholla salaojavirtaama loppui ajoittain kesäkaudella kokonaan, minkä vuoksi näytteitä ei saatu kaikilta suunnitelluilta ajankohdilta ja tarkastelu painottui kevään ja syksyn valuntajaksoihin. Verrokkilohkolla puolestaan veden paine salaojakaivossa oli keväällä ja syksyllä paikoin niin suuri, ettei kaivoa saatu tyhjennettyä salaojaputken tasolle, jolloin näytteet edustavat osin kaivoon kertynyttä vettä eivätkä juoksevaa virtaamaa.

Salaojavirtaamaa ei mitattu, joten tulokset kuvaavat pitoisuuksien muutoksia eikä kokonaiskuormaa, eikä määrällistä vertailua eri ajankohtien välillä voitu tehdä. Mittausten arvioitu tarkkuus on  $\pm 10\%$ , eikä tuloksia verrattu erillisiin laboratorioanalyysiin.

Tavoitteena oli tiedon tuottamisen ohella arvioida, voidaanko reagensseihin perustuvalla, suhteellisen yksinkertaisella ja kustannustehokkaalla menetelmällä havaita keskeisiä tapahtumia, muutossuuntia ja ajallisia vasteita valunnassa. Aineisto on tarkoitettu viljelijää tukevaksi käytännönläheiseksi seuranta-aineistoksi ja menetelmien kehittämisen pohjaksi, ei varsinaiseksi tieteelliseksi tutkimusaineistoksi.

## Vesianalyysit tukivat hyvin maaperähavaintoja

Kipsikäsittelyn vaikutuksia tarkasteltiin yhdistämällä maaperän jatkuvatoimiset mittaukset, maaperäanalyysit, vesinäytteet ja hydrologinen tarkastelu. Tuloksia arvioitiin ensisijaisesti prosessien ja muutossuuntien kautta, ei absoluuttisten arvojen perusteella.

Maaperämittaukset osoittivat, että kipsikäsittelystä peräisin oleva vaikutus eteni Eskolan loholla suhteellisen nopeasti muokkauskerroksen alapuolelle. Noin 40 cm syvyydessä havaittiin ravinnevaluman hidastuminen.

Verrokkilohkolla SP4-mittapisteen käyttäytyminen poikkesi selvästi käsittelystä lohokosta. Mittaukset ja maaprofiilihavainnot osoittivat, että lohkon vesitaloutteen vaikuttaa merkittävästi harjulta suuntautuva pohjaveden virtaus, joka tasaa kosteuseroja ja peittää sateen aiheuttamat vasteet. Tämän vuoksi verrokkilohko ei soveltunut kipsikäsittelyn vaikutusten suoraan vertailuun.

Vesinäytteet tukevat maaperähavaintoja. Eskolan loholla sulfaattipitoisuudet olivat korkeimmillaan käsittelyä seuraavina kausina ja laskivat johdonmukaisesti ajan myötä. Samanaikaisesti fosfori- ja typpipitoisuuksissa havaittiin laskeva kehityssuunta käsittelyn jälkeen.

Verrokkilohkolla vesinäytteiden pitoisuudet olivat yleisesti tasaisempia, erityisesti fosforin ja sulfaatin osalta. Tämä on yhdenmukaista pohjaveden laimentavan vaikutuksen kanssa.

## Eskola lohkon salaojavesi oli pääsääntöisesti poikkeuksellisen kirkasta

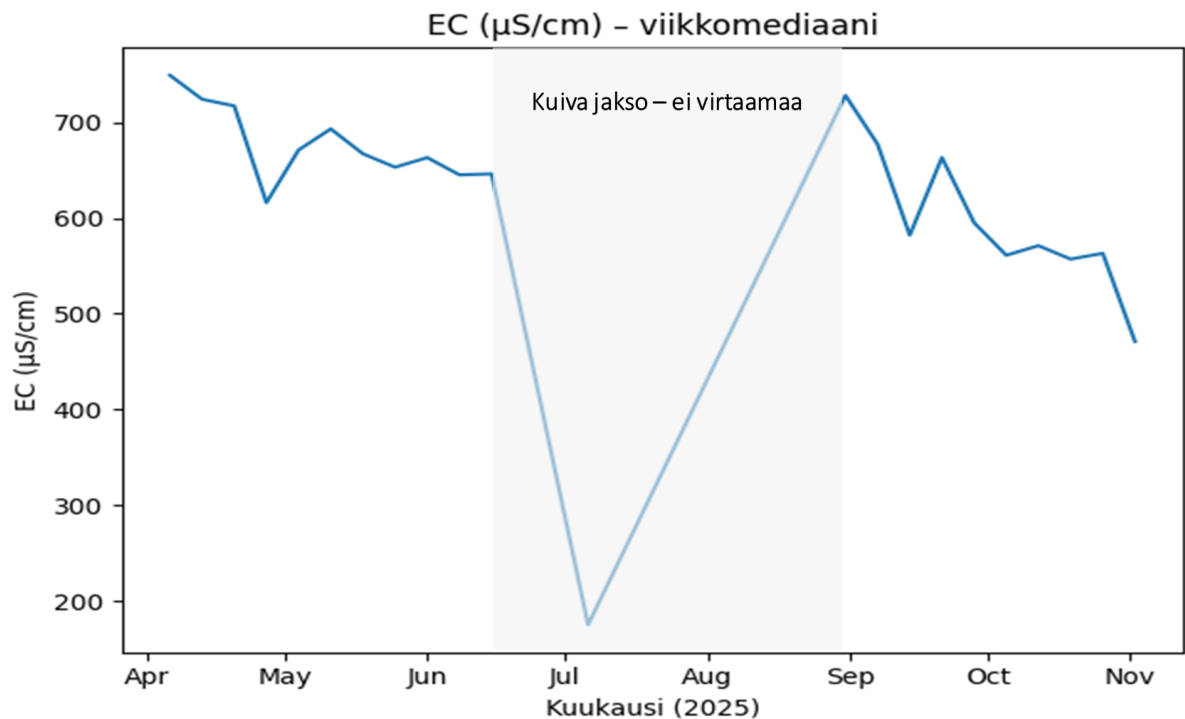
Jatkuvatoiminen vedenlaadun mittauksen ja silmämääräisen tarkastelun perusteella Eskolan lohkon salaojavesi oli suurimman osan seuranta-ajasta poikkeuksellisen kirkasta savipellon valumavedeksi. Kiintoaineen valuma on ollut vähäistä ja selvä sameus liittyy voimakkaisiin valuntatilanteisiin.

Sähkönjohtavuuden (EC) käyttäytyminen täydentää tulkintaa. EC reagoi selvästi valuntatapahtumiin mutta palautuu nopeasti taustatasolle, mikä viittaa liuenneiden aineiden kulkeutumiseen ilman jatkuvaa kiintoaineen liikkeellelähtöä. Tämä eroava käyttäytyminen EC:n ja sameuden välillä on yhteensopivaa kipsikäsittelyn oletetun vaikutuksen kanssa.

Vesinäytteet toimivat jatkuvatoimisen aineiston tukena. Näytteissä ei havaittu poikkeuksellisia kiintoaine- tai fosforipitoisuuksia, ja tulokset tukevat käsitystä, vähäisestä kuormituksesta myös valuntatilanteissa.

Kokonaisuutena jatkuvatoiminen vedenlaadun mittaus ei yksin mahdollista kiintoainekuorman määrällistä todentamista mittausteknisten rajoitteiden ja virtaamatiedon puuttumisen vuoksi. Yhdistettynä kenttähavaintoihin ja vesinäytteisiin aineisto antaa kuitenkin johdonmukaisen kuvan siitä, että kipsikäsittelyn jälkeen salaojavesi on ollut pääosin kirkasta ja että merkittävä sameus on rajoittunut harvoin, voimakkaisiin valuntatapahtumiin.

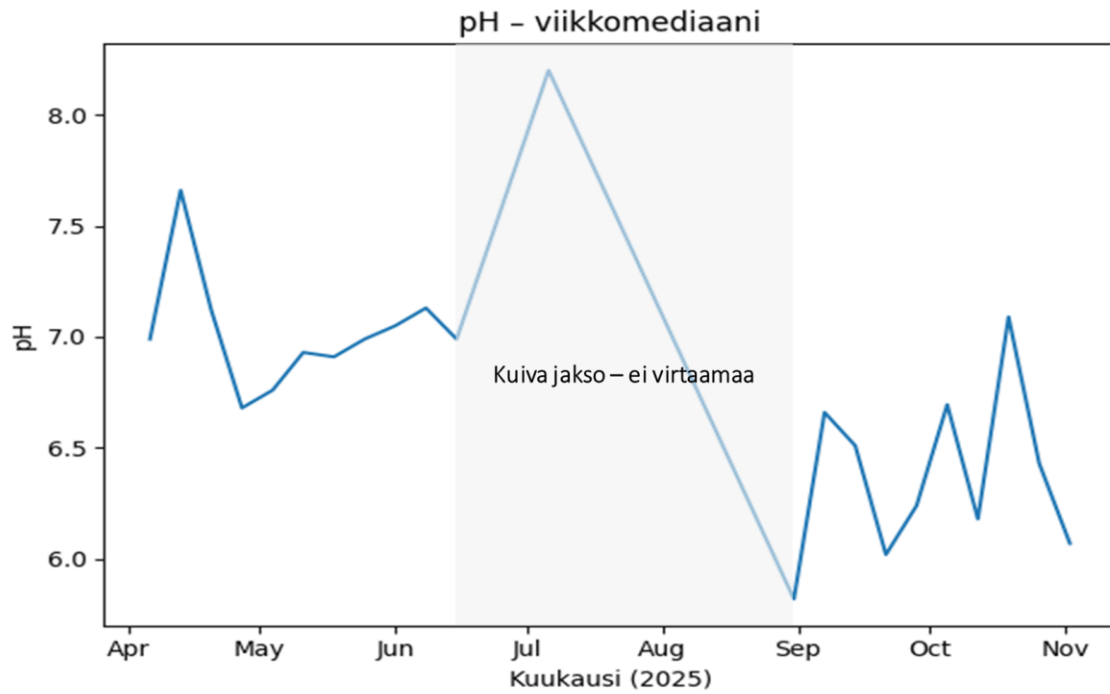
## Sähkönjohtavuus (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – viikkomedianaani



Salaojaveden sähkönjohtavuuden viikkomedianaani Eskolan loholla. Aikasarjassa näkyvät vain jaksot, jolloin salaojaputkessa on ollut virtaamaa. Keskikesän kuiva jakso on merkitty taustalle ja vastaa virtaamattomuutta.

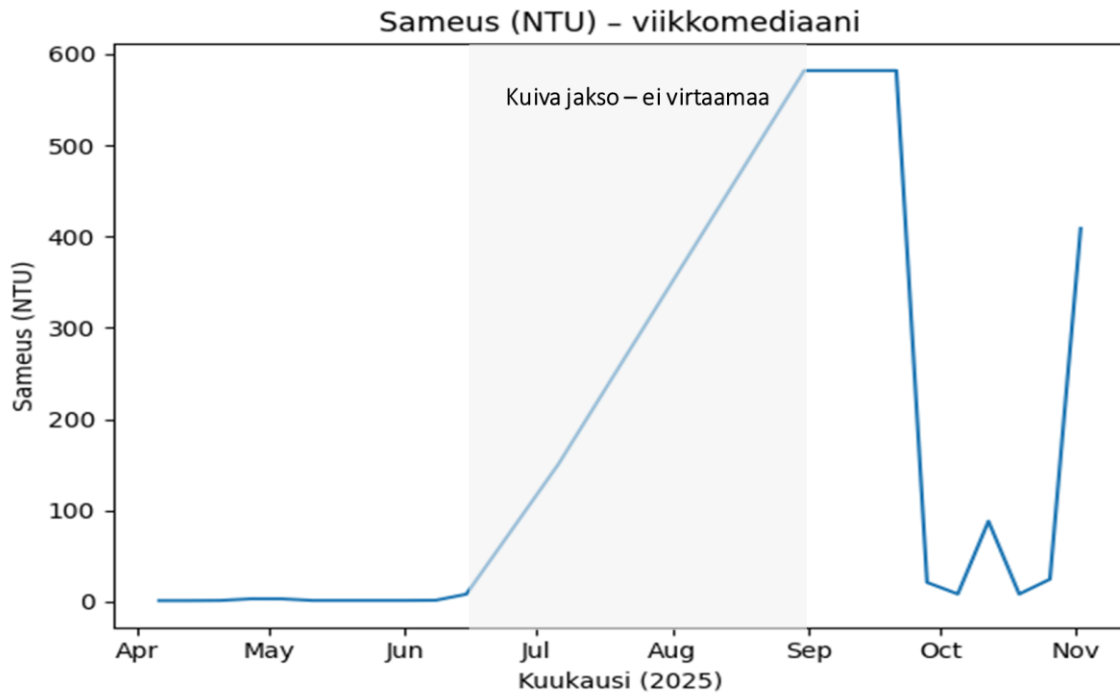
## pH viikkomediaani

Salaojaveden pH:n viikkomediaani seuranta-ajalla. pH vaihtelee maltillisesti ilman äkillisiä muutoksia, eikä osoita poikkeavaa käyttäytymistä. pH:n viikkomediaani pysyy koko seuranta-ajan maltillisella tasolla, eikä aineistossa havaita äkillisiä tai poikkeavia muutoksia.



## Sameus (NTU) – viikkomediaani

Salaojaveden sameuden viikkomediaani seuranta-ajalla. Sameus pysyy suurimman osan ajasta matalana ja nousee selvästi vain yksittäisten valuntatapahtumien yhteydessä; kuiva jakso vastaa virtaamattomuutta. Kiintoaineen kulkeutuminen on suurimman osan ajasta vähäistä ja korostuu vain yksittäisissä valuntatapahtumissa.



## Huomioitavaa jatkon kannalta

Jatkuvatoimisen vedenlaadun mittauksen kehittämisessä keskeisimmät parannustarpeet liittyvät mittapisteiden sijoitteluun, anturivalintoihin ja virtaamatiedon puutteeseen. Salaojaputken päästä tehtävät jatkuvatoimiset mittaukset ovat monella tapaa haastavia toteuttaa luotettavasti pitkillä aikasarjoilla, sillä virtaama vaihtelee voimakkaasti ja erityisesti kasvukaudella virtaama voi loppua kokonaan, jolloin anturi altistuu ilmalle ja mittaus keskeytyy. Vesistövaikutuksen luotettava todentaminen edellyttääkin mittapistettä myös uomassa tai joessa, jossa virtaama voidaan mitata, herkempiä tutkimuskäyttöön soveltuvia antureita sekä säännöllistä huoltoa ja ennalta määriteltyä datan laatusääntöjä.

## Viljelijä hyödynsi reaaliaikaista tietoa pellon olosuhteista

Laaja ja reaaliaikainen ja jatkuvatoiminen mittausaineisto tarjosi viljelijälle ajantasaista tietoa pellon olosuhteista, jota voitiin hyödyntää suoraan viljelytoimenpiteiden suunnittelussa ja ajoituksessa.

Eryteisesti maaperän lämpötila- ja kosteusmittaukset eri syvyyksillä tukivat kylvöjen ja lannoituksen ajoituksen optimointia. Reaaliaikainen lämpötiladata auttoi tunnistamaan hetket, jolloin maaperä oli biologisesti aktiivinen ja ravinteiden hyödyntäminen tehokasta.

Maaperän kosteusdataa hyödynnettiin pellon ajettavuuden ja tiivistymisriskin arvioinnissa. Reaaliaikainen seuranta mahdollisti peltotöiden ajoittamisen siten, että työskentelyä vältettiin liian märissä olosuhteissa. Lisäksi kosteusprofiilien seuraaminen antoi viljelijälle paremman käsityksen siitä, miten vesi varastoituu ja poistuu eri maakerroksista, ja tuki salaojituksen toimivuuden arviointia.

Yhdistämällä reaaliaikainen mittausdata sademääriin ja sääennusteisiin viljelijä pystyi ennakoimaan tehollisia sadejaksoja ja niiden vaikutuksia maaperään. Tämä tuki erityisesti lannoitusten ja kasvinsuojelutoimenpiteiden ajoittamista siten, että ne eivät osuneet ajankohtiin, jolloin huuhtoutumisriski oli koholla.

Kokonaisuutena reaaliaikainen mittausdata tarjosi viljelijälle jatkuvan näkymän pellon käyttäytymiseen eri syvyyksillä ja eri ajankohtina. Tämä lisäsi ymmärrystä maaperän vesitaloudesta, lämpödynamiikasta ja rakenteellisista rajoitteista sekä tuki sekä lyhyen että pitkän aikavälin päätöksentekoa. Mittausaineisto ei palvellut ainoastaan kipsikäsittelyn vaikutusten arviointia, vaan toimi laajemmin käytännöllisenä työkaluna viljelyn suunnittelussa, riskien hallinnassa ja pellon kasvukunnon kehittämisessä.

## Q&A

### Vaikuttaako kipsikäsittely satotasoon ja sadon laatuun?

Tässä kokeessa ei mitattu satotasoa eikä sadon laatua, joten vaikutusta niihin ei voitu todentaa suoraan. Maaperän ja vesinäytteiden perusteella ei kuitenkaan havaittu merkkejä ravinteiden hallitsemattomasta huuhtoutumisesta tai maaperän toiminnan heikkenemisestä. Muissa tutkimuksissa ei ole havaittu kielteisiä satovaikutuksia useiden vuosien seurannassa. Luotettava satovaikutusten arviointi edellyttäisi pidempää, usean kasvukauden mittaista seuranta ennen ja jälkeen käsittelyn.

### Voiko kipsikäsittelystä olla haittaa pellon kasvukunnolle tai maaperän toiminnalle?

Kokeen maaperämittaukset osoittivat, että veden liike ja sähkönjohtavuuden käyttäytyminen säilyivät johdonmukaisina ja maaperän rakenteen ohjaamina myös kipsikäsittelyn jälkeen. Aineistossa ei havaittu viitteitä heikentyneestä vedenläpäisevyydestä, rakenteen vaurioitumisesta tai muokkauskerroksen toiminnan heikkenemisestä. Pitkän aikavälin vaikutuksia useiden vuosien tai vuosikymmenten aikajänteellä ei kuitenkaan voinut todistaa.

### Muuttuuko ravinteiden käyttökelpoisuus ja joutuuko lannoitusta muuttamaan?

Vesinäyte- ja maaperäaineisto ei viittaa siihen, että ravinteiden, erityisesti fosforin, käyttökelpoisuus olisi heikentynyt kipsikäsittelyn seurauksena. Laajaa ja systemaattista kasvianalyysijä ei tehty eikä mitattu kasvien ravinteiden ottoa, joten suora vaikutus kasvien käyttökelpoiseen ravinnefraktioon jäi todentamatta.

## **Onko kipsikäsitteystä hyötyä juuri tämän pellon maalajissa ja olosuhteissa?**

Tässä kokeessa Eskolan lohkon savinen ja selvästi kerrostunut maaperä reagoi kipsikäsitteelyyn odotetulla tavalla. Maaperämittaukset osoittivat vaikutuksen etenemisen olevan hallittua ja rakenteen ohjaamaa, mikä viittaa siihen, että käsittely soveltuu tämänkaltaisiin savimaihin. Verrokkilohkon tulokset puolestaan osoittivat, että ulkopuolisen virtauksen (harjuvesi) voimakas vaikutus voi peittää käsittelyn signaalin alle.

## **Kuinka nopeasti vaikutuksia voi odottaa ja kuinka kauan ne kestävät?**

Kipsin vaikutukset alkoivat näkyä maaperän ja salaojavesien mittauksissa ensimmäisten merkittävien sadejaksojen jälkeen. Vaikutus eteni syvemmälle maaprofiiliin viiveellä, erityisesti muokkauskerroksen alapuolisen savikerroksen hidastaessa etenemistä. Vesinäytteissä sulfaattipitoisuudet olivat korkeimmillaan käsittelyä seuraavina kausina ja vähenivät ajan myötä.

## **Lisääkö kipsin levitys riskiä tiivistymiseen tai käytännön ongelmiin pellolla?**

kipsi itsessään ei aiheuta maan tiivistymistä, vaan mahdollinen tiivistymisriski liittyy kaluston painoon, rengaslevyyteen, levityksen ajoitukseen ja maan kosteustilaan.

Tässä kokeessa ei erikseen tutkittu levityskaluston tai levitystavan vaikutuksia maaperän rakenteeseen.

## **Näkökö hyöty oikeasti vesistöön asti vai onko kyse vain paikallisesta ilmiöstä?**

Vesistövaikutusta ei mitattu suoraan, koska virtaamaa eikä joen vedenlaatua seurattu riittävän laajasti. Koe osoitti kuitenkin, että ravinne- ja kiintoainevalumat vähenivät, ja maaperä- sekä valuntahavainnot olivat johdonmukaisia kipsikäsitteelyn tunnettujen vaikutusmekanismien kanssa. Vesistöhyöty on osoitettu aiemmissa SAVE-, SAVE2- ja jatkohankkeissa, joissa vaikutus on mitattu suoraan valuma-alueilla ja vesistöissä. Koe ei itsessään todentanut vesistövaikutusta, mutta osoitti, että pellolla tapahtuva mekanismi tukee aiemmissa hankkeissa havaittua vesistöhyötyä.

## **Kuinka paljon aikaa ja vaivaa seuranta vaatii viljelijältä?**

Seuranta vaati viljelijältä vain vähän ajankäyttöä, kun mittausjärjestelmät oli asennettu ja tiedonkeruu pitkälti automatisoitu. Näytteiden otto ja käytännön järjestelyt vaativat jonkin verran panosta, mutta kokonaisuutena työmäärä pysyi pienenä.

Onko tästä viljelijälle muutakin hyötyä kuin vesiensuojelu?

Reaaliaikainen maaperän mittaus tarjosi viljelijälle välitöntä hyötyä viljelytoimenpiteiden ajoituksessa, pellon ajettavuuden arvioinnissa ja riskien hallinnassa.