



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Test av Veris MSP3 under norske forhold

Sensorbaserte målinger av pH og moldinnhold i fart

NIBIO RAPPORT | VOL. 5 | NR. 27 | 2019



Kristian Rindal, Håvard Johansen Lindgaard og Jakob Geipel  
Avdeling Landbruksteknologi og systemanalyse / Senter for presisjonsjordbruk

**TITTEL/TITLE**

Test av Veris MSP3 under norske forhold

**FORFATTER(E)/AUTHOR(S)**

Kristian Rindal, Håvard Johansen Lindgaard og Jakob Geipel

<b>DATO/DATE:</b>	<b>RAPPORT NR./ REPORT NO.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:</b>	<b>PROSJEKTNR./PROJECT NO.:</b>	<b>SAKSNR./ARCHIVE NO.:</b>
28.02.2019	5/27/2019	Åpen	11353	18/01368
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-17-02285-5	2464-1162	18		

**OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:**

Franzefoss Minerals

**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Ingrid Gauslaa

**STIKKORD/KEYWORDS:**

Glødetap; organisk materiale, pH, presisjonsjordbruk, sensormålinger

Ignition loss, organic matter, pH, precision agriculture, sensor measurements

**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Landbruksteknologi

Agricultural technology

**SAMMENDRAG/SUMMARY:**

Høsten 2018 gjennomførte vi ved Senter for presisjonsjordbruk en test av spesialutviklet maskin (Veris MSP3) for «on-the-go» måling av pH, mold (organisk materiale; OM) og elektrisk ledeevne i jordbruksjord. Testen ble gjennomført på oppdrag av Franzefoss Minerals, som ønsket en objektiv evaluering av maskinen og dens egnethet under norske forhold. Maskinen ble testet i felt med spesielt fokus på pH målingene. Målinger av pH og OM som ble tatt med Veris ble sammenlignet med tilsvarende lab målinger fra jordprøver tatt fra de samme prøvestedene. Dataanalysen viste at det var svært dårlig samsvar mellom Veris- og lab målingene av både pH og OM. Maskinen har tidligere blitt testet både under kontrollerte, semi-kontrollerte og realistiske forhold i andre land, blant annet i USA og i Tyskland. Her har det blitt funnet en viss sammenheng mellom pH målinger av Veris og lab-målinger. Grunnen til at Veris gjør det dårligere i vår test kan skyldes både maskinens tilstand, utforming og mangelfull evne til å håndtere stein. Denne rapporten redegjør detaljert for disse utfordringene.

**LAND/COUNTRY:**

Land Norge

**FYLKE/COUNTY:**

Fylke Oppland

**KOMMUNE/MUNICIPALITY:**

Kommune Østre Toten

**STED/LOKALITET:**

Sted Apelsvoll

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

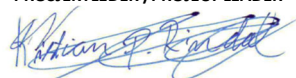
GODKJENT /APPROVED



---

AUDUN KORSÆTH

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



---

KRISTIAN RINDAL



**NIBIO**  
NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	5
2	Material og metode.....	6
2.1	Gjennomgang av Veris MSP3.....	6
2.1.1	Om Veris MSP3.....	6
2.1.2	Kalibrering av Veris MSP3 .....	7
2.1.3	Status for Veris MSP3 brukt under undersøkelser ved Apelsvoll.....	7
2.1.4	Innstillinger for kjøring i felt med Veris MSP3.....	8
2.2	Innsamling av data fra feltøvelser .....	11
2.2.1	Redskap .....	11
2.2.2	Skiftene .....	11
2.2.3	Kalibrering av Veris-data .....	11
2.2.4	Analyse av fysiske jordprøver.....	12
2.3	Analyse av data.....	13
3	Resultat.....	14
4	Diskusjon.....	15
5	Anbefaling.....	16
	Referanser .....	18

# 1 Bakgrunn

Landbruket har et behov for å effektivisere seg, og kravet om å produsere mer klimavenlig og ressurseffektiv mat er ofte på agendaen. Forbrukere stiller høyere krav til kvalitet og variasjon i butikkhyllen, samtidig som det stilles etiske krav til maten. Den skal fortsatt være billig, og matprodusentene må imøtekomme forbrukerne ved å produsere mat av god kvalitet, så effektivt og etisk riktig som mulig. Mye på grunn av dette er det økende fokus på presisjonsjordbruk i Norge. Landbruksredskaper og ny teknologi i jordbruksmekaniseringen er en viktig del av utvikling innen fagområdet. Seksjonskontroll og sensorikk på utgjødsling- og plantevernutstyr er blant noen av nyvinningene som bidrar til at arbeidet på jordet kan gjennomføres med en mye høyere romlig oppløsning enn før.

For å kunne utnytte det agronomiske potensialet i denne utviklingen, kreves også en bedre oppløsning på målinger gjennomført i jorda under plantene. I et agronomisk perspektiv vil jordforholdene plantene vokser i være avgjørende for hvor godt utbytte en får av presis tildeling av ulike innsatsfaktorer. Imidlertid kan det til tider være både dyrt og utfordrende å foreta de riktige analysene for å fatte gode, agronomiske beslutninger.

Jordprøver er nødvendig for gode resultater i jordbruksproduksjoner, og regelmessig jordprøvetaking er påkrevet gjennom forskrift om gjødselplanlegging (Landbruks- og matdepartement 1999). Per dags dato er det å oppnå en god oppløsning på jordprøver både dyrt og tidkrevende, og det har i lengre tid vært etterspurt nye løsninger for kunne gjennomføre jordprøvetaking på en bedre måte. Metodikk basert på måling med ulike sensorer, eller elektroder ser ut til å være lovende alternativ til tradisjonelle lab målinger for å skaffe tilveie nødvendig informasjon på en mer kostnadseffektiv måte. Antimon-elektroder har f.eks. vist seg å gi gode resultater for pH under kontrollerte forhold (Schirrmann, et al. 2011). Samtidig har det vist seg at slike målinger også kan gi gode resultater i felt hvis man kalibrerer målingene ut fra noen lab-baserte referanseverdier (Adamchuk, et al. 2007).

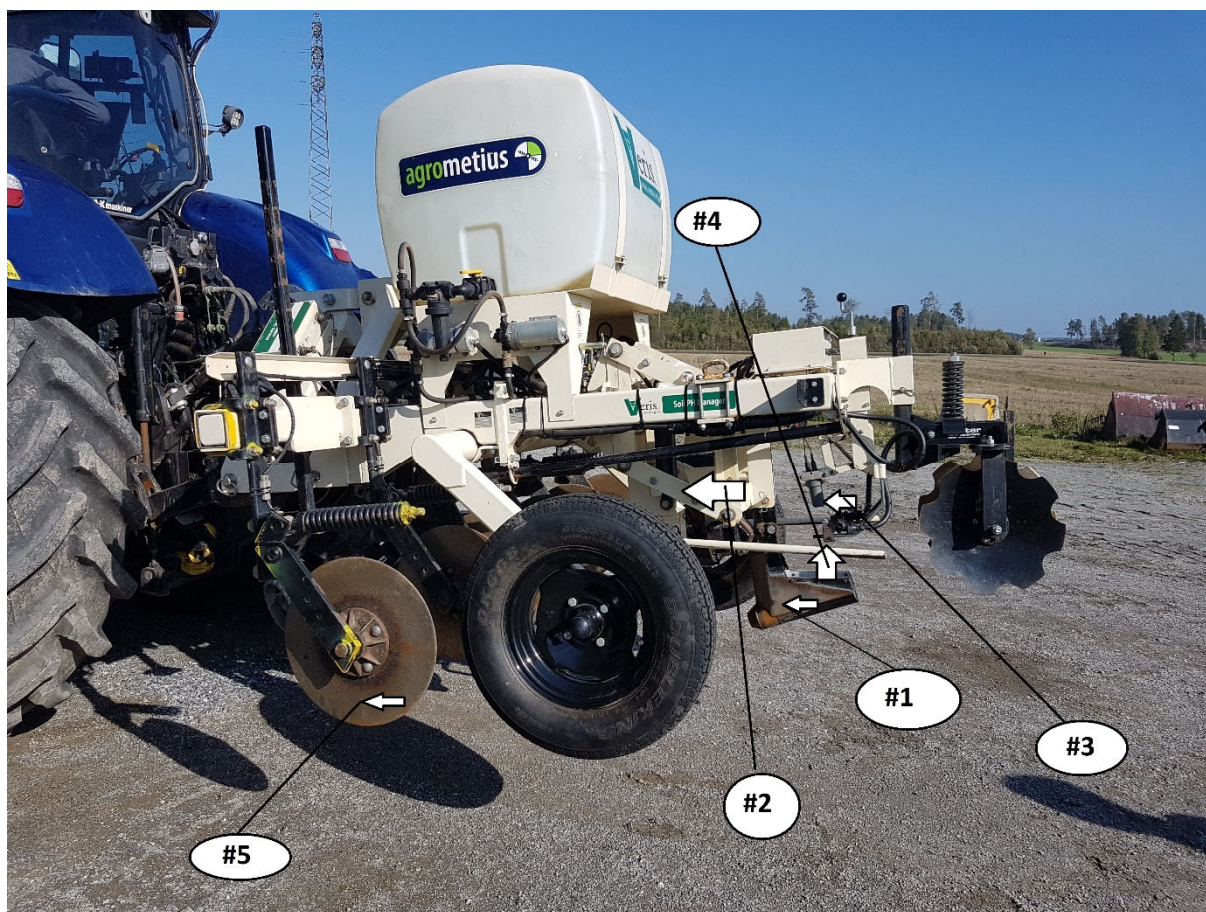
På oppdrag fra Franzefoss Minerals har vi ved Senter for Presisjonsjordbruk ved NIBIO Apelsvoll gjennomført en test av Veris MSP3, som er en maskin for «on the go» kartlegging av jordtekstur, organisk materiale og pH. Vi har vurdert kvaliteten av målingene maskinen gjør, og samtidig undersøkt om maskinen egner seg til bruk under norske forhold. Veris MSP3 har tidligere blitt testet i en rekke andre land med forskjellige fremgangsmåter, I Tyskland ble maskinen testet under kontrollerte, semi kontrollerte og realistiske scenarier (Schirrmann, et al. 2011). Videre har maskinen blitt felttestet på seks forskjellige jorder i USA (Adamchuk, et al. 2007). Etter vår kunnskap finnes det ingen kunnskap om hvordan denne maskinen fungerer under norske forhold.

## 2 Material og metode

### 2.1 Gjennomgang av Veris MSP3

#### 2.1.1 Om Veris MSP3

Veris MSP3 er en “mobil sensorplattform” som måler pH, organisk materiale og elektrisk ledeevne i jorda med en sensorbasert “on-the-go” målemetode (**Feil! Fant ikke referansekilden.**). Dette betyr at maskinen opererer i fart og trenger ikke stoppe for å gjennomføre målinger på prøvetakingsplassene. Maskinen benytter seg av en rekke sensorer for å kunne gjennomføre disse målingene. Alle målinger blir georeferert ved hjelp av en Garmin GPS.



Bilde 1. Veris MSP3: #1 Spade til å samle jordprøver, #2 Hydraulisk stag som hever/senker spaden, #3 Antimon elektroder for pH målinger, #4 Plassering av vaskedyser for rengjøring av elektroder og #5 rullekniver for måling av EC.

Foto: Kristian Rindal

For å måle pH benyttes det to elektroder med en tupp laget av antimon. Disse kommer i kontakt med jorden ved hjelp av en rørformet «spade», som søker seg ned/presses ned i jorden med kraft fra et hydraulisk stag. Når spaden når riktig dybde, vil spaden få en gjennomstrømning av jord gjennom munningen, og etter en stund vil spaden heves. Jorden i spaden kommer da i kontakt med elektrodene. I løpet av noen sekunder gjennomføres en måling fra hver av elektrodene før det regnes et gjennomsnitt av de to målingene. Koordinatene på stedet der jordprøven tas blir målt med GPS og loggført sammen med målerverdien. Til slutt vil elektrodene rengjøres ved hjelp av to vanddyser som

spyler tuppen av elektrodene. Målingene gjennomføres med om lag 20 m mellomrom, og avstand mellom kjørespor er på 10 m.

Organisk materiale (OM) måles via en sensor som måler lysrefleksjon i infrarødt/rødt område (IR/R) med 1 Hz. Sensorene montert liggende flatt slik at den følger terrenget noen cm under det øverste jordlaget.

Elektrisk ledeevne (EC) måles via seks rullekniver som er fastmontert på maskinens ramme. To av rulleknivene sender ut strøm. De resterende fire rulleknivene registrerer denne strømmen, og på den måten måles den elektriske ledningsevnen i jorda. Målingene blir loggført samtidig med OM.

### 2.1.2 Kalibrering av Veris MSP3

For hvert nytt skifte, eller ved større opphold, ble maskinen kalibrert og kontrollert etter produsentens anbefalinger. I VerisMSP3 sitt program beskrives stegene for kalibrering av systemet i detalj, og disse

ble fulgt. Elektrodene som måler pH ble kontrollert ved å bruke en pH4- og en pH7-løsning, levert av Veristech. Løsningene ble fylt i hver sin kopp som vi plasserte i kontakt med Antimon-elektrodene, først pH4 deretter pH7. Maskinens pH-målinger av disse referanse-løsningene ble deretter brukt til avgjøre automatisk via grenseverdier i medfølgende programvare hvorvidt dette var innenfor ønsket område. IR/R sensorene, som måler OM, ble kontrollert ved hjelp av en svart/hvit fargeblokk levert av Veristech. Først plasserte man blokken med hvit farge på sensoren, deretter den med svart farge, og som for pH ble kontrollmålingene brukt til å avgjøre hvorvidt sensoren var i orden.

Rulleknivene som måler EC ble kontrollert ved hjelp av et multimeter og en «kontrolleringsboks» levert av Veristech. Multimeteret slutter kretsen gjennom en spiss på rullekniven og en spiss i et hull i kontrolleringsboks. Ved å rulle kniven litt frem og tilbake, kan man observere om man får variasjon i motstand. Ved variasjon av motstand innenfor fabrikantens spesifikasjoner, kan man undersøke hvorvidt sensoren vil gi gode målinger i felt.



Bilde 2. Veris MSP3 med pH-konsentrater (i flaske) og IR-blokk klar til kalibrering.

Foto: Kristian Rindal

### 2.1.3 Status for Veris MSP3 brukt under undersøkelser ved Apelsvoll

Maskinen som ble stilt til disposisjon for testing ved Apelsvoll bar synlige preg av tidligere bruk, og vi fikk en del utfordringer med å få sensorikken til å fungere. Gjennom funksjonstesting, utbedringer og reparasjoner ble det et bedre grunnlag for å teste maskinens tiltenkte funksjonalitet under de gitte forhold.

Det ble tidlig klart at maskinens instrumenter var forskjøvet fra sin tiltenkte vinkel og plassering inne i rammen. Vi noterte oss at rulleknivene for EC-måling var skeive, OM-sensoren sine beskyttende hjul hadde ikke tilstrekkelig klaring, de to rulleknivene montert foran på maskinen var veldig skeive og enheten for pH måling, spesielt spaden, hadde fått tydelige skader. Spaden på maskinen hadde en bratt vinkling nedover mot bakken, og ved å regulere denne vinklingen vannrett med bakken var i stand til å få bedre flyt av jord gjennom. Originalt lot det til at spaden var innfestet med to 10.9 bolter av forskjellig dimensjon. På grunn av stor motstand var boltene utslitt og hadde dermed forårsaket

ovale hull i innfestningen til selve spaden. I et forsøk på å reparere dette så vi oss nødt til å bore ut hullene for innfesting av spaden til Ø16 mm (Bilde 3). Dette var minste dimensjon vi kunne bore for å gi spaden mindre slark.



*Bilde 3. Utbedret spade for pH målinger(f.v.), Vinkel på Spade før utbedringer , vinkel etter utbedring av spade, kjøreskade på rullekniver til EC-målinger(t.h.),.*

*Foto: Kristian Rindal*

Videre måtte vi etter noen undersøkelser bytte OM-sensoren på grunn av slitasje, og målepinnen i rullekniven av uvisst grunn (Bilde 4).



*Bilde 4. Utsnitt IR/R sensor (t.v.) og skadet rullekniv foran på Veris MSP3 (t.h.).*

*Foto: Kristian Rindal*

#### 2.1.4 Innstillinger for kjøring i felt med Veris MSP3

Maskinen ble kjørt med fast innstilling av arbeidsdybde og vinkling (lengde) på toppstaget. Arbeidsdybde og vinkel på maskinen generelt ble stilt ved hjelp av toppstag, trekkstenger og dybdehjul fastmontert på rammen. Videre har pH- og OM-sensor egne innstillingsmetoder for ytterligere korrigeringer av dybde i forhold til resten av maskinen. Vi stilte inn maskinen på en slik måte at rammen gikk vannrett med terrenget. Kjørehastigheten lå mellom 7-10 km/t etter anbefaling fra leverandør. Ved lavere hastighet opplevde vi dårlig gjennomstrømming i spaden til pH måler og ved høyere hastighet fikk vi en økt risiko for maskinskade. Avstanden mellom hvert kjørespor var 10 m. Vi



benyttet oss av presis auto styring for å holde riktig og jevn avstand mellom sporene. Innstillinger og kjøremåte ble på best mulig måte gjennomført etter de anbefalinger som var gitt under opplæring av Veris MSP3. Maskinen ble kjørt med 10 graders vinkel på kjøresporene som var synlig på jordet (og som representerer vanlig kjøreretning for de fleste operasjoner) for å sikre prøvetaking uavhengig av tidligere behandlingsretning. Videre ble det kjørt i et kryssmønster på slutten av prøvene for å korrigere for drift.

#### 2.1.4.1 Innstillinger for pH-målinger

For å få best mulig pH-målinger var det viktig at maskinens spade hadde god gjennomstrømning av jord. Den dypeste mulige arbeidsdybden på innstillingene gav den beste gjennomstrømningen av jord. Spaden ble på denne innstillingen ført ned til mellom 15-20 cm dybde (Bilde 5). Videre var det viktig at de elektriske sensorene fikk god kontakt med jorden som ble ført opp. Etter veiledning fra fabrikken stilte vi sensorene så dypt ned i forhold til spaden at de så vidt hadde klaring mellom spade og elektrodene i øverste posisjon for spaden. Spadens vinkel ble korrigert slik at den ble ført ned i jorda med 20 graders vinkel i forhold til jordoverflata, i stedet for ca. 30 grader slik den var før reparasjonen.



*Bilde 5. Måling av arbeidsdybden til pH-måling (t.v.) og synlig god jordgjennomstrømning av Veris MSP3 pH-målinger (t.h.).*

*Foto: Kristian Rindal*

#### 2.1.4.2 Innstillinger for OM-målinger

OM sensoren ble stilt vannrett med bakken med en dybde slik at hele sensoren var under overflaten (Bilde 6). Under mindre stenrike forhold enn på Toten er det anbefalt at sensoren monteres med en liten helning for bedre kontakt med jorden, men dette var ugunstig for vår del da stein i jorda bidro med uforholdsmessig stor slitasje på sensoren.



*Bilde 6. Arbeidsdybde og vinkel til IR/R sensor Veris MSP3 (t.v.) og synlig gode spor etter god kontakt mellom jord og IR/R sensor Veris MSP3 (t.v.).*

*Foto: Kristian Rindal*

#### 2.1.4.3 Innstillinger for EC-målinger

Rulleknivene har fabrikkinnstilt motstand, og dermed var ikke dette noe vi stilte på. Vi fant ut at en arbeidsdybde på 7-12 cm var tilstrekkelig for å få gode målinger (Bilde 7).



*Bilde 7. Arbeidsdybde rullekniver til EC-målinger Veris MSP3.*

*Foto: Kristian Rindal*

## 2.2 Innsamling av data fra feltøvelser

### 2.2.1 Redskap

Traktoren vi brukte for å kjøre Veris MSP3 var en John Deere J6130R med Autotrac®. En av John Deeres egenutviklede GNSS løsninger, «Starfire RTK (Real Time Kinematics) mobile» sørget for navigasjonen. Vi benyttet korreksjonssignaler fra Kartverket (CPOS), som gir en nøyaktighet på rundt +/- 2 cm.

For å kontrollere god gjennomstrømning i spaden, og at maskinen ellers fungerte som tiltenkt, ble maskinen overvåket visuelt fra en John Deere Gator UTV som kjørte like bak. Samtidig ble det merket hvor Veris startet hvert «drag» av prøvetakingen, for å lettere kunne identifisere hvilke prøver som var tatt hvor.

### 2.2.2 Skiftene

Maskinen ble kjørt på 4 jorder totalt, skifte 1, 5 og 25 (Bilde 8). Skifte 1 var på om lag 27 dekar, med en helning på 6-12%. Skifte 5 var på 30,7 dekar, med en helning på 12-20%, mens skifte 25 var på om lag 70 dekar med en helning på 4-12%. Alle skiftene hadde morenejord med anslagsvis 0,5-10 m<sup>3</sup> stein/daa ned til 0,5 meters dyp.



Bilde 8. Skifte 1 (t.h.), 5 (i midten) og 25 (t.h.) på dagen Veris MSP3 ble kjørt.

Foto: Kristian Rindal

Det første jordet vi kjørte på var skifte 25. Siden maskinen var til dels utslitt ved ankomst Apelsvoll, ble vi nødt til å bruke dette jordet som et funksjonstest-jorde. Problematikk rundt maskinens funksjoner, samt et behov for å sette oss inn i maskinens «virkemåte», sørget for at data produsert på skifte 25 ble ansett som lite hensiktsmessig å viderebehandle.

Skifte 1 måtte også forkastes fra dataanalysene. Det viste seg å være vanskelig å få pH målingene fra Veris kalibrert. I følge oppskriften for bruk av Veris er det anbefalt å sende inn 4 jordprøver per 20 dekar. Med et totalareal på om lag 27 dekar ble det opprinnelig sendt inn 4 jordprøver fra dette jordet for kalibrering (se under for metodiske detaljer). Dette viste seg å ikke være tilstrekkelig og 9 jordprøver ble dermed valgt ut og sendt inn til kalibrering. Når dette ikke viste seg å løse problemet, ble jordet forkastet.

Værmessig var det relativt like forhold når Veris ble kjørt på skifte 1 og 5. Skifte 25 hadde mye mer sol, og skifte 5 hadde litt mer nedbør enn de andre skiftene.

### 2.2.3 Kalibrering av Veris-data

Punktene som skulle benyttes til kalibrering ble valgt ut av en ekspert på Agrometius (selger av Veris i Europa). For skifte 5 ble det valgt ut 4 kalibreringspunkter. Det ble brukt resultater fra de fysiske jordprøver tatt ved Veris sine punkter for denne kalibreringen. I enkelte tilfeller var

kalibreringspunktene mellom 2 slike prøvepunkter, da ble det benyttet et voronoi diagram for å fastslå tilhørighet.

#### 2.2.4 Analyse av fysiske jordprøver

Fysiske jordprøver ble tatt langsmed sporene etter fysisk jordprøvetaking av Veris (Bilde 9). Det ble tatt 10 stikk med jordspyd på 20cm dybde, 5 på hver side av sporet, og jordmassene ble blandet i en bøtte.

Fremmedlegemer som sten og strå ble fjernet, før jorda ble helt over i prøvebokser fra Eurofins. Jordprøvene ble merket med samme prøvenummer som Veris sin pH måling på stedet. På enkelte steder loggførte Veris-systemet en prøve uten at det ble gjennomført en fysisk måling. På andre steder ble det forsøkt å gjennomføre en prøvetaking av Veris, men manglende gjennomstrømming av jord og/eller mangelfull dybde av prøvetageren bidro til at det ikke ble registrert noen måling. Alle steder hvor fysiske jordprøver ble tatt, ble det undersøkt for gjennomstrømming og dybde før en fysisk prøve ble tatt (Bilde 10). På skifte 5 ble det tatt jordprøver på alle steder der Veris hadde gjennomført en ordentlig prøve, med unntak av «korrigeringssporet» for drift, som går på tvers av jordet.



*Bilde 9. Innsamling av jordprøver på samme sted Veris MSP3 har samlet prøver. Stikk-punkter for jordspyd merket med rød spray.*

*Foto: Kristian Rindal*



Jordprøvene ble sendt inn, og analysert av Eurofins. Vi benyttet oss av «pakke 1 jord», som inneholder: «bestemmelse av jordart, volumvekst, moldklasse, leirklasse, glødetap, pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL og Na-AL» (Eurofins 2018). Før analysene begynner, blir jorda tørket ved 40 grader og siktet under 2mm kornstørrelse.

*Bilde 10. Kontrollering av Veris MSP3 sine pH målinger, arbeidsdybde og gjennomstrømming undersøkt.*

*Foto: Kristian Rindal*

## 2.3 Analyse av data

Vi satt igjen med en rekke datasett etter prøvetaking. For hvert felt hadde vi rådata, rensket og kalibrerte data fra Veris. Disse var delt i pH- og OM-filer. Videre hadde vi prøveresultater fra Eurofins. pH målinger fra Veris og jordprøver hadde tilnærmet samme frekvens, samtidig som de hadde samme prøvenummer, dermed var det enkelt å sammenligne resultatene på disse. For OM-målinger av Veris er det derimot flere frekvenser som er gjennomført enn det er tatt jordprøver. Det ble dermed benyttet et voronoi-diagram gjennom programmet QGIS (versjon 3.4.3 «Madeira») for å fastslå hvilke OM-målinger som kunne sammenlignes med de forskjellige jordprøvene tatt av Veris (Bilde 11). Data ble sammenslått i en stor fil der rådata fra kalibrert, ukalibrert OM og pH og alle jordprøver var i samme settet med deres respektive, utvalgte prøver.



Bilde 11. Voronoi av Veris/Eurofins jordprøver satt opp mot kalibrering (t.v.), OM målinger fra Veris lagt inn i QGIS (i midten), Fieldfusion pH malinger (t.h.).

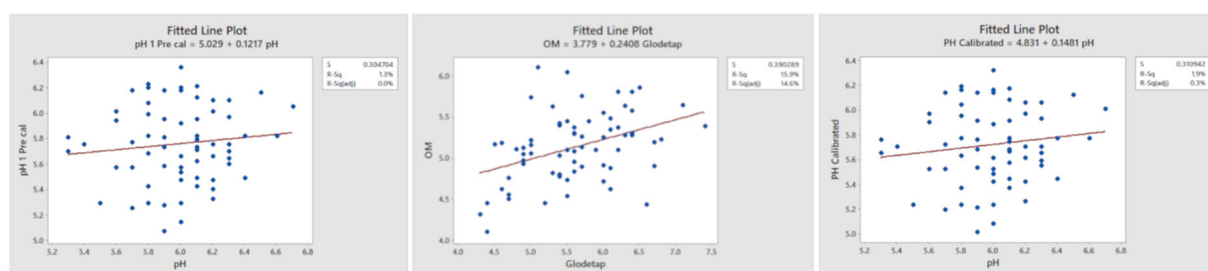
Data ble analysert ved hjelp av Minitab. Det ble gjennomført regresjonsanalyser og parett-test mellom pH målt i jordprøver analysert i lab og pH målt med Veris med etterfølgende kalibrering (basert på noen av lab analysene). Videre ble det gjennomført regresjonsanalyser og parett-test mellom glødetap målt i lab og OM målt med Veris med etterfølgende kalibrering (som for pH). Gjennom dataanalysene ble det antatt at Lab-målingene var den «sanne» verdien og gav nøyaktig pH.

### 3 Resultat

På skifte 5 ble det totalt tatt 68 fysiske jordprøver som ble sendt til lab. Disse verdiene ble sammenlignet med 68 målinger gjennomført med Veris, der hver måling korresponderte med hver sin jordprøve (målt på samme sted som jordprøvene ble tatt). T-testen viste at det var ingen signifikant sammenheng mellom pH målt i lab og pH målt med Veris, før og etter kalibrering av Veris-målingene med utvalgte lab verdier (Tabell 1). Det var en statistisk sikker sammenheng mellom glødetap målt i lab og OM målt med Veris, men OM-målingen var nokså svakt korrelert med glødetapet, og kunne bare forklare knappe 16% av variasjonen i glødetap målt i lab. Plottene under illustrerer den dårlige sammenhengen mellom lab verdiene og målingene fra Veris (Bilde 12).

Tabell 1. Regression og t-test resultater

	N	R <sup>2</sup> (%)	p-verdi	t-verdi
<b>pH Veris før kalibrering vs. pH lab</b>	66	1.30	0.354	
<b>pH Veris etter kalibrering vs. pH lab</b>	66	1.86	0.275	-5.84
<b>OM Veris vs. glødetap lab</b>	68	15.86	0.001	6.07



Bilde 12. Spredningsplott med regresjonslinje pH etter kalibrering vs. pH lab (t.v.), OM vs. glødetap lab (i midten) og pH før kalibrering vs. pH Lab (t.h.).

## 4 Diskusjon

Resultatene viste at pH-målingene gjennomført med Veris ikke samsvarte med lab-målingene av jordprøver tatt på de samme stedene, selv etter kalibrering av Veris-målingene. I USA fant Adamchuk, et al. 2007 en bedre sammenheng mellom pH lab og pH Veris på enkelte av deres jorder. Ved å kalibrere Veris var de i stand til å få en utbedret regresjonsmodell ( $R^2 = 0.60$  ukalibrert og  $R^2 = 0.81$  kalibrert). I motsetning til oss, benyttet de seg av interpolerte verdier av pH lab og sammenlignet disse med Veris sine målinger. Vi tror imidlertid ikke at en interpolering av våre resultater ville endret resultatet vesentlig. Vår mer direkte metode gir uansett den mest korrekte sammenligningen av de to metodene, siden vi her sammenligner målinger gjort på jord fra samme sted (25 cm m avstand).

I Tyskland fikk de også bedre resultater enn oss når pH målt med Veris ble sammenlignet med tilsvarende lab-målinger (Schirrmann, et al. 2011). Dette kan skyldes at de hadde større variasjon i pH på jordene deres enn det vi hadde. Sammenhengen mellom lab- og Veris-verdier så ut til å øke med økende variasjon i pH innenfor hvert skifte. Ved variasjon av pH mellom 4 og mindre enn 7 fikk de  $R^2 = 0.71$ , ved pH mellom 4 og større enn 7, ble  $R^2 = 0.84$ . Ved å benytte seg av kalibreringer lik Adamchuk, et al. 2007, fikk de en lavere grad av standardfeil på alle jorder. Til tross for bedre samsvar så de behov for en bedre kalibrering av Veris og foreslo å ta i bruk en multippel regresjonsanalyse med to parametre for å bedre den felt-spesifikke kalibreringen av Veris målingene.

Vi mener at en klart medvirkende årsak til de dårlige resultatene for Veris sine pH-målinger var at maskinen var svært slitt, og at selv etter diverse reparasjoner og justeringer så bidro maskinens mangelfulle tilstand til at resultatene ble dårligere enn de kunne vært.

Videre har nok også våre feltmessige forhold spilt en rolle. Både helninger i terrenget og steinholdig jord har sannsynligvis redusert kvaliteten på målingene. Det viste seg bl.a. at både stein og strå bidro med til dels store utfordringer for gjennomstrømning av jord, som igjen betydde at pH målingene ikke alltid var optimale. Det kan altså tenkes at man ved å benytte seg av en maskin i bedre stand enn den maskinen som var på Apelsvoll, så ville resultatene blitt bedre.

De sensorbaserte målingene (Veris) av jordas innhold av organisk materiale var alt for unøyaktige til å kunne brukes til å erstatte lab målinger. Dette er noe vi ikke diskutere nærmere her, siden hovedmålet med dette arbeidet var å fokusere på pH.

## 5 Anbefaling

Resultatene fra våre tester viste at det var ingen samsvar mellom pH målt med Veris og pH målt i lab. Konklusjon er nødvendigvis basert på resultatene vi greide å produsere med den ene maskinen vi fikk til testing. Basert på dette vil vi ikke anbefale å bruke maskinen til å måle pH i felt.

Med forbehold om at maskinen som var på Apelsvoll var relative utslitt, er det blitt gjort noen refleksjoner rundt hvordan maskinen lettere kunne fungert i norske forhold.

En av de store utfordringene til maskinen var å følge terrenget i spesielt kupert forhold. Ved kjøring i oppoverbakker ville maskinen helle litt fremover, noe som førte til at OM-sensoren gikk i en lavere arbeidsdybde enn ønskelig, mens pH målingene ikke gikk dypt nok. Motsatt resultat fikk man ved å kjøre i nedoverbakke, hvor OM-sensoren tenderte til å for høyt, mens pH-sensoren tenderte til å gå for dypt. En løsning på et slikt problem kunne være å ha et bestemt dybdehjul foran på maskinen slik at man kunne kjørt den på slep mer enn på 3-punkt montering.



*Bilde 13. Eksempelbilde hvor Veris MSP3 har hatt problemer med å komme til riktig arbeidsdybde. Resultat: langt drag.*

*Foto: Kristian Rindal*

En annen utfordring maskinen hadde var stein i pH måleren. For det første var det tilfeller hvor maskinen løp risiko for skader ved møte med større stein. I ett tilfelle måtte innfestningen til spaden rettes opp da stålet ble bøyd i møte med en større stein, i andre tilfeller ville stein påvirke maskinens loggføring av prøver. Ved møte på stein som fikk spaden til å hoppe, registrerte maskinen noen ganger



at den var på veg «opp», i slike tilfeller ville den da fortsette med å kunne flytte seg opp til «nøytral» posisjon i stedet for å gå hele veien opp til «sensormålinger». Det kan tenkes at det burde utvikles en måte å registrere når maskinen ble «dyttet» opp og når spaden ble «løftet» opp. Videre kan det tenkes at en steinutløser på spaden ville vært en gunstig oppgradering.



*Bilde 14. pH spaden i møte med klebrig jord og stein.*

*Foto: Kristian Rindal*

Mange ganger var det problemer med sten som kilte seg fast i munningen på spaden, og det kan tenkes at man burde utvikle en løsning som var mer tilpasset steinrike jordarter.

Maskinen hadde synlige utfordringer i områder med mye høy stubb av strå. Det kan tenkes at det bør utvikles en måte som sørger for å fjerne den slags mer effektivt bort fra både OM- og pH-sensoren.

Siden maskinen til tider loggførte prøver i vendeteigen når maskinen var hevet fra jorden, kan det tenkes at det burde utvikles en metode for å kontrollere at maskinen er i senket posisjon før logging aksepteres.

Kalibrering av jordprøver viste seg også å være en relativt stor utfordring. Maskinen er egnet for å kjøres i slutten eller i starten av en sesong, for å planlegge kalking. Rent praktisk ville det vært uheldig om en bonde fikk beskjed om å hente ytterligere prøver (for kalibrering av Veris-målingene) på sine areal fem uker etter han hadde levert inn egne prøver. I vårt tilfelle var det heldig at vi hadde tatt jordprøver på så mange prøvepunkter som vi hadde, for når vi hadde fått tilbake resultater fra jordanalysene, lastet de opp i fieldfusion og fått til svar at vi trengte flere jordprøver, var det allerede snø på jordene.

# Referanser

Adamchuk, Viacheslav I., Eric D. Lund, Todd M. Reed, and Richard B. Ferguson. "Evaluation of an on-the-go technology for soil pH mapping." *Springer Science + Business Media*, 6 June 2007: 139-149.

Eurofins. "Analysetjenester." 10 22, 2018. <https://www.eurofins.no/agro-testing/analysetjenester/analyse-av-jord/>.

Landbruks- og matdepartement. "Forskrift om gjødslingsplanlegging." *FOR-1999-07-01-791*. 1999.

Schirrmann, Michael, Robert Gebbers, Eckart Kramer, and Jan Seidel. "Soil pH Mapping with an On-The-Go Sensor." *Sensors*, Januar 7, 2011: 573-598.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.