

Test af nye analysemetoder af jord og betydende parametre for udbyttet i vinterhvede



Forfattere:

Marie V. Vestergaard, studentermedhjælp (stud. Bioinformatik, AU) og
Annette V. Vestergaard, landskonsulent i jord og dyrkningssystemer, PlantelInnovation, SEGES

Udgivet: 2021

Projekt: Sund jord – en investering i dyrkningssikkerhed og udbytte

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Indholdsfortegnelse

1 RESUME	3
1.1 FORSØG OG DATASÆT	3
1.2 ANALYSEMETODER	6
1.3 KORRELATIONSTESTS AF FORSKELLIGE ANALYSER AF SAMME PARAMETRE	6
PH OG REAKTIONSTAL	6
ORGANISK MATERIALE	7
VIDERE ANALYSER.....	8
1.4 PRISER PÅ DE FORSKELLIGE ANALYSEMETODER	10
1.5 KORRELATION MELLEM MÅLINGER OG UDBYTTET.....	10
1.6 UDBYTTREEFFEKT SOM FUNKTION AF ZONEINDELING.....	11
1.7 KONKLUSION	12
KORRELATIONSTESTS AF SAMME TYPE AF MÅLINGER	12
KORRELATION MELLEM MÅLINGER OG UDBYTTET	12
1.8 FREMTIDIGE UNDERSØGELSER: MODEL TIL AT FORUDSIGE UDBYTTET	12
REFERENCER	13

1 Resume

4 hvedemarker er inddelt i 3 zoner efter forventet udbyttensniveau og analyseret til 1 meters dybde ved 4 forskellige analysemetoder. Herefter er analyseresultater sammenlignet og søgt anvendt til afdækning af udbytteforklarende parametre. Udbytteerne er desuden søgt anvendt til at verificere zoneinddelingen.

Overordnet indeholder analysen alt for få prøver i forhold til analyserede parametre, hvilket vanskeliggør den statistiske analyse.

Sammenligning af forskellige metoder til analyse af jord viser at spektroskopiske analyser ved LIAB (Lab in a box) i dette studie ikke har givet korrelation med resultater af traditionelle kemiske analyser gennemført ved Agrolab. Soilscanner (NIR) har korrelation med Agrolabs analyser af pH og til dels af indhold af organisk materiale. Albrecht-analyser er kemiske analyser og stemmer rimeligt overens med Agrolabs resultater.

Resultatsikkerhed i forhold til analysepriser giver ikke anledning til at erstatte de traditionelle analyser med spektroskopiske.

Analyse af betydende parametre for udbyttet viser, at overjordens struktur og næringsstofindhold betyder mere end underjordens.

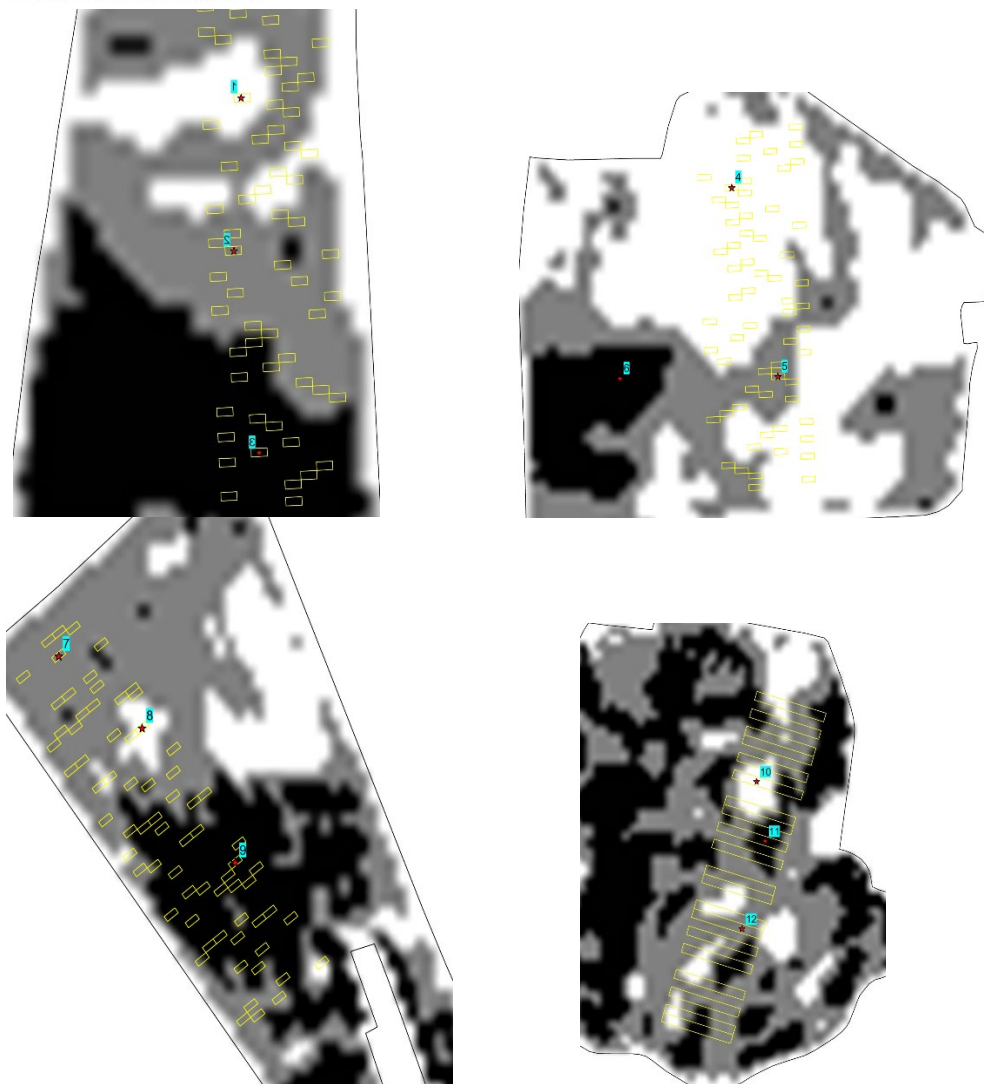
Endelig kan undersøgelsen ikke eftervise zoneinddelingen af jorden fra tørkeåret 2018 med statistisk sikkerhed, men der er dog større udbytte i zone 2 og 3, sammenlignet med zone 1.

1.1 Forsøg og datasæt

I tørkeåret 2018 blev der på baggrund af biomassekort udviklet et tørkefølsomhedskort som inddelte hvedemarker i tre zoner efter rodzonekapacitet¹. Zone 1 af en mark havde den ringeste rodzonekapacitet og dermed det laveste udbyttepotentiale. På baggrund af det udarbejdede kort, blev der i 2019 udvalgt 4 marker i Østjylland med vinterhvede, med en inddeling af markerne i de 3 zoner. For dels at undersøge om diverse jordprøver kan anvendes til at finde betydende udbytteparametre og beskrive zonerne, blev der i foråret udtaget en jordprøve i hver zone i hver mark i 0 til 1 m dybde. Prøverne blev delt i 2 dybder, 0-25 cm og 25-100 cm, og analyseret for hhv. tekstur og indhold af næringsstoffer. Således er formålet at afdække betydende udbytteparametre og at evaluere zoneinddelingen.

Andet formål med øvelsen er at sammenligne forskellige analysemetoder, hhv. de traditionelle kemiske analyser fra AgroLab, Albrecht analyser (kemiske analyser indeholdende et væld af parametre) og nye analyser med spektroskopi. Spektroskopiske analyser kan være prismæssigt konkurrencedygtige med de traditionelle kemiske analyser.

Kort over prøvepunkter og zoneinddelinger af de 4 hvedemarker ses i figur 1, idet de hvide områder afspejler zone 3 med størst rodzonekapacitet og de sorte områder afspejler zone 1 med lavest rodzonekapacitet.



Figur 1. Kort over de 4 forsøgsarealer med angivelse af prøvepunkter samt zoneinddelinger efter farverne sort, grå og hvid

Datasættet består af 11 jordprøvetagninger af de øvre jordlag (0-25 cm) og nedre jordlag (25-100 cm). Punkt 6 (zone 1) udgik desværre. For hvert prøvested, er der foretaget analyse af jorden ved brug af analysemetoder fra Agrolab, Soilscanner, Lab In A Box (LIAB) og Albrecht. LIAB blev kalibreret og testet ultimo 2018 på udlånt laboratorieudstyr fra SoilCares til Koldkærgaard, hvor der blev opnået en god korrelation til såvel pH ($R^2 = 0,91$) som næringsstofferne P ($R^2 = 0,77$), K ($R^2 = 0,62$) og Mg ($R^2 = 0,79$). LIAB blev dengang kalibreret efter danske analyser af overjord. Således er der ingen kalibrering i forhold til analyser af underjord. Efter udtagelse af jordprøverne i de 4 hvedemarker i 2019, blev prøver sendt til analyse på laboratoriet i SoilCares (Holland). Der gik meget lang tid inden resultater forelå.

Til analyse med SoilCares markscanner, lejede SEGES den håndholdte NIR-scanner og der blev foretaget analyser af hhv. våde og tørrede prøver for at sammenligne resultaterne.

Udbyttet er målt med forsøgsmejetærsker i alle punkter (hkg kerne/ha). Zone og rodzonekapacitet er blevet evalueret. Hver analysemetode har resulteret i en række informationer om jorden. Tabel 1 viser hvilke

parametre som er analyseret ved de forskellige metoder. Analysemetoderne er sammenlignet med Agrolabs analyser af tekstur og makronæringsstoffer som reference.

Tabel 1: Overblik over analyserede parametre ved de forskellige analysemetoder.

Analyser	Agrolab	Soilscan- ner	Lab In A Box	Albrecht
Grovsand	X			
Finsand	X			
Silt	X			
Ler	X	X		
Organisk mate- riale	X	X	X (organisk C)	X (+ organisk C)
Jordtype	X			
Reaktionstal	X	X (pH)	X (pH)	X(aktivt og buffer pH)
TN	X	X	X	
K	X	X (exch)	X (total + exch)	X (+ jordreserve + basemæt- ning)
Cu	X		X	X
Mg	X		X (exch)	X (+ jordreserve + basemæt- ning)
P	X	X	X	X
TS	X		X	
NH4	X			
NO3	X			
CEC		X	X	
Temperatur		X		
Uorganisk C			X	
Silicium			X	
Al			X	
Fe			X	X
Yttrium			X	
Ca			X	X (+ jordreserve + basemæt- ning)
Zn			X	X
TEC				X
Massefylde				X
Tilg. T/C/ha				X
Na				X (+ jordreserve + basemæt- ning)
H				X (+ basemætning)
Sulfater				X (+ jordreserve)
Olsen P				X (+ jordreserve)
Ca:Mg				X
Mg:K				X

K:Mg				X
K:Na				X
C:P				X
B				X
Mn				X
Cl				X
I				X
Mo				X
Co				X

1.2 Analysemetoder

Korrelationstests foretaget i dette projekt er Parametriske Pearson korrelationstests. Der er brugt en parametriske test, da data blev vurderet til at være tilstrækkeligt normalfordelt. Denne test undersøger, i hvor høj grad to variable covarierer. Til at vurdere dette, udregnes en korrelationskoefficient (r), der kan gå fra -1 til 1. For tegnet på r fortæller, om retningen på korrelationen, mens tallet fortæller om styrken på korrelationen. En korrelation på -1/1 svarer til, at datapunkterne ligger på en perfekt ret linje, mens en korrelation på 0 opfanget ingen korrelation mellem de to variable. r fortæller derfor ikke om hældningen på kurven, men om punkternes placering ift. en regressionslinje. Derfor kan den bruges, selv når måleenheder er forskellige.

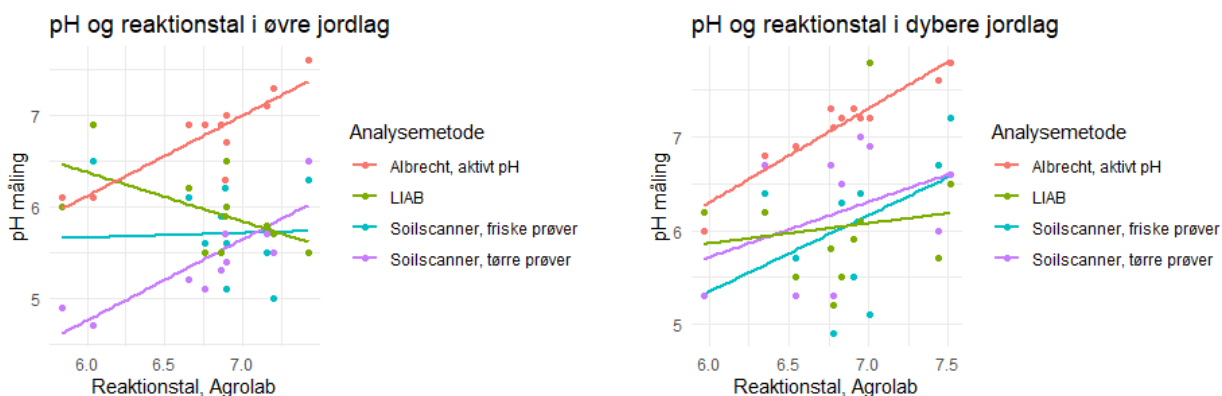
For at vurdere, om korrelationen er signifikant forskellig fra 0 beregnes en p -værdi. En p -værdi under 0,05 er anset for værende signifikant i denne rapport. Dog skal læseren være opmærksom på, at et prøveantal på 11 er et lille antal, og derfor ikke har power til at detektere sammenhænge, der ikke er tydeligt korrelerede. Analysen antager, at de to variable har en lineær sammenhæng, og kan derfor ikke detektere andre former for korrelationer end dette.

Alle analyser er foretaget i R. Pearson korrelation er estimeret vha. pakken "stats". Lasso-analysen til sidst er foretaget vha. pakken "glmnet".

1.3 Korrelationstests af forskellige analyser af samme parametre

PH OG REAKTIONSTAL

Reaktionstal og pH-målinger for øvre og nedre jordlag kan ses figur 2.



Figur 2. Sammenligning mellem pH målinger fra forskellige udbydere. Figuren til venstre viser sammenhængen mellem Agrolabs mål af reaktionstal og andre analysemetoders mål af pH fra målinger af det øvre jordlag. Figuren til højre viser tilsvarende for de dybere jordlag.

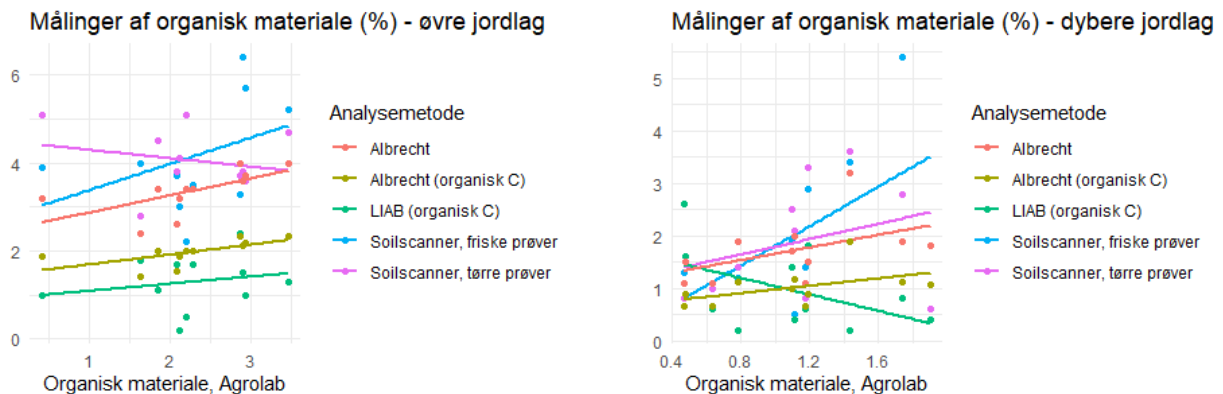
Albrechts analyse af aktivt pH har en estimeret korrelation med Agrolabs reaktionstal på 0,87 og 0,95 for hhv. øvre og dybere jordlag. Disse korrelationer er signifikant forskellige fra 0 (hhv. $p = 5,1E-4$ og $p = 6,3E-6$).

LIABs analyse af aktivt pH har en estimeret korrelation med Agrolabs reaktionstal på -0,57 og 0,14 for hhv. øvre og dybere jordlag. Disse korrelationer er ikke signifikant forskellige fra 0, og en ændring i reaktionstal medfører derfor ikke en ændring i målt pH. Desuden er det bekymrende, at den estimerede korrelation er negativ, da dette viser, at et større reaktionstal medfører en mindre pH-værdi målt ved LIAB.

Soilscanner har målt pH for hhv. friske og tørre prøver. pH-målinger på friske prøver har en estimeret korrelation med Agrolabs reaktionstal på 0,04 og 0,48 for hhv. øvre og dybere jordlag. Disse korrelationer er ikke signifikant forskellige fra 0 pga. den store spredning. pH-målinger på tørre prøver har en estimeret korrelation med Agrolabs reaktionstal på 0,82 og 0,39 for hhv. øvre og dybere jordlag. Korrelationen for målinger på de øvre jordlag er signifikant ($p = 2,0E-3$). Dette tyder på, at Soilscanners analyser af tørre prøver har en bedre sammenhæng med Agrolabs reaktionstal, i hvert fald for de øvre jordlag.

ORGANISK MATERIALE

Analysert indhold af organisk materiale og organisk C kan ses i figur 2.



Figur 1: Sammenligning af målinger af organisk materiale (%) af forskellige udbydere. Figuren til venstre viser sammenhængen mellem Agrolabs mål af organisk materiale og andre analysemetoders målinger af det øvre jordlag. Figuren til højre viser tilsvarende for de dybere jordlag. Hvis ikke andet er skrevet i figurteksten, er målingerne af organisk materiale.

Albrechts analyse af %-indhold af organisk materiale har en estimeret korrelation med Agrolabs måling på 0,63 og 0,48 for hhv. øvre og dybere jordlag. Korrelationen er signifikant for de øvre målinger ($p = 4,0E-2$). Den tilsvarende analyse for %-indhold af organisk C har en estimeret korrelation på 0,62 og 0,48 for hhv. øvre og dybere jordlag. Her er korrelationen igen signifikant for de øvre jordlag ($p = 4,0E-2$). Albrecht analyser for organisk materiale og organisk C har en indbyrdes korrelation på 1,00 ($p < 2,2E-16$) og 1,00 ($p < 2,2E-16$) for hhv. øvre og dybere jordlag.

LIABs analyse af %-indhold af organisk C har en estimeret korrelation med Agrolabs måling af organisk materiale på 0,21 og -0,48 for hhv. øvre og dybere jordlag. Ingen af disse korrelationer er signifikante. Igen, er det bekymrende, at LIAB finder en estimeret negativ sammenhæng med Agrolabs målinger.

Soilscanner har målt organisk materiale i hhv. friske og tørre prøver. Målinger i friske prøver har en estimeret korrelation med Agrolabs på 0,40 og 0,63 for hhv. øvre og dybere jordlag. Korrelation for de dybere jordlag er signifikant ($p = 3,6E-2$). Målinger på tørre prøver har en estimeret korrelation med Agrolabs på -0,21 og 0,33 for hhv. øvre og dybere jordlag. Ingen af disse er signifikant forskellige fra 0. Dette tyder på, at Soilscanners analyser af friske prøver har en bedre sammenhæng med Agrolabs, i hvert fald for de dybere jordlag.

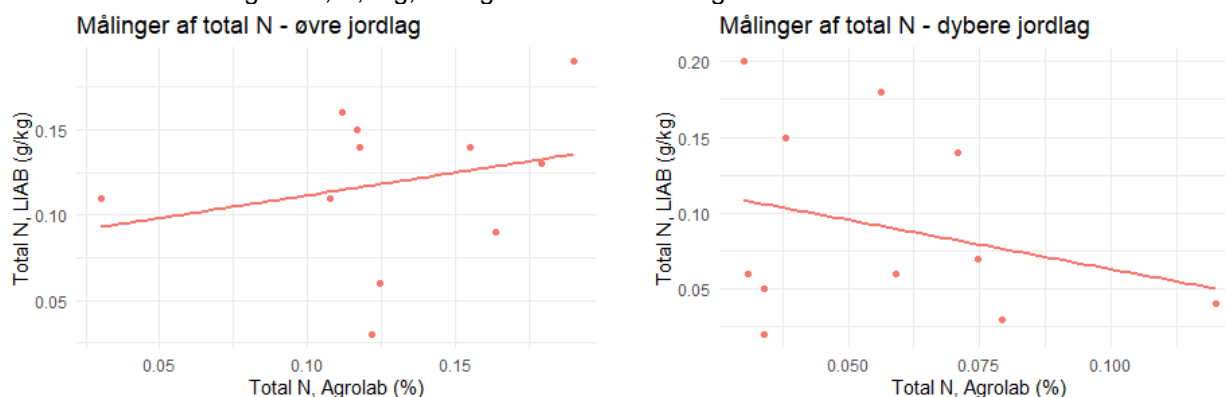
VIDERE ANALYSER

Udover pH og organisk materiale, er målinger af N, K, Mg, Cu og P også evalueret. Estimerede korrelationskoefficienter kan ses i tabel 2. Målinger er ikke nødvendigvis samme enhed, men dette påvirker ikke korrelationen. Oplysninger for N- og K-målinger af Soilscanner var opgivet som kategoriske intervaller og er derfor ekskluderet fra analysen.

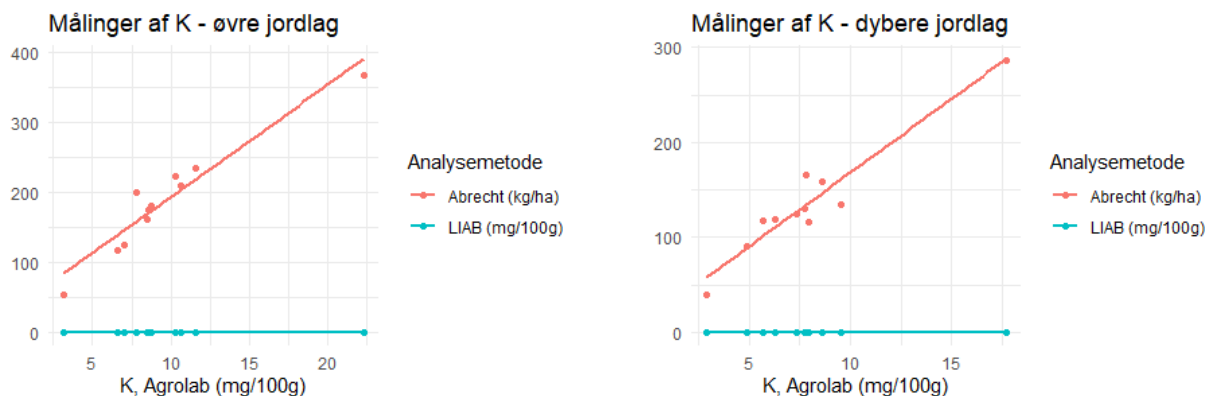
Tabel 2: Overblik over korrelationsanalyser mellem resultater fra forskellige analysemetoder. For forskellige analyser af jordindhold af grundstoffer er rapporteret estimerede korrelationskoefficienter for sammenhængen mellem Agrolabs og hhv. LIABs og Albrechts analyseresultater. Hvis korrelationen er signifikant, er p-værdien rapporteret i tabellen.

	Lab In A Box		Albrecht	
	Øvre	Dybere	Øvre	Dybere
N	0,25	-0,28	-	-
K	-0,37	0,58	0,96 (p = 3,1E-6)	0,96 (p = 3,1E-6)
Mg	0,46	0,38	0,87 (p = 4,7E-4)	0,95 (p = 5,9E-6)
Cu	-0,41	0,07	0,79 (p = 4,1E-3)	0,85 (p = 1,0E-3)
P	-0,22	-0,35	0,27	0,36

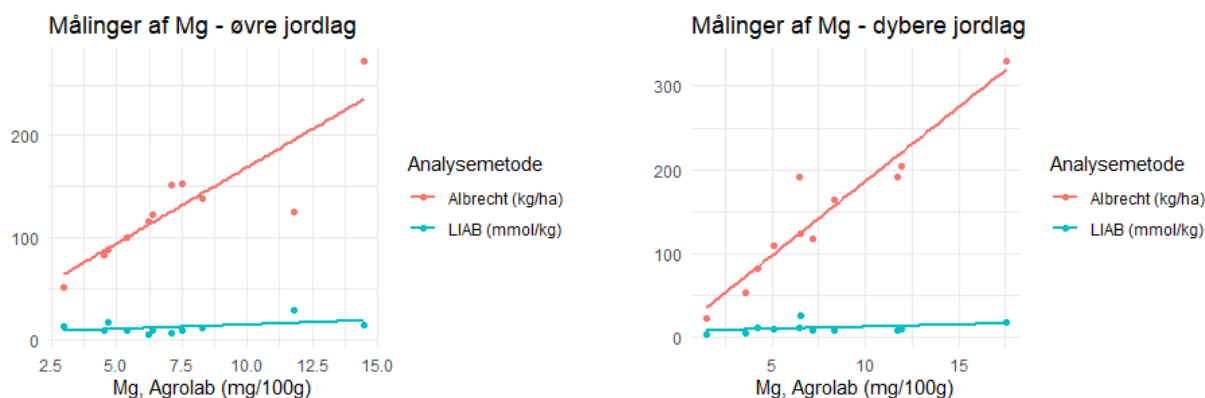
Visuelle sammenhæng for N, K, Mg, Cu og P kan ses i hhv. figur 3-7.



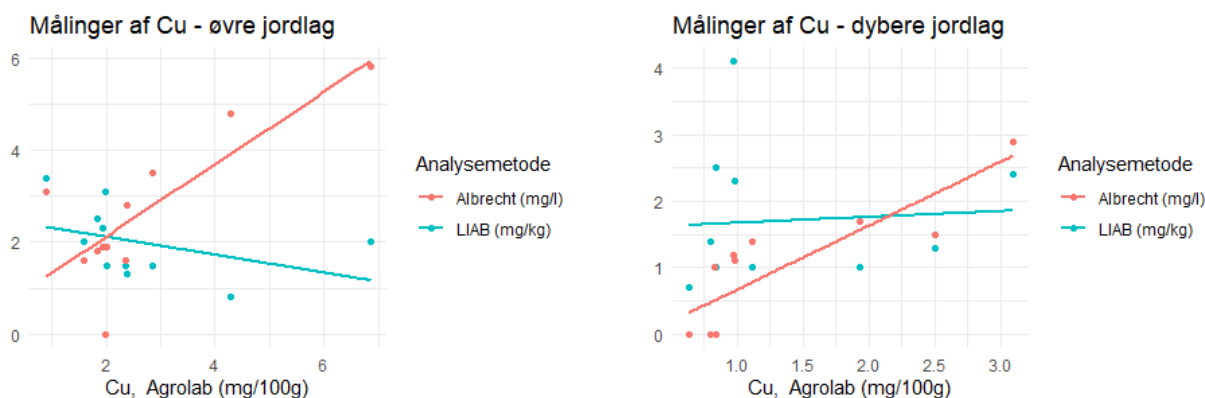
Figur 2: Sammenligning af målinger af total N indhold i jordlag. Figuren til venstre viser sammenhængen mellem Agrolabs måling af total N sammenlignet med LIABs i øvre jordlag. Figuren til højre viser tilsvarende for dybere jordlag.



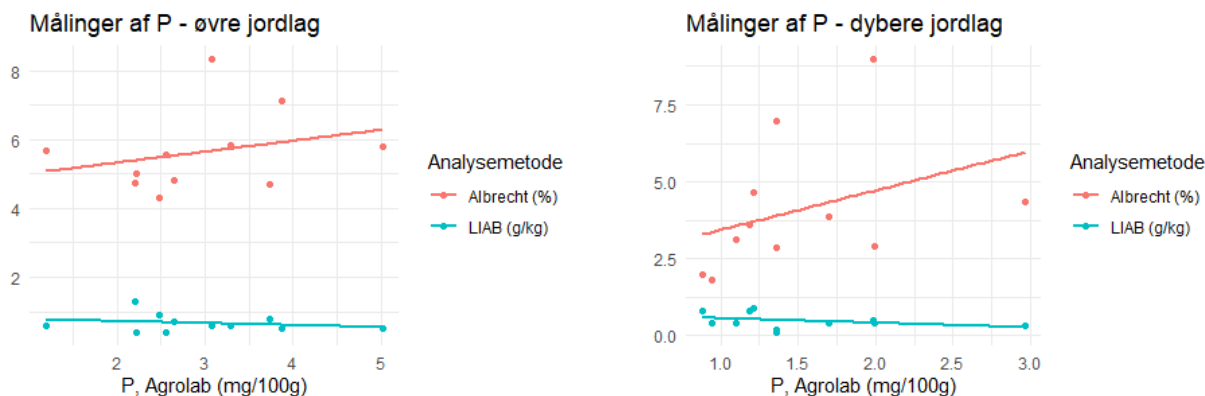
Figur 3: Sammenligning af målinger af K indhold i jordlag. Figuren til venstre viser sammenhængen mellem Agrolabs måling af K sammenlignet med andre udbydere i øvre jordlag. Figuren til højre viser tilsvarende for dybere jordlag.



Figur 4: Sammenligning af målinger af Mg indhold i jordlag. Figuren til venstre viser sammenhængen mellem Agrolabs måling af Mg sammenlignet med andre udbydere i øvre jordlag. Figuren til højre viser tilsvarende for dybere jordlag.



Figur 6: Sammenligning af målinger af Cu indhold i jordlag. Figuren til venstre viser sammenhængen mellem Agrolabs måling af Cu sammenlignet med andre udbydere i øvre jordlag. Figuren til højre viser tilsvarende for dybere jordlag.



Figur 7: Sammenligning af målinger af P indhold i jordlag. Figuren til venstre viser sammenhængen mellem Agrolabs måling af P sammenlignet med andre udbydere i øvre jordlag. Figuren til højre viser tilsvarende for dybere jordlag.

1.4 Priser på de forskellige analysemetoder

Analysepriser opgøres i hht analyserede parametre i tabel 1. Kemisk analyse og teksturanalyse ved AgroLab beløber sig til knapt 1.000 kr. pr prøve. Albrecht-analysen indeholder ikke teksturanalyse, men derimod flere mikronæringsstoffer og en beregning af forskellige næringsstoffers forhold. Analysen er gennemført af firmaet Levende Jord, som benytter sig af et engelsk analyselaboratorie, som foretager de kemiske analyser. Prisen er her knapt 2.700 kr. pr. prøve, med mulighed for rabat ved mange analyser i en samlet forsendelse (på typisk 10 pct.).

Soilscanneren blev lejet af firmaet SoilCares, til en pris på 5.000 kr. om måneden. Prisen var uafhængig af antallet af gennemførte analyser, så ved effektiv brug, kan stk. prisen blive meget lille. Derimod analyseres der ikke så mange parametre.

LIAB er et fuldt laboratorieudstyr som der skulle investeres i efter kalibrering på rigtig mange kemiske jordanalyser af dansk jord. En endelig pris blev ikke defineret, men skulle være konkurrencedygtig med de kemiske analyser.

For alle metoder kommer tillæg til tid til udtagning og prøvehåndtering.

Hvor vi generelt anbefaler ca. en prøve pr. ha ved almindelige GPS-jordprøver til Agrolab (uden teksturanalyse, hvorved prisen er 650 kr. pr. stk), er analysestrategien i hht til Levende Jord og Albrecht at der gennemføres en analyse pr. mark. Dette billiggør denne analysemetode, men derimod mistes markvariationen og dermed sikkerhed på resultatet.

Ud fra de gennemførte korrelationstest i afsnit 3, kan det på grundlag af dette datamateriale ikke anbefales at skifte analysemetode fra de standardanalyser vi laver i dag.

1.5 Korrelation mellem målinger og udbytte

En korrelationstest mellem alle målinger og udbyttet blev udført for at få en indikation for, hvilke parametre, der er vigtige og påvirker udbyttet, enten positivt eller negativt. Målinger, der har en korrelation med udbytte med $p < 0,05$ er rapporteret i tabel 3. Disse resultater skal dog anses som indikationer og ikke beviser for,

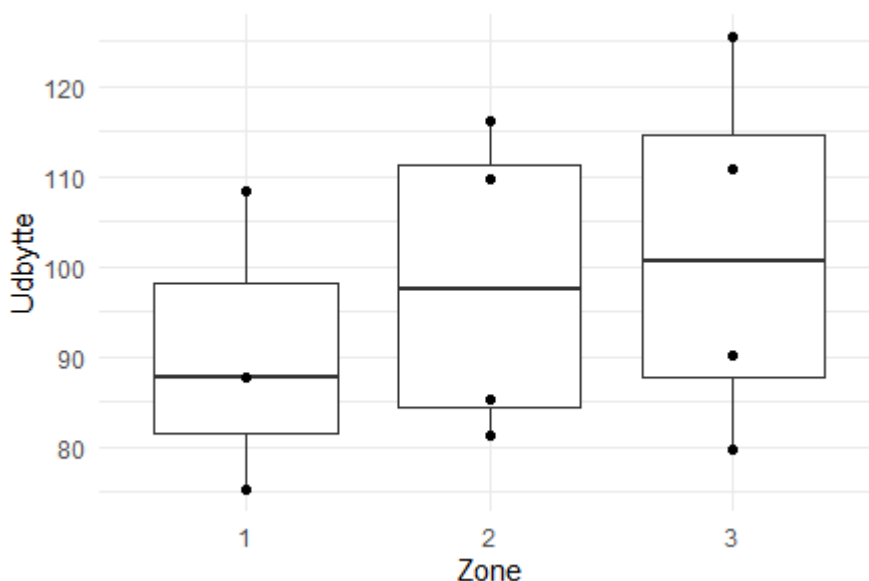
hvilke parametre, der kan være vigtig for udbyttet. Dette skyldes, at en masse test (169 tests) er foretaget, hvilket øger risikoen for falsk positive resultater. For at korrigere for multiple testing, sænkes treshold for, hvornår p-værdier anses for værende signifikant. I dette tilfælde vil en p-værdi under $0,05/169 = 3,0E-4$ være signifikant. Ingen korrelationer har en p-værdi under dette og resultaterne er derfor ikke signifikante, når der er korrigeret for multiple testing.

Tabel 3: Overblik over korrelationstests mellem målinger og udbytte med $p < 0,05$. Korrelationstest er foretaget for samtlige målingstyper og udbyttet for at undersøge målingernes mulige betydning for udbytte. Efter korrigeret for multiple testing er ingen af disse p-værdier signifikante, og resultaterne skal derfor anses som indikationer og ikke beviser.

Udbyder	Måling	Jordlag	Estimeret korrelation	p-værdi
Agrolab	Silt	Øvre	0,66	2,8E-2
Agrolab	Lerindhold	Øvre	0,67	2,3E-2
Agrolab	Reaktionstal	Øvre	0,72	1,2E-2
Agrolab	Mg	Øvre	0,62	4,0E-2
	Rodzonekapacitet		0,64	3,4E-2
Soilscanner	Tør, CEC	Øvre	0,62	4,1E-2
LIAB	pH	Øvre	-0,60	4,9E-2
Albrecht	Aktivt pH	Øvre	0,79	3,7E-3
Albrecht	Buffer pH	Øvre	0,78	4,5E-3
Albrecht	Ca	Øvre	0,62	4,4E-2
Albrecht	K	Øvre	0,66	2,6E-2
Albrecht	Basemætning, Ca	Øvre	0,82	2,1E-3
Albrecht	Basemætning, H	Øvre	-0,75	7,7E-3
Albrecht	K:Na	Øvre	0,84	1,1E-3
Albrecht	Fe	Øvre	-0,72	1,3E-2
Albrecht	Mn	Øvre	0,73	1,1E-2
Albrecht	Cu	Øvre	0,78	4,9E-3
Albrecht	Co	Øvre	0,67	2,5E-2
Agrolab	P	Dybere	0,64	3,6E-2
Albrecht	Co	Dybere	0,70	1,7E-2

1.6 Udbytteeffekt som funktion af zoneinddeling

I figur 8 ses udbytteopgørelse som funktion af zoneinddelingen i de 4 hvedemarker. Der er ikke opnået sikre statistiske udbytteforskelle, men dog stiger det gennemsnitlige udbytte fra Zone 1 til Zone 2 og 3.



Figur 8. Udbytte som funktion af zoneinddeling

1.7 Konklusion

KORRELATIONSTESTS AF SAMME TYPE AF MÅLINGER

Konklusionerne er baseret på, at Agrolabs analyser er korrekte og anses om gyldig reference. Hvis denne hypotese ikke holder eller der er sket fejl ved prøvehåndteringen, vil vurderingen af andre analysemetoder baseret på sammenligning med Agrolab ikke være korrekt.

LIAB har ingen signifikante korrelationer med tilsvarende måleresultater foretaget af Agrolab. Desuden er den estimerede korrelation i mange målinger negativ. Medmindre prøver er blevet forbyttet i dette forsøg, taler dette for, at man skal være meget forsigtig med brug af LIAB til sine jordprøve-analyser.

Soilscanner har et begrænset antal parametre de måler på. I denne rapport er deres måling af pH og indhold af organisk materiale blevet evalueret. Signifikante korrelationer med Agrolab blev opnået ved måling af pH i øvre jordlag for tørre prøver og for måling af organisk materiale i dybere jordlag for friske prøver. Resten af målingerne havde ikke signifikant korrelation, og nogle havde endda en negativ korrelation med Agrolabs målinger.

Albrechts analyser stemmer i de fleste tilfælde fint overens med Agrolabs. Stort set alle korrelationsestimater er signifikante og altid positive. Dog skal der nævnes, at analyser af organisk materiale kun er signifikant for øvre jordlag, og at Albrecht lader til at have udfordringer med måling af P ift. Agrolab.

KORRELATION MELLEM MÅLINGER OG UDBYTTE

I tabel 3 ses resultaterne af korrelationstests mellem forskellige målinger og udbyttet. De fleste målinger med $p < 0,05$ korrelation med udbytte er fra jord af øvre jordlag (0-25 cm). Dette kunne tyde på, at sammensætningen af specielt de øvre jordlag, er vigtigt for udbyttet.

pH-måling fra LIAB, samt H basemætning og Fe fra Albrecht har en estimeret negativ korrelation med udbytte.

De resterende (Agrolab: Silt, lerindhold, reaktionstal og Mg i øvre jordlag og P i dybere jordlag, Soilscanner: CEC fra tørre prøver i øvre jordlag, Albrecht: aktivt pH, buffer pH, Ca, K, basemætning Ca, K:Na, Mn, Cu og Co i øvre jordlag samt Co i dybere jordlag) har en estimeret positiv korrelation med udbytte.

1.8 Fremtidige undersøgelser: model til at forudsige udbytte

Som alternativ til at teste korrelation af alle målinger med udbyttet, kan der afprøvningsvist opstilles en model, til forudsigelse af udbyttet ud fra diverse målinger. Den mest simple af disse er en lineær model, hvor alle

forklarende variable får estimeret en koefficient. Da antallet af målinger er større end antallet af prøver, er det ikke muligt at opstille en lineær model over sammenhæng mellem alle målingerne og udbyttet. Til gengæld kan regulariserings-metoder benyttes. I lasso regression fittes en normal lineær model over data, men hvor koefficienterne skrumpes. Nogle koefficienter bliver skrumpet helt til 0, og deres forklarende variabel inkluderes derfor ikke i modellen.

Lasso regression udført med Agrolabs målinger som forklarende variable på udbyttet resulterer i følgende model:

$$Udbytte = 53,1 + 1,08 \cdot Silt(\text{øvre}) + 4,29 \cdot Reaktionsstal(\text{øvre}) - 74,47 \cdot N(\text{øvre}) + 9,52 \cdot P(\text{dybere})$$

Lasso regression udført med LIABs målinger som forklarende variable på udbyttet resulterer i følgende model:

$$udbytte = 149,5 - 9,55 \cdot pH(\text{øvre}) - 0,51 \cdot Zn(\text{øvre}) - 1,15 \cdot pH(\text{dybere}) + 0,91 \cdot Yttrium(\text{dybere})$$

Lasso regression udført med Soilscanners målinger som forklarende variable på udbyttet udvælger ingen forklarende variable, der kan bruges til at forudsige udbyttet.

Lasso regression udført med Albrechts målinger som forklarende variable på udbyttet resulterer i følgende model:

$$udbytte = 30,8 + 0,60 \cdot Basemætning\ Ca(\text{øvre}) + 2,95 \cdot K:Na(\text{øvre}) + 1,46 \cdot Co(\text{dybere})$$

Disse modeller er funderet på et lille antal prøver, og skal derfor ikke ses som en god model for at forudsige udbytte. Men de kan bruges som skitse for hvordan en sådan model kunne se ud. Desuden har lasso regressionen for Agrolab og Albrecht udvalgt målinger, der også er i tabel 3 (bortset fra Agrolab N måling i øvre jordlag) og kan derfor bruges til at understøtte hinanden.

Disse simple modeller giver en root mean squared error (RMSE) på hhv. 7,90, 10,49 og 9,99 for de 11 datapunkter. Dette svarer til den gennemsnitlige afvigelse fra det observerede udbytte og der forudsagte af modellerne.

Referencer

¹: Kortlægning af jordens tørkefølsomhed: https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/9/f/6/pl_18_4184_vejledning_toerkefoelsomhedskort1.pdf

²: AFPRØVNING AF SPEKTROSKOPISKE METODER TIL BREDSPEKTREDE ANALYSER AF JORD: https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/e/b/1/pl_19_4580_afproeving_af_spetroskopske_metoder_analyser_jord_b1.pdf

³: Husted, S., 2020: Faglig vurdering af Albrecht og Solvita jordanalysernes egnethed til bestemmelse af jordens frugtbarhed: <https://old.okologi.dk/media/2821792/videnskabelig-vurdering-af-albrecht-og-solvita-jordanalyserne-endelig.pdf>