



Nyere analyseprodukter

Til vurdering af mikrobiologiske forhold i landbrugsjord



Kontakt

Jon Aagaard Enni

jone@icoel.dk, 20270837

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Udgivet af

Innovationscenter for Økologisk Landbrug
Agro Food Park 26
8200 Aarhus N

+45 78780120
info@icoel.dk

Forfattere

Jon Aagaard Enni, Innovationscenter for Økologisk Landbrug
Mogens Nicolaisen, Aarhus Universitet
Janne Aalborg Nielsen, SEGES Innovation

Finansiering

Promilleafgiftsfonden for Landbrug

Udarbejdelse af rapporten

Forfatterne har i forbindelse med udarbejdelse af rapporten indhentet viden fra en række vidensinstitutioner og virksomheder.

Citeres som

Enni, JA, Nicolaisen, M, Nielsen, JA, 2025, Nyere analyseprodukter til vurdering af mikrobiologiske forhold i landbrugsjord, 27 sider, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Henvendelser vedr. rapporten

Jon Aagaard Enni, jone@icoel.dk

Forsidefoto

Jon Aagaard Enni, Innovationscenter for Økologisk Landbrug



Sammendrag

Formålet med denne rapport er at undersøge et udsnit af forskellige analyser, som spænder over en stor variation i pris, nøjagtighed, kompleksitet og praktisk anvendelighed. De udvalgte analyseprodukter var "Soil Life Monitor" (PLFA-analyse, Eurofins), MySoil 360+ (DNA metabarcoding og enzymaktivitet, SoilyTix), microBIOMETER ("kolorimetrisk fotometri", Prolific Earth Sciences) og Soil Food Web-analyse (lysmikroskopi, to forskellige udbydere).

De udvalgte analyser er undersøgt ved, at delprøver af større jordprøver fra fire marker, som ligger geografisk tæt på hinanden, men som har forskellig dyrkningshistorik, blev sendt til analyse ved alle de udvalgte firmaer samtidigt. På den måde kan resultaterne af de forskellige analysemetoder sammenlignes på tværs, når der er overlap i måleparametre. Resultaterne kan også med rimelighed sammenlignes inden for hver enkelt analysemetode, da fysiske jordbundsforhold og klima er meget ensartet på tværs af prøverne, og den primære forskel mellem markerne derfor er dyrkningspraksis.

Resultaterne peger på, at landbrugere endnu kun kan få begrænset værdi af at foretage de undersøgte analyser. Forventeligt er analyserne fra de professionelle laboratorier (Eurofins og Soilytix) de mest pålidelige, men også de sværeste at tolke. Soil Food Web-analyserne viste vidt forskellige resultater fra de to udbydere, og standardafvigelserne var ofte højere end de målte værdier. microBIOMETER-testen var rimeligt konsistent hvad angår samlet mikrobiel biomasse, men mindre pålidelig til bestemmelse af forholdet mellem svampe og bakterier.

Indhold

Sammendrag	3
Introduktion.....	4
Udvalgte analyseprodukter	4
Soil Life Monitor (Eurofins)	5
MySoil 360+ (Soilytix).....	7
microBIOMETER® (Prolific Earth Sciences).....	9
"Soil Food Web"-mikroskopi	11
Jordprøver	13
Markerne.....	13
Prøveudtagning.....	13
Resultater og diskussion.....	14
PLFA / Soil Life Monitor.....	14
MicroBIOMETER®	15
DNA metabarcoding	17
Direkte (Soil Food Web-) mikroskopi	19
Sammenligning af udvalgte resultater.....	24
Konklusion	25
Referencer.....	25
Appendiks.....	26
Supplerende materiale	27

Introduktion

Jorden giver næring til planter, lagrer kulstof, holder på vandet og er fyldt med liv – fra regnorme og svampe til bakterier og smådyr. Livet i jorden spiller en kæmpe rolle for planternes trivsel. Mikroorganismer nedbryder halm og planterester, frigør næringsstoffer, binder kvælstof, og hjælper planterne med at optage vand og næring. De er også med til at opbygge en god jordstruktur, som forbedrer vandoptag og modvirker erosion. Men selv om jorden er så vigtig for planter, kan det være svært at vurdere, hvor sund den egentlig er. Emnet jordsundhed fylder mere og mere i diskussionen om grøn omstilling af landbruget. Derfor ses der også en stigende interesse for det mikrobielle liv i jorden, og med denne interesse følger et stigende markedsudbud af mikrobiologiske jordbundsanalyser. De fleste jordprøver, man kan få foretaget, fortæller om næringsstoffer, pH og struktur – alt sammen vigtigt, men de siger ikke meget om livet i jorden, som faktisk er drivkraften bag mange af de processer, der får planterne til at vokse.

Ønskescenariet er mikrobiologiske analysemetoder, som er nemme og billige at få udført, giver præcise, reproducérbare og letforståelige resultater, er nemme at omsætte til praksis, og som indeholder anbefalinger til praksistiltag.

Analyserne, som er gennemgået i denne undersøgelse, omhandler mikrobiel diversitet, biomasse og svampe-bakterieforhold og betydningen for jordsundheden. Der har ikke været fokus på identifikation af patogene organismer. Dette vil kræve mere specifikke analyser.

Udvalgte analyseprodukter

Udvælgelsesprocessen startede med en bred søgning som resulterede i en bruttoliste over udbudte analyseprodukter (Bilag 8). De produkter, som blev udvalgt til videre undersøgelse, levede alle op til følgende udvælgelseskriterier:

1. **Målgruppe:** Produktet markedsføres (bl.a.) til landbrugere
2. **Transparens:** De anvendte analysemetoder er velbeskrevne, og gerne akkrediteret af tredjepart, *eller*
3. **Udbredelse:** Analyseproduktet anvendes af landbrugere og konsulenter over hele verden

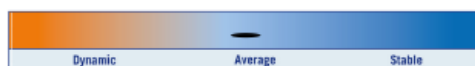


Soil Life Monitor (Eurofins)

Eurofins Agro Testing DK A/S
Landbrug
Ladelundvej 85
DK 6600 VEJEN
Denmark

Undersøgelse		Undersøgelser-/ordrenr:	Udtagnings dato:	Rapport dato:			
		775115/006711961	26-06-2025	16-07-2025			
Resultat	Unit	Result	low	rather low	average	rather high	high
Biological							
Microbial biomass	mg PLFA/kg	17					
Total bacteria	mg PLFA/kg	15					
Gram positive	mg PLFA/kg	6					
Actinomycetes	mg PLFA/kg	1,6					
Gram negative	mg PLFA/kg	9					
Total fungi	mg PLFA/kg	1,9					
Arbuscular Mycorrhiza	mg PLFA/kg	1,3					
Other fungi	mg PLFA/kg	0,6					
Protozoa	mg PLFA/kg	0,14					
Shannon Wiener Index							
Svampe/bakterie forhold							
Gram(+)/Gram(-) ratio							
Physical							
Surhedsgrad (pH)		6,8					
C-organisk	%	2,43					
Organisk stof	%	4,9					
SOC/SOM ratio		0,50					
Ler	%	7					

Org.stof balanceFigur: Kvaliteten af det organiske stof



Organic carbon held in micro-organisms		mg C/kg
Mikrobiel biomasse		365
Bakteriel biomasse		142
Svampebiomasse		141

Foto 1 - Soil Life Monitor-analyserapport for jordprøve #1.

Soil Life Monitor fra Eurofins er en biologisk jordanalyse, der giver et øjebliksbillede af den levende mikrobielle aktivitet i jorden. Analysen bygger på PLFA-metoden, hvor fosfolipider i cellemembraner bruges som markør for den samlede mikrobielle biomasse, herunder bakterier, svampe og protozoer. Resultaterne giver indsigt i balancen mellem svampe og bakterier, diversiteten i mikrobielle grupper samt jordens evne til at understøtte næringsstofomsætning, struktur og plantevækst. Analysen suppleres med oplysninger om pH, organisk stof og lerindhold, så den biologiske aktivitet kan vurderes i relation til jordens fysik.

TRANSPARENS

Der er en mellemhøj grad af transparens i Soil Life Monitor.

Soil Life Monitor-resultaterne er primært baseret på analyse af jordens indhold af fosfolipider (PLFA). PLFA-analyserne foretages vådkemisk vha. gaskromatografi-massespektrometri (GC-MS), og de jordfysiske parametre måles med nær-infrarød spektroskopi (NIRS). NIRS-analyserne kalibreres på



baggrund af vådkemiske målinger. Metoder til bestemmelse af jordens indhold af organisk C og organisk stof er akkrediteret af Dutch Council for Accreditation (RvA)¹.

Transparensen i Soil Life Monitor kunne højnes ved, at alle anvendte antagelser (f.eks. multiplikationsfaktorer til beregning af mikrobiel biomasse) blev gjort offentligt tilgængelige. Det er heller ikke tydeligt, hvad der ligger til grund for målværdierne (lav-høj) for de enkelte parametre. Eurofins skriver selv², at målværdierne viser, hvordan det enkelte resultat måler sig med prøver fra "lignende jorde" uden yderligere forklaring af, hvordan denne kategorisering foretages.

Kr. 2167 ekskl. moms per prøve (sommer 2025)

PRAKTIK

Eurofins kræver store jordprøver (min. en liter jord per prøve) til Soil Life Monitor-analyse. De anbefaler, at der tages mindst 40 stik med jordspyd per hektar. Prøverne sendes til Eurofins Agro i Vejen, som sender dem videre til Eurofins Agro Testing Wageningen i Holland.

De fire jordprøver blev sendt d. 27/6 og blev leveret i Vejen senere samme dag. Ifølge analyserapporterne (Bilag 1) blev analyserne først foretaget d. 16.-17. juli, 20 dage efter modtagelsen.

ANVENDELIGHED I PRAKSIS

I princippet giver Soil Life Monitor landbrugere en mulighed for at følge, hvordan jordens mikrobielle liv reagerer på ændringer i dyrkningspraksis. Ved at gentage analysen over tid kan man potentielt se, om tiltag som efterafgrøder, reduceret jordbearbejdning eller tilførsel af organisk materiale faktisk styrker jordens biologiske aktivitet og dermed forbedrer vækstbetingelserne. For planteavlskonsulenter kan analysen være et redskab til at tolke jordens biologiske tilstand i sammenhæng med kemiske og fysiske data, så rådgivningen kan baseres på et mere helhedsorienteret grundlag.

Her er det dog vigtigt at påpege, at analysen viser et øjebliksbillede af jordens mikrobiologiske tilstand. Jordens mikrobiologi påvirkes i høj grad af forhold som temperatur og jordfugtighed, så hvis målet er at sammenligne analyseresultater på tværs af dyrkningssæsoner, er det tilrådeligt at udtage jordprøverne på nogenlunde samme tidspunkt af året under lignende temperatur og jordfugtighed, og det er afgørende at følge samme fremgangsmåde hver gang. Alt dette påpeger Eurofins også i deres protokol for udtagning af jordprøver³. Desuden er det vanskeligt at afgøre, hvor mange jordprøver der skal analyseres, hvis man vil være sikker på at undgå at drage forkerte konklusioner. Tager man prisen per jordprøve i betragtning, er det svært at forestille sig, at en given landbruger vil få tilstrækkelig værdi ud af at sende mange jordprøver til analyse hvert år, og dermed bør Soil Life Monitor måske anskues som et læringsværktøj, snarere end som et monitoringsværktøj.

SVAMPE-BAKTERIEFORHOLD

Bakteriel biomasse og svampebiomasse beregnes i Soil Life Monitor på baggrund af PLFA-indholdet for hver gruppe (målt i mg PLFA/kg jord), og angives i mg C/kg jord.

Forholdet mellem svampe og bakterier bestemmes i Soil Life Monitor som forholdet mellem den beregnede svampebiomasse og den beregnede bakteriebiomasse.

¹ <https://www.rva.nl/en/>

² <https://www.eurofins-agro.com/en/soil-life-in-a-healthy-soil#methods>

³ https://www.eurofins-agro.com/uploads/downloads/IBL_Sampling_protocol/Sampling_protocol_SLM_FM_SCC_2023.pdf

MySoil 360+ (Soilytix)

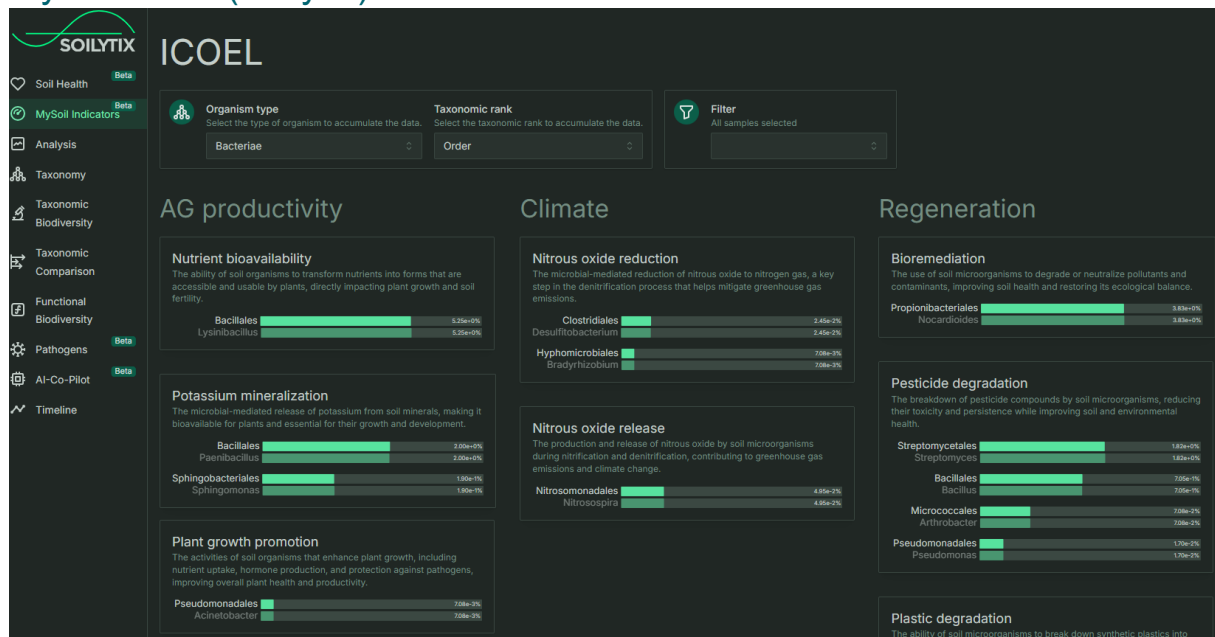


Foto 2 – Soilytix' MySoilDashboard

MySoil er en vifte af analysepakker fra det tysk-hollandske laboratorium Soilytix. I denne rapport er pakken "Regen 360" valgt til afprøvning. "Regen 360" udbydes i skrivende stund ikke længere⁴. Pt. (ulimo 2025) udbyder Soilytix en "Full Package", som udover alt, hvad "Regen 360" indeholdt, også sekventerer DNA for regnorme (m16S) og måler indhold af plantenæringsstoffer i jordprøven. Vil man have nøjagtigt den samme sammensætning af analyser som "Regen 360" bestod af, er det nødvendigt at kombinere pakkerne "MySoil 360" og "Enzymes+". Soilytix tilbyder også skræddersyede analysepakker ved henvendelse.

"Regen 360"-analysepakken bestod af:

- DNA-sekventering på metabarcoding-regionerne 16S, 18S og ITS
- Måling af enzymaktivitet for hhv. syrefosfatase, β -glucosidase, N-acetylglukosaminidase, leucinaminopeptidase, β -xylosidase, arylsulfatase og polyfenoloxidase
- Alm. teksturanalyse, pH og kulstofindhold

Soilytix skiller sig ud ved ikke at samle analyseresultaterne i en statisk rapport. I stedet præsenteres resultaterne i et interaktivt *dashboard* (eksempel: Foto 2). Dashboardet består af en række moduler med forskelligt fokus og forskellige visuelle fremstillinger af data. Denne tilgang har både fordele og ulemper for analyseproduktets praktiske anvendelighed (se afsnittet Praktisk anvendelighed for uddybende kommentarer).

Udover de nævnte analyser tilbyder Soilytix også en app-baseret platform for planlægning af prøveudtagning og logning af koordinater og vejrdata for hver enkelt jordprøve, men denne service er ikke undersøgt i forbindelse med nærværende rapport.

⁴ <https://www.soilytix.com/biolab>



TRANSPARENS

Der er en forholdsvis høj grad af transparens i Soilytix' metodevalg for de enkelte analyser. Soilytix refererer på deres hjemmeside til et såkaldt *whitepaper*, hvor deres metodiske tilgang til DNA-sekventering forklares og sammenlignes med andre tilgange. Det omtalte whitepaper er dog ikke tilgængeligt for direkte download, men kan fremsendes ved forespørgsel via mail.

Det er til gengæld mindre tydeligt, hvad der ligger til grund for fremstillingerne af mikrobielle funktioner i jorden. Resultater fra DNA-sekventering og enzymanalyser er inkluderet i Bilag 2.

PRIS

Kr. 4.106,87 ekskl. moms per prøve (for den nu udgåede pakke, Regen360, sommer 2025)

PRAKTIK

Soilytix kræver jordprøver i intervallet 50-450g, afhængigt af den valgte analysepakke. De fire jordprøver, som blev analyseret til denne rapport, vejede ca. 100g hver i våd vægt.

Laboratoriet anbefaler, at jordprøverne køles ned hurtigst muligt efter udtagning, og at de opbevares i køleskab indtil afsendelse, hvis den forventede transporttid er under 7 dage. Risikerer transporttiden at overskride 7 dage, er anbefalingen at prøverne fryses ned og tages ud af fryseren umiddelbart inden afsendelse.

ANVENDELIGHED I PRAKSIS

Selvom Soilytix' analysepakker hedder "MySoil", er produkternes primære målgruppe forskere – ikke landbrugere – og det bærer resultatfremstillingen præg af. Der gives ingen direkte anvisninger eller forslag til praksisændringer på baggrund af analyseresultaterne. Godt nok gives der mange steder små forklaringer på, hvilken funktion en fremhævet organisme udfører i jorden, men selv med en høj grad af forhåndskendskab til metabarcoding og agroøkosystemer vil det være meget svært at drage nyttige konklusioner om landbrugspraksis på baggrund af MySoil-analyserne. Her er prisen også til dels en barriere, da man, for at få det fulde udbytte af funktionaliteten i MySoil-dashboardet, vil være nødt til at tage mange (GPS-loggede) jordprøver per mark og gerne gentage prøvetagningen ofte.



TRANSPARENS

Der er en medium grad af transparens i microBIOMETER-analysen. Svampe- og bakteriebiomasse bestemmes vha. såkaldt kolorimetri, hvilket betyder at resultaterne baseres på farve. I et tidligere udviklingstrin af analysemetoden brugte man størrelsesforskellen mellem svampe- og bakterieceller til at opgøre hhv. svampe- og bakterieandelen i jordprøven. Svampeceller er større end bakterieceller. Men det viste sig, at der var en lille forskel i indfarvningen af hhv. svampe og bakterier, som app'en kunne fange, så det bruges nu. Kolorimetrisk bestemmelse af mikrobiel biomasse (og adskillelse af svampe og bakterier) er ikke velbeskrevet i den videnskabelige litteratur, så nøjagtigheden af microBIOMETER-målinger er i store træk ukendt. Firmaet har dog selv testet bl.a. op mod resultater af mikroskopering af mikrobiel biomasse samt svampe og bakterier, og fundet en "god sammenhæng". Producenten er således forholdsvis åben omkring, hvordan metoden er udviklet, og hvordan den fungerer⁵.

PRIS

I skrivende koster startsættet med materialer til at udføre 20 analyser USD 195 (~kr. 1.240). Der udbydes "refill-kits" med materialer til 10, 50 og 100 analyser til hhv. USD 90, 360 og 675 (hhv. ~kr. 572, 2290 og 4295). Prisen per analyse falder således med antallet af analyser.

Priseksempel 1: Startsæt alene (20 analyser) = kr. 62 inkl. moms per analyse (+fragtomkostninger)

Priseksempel 2: Startsæt + refill kit til 100 test (i alt 120 analyser) = kr. 46 inkl. moms per analyse (+fragtomkostninger)

PRAKTIK – se Appendiks

ANVENDELIGHED I PRAKSIS

Det primære salgsargument for microBIOMETER® er, at det er en hurtig og billig analysemetode, som tilmed kan udføres direkte i marken. Derved adskiller metoden sig fra de fleste andre mikrobiologiske analyser. Fordelen er indlysende, at man nemt og billigt kan foretage et stort antal målinger igennem dyrkningssæsonen. Det tager ca. 25-30 min pr. prøve. Tilsvarende er den største ulempe, at metodens nøjagtighed ikke er dokumenteret, hvilket betyder, at det usikkert, hvad resultaterne reelt kan fortælle, og man risikerer at drage forkerte konklusioner på baggrund af dem.

⁵ <https://microbiometer.com/blog/science-and-history-behind-the-microbiometer/>



"Soil Food Web"-mikroskopi

Sample Name: # 1

Sample Type: Soil

Plants Present/Desired:

Plant Succession: Early Successional

Beneficial Microorganisms

	Recommended Range		Sample Results	
Fungi (ug/g)	32	90	110	The fungal biomass is greater than the recommended maximum level. Please contact your Soil Biology Consultant.
Standard Deviation			86	Few target organism were present and variability was very high. Precision is very low.
Bacteria (ug/g)	135	270	528	The bacterial biomass is significantly greater than the maximum recommended level. Please contact your Soil Biology Consultant.
Standard Deviation			96	Distribution of the target organisms in the sample was uniform; variation was small.
Actinobacteria (ug/g)	10	100	0.26	Low: The actinobacterial biomass is below the expected range. This is not a problem.
Standard Deviation			0.59	Few target organism were present and variability was very high. Precision is very low.
F:B Ratio	0.2:1	0.4:1	0.21	The F:B ratio is within the desired range for your plant's succession. Great!

Soil Food Web-mikroskopi er en tilgang til bestemmelse af mængden af forskellige typer af mikroorganismer i jord eller kompost. Metoden beror på direkte mikroskopi med identifikation og markering af organismer fra forskellige trofiske niveauer i jordens "fødenet", og der anvendes proprietær software til optælling, måling af areal og omregning til vægt baseret på antagelser om faste forhold mellem målt areal, faktisk rumfang og massefylde for de enkelte organismegrupper.

Soil Food Web-mikroskopi promoveres i diverse bevægelser for alternative landbrugssystemer, herunder permakultur, regenerativt landbrug og agroøkologi.

I forbindelse med denne rapport er delprøver af de 4 hovedprøver sendt til analyse ved to forskellige Soil Food Web-konsulenter, for at undersøge reproducerbarheden af analyseresultaterne for de enkelte prøver. De to analyseudbydere kender ikke hinandens identitet, og de vil i denne rapport blive omtalt som SFW1 og SFW2.

BAGGRUND

Soil Food Web-mikroskopianalysen er udviklet af den amerikanske biolog, Elaine Ingham, som siden 1980'erne har udviklet metoder til fremstilling og ekstrahering af kompost, og altså bestemmelse af jordens mikroliv ved direkte mikroskopi. I 2019 grundlagde hun *Dr. Elaine's Soil Food Web School*, som udbyder diplomkurser i hendes metoder. Ingham er en kontroversiel figur inden for jordvidenskaberne, blandt andet fordi hun er kendt for at promovere ideen om, at hvis jordens fødenetværk fungerer, er gødskning unødvendigt – og i mange tilfælde kontraproduktivt – i såvel havebrug som kommerciel planteavl⁶. Hun er også fortalende for brugen af (vægt-)forholdet mellem svampe og bakterier (*fungal to bacterial ratio* (FBR)) som den måske vigtigste indikator for dyrkningsjordens egnethed til

⁶ Se f.eks. "Panel with Dr Elaine Ingham & John Kempf" (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=FEHnvwS9Inc>

afgrødeproduktion. Hovedpåstanden er, at FBR skal ligge mellem 1:5 og 1:1 for optimal produktion af enårige afgrøder, hvilket ikke understøttes af den videnskabelige forskning på området.

TRANSPARENS

Der er en lav grad af transparens i denne analyseform. For det første er metoden varemærkebeskyttet, hvilket betyder, at man som udgangspunkt er tvunget til at deltage i et *Soil Food Web School*-kursus for at lære den. Pt. (ultimo 2025) er prisen for det fulde "Soil Food Web"-konsulentkursus USD 3.999⁷ (~kr. 25.700). For det andet er den software, som anvendes til omregning af de registrerede data til vægtenheder, utilgængelig for offentligheden – lige som de anvendte matematiske formler og de antagelser, de beror på.

PRIS

Kr. 900 ekskl. moms per prøve (for begge udbydere).

PRAKTIK

De to anvendte Soil Food Web-konsulenter anbefalede begge en prøveudtagningsdybde på ca. 10 cm. Det blev samtidig anbefalet at sende jordprøverne omgående med levering samme eller næste dag. Den ene konsulent efterspurgte 200-300 g jord per prøve, og den anden bad om "mindst 3 stik [med jordspydet, *red.*] per prøve".

De fremsendte delprøver havde været frosset ned, hvilket afgjort var en fejl (se afsnittet Prøveudtagning for nærmere forklaring), da identifikation af visse typer af mikroorganismer (f.eks. flagellater) ved direkte mikroskopi ifølge konsulenterne kun lader sig gøre ved observation af organismernes bevægelsesmønstre. Derfor blev der ugen efter udtaget et ekstra sæt jordprøver fra de samme 4 marker, som blev sendt til analyse hos SFW1 med levering samme dag. SFW2 var desværre på ferie i den pågældende uge, og kunne derfor ikke modtage anden omgang af jordprøverne. Prøverne blev i alle tre tilfælde analyseret på leveringsdagen.

ANVENDELIGHED I PRAKSIS

På baggrund af de fremsendte analyserapporter fra analyserne af de i alt 12 delprøver, er det umiddelbart svært at se, hvordan landbrugere skal kunne anvende denne analysemetode i praksis til beslutningsstøtte.

⁷ <https://www.soilfoodweb.com/consultant-training-program-ctp/>



Jordprøver

Analyseprodukterne er undersøgt ved, at delprøver af 4 fire større jordprøver er sendt til de forskellige laboratorier. De fire prøver blev udtaget på samme dag, på fire forskellige marker inden for en radius af ca. 200 m. Forventningen var derfor, at jordtekstur, klima og årlig nedbørsmængde ville være meget ensartet prøverne imellem, og at eventuelle forskelle i mikrobiologiske forhold derfor med rimelighed kan tilskrives dyrkningspraksis og -historik for den enkelte mark.

Markerne

Boniteten er JB4 (fin lerblandet sandjord) for alle fire marker. De væsentligste forskelle imellem markerne beskrives i det følgende:

Mark #1: Økologisk vårhavre

Forfrugt: 2. års kløvergræs (Alm. Rajgræs og Rødkløver)

Dyrkningspraksis: Pløjet og harvet forud for etablering. Mellem ukrudtstryk. Ikke tildelt gødning.

Mark #2: Økologisk spindehør

Forfrugt: 2. års kløvergræs (Alm. Rajgræs og Rødkløver)

Dyrkningspraksis: Pløjet og harvet forud for etablering. Lavt ukrudtstryk. Tildelt komposteret dybstrøelse fra kvæg inden jordbearbejdning.

Mark #3: Konventionel vinterhvede

Forfrugt: Vinterhvede.

Dyrkningspraksis: Pløjet og tromlet forud for etablering. Tildelt svinegylle (ca. 30 tons).

(Udbytte 85-90 hkg/ha)

Mark #4: Våd eng til afgræsning/høslæt

Praksis: Afgræsning m. kvæg og ét enkelt høslæt årligt.

Karakteristika:

- Ligger lavere end de 3 øvrige marker. Bliver normalt oversvømmet om efteråret af en genslynget å, som transporterer drænvand/afstrømning fra marker i oplandet til en kanal.
- Høj plantediversitet og biodiversitet mere generelt.

Prøveudtagning

Der blev udtaget bulkprøver á ca. 2 kg (våd vægt) fra hver mark om formiddagen d. 26/6 2025. På Mark 1-3 var jorden forholdsvis tør, men der var ingen visuelle tegn på vandmangel i planterne. På mark 4 (våd eng) var jorden fugtig uden at være våd. Prøverne blev udtaget med jordspyd til ca. 15 cm dybde (>50 stik per mark) og omgående lagt på køl i "zipper-bags" i køletaske med frosne køleelementer. Spand og jordspyd blev desinficeret med ethylalkohol (ethanol) før udtagelse af hver bulkprøve, ligesom prøveudtagning og håndtering af jordprøver blev foretaget iført engangshandsker af nitril, som blev skiftet imellem hver prøveudtagning. Alle prøverne blev lagt i Innovationscenterets fryser (ca.-18°C) senere på dagen.



Valget om nedfrysning blev truffet fordi nogle af delprøverne skulle sendes til hhv. Tyskland (Soilytix) og Holland (Eurofins), og den præcise transporttid var ikke kendt. Nedfrysningen viste sig at være problematisk ifm. Soil Food Web-mikroskopi, hvor der tælles levende organismer, og en del af organismene identificeres vha. deres bevægelsesmønstre. Derfor blev det besluttet at udtage nye prøver ugen efter fra alle 4 marker og sende dem med ekspreskurér til analyse ved det ene af de to Soil Food Web-laboratorier. Se resultatafsnit for mere information herom.

Prøveudtagningsdybden på 15 cm blev valgt som et kompromis mellem de dybder, som udbyderne af de forskellige analyseprodukter anbefaler (10-25 cm).

Resultater og diskussion

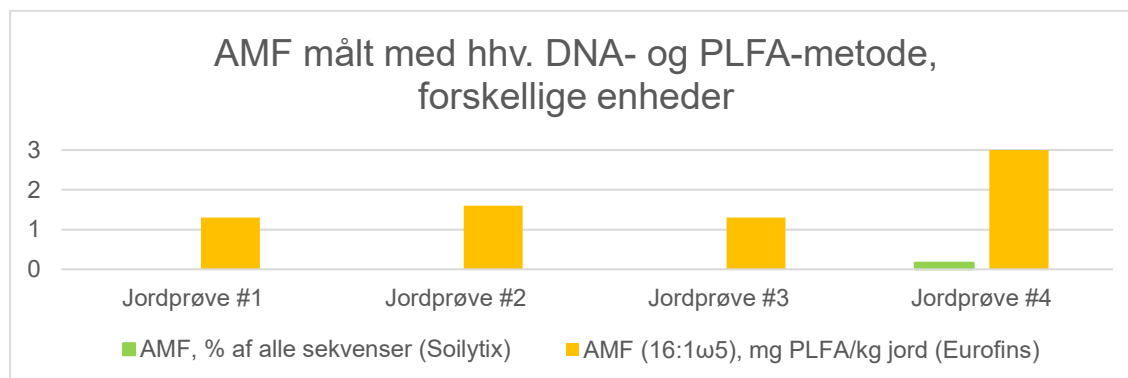
Se alle analyseresultater i Bilag 1-6

PLFA / Soil Life Monitor

I PLFA-analyse bruges såkaldte fosfolipider som indikatorforbindelser for forskellige organismegrupper. Fosfolipider (eller fosfolipidfedtsyrer, *PhosphoLipid Fatty Acids (PLFA)*) indgår i mikrobers cellemembraner, og visse PLFA'er er specifikke for hhv. svampe, bakterier og andre typer af organismer. Derfor kan mængden af udvalgte PLFA'er bruges til at udlede mængden af bestemte grupper af organismer. PLFA'er er flygtige, dvs. de nedbrydes hurtigt i jorden, når en organisme dør, og PLFA-analyse er derfor mere egnet til at bestemme organismer, som levede da jordprøven blev udtaget, end f.eks. DNA-sekventering. PLFA-analyse giver dog resultater med en markant lavere taksonomisk detaljegrad end DNA-sekventering. I Soil Life Monitor bruges PLFA til at kvantificere samlet mikrobiel forekomst, forekomst af svampe (herunder mykorrhizadannende svampe), bakterier (hhv. gram-negative og gram-positive, herunder actinomycetes) og protozoer.

I forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport har vi identificeret et metodisk problem i Eurofins' tilgang. Til bestemmelse af arbuskulær mykorrhizadannende svampe (AMF) bruger Eurofins fedtsyren 16:1ω5 som proxy⁸. Denne tilgang er kritiseret, da 16:1ω5 også kan udtrykke bakteriel biomasse (Olsson & Lekberg, 2022). Eurofins rapporterer fund af AMF i samtlige jordprøver i denne rapports undersøgelse, og faktisk angives AMF til at udgøre ca. 2/3 af den samlede mængde svampe i alle jordprøver. Til sammenligning finder Soilytix kun DNA, som kan kobles til AMF i én ud af 4 jordprøver (jordprøve #4, våd eng m. afgræsning), og kun 0,17% af de udlæste sekvenser kobles til AMF.

Illustreret i nedenstående figur. OBS: Bemærk forskellige enheder for hhv. Soilytix og Eurofins.



Figur 1 - Fund af arbuskulær mykorrhizadannede svampe (AMF) i analyser fra hhv. Soilytix og Eurofins

⁸ <https://www.eurofins-agro.com/en/faq/what-types-of-mycorrhizae-are-measured-with-the-soil-life-monitor>



MicroBIOMETER®

Nedenfor ses resultaterne af de to analyser af jordprøve fra Mark#1.

Kulstof i mikrobiel biomasse (*Microbial Biomass Carbon (MBC)*) måles i jordprøven fra Mark #1 til hhv. 417 og 379 $\mu\text{g C / g jord}$.

Til sammenligning målte Eurofins MBC til 365 $\mu\text{g C / g jord}$ ⁹ for samme prøve.

For andelen af hhv. svampe og bakterier i jordprøven er der dog større variation. Her beregner micro-BIOMETER svampe-bakterie-forholdet til hhv. 0.8 (bakterier: 234 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 183 $\mu\text{g C / g jord}$) og 0.5 (bakterier: 246 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 133 $\mu\text{g C / g jord}$), hvor Eurofins' resultat er 1 (bakterier: 142 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 141 $\mu\text{g C / g jord}$) for samme jordprøve.

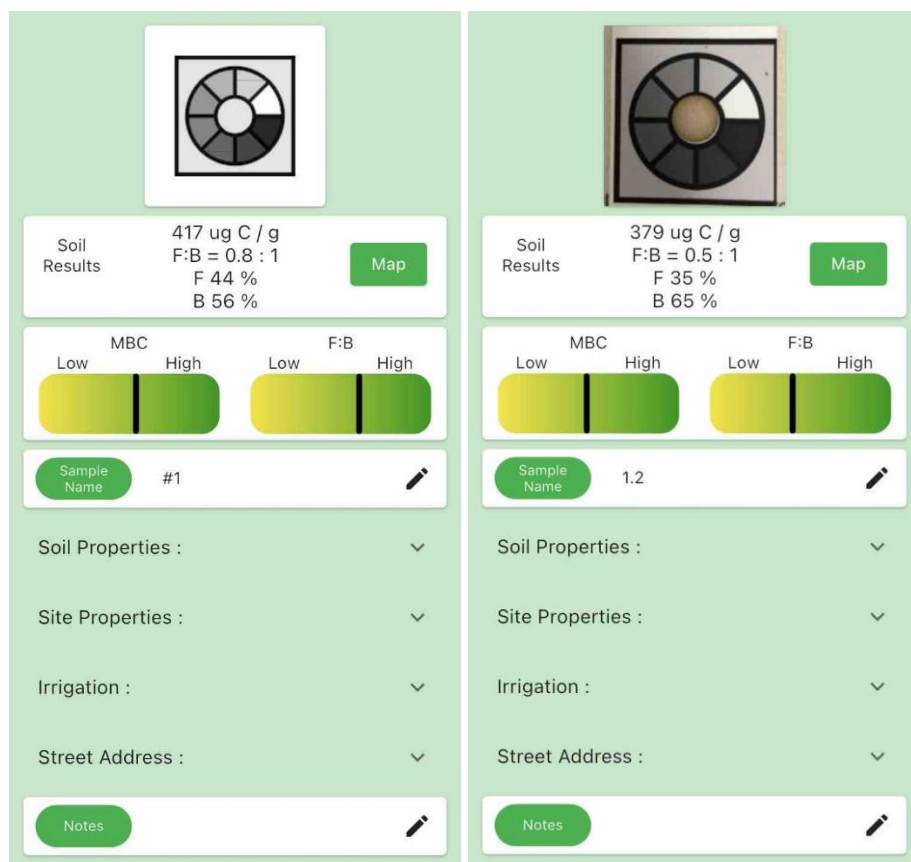


Foto 4 – Skærmbillede med resultater af microBIOMETER analyserne af jordprøve fra Mark 1

For jordprøverne fra de andre marker målt kulstof i mikrobiel biomasse til; Mark #2: 347 og 351 $\mu\text{g C / g jord}$, Mark #3: 466 og 372 $\mu\text{g C / g jord}$ og Mark#4: 656 og 548 $\mu\text{g C / g jord}$. Til sammenligning målte Eurofins mængden af kulstof i mikrobiel biomasse til hhv. 443, 421 og 1121 $\mu\text{g C / g jord}$ i jordprøverne fra Mark#2, Mark#3 og Mark#4.

⁹ Eurofins angiver mikrobiel biomasse i mg C / kg jord , men for læsbarhedens skyld er det valgt at benytte $\mu\text{g C / g jord}$ i hele diskussionsafsnittet. Enhederne mg/kg og $\mu\text{g/g}$ er funktionelt ens, idet de begge angiver vægtforholdet $1:10^6$ (én til en million).



Svampe-bakterieforholdet var; Mark #2: 0,6 (bakterier: 215 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 132 $\mu\text{g C / g jord}$) og 0,6 (bakterier: 214 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 137 $\mu\text{g C / g jord}$), hvor Eurofins' resultat er 1,1 (bakterier: 167 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 178 $\mu\text{g C / g jord}$) for samme jordprøve.

Mark #3: 0,9 (bakterier: 252 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 214 $\mu\text{g C / g jord}$) og 0,7 (bakterier: 219 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 153 $\mu\text{g C / g jord}$), hvor Eurofins' resultat er 0,9 (bakterier: 165 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 151 $\mu\text{g C / g jord}$) for samme jordprøve.

Mark #4: 1,3 (bakterier: 282 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 374 $\mu\text{g C / g jord}$) og 1,1 (bakterier: 374 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 285 $\mu\text{g C / g jord}$), hvor Eurofins' resultat er 0,8 (bakterier: 444 $\mu\text{g C / g jord}$, svampe: 336 $\mu\text{g C / g jord}$) for samme jordprøve.

Soil Food Web-mikroskopian viste generelt et sammenligneligt indhold af bakterier og et meget lavere indhold af svampe ift. både Eurofins og microBIOMETER (se afsnittet *Sammenligning af udvalgte resultater* i slutningen af denne rapport). Som eksempel kan nævnes, at jordprøven fra Mark #3 viste et svampe-bakterieforhold på mellem 0,02 og 0,08 ved brug af SFW-metoden. Med svampeindhold varierende fra 30-38 $\mu\text{g/g jord}$, og bakterieindhold varierende fra 350-1600 $\mu\text{g/g jord}$.

Samlet set gav microBIOMETER-målingerne forholdsvist pålidelige målinger af MBC for svampe og bakterier, men usikre resultater for FBR.

Dette resultat er i tråd med Laine et al. (2025), som sammenligner forskellige anerkendte analysemetoder til at bestemme mikrobiel biomasse og svampe-bakterie ratio, og fremhæver at PLFA-metoden er den mest præcise af de undersøgte metoder. Det er den metode, Eurofins benytter. Undersøgelsen omfatter også microBIOMETER, og artiklen beskriver en god sammenhæng mellem resultater fra microBIOMETER og PLFA-metoden ($R^2=0,87$), når det gælder den samlede mængde kulstof i mikrobiel biomasse, mens bestemmelsen af svampe-bakterieforholdet med microBIOMETER ikke matchede PLFA-metoden ($R^2=0,01$). Artiklens forfattere anbefaler ikke microBIOMETER til brug i videnskabelig sammenhæng, men medgiver, at det kan være en anvendelig metode til mere praksisnære og -orienterede undersøgelser af samlet mikrobiel biomasse.



DNA metabarcoding

Med tidligere teknikker har det ikke været muligt at få et fuldstændigt overblik over den enorme mangfoldighed af organismer i jorden, lige fra bakterier, svampe, nematoder og til regnorme. Her kommer en ny metode ind i billedet: "DNA-metabarcoding". Den gør det muligt præcist at måle, hvilke organismer der lever i jorden, og i hvor store relative mængder de forekommer, og dermed give et mere fuldstændigt billede af jordens mikrobielle liv og dermed en indikator for jordens sundhedstilstand. Det kræver naturligvis, at man ved præcist hvilke organismer, som bidrager til jordens 'sundhed', og hvilke som ikke gør - eller som er direkte skadelige for plantevækst. Og blandt disse skadelige organismer kan der godt være andre end dem, som vi allerede kender som plantepatogener.

Alle levende organismer har deres unikke DNA – deres "fingeraftryk". Ligesom strekkoder i supermarkedet kan bruges til at scanne varer, kan små stykker DNA bruges til at genkende arter.

Med DNA-metabarcoding tager man en lille jordprøve, udvinder alt DNA'et, og bestemmer rækkefølgen af nukleotider eller 'bogstaver' i et område af DNA'et. Herefter sammenligner man sekvensen med store databaser for at finde ud af, hvilke bakterier, svampe, dyr og andre organismer der findes i prøven. Resultatet er således et kort over, præcis hvilket liv, der gemmer sig i jorden – også det, man ikke kan se med det blotte øje eller som ikke kan dyrkes i laboratoriet. Typisk finder man flere tusind forskellige organismer, selv i en lille jordprøve.

Når man kender sammensætningen af de organismer, der lever i jorden, kan man bedre forstå, hvordan dyrkningspraksis påvirker jordens mikrobielle liv og det er dermed en indikator for jordens generelle tilstand. DNA-metabarcoding kan f.eks. vise, hvordan mikrolivet ændrer sig efter omlægning til reduceret jordbearbejdning, om tilførsel af kompost eller efterafgrøder øger mængden af gavnlige bakterier, eller om pesticidbrug har negative effekter på bestemte organismer i jorden. Kort sagt: Metoden kan hjælpe med at dokumentere og styre jordens biologiske kvalitet – ikke bare dens kemi og fysik.

Fordele ved DNA-metabarcoding er, at man får det fulde billede i og med at metoden på én gang kan afsløre tusindvis af arter i en prøve – bakterier, svampe, smådyr og meget mere. Det giver et langt mere detaljeret indblik i jordens biodiversitet, end de metoder vi hidtil har anvendt. Samtidig kan selv meget små ændringer i jordens liv registreres. Det gør det muligt at opdage forringelser eller forbedringer i jordsundheden. Til slut kan metoden nemt standardiseres og den er objektiv – den afhænger f.eks. ikke af individuelle vurderinger i et mikroskop.

Dog er der også store ulemper ved metoden:

METODEN FORTÆLLER IKKE HVAD MIKROORGANISMERNE LAVER.

En af begrænsningerne er, at DNA-metabarcoding viser, hvem der findes i jorden, men ikke nødvendigvis hvad de laver - det må man slutte sig til, ud fra hvilke organismer som er til stede. Man kan heller ikke afgøre, om den enkelte mikroorganisme er aktiv. For eksempel kan DNA blive i jorden, selv efter at den enkelte organisme er død, så resultaterne skal tolkes med omtanke og gerne kombineres med andre målinger.

I den gængse metode (metabarcoding) identificerer man arterne i prøven. En anden metode hedder 'metagenomics', her bestemmer man hele arvmassen af mikroorganismene og dermed også de gener, som koder for bestemte processer i jorden, f.eks. nitrifikation. På den måde får man et billede af, ikke kun hvem som er i jorden, men også hvad de kan gøre (se f.eks. Fierer et al 2021). Desværre er metoden væsentligt dyrere og kræver endnu højere grad af fortolkning og ekspertise.

METODEN GIVER KUN RELATIVE MÆNGDER

De værdier metoden giver for forekomsten af de enkelte mikroorganismer er relative, dvs. at man får at vide, hvor stor en procentdel af mikroorganismene der udgøres af for eksempel patogenet *Fusarium*. Det kan man sagtens bruge, hvis man skal sammenligne eksempelvis to behandlinger i den



samme jord – det kan fortælle, om behandlingen har reduceret mængden af Fusarium. Det er straks vanskeligere at sammenligne to forskellige jorde, da de kan have forskellige totale mængder af mikroorganismer og dermed forskellige mængder af Fusarium, selvom den relative mængde er den samme.

Analyseresultaterne fra Soillytix viste en meget lav diversitet af bakterier i jorden. Der blev påvist et godt stykke under 1000 'arter' i jordprøverne, mens det er almindeligt at finde adskillige tusinder af arter. Årsagen til denne overraskende lave forekomst af arter kendes ikke, det er heller ikke noget man 'plejer' at se i danske jorde, og det var også overraskende for firmaet. Selvom dette tilsyneladende ikke skyldes forskellige måder at tælle arter på, giver det alligevel anledning til nogle overvejelser. Der er forskellige metoder til at gruppere sekvenser, og det man dermed tilnærmelsesvis kan kalde en 'art'. Man kan f.eks. definere 'art' som hvert eneste unikke stykke DNA – eller man kan vedtage at sekvenser, der eksempelvis er 98% ens, udgør en art. Dette blot for at sige, at der er forskelle i metoder til at definere arter – og dermed forskelle i de opgørelser, som udbyderne giver om en given jord.

DET ER IKKE ALTID MULIGT AT ARTSBESTEMME MIKROORGANISMERNE.

Databaserne, som bruges til at genkende arter, er stadig under opbygning. Mange jordorganismer – især mikrober – mangler stadig reference-DNA, dvs. man har ikke registreret deres 'fingeraftryk'. Metoden er heller ikke helt i stand til at identificere alle organismer på artsniveau – det kan eksempelvis være et problem i forbindelse med plantepatogener. Her er det ofte vanskeligt at skelne mellem patogene svampe og nærtbeslægtede ikke-patogene arter. En del af det biologiske liv kan således endnu ikke identificeres præcist.

FORTOLKNING AF RESULTATERNE ER UDFORDRENDE.

Sidst, men ikke mindst, er fortolkning af resultaterne fra DNA metabarcoding yderst udfordrende. Der arbejdes fra nogle af de udbydende firmaer med at lægge en fortolkning ind i analyserne, så der gives en opsummering af, hvad der er 'godt', og hvad der er 'skidt' i den pågældende jord, men dette kan være meget vanskeligt, da der ikke er megen viden om, hvad der er godt eller skidt for plantevækst. Typisk vil resultatet af en analyse være en liste over, hvilke arter som forekommer i en prøve – det kan være vanskeligt både for ikke-eksperter, men faktisk også for eksperter at tolke resultaterne. Som skrevet tidligere er det usikkert, hvad der skal til af mikroorganismer for, at vi har en 'sund jord'. Mange arter af mikroorganismer er ikke tilstrækkeligt undersøgte til, at man kan konkludere, om de er 'gode' eller 'onde', og samtidig afhænger det af den kontekst, de findes i. Således kan nogle mikroorganismer eksempelvis være 'gode' under tørke, men 'dårlige', eller i bedste fald uden betydning, under normale forhold med tilstrækkeligt vand.

Sammenfattende giver metabarcoding detaljeret information om, hvad der findes af mikroorganismer i jorden – men det er MEGET svært at omsætte den viden til brugbare konklusioner eller til anbefalinger om, hvad man bør iværksætte af tiltag i marken.

Metoden er endnu dyrere end en almindelig jordbundsanalyse, men prisen falder hurtigt i takt med, at teknologien udvikler sig. Det er, som for alle jordbundsanalyser, vigtigt at få taget flere prøver, da der kan være stor variation selv i marker som ser homogene ud, når man ser dem med det blotte øje – dette får selvfølgelig også prisen til at stige. Desuden er det normalt kun få gram jord som faktisk bliver undersøgt fra hver prøve, hvilket potentielt øger variabiliteten i resultaterne, sammenlignet med gængse jordbundsanalyser.

Hvis man alligevel vælger at give sig i kast med metoden, er det således vigtigt at udtage flere prøver og på præcis samme måde, samt at udtage prøver før og efter eventuelle tiltag i marken. Det er også vigtigt at benytte præcis samme analysemetode og firma hver gang. Tilslut skal man holde sig for øje, at de variationer man ser, også kan skyldes andre forhold – som for eksempel klimaet de pågældende år, forskelle i afgrødevalg, udbringning af gødning, pesticider etc.



Direkte (Soil Food Web-) mikroskopi

Direkte mikroskopi er klart den ældste af de i denne rapport undersøgte analysemetoder. Mikroskoper har eksisteret siden slutningen af det 16. århundrede, og mikroorganismer blev observeret første gang i 1670'erne, så vidt vi ved. Både mikroskoper, teknikker og analysemetoder har selvfølgelig udviklet sig siden da, og der gøres i dag brug af såvel farvning af organismer med forskellige farvestoffer, avancerede belysningsteknikker og AI-algoritmer til identifikation og optælling af specifikke organismer. I dag skelner man mellem *direkte* og *indirekte* mikroskopimetoder. De direkte varianter er det, de fleste nok forbinder med mikroskopi. I direkte mikroskopi bruges diverse linser og lys (eller anden stråling) til at fremstille et forstørret billede af det undersøgte – lige som kikkerter eller forstørrelsesglas. Indirekte metoder til mikroskopi er mere sjældne i undersøgelser af mikrobiologiske forhold i jord, og de bruges ofte parallelt med direkte metoder.

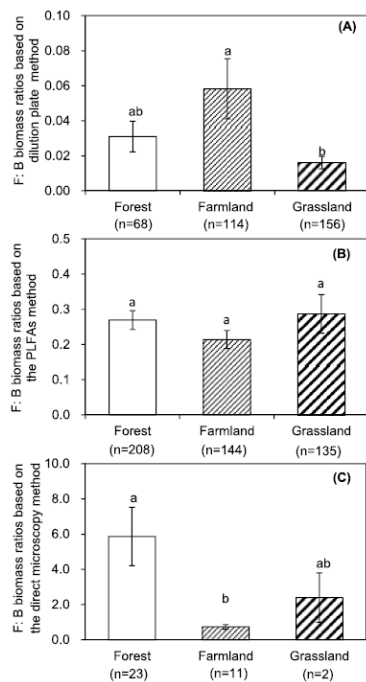
DEN MEST SIMPLE FORM FOR MIKROSKOPI

Som beskrevet i afsnittet om Soil Food Web-analyserne, er SFW-metoden (til identifikation af organismegrupper fra forskellige trofiske niveauer i jordens fødenet) baseret på lysmikroskopi, som er den mest enkle form for direkte mikroskopi. I andre typer af direkte mikroskopi anvendes forskellige typer af stråling end synligt lys (f.eks. elektroner, røntgenstråler eller uv-lys), hvilket gør det muligt at producere mere detaljerede gengivelser af det undersøgte. Fordi der i dag findes så mange avancerede alternativer til simpel lysmikroskopi, anvendes den i moderne forskning kun til meget afgrænsede opgaver. Hvis man f.eks. vil undersøge graden af kolonisering med mykorrhiza af en plantes rødder eller identificere specifikke arter af amøber, anvendes lysmikroskopi stadig, men generelt anses metoden for at være for usikker og grovkornet til at kortlægge jordens mikrobiologi på en meningsfuld måde. Bl.a. derfor er det kontroversielt, at Soil Food Web-analysen beror på lysmikroskopi alene, fordi analysen har til formål at sige noget generelt om jordens mikrobielle tilstand.

FORHOLDET MELLEM SVAMPE OG BAKTERIER

I Elaine Inghams Soil Food Web-metodik tillægges forholdet mellem svampe og bakterier meget stor betydning for jordens sundhedstilstand. Svampe-bakterieforholdet (Fungal:Bacterial Ratio (FBR)) er et kapitel for sig¹⁰, men det er en bredt anvendt og hyppigt præsenteret måleparameter i mikrobiologisk jordbundsforskning. Man kan diskutere, hvad FBR kan fortælle om jordens sundhedstilstand, men uanset hvad man mener om den sag, er direkte mikroskopi nok ikke den bedste metode til bestemmelse af FBR.

¹⁰ Faktisk har vi udgivet en hel rapport om emnet, se "[Notat om svampe bakterieforhold 2025](#)"



Figur 1 - Eksempel lånt fra Wang et al., 2019, *Fungi to bacteria ratio: Historical misinterpretations and potential implications*, <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.10.003>

Figuren til venstre er lånt fra et grundigt metastudie, som undersøgte metoder til bestemmelse af FBR i jord fra skov, mark og eng (Wang et al., 2019). Blandt meget andet sammenlignede Wang et al. resultaterne af forskellige analysemetoder til bestemmelse af FBR i denne figur. Det ses tydeligt, at i de studier, som forfatterne havde udvalgt, var direkte mikroskopi uden sammenligning den metode, som ledte til de højeste værdier for FBR. Der ser altså ud til at være en betydelig risiko for, at man, ved brug af direkte mikroskopi, overvurderer mængden af svampe i jorden i forhold til mængden af bakterier.

Derfor er det særligt påfaldende, at resultaterne fra SFW1 og SFW2 i denne rapport viser så meget lavere forekomst af svampe end resultaterne fra de øvrige analyser (Se afsnittene *Sammenligning af udvalgte analyseresultater* og Supplerende materiale for alle resultater).

ENHEDER FOR MIKROBIEL BIOMASSE

Analyserapporterne fra SFW1 og SFW2 oplyser ikke hvilken enhed, deres biomasseresultater er angivet i. Vi har spurgt Soil Food Web School¹¹, og deres svar var, at deres analyse forsøger at kvantificere levende mikrobiel biomasse i våd vægt. SFW-mikroskopi er dermed muligvis den eneste analysemetode, der som standard angiver estimer for mikrobiel biomasse i våd vægt, og derfor er det nødvendigt at konvertere SFW-resultaterne fra våd vægt til MBC (carbon i mikrobiel biomasse), hvis man vil sammenligne dem med resultaterne fra de andre analysemetoder, som producerer måleresultater for mikrobiel biomasse. Der er to trin i denne omregning:

1. Omregning fra våd vægt til tør vægt. Dette trin er det mest usikre, fordi det reelle vandindhold i jordmikroberne i de undersøgte jordprøver ikke er kendt. Det er desuden sandsynligt, at jordens vandindhold påvirker mikrobernes vandindhold i nogen grad. I litteraturen findes der estimer for vandindhold i jordmikrobers biomasse i intervallet 70-85%. Som en del af Soilytix' analysepakke blev vandindholdet i jordprøverne målt til hhv. 14,5% (jordprøve #1), 17% (jordprøve #2), 12% (jordprøve #3) og 38,5% (jordprøve #4). Jordprøve 1-3 var således meget tørre, mens jordprøve 4 var tættere på optimum for mikrobiel vækst. Derfor antages det, at vandindholdet i den mikrobielle biomasse ligger omkring 70% i jordprøve 1-3, og omkring 80% i jordprøve 4. Således bliver konversionsfaktoren fra våd til tør biomasse 0,3 for jordprøve 1-3 og 0,2 for jordprøve 4.
2. Omregning fra mikrobiel biomasse i tør vægt til carbon i mikrobiel biomasse. Fordi mikrober består af mange andre grundstoffer end carbon (N, P, S osv.), er det nødvendigt med endnu en konversionsfaktor for at nå fra mikrobiel bio til MBC. Her er det heldigvis standardpraksis i forskningen at antage et C-indhold på 50% af den tørre biomasse. Vi bruger her den samme antagelse, og når således til konversionsfaktoren 0,5. Kombineret bliver de to konversionsfaktorer (fra våd til tør vægt, og derefter fra tør biomasse til mikrobiel C) til 0,15 for jordprøve 1-3 og 0,1 for jordprøve 4.

¹¹ Via info@soilfoodweb.com



RESULTATER

Nedenfor ses data fra de to SFW-konsulenters uafhængige analyser af jordprøve #1. Bemærk de generelt meget høje standardafvigelser (*standard deviation* (SD)). Bemærk også forskellen i beregnet biomasse af hhv. bakterier og svampe mellem de to analyser. For våd bakteriell biomasse når SFW1 frem til 1434 µg/g jord (SD: +/-179), og SFW2 angiver 528 µg/g jord (SD: +/- 96). For våd svampebiomasse tæller SFW1 35 µg/g jord (SD: +/-45), og SFW2 tæller 110 µg/g jord (SD: +/-86).

Desværre var billedet meget det samme for de ufrosne prøver, som kun blev analyseret af SFW1, da SFW2 var forhindret. Her blev den våde bakterielle biomasse vurderet til 1002 µg/g jord (SD: +/-233) og våd svampebiomasse til 7 µg/g jord (SD: +/-15) i jordprøve #1 (udtaget på samme måde på samme mark en uges tid senere end de første prøver).

Beneficial Microorganisms		Detrimental Microorganisms	
	Sample Results		Sample Results
Bacterial Biomass (µg/g)	1434.24	Oomycetes Biomass (µg/g)	0
Bacterial Standard Deviation Biomass (µg/g)	179.163	Oomycetes Standard Deviation Biomass (µg/g)	0
Bacterial Standard Deviation as Percentage of Mean	12.50%	Oomycete Standard Deviation as Percentage of Mean	0.00%
Actinobacterial Biomass (µg/g)	0	Oomycetes Average Diameter - Weighted Mean (µm)	0
Actinobacterial Standard Deviation Biomass (µg/g)	0	Ciliates (number/g)	0
Actinobacterial Standard Deviation as Percentage of Mean	0.00%	Ciliates Standard Deviation (number/g)	0
Fungal Biomass (µg/g)	34.967	Ciliates Standard Deviation as Percentage of Mean	0.00%
Fungal Standard Deviation Biomass (µg/g)	45.509	Root-feeding Nematodes (number/g)	0
Fungal Standard Deviation as Percentage of Mean	130.20%		
Fungal Average Diameter - Weighted Mean (µm)	2.62		
F:B Ratio	0.024		
Total Beneficial Protozoa (number/g)	19200.0		
Total Beneficial Protozoa Standard Deviation (number/g)	42933.0		
Total Beneficial Protozoa Standard Deviation as Percentage of Mean	223.60%		
Flagellates (number/g)	9600.0		
Flagellates Standard Deviation (number/g)	21466.0		
Flagellates Standard Deviation as Percentage of Mean	223.60%		
Amoebae (number/g)	9600.0		
Amoebae Standard Deviation (number/g)	21466.0		
Amoebae Standard Deviation as Percentage of Mean	223.60%		
Bacterial-feeding Nematodes (number/g)	0		
Fungal-feeding Nematodes (number/g)	0		
Predatory Nematodes (number/g)	0		

Foto 5 - Skærmbillede fra Soil Food Web-programmet. Analyseresultat for jordprøve #1 (første omgang - frosne prøver) fra SFW1



Sample Name: # 1
Sample Type: Soil
Plants Present/Desired:
Plant Succession: Early Successional

Beneficial Microorganisms

	Recommended Range		Sample Results	
Fungi (ug/g)	32	90	110	The fungal biomass is greater than the recommended maximum level. Please contact your Soil Biology Consultant.
Standard Deviation			86	Few target organism were present and variability was very high. Precision is very low.
Bacteria (ug/g)	135	270	528	The bacterial biomass is significantly greater than the maximum recommended level. Please contact your Soil Biology Consultant.
Standard Deviation			96	Distribution of the target organisms in the sample was uniform; variation was small.
Actinobacteria (ug/g)	10	100	0.26	Low: The actinobacterial biomass is below the expected range. This is not a problem.
Standard Deviation			0.59	Few target organism were present and variability was very high. Precision is very low.
F:B Ratio	0.2:1	0.4:1	0.21	The F:B ratio is within the desired range for your plant's succession. Great!

	Minimum Value		
Protozoa (Total)	> 10,000	0	None detected: Please contact your Soil Biology Consultant.
Standard Deviation		0	Distribution of the target organisms in the sample was uniform; variation was small.
Flagellate (#/g)	(See Total)	0	
Standard Deviation		0	
Amoebae (#/g)	(See Total)	0	
Standard Deviation		0	

Foto 6 - udsnit af Soil Food Web-analyserapport for jordprøve #1 (frossen prøve) fra SFW2

Udsnittet ovenfor viser standardfremstillingen i SFW-analyserapporter. Her vises også anbefalede værdier for de enkelte organismegrupper. I dette tilfælde overstiger den målte svampebiomasse det anbefalede maksimum, men standardafvigelsen er ca. ¾ af resultatet, hvilket meget godt illustrerer, hvor usikker SFW-metoden er, og hvor svært det derfor er at drage nyttige konklusioner af den.

Eurofins' PLFA-analyse af den samme jordprøve viste et indhold af svampe på 141 µg C / g, og angav denne mængde som "gennemsnitlig". SFW2 måler 110 µg/g i våd vægt (16,5 µg C / g omregnet til MBC) med stor usikkerhed, og angivelsen af den målte mængde svampe som "højere end det anbefalede maksimale niveau" er forvirrende. Desuden angiver de to SFW-konsulenter forskellige anbefalede niveauer, selvom de anvender samme metode og samme software til fremstilling af rapporter. Se f.eks. udsnit af analyserapporten fra SFW1's analyse af den anden jordprøve fra Mark 1:



Sample Type: Soil
Plants Present/Desired:
Plant Succession: Productive Pastures, Row Crops

Beneficial Microorganisms

	Recommended Range		Sample Results	
Fungi (ug/g)	135	1,350	7	Low: The fungal biomass is below the recommended minimum level for your plant's stage in succession. Please contact your Soil Biology Consultant.
Standard Deviation			15	Few target organism were present and variability was very high. Precision is very low.
Bacteria (ug/g)	135	1,350	1,002	Good: The bacterial biomass is within the recommended range for your plant's stage in succession.
Standard Deviation			233	Distribution of organisms was somewhat uneven, resulting in an acceptable degree of variation.
Actinobacteria (ug/g)	1	4	0	Low: The actinobacterial biomass is below the expected range. This is not a problem.
Standard Deviation			0	Distribution of the target organisms in the sample was uniform; variation was small.
F:B Ratio	0.9:1	2:1	0.01	The F:B ratio is low. Increase fungal biomass or reduce bacterial biomass, and check predators to assess balance. Please contact your Soil Biology Consultant.

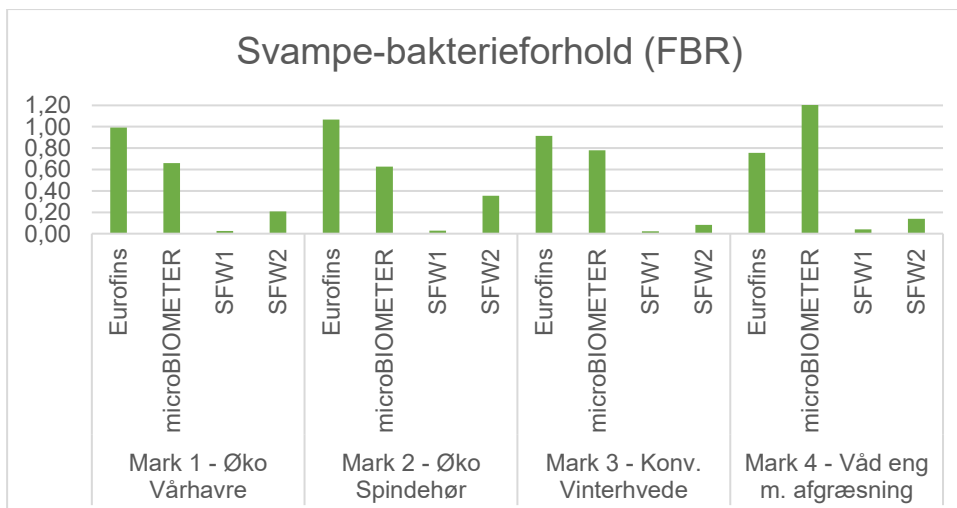
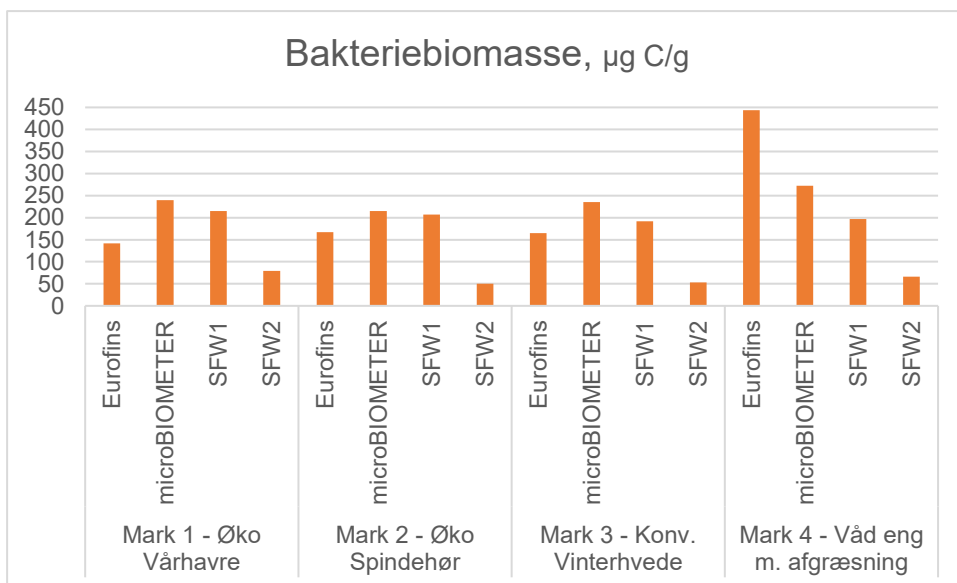
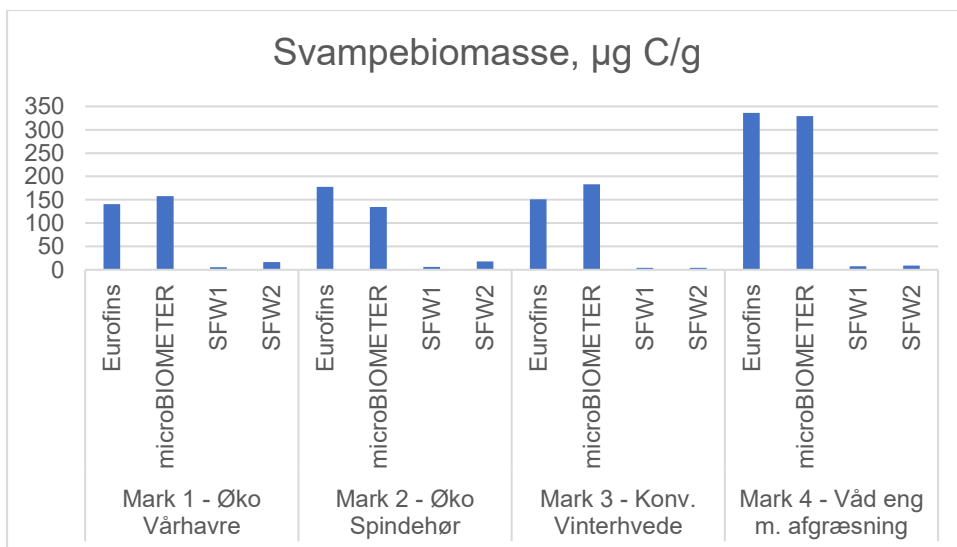
Ved første øjekast ligner dette udsnit til forveksling Foto 4 med andre værdier, men den opmærksomme læser vil se, at "Plant Succession" her er angivet til "Productive Pastures/Row Crops", hvor det i Foto 4 var angivet til "Early Succession". De to SFW-konsulenter kategoriserer altså landbrugsjord forskelligt i SFW-programmet, hvilket gør sammenligning af rapporterne vanskeligere, fordi intervallerne af anbefalede værdier dermed bliver forskellige.

Hvad angår FBR viser SFW1, SFW2 og Eurofins hhv. 0,024; 0,21 og 1 for jordprøve 1. PLFA-resultatet er således 50 gange højere end SFW1-resultatet, og 5 gange højere end SFW2-resultatet.



Sammenligning af udvalgte resultater

For at kunne sammenligne biomasseresultaterne på tværs af analysemetoder, er SFW-resultaterne angivet herunder er omregnet til MBC med konversionsfaktorerne 0,15 for jordprøve 1-3 og 0,10 for jordprøve 4.





Konklusion

Undersøgelserne i denne rapport viser, at der er en betydelig variation i resultater (af de samme jordprøver) fra forskellige udbydere af mikrobiologiske analyser. Derfor kan det ikke tilrådes, at man som landbruger anvender forskellige analysemetoder til sammenligning af marker eller dyrkningstiltag. Selv når man anvender samme metode, vil der være en høj grad af usikkerhed ift. sæsonvariation, temperatur, fugt mv., som gør, at man skal være meget påpasselig med at bruge analyser af mikrobiologien som beslutningsstøttewærktøj. Af de afprøvede metoder, vurderes metoderne baseret på PLFA og DNA som de mest præcise og reproducerbare, men særligt DNA-analysen er meget kompleks og svær at tolke. Selvom vi på baggrund af undersøgelserne i denne rapport ikke kan anbefale landbrugere at få foretaget analyse af mikrobiologien i deres jord, hvis formålet er beslutningsstøtte, kan det dog stadig være et interessant bidrag til en samlet vurdering af jordsundheden i en given mark.

Referencer

Fierer, N., Wood, S. A., & de Mesquita, C. P. B. (2021). How microbes can, and cannot, be used to assess soil health. *Soil biology and biochemistry*, 153, 108111.

<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108111>

Laine, M. B., Taipale, S. J., & Tirola, M. (2025). Comparison of methods for assessing fungi-to-bacteria ratio of soil. *Biology and Fertility of Soils*, 61(5), 941-954.

<https://doi.org/10.1007/s00374-025-01911-7>

Olsson, P. A., & Lekberg, Y. (2022). A critical review of the use of lipid signature molecules for the quantification of arbuscular mycorrhiza fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 166, 108574.

<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108574>

Wang, X., Zhang, W., Shao, Y., Zhao, J., Zhou, L., Zou, X., & Fu, S. (2019). Fungi to bacteria ratio: Historical misinterpretations and potential implications. *Acta Oecologica*, 95, 1-11.

<https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.10.003>



Appendiks

Følgende trin-for-trin vejledning er oversat direkte fra pdf-dokumentet **microBIOMETER® Soil and Compost Testing Procedure**¹²

1. **microBIOMETER®-appen**

- Opret konto i microBIOMETER®-appen og log ind.
- Tryk på "Start the Test". Vælg mediet (jord, pottejord eller kompost).
- Vælg "Start the test from the beginning".

2. **Sigtning af prøvemateriale**

- Sigt jorden i den medfølgende plastpose eller anden beholder. Fjern store klumper, rødder, grene eller sten.

3. **Tilsæt vand**

- Fyld det medfølgende målerør med vand – til toppen.
- Hæld vandet i ekstraktionsrøret.

4. **Tilsæt ekstraktionspulver**

- Åbn pakken med ekstraktionspulver og hæld indholdet i ekstraktionsrøret.
- Pisk/omrør i få sekunder så pulveret opløses i vandet.

5. **Måling af jordprøve**

- Fyld sprøjten med sigtet jord til 1 ml-mærket.
- Komprimer jorden til 0,5 ml-mærket med en finger for åbningen. Fjern evt. overskud ved åbningen.
- Tryk den afmålte jord ud i ekstraktionsrøret.

6. **Blanding af opløsning**

- Hvis jorden er meget kompakt (fx høj lerandel), så brug den medfølgende metalspatel til at løsne jorden før omrøring.
- Placer ekstraktionsrøret i kufferten, så det står op i et af de passende huller i skumindlægget.
- Anbring piskerværktøjet i røret og pisk i **30 sekunder**, brug timeren fra sættet.

7. **Bundfældning**

- Lad røret stå i **5 minutter**.
- Efter 5 minutter: Stød bunden af røret 3-4 gange på et hårdt underlag for at få større partikler til at falde til bunds.
- Lad dernæst røret stå yderligere **15 minutter** (brug timeren igen).

¹² https://microbiometer.com/wp-content/uploads/2022/10/Testing-Procedure-Instructions-Soil-Compost-2.pdf?srltid=AfmBOop9x1_DZICYIbbQ8q61B3FN2Jel_UTr5Q4DbGnkJ4wVtFuHN0MB



8. Udtagning af prøve af opløsning

- Brug en lille pipette til at tage prøven fra ca. 2–3 cm under overfladen af væsken – undgå flydende store partikler.

9. Påføring på testkort

- Anbring **3 dråber** af den udtagne opløsning på testkortets prøverude. Vent til hver dråbe er fuldt absorberet **før** den næste dråbe.
- Undgå at væsken rammer den trykte grå-skala rundt om prøveruden.

10. Analyse via app

- Placér testkortet centralt på det hvide område af den medfølgende baggrund.
- Vent **2 minutter** efter påføring af dråber før analysen startes.
- I appen: Justér telefonens kamera, så den blå firkant på skærmen ligger præcist over den sorte firkant på testkortet. Den blå firkant bliver grøn når kortet aflæses korrekt.

Supplerende materiale

Alle analyseresultater og øvrige supplerende materialer kan downloades fra:

[Bilag 1](#) – Resultater Eurofins (.pdf)

[Bilag 2](#) – Resultater Soilytix (.xlsx)

[Bilag 3](#) – Resultater microBIOMETER (.pdf)

[Bilag 4](#) – Resultater SFW1 (frosne jordprøver) (.pdf)

[Bilag 5](#) – Resultater SFW1 (friske jordprøver) (.pdf)

[Bilag 6](#) – Resultater SFW2 (frosne jordprøver) (.pdf)

[Bilag 7](#) – Sammenligninger af udvalgte analyseresultater (.pdf)

[Bilag 8](#) – Bruttolister analyseprodukter (.pdf)