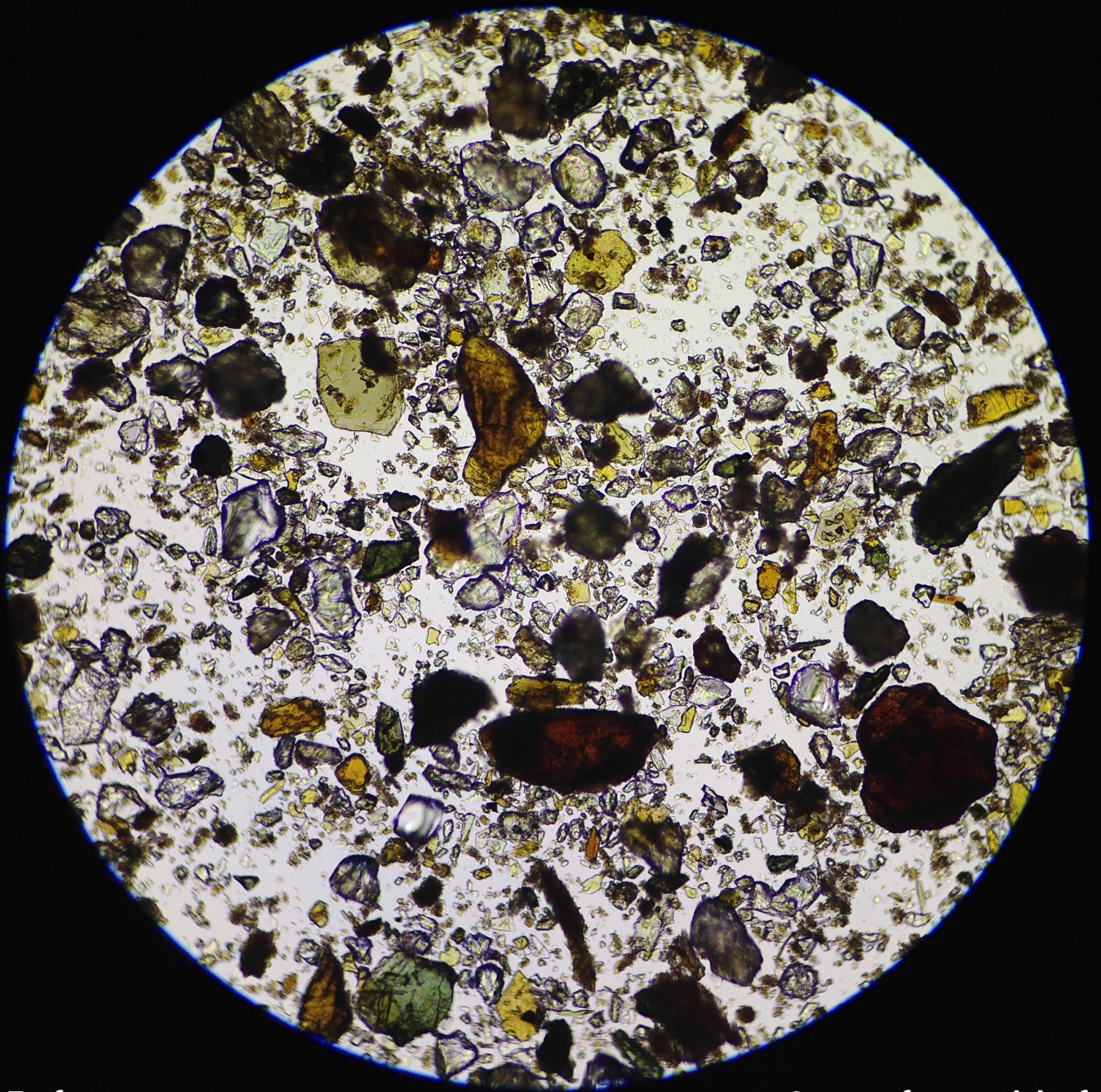
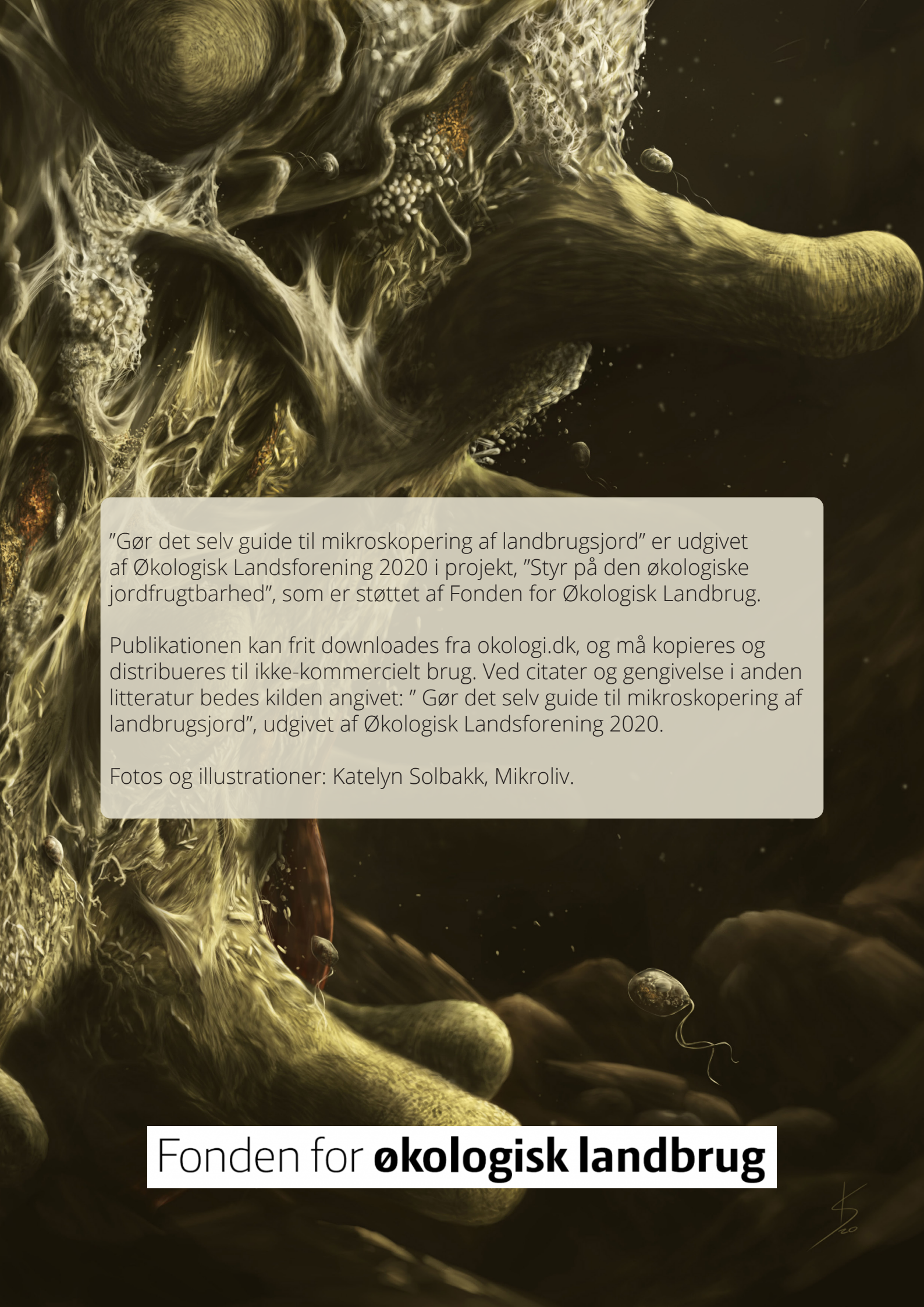


GØR DET SELV GUIDE TIL MIKROSKOPERING AF LANDBRUGSJORD



Forfatter
Katelyn Solbakk,
Mikroliv

Oversat fra engelsk af
Janne Aalborg Nielsen,
Økologisk Landsforening

A detailed, artistic illustration of a soil ecosystem. The scene is dominated by a dense network of golden-brown root fibers and fungal hyphae. Various microorganisms are visible, including a large, multi-segmented nematode-like creature in the upper right, and several smaller, rounded organisms with long, thin cilia or flagella. The background is dark, with small, glowing particles scattered throughout, suggesting a rich, active microbial community.

"Gør det selv guide til mikroskopering af landbrugsjord" er udgivet af Økologisk Landsforening 2020 i projekt, "Styr på den økologiske jordfrugtbarhed", som er støttet af Fonden for Økologisk Landbrug.

Publikationen kan frit downloades fra okologi.dk, og må kopieres og distribueres til ikke-kommercielt brug. Ved citater og gengivelse i anden litteratur bedes kilden angivet: "Gør det selv guide til mikroskopering af landbrugsjord", udgivet af Økologisk Landsforening 2020.

Fotos og illustrationer: Katelyn Solbakk, Mikroliv.

Fonden for **økologisk landbrug**

A small, handwritten signature in the bottom right corner of the page, consisting of a stylized 'S' and '20'.

INDHOLD

| | |
|--------------------------------------|----|
| Introduktion | 4 |
| Del 1 | |
| Indsamling og forberedelse af prøver | 5 |
| Del 2 | |
| Hvad kan du se? | 11 |
| Bakterier | 12 |
| Svampe | 13 |
| Protozoer | 14 |
| Mikroskopiske dyr | 19 |
| Del 3 | |
| Evaluering og næste step | 20 |
| Hurtigt overblik | 24 |



INTRODUKTION

Jordens økosystem er meget komplekst, og hver enkel organisme har en unik rolle i systemet. Forskningen er knapt begyndt at udrede forbindelserne og funktionerne af den ekstremt diverse række af liv i jorden. Derfor er det vigtigt, i takt med at vi bliver klogere at beskytte den biologiske mangfoldighed i økosystemet som helhed og sikre, at så mange forskellige organismer som muligt er i stand til at trives og i sidste ende understøtte væksten af sunde planter.

Nogle nøglefunktioner i et sundt jordøkosystem inkluderer:

- God vandtilbageholdelse og afdræning
- God jordstruktur og modstand mod erosion
- Næringsstofomsætning
- Forbedret plantesundhed
- Kulstoflagring
- Modstand overfor skadedyr og sygdomme

Mange af disse funktioner er et direkte resultat af mikrobiel aktivitet. Mikroskopering giver dig et enestående vindue til livet i din jord, og giver dig chancen for at kigge direkte ind i din egen jords økosystem blot ved at bruge simpelt udstyr. Der er endda tilbehør til din smartphone, så den kan anvendes som et mikroskop.

Det kræver lidt øvelse at lære, hvordan man identificerer organismernes. Men denne guide kan hjælpe dig med at komme i gang og udføre en grundlæggende evaluering af din egen jord samt introducere dig til nogle af de organismer, der bo der.

The background of the entire page is a circular microscopic image showing various biological structures, likely cells or tissues, stained in shades of purple and blue. The structures vary in size and shape, with some appearing as large, dark, irregular masses and others as smaller, more defined cells. The overall appearance is that of a histological or cytological specimen.

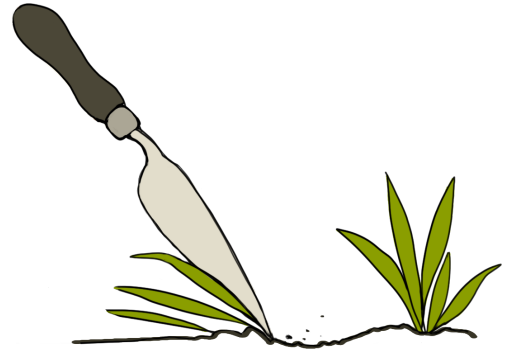
DEL I

INDSAMLING OG
FORBEREDELSE AF
PRØVER

Step 1. Indsamling af prøver

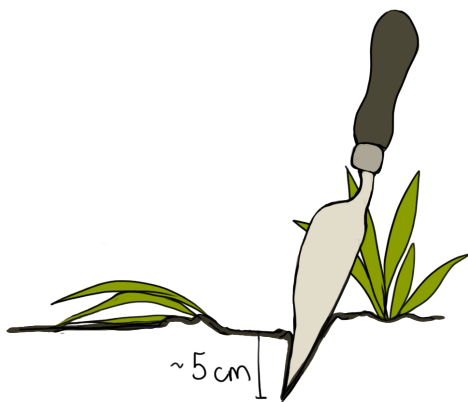
1

Fjern vegetation fra overfladen der, hvor du vil udtage prøven.



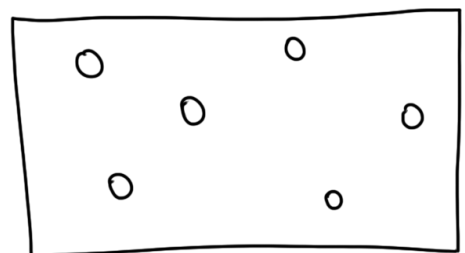
2

Udtag jord i 0-5 cm's dybde.



3

Tag flere del-prøver fordelt på prøvearealet, og bland dem sammen i en spand for herved at få en repræsentativ prøve fra arealet.



Step 2. Forberedelse af prøver

Materialer:

- Køkkenvægt
- Glas med låg
- Ske
- Tape
- Tusch
- Vand (145 ml pr prøve)



1. Brug tape og en tusch til at mærke glas med prøvested/ID og dato for prøvetagning.
2. Bland 5 g jord med 145 g vand i hvert glas.
3. Luk glasset grundigt og ryst det forsigtigt i fem minutter.
4. Løsn låget og lad opløsningen stå uforstyrret i to dage*.

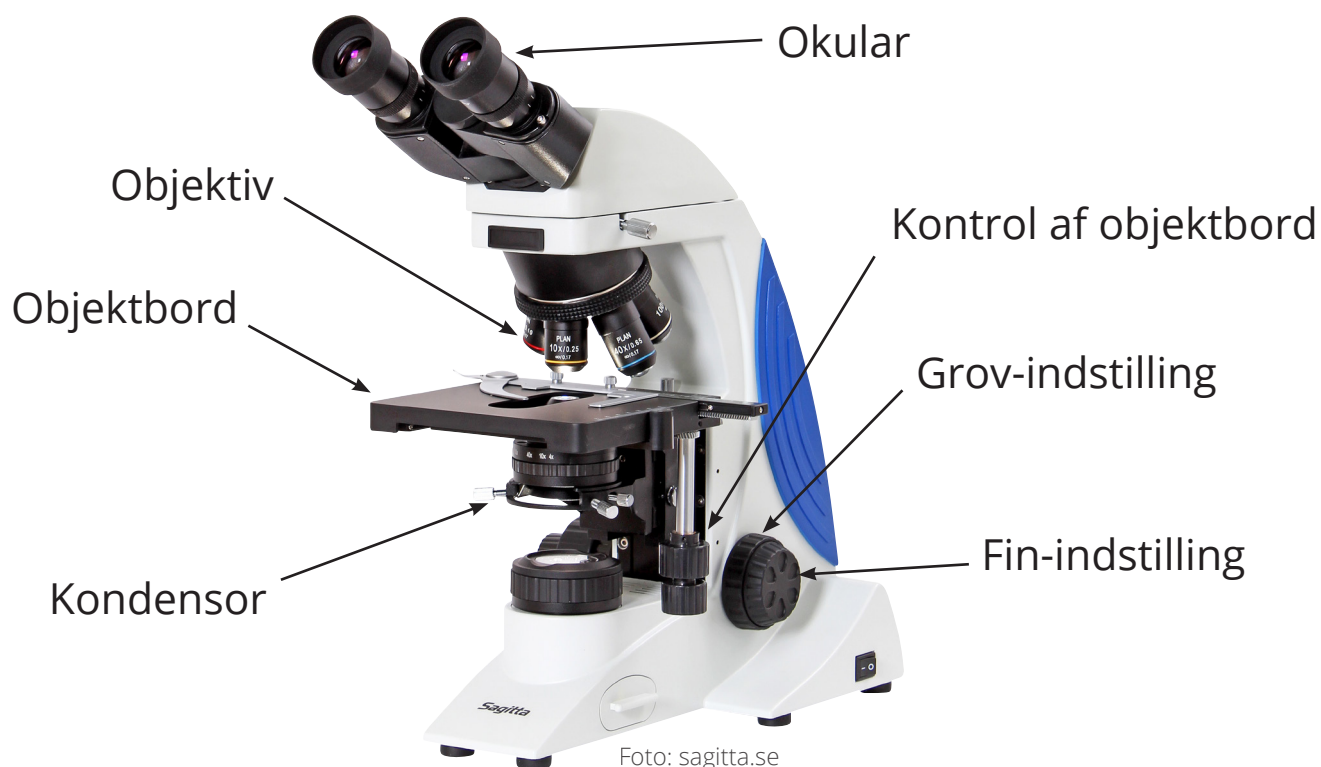
* Du kan godt se på prøven med det samme, men du vil sandsynligvis se mere liv, hvis du venter. Det skyldes, at mange protozoer vil hvile i et sovende stadie, kaldet en cyste, når forholdene er tørre. Når de får fugt igen, får de en chance for at vågne og blive aktive igen.



Tip: Tip: Hvis du har mere end en prøve, så husk at mærke dine glas, før du begynder, så du undgår en sammenblanding. Husk også at rengøre skeen mellem prøverne.

Step 3.

Mikroskopet



Tjek brugermanualen ved brug af alternative mikroskoper som f.eks. dem til at sætte på smartphones.

| Del | Funktion |
|-----------------------|---|
| Objektiv | Justerer forstørrelse |
| Grov-indstilling | Flytter objektbordet meget for overordnet justering af fokus |
| Fin-indstilling | Flytter objektbordet lidt for finjustering af fokus (du vil bruge denne mest) |
| Lysstyrke | Justerer lysstyrken |
| Okular | Det er her, du kigger |
| Objektbord | Her ligger du prøven. Brug metal-clippen til at holde prøven på plads |
| Kontrol af objektbord | Brug denne til at bevæge prøven rundt, når du kigger |
| Kondensator (knap) | Justerer kontrasten |

Step 4.

Observer jorden i mikroskop

Materialer:

- Mikroskop
- Objektglas
- Dækglas
- Pipette
- Rensevand*
- Prøve(r)

*vandhanevand kan bruges, men destilleret vand er bedre. Der må bare ikke være klor i vandet. Regnvand kan også anvendes.

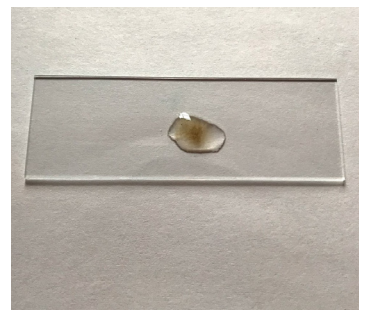
1

Luk låget grundigt og ryst prøven forsigtigt. Brug pipetten til at få noget af opløsningen op med. Undgå at tage fra bunden af glasset.



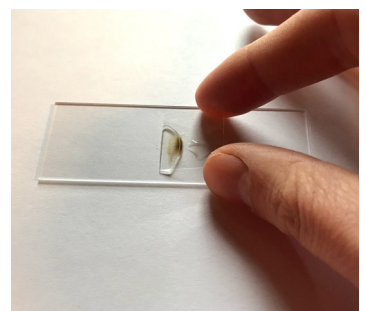
2

Tillad de tungeste partikler at falde ned og dryppe ud af pipetten (store dele, som f.eks. afgrøderester, kan ikke være under dækglasset). Placer en dråbe af prøven på objektglasset.



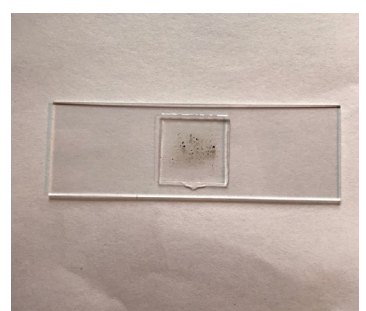
3

Hold dækglasset forsigtigt i kanterne (vær opmærksom på at dækglas er meget tynde, skarpe og skrøbelige). Placer en kant på glasset ved siden af dråben og skub det over, så opløsningen spredes langs med glaskanten (se foto herunder). Sæt forsigtigt dækglasset ned, så prøven spredes jævnt under det.



4

Sæt forsigtigt dækglasset ned, så prøven spredes jævnt under det.



Step 4.

Observer

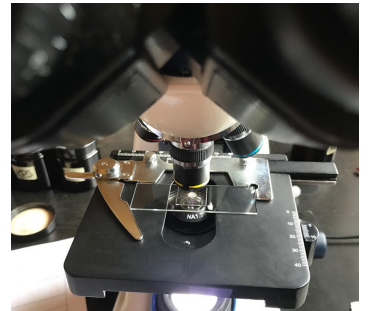
5

Placer prøven på mikroskopets objektbord. Brug metal-clipsen til at holde den på plads.



6

Begynd med lille forstørrelse. Brug fokus-skruerne til at gøre billedet skarpt og skift så til en større forstørrelse. Analysen udføres typisk ved en forstørrelse på 400x, men 100x giver dig mulighed for at se større områder på en gang og giver et bedre billede af større organismer, der måske også bevæger sig hurtigt. Brug kontrollen af objektbordet til at udforske og se, hvad du kan finde.



Tips:

- **Brug ikke grov-indstillingsknappen ved høj opløsning!** Den flytter objektbordet for meget og kan knuse objektglasset mod objektivet.
- Når du tager en dråbe med pipetten, skal du undgå at tage materiale helt fra bunden af prøven, da dette vil være for koncentreret til se på.
- Mikroskopet har et snævert dybdesyn. Behold en hånd på fokuseringsskruen og bliv ved med at justere op og ned, mens du ser på prøven.
- Analysen udføres typisk ved en forstørrelse på 400x, men 100x giver dig mulighed for at se større områder på en gang, og giver et bedre billede af større organismer, der måske også bevæger sig hurtigt.
- Hvis du er "farevild", og ikke rigtig kan få prøven i fokus, skal du skifte tilbage til den laveste forstørrelse og bruge den grove fokuseringsskruen, indtil du kan se prøven igen. Skift derefter tilbage til højere opløsning, og prøv igen.
- Hvis du har svært ved at finde noget at fokusere på (dvs. det bare er hvidt), så prøv først at flytte til kanten af glasset og gøre den linje skarp, og prøv derefter at udforske prøven igen.



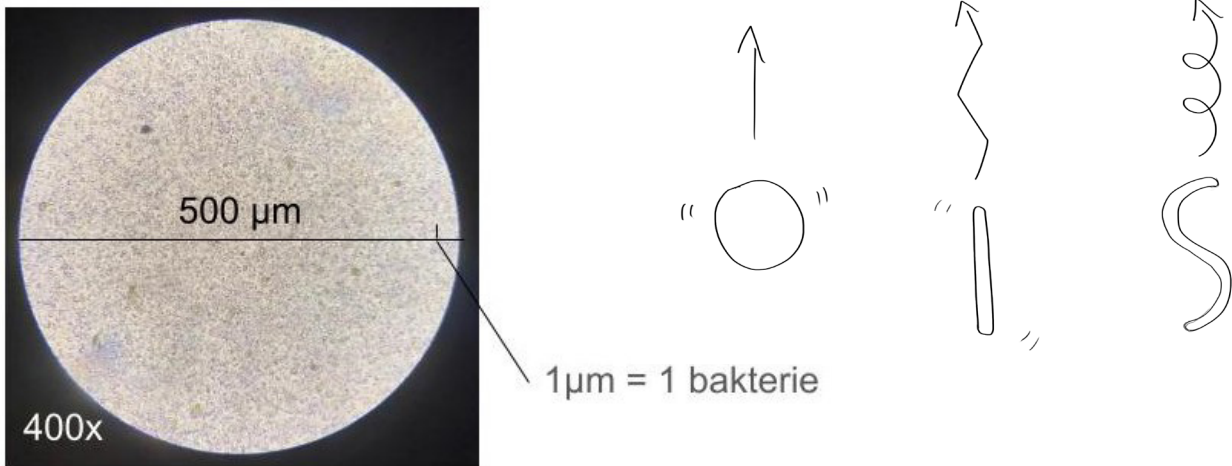
DEL 2

HVAD KAN DU SE?

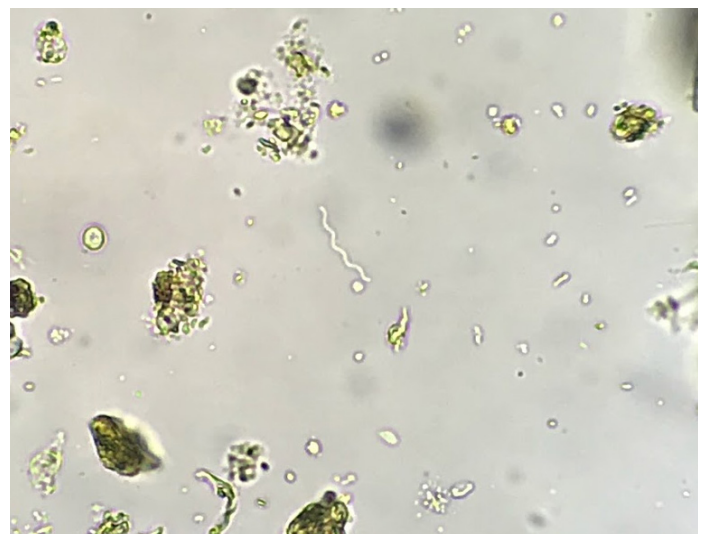
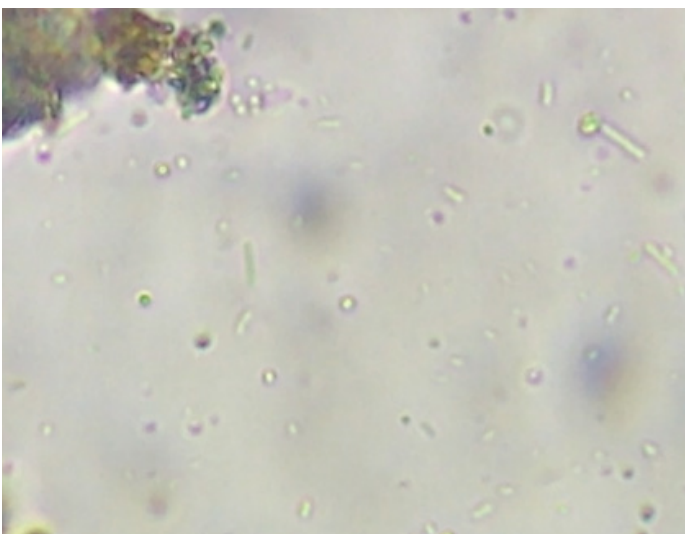
K. J. 2016

1. Bakterier

Bakterier er meget små; ofte kun 1 μm i diameter (0.001 mm). Billedet herunder viser, hvor små de er ved 400x forstørrelse i et mikroskop med et synsfelt på 500 μm (0.5 mm) på tværs.



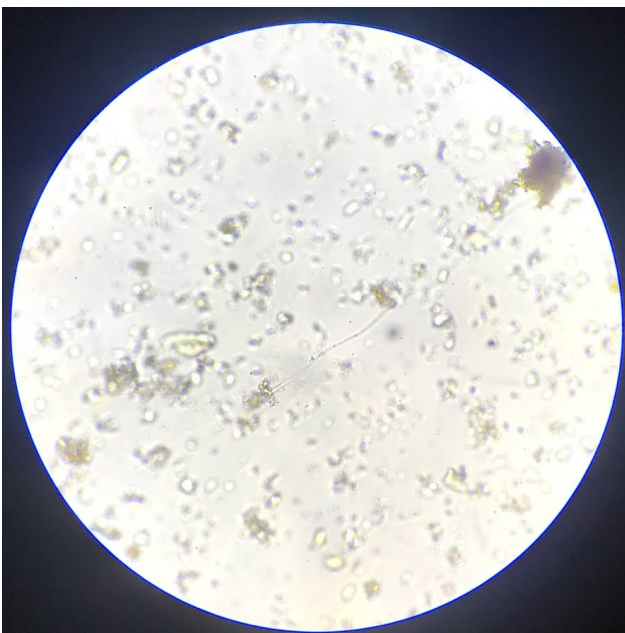
Bakterier er grupperet i tre overordnede kategorier baseret på deres form på cellerne. Det er kategorierne runde (cocci), stav-formede (bacilli) eller spiral formede (spirilla). Pilene i diagrammet ovenover viser den måde, som de forskellige typer oftest bevæger sig på. De runde bakterier roterer bare eller bevæger sig med nogenlunde lige bevægelser. De stav-formede bakterier bevæger sig også i en lige linje, men har ofte også en rokkende zig-zag bevægelse. De kan nogle gange ses koblet sammen i kæder. De spiralformede bakterier har en karakteristisk proptrækker bevægelse, som er nem at kende.



2. Svampe

En sund jord har typisk et robust netværk af forskellige svampetråde kaldet "hyfer". I mikroskopet ses disse som klare eller brune strenger, typisk mellem 2-6 μm i diameter. Det kan være små brudstykker eller lange strenger, som dækker store områder af dækglasset. Jorde med mange robuste svampehyfer har typisk en bedre struktur og en bedre aggregatdannelse. Ved minimal forstyrrelse af jorden, fremstår denne vævet af svampenetværket, som binder partikler sammen i stærke aggregater, som giver tydelige fordele for planterne. Fordi svampe gro langsomt og let bliver forstyrret, kan de være en god indikator for økologisk succession. Landbrugsjorden har ofte et lavt svampeindhold, mens skovjorde ofte har et meget rigt netværk af svampe.

Nedenfor er nogle eksempler på svampehyfer, som du kan sammenligne med din jordprøve.



Den fine horisontale linje i midten af billedet er en meget smal og tynd svampehyfe. Hvis du mest, eller kun, ser strenger som disse, kan det være et tegn på at forholdene i jorden ikke er optimale.



De brune tråde på billedet ovenover er eksempler på robuste svampehyfe-fragmenter. Bemærk de tydelige bløde kanter og klare segmenter. Hyfer som disse anses for en positiv indikator for jordsundhed.

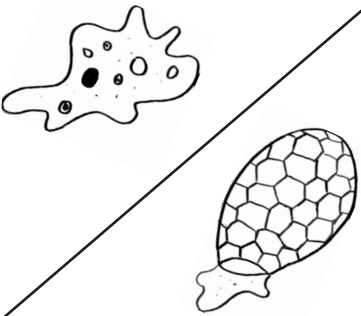
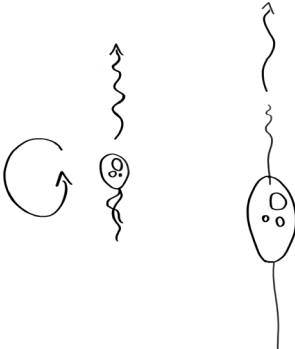
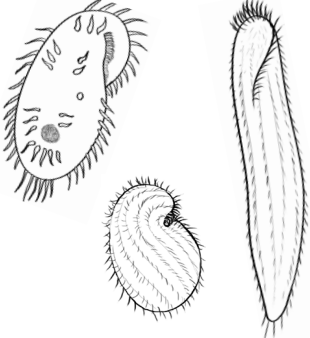
3. Protozoer

Protozoer utroligt forskelligartede en-cellede organismer. De er for det meste større end bakterier og lettere at se i mikroskopet. De plejer at være meget aktive, og nogle gange vil du se en jordpartikel bevæge sig før, du ser selve organismen.

Når protozoer græsser på bakterier, frigør de næringsstoffer, som er blevet immobiliseret i bakteriecellerne, og gør herved næringsstofferne tilgængelige for planterne igen. Dette gør dem til utrolig vigtige medlemmer af jordens økosystem. De har også vist sig at fremme plantesundhed og forbedre væksten uafhængigt af næringsstoffer.

Protozoer er kendt for at være selektive/kræsne. Hver art jager forskellige typer af bakterier. Det betyder, at diversitet i protozoer kan være en god indikator for diversitet i bakterier i jorden. Jo flere unikke typer af protozoer du kan finde i din jord des bedre.

Der er tre hovedkategorier af protozoer, baseret på deres fysiske karakteristik og på deres bevægelser:

| Amøber 10-50 µm | Flagellater 3-10 µm | Ciliater 10-80 µm |
|---|--|--|
|  |  |  |
| <p>Amøber er protozoer uden en fast form. De bevæger sig med en langsom, sivende bevægelse, hvor de strækker midlertidige "falske fødder" eller pseudopoder ud for at glide over overflader eller opsluge deres føde.</p> | <p>Flagellater har en eller to lange, pisk-lignende vedhæng, som de bruger til at bevæge sig med. Deres bevægelser er ofte i ryk, i runder eller rokkende.</p> | <p>Ciliater findes i mange forskellige former og størrelser. De har mange mindre hår (kaldet cilia), som giver dem mulighed for at bevæge sig meget hurtigere og ofte nemmere end flagellater.</p> |

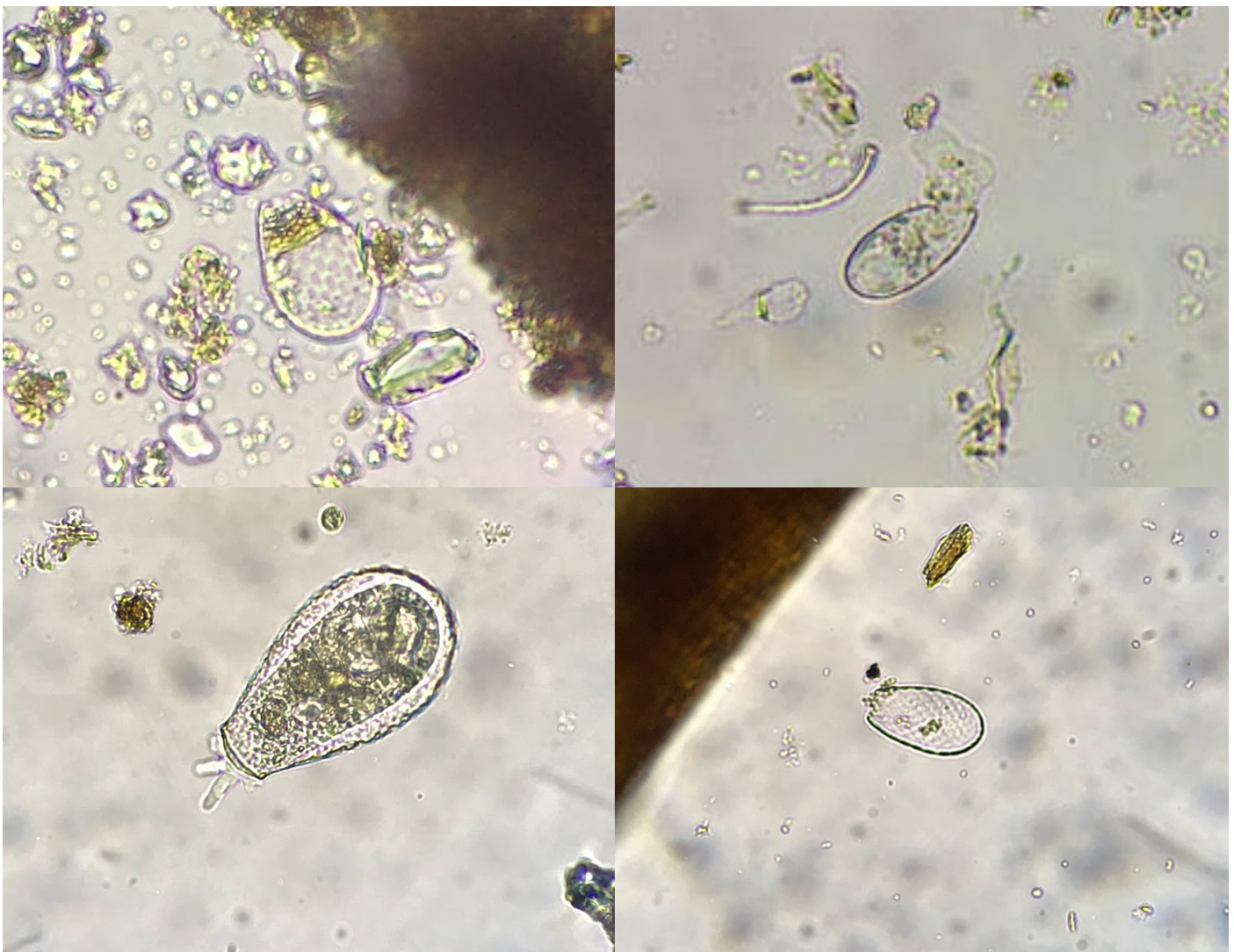
3. Protozoer

Amøber er specielt glubende bakteriespisere, og deres fleksibilitet gør det muligt for dem at nå bakterier i de mindste porer i jorden, som andre predatorer ikke kan nå.

Der er to typer amøber: skal-amøber (med en skal) og nøgne amøber (uden en skal).

Skal-amøber er almindelige og nemme at identificere i jord. Skallen har en tydelig mandel- eller ballonagtig form med en åbning i den ene ende. Du kan nogle gange se et raffineret mønster på skallen.

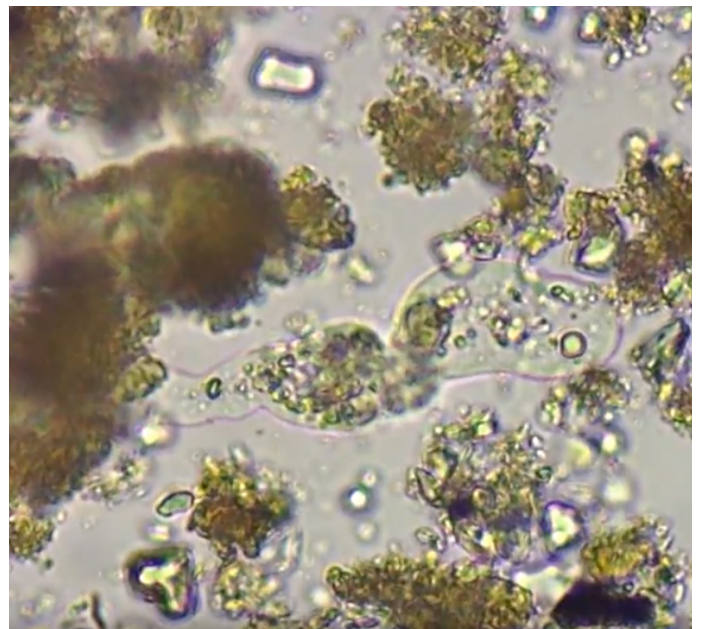
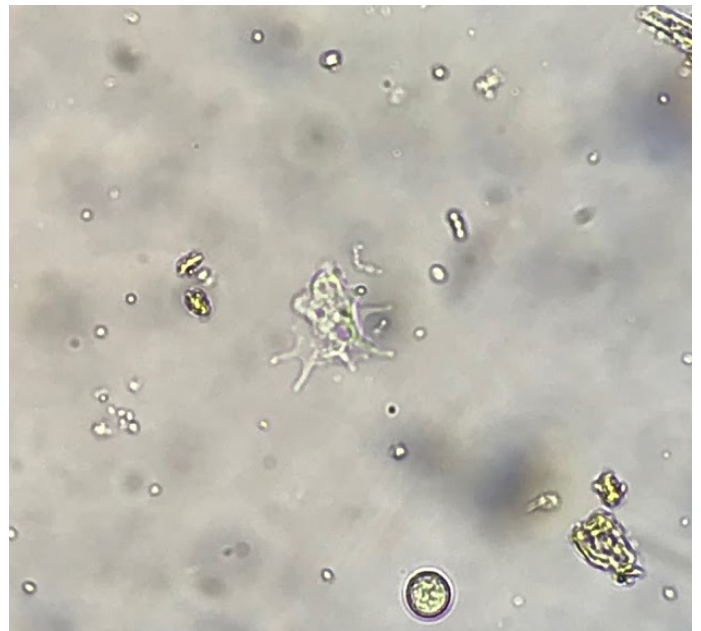
Her er nogle eksempler på skal-amøber i mikroskopet:



3. Protozoer

Nøgne amøber har ikke nogen skal. De kan være sværere at se end andre protozoer, fordi deres bevægelser ofte er langsomme. De kan være meget små eller ret store, meget aktive eller slet ikke bevæge sig overhovedet.

Nogle eksempler på nøgne amøber mikroskopet:

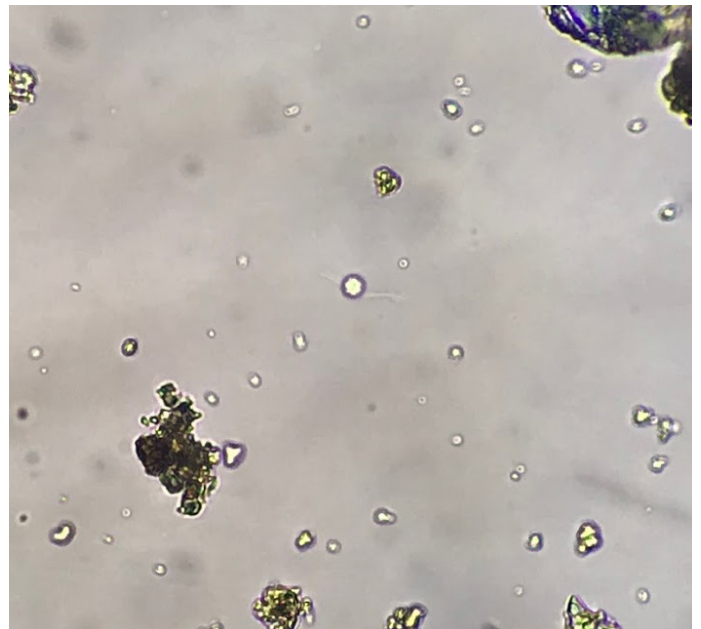
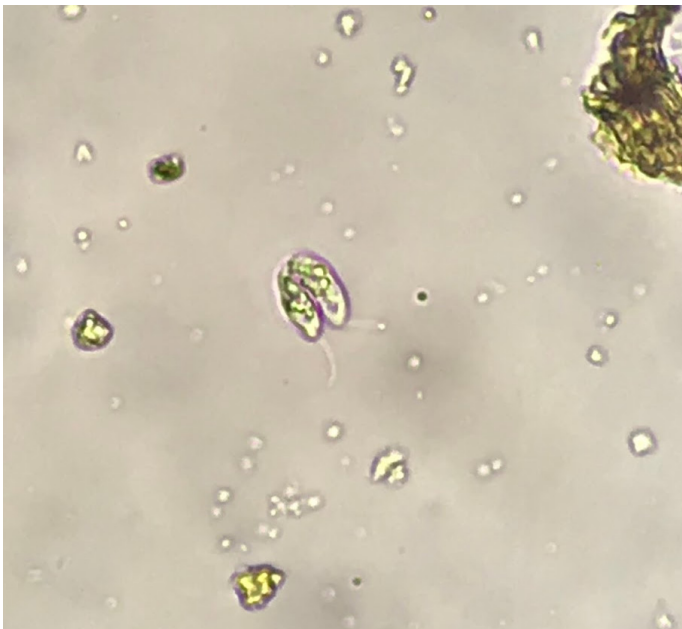


3. Protozoer

Flagellater er oftest de mest almindelige protozoer, du ser i jordprøver. De er bedre til at modstå hårde forhold end større organismer. De er oftest mindre end ciliater. Den væsentligste forskel mellem flagellater og ciliater er, at flagellater har en eller to lange pisk-lignende vedhæng, som de bruger til at bevæge sig med.

De har nogle gange en jævn bevægelse, men oftest har de bevægelse i ryk, i runder eller rokkende, og de har tendens til at være langsommere end ciliater. Det kan ligestilles med, at ro en båd med én eller to årer sammenlignet med, at mange mennesker padler sammen i perfekt forening.

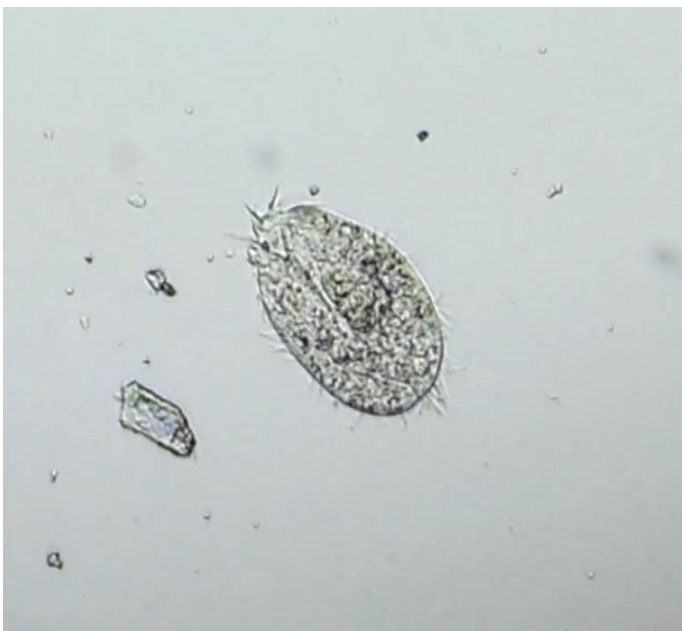
Her er nogle eksempler på flagellater i mikroskopet:



3. Protozoer

Ciliater er mindre almindelige i jordprøver fra landbrugsjorder, men ses lejlighedsvis. De er de sjoveste at iagttage, fordi de oftest er meget aktive og findes i mange varianter af form samt størrelse. Den væsentligste forskel på flagellater og ciliater er antallet af "hår", som de har. Ciliater har mange mindre hår (kaldet cilia), men flagellater har kun en eller to lange (kaldet flagella).

Her er nogle eksempler på forskellige ciliater, som du måske finder i jordprøver:



4. Mikroskopiske dyr

Mikroskopiske dyr er fler-cellede og har organer inklusiv en komplet fordøjelseskanal. Men de er så små, at det er nødvendigt med et mikroskop for at se dem. I jord- og kompostprøver kan du se nematoder (foto til venstre) og hjuldyr (foto til højre). Nematoder er velkendte som planteparasitter, men de er faktisk ekstremt forskellige, og de fleste jordnematoder er gavnlige. Både nematoder og hjuldyr spiser, ligesom protozoer, føde (hovedsagelig bakterier og svampe) og frigør næringsstoffer, som planter kan udnytte.

I prøver fra skove, og især moseområder, kan du endda finde bjørnedyr, også kendt som vandbjørne eller mosegrise, som den der er illustreret nedenfor.



A circular microscopic view of biological cells, likely yeast or similar microorganisms, showing various stages of growth and morphology. The cells are stained, appearing in shades of brown, purple, and green. The background is light, and the overall image has a slightly grainy texture. Two text boxes are overlaid on the image: a smaller one at the top center and a larger one in the middle. The text in the boxes is in a simple, black, sans-serif font.

DEL 3

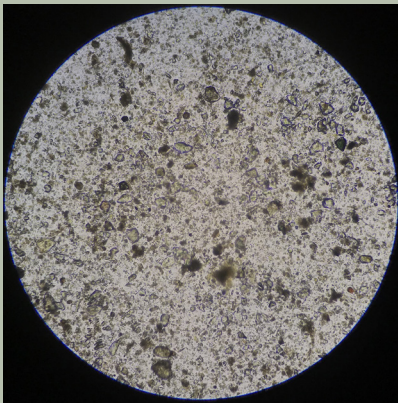
EVALUERING OG
NÆSTE STEP

Jord følger stadier af økologisk succession ligesom andre økosystemer. I tidlige stadier har habitatet en tendens til at være relativt "simpelt" og domineret af hårdføre pionerorganismer, som formerer og spreder sig hurtigt. Jorde i dette stadie er hovedsageligt befolket af bakterier og måske nogle små flagellater samt tynde svampehyfer. Jordbunden i den tidlige fase domineres ofte af planter, vi omtaler som "ukrudt". Når successionen skrider frem, bliver habitatet mere komplekst, hvilket giver flere forskellige organismer med mere nuancerede funktioner mulighed for at trives.

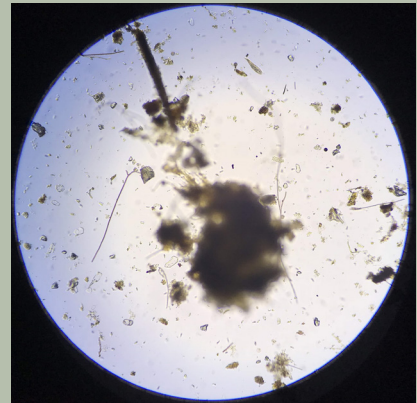
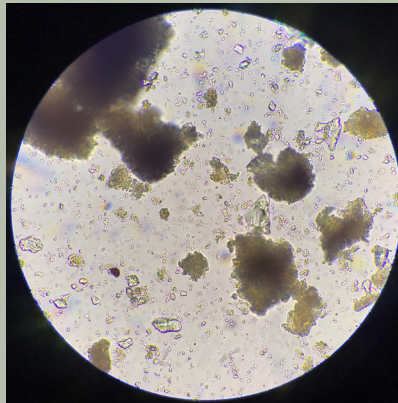
Landbrugsdrift har en direkte indflydelse på jordens økologiske status.

Når jorden forstyrres (f.eks. med mekanisk bearbejdning eller brug af kemi), skubbes den tilbage til et tidligere successionsstadium. Hvis jorden ofte nulstilles til et tidligt økologisk stadium og domineres af pionerorganismer, bliver den mere sårbar over for erosion, og der er en større risiko for udbrud af skadedyr, ukrudt og sygdomme i afgrøderne. Det er meget almindeligt for landbrugsjord at være i pionerstadiet, noget der bør adresseres for at opnå bedre jordsundhed og bæredygtighed i landbruget.

Økologisk succession i mikroskopet



Pioner



Klimaks

- Bakterier dominerer
- Små flagellater
- Meget mineralsk
- Lidt organisk stof
- Få eller ingen svampe
- Lav biodiversitet
- Dårlig aggregering

- Flere forskellige bakterier
- Bakterier og svampe i balance
- Større biodiversitet
- Mikroorganismer er mere synlige
- Bedre aggregering

- Færre synlige bakterier
- Svampe domineret
- Meget høj biodiversitet
- Mere komplekse organismer
- Stærk aggregering; prøven ser "ren" ud

Du kan bruge nogle af de følgende karakteristika som en guide til at evaluere det økologiske stadie i din jordprøve.

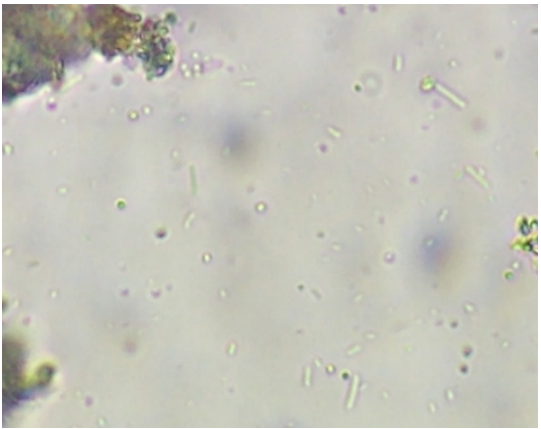
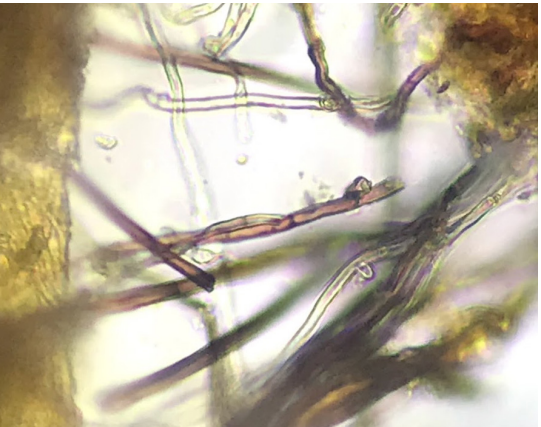
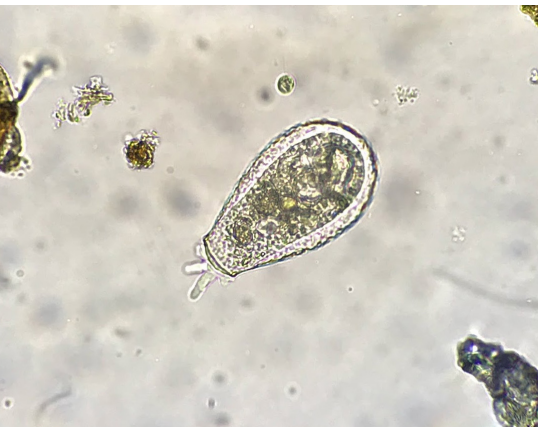

| Pioner | Middel | Klimaks |
|--|--|---|
| Der kan være mange bakterier, men få tegn på forskellige celletyper eller aktiv bevægelse. | Bakterier og svampe er i balance. Det kræver sandsynligvis noget erfaring, før du kan genkende dette. | Der er færre bakterier, men flere typer, og de kan være mere aktive. |
| Meget få svampe. Mest tynde, lyse eller klare fragmenter. | Svampe er mere synlige. Svampehyfer er større, mere robuste, mere talrige og ofte mørkere i farven. | Svampe er klart dominerende sammenlignet med bakterier. Det er let at finde store, robuste netværk af svampehyfer i forskellige farver og størrelser. |
| Stor mængde løst materiale, meget rodet og med få store aggregater. | Udseendet er renere og mere "organiseret", med stærkere, mørkere aggregater og noget åbent rum mellem aggregaterne. | Den fysiske struktur domineres af store, mørke aggregater med masser af ren, åben plads. |
| Få protozoer. Oftest små flagellater med lav mangfoldighed (f.eks. 1-4 typer). | Protozoer er lettere at finde. De kan være større og mere aktive, og der bør være bedre mangfoldighed (f.eks. 5-10 typer). | Protozoer skal være lette at finde, aktive og meget forskellige. |
| Generel lav biodiversitet. Der er brug for at lede efter tegn på liv. | Den samlede biodiversitet er moderat. Det er let at se tegn på liv. | Den samlede biodiversitet er stor, og der er mange åbenlyse tegn på liv. |





Hvordan kan vi beskytte vores mikrober?

Her er en opsamling af de forhold, som favoriserer mikrobiel aktivitet i jorden, og hvordan du kan opnå det.

| Mikrober har brug for: | Du kan opnå det ved at: |
|--------------------------|--|
| Fugtighed | Hold jorden dækket så meget som muligt |
| Ilt | Tillad naturlig struktur at udvikle sig og undgå jordpakning |
| Energi og næringsstoffer | Oprethold dække med levende planter og organisk materiale med så meget diversitet som muligt |
| Husly | Hold jorden dækket så meget som muligt |
| Reducer forstyrrelse | Minimer jordbearbejdning, kørsel og kemi |
| Regnormeaktivitet* | Alt det ovenstående |

*Regnorme er kendt som "økosystem-ingeniører". Deres aktivitet forbedrer jordkvaliteten og skaber forhold som understøtter de gavnlige mikroorganismer.

| Organisme | Eksempel |
|-------------|--|
| Bakterie |  |
| Svamp |  |
| Skal-amøbe |  |
| Nøgen amøbe |  |

| Organisme | Eksempel |
|------------------|--|
| <p>Flagellat</p> |  |
| <p>Ciliat</p> |  |
| <p>Nematode</p> |  |
| <p>Hjuldyr</p> |  |