

Ø  
K  
O  
L  
O  
G  
I



Kæmpegræs (Arundo)

Fayal, Açores

**Bind III**  
**FORSØG A & B**



## Indhold

---

<i>Forsøg 1</i>	<i>Produktionsmåling</i>	<i>side 3</i>
<i>Forsøg 2</i>	<i>BO<sub>5</sub> - bestemmelse</i>	<i>side 10</i>
<i>Forsøg 3</i>	<i>Forureningssimulering</i>	<i>side 16</i>
<i>Forsøg 4</i>	<i>Bestemmelse af nettoproduktionens omsætning</i>	<i>side 23</i>
<i>Forsøg 5</i>	<i>Påvisning af mikroorganismer i jord</i>	<i>side 31</i>
<i>Forsøg 6</i>	<i>Måling af respiration i jord</i>	<i>side 35</i>
<i>Forsøg 7</i>	<i>Bakterietælling og -farvning</i>	<i>side 39</i>
<i>Forsøg 8</i>	<i>Rhizobium-Lucerne symbiose</i>	<i>side 47</i>
<i>Forsøg 9</i>	<i>Azotobacter kultur</i>	<i>side 51</i>
<i>Forsøg 10</i>	<i>Populationstælling</i>	<i>side 55</i>
<i>Forsøg 11</i>	<i>Simulering af rovdyr-byttedyr forhold</i>	<i>side 61</i>
<i>Stikordsregister</i>		<i>side 69</i>

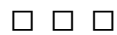
---

# Indledning

Dette hæfte rummer vejledninger og forslag til forsøg, der kan anvendes til undersøgelse af økologiske sammenhænge.

Forsøgene illustrerer og uddyber teksten i hæfte I. Dog kan forsøgene godt udføres uafhængigt af tekstbindet.

Forsøgene kan udføres enkeltvis; men der er lagt op til forsøgene kan supplere hinanden.





# Forsøg 1

## Produktionsmåling



*Hvedemark; Venø 1996*

Thorkild Steenberg

I forsøget foretages en biomassebestemmelse på en enårig markafgrøde (hvede, raps, majs, el. lign) eller/og en flerårig græsmark<sup>1</sup>.

Ud fra biomassebestemmelsen foretages et skøn over netto- og bruttoproduktionen.

□ □ □

---

<sup>1</sup> *Bearbejdet efter:  
Poul Breum & Per Geckler.*

*Menneskets økologi, etologi og genetik, Nucleus 1978*

## Forsøgsudførelse

### A Biomassebestemmelse på en enårig afgrøde (majs, hvede, raps, byg el. lign.)

Udtag en passende prøve af afgrøden (fx 30 X 30 cm). Noter størrelsen.  
Del planterne i rødder, stængler/blade og aks. Evt. jord på rødderne børstes eller skylles af.

Bestem vådvægten af plantedelene.

Pak hver del løst i staniol og lad dem tørre i varmeskab (105 °C) et par døgn.

Bestem tørvægten af plantedelene.

### B Biomassebestemmelse i vedvarende græs

Grav en repræsentativ græstørv op, således at alle roddele kommer med.

Noter størrelsen af græstørven.

Split græstørven ad. Vask omhyggeligt jorden af rødderne og del planterne i rødder, stængler/blade/blomster og frø.

Pak hver del løst i staniol og lad dem tørre i varmeskab (105 °C) et par døgn.

Bestem tørvægten af plantedelene.

Foretag et skøn over fordelingen på enårige planter, flerårige planter, græsser og urter.

□ □ □

## Beregninger

Beregninger kan foretages manuelt efter punkterne A og B nedenfor eller ved hjælp af regnearksprogrammet “Produktionsmåling” (til QuatroPro), punkt C.

- A** Udfyld resultatskema. Beregn vandindhold i afgrøden.  
Beregn biomassen i g pr m<sup>2</sup>.  
Omregn ved hjælp af tabellen tørvægtene til energi og udtryk biomassen i kj/m<sup>2</sup>.  
Denne biomasse sættes lig med NP evt. med fradrag for udsæd (se tabellen).  
Beregn forholdet mellem overjordisk og underjordisk biomasse (eller overjordisk og underjordisk biomasse i procent af den totale biomasse). Foretag på basis heraf et skøn over respirationen og beregn BP.

Beregn frøbiomassen i procent af den totale biomasse.  
Beregn energiudnyttelsen (effektiviteten) i systemet (se tabel for solindstråling).

- B** Udfyld resultatskema. Beregn biomassen i g pr m<sup>2</sup>.  
Omregn ved hjælp af tabellen tørvægtene til energi og udtryk biomassen i kj/m<sup>2</sup>.  
Foretag et skøn over overvintret biomasse (fx 33 % hvis der er næsten udelukkende flerårige planter). Træk det fra den fundne biomasse og sæt dette resultat lig med NP.  
Beregn forholdet mellem overjordisk og underjordisk biomasse (eller overjordisk og underjordisk biomasse i procent af den totale biomasse). Foretag på basis heraf et skøn over respirationen og beregn BP.

Beregn frøbiomassen i procent af den totale biomasse.  
Beregn energiudnyttelsen (effektiviteten) i systemet (se tabel for solindstråling).

- C** Start regnearksprogrammet “Produktion” (eller “Produktionsmåling”).  
Regnearket starter med en tom beregningskabelon.  
Følg fremgangsmåden i hjælpeteksten. Udskriv det færdigudfyldte skema og oversigtsskemaet med tidligere resultater til sammenligning.



## Diskussion

Diskuter rimeligheden af de antagelser, der er foretaget under beregningerne. Vil det være en undervurdering eller en overvurdering af den faktiske NP, at beregne den på den anvendte måde?

Er der forskel på forholdene mellem overjordisk og underjordisk biomasse for A og B? Hvordan kan det i givet fald forklares?

Hvilke faktorer er ansvarlige for at effektiviteten er så ringe?

□ □ □

<b>OMTRENTLIGT ENERGIINDHOLD I PLANTEMATERIALE <sup>2</sup></b>	<b>kJ/g</b>
Blade og stængler	17,8
Rødder	19,8
Frø	21,2
Solindstråling <sup>3</sup> [MJ/m <sup>2</sup> /år]	3600
Udsæd (skøn) [g/m <sup>2</sup> ]	18

Tabel 6.

Tabelværdier for energiindhold, solindstråling og udsæd. Tallene for energiindhold er gennemsnitsværdier af målinger på 57 forskellige plantearter.

□ □ □

<sup>2</sup> Frank B. Golley: Energy values of ecological materials. *Ecology*, 42: 581-584. 1961.

<sup>3</sup> B. Overgaard Nielsen: Stof og energi i naturen. Haase 1975.

## Resultatskema

### Måleresultater

	vådvægt	tørvægt	vandindhold	AFGRØDE
	g	g	%	
Frø				
Stængler, blade, m.m.				
Rødder				
Total				
PRØVEFLADE: <span style="float: right;">m<sup>2</sup></span>				

### Beregnete resultater

	BIOMASSE		NP	R	BP	EFFEKTIVITET	
	g/m <sup>2</sup>	kJ/m <sup>2</sup>	kJ/m <sup>2</sup> /år	(skøn)	kJ/m <sup>2</sup> /år	BP/I %	NP/I %
Frø							
Stængler, blade, m.m.							
Rødder							
Total							
Frøbiomasse i % af vægttotal:							
Frøbiomasse i % af energitotal:							
Overjordisk biomasse i % af total:			Underjordisk biomasse i % af total:				



## Forsøg 2

### MÅLING AF BIOLOGISK OXYGEN- FORBRUG ( $BO_5$ ) I VANDPRØVER

Til rutinebedømmelse af et vandøkosystems forureningstilstand eller af den belastning, som en spildevandsudledning i et vandøkosystem ville have, anvender man en  $BO_5$ -analyse.

$BO_5$ -analysen er en biologisk-kemisk standardmetode, som indirekte viser hvormeget letomsætteligt organisk stof, der er i økosystemet eller i spildevandet.

Man måler det biologiske iltforbrug (dvs. især mikroorganismernes iltforbrug) i en passende fortyndet prøve af systemet eller af spildevandet i løbet af 5 døgn ( $\pm 1$  time) i mørke ved  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ( $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$ ) ( $BO_5 = \text{Biologisk Oxygenforbrug pr liter pr } \underline{5} \text{ døgn}$ )<sup>4</sup>.

□ □ □

---

4

Metode efter:

1

**Tom Fenchel og Barbara Hemmingsen:**

*Manual of microbial ecology.* Akademisk forlag  
1974

2

**Anon.:** *Limnologisk metodik.* Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium. Akademisk Forlag 1977.

## Metode

En vandprøve fortyndes med iltrigt ledningsvand.

Fortyndingen bør ideelt vælges så 40-70 % af den oprindelige iltmængde i den fortyndede prøve forbruges i løbet af prøvetiden (5 døgn). Fortyndingen afhænger altså af vandprøvens forventede iltforbrug, som ikke er kendt på forhånd.

For at ramme intervallet kan det være nødvendigt at anvende to eller tre fortyndinger. En fortynding mellem 1:19 og 1:49 vil være passende til  $\text{BO}_5$ -måling i moderat til kraftigt forurenede vandøkosystemer.

Fortyndingen hældes på to 100 ml glasflasker med slebet prop.

Iltindholdet i den ene flaske bestemmes straks ved Winklertitrering.

Det giver **startværdien**:  $\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$  til rådighed i flasken.

Efter fem døgn henstand ved  $20^\circ \text{C}$  i mørke bestemmes iltindholdet i den anden flaske.

Det giver **slutværdien**:  $\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$  tilbage i flasken.

Differencen mellem startværdi og slutværdi ganget med fortyndingsfaktoren (20-50) giver  $\text{BO}_5$ -værdien.

### Winklertitreringsmetode til iltbestemmelse i vandprøver:

Ved sammenblanding af W.1 og W.2 dannes manganhydroxid:

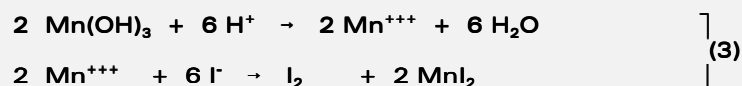


Manganhydroxiden oxideres af den ilt, der er opløst i vandet, og der dannes et bundfald af manganihydroxid:

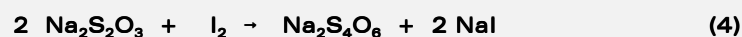


Bundfaldet opløses ved tilsætning af koncentreret saltsyre. De frigjorte manganiioner ( $\text{Mn}^{+++}$ ) oxiderer iodidionerne ( $\text{I}^-$ ) til frit iod ( $\text{I}_2$ ), som farver væsken gul.

(Iodidionerne er tilsat med W.1 opløsningen i starten):



Endeligt bestemmes mængden af af frigjort iod ved titrering med thiosulfat (stivelse anvendes som indikator; omslag fra blåsort til farveløs):



**Resume:** 4 mol  $\text{S}_2\text{O}_3^{--}$  svarer til 2 mol  $\text{I}_2$  (reaktion 4), der svarer til 4 mol  $\text{Mn(OH)}_3$  (reaktion 3), som atter svarer til 1 mol  $\text{O}_2$  (reaktion 2).

*1 mol thiosulfat svarer til 1/4 mol ilt.*

## Materialer

2 stk 100 ml glasflasker med slebet prop, 1 stk 250 ml eller 500 ml målekolbe, 3 stk 1 ml målepipetter og 1 stk fuldpipette passende til den valgte fortynding, pipettebolde, koncentreret HCl, staniol.

**Winkleropløsning 1:** 500 g NaOH og 150 g KI i 1000 ml demineraliseret vand.

**Winkleropløsning 2:** 400 g MnSO<sub>4</sub> i 1000 ml demineraliseret vand.

Til titrering:

**0,01 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:** 2,482 g Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5 H<sub>2</sub>O opløses i demineraliseret vand til 1,00 l, derefter tilsættes 1 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;

eller standardampul fortyndet med demineraliseret vand.

**stivelsesopløsning:** 1 g stivelse opløses i 100 ml varm, mættet NaCl opløsning (357 g NaCl/l).

10 ml titrerburette, pipettebold, magnetomrører og små bægerglas eller koniske kolber (150 ml).

## Fremgangsmåde

- A: Find rumfanget af glasflaskerne ved at trække den tomme flaskes vægt fra vægten af flasken fyldt med vand (begge gange med prop isat).
- B: Afpipetter med fuldpipette en passende prøve over i en målekolbe (ved fortynding 1:49 afpipetteres 5 ml over i en 250 ml kolbe).  
Fyld op til strengen med frisk ledningsvand og omryst kolben.  
Lad den stå mørkt 15 min (der må ikke være luftbobler i vandet).  
Fyld fortyndingen i flaskerne (helst med hævert så yderligere iltning undgås).  
Sæt propperne i uden at der fanges luftblærer.  
Lad den ene flaske stå mørkt i varmeskab til der er gået 5 døgn (flasken kan evt. pakkes ind i staniol). Varmeskabet stilles til 20 °C.  
Tilsæt derefter Winkleropløsningerne til flasken (punkt C).  
Den anden flaske behandles straks efter punkt C.
- C: Tilsæt 1 ml Winkleropløsning 1 til flasken og umiddelbart derefter 1 ml Winkleropløsning 2 (dyp ikke pipetterne ned i flasken). Brug pipettebolde!  
Sæt proppen i (undgå luftblærer) og omryst.

Sæt flasken mørkt mindst 30 minutter. Tilsæt derefter 1 - 2 ml koncentreret saltsyre. Sæt proppen i igen og ryst flasken til bundfaldet er opløst.

Hæld indholdet i et bægerglas og titrer med thiosulfat til farveomslag. Et par dråber stivelse kommer i som indikator.

Forbruget af thiosulfat aflæses med 2 decimalers nøjagtighed og anvendes i beregningerne.

## Beregninger

Forbruget af thiosulfat ( $x$  ml) ganget med thiosulfatens molaritet ( $M = 0,01 \text{ mmol ml}^{-1}$ ) giver det antal mmol thiosulfat, der er forbrugt ved titreringen (reaktion 4 i metodeoversigten side 10).

Dette tal ganget med  $1/4$  giver antal mmol ilt i flasken.

Derefter omregnes til mg  $O_2$  ved at gange med iltens molmasse ( $32 \text{ mg mmol}^{-1}$ ).

Endelig udtrykkes iltindholdet i mg  $O_2 \text{ l}^{-1}$  flaskevand ved division med flaskens rumfang (minus 2 ml Winkleropløsninger):

$$\text{iltindhold} = \frac{\left( \frac{x \text{ ml } 0,01 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}}{4} \right) 32 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}}{(FR \text{ ml} - 2 \text{ ml}) 10^{-3} \frac{\text{l}}{\text{ml}}}; [\text{mg } O_2 \text{ l}^{-1}]$$

som kan forkortes til:

$$\text{iltindhold} = \frac{x [\text{i ml}] 80}{FR [\text{i ml}] - 2}; [\text{mg } O_2 \text{ l}^{-1}]$$

Iltforbruget ( $BO_5$ -værdien) beregnes derefter ved at trække iltindholdet i slutflasken fra iltindholdet i startflasken og gange med fortyndingsfaktoren:

$$O_5 = \text{fortynding} * (\text{start-iltindhold} - \text{slut-iltindhold}); [\text{mg } O_2 \text{ l}^{-1}]$$

Har forsøgstiden ikke været 5 døgn, kan en tilnærmet  $BO_5$ -værdi beregnes:

$$BO_5 = \frac{BO_x}{0,24 + 0,47 \ln x}; \quad x = \text{antal døgn}$$

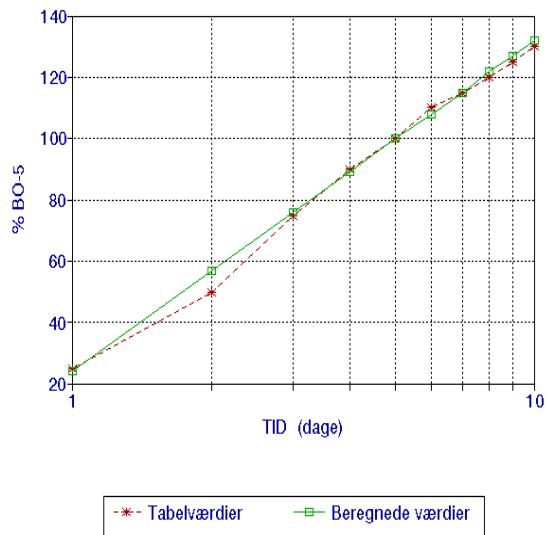
$BO_5$ -værdierne kan korrigeres (tilnærmede værdier) for kortere eller længere forsøgstid end standardforsøgstiden 5 døgn ved hjælp af formelen ovenfor eller nedenstående tabel eller graf<sup>5</sup>.

5

Bearbejdet efter

Ivar Cornelius Petersen:

Feltbiologi i undervisningen, Nucleus 1981



DØGN	% BO <sub>5</sub> (tabelværdi)	% BO <sub>5</sub> (beregnet)
1	25	24
2	50	57
3	75	76
4	90	89
5	100	100
6	110	108
7	115	115
8	120	122
9	125	127
10	130	132

□ □ □



## Diskussion

Hvad måler man ved en  $BO_5$ -analyse?

Vurder resultatets og metodens anvendelighed og pålidelighed.

Mikroskoper en vandprøve fra økosystemet og undersøg den for karakteristiske organismetyper, fx:

<i>infusionsdyr</i>	<i>hjuldyr</i>	<i>grønalger</i>	<i>bakterier</i>
<i>flagellater</i>	<i>rundorme</i>	<i>kiselalger</i>	<i>cyanobakterier</i>
<i>grønne</i>	<i>krebsdyr</i>		
<i>flagellater</i>			

Udregn evt. et saprobieindeks for systemet på basis af organismetyperne<sup>6</sup>.

Giver det samme resultat som  $BO_5$ -analysen?

Sammenlign de to typer forureningsanalyse.

□ □ □

<sup>6</sup>

Oplysninger kan findes i fx:

1 **S. E. Abrahamsen:**  
2 **H. Liebmann:**  
3 **V. Stádecek:**

*Biologiske Ferskvandsundersøgelser. Forum 1976.*

*Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. München 1962.*

*System of Water Quality from the Biological Point of View.*

*Ergebnisse der Limnologie, Heft 7. Archiv für Hydrobiologie, Stuttgart 1973.*

for-tynd- ing	BO <sub>5</sub> start					BO <sub>5</sub> slut					iltfor- brug  BO <sub>5</sub>
			rum- fang	thiosul- fat	iltind- hold			rum- fang	thiosul- fat	iltind- hold	
	dato	tid	ml	ml	mg/l	dato	tid	ml	ml	mg/l	mg/l

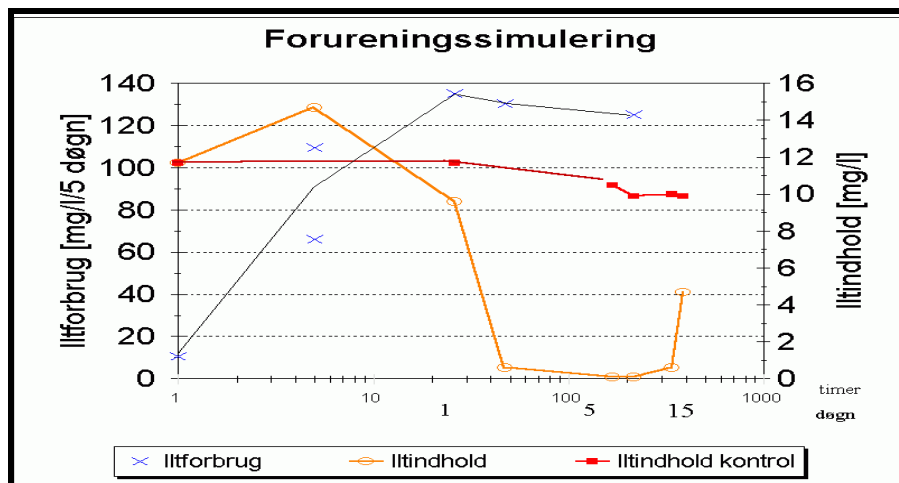
**Resultatskema**

## Forsøg 3

### Forureningssimulering

I forsøget undersøges hvordan en “model-sø” reagerer på en forurening med organisk stof.

Ud over at måle ændringerne i iltindholdet og iltforbruget kan forsøget udvides til at undersøge bakterievæksten og ændringerne i ammoniak-, nitrat- og fosfatindholdet i vandet.



Eksempel på resultater fra et forureningssimuleringsforsøg.

□ □ □

## Materialer

*Tre eller flere 3 liters koniske kolber eller store sylteglas.  
Søvand.*

*Materialer til måling af iltforbrug (Winkler metode, jvf side 11):  
Winklerreagens 1 og 2, 100 ml glasflasker med slebet prop, konc. saltsyre,  
natriumthiosulfat (0,1 M eller 0,01 M),  
stivelsesopløsning (indikator ved titrering),  
titrerburette og magnetomrører,  
pipetter og målekolber til fortynding.*

*Iltelektrode.  
Evt. udstyr til bakterietælling; evt. udstyr til måling af ammoniak, nitrat og fosfat.*

## Fremgangsmåde

Fyld søvandet i kolberne eller glassene så der er 2,5 l i hver.

Lad vandet stå et døgn således at iltindholdet stabiliseres. Mærk kolberne eller glassene A, B, C, .. og Kontrol.

Mål iltindholdet med iltelektroden i alle kolberne eller glassene.

Tag en prøve fra til  $\text{BO}_5$ -bestemmelse (fortynding til 1/10). Se fremgangsmåden i vejledningen til  $\text{BO}_5$  forsøget (side 10 og 11).

Tilsæt 1 ml mælk (eller 1 g opløst stivelse samt 0,1 g kødekstrakt) pr liter vand til forsøgskolberne A, B, C etc.

Udtag straks efter prøver til  $\text{BO}_5$ -bestemmelse (fortynding til 1/10) og mål iltindholdet med iltelektroden i alle kolberne.

Udtag med passende intervaller (fx. 2 timer, 4 timer, 1 døgn, 2 døgn, 5 døgn, 10 døgn, etc) prøver til  $\text{BO}_5$ -bestemmelse og mål iltindholdet med iltelektroden.

**Fortyndingen ændres undervejs til 1/20 (4-5 timer) og 1/50 (1-5 døgn).**

Noter omhyggeligt prøvetidspunkt og dato og tid for  $\text{BO}_5$ -prøvens start og slut (dvs når Winkler opløsningerne tilsættes).

Prøver fra kontrolkolben tages med større intervaller (fx. 1 døgn, 5 døgn, etc). Fortynding til 1/10.

Noter lugt og udseende af kolberne.

Prøver kan evt. tages fra til bakterietælling (se vejledning side 39) og til bestemmelse af ammoniak-, nitrat- og fosfatkoncentrationen.

## Resultatbehandling

Beregn start-iltindhold og slut-iltindhold for hver  $\text{BO}_5$ -prøve. Beregn iltforbruget ved at trække *slut-iltindhold* fra *start-iltindhold* og gange med fortyndingsfaktoren. Beregn forsøgstiden ved hjælp af start- og sluttidspunkterne og korriger derefter iltforbruget ( $\text{BO}_x$ ) til  $\text{BO}_5$  (jvf. side 12):

$$O_x = \text{fortynding} * ( \text{start-iltindhold} - \text{slut-iltindhold} ) ; [\text{mgO}_2 \text{ l}^{-1}]$$
$$\text{BO}_5 = \frac{\text{BO}_x}{0,24 + 0,47 \ln x} ; x = \text{antal døgn}$$

Sæt de beregnede resultater ind i resultatskemaet.

Alternativt kan resultaterne beregnes og udskrives på skemaform ved hjælp af regnearksprogrammet "Simulering" ("Simul.wb1") til QuatroPro. Følg vejledningen i programmet.

Indtegn iltindhold og  $\text{BO}_5$ -værdierne i et diagram som funktion af prøvetidspunktet (timer eller døgn fra start, som sættes til tiden 0).

## Diskussion

Hvad viser forsøget?

Hvorfor stiger iltforbruget efter tilsætningen af mælk?

Hvorfor bliver kolberne grønne af alger?

Hvordan ville du tegne bakteriemængden i kolberne som funktion af tiden?

Er der den samme mængde kvælstof i kolberne nu, som da mælken blev tilsat?

Hvordan er kvælstoffet i mælken blevet omsat?

□ □ □











## Forsøg 4

### Undersøgelse af nettoprimærproduktionens omsætning i en skov.

I forsøget undersøges hvor mange procent af nettoprimærproduktionen, der omsættes gennem græsningsfødekæden og gennem nedbryderfødekæden i en skov<sup>7</sup>.



*Egeblad med gnav af egevikler.*  
(Natur & Museum 13, 1-2. 1968)

---

<sup>7</sup>

Bearbejdet efter Kaskelot Pædagogiske Sænumre nr 33, 1980.

## Materialer:

en pose tilfældigt valgte, nyfaldne blade fra en skovbund, sakse, papir, spidse blyanter, analysevægt.

## Fremgangsmåde:

Sorter bladene efter plantearter.

Hver person eller gruppe tager tilfældigt mindst fem (gerne ti eller flere) blade af en eller flere plantearter (undgå blade helt uden huller).

Bladet lægges fladt udstrakt på et stykke papir, og bladets omrids tegnes. Hvis dele af bladet mangler, tegnes omridset som om, der ikke manglede noget.

Indtegn samtlige huller i bladet på papiret ved siden af tegningen af bladomridset.

Klip det hele blad og alle "hullerne" ud og vej begge dele på analysevægten.

## Beregninger og diskussion

Udregn hvor mange % af bladet, der er blevet spist og saml alle resultater i et skema (hver art for sig).

Udregn gennemsnitsværdi og spredning for hver art.

Er der forskel på plantearternes fortæringsgrad?<sup>8</sup>

Hvilke arters blade ligger længst tid i genkendelig form i skovbunden?

Hvilke nedbrydere omsætter bladene?

Hvordan kan man forklare eventuelle forskelle i nedbrydningshastighed?

Forsøg at identificere de planteædere, der har ædt af de undersøgte blade (se figuren på næste side og figuren på titelbladet<sup>9</sup>).

Skitsér nogle konkrete fødekæder, som dyr og blade kunne være del af.

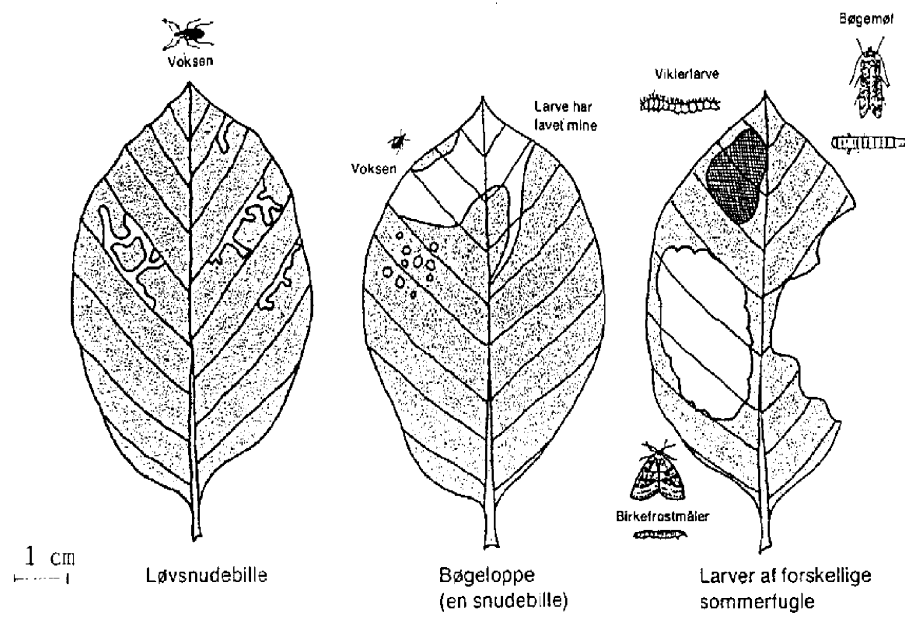
Vurder metodens anvendelighed og resultaternes pålidelighed.

---

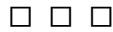
<sup>8</sup> Vejledning i statistisk behandling af forsøgsresultater se:  
*Thorkild Steenberg: Om Vurdering af Talmateriale.*

<sup>9</sup> Se fx følgende litteratur:

1	<b>B. Overgaard Nielsen:</b>	<i>Bladminer på træer og buske. Natur &amp; Museum 10. årg. nr 1-2. 1964.</i>
2	<b>O. Zethner-Møller:</b>	<i>Skadelige insekter og svampe på skovtræer. 2. Løvtræer. Natur &amp; Museum 13. årg. nr 1-2. 1968.</i>



**Figur 25.** *Eksempler på gnavespor på bøge og egeblade.*  
(Kasketot Pædagogiske Særnumre nr 33)









Ø  
K  
O  
L  
O  
G  
I



Kæmpegræs (Arundo).

Fayal, Açores

**BIND III B**





## Forsøg 5

### Påvisning af mikroorganismer i jord

Mikroorganismers tilstedeværelse og aktivitet i jord kan påvises med en CO<sub>2</sub>-indikator (fx phenolrødt). Farveomslag til orange eller gult påviser mikroorganismernes tilstedeværelse i den jordprøve, der arbejdes med.

Man kan ligeledes foretage et skøn over mikroorganismernes antal eller deres aktivitetsniveau ved at notere hvor hurtigt farveskiftet sker. I forsøg6 bestemmes aktiviteten kvantitativt, ved at den udskilte CO<sub>2</sub> måles.

Nedbrydningen af stof i jorden og dermed mikroorganismernes aktivitet afhænger af flere faktorer - deriblandt temperatur, fugtighed, næringsstoffilgængelighed og tilstedeværelse af væksthæmmende eller væksthæmrende stoffer.

Nogle af disse faktorer kan undersøges i dette forsøg<sup>10</sup>.

□ □ □

---

<sup>10</sup>

Bearbejdet efter:

*Poul Breum og Per Geckler:*

*Menneskets økologi, etologi og genetik. Nucleus 1978.*

## Materialer:

cylinderglas, dværgreagensglas, gummipropper,  
phenolrødtopløsning- phenolrødt viser tilstedeværelse af CO<sub>2</sub> ved at skifte  
farve fra rød til orange eller gul:

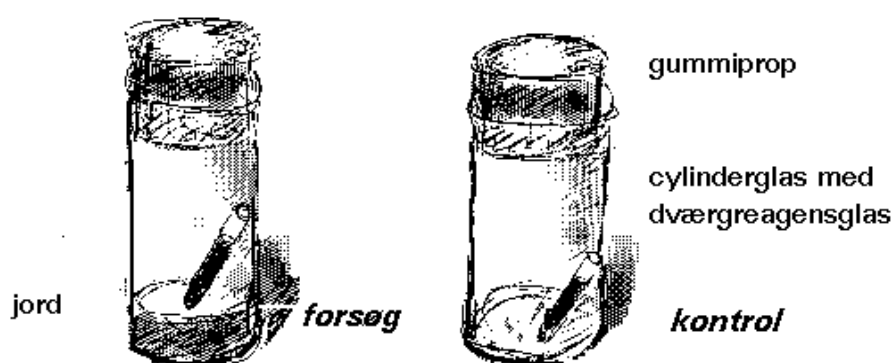


forskellige jordprøver (sand, muld),

evt. blade eller andre organiske stoffer (fx glucose),  
evt. væksthæmmende stoffer.

## Fremgangsmåde

Lav en **grundopstilling** som vist i figuren.



- 1 et kontrolglas; kun med phenolrødtopløsning
- 2 et forsøgsglas med jord + phenolrødtopløsning i dværgreagensglasset
- 3 (evt) et yderligere kontrolglas med jord, der har været opvarmet til 120 °C i et døgn + phenolrødtopløsning i dværgreagensglasset.

Glassene placeres ved 20 °C et par døgn, og indikatorfarven aflæses jævnlige.

**Temperaturens indflydelse** kan undersøges ved at anbringe sæt af forsøgsglas og kontrolglas (1 + 2) ved forskellige temperaturer, fx. : 7 °C - 20°C - 30°C - 45°C - og 60°C.

Lad glassene stå et par døgn og aflæs regelmæssigt indikatorfarven.

**Fugtighedens indflydelse** kan undersøges ved at tilsætte variende mængde vand til lufttørret jord.

Et glas med med tør jord uden vandtilsætning medtages som kontrol foruden grundopstillingens kontrolglas.

Lad glassene stå et par døgn og aflæs regelmæssigt indikatorfarven.

De øvrige faktorer kan undersøges på tilsvarende måde.

## Resultatbehandling og diskussion

Indfør resultaterne i et overskueligt skema.

Indtegn i et koordinatsystem mikroorganismernes aktivitet som funktion af temperatur eller fugtighed.

Hvorfor vil en CO<sub>2</sub>-udskillelse være tegn på aktive mikroorganismer?

Kommenter og vurder resultaterne

Hvilken funktion har har kontrolglassene (1 og 3)?

Er resultaterne entydige? kan man med forsøg af denne type opnå større grad af entydighed?

□ □ □



## Forsøg 6

### Måling af respiration i jord

I forsøg 5 undersøges mikroorganismers aktivitet i jord med en indikator (en kvalitativ analyse).

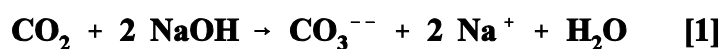
I dette forsøg gøres analysen kvantitativ ved at respirationen måles: den udskilte  $\text{CO}_2$  absorberes i NaOH og den forbrugte mængde NaOH bestemmes ved titrering med HCl.

Nedbrydningen af stof i jorden og dermed mikroorganismernes aktivitet afhænger af flere faktorer - deriblandt temperatur, fugtighed, næringsstofftilgængelighed og tilstedeværelse af vækstfremmende eller væksthæmmende stoffer. Disse faktorerers indflydelse kan måles i dette forsøg.

□ □ □

## Metode

CO<sub>2</sub> som produceres af organismer i jorden absorberes af NaOH (reaktion 1).



Carbonationen bundfældes med BaCl<sub>2</sub> (reaktion 2), og den ikke forbrugte NaOH titreres med HCl (reaktion 3).

Differencen mellem titrerværdien (dvs mol NaOH) for en kontrolopstilling uden jord og en forsøgsopstilling med jord giver antal mol NaOH forbrugt i reaktionen med CO<sub>2</sub> (reaktion 1).

Da 1 mol NaOH svarer til til ½ mol CO<sub>2</sub>, kan den producerede kuldioxid mængde beregnes ved at dividere NaOH forbruget med 2.

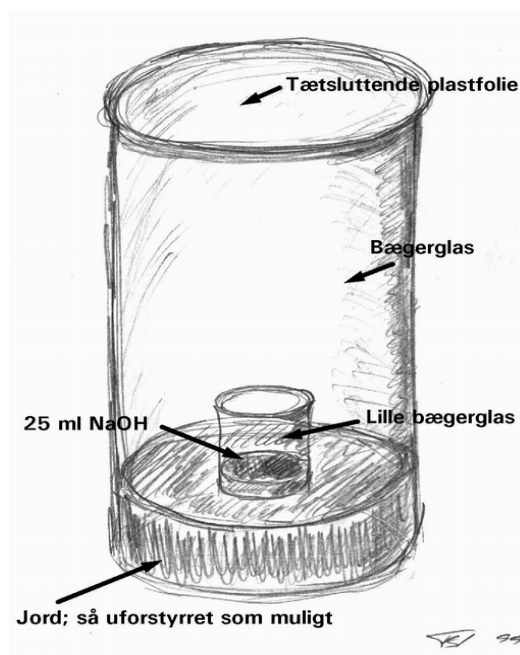
Angiv resultatet som mg CO<sub>2</sub> g<sub>jord</sub><sup>-1</sup> døgn<sup>-1</sup>.

## Materialer:

store bægerglas eller vidhalsede kolber (500 ml), 50 ml bægerglas, 0,1 M NaOH, 0,1 M HCl, 25 % BaCl<sub>2</sub>, phenolphthalein (indikator: farveløs ved pH < 8,2; rød ved pH > 10,0), 10 ml titrerburetteer, 10 ml og 25 ml pipetter, magnetomrører, plasfolie, stanniol, forskellige jordtyper.

## Fremgangsmåde

Afpipetter 25 ml NaOH i et 50 ml bægerglas og anbring det i bunden af et stort bægerglas. Afvej 50 g jord og fordel den omkring det lille bægerglas. Hvis der anvendes tørret jord tilsættes 5-10 ml vand.



Opstillingen gøres lufttæt med plastfolie eller lignende.

Der laves en opstilling for hver jordtype og eller behandling (se senere) samt en kontrolopstilling, hvori jorden er erstattet af stanniol.

Efter 1 - 2 døgns henstand titreres 10 ml NaOH efter tilsætning af 1 ml BaCl<sub>2</sub> og et par dråber indikator. Gentag med yderligere 10 ml. Gennemsnitsværdien benyttes til beregningerne - husk korrektion til det samlede volumen NaOH.

## Supplement

Jordens omsætningskapacitet for kulhydrater kan undersøges ved tilsætning af henholdsvis 0,05 g cellulose-pulver, 0,05 g glucose og 0,05 g stivelse.

Hvad sker der, hvis der tilsættes ekstra kvælstof og fosfat (fx 10 mg NaNO<sub>3</sub> og/eller 1 mg KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)?

Hvad sker der, hvis temperaturen øges eller sænkes?

*Jordens pH kan måles på følgende måde:*

*Jord og demineraliseret vand i forholdet 1:10 rystes kraftigt og henstilles 30 minutter. Derefter måles pH med pH-meter i væsken over jorden.*

## Resultatbehandling

Beregn den producerede mængde CO<sub>2</sub> pr g jord pr døgn [mg CO<sub>2</sub> g<sub>jord</sub><sup>-1</sup> døgn<sup>-1</sup>].

Kommentarer til resultaterne. Er kuldioxiden produceret ved respiration eller ved gæring?<sup>11</sup>

Udregn mængden af omsat stof i forsøgene.

□ □ □

---

<sup>11</sup> Beregn iltmængden i systemet; iltets massefylde kan findes af:

$$\rho = \frac{M_{\text{ilt}} \times 273 \text{ [}^\circ\text{K]}}{22,42 \times T \text{ [}^\circ\text{K]}}; \quad [\text{g l}^{-1}]$$





**Forsøg 7****Tælling og farvning af bakterier**

I forsøget vurderes bakterieantallet i en jordprøve ved hjælp af plade-spredningsteknikken (indirekte tælling). Bakterierne dyrkes i petriskåle på et passende næringssubstrat. Metoden kan også anvendes til vurdering af bakterieantal i vandprøver.

□ □ □

## Tællemetoder

### I Direkte tælling.

Bakterierne tælles direkte i et tællekammer under mikroskop. Denne metode tæller samtlige bakterier i jordprøven, men det kan være vanskeligt at skelne de mindste, runde bakterietyper fra jordpartikler og andet.

1 g findelt jord hældes i 100 ml vand og omrystes kraftigt. Lad jordpartiklerne synke til bunds og overfør en dråbe til hver side af et tællekammer. Tæl bakterier systematisk i et passende antal felter. Tæl fx således at bakterier, der ligger på nedre og højre feltlinie medtælles til feltet og bakterier, der ligger på øvre og venstre feltlinie ikke medtælles til feltet.

Beregn et gennemsnitsantal pr felt og omregn til antal pr ml (hvert felt i et standard-tællekammer svarer til et rumfang på  $1/4000 \text{ mm}^3$ ). Dette tal ganget med 100 giver antal bakterier pr g jord.

### II Indirekte tælling.

Bakterierne tælles ved at en jordprøve fortyndes et antal gange (typisk til  $1/1000000$ ) og en prøve af fortyndingen derefter udsås på et passende vækstmedium i en petriskål.

Efter et par dages forløb kan bakterierne ses som kolonier, der hver repræsenterer én bakterie i den udsåede fortynding.

Koloniantallet ganget med fortyndingsfaktoren giver det antal bakterier, der har været i jordprøven.

Denne metode tæller kun levende bakterier og kun bakterier, der kan vokse på det valgte medium i petriskålen.

## Farvning

### Negativ farvning

Bakterierne farves ikke, men fremtræder lyse på mørk baggrund. Hertil anvendes tusch eller nigrosinopløsning.

- 1 Et objektglas affedtes ved rensning i alkohol. Objektglasset tages op med en ren pincet og aftørres med et rent viskestykke.
- 2 Objektglasset flamberes (føres hurtigt gennem en bunsenbrænders flamme) og afkøles.
- 3 En dråbe bakteriekultur (fra en bouillonkultur) eller en smule af en koloni fra en petriskål anbringes på objektglasset (steriliser podenålen før og efter kontakt med bakterierne).
- 4 En dråbe tusch eller nigrosinopløsning tilsættes, og der blandes grundigt.
- 5 Blandingen stryges ud i et tyndt lag på objektglasset (brug kanten af et dækglas).
- 6 Præparatet lufttørres.
- 7 Mikroskoperes uden dækglas.

□ □ □

## Materialer:

jordprøver (evt findelte i en morter),  
6 sterile petriskåle,  
4 stk sterile 1 ml fuldpipetter, 1 stk steril 0,1 ml pipette (eller 1 stk steril 1 ml målepipette),  
1 konisk kolbe med 100 ml sterilt vand og 4 reagensglas med 9 ml sterilt vand (evt 0,5 % NaCl opløsning),  
parafilm, vandskyende vat, drigalskispotter.

### Sterile dyrkningsmedier:

#### Kødekstrakt-pepton-agar (KPA):

kødekstrakt	5,0 g
pepton	10,0 g
NaCl	5,0 g
agar	15,0 g
vand	1000,0 ml

*Kødekstrakt, pepton, NaCl og vand bringes i kog. Agar tilsættes under omrøring til det er opløst. pH indstilles til 7,0 - 7,2. Autoclaveres 15 min ved 120 °C.*

#### Jordekstrakt-pepton-agar:

Jordekstrakt:  
*500 g have- eller markjord + 1500 ml ledningsvand autoclaveres 1 time ved 120 °C. Filtrereres. Hvis filtratet er uklart kan der tilsættes 0,5 g CaCO<sub>3</sub> og filtreres igen efter 5 minutters henstand. Fortynd til 1000 ml med ledningsvand.*

jordekstrakt	250,0 ml
pepton	1,0 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5 g
gærekstrakt	1,0 g
glucose	1,0 g
agar	20,0 g
vand	750,0 ml

*Jordekstrakt, vand, glucose, pepton, gærekstrakt og fosfat blandes og opvarmes til kogepunktet. Agar tilsættes under omrøring til det er opløst. pH justeres til 7,0. Autoclaveres 15 min ved 120 °C.*

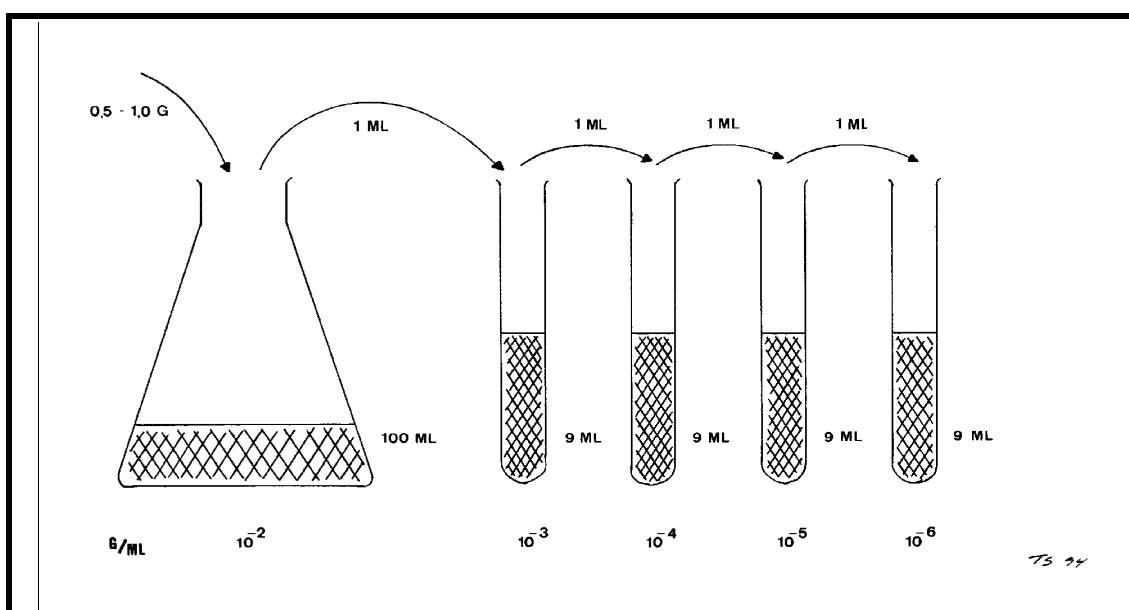
□ □ □

## Fremgangsmåde

A Mærk reagensglassene 3 til 6.

Afvej 1,00 g (eller 0,50 g) jord og kom jorden i kolben.

Kolben omrystes derefter meget omhyggeligt med et stykke parafilm lagt over munden.



Figur 43. Fortynding af en jordprøve til bakterietælling.

Afpipetter 1 ml, der føres over i glas nr 3. Glas nr 3 omrystes.

Før 1 ml fra glas nr 3 (ny pipette!) til glas nr 4. Omryst glas nr 4.

Fortsæt på samme måde med glas 5 og 6.

Seks petriskåle indeholdende KPA eller JPA mærkes 4, 5 og 6 (mærkes i bunden).

Overfør 0,1 ml fra glas 6 til petriskålene mærket 6 og spred væsken ud på agaroverfladen med en steriliseret drigalskispatel.

Overfør 0,1 ml fra glas 5 til petriskålene mærket 5 og 0,1 ml fra glas 4 til petriskålene mærket 4. Spred væsken ud på agaroverfladen med drigalskispatelen (den samme pipette kan bruges alle tre gange, når man starter med den største fortynding).

Petriskålene sættes i varmeskab ved 30 °C. Vend bunden i vejret på skålene så kondensvand ikke drypper ned på agaroverfladen.

**Der bør arbejdes så sterilt som muligt!**

- B** Tæl evt. bakterierne i kolben ved direkte tælling.
- C** Mikroskoper og tegn bakterier fra udvalgte kolonier (evt efter opformering i bouillonkultur<sup>12</sup>). Anvend negativ-farvnings metoden (se side 41).

## Resultatbehandling

Efter en passende tid optælles de bakteriekolonier, der er vokset frem på agaroverfladen. Skåle med mindre end 5 og flere end 100 kolonier kasseres. Beregn ud fra resten antal bakterier pr g jord (angiv resultatet som gns.  $\pm$  spredning).

## Diskussion

Hvor mange bakterier er der pr g jord? Hvilke bakterietyper har I iagttaget? Er der forskel på jordtyperne (hvis I har brugt mere end en jordtype)? Sammenlign den direkte og den indirekte tællemetode. Hvilke fordele har den indirekte metode?

Vurder metodens nøjagtighed.

Hvad foretager bakterierne sig i jorden?

□ □ □

---

<sup>12</sup> Bouillonkultur: samme opskrift(er) som på side 42 men uden agar.

## Resultatskema

	Antal kolonier					
Jordtype	Fortyndingsglas 4		Fortyndingsglas 5		Fortyndingsglas 6	
<b>Gns</b>						
<b>Bakterier pr g</b>						
<b>Total gns</b>						





## Forsøg 8

### Kvælstoffiksering ved Rhizobium-Lucerne symbiose

I forsøget dyrkes lucerneplanter i reagensglas med et kvælstoffrit medium: agar og sand.

En del af planterne podes med en opslemning af Rhizobiumbakterier, og efter nogen tids vækst sammenlignes de podede planter med ikke-podede kontrolplanter<sup>13</sup>.



*Rhizobium knolde på små ærteplanter i kultur-glas.*

*([www.safs.bangor.ac.uk](http://www.safs.bangor.ac.uk))*

□ □ □

<sup>13</sup>

Bearbejdet efter:

*Annelise Kjoller & Sten Struwe: Kvælstofcyklus - i mikrobielt perspektiv. Duplikerede forsøgsvejledninger. Institut for Sporeplanter, Københavns Universitet. 1975.*

## Materialer:

store reagensglas (200 mm x 22 mm), vandskyende vat,  
sterilt sand, sterilt vand, 70% alkohol,  
Rhizobium kultur, lucernefrø,

<b>planteagar:</b>	$\text{CaHPO}_4$	1,0 g
	$\text{K}_2\text{HPO}_4$	0,2 g
	$\text{MgSO}_4$	0,2 g
	$\text{NaCl}$	0,2 g
	$\text{FeSO}_4$	2,0 mg
	$\text{NaMoO}_4$	1,0 mg
	$\text{MnSO}_4$	1,0 mg
	$\text{CoCl}_2$	1,0 mg
	agar (Bacto)	8,5 g
	dest. vand til	1000 ml

## Fremgangsmåde

Hæld 25 ml af planteagaren i hvert af reagensglassene. Luk glassene med vatprop og autoclavér ved 120 °C i 15 minutter.

Når agaren herefter er stivnet tilføres 10 ml sterilt sand, og glassene står et par dage, så sandet kan suge vand fra agaren.

Lucernefrø steriliseres ved skylning i 70 % alkohol og derefter i flere hold sterilt vand. Fem frø sås i hvert glas. Efter spiring udtyndes til to planter pr. glas.

Efter et par uger podes nogle af planterne ved at sætte tre dråber opslemmet bakteriekultur (et podenål - "øje" bakteriekoloni rystes i 1 ml sterilt vand) til glasset. Andre planter holdes som kontrolplanter og podes ikke.

Planterne stilles lyst og vandes efter behov med sterilt vand.

Iagttag planternes vækst igennem to måneder og notér tegn på kvælstofmangel.

Tag planterne op efter denne tid og se på rødderne - podede planter vil have 2-5 mm lang bakterieknolde. Knoldene er rødlige, hvis der finder en kvælstoffiksering sted og hvide, hvis bakterieaktiviteten er ophørt eller nogle af bakterierne i kulturen er muterede til en variant, som ikke passer til værtsplanten.

## Diskussion

Hvorfor indeholder planteagaren så meget fosfat? Hvorfor skal der også være jern, molybdæn og cobolt i den?

□ □ □



## Forsøg 9

### Ophobningskultur af kvælstofbindende bakterier

Azotobacter er en fritlevende, stavformet, aerob bakterie som kan binde atmosfærisk kvælstof.

I forsøget laves en ophobningskultur af Azotobacter ved hjælp af et vækstmedium uden kvælstof og med en kulstof- og energikilde, som er svært omsættelig for andre bakterier<sup>14</sup>.



Scanning electronmikrografi af Azotobacter celler. De hænger typisk sammen to og to.  
([www.jic.bbsrc.ac.uk/hosting/microbes/](http://www.jic.bbsrc.ac.uk/hosting/microbes/))

□ □ □

<sup>14</sup>

Bearbejdet efter:

**Annelise Kjæller & Sten Struwe:** *Kvælstofcyklus - i mikrobielt perspektiv. Duplikerede forsøgsvejledninger. Institut for Sporeplanter, Københavns Universitet. 1975.*

## Materialer:

500 ml koniske kolber, jord,

<b>næringsopløsning:</b>	<i>mannitol</i>	20,0 g
	<i>K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></i>	0,5 g
	<i>CaSO<sub>4</sub></i>	0,1 g
	<i>MgSO<sub>4</sub>, 7 H<sub>2</sub>O</i>	0,3 g
	<i>NaCl</i>	0,2 g
	<i>FeCl</i>	0,1 g
	<i>CaCO<sub>3</sub></i>	5,0 g
	<i>vand til</i>	1000 ml

*pH justeres til 8,3*  
*autoclaving ikke nødvendig.*

## Metode

100 ml næringsopløsning hældes i 500 ml koniske kolber.

Tilsæt en spatelfuld jord og lad kolberne stå mørkt en uge ved 25-28 °C.

Der dannes en bakteriehinde på overfladen af næringsopløsningen.

Bakterierne fra denne hinde farves og mikroskoperes: negativ farvning side 41 eller special farvning se nedenfor.

## Farvning af Azotobacter celler og slimkapper

Azotobacter cellerne forekommer ofte i par. Bakterien kan desuden danne hvileceller, som er omgivet af en tyk slimkappe.

Bakterierne farves mørkeblå og slimkapperne violette.

*Opløsninger:*                      *eddikesyre-krystalviolet opløsning:*  
*1 g krystalviolet opløses i 100 ml 45 % eddikesyre*

*kobbersulfatopløsning:*  
*20 g CuSO<sub>4</sub> opløses i 80 g demineraliseret vand*

## Fremgangsmåde

- 1        Et objektglas affedtes ved rensning i alkohol; tages derpå op med en ren pincet og aftørres med et rent viskestykke.
- 2        Objektglasset flamberes (føres hurtigt et par gange gennem en bunsenbrænderflamme) og afkøles.
- 3        En dråbe bakteriekultur udstryges på objektglasset og lufttørres.

- 4 Farvning med eddkesyre-krystalviolet opløsningen i 4-7 minutter.
- 5 Afvaskning med kobbersulfatopløsningen.
- 6 Tørring og mikroskopering.

□ □ □





## Forsøg 10

### Fangst-genfangst metoden til bedømmelse af populationsstørrelse

Fangst-genfangst metodens princip er at mærke en stikprøve af populationen, sætte den ud igen og efter en passende tid atter at fange en stikprøve af populationen. Under forudsætning af at mærkede og ikke-mærkede individer blandes tilfældigt, vil forholdet mellem mærkede dyr og totalt antal dyr i 2. stikprøve svare til forholdet mellem antal udsatte og mærkede dyr og hele populationen.

Metoden er oprindeligt udviklet af C.G.Johs. Petersen (dansk marinbiolog 1860-1928), som har brugt den til tælling af rødspætter i Limfjorden 1889 og 1894<sup>15</sup>.

Forsøget udføres her som et modelforsøg med træperler eller frø, for at undersøge metodesikkerheden.

□ □ □

---

<sup>15</sup>

**C.G. Johs. Petersen:**

*Om vore Flynderfiskes Biologi og om vore Flynderfiskeriers Aftagen. Beretning fra den Danske Biologiske Station IV, 1893-94.*

Se også:

**E.D. Le Cren:**

*A Note On The History of Mark-Recapture Population Estimates, Journal of Animal Ecology 34, 1965; pp. 453-454.*

**Helmuth Strandgaard:**

*Calculation of the population size based on marking and observation of animals. Afsnit 2 i The Roe Deer Population at Kalø and the Factors Regulating its Size.*

*Danish Review of Game Biology 7, 1 1972; pp. 26-45.*

## Metode

- 1 En prøve af dyrene indsamles
- 2 Permanente mærker anbringes på dyrene
- 3 De mærkede dyr slippes løs i forsøgsområdet
- 4 Antallet af mærkede og umærkede dyr i den følgende prøve (2) gøres op.  
Denne prøve skal tages efter så tilpas lang tid, at mærkede og umærkede dyr har kunnet blandes tilfældigt i populationen.

Hvis man sætter

$$N = \text{populationsstørrelsen} \quad M = \text{antal mærkede og udsatte dyr i populationen}$$

$$n = \text{antal dyr i prøve 2} \quad m = \text{antal mærkede dyr i prøve 2}$$

og antager at de mærkede dyrs andel i populationen er lig med de mærkede dyrs andel i prøven kan populationsstørrelsen beregnes således:

$$\frac{M}{N} = \frac{m}{n} ; \quad \text{dvs.} \quad N = M \frac{n}{m}$$

Hvis man arbejder med små prøvestørrelser kan beregningssikkerheden forbedres ved at korrigere formlen således<sup>16</sup>:

$$N = M \frac{n+1}{m+1}$$

## Vurdering af populationsbestemmelsens spredning

Hvis man antager at antallet af mærkede individer ( $m$ ) i en prøvetagning ( $n$ ) er tilnærmelsesvis normalfordelt vil det betyde at der er mindst 95 % sandsynlighed for at  $m$  ligger i intervallet ( $\mu \pm 2\sigma$ ):

<sup>16</sup> Efter **Norman T.J. Bailey**: *On Estimating The Size Of Mobile Populations From Recapture Data. Biometrika* 38 1951; pp. 293-306.

$$\left[ \frac{M n}{N} - 2\sqrt{\frac{M n}{N}}; \frac{M n}{N} + 2\sqrt{\frac{M n}{N}} \right]$$

dvs

$$\frac{M n}{N} - 2\sqrt{\frac{M n}{N}} \leq m \leq \frac{M n}{N} + 2\sqrt{\frac{M n}{N}}$$

Divideres igennem med  $m$  og ganges med  $(\sqrt{N})^2$  fås

$$\frac{M n}{m} - \frac{2}{m} \sqrt{M n} \sqrt{N} \leq (\sqrt{N})^2 \leq \frac{M n}{m} + \frac{2}{m} \sqrt{M n} \sqrt{N}$$

Ved at løse ulighederne kan man finde de intervalgrænser, som antallet af individer i populationen - med en sandsynlighed på 95 % - må antages at ligge imellem.

□ □ □

## Materialer:

farvede træperler, hvedefrø, majs eller lignende,  
store bægerglas,  
speedmarker.

## Fremgangsmåde

Hæld en portion perler eller frø i et stort bægerglas. Tæl dem.

- 1 Udtag en stikprøve på 10 % af "populationen".  
Erstat dem med perler af en anden farve eller mal frøene med speedmarkeren. Sæt dem ud igen, bland grundigt og udtag en ny prøve (fx 50 stk). Beregn populationen.
- 2 Erstat perler eller frø i populationen med yderligere af den anden farve så antallet af mærkede er 20 %.  
Bland grundigt og udtag en ny prøve (samme størrelse som før). Beregn populationen.
- 3 Fortsæt på samme måde med 30% mærkede, 40 % mærkede, 50 % mærkede, 60 % mærkede og 70 % mærkede. Beregn populationen for hvert trin.
- 4 Lav tilsvarende med andre prøvestørrelser, fx 10 stk og 100 stk.

Beregninger kan foretages manuelt, eller regnearksprogrammet "Fangst-genfangst" ("fangst.wb1" eller "fangst.wb3" til QuatroPro) kan anvendes til at udføre beregningerne og udskrive tabel over forsøgsresultater. Følg vejledningen i programmet.

## Resultatbehandling og diskussion

Indtegn populationsstørrelsen som funktion af antal mærkede og/eller prøvestørrelse i et koordinatsystem (dette kan også gøres i regnearksprogrammet).

Hvor stor en del af populationen skal mærkes før den beregnede størrelse er realistisk?

Spiller prøvestørrelsen nogen rolle?

## Resultatskema

Population (talt)	Antal mærkede udsat		Prøve- størrelse	Antal mærke- de i prøve	Population (beregnet)	
N	M %	M	n	m	N	
	10					
	20					
	30					
	40					
	50					
	60					
	70					



## Forsøg 11

### Simulering af rovdyr-byttedyr sammenhæng Lotka-Volterra populationsmodel

En rovdyrpopulation og en byttedyrpopulation påvirker hinanden. Rovdyrene æder byttedyrene og formindsker deres population. Hvis der ikke er tilstrækkeligt mange byttedyr, kan rovdyrpopulationen ikke opretholdes og antallet falder. Når der ikke er ret mange rovdyr formerer byttedyrene sig uhæmmet, indtil rovdyrpopulationen atter har et passende niveau.

Simplest muligt kan det opstilles i følgende model<sup>17</sup>:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ændring i antal byttedyr} \\ \text{pr tidsenhed} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{ubegrænset tilvækst af} \\ \text{byttedyr pr tidsenhed} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{udryddelse af byttedyr pr tids} \\ \text{enhed forårsaget af rovdyret} \end{array} \right\}$$

og

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ændring i antal rovdyr} \\ \text{pr tidsenhed} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{forøgelse af antal rovdyr} \\ \text{pga. fortæring af byttedyr} \\ \text{pr tidsenhed} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{dødsfald blandt rovdyr} \\ \text{pr tidsenhed} \end{array} \right\}$$

I et koordinatsystem med tiden som x-akse vil man få cykliske populationssvingerne for begge populationer, hvor de to kurver er tidsforskudt i forhold til hinanden.

Forsøget undersøger denne simple model i et spil med mus og ræve<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> efter Tom Fenchel: Almen økologi. Akademisk Forlag 1973. Modellen kaldes Lotka-Volterra ligningerne efter de to personer, som uafhængigt af hinanden opstillede teorien i 1925 og 1926  
*A. Lotka: Elements of Physical Biology. Williams and Wilkins, Baltimore 1925*  
*V. Volterra: Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. Mem. R. Accad. Naz. dei Lincei, ser. VI, 2: 31-113. 1926*

<sup>18</sup> Baseret på ideoplæg fra Neil Sheard, Sarah Donnelly & Colleen Rapaich;  
<http://educ.queensu.ca> (febr. 2003)  
Tilsvarende: Dorothy Reardon; Woodrow Wilson Biology Institute:  
<http://www.accessexcellence.org/AE/AEPC/WWC/1991/predator.php> (nov. 2009)



## Materialer

*60 stk 6 cm x 6 cm røde papfirkanter (rovdyr: ræve)*  
*400 stk 2 cm x 2 cm blå papfirkanter (byttedyr: mus)*  
*et stort stykke grønt pap (ca 43 cm x 28 cm) (en eng)*

Spillet indeholder en spilleplade (det grønne stykke pap - engen), en bunke ræve og en bunke mus. Det spilles i grupper på fire: to personer styrer musene (byttedyr). Populationen af overlevende mus fordobles for hver omgang (generation). De nye mus fordeles jævnt. Fangede mus fjernes fra engen og lægges tilbage i bunken. To personer styrer rævene (rovdyr); en ræv formerer sig, hvis den fanger tre eller flere mus på en gang (tre mus = en unge, seks mus = to unger, etc)

## Spillet

### 1. runde:

Byttedyr-spillerne fordeler tre mus jævnt på engen.

Ræve-spillerne kaster en ræv ind på engen (kasterens hånd skal være udenfor papkanten). Hvis ræven rammer en mus er den ædt og fjernes fra engen. Hvis ræven rammer tre mus i et kast har ræven fået energi nok til at formere sig. Ræven får en unge for hver tre mus, den fanger. Hvis ræven ikke fanger tre mus, sulter den og fjernes fra spillepladen (lægges tilbage i bunken).

### 2. runde:

Antallet af overlevende mus fordobles. Hvis ræven sultede i foregående runde startes med at en ny ræv immigrerer ind på engen. Ræven eller rævene kastes ind på spillepladen: fangede mus fjernes og antallet af aktive ræve justeres (sultende ræve fjernes eller mætte ræve formerer sig).

### 3. runde:

Antallet af overlevende mus fordobles. Antallet af aktive ræve justeres. Ræven eller rævene kastes ind på spillepladen: fangede mus fjernes og antallet af aktive ræve justeres igen (sultende ræve fjernes eller mætte ræve formerer sig).

....

Noter antal mus og ræve i starten af hver generation og fortsæt til 25 generationer.

## Resultatbehandling

Tegn populationernes udvikling gennem de 25 generationer på mm papir eller computer.

## Variationer

Hvad sker der, hvis et mere effektivt rovdyr, som kun kræver to byttedyr for at formere sig også optræder på engen?

Hvad sker der, hvis der også optræder en anden slags byttedyr, som kan fx løbe stærkere og har 50% chance for at undslippe rævene (kast med en mønt, når musen er fanget: plat: ædt; krone: fri)?

## Diskussion

Lotka-Volterra modellen kan formuleres matematisk:

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - k_1 N_1 N_2 \quad \text{og} \quad \frac{dN_2}{dt} = k_2 N_1 N_2 - d_2 N_2$$

$N_1$  og  $N_2$  er er populationsstørrelsen for henholdsvis byttedyr og rovdyr;  $r_1$  er vækstraten for byttedyr i fravær af rovdyr,  $d_2$  er rovdyrenes dødsrate og  $k_1$  og  $k_2$  er positive konstanter. Det antages, at rovdyrenes fortæring af byttedyr er direkte proportional med de to populationers størrelse, dvs sandsynligheden for at et rovdyr og et byttedyr mødes.

Hvordan vil den matematiske model kunne ændres, således at den viser en mere stabil populationsstruktur - mere dæmpede svingninger eller indbyrdes stabile populationer?

□ □ □







## Stikordsregister

Biologisk oxygen forbrug (BO5)	9	Planteagar	48
beregningsformel	12	Population	
korrektion for afv. forsøgstid	12	fangst-genfangst metode	55
metode	10	rovdyr-byttedyr forhold	61
Biomassebestemmelse	3	Regnearksprogram	
tørvægt	4	forureningssimulering	18
CO2-indikator	31	produktionsmåling	5
Farvning		Respiration	
Azotobacter	52	Bruttoproduktion	5
negativ farvning af bakterier	41	iltforbrug, BO5	9, 16
Fortynding		måling af respiration i jord	35
jordprøve, metode	43	Rovdyr-byttedyr forhold	61
Fortyndingsfaktor		Simulering	
BO5 analyse	12, 18	fangst-genfangst	55
Fortyndingsrække	43	forurening	16
Forureningstilstand	9	rovdyr-byttedyr	61
Jordekstrakt-pepton-agar	42	Thiosulfat	11
Kvalitativ analyse	35	Tællekammer	40
Kvantitativ analyse	35	Tælling	
Kødekstrakt-pepton-agar	42	pladespredning	40
Lotka-Volterra populationsmodel	61	populationsbestemmelse	55
Mikroorganismer		tællekammer	40
iltforbrug	9, 16	Tørvægt	4
påvisning med indikator	31	Winkleropløsning	11
respiration i jord	35		
tælling af bakterier	39		
Nettoproduktion	3		
omsætning	23		
Pladespredning	39		

