

# LINDÅS PROSJEKTET

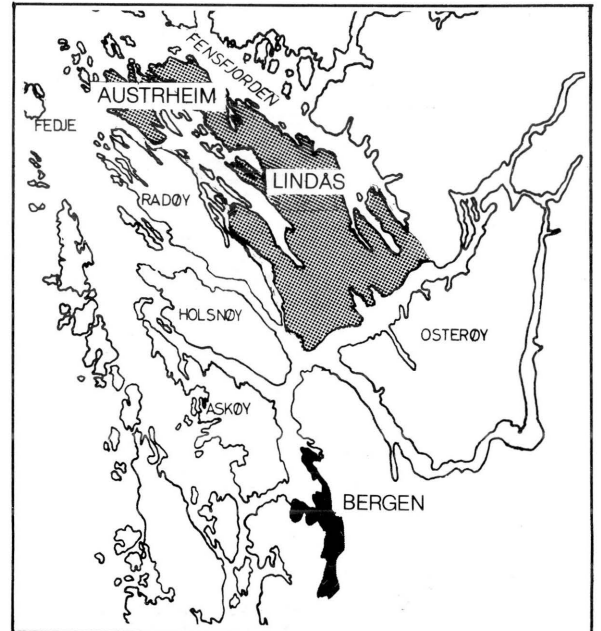
## RAPPORT NR. 12.

Øyvind Schreiner

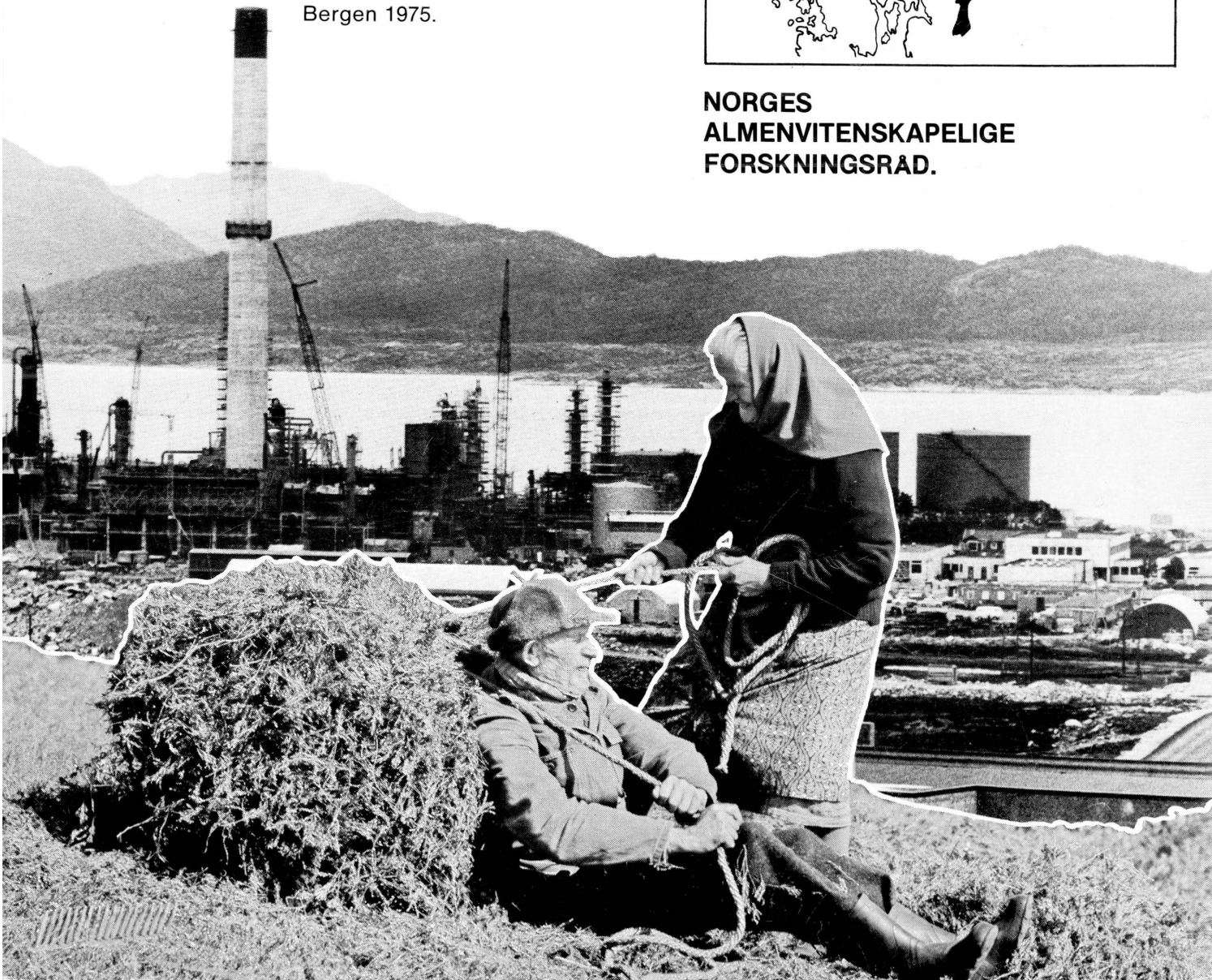
**Omsetning av organisk materiale  
til CO<sub>2</sub> i jordsmonn og strølag på  
Øksnes.**

**Laboratorieforsøk og IN SITU forsøk.**

Bergen 1975.



**NORGES  
ALMENVITENSKAPELIGE  
FORSKNINGSRAD.**



Omsetningen av organisk materiale til CO<sub>2</sub> i jordsmonn  
og strølag på forsøksfeltet på Øksnes.  
Laboratorieforsøk og in situ forsøk.

Rapport 2.

Ø. Schreiner.

## Innholdsfortegnelse.

- A. Omsetningen av organisk materiale til CO<sub>2</sub> i jord fra forsøksfeltet på Øksnes som funksjon av temperaturen. Laboratorieforsøk.

Innledning ..... 1

### MATERIELL OG METODER

Temperaturgradient inkubatoren .....	2
Etablering av temperaturgradienter ved hjelp av temperaturgradient inkubatoren .....	2
Forbehandling av jordprøvene .....	5
Inkubering av jordprøvene i temperaturgradient inkubatoren .....	5
Måling av radioaktiviteten i gassvaskeflaskene ..	6

### RESULTATER OG DISKUSJON

Drøftelser av forsøksopplegget .....	8
Produksjon av radioaktivitet i løpet av 24 timer fra de forskjellige jordprøvene .....	9
Jordprøvenes vanninnhold, tørrvekt, organisk innh. spesifikke radioaktivitet og totalradioaktivitet	11
Kvantifisering av omdannet mengde organisk materiale til CO <sub>2</sub> som funksjon av temperaturen	15
Totaltapet av organisk materiale som CO <sub>2</sub> fra 0-10 cm jordskiktet i løpet av et år .....	24
Diskusjon .....	25

B. In situ målinger av omdannet mengde organisk materiale til CO<sub>2</sub> i jordsmonn og strølag.

Innledning ..... 31

MATERIELL OG METODER.

Måling av in situ strørespirasjon ..... 33

Framgangsmåte for å beregne mengden av omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> i strølaget ..... 33

In situ måling av den totale mengden omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> i jord og strølag ved hjelp av lutfellene ..... 35

RESULTAT OG DISKUSJON

In situ målinger av strørespirasjonen. Februar 1974 - mai 1974 ..... 37

In situ måling av den totale jord og strørespirasjonen ved hjelp av lutfellene.

Mars 1974 - mai 1974 ..... 45

Kommentar til forsøksopplegget ..... 48

Diskusjon ..... 49

Litteratur ..... 52



Omsetningen av organisk materiale til  $\text{CO}_2$  i jord fra forsøksfeltet på Øksnes som funksjon av temperaturen.

Laboratorieforsøk.

### Innledning.

$\text{CO}_2$  produksjonen i jord er først og fremst et uttrykk for den metabolske aktiviteten til de forskjellige rot- og organismetyper i jordsmonnet. Den vil være et mål for hvor mye energi som frigjøres fra det organiske materialet i jordsmonnet og derved være av fundamental betydning for forståelsen av energibalansen i et terrestrisk økosystem.

I det følgende vil jeg beskrive et laboratorieforsøk hvor jeg målte omdannelsen av organisk materiale til  $\text{CO}_2$  i jordprøver fra det C-14 merkete området (rapport 3) som funksjon av temperaturen. Forsøksresultatene kan ikke betraktes som representative for den aktuelle omsetningen av organisk materiale i jordsmonnet på forsøksfeltet, men de er tenkt å være et bidrag til den debatten som foregår om mulige anvendelsesmåter for lynghelene (se diskusjonen av forsøksresultatene.)

## MATERIELL OG METODER

Temperaturgradient inkubatoren.

For å måle omdannelsen av organisk materiale i jord til CO<sub>2</sub> som funksjon av temperaturen, brukte jeg en temperaturgradient inkubator. Inkubatoren er bygget av J. Eriksen, Institutt for gen. mikrobiologi, og den er beskrevet i hans hovedfagsoppgave (Eriksen, 1974.)

Etablering av temperaturgradienter ved hjelp av temperaturgradient inkubatoren.

Fig. 1 viser en skisse av luftning og kjølesystemet som ble benyttet ved forsøkene med temperaturgradient.inkubatoren.

Inkubatoren ble oppvarmet i den ene enden (8) ved hjelp av et elektrisk varmeelement. Temperaturen i dette ble styrt med et Hg-relé og et kontakt termometer. Den andre enden av inkubatoren (5) ble avkjølt ved hjelp av vann fra et kjølevannbad (10). Kjølevannet ble pumpet fra vannbadet til inkubatoren og tilbake til vannbadet ved hjelp av pumpen på en Heto termostat. Kjølevannets temperatur ble regulert ved hjelp av et termostetert kjøleagregat (Tecurwek, England). I de forsøk som vil bli beskrevet i denne rapporten var temperaturen på kjølevannet mellom -3<sup>0</sup>C og -1<sup>0</sup>C. For å oppnå disse lave temperaturene var det 10% glycerol i kjølevannet. Steilheten på temperatur-gradienten ble regulert ved hjelp av termoelementet på inkubatoren.

Denne rapporten beskriver forsøk med to temperaturgradienter,

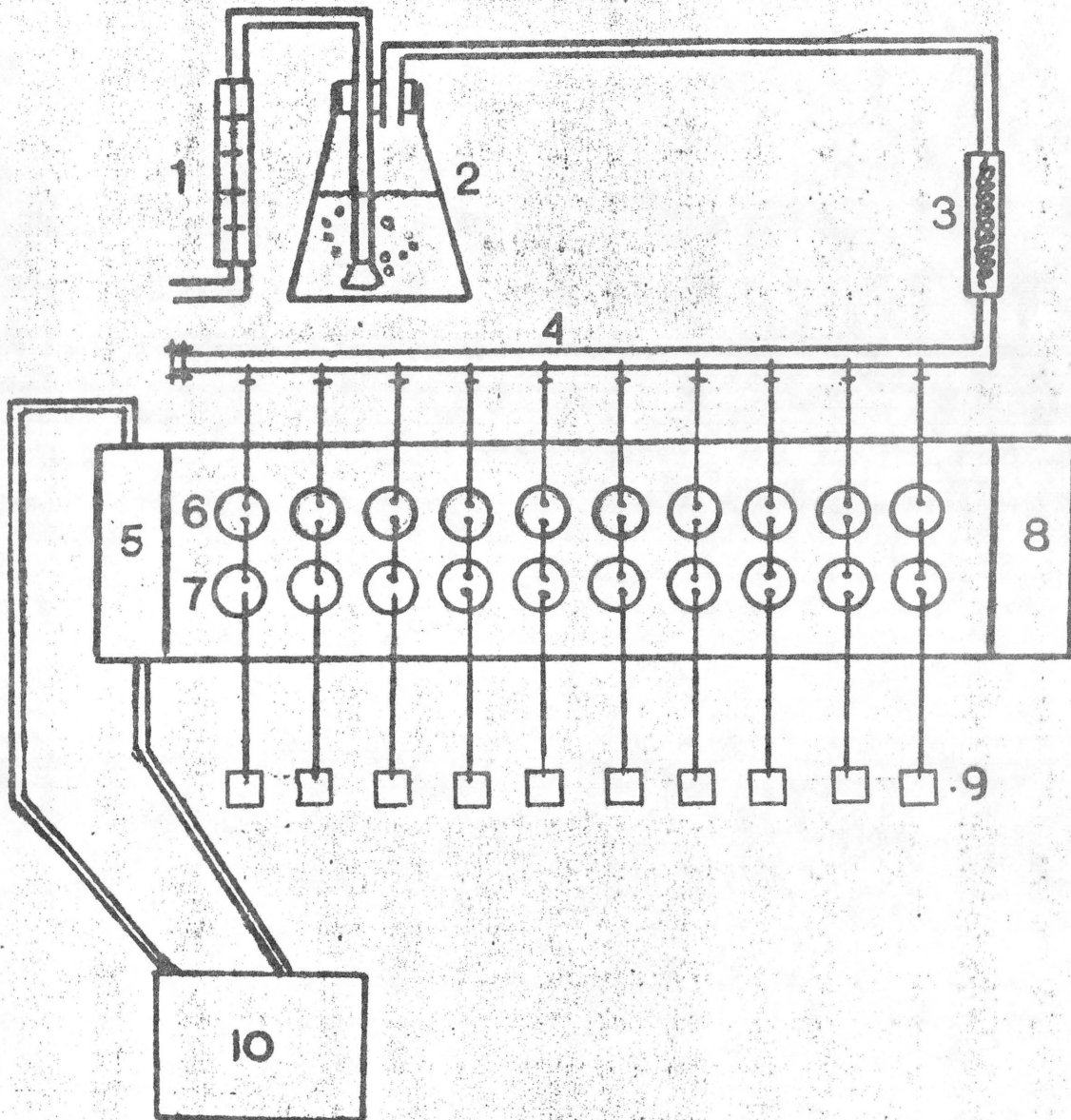
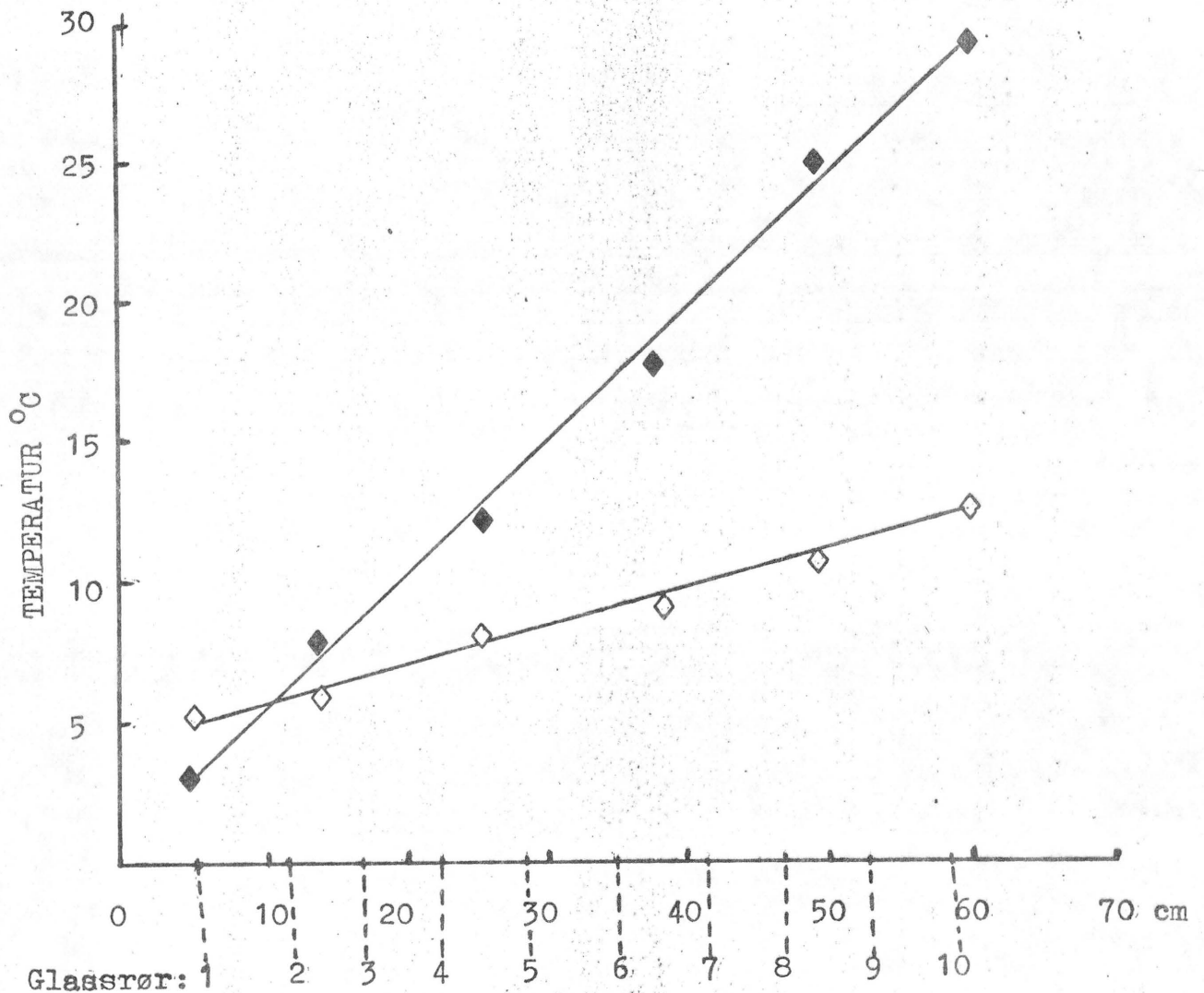


Fig. 1

Skjematisk skisse av kjøle og gjennomluftningsystemet som ble benyttet ved forsøkene med temperaturgradient inkubatoren. (Tegningene er ikke i skala).

1): aerometer for å måle hastigheten på den  $\text{CO}_2$  frie luftstrømmen inn i systemet. 2): Vannfilter. 3): Våttfilter. 4): Siliconslange med haneklemme. 5): Kjølesystemet på temperaturgradient inkubatoren. 6): Glassrør fylt med destillert, sterilt vann. 7): Glassrør fylt med jordprøver. 8): Oppvarming av temperatur gradient inkubatoren. 9): Gassvaskeflasker fylt med 10 ml 1 N NaOH. 10): Kjølevannbad og pumpe for kjølevannet.



Avstand fra kjøleenden på temperatur gradient inkubatoren.

Fig. 2

Temperaturen langs temperaturgradient inkubatoren som funksjon av avstanden fra kjøleenden. ( $\diamond\diamond$ ) temperaturintervall  $5.2^{\circ} - 12.4^{\circ}$ , ( $\blacklozenge\blacklozenge$ ) temperaturintervall  $3.0^{\circ} - 29.0^{\circ}$ . Punktene på kurven ble bestemt ved hjelp av termometre montert på temperaturgradient inkubatoren.

en fra 5,2°C til 12,4°C og en fra 3,0°C til 29°C. Fig. 2 viser temperaturen langs inkubatoren som funksjon av avstanden fra kjøleenden (5) på inkubatoren ved de to anvendte temperaturgradientene.

#### Forbehandling av jordprøvene.

Jeg utførte to separate forsøk med temperaturgradient inkubatoren. Det første forsøket ble utført med jordprøver hentet den 12/4-74, og det andre forsøket med jord som var hentet den 15/6-74. Hver gang ble det tatt 10 jordprøver fra 0-10 cm jordskiktet på det C-14 merkete feltet ved hjelp av en liten jordbor (15 cm lang og 2 cm indre diameter).

På grunn av jordsmonnets høye innhold av organisk materiale og vann, forelå prøvene fra forsøksfeltet som "jordsylindere". For at disse jordsylindere kunne bli blandet best mulig, måtte de kuttes i småbiter, for så å bli ristet og omrotet sammen til en noenlunde homogen "blandingsjord". Prøver av denne blandingsjorden ble inkubert ved forskjellige temperaturer. I det første forsøket (april-jord) gjorde jeg ikke forsøk på å fjerne rotmaterialet fra jordprøvene. Disse prøvene vil i det følgende bli kalt A prøver eller A serie. I det andre forsøket (juni-jord) ble rotmaterialet etter beste evne forsøkt fjernet ved hjelp av en pinsett. Disse jordprøvene vil i det følgende bli kalt B prøver eller B serie.

#### Inkubering av jordprøvene i temperaturgradient inkubatoren.

Ca 6 gr jord (våtvekt) ble plassert i flatbunnete glassrør (7 cm lange og indre diameter 2,5 cm) med et finmasket nylonnett i bunnen. Glassrørene plasseres i temperaturgradient inkubatoren og kobles til identiske glassrør fyllt med destillert vann. Videre ble glassrørene med jordprøvene koblet til en liten gass-Vaske-



flaske fylt med 10 ml 1 N NaOH. Fig 3 viser et tverrsnitt av denne oppstillingen. En CO<sub>2</sub> fri luftstrøm ledes gjennom glassrørene med destillert vann og videre via en injeksjonsnål ned i bunnen av glassrørene med jordprøver. Den CO<sub>2</sub> frie luftstrømmen ble skaffet til veie ved å lede trykkluft gjennom et tørketårn med carbosorb (BHD, 4-10 meshes). For å forhindre at luftveiene ble blokkert av jordpartikkler, ble spissene på injeksjonsnålene stukket inn i nylonnettene i bunnen av glassrørene. Hastigheten på den CO<sub>2</sub> frie luften gjennom jordprøvene var mellom 30 og 40 cm<sup>3</sup>/minutt. I alt rommet temperaturgradient inkubatoren 10 glassrør med jordprøver. Glassrøret nærmest kjøleenden på inkubatoren betegnes som nr. 1, og det nærmest termoelementet betegnes som nr. 10.

#### Måling av radioaktiviteten i gassvaskeflaskene.

Under forsøkene ble luften i gassvaskeflaskene skiftet hvert døgn. For å måle radioaktiviteten i luten gikk jeg fram på følgende måte: 1 ml lut blandes med 1 ml Instagel (Packard) i et scintillasjonsglass med kjent bakgrunnstilling. Radioaktiviteten i scintillasjonsglasset ble så registrert i en Pacard Tricarb liquid scintillation Spectrofometer (modell 3320). Talletiden var hver gang 5 minutter.

Ved hvert lutskifte ble gassvaskeflaskene vasket omhyggelig i varmt såpevann og skylt i destillert vann.

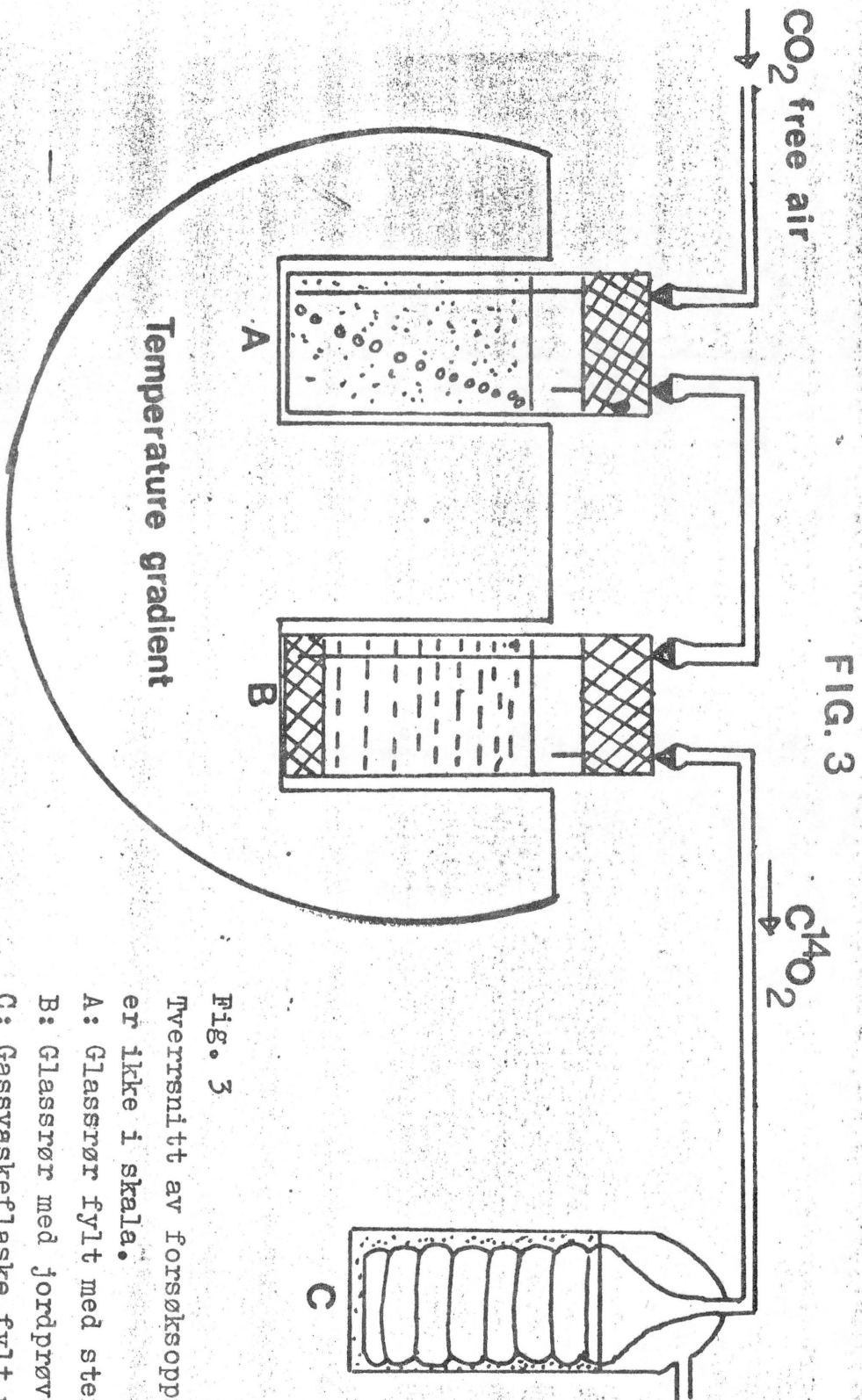


Fig. 3

Tverrsnitt av forsøksoppstillingen. Figuren er ikke i skala.

A: Glassrør fylt med sterilt destillert vann.

B: Glassrør med jordprøve og nylonnett i bunnen

C: Gassvaskeflaske fylt med 10 ml 1N NaOH.

## RESULTATER OG DISKUSJON.

Drøftelser av forsøksopplegget.

Den grunnleggende forutsetningen for dette forsøksopplegget var: Alle de forskjellige typer organisk materiale i jordsmonnet hvorfra jordprøvene ble hentet, var radioaktive.

Jordprøvene (ca 6 gr) i de forskjellige glassrørene i temperaturgradient inkubatoren vil ikke inneholde samme totale mengde organisk materiale og radioaktivitet, og dette vil føre til at jordprøvene har forskjellig spesifikk radioaktivitet. De fysiske forhold i jordprøvene vil heller ikke være de samme, f.eks. varierte vanninnholdet fra prøve til prøve. En har derfor to grunner til å forvente at jordprøvene ikke vil produsere samme mengde CO<sub>2</sub> ved samme temperatur pr. tidsenhet:

- 1) Kjemiske årsaker. Den spesifikke radioaktiviteten for de forskjellige jordprøvene varierte.
- 2) Fysiske årsaker. Vanninnhold, pH, jordstruktur og jordatmosfære varierte fra prøve til prøve.

Dersom en skal studere omdannelsen av organisk materiale i jord til CO<sub>2</sub> pr. tidsenhet som funksjon av temperaturen med det forsøksopplegg som er beskrevet, må en sette som krav at de forskjellige jordprøvene omdanner samme mengde organisk materiale til CO<sub>2</sub> pr. tidsenhet og gr tørr jord, cm<sup>3</sup> in situ jord eller gr organisk materiale ved samme temperatur i prøvene. Forsøk viste at produksjonen av CO<sub>2</sub> (målt som radioaktivitet i gassvaskeflaskene) varierte fra prøve til prøve ved samme temperatur. For å oppfylle forannevnte krav må omdannet mengde organisk materiale til CO<sub>2</sub> i hver jordprøve ved samme temperatur korrigeres slik at den blir lik den gjennom-

snittlige mengde omdannet organisk materiale til  $\text{CO}_2$  for samtlige jordprøver pr. tidsenhet og f. eks. gr.tørr jord. Den beregnede korreksjonsfaktoren for hver jordprøve vil bli kalt "avviksfaktoren", og den uttrykkes som prosent avvik fra gjennomsnittsverdien for alle jordprøvene. Ved å korrigere med "avviksfaktoren" for den enkelte jordprøve oppfyller en den forutsetning at de enkelte jordprøvene skulle omdanne samme mengde organisk materiale til  $\text{CO}_2$  pr. tidsenhet og f.eks. gr. tørr jord ved samme temperatur.

På grunnlag av disse drøftelser utførte jeg følgende forsøk:

- 1) Måling av utviklet radioaktivitet fra de forskjellige jordprøvene pr. tidsenhet ved samme temperatur. Dette gir data for å beregne "avviksfaktoren" for de forskjellige jordprøvene.
- 2) Temperaturgradienten etableres. Mengden utviklet radioaktivitet fra jordprøvene med forskjellig inkuberings-temperatur pr. tidsenhet måles. Dette gir data for å beregne mengden av omdannet organisk materiale til  $\text{CO}_2$  pr. tidsenhet som funksjon av temperaturen.
- 3) Etter at inkuberingsforsøkene er avsluttet, måles jordprøvenes vanninnhold, organiske innhold og spesifikke radioaktivitet.

Produksjon av radioaktivitet i løpet av 24 timer fra de forskjellige jordprøvene.

Jordprøvene, både A og B serien, ble først inkubert ved samme temperatur. A serien ble inkubert ved  $7^{\circ}\text{C}$  og B serien ved  $25^{\circ}\text{C}$ .

Tabell 1 viser utviklet mengde radioaktivitet fra de forskjellige jordprøvene i løpet av 24 timer. Verdiene i tabell 1 er gjennomsnittsverdier av 4 parallelle forsøk.

Tabell 1.

Prøve	A serie, 7 <sup>0</sup> C	B serie, 25 <sup>0</sup> C
1	116 cpm/24t.	125 cpm/24 t.
3	137 "	155 "
4	144 "	113 "
5	108 "	89 "
6	83 "	93 "
7	84 "	
8	100 "	94 "
9	94 "	
10	114 "	82 "

Tabellen viser at jordprøvene produserte varierte mengder radioaktivitet i løpet av 24 timer. Gjennomsnittlig ble det utviklet  $109 \pm 22$  cpm/24 timer ved 7<sup>0</sup> fra jordprøvene i Aserien og  $107 \pm 25$  cpm/24 timer ved 25<sup>0</sup> fra jordprøvene i B serien.

Jordprøvene ble deretter inkubert ved forskjellige temperaturer. For A serien brukte jeg temperaturintervallet 5.2<sup>0</sup>C til 12.4<sup>0</sup>C, mens for B serien brukte jeg temperaturintervallet 3.0<sup>0</sup>C til 29<sup>0</sup>C. Jeg lot jordprøvene bli inkubert en uke ved de forskjellige temperaturene før jeg begynte å måle utviklingen av radioaktiviteten fra prøvene. Dette gjorde jeg for at mikrofloraen i jordprøvene skulle få justert sin metabolske aktivitet til den aktuelle jordtemperaturen.



Tabell 2 viser mengden av utviklet radioaktivitet i løpet av 24 timer ved forskjellige jordtemperaturer.

Tabell 2.

Prøve	A serie		B serie	
	°C	cpm/24t.	°C	cpm/24t.
1	5.2	108	3.0	11
3	6.8	91	8.5	83
4	7.5	149	11.5	35
5	8.3	166	14.0	42
6	9.2	97	17.0	110
7	10.0	185		
8	10.8	228	23.0	74
9	11.6	280		
10	12.4	347	29.0	127

Mens det i serie A var en jevn økning i utviklet mengde radioaktivitet ved økende temperatur, viste B serien en mindre grad av korrelasjon mellom utviklet radioaktivitets mengde og økende temperatur. Verdiene i tabell 2 er gjennomsnittsverdier av 4 parallelle forsøk.

Jordprøvenes vanninnhold, tørrvekt, organisk innhold, spesifikke radioaktivitet og totalradioaktivitet.

Før jeg kunne kvantifisere omdannelsen av organisk materiale i jordprøvene til CO<sub>2</sub>, måtte den spesifikke radioaktiviteten (cpm/gr. O.M.) i de forskjellige jordprøvene måles. Den våt-oksidasjonsmetoden som jeg benyttet til dette formål er beskrevet i en annen rapport (rapport 3). Tabell 3 og 4 viser

vanninnholdet i prosent (av våtvekt), prosent tørrvekt, prosent organisk innhold (av tørrvekt), spesifikk radioaktivitet og total radioaktivitet i jordprøvene etter at inkuberingsforsøkene var avsluttet. Det organiske innholdet i jordprøvene ble beregnet både på grunnlag av våtoksydasjon og ved å gløde tørr jord i muffelovn ved  $600^{\circ}\text{C}$ . Glødingen av tørr jord i muffelovn ble gjort som en kontroll av våtoksydasjonsmetoden. Den spesifikke radioaktiviteten og totalradioaktiviteten ble deretter regnet ut både på grunnlag av verdiene for organisk materiale bestemt ved våtoksydasjon og ved gløding i muffelovn. Tabell 3 og 4 viser at disse to beregningsmåter stort sett ga like verdier for spesifikk radioaktivitet og totalradioaktivitet i prøvene.

Sammenlignes gjennomsnittsverdiene for de enkelte parametrene i A serien og B serien, ser en at A prøvene har høyere gjennomsnittlig vanninnhold, organisk innhold og spesifikk radioaktivitet enn B prøvene. Den gjennomsnittlige spesifikke radioaktiviteten i A prøvene var ca 10 ganger høyere enn i B prøvene. Dette var å forvente i og med at det meste av rotmaterialet i B prøvene var blitt fjernet. Den spesifikke radioaktiviteten i A prøvene viste mindre spredning enn B prøvene. Dette kan skyldes at B prøvene inneholdt forskjellige mengder radioaktivt rotmateriale.

Jordprøvenes in situ egenvekt settes til  $1.4 \text{ gr/cm}^3$ , og egenvekten av tørket jord settes til  $0.48 \text{ gr/cm}^3$  (Røssberg, upubliserte data).

Tabell 3

A serie.

Jordprøve	% vanninnhold	Tørrvekt (gram)	% org. mat.		cpm/gr. O.M.		Tot. rad. (cpm)	
			våt. oks.	gløding	våt. oks.	gløding	våt. oks.	gløding
1	67.6	2.90	39.3	38.3	$1.1 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	$1.2 \times 10^5$
2	63.6	2.89	38.6	39.1	$0.9 \times 10^5$	$1.0 \times 10^5$	$1.0 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5$
3	64.6	2.64	44.3	39.3	$1.2 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$	$1.5 \times 10^5$
4	69.4	2.95	44.2	38.5	$1.1 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$	$1.5 \times 10^5$
5	65.6	3.15	41.2	37.7	$0.6 \times 10^5$	$0.7 \times 10^5$	$0.7 \times 10^5$	$0.8 \times 10^5$
6	64.1	3.77	34.3	36.5	$1.2 \times 10^5$	$1.0 \times 10^5$	$1.6 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$
7	67.9	2.82	35.2	39.2	$1.4 \times 10^5$	$1.2 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$
8	69.6	2.88	31.3	36.9	$1.6 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$
9	71.2	2.90	34.7	41.3	$1.8 \times 10^5$	$1.5 \times 10^5$	$1.9 \times 10^5$	$1.8 \times 10^5$
gjennomsnitt	$67.1 \pm 3\%$	$2.99 \pm 0.3\%$	$38.2 \pm 5\%$	$38.5 \pm 2\%$	$(1.2 \pm 0.3) \times 10^5$	$(1.2 \pm 0.2) \times 10^5$	$(1.3 \pm 0.3) \times 10^5$	$(1.3 \pm 0.3) \times 10^5$

Jordprøve nr. 2 ble ekskludert p.g.a. svikt i gjennomluftingen.

Forkortelser: org. mat., O.M.: organisk materiale. Tot. rad.: Total radioaktivitet.  
våt. oks.: våtoksydasjon.

Tabell 4.

B serie.

Jord prøve	% vanninnhold	Tørrvekt (gram)	% org. mat.		cpm/gr. O.M.		tot. rad. (cpm)	
			våt. oks. gløding	gløding	våt. oks. gløding	gløding	våt. oks. gløding	gløding
1	57.3	2.41	33.0	34.0	1.4x10 <sup>4</sup>	1.4x10 <sup>4</sup>	1.1x10 <sup>4</sup>	1.1x10 <sup>4</sup>
2	54.0	2.74	37.0	33.5	7.0x10 <sup>4</sup>	6.5x10 <sup>4</sup>	7.0x10 <sup>4</sup>	6.0x10 <sup>4</sup>
3	53.3	2.79	36.0	34.0	2.6x10 <sup>4</sup>	2.6x10 <sup>4</sup>	2.6x10 <sup>4</sup>	2.6x10 <sup>4</sup>
4	49.7	3.01	37.0	34.6	1.7x10 <sup>4</sup>	1.7x10 <sup>4</sup>	1.9x10 <sup>4</sup>	1.8x10 <sup>4</sup>
5	56.1	2.63	37.0	35.1	3.0x10 <sup>4</sup>	3.2x10 <sup>4</sup>	3.0x10 <sup>4</sup>	2.9x10 <sup>4</sup>
6								
7								
8	60.8	2.36	34.0	33.7	1.8x10 <sup>4</sup>	1.8x10 <sup>4</sup>	1.4x10 <sup>4</sup>	1.4x10 <sup>4</sup>
9	73.1	1.61	34.0	35.3	1.4x10 <sup>4</sup>	1.4x10 <sup>4</sup>	0.8x10 <sup>4</sup>	0.8x10 <sup>4</sup>
10	60.2	2.38	34.0	35.4	1.8x10 <sup>4</sup>	1.8x10 <sup>4</sup>	1.4x10 <sup>4</sup>	1.5x10 <sup>4</sup>
gjennomsnitt	58 ± 7%	2.5 ± 0.4%	35 ± 2%	34 ± 1%	2.6x10 <sup>4</sup>	(2.6+1.7) x 10 <sup>4</sup>	(2.4+1.9) x 10 <sup>4</sup>	(2.3+1.6) x 10 <sup>4</sup>

Jordprøven nr. 2 og 7 ble ekskludert p.g.a. svikt i gjennomluftningen.

Forkortelsene er de samme som i tabell 3.

Kvantifisering av omdannet mengde organisk materiale til CO<sub>2</sub> som funksjon av temperaturen.

For å beregne mengden av omdannet organisk materiale i jordprøvene til CO<sub>2</sub> pr. tidsenhet som funksjon av temperaturen brukte jeg følgende formel:

$$\frac{\text{cpm}/24\text{t. (l\ddot{u}tflaske)} \times \text{totalt O.M. i pr\ddot{o}ven (gram)}}{\text{Totalt innhold av radioaktivitet i pr\ddot{o}ven (cpm)}}$$

O.M.: organisk materiale.

Dette uttrykket har benevnningen gr. O.M./24t. Det totale innholdet av organisk materiale og total radioaktiviteten i prøvene ble beregnet på grunnlag av våtoksydasjonsverdiene (Tabell 3 og tabell 4).

Tabell 5 og 6 viser antall gram organisk materiale omdannet til CO<sub>2</sub> i løpet av 24 timer ved samme temperatur i de forskjellige jordprøvene, beregnet på grunnlag av gr. tørr jord, cm<sup>3</sup> in situ jord og gr. O.M. Avviksfaktoren for de forskjellige jordprøvene ble beregnet som prosent avvik fra gjennomsnittsverdien for omdannet mengde organisk materiale til CO<sub>2</sub> for jordprøvene i A serien og B serien. I A serien var temperaturen i jordprøvene 7<sup>o</sup>C og i B serien 25<sup>o</sup>.

For oversiktens skyld har jeg i tabell 7 vist gjennomsnittsverdien for mengden omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> i løpet av 24 timer ved de to temperaturene uttrykt på basis av gram tørr jord, cm<sup>3</sup> in situ jord og gram organisk materiale i prøvene.



Tabell 5.

A serien. Temperatur i jordprøvene: 7°C. Antall gr. omdannet organisk materiale omdannet til CO<sub>2</sub> i løpet av 24 timer uttrykt pr. gram tørr jord, cm<sup>3</sup> in situ jord og gr. O.M.

Prøve	pr.gr.tørr jord	avviks- faktor %	pr.cm <sup>3</sup> in situ jord	avviks faktor %	pr. gr. O.M.	avviks faktor %
1	3.4x10 <sup>-4</sup>	- 2.9	1.6x10 <sup>-4</sup>	-	8.8x10 <sup>-4</sup>	- 3.4
3	5.2x10 <sup>-4</sup>	-36.5	2.7x10 <sup>-4</sup>	- 40.7	13.4x10 <sup>-4</sup>	-36.6
4	4.5x10 <sup>-4</sup>	-26.7	2.3x10 <sup>-4</sup>	-26.1	10.3x10 <sup>-4</sup>	-17.4
5	3.7x10 <sup>-4</sup>	-10.8	1.6x10 <sup>-4</sup>	-	8.5x10 <sup>-4</sup>	-
6	4.8x10 <sup>-4</sup>	-31.1	2.3x10 <sup>-4</sup>	-32.9	11.5x10 <sup>-4</sup>	-26.6
7	1.8x10 <sup>-4</sup>	+83.3	1.2x10 <sup>-4</sup>	+33.3	5.4x10 <sup>-4</sup>	+57.4
8	2.1x10 <sup>-4</sup>	+57.1	0.9x10 <sup>-4</sup>	+77.8	6.0x10 <sup>-4</sup>	+41.6
9	2.1x10 <sup>-4</sup>	+57.1	0.9x10 <sup>-4</sup>	+77.8	6.7x10 <sup>-4</sup>	+26.9
10	2.1x10 <sup>-4</sup>	+57.1	0.8x10 <sup>-4</sup>	+100	5.9x10 <sup>-4</sup>	+44.0

O.M.: organisk materiale.

Tabell 6.

B serien. Temperatur i jordprøvene: 25°C. Antall gram organisk materiale omdannet til CO<sub>2</sub> i løpet av 24 timer, uttrykt pr. gram tørr jord, cm<sup>3</sup> in situ jord og gr. O.M.

Prøve	pr.-gr. tørr jord	avviks- faktor %	pr.cm <sup>3</sup> <u>in situ</u> jord	avviks- faktor %	pr. gr. O.M.	avviks- faktor %
1	36.9x10 <sup>-4</sup>	-49.6	22.2x10 <sup>-4</sup>	-48.1	111.2x10 <sup>-4</sup>	-51.6
3	8.0x10 <sup>-4</sup>	+132	5.2x10 <sup>-4</sup>	+121.2	21.8x10 <sup>-4</sup>	+146.8
4	15.0x10 <sup>-4</sup>	+ 24	10.1x10 <sup>-4</sup>	+ 1.1	43.0x10 <sup>-4</sup>	+ 25.1
5	17.2x10 <sup>-4</sup>	+ 7.5	12.3x10 <sup>-4</sup>	- 6.5	46.8x10 <sup>-4</sup>	+ 15.0
6	11.8x10 <sup>-4</sup>	+ 58	7.3x10 <sup>-4</sup>	+ 57.5	32.0x10 <sup>-4</sup>	+ 68.0
8	22.0x10 <sup>-4</sup>	- 15.5	12.2x10 <sup>-4</sup>	- 5.7	65.0x10 <sup>-4</sup>	- 17.0
10	19.3x10 <sup>-4</sup>	- 3.6	10.9x10 <sup>-4</sup>	+ 5.5	56.8x10 <sup>-4</sup>	- 5.3

Tabell 7.

Benevningsmåte	A serie, 7°C	B serie, 25°C
gr O.M./gr. tørr jord og 24 timer	$(3.3 \pm 1.3) \times 10^{-4}$	$(18.6 \pm 9.3) \times 10^{-4}$
gr. O.M./cm <sup>3</sup> <u>in situ</u> jord og 24 timer	$(1.6 \pm 0.7) \times 10^{-4}$	$(11.5 \pm 5.4) \times 10^{-4}$
gr. O.M./gr.O.M.(prøve) og 24 timer	$(8.5 \pm 2.7) \times 10^{-4}$	$(53.8 \pm 29) \times 10^{-4}$

Vi ser at verdien for omdannet mengde organisk materiale til CO<sub>2</sub> i løpet av 24 timer varierte alt etter hvilken benevningsmåte jeg brukte. Når temperaturen økte fra 7° til 25° økte mengden av omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> med en faktor på 6.4. Nå bør en imidlertid være varsom med å direkte sammenligne serie A og serie B i det en stor del av rotmaterialet ble fjernet fra B serien.

Fig. 4 og fig. 5 viser mengden av omdannet organisk materiale i jord i løpet av 24 timer som funksjon av temperaturen både for serie A og serie B. Dataene er korrigert med de respektive "avviksfaktorer". Det synes som om omdannelsen av organisk materiale i jordprøvene som funksjon av temperaturen fulgte et eksponentielt mønster. For serie B var det to verdier (ved  $t = 8.5^{\circ}$  og  $17^{\circ}$ C) som var vanskelig å tilpasse en eksponentiell kurveform. Foreløpig har jeg valgt å tolke disse to verdiene som artifakter, men det bør utføres nye forsøk innen temperatur intervallet  $3.0^{\circ}$ C til  $29.0^{\circ}$ C for å klarlegge dette forholdet. I A serien ble det innen temperaturintervallet  $7^{\circ}$ C til  $12.4^{\circ}$ C omdannet en større mengde organisk materiale til CO<sub>2</sub> pr. 24 timer enn i B serien. Dette kan skyldes at A serien inneholdt mere rotmateriale enn B serien.

Var røttene levende i løpet av forsøket ville de produsere CO<sub>2</sub> på lik linje med mikroorganismene. Mer sannsynlig var det at rotmaterialet var dødt, men tjente som et substrakt for mikroorganismene i A prøvene. Siden A prøvene inneholdt mere rotmateriale enn B prøvene skulle en derfor vente at A prøvene produserte mer radioaktivitet enn B prøvene, eller sagt på en annen måte: Omdannet mer organisk materiale til CO<sub>2</sub> pr. tidsenhet enn Bprøvene.

Q<sub>10</sub>, den faktoren mengden av omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> pr. 24 timer økte med for hver temperaturøkning på 10 grader, ble regnet ut etter følgende formel:

$$Q_{10} = \frac{\text{gram omdannet O.M.}(T_2)}{\text{gram omdannet O.M.}(T_1)} \times \frac{10}{T_2 - T_1}$$

O.M.: organisk materiale.

T : inkuberingstemperatur (T<sub>2</sub> er større enn T<sub>1</sub>)

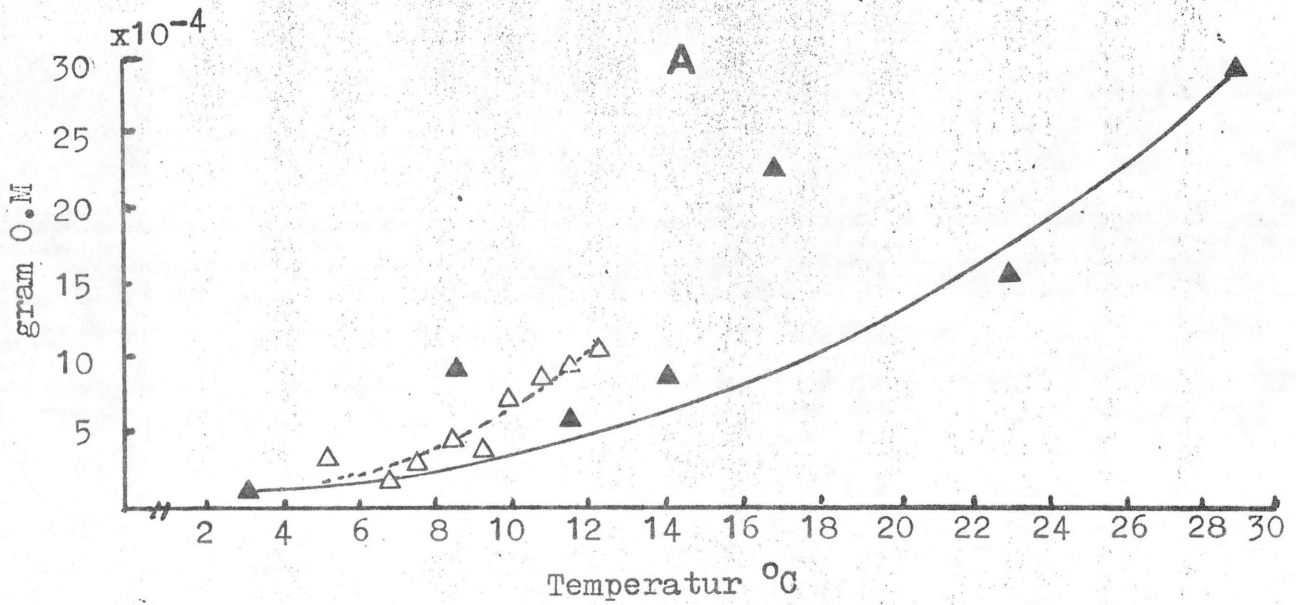
Tabell 8 viser Q<sub>10</sub> verdiene innenfor forskjellige temperaturintervaller:

Tabell 8.

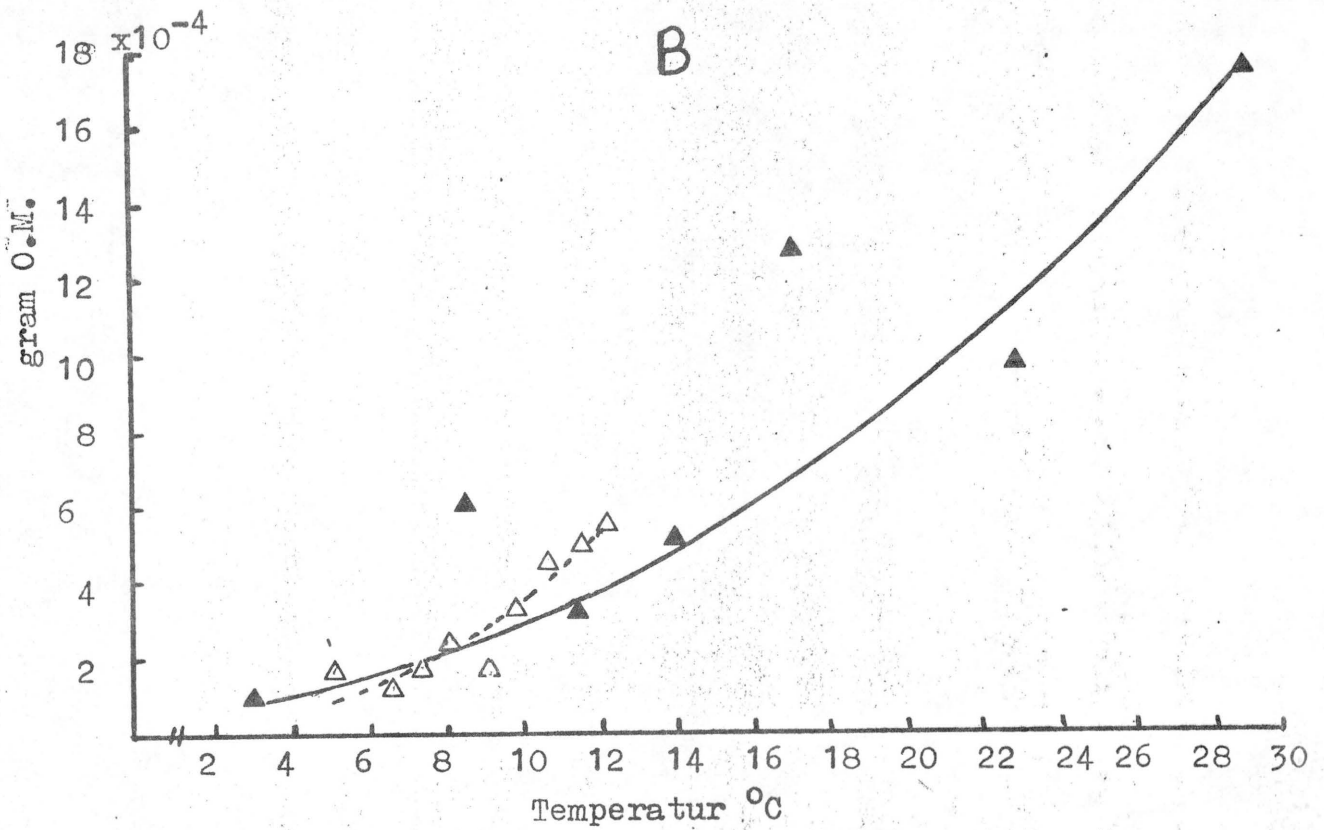
Temperaturintervall	Q <sub>10</sub>
A serie: 5.2 <sup>o</sup> - 12.40 <sup>o</sup>	5.5
B serie: 3.0 <sup>o</sup> - 13.0 <sup>o</sup>	4.2
" 13.0 <sup>o</sup> - 23.0 <sup>o</sup>	2.8
" 23.0 <sup>o</sup> - 29.0 <sup>o</sup>	2.5

Tabellen viser at en temperaturøkning innen et intervall med lave temperaturer vil gi en større økning i mengden omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> enn en tilsvarende temperaturøkning i et intervall med høyere temperaturer.

Mengden av omdannet O.M. til  $\text{CO}_2$  pr. 24 timer og gram tørrjord.



Mengden av omdannet O.M. til  $\text{CO}_2$  pr. 24 timer og  $\text{cm}^3$  in situ jord.





Mengden omdannet O.M. til  $\text{CO}_2$  pr. 24 timer og gram  
O.M. i jordprøven.

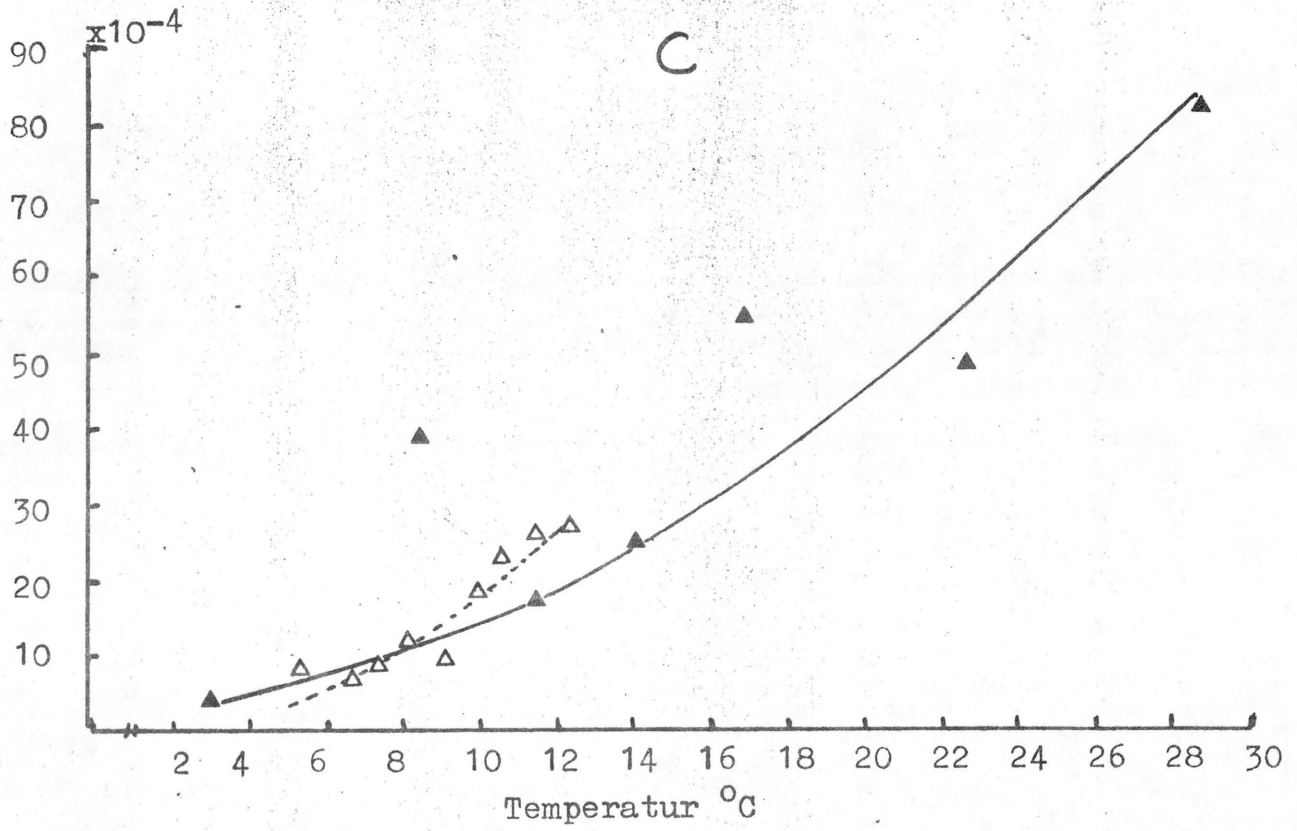
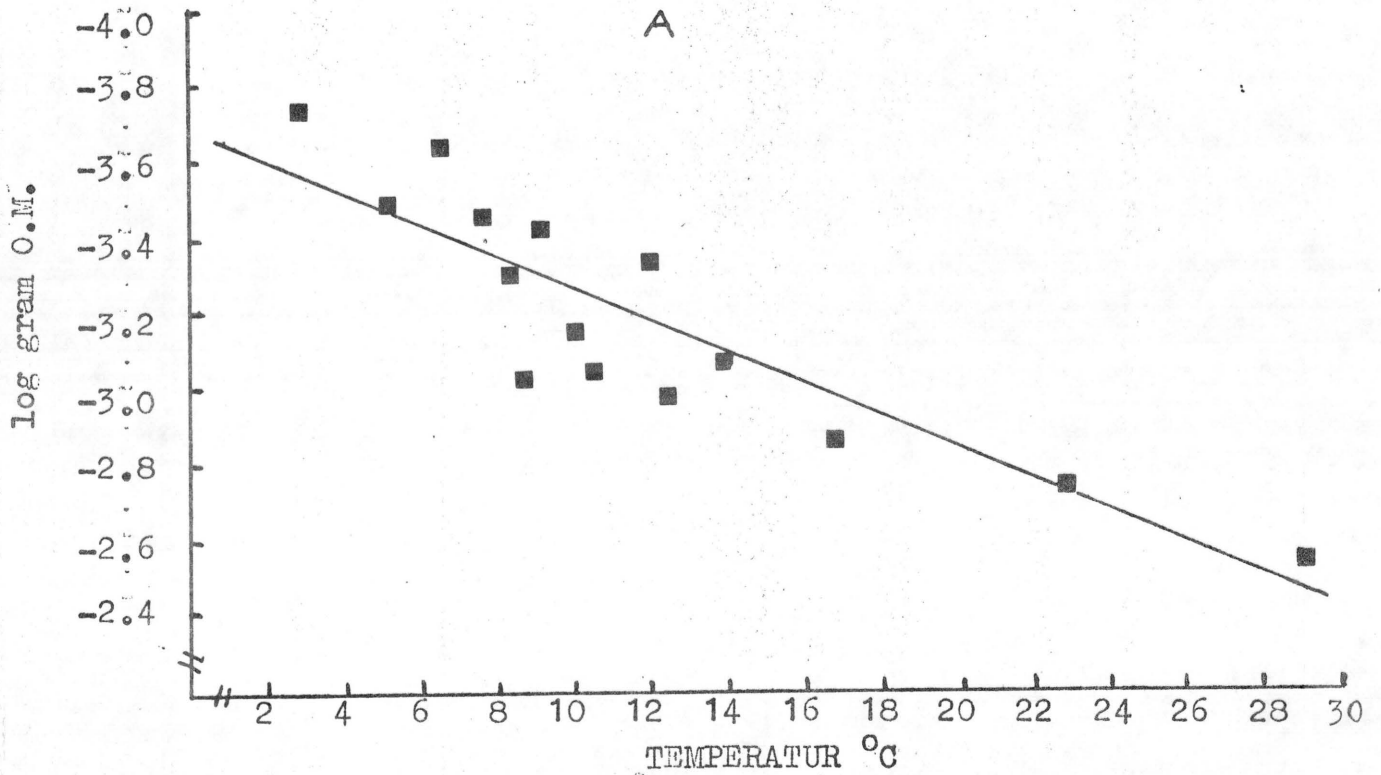


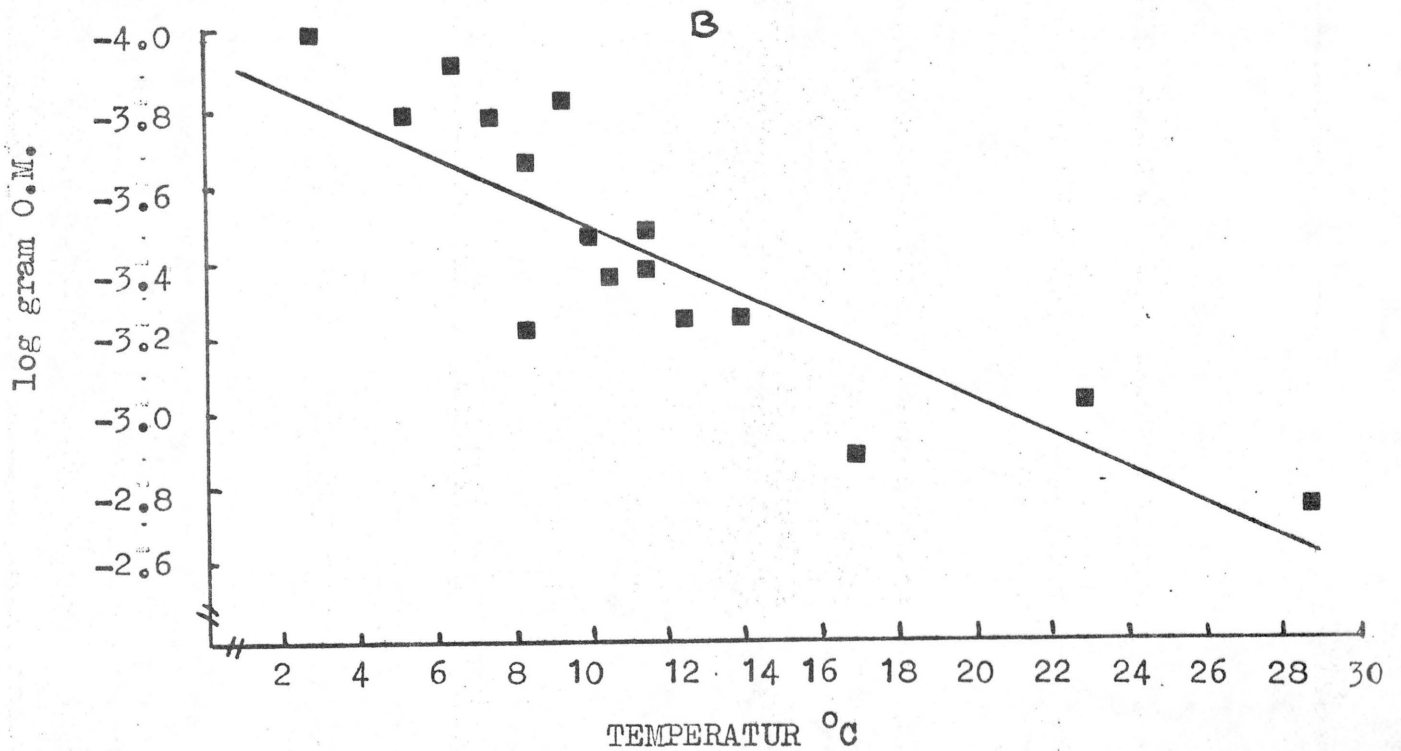
Fig. 4 A, B og C.

Omdannelse av organisk materiale i jord til  $\text{CO}_2$  som funksjon  
av temperaturen. ( $\Delta \Delta$ ) A serie, ( $\blacktriangle \blacktriangle$ ) B serie.

Mengde omdannet O.M. til  $\text{CO}_2$  pr. 24 timer og gram tørr jord.



Mengde omdannet O.M. pr. 24 timer og  $\text{cm}^3$  in situ jord



Mengde omdannet O.M. til  $\text{CO}_2$  pr. 24 timer og gram O.M. i prøven.

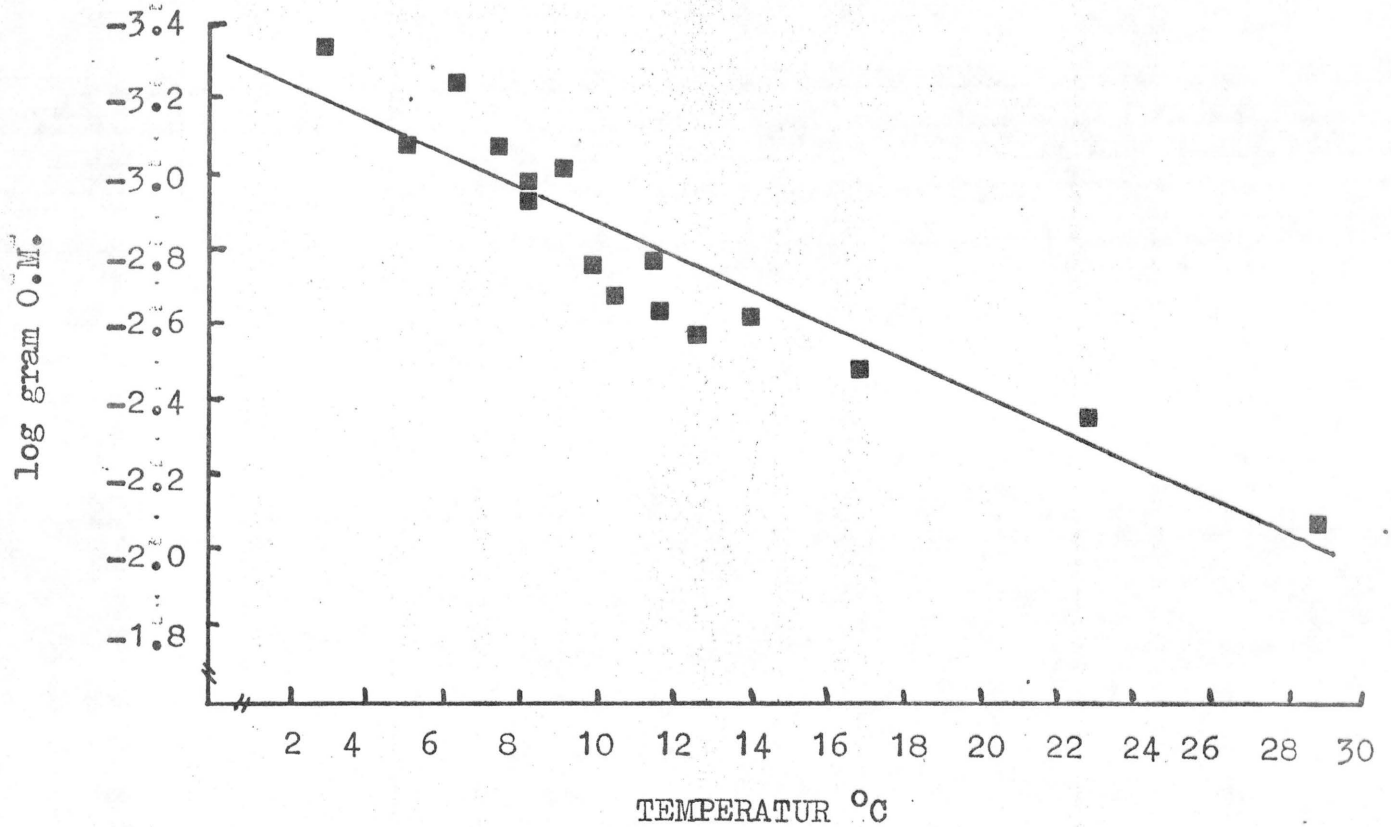


Fig. 5 A, B og C.

Semilogaritmisk fremstilling av mengden omdannet O.M. til  $\text{CO}_2$  som funksjon av temperaturen. Det er ikke skilt mellom verdiene for A serien og B serien.

Total-tapet av organisk materiale som CO<sub>2</sub> fra 0 - 10 cm jordskiktet i løpet av et år.

De fysiske betingelsene i jordprøvene ved innkuberingen i temperaturgradient inkubatoren avvek fra de fysiske forholdene i 0-10 cm jordskiktet. F.eks. var jordstrukturen blitt forandret (se s. 5) og prøvene ble gjennomluftet med en CO<sub>2</sub> fri luftstrøm. De resultater jeg er kommet fram til er derfor sannsynligvis lite representative for temperatur-egenskapene til jorden i sitt naturlige miljø.

Til nå foreligger det ikke bearbejdede data for jordtemperaturen i 0-10 cm skiktet til forskjellige tider gjennom året. Etter samtale med meteorologen i Lindåsprosjektet (Førland), ble vi enige om at en middel-temperatur rundt 6 - 8°C på årsbasis var en nokså rimelig verdi. På grunnlag av en slik verdi for årsgjennomsnittet av temperaturen i jordskiktet beregnet jeg ut fra fig. 4 mengden av omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> pr. kvadratmeter i løpet av et år. Tabell 9 viser resultatet:

Tabell 9

Basis for beregningene	Kilo omdannet O.M. til CO <sub>2</sub> pr. kvadratmeter og år.						
	A serie			B serie			
	6°	7°	8°	6°	7°	8°	20°
Fig. 4 A	4.3	5.3	6.5	5.0	5.8	6.7	19.4
Fig. 4 B	4.6	5.7	7.9	5.1	5.7	7.3	32.9
Fig. 4 C	4.0	5.3	7.2	4.0	4.6	6.6	27.5
gjennomsnitt	4.3	5.4	7.2	4.7	5.3	6.9	26.6

Med en årsgjennomsnittlig temperatur i 0-10 cm jordskiktet mellom 6 og 8°C, vil det bli omdannet ca. 5.6 kg organisk

materiale til  $\text{CO}_2$  pr. kvadratmeter i løpet av året. Dette utgjør ca. 27% av det totale organiske innholdet i 0-10 cm jordskiktet pr. kvadratmeter.

### Diskusjon.

Dersom en forutsetter at  $\text{CO}_2$  produksjonen fra jordprøvene kun skyldes mikrobiell aktivitet kan en gjøre følgende betraktning: Vekstforsøk med forskjellige typer mikroorganismer har vist at det i gjennomsnitt vil bli produsert 0.12 gr. (tørrvekt) celler i en hvilken som helst aerob kultur av voksende mikroorganismer for hver kilokalori som fjernes fra vekst-mediet av de voksende cellene (Odum, 1971). Dersom en betrakter det organiske materialet i jorden (0-10 cm skiktet) som et vekstmedium for mikroorganismene som lever i det og at alle mikroorganismene er i vekst, kan en beregne hvor mange kilo mikrobiell masse som må produseres for å om-danne 5.6 kg organisk materiale til  $\text{CO}_2$  i løpet av et år. En viktig parameter i dette regnestykket er det gjennomsnittlige energiinnholdet i det organiske materialet i jordskiktet. I denne beregninger ble verdien satt til 5.0 kcal/gr. tørr O.M. (Macfayden 1970):

Kaloriinnholdet i 5.6 kg organisk materiale: 28000 kcal.

1 kcal trengs for å produsere  $0.12 \times 10^{-3}$  kg mikrobiell masse  
28000 kcal gir da en produksjon av 3.2 kg mikrobiell masse.

Etter beregninger på grunnlag av de oppnådde resultater skulle nå det bli produsert 3.2 kg mikrobiell masse pr.  $\text{m}^2$  og år for å om-settes 5.6 kg organisk materiale til  $\text{CO}_2$  pr.  $\text{m}^2$  og år fra 0-10 cm jordskiktet. I rapporten om mikrobiell masse i lyngjord (rapp.1), ble 'standing crop' av mikrobiell masse beregnet til 0,6 kg (tørrv.) pr.  $\text{m}^2$ . Med en årsproduksjon av 3.2 kg mikrobiell masse pr.  $\text{m}^2$ ,

vil dette bety at det organiske materialet i jordsmonnet hvert år får tilført 2.8 kg død mikrobiell masse. Dette skulle gi en turnover-tid på den mikrobielle populasjonen i jordskiktet på 73 dager. Fig. 6 viser en skjematisk framstilling av de beregnede verdiene.

Til nå foreligger det ikke bearbejdede data for netto primærproduksjonen pr. m<sup>2</sup> og år, men en svært vanlig verdi for terrestriske økosystem er ca. 1 kg organisk materiale. (Dette er antagelig en alt for høy verdi for det lyngsystemet en har på forsøksfeltet på Øksnes). Med en slik verdi for netto primærproduksjonen ville nettotapet av organisk materiale fra en kvadratmeter pr. år være 4.6 kg.

For å kunne beregne total-mengden av omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> på grunnlag av dette forsøksopplegget, postulerte jeg at alt organisk materiale i jorden var radioaktivt. Basis for dette postulatet var at jeg tidligere hadde fraksjonert jord fra det C-14 merkete området i grove, kjemiske fraksjoner (resiner, karbohydrater, hemicellulose, cellulose, humusstoffer) (rapport 3, ennå ikke skrevet). Alle de forskjellige organiske fraksjonene var radioaktive, men de hadde forskjellig spesifikk radioaktivitet. Dette vil si at sansynligvis ble det utviklet C<sup>14</sup>O<sub>2</sub> fra alle typer organisk materiale i jordprøvene, men mengden av C<sup>14</sup>O<sub>2</sub> fra de forskjellige fraksjoner av organisk materiale vil være avhengig både av fraksjonens nedbrytnings-hastighet og deres spesifikke radioaktivitet.

Fig. 4 viser at mengden av omdannet organisk materiale til CO<sub>2</sub> pr. tidsenhet som funksjon av temperaturen fulgte et eksponentielt mønster, med unntak av to verdier ( ved t= 8.5<sup>o</sup> og 17.0<sup>o</sup>) som er mye større enn det en skulle forvente ut fra de



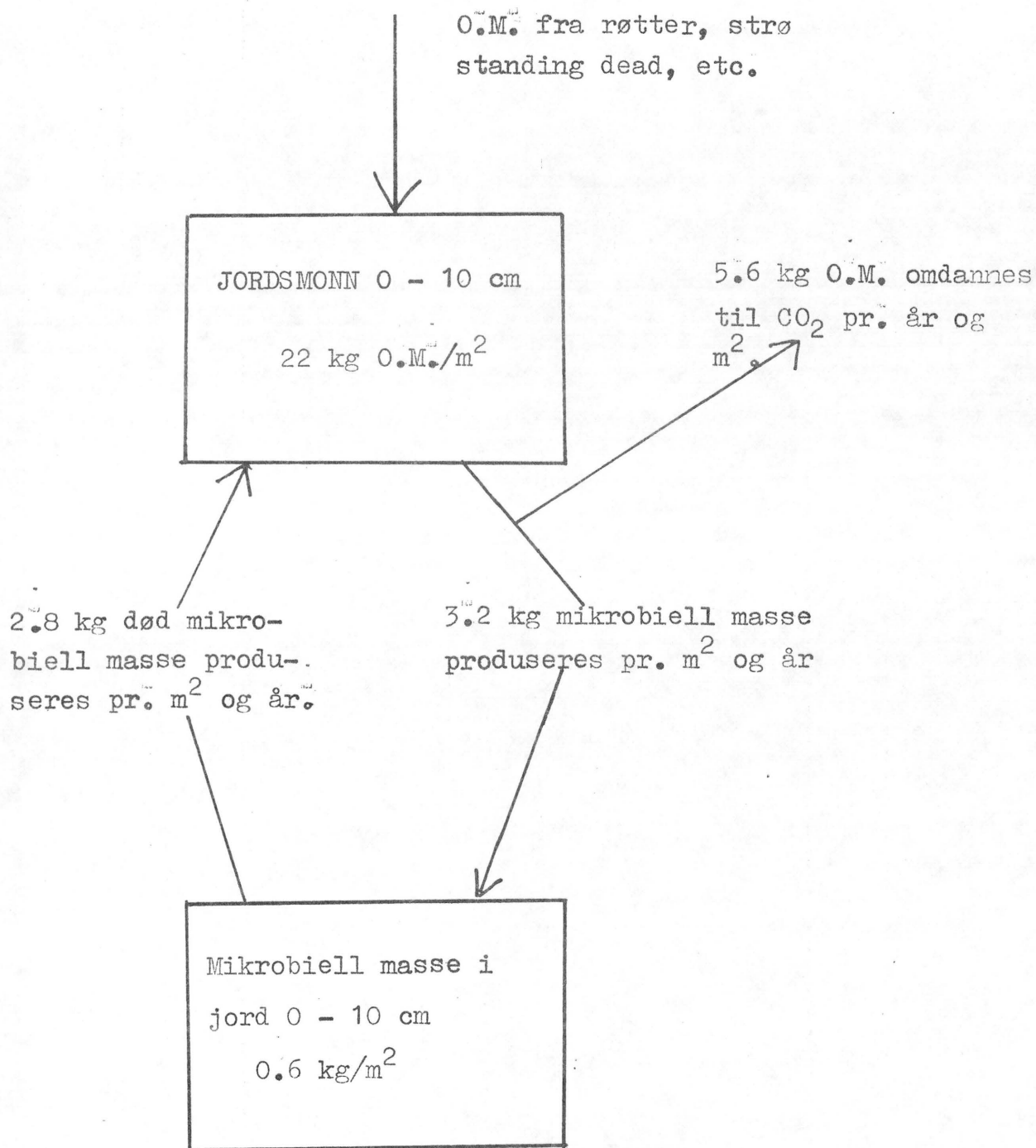


Fig. 6

øvrige verdiene. Dersom disse to verdiene blir bekreftet ved nye forsøk, kunne det være fruktbart å diskutere de oppnådde resultater på basis av at de forskjellige organiske fraksjonene i jord hadde forskjellig spesifikk radioaktivitet, og at nedbrytningshastigheten av de forskjellige organiske fraksjonene vil variere innbyrdes ved forskjellige temperaturer.

En annen forutsetning jeg gjorde i mitt forsøksopplegg var at den beregnede "avviksfaktor" ( se s. 9) for de forskjellige jordprøvene ved en temperatur, hadde samme størrelsesorden innenfor hele temperaturintervallet som ble undersøkt. Denne påstanden er ikke eksperimentelt dokumentert, noe som absolutt bør gjøres. Dersom "avviksfaktorene" forandret seg innenfor det studerte temperaturintervall, ville dette ha konsekvenser for beregningen av mengden av omdannet organisk materiale til  $\text{CO}_2$  pr. tidsenhet ved de forskjellige temperaturer. Det viste seg også at jordprøvenes vanninnhold hadde innflytelse på mengden av omdannet organisk materiale til  $\text{CO}_2$  pr. tidsenhet. Når vanninnholdet var over 60% skjedde det en reduksjon i omsetningen av organisk materiale til  $\text{CO}_2$  med økende vanninnhold i jordprøvene.

En kan nå stille følgende spørsmål: Hvilken verdi har denne typen forsøk som i prinsippet går ut på å ta en liten del av økosystemet inn i laboratoriet og studere denne delens respons på visse ytre, variable miljøfaktorer? En må anta at de fysiske forholdene i jordprøvene som ble brukt under inkubasjonsforsøkene, avvek ganske betraktelig fra de fysiske forholdene i 0 - 10 cm jordskiktet. (se s. 5). De jordprøver som ble inkubert ved de forskjellige temperaturer var mye mer porøs enn den opprinnelige jorden fra forsøksfeltet. I tillegg ble det ledet en  $\text{CO}_2$  fri

luftstrøm gjennom de innkuberte jordprøvene. Disse to forhold skulle gi langt bedre aerobe forhold i de inkuberte jordprøvene enn i jordsmonnet på forsøksfeltet. Resultatet av dette synes å være økt mikrobiell aktivitet, med følge av øket omsetning av organisk materiale til  $\text{CO}_2$  i prøvene (Dobbs og Hinson, 1960, Wallis og Wilde, 1957).

Det virker umiddelbart urimelig at tilførselen av organisk materiale til systemet skulle være så mye mindre enn omsetningen av organisk materiale til  $\text{CO}_2$ . De verdier jeg har beregnet for mengden av omsatt organisk materiale til  $\text{CO}_2$  på årsbasis, er derfor helt sikkert for høye sammenlignet med in situ omsetningen av organisk materiale. Svaret på det spørsmålet jeg stilte synes å være at denne typen forsøk ikke har noen relevans for å måle in situ prosess-hastigheter, men at verdien ligger først og fremst i studiet av økosystemets potensialitet. Svært ofte reises spørsmålet om et økosystems respons på forandringer i det ytre miljø, f.eks. ved jordbruk, skogreising, beiting, forurensing, vannkraftutbygging etc. Ved laboratorieforsøk kan en simulere forventede miljøforandringer og studere responsen av disse på utvalgte deler av økosystemet (f.eks. den mikrobielle flora, vegetasjon, jordprøver).

Dersom den mikrobielle aktiviteten i jorden hadde vært begrenset av en eller annen næringskomponent (f.eks. nitrogen), ville en neppe ha fått den voldsomme økningen i omdannet mengde organisk materiale til  $\text{CO}_2$  ved høye temperaturer. Ved  $20^\circ\text{C}$  ville 26 kg organisk materiale bli omdannet til  $\text{CO}_2$  pr. kvadratmeter i løpet av et år! Forsøkene tyder altså på at det ikke er næringsgrunnlaget som er begrensende for den mikrobielle aktiviteten i jord (0-10 cm), men heller de fysiske forholdene i jordskiktet. Denne tolkningen er i samsvar med en undersøkelse

av mikrobiell aktivitet i torv (peat) som viste at en ikke fikk noe øket opptak av oksygen i torven som følge av tilsetning av nitrogen, fosfor, kalium og calcium (Gardiner og Geoghegan, 1974). En økning av lyngjordens porøsitet ved f.eks. pløying og drenering, vil derimot, ut fra de presenterte resultater, kunne lede til et vesentlig tap av det organiske materialet i jordskiktet og derved også til en reduksjon i tykkelsen av jordsmonnet.

B:

In situ måling av omdannet mengde organisk materiale til  $\text{CO}_2$  i jordsmonn og strølag.

Dette arbeidet ble utført i samarbeid med Dag Olav Øvstedal.

### Innledning

In situ målinger av  $\text{CO}_2$  fluxen fra jord utføres ofte ved hjelp av en sylinder med lokk som slås et stykke ned i jordsmonnet. Dette kan gjøres på forskjellige måter:

#### A) Statistiske metoder

- 1) Måling av  $\text{CO}_2$  konsentrasjonen i luften inne i sylindere ved regelmessig fjerning av små luftprøver fra sylindere (Lundegårdh, 1927).
- 2) Kontinuerlig absorpsjon av utviklet  $\text{CO}_2$  fra jorden ved hjelp av basiske oppløsninger. Mengden utviklet  $\text{CO}_2$  over en viss tid bestemmes gravimetrisk eller ved titrering. (Lieth og Quelle, 1962, Wanner, 1970).

#### B) Dynamiske metoder

Kontinuerlig sirkulasjon av luft gjennom sylindere ved hjelp av en pumpe og måling av  $\text{CO}_2$  innholdet i luftstrømmen (Wallis og Wilde, 1957, Kucera og Kirkham, 1971):

I følge Witkamp og Frank, 1969, vil både den dynamiske og statistiske metodikken gi for høye verdier for  $\text{CO}_2$  fluxen fra jord når den måles ved hjelp av forskjellige typer  $\text{CO}_2$  absorberanter. Ved en innbyrdes sammenligning mellom den statistiske metodikken og den dynamiske metodikken, fant Witkamp, 1969, at  $\text{CO}_2$  fluxen fra jord bestemt ved en statistisk metode var ca. 20% lavere enn  $\text{CO}_2$  fluxen målt ved en dynamisk metodikk. Kanemasu et al.,

1974, fant at  $\text{CO}_2$  fluxen fra jord inn i et kammer med svakt overtrykk sammenlignet med atmosfæretrykket, var ca. 10 ganger mindre enn  $\text{CO}_2$  fluxen fra jord inn i et identisk kammer med svakt undertrykk sammenlignet med atmosfæretrykket.  $\text{CO}_2$  fluxen ble målt ved hjelp av en infrarød gass analysator.

Av det som er skrevet over synes størrelsen på den målte  $\text{CO}_2$  fluxen fra jord å være avhengig av hvilke type metodikk en velger. En anbefalt forbedring av den statiske metoden er å bruke åpne sylindere i stedet for lukkede sylindere. (Witkamp, 1966). Fordelen ved å bruke en åpen sylinder er at den kan stå i jorden i lang tid og virkningen av mekaniske forstyrrelser av jordstrukturen på  $\text{CO}_2$  fluxen vil derved bli redusert. For å måle  $\text{CO}_2$  fluxen, lukkes sylinderen med et lufttett lokk en viss tid (en til to timer), og  $\text{CO}_2$  utviklingen fra jorden måles i dette tidsintervallet. Etter endt måling taes lokket vekk.

I det følgende vil jeg beskrive en forsøksserie i perioden 4/2 -74 til 4/5 -74 som tok sikte på å måle in situ omdannelsen av organisk materiale i jordsmonn og strølag i løpet av forsøksperioden.



## MATERIELL OG METODER

Måling av in situ strørespirasjon.

In situ strørespirasjonen på forsøksfeltet ble målt ved hjelp av C-14 merket strø (rapport 3), og bruk av lutfeller. Fig. 1 viser en skisse av en slik lutfelle. I alt ble 6 slike lutfeller utplassert på feltet. Prototypen ble utplassert 4. febr. 1974, de fem øvrige ble plassert 20. mars samme år. Målingene varte til 4. mai. For å unngå direkte innstråling av sollys, ble lutfellene plassert mest mulig i skyggen av vegetasjonen på de forskjellige målestedene. Fig. 2 viser hvor de forskjellige lutfellene var plassert på forsøksfeltet.

En vilkårlig mengde radioaktivt strø fra det C-14 merkete feltet (rapport 3) ble lagt oppå strølaget inne i de forskjellige lutfellene. Lutkoppene inne i lutfellene ble så fylt med 10 ml 1 N NaOH og lokket til fellene satt på plass. Luten inne i lutfellene ble skiftet hver 14. dag og radioaktivitetsinnholdet (cpm) ble målt på samme måte som beskrevet på s. 15.

Framgangsmåte for å beregne mengden av omdannet organisk materiale til  $CO_2$  i strølaget.

Etter at in situ målingene av  $C^{14}O_2$  produksjonen fra strølaget i de forskjellige lutfellene var avsluttet (4. mai), ble alt strøet (inkluderer standing dead) inne i hver lutfelle plukket opp. Av forskjellige årsaker ble ikke dette utført før 2/10-74. Strøet ble tørket, veiet og den spesifikke radioaktiviteten og det organiske innholdet i strøet fra de forskjellige lutfellene ble bestemt ved våtoksydasjon (rapport 3). For å beregne mengden

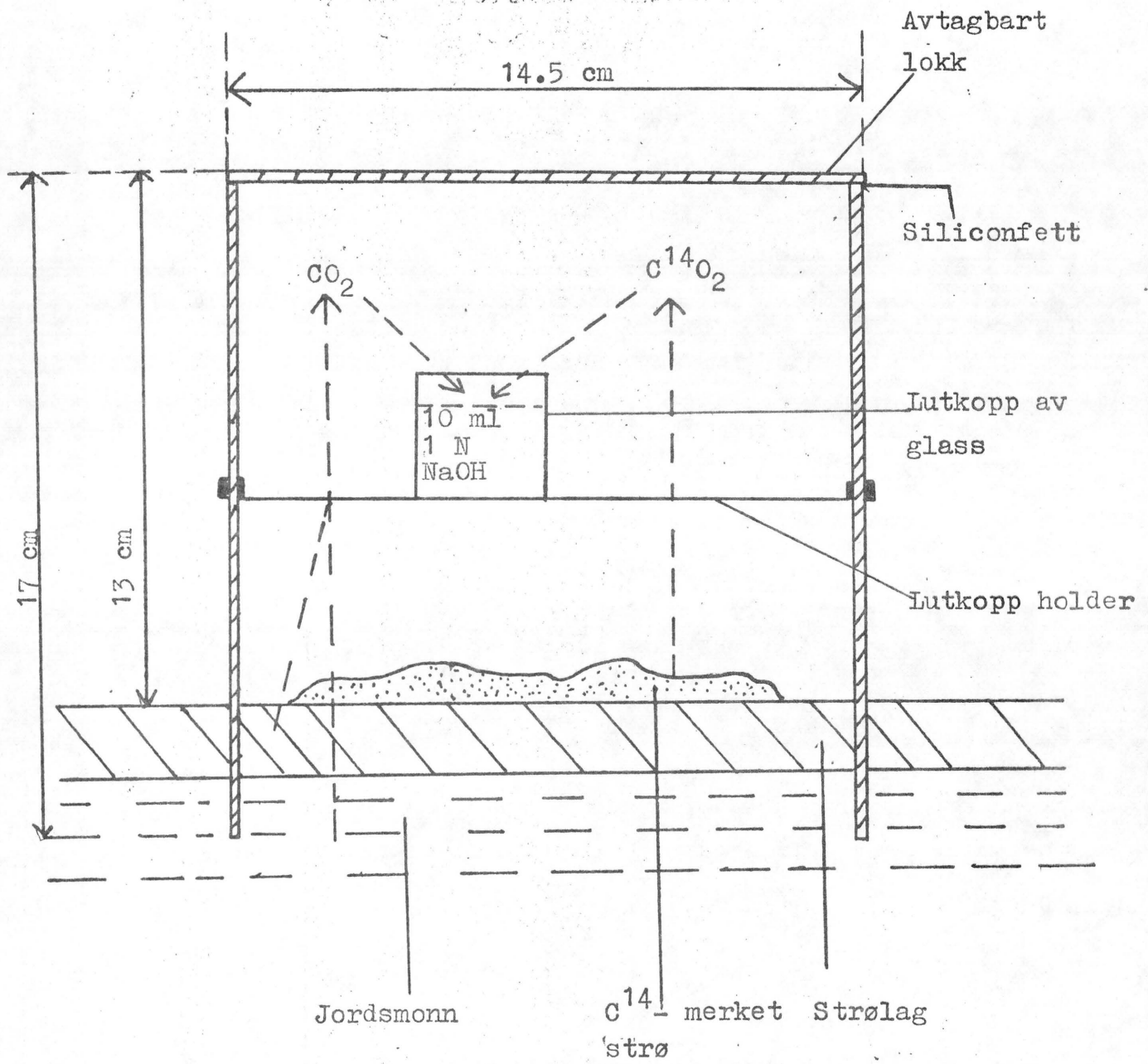


Fig. 1

Lutfelle laget av perspex.

av omdannet organisk materiale i strølaget inne i lutfellene til  $\text{CO}_2$  pr. tidsenhet, ble følgende formel brukt:

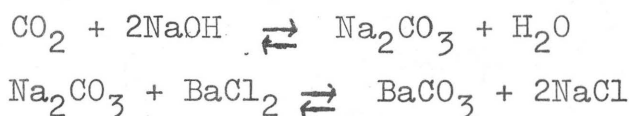
$$\frac{\text{C}^{14}\text{O}_2 \text{ (cpm) / tid x totalt O.M. i strøet (gram)}}{\text{Total radioaktivitet i strøet (cpm)}}$$

O.M.: organisk materiale

In situ måling av den totale mengden omdannet organisk materiale til  $\text{CO}_2$  i jord og strølag ved hjelp av lutfellene.

Total-mengden  $\text{CO}_2$  som ble absorbert i luten i løpet av de forskjellige måleperiodene ble bestemt gravimetrisk: 1 ml lut fra lutfellene ble blandet med 10 ml 0.5  $\text{BaCl}_2$  i et milliporeoppsett (Millipore, U.S.A.). Den absorberte  $\text{CO}_2$  ble derved utfelt som  $\text{BaCO}_3$ . Væsken filtreres fra bunnfallet ved hjelp av et på forhånd veiet membranfilter (Satorius, 11106, pore-størrelse 0.45  $\mu\text{m}$ ). Vekten av bunnfallet bestemmes ved å tørke filteret i 20 minutter ved  $80^\circ\text{C}$  og så veie det på nytt. Rapport 3 vil inneholde en liten diskusjon av denne metoden).

For å beregne mengden av absorbert  $\text{CO}_2$  ved denne metoden kan en sette opp følgende ligninger:



For hvert mol  $\text{CO}_2$  som absorberes vil en kunne felle ut et mol  $\text{BaCO}_3$ . Når en kjenner vekten av  $\text{BaCO}_3$  (bunnfallet på membranfilteret), kan en beregne hvor stort volum  $\text{CO}_2$  som har blitt absorbert i luten i de forskjellige lutfellene i løpet av hver måleperiode. (Et mol gass har et volum på 22.4 liter ved

standard betingelser.) Volumet av den absorberte  $\text{CO}_2$  omregnes til mengde omdannet organisk materiale ved følgende relasjon (MacFadyen, 1970):

$$1 \text{ liter } \text{CO}_2 \text{ (absorbert)} \equiv 5.3 \text{ kcal} \equiv 1.106 \text{ gr. tørt O.M.}$$

Korreksjoner av resultatene vil bli drøftet senere i rapporten.

## RESULTATER OG DISKUSJON

In situ måling av strørespirasjonen. Februar 1974 - mai 1974.

Fig. 2 viser hvor de forskjellige lutfellene ble plassert på forsøksfeltet, og tabell 1 gir en kort beskrivelse av hvert sted.

Tabell 1

Lutfelle	Beskrivelse
1	Plassert i skråningen øst for bekken. Vegetasjonen besto fortrinnsvis av gammel Calluna. Jordsmonnet hadde mindre innhold av organisk materiale enn de øvrige utplasseringsstedene. Lutfellen var ikke eksponert for sollys.
2	Myr. Vegetasjonen bestod av urter og graminider. Lutfellen var eksponert for sollys.
3	Myr/lyngmark. Vegetasjonen bestod av urter, graminider og lyngplanter. Lutfellen var delvis eksponert for sollys.
4	Resultatene for denne lutfellen foreligger ikke ennå.
5.	Lyngmark. Den dominerende vegetasjonen var Calluna, ispedd en del urter og graminider. Lutfellen var ikke eksponert for sollys.
6	Lyngmark. Vegetasjonen bestod av forskjellige typer lyng og urter. Jordsmonnet var tynt. Utplasserings-

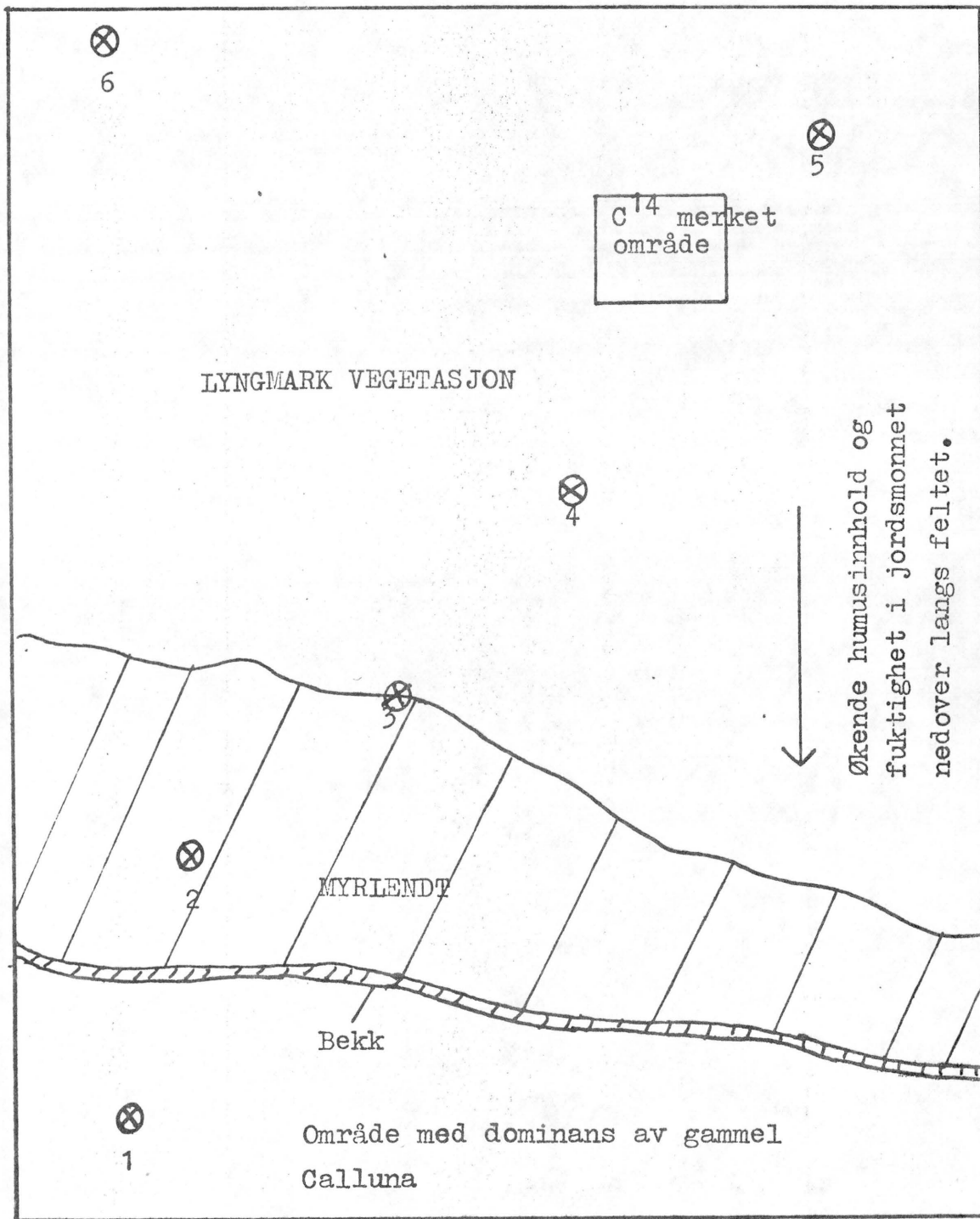
FORSØKSFELTETS AREAL: 2160 m<sup>2</sup>

Fig. 2

Skjematisk oversikt over hvor de forskjellige lutfellene var plassert på forsøksfeltet. Tegningen er ikke i skala.

⊗: Lutfelle.



stedet var nokså utsatt for klimaendringer. Luftfellen var delvis dekket av vegetasjonen.

Lutfelle nr. 5 ble utplasser 4. februar, de øvrige 20. mars. Forsøket ble avsluttet 4. mai. Tabell 2 viser utviklet mengde radioaktivitet pr. dag og totalt i de enkelte måleperiodene uttrykt pr. gram tørt strø i lutfellene. For oversiktens skyld har jeg i fig. 3 plottet gjennomsnittlig utviklet cpm/dag og gram tørt strø for hele forsøksperioden basert på resultatene fra lutfellene. Fig. 3 viser at det ble utviklet mest radioaktivitet pr. dag og gram tørt strø i midten av februar og i slutten av mars.

For å regne ut hvor meget organisk materiale i strølaget som var blitt omsatt til  $\text{CO}_2$  i løpet av forsøksperioden, ble den spesifikke radioaktiviteten, det organiske innholdet og totalradioaktiviteten i strøet beregnet. Tabell 3 viser tørrvekt, prosentvis innhold av organisk materiale (av tørrvekten), spesifikk radioaktivitet og totalradioaktiviteten for strøet i de forskjellige lutfellene målt 2/10 - 74.

Tabell 2

Lutfelle	Tørrvekt (gr)	% O.M.	cpm/gr O.M.	Total cpm
1	4.70	90,8	$0.9 \times 10^4$	$4.1 \times 10^4$
2	2.45	97.2	$0.5 \times 10^4$	$1.2 \times 10^4$
3	2.78	98.5	$1.4 \times 10^4$	$3.8 \times 10^4$
5	5.79	95.0	$0.8 \times 10^4$	$4.4 \times 10^4$
6	5.80	95.7	$2.2 \times 10^4$	$12.0 \times 10^4$

cpm: counts pr. minute

gr.: gram

cpm/gr O.M.: spesifikk radioaktivitet.

TABELL 3

Utviklet mengde radioaktivitet pr. dag og totalt i løpet av de forskjellige måleperiodene, uttrykt pr. gram. tørr strø.

Måleperiode	Iutfelle 1		Iutfelle 2		Iutfelle 3		Iutfelle 5		Iutfelle 6	
	Totalt (cpm)	pr. dag (cpm)	totalt (cpm)	pr. dag (cpm)	totalt (cpm)	pr. dag (cpm)	totalt (cpm)	pr. dag (cpm)	totalt (cpm)	pr. dag (cpm)
4 feb-13 feb							68	7.6		
13. feb-23. feb							117	11.7		
23. feb-9. mars							116	8.3		
9. mars-20. mars							42	3.8		
20. mars-5. april	71	4.5	455	28.6	216	13.7	75	4.7	72	4.5
5. april-20. april	39	2.6			94	6.1	76	5.0	88	5.9
20. april-4. mai	42	3.0	142	10.2	99	11.9	79	5.7	86	6.2

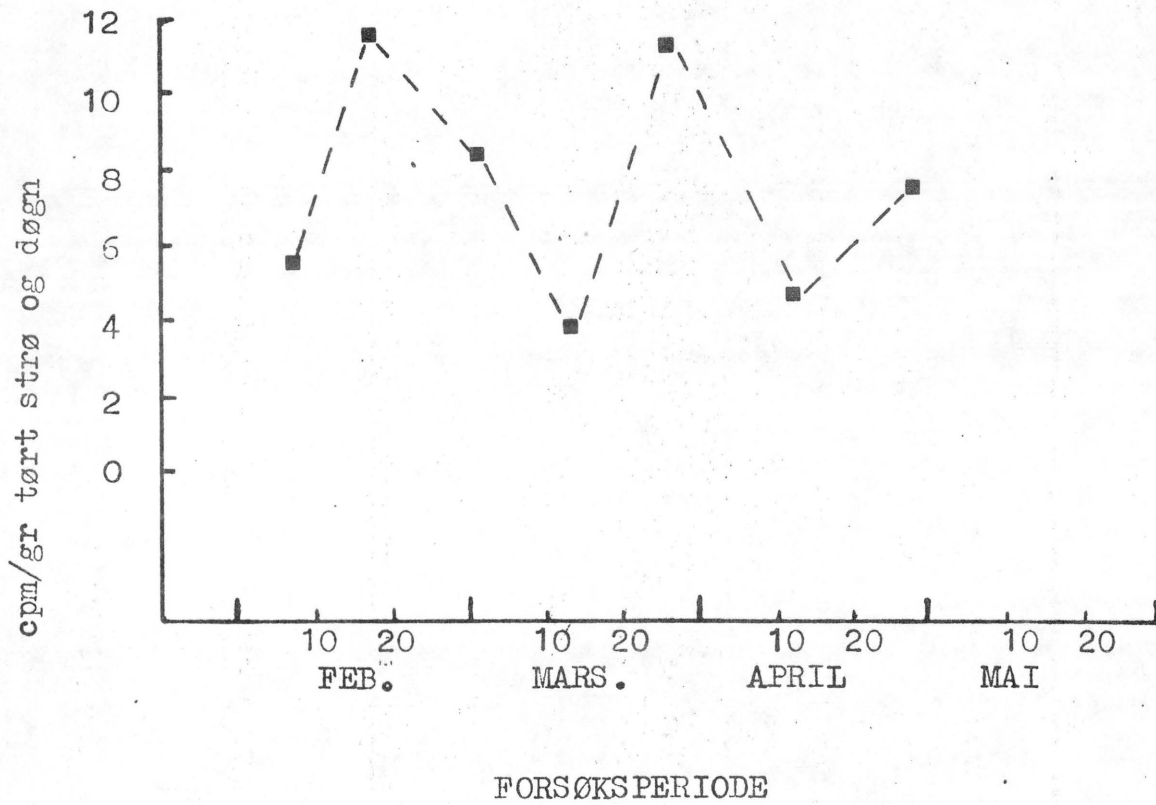


Fig. 3

Den gjennomsnittelige utviklingen av radioaktivitet pr. døgn og gram tørt strø i løpet av forsøksperioden.

Tabell 4

Antall gram omdannet organisk materialet i strølaget til CO<sub>2</sub> pr. dag og totalt i løpet av de forskjellige måleperiodene, uttrykt pr. gram tørrt strø.

Måleperiode	Lutfelle 1		Lutfelle 2		Lutfelle 3		Lutfelle 5		Lutfelle 6	
	totalt x10 <sup>-3</sup>	pr.dag x10 <sup>-5</sup>	totalt x10 <sup>-3</sup>	pr.dag x10 <sup>-5</sup>	totalt x10 <sup>-3</sup>	pr.dag x10 <sup>-5</sup>	totalt x10 <sup>-3</sup>	pr.dag x10 <sup>-5</sup>	totalt x10 <sup>-3</sup>	pr.dag x10 <sup>-5</sup>
4.feb-13.fen							1.5	0.17		
13.feb.-23.feb							2.7	0.27		
23.feb-9mars							2.6	0.19		
9.mars-20.mars							1.0	0.09		
20.mars-5.april	1.7	0.11	38.0	2.38	5.7	0.36	1.7	0.11	0.6	0.04
5.april-20.april	1.0	0.06			2.5	0.16	1.7	0.11	0.7	0.05
20.april-4.mai	1.0	0.07	11.8	0.85	2.6	0.31	1.8	0.13	0.7	0.05

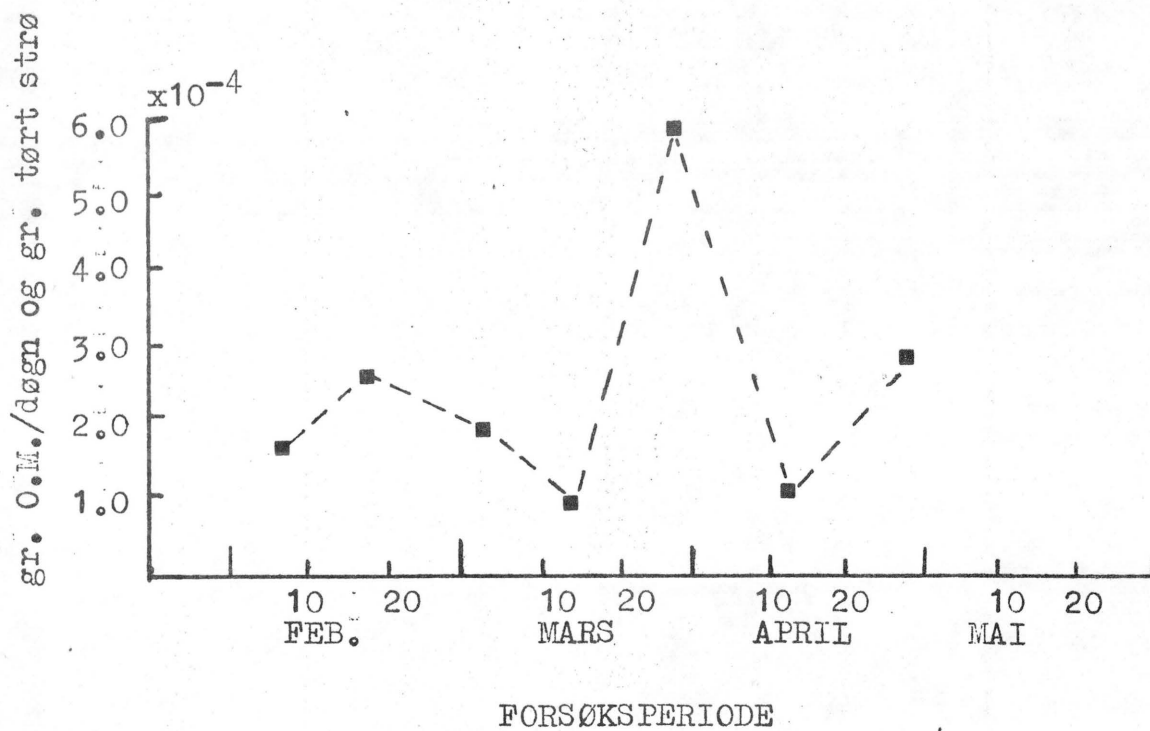


Fig. 4

Den gjennomsnittelige mengden omdannet organisk materiale (O.M.) til CO<sub>2</sub> pr. døgn og gram tørt strø.

Totalradioaktiviteten i strøet var størst i lutfelle 6 og minst i lutfelle 2. I og med at strøet i lutfellene ble først inn-samlet 2/10 -74, må en anta at den målte spesifikke radioaktiviteten i strøet var høyere i selve forsøksperioden enn i begynnelsen av oktober.

Tabell 4 viser mengden av omdannet organisk materiale i strølaget til  $\text{CO}_2$  i løpet av de forskjellige måleperiodene både totalt sett og pr. dag, uttrykt pr. gram tørt trø. Lutfelle 2 skiller seg her ut med store verdier sammenlignet med de andre lutfellene. For oversiktens skyld viser fig. 4 gjennomsnittsmengden omdannet organisk materiale til  $\text{CO}_2$  pr. dag og gram tørt strø for hele forsøksperioden basert på beregninger fra lutfellene. I gjennomsnitt var omsetningen av organisk materiale pr. dag størst i perioden fra 20. mars til 5. april.

For å kunne beregne omsetningen av organisk materiale i strølaget til  $\text{CO}_2$  pr.  $\text{m}^2$  forsøksfelt, må en kjenne mengden av tørt strø pr.  $\text{m}^2$ . I gjennomsnitt ble denne mengden beregnet til 450 gram (rapport 3). I løpet av forsøksperioden ble  $21.3 \times 10^{-3}$  gram organisk materiale omdannet til  $\text{CO}_2$  pr. gram tørt strø. På grunnlag av denne beregningen skulle ca. 10 gram organisk materiale i strølaget på en kvadratmeter bli omdannet i løpet av forsøksperioden på 3 måneder. På årsbasis vil dette utgjøre ca 40 gr. organisk materiale. Strøproduksjonen på årsbasis er beregnet til  $81.2 \text{ gram/m}^2$  (Røssberg, upubliserte data).



In situ måling av den totale jord og strørespirasjonen ved hjelp av lutfellene. Mars 1974 - Mai 1974.

Fra og med 20. mars til og med 4. mai, ble det totale CO<sub>2</sub> innholdet i luten fra de forskjellige lutfellene bestemt gravimetrisk ved slutten av hver måleperiode (Materiell og metoder, s. 33).

På grunnlag av resultatene for CO<sub>2</sub> absorpsjonen i lutfellene, vil jeg nå beregne hvor meget organisk materiale som ble omdannet til CO<sub>2</sub> i jord og strølag i løpet av forsøksperioden (20. mars til 4. mai) og også på årsbasis.

Ved starten av hver måleperiode ble lokket på lutfellene tatt av ved innhenting av ny lut. En måtte derfor forvente at atmosfæren inne i lutfellen ved starten av hver måleperiode inneholdt ca. 0.03 volumprosent CO<sub>2</sub> som sansynligvis må bli absorbert av luten. Luftvolumet over strølaget i lutfellene var 2150 ml, og mengden av CO<sub>2</sub> ved starten av hver måleperiode inne i lutfellen var  $0.65 \times 10^{-3}$  liter eller  $0.029 \times 10^{-3}$  mol. Ved tillagingen av lutopløsningen som ble brukt i lutfellene ble en del atmosfærisk CO<sub>2</sub> absorbert. Denne mengden ble i gjennomsnitt beregnet til  $0.036 \times 10^{-3}$  mol CO<sub>2</sub>. Den totale "bakgrunnsmengden" CO<sub>2</sub> i lutopløsningen ved starten av hver måleperiode utgjorde  $0.065 \times 10^{-3}$  mol CO<sub>2</sub>, en verdi alle de oppnådde resutatater ble korrigert for (tabell 5).

Tabell 5 viser mengden av CO<sub>2</sub> som hadde blitt absorbert i de forskjellige lutfellene i løpet av måleperiodene, uttrykt som

Tabell 5

CO<sub>2</sub> absorpsjonen i de enkelte lutfellene i løpet av de forskjellige måleperiodene. Verdiene er korrigert for bakgrunnsmengden av CO<sub>2</sub> i luten ved starten av hver måleperiode.

Måleperiode	Lutfelle 1		Lutfelle 2		Lutfelle 3		Lutfelle 5		Lutfelle 6	
	gram BaCO <sub>3</sub>	mol CO <sub>2</sub> x10 <sup>-3</sup>	gram BaCO <sub>3</sub>	mol CO <sub>2</sub> x10 <sup>-3</sup>	gram BaCO <sub>3</sub>	mol CO <sub>2</sub> x10 <sup>-3</sup>	gram BaCO <sub>3</sub>	mol CO <sub>2</sub> x10 <sup>-3</sup>	gram BaCO <sub>3</sub>	mol CO <sub>2</sub> x10 <sup>-3</sup>
20.mars-5.april	1.004	5.02	0.828	4.14	0.614	3.11	0.900	4.50	0.963	4.82
5.april-20.april	1.151	5.78			0.717	3.57	0.685	3.41	0.774	3.86
20. april-4.mai	0.649	3.23	0.482	2.38	0.586	2.91	0.337	1.65	0.783	3.91
B)										
	CO <sub>2</sub> abs. pr. døgn x10 <sup>-3</sup>		mol CO <sub>2</sub> abs. pr. døgn. x10 <sup>-3</sup>		mol CO <sub>2</sub> abs. pr. døgnx10 <sup>-3</sup>		mol CO <sub>2</sub> abs. pr. døgnx10 <sup>-3</sup>		mol CO <sub>2</sub> abs. pr. døgnx10 <sup>-3</sup>	
Måleperiode										
20.mars-5.april	0.341		0.259		0.194		0.280		0.301	
5.april-20.april	0.385				0.238		0.227		0.257	
20.april-4.mai	0.231		0.170		0.208		0.118		0.279	

gram  $\text{BaCO}_3$  og mol  $\text{CO}_2$ . For å få en bedre oversikt over resultatene viser tabell 6 den gjennomsnittlige mengden absorbert  $\text{CO}_2$  i løpet av de forskjellige måleperiodene uttrykt som totalabsorpsjon for hele perioden og pr. døgn.

Tabell 6

Måleperiode	Ant. mol $\text{CO}_2$ abs. $\times 10^{-3}$ Hele perioden	Antall mol $\text{CO}_2$ abs. pr. døgn $^2 \times 10^{-3}$
20.mars-5.april	4.32	0.270
5.april-20.april	4.16	0.277
20.april-4.mai	2.81	0.201
Totalt	11.30	

På grunnlag av tabell 6 synes det som om utviklingen av  $\text{CO}_2$  fra jord og strølag var større i perioden fra 20. mars til 20. april, enn i perioden 20. april til 4. mai. Fra 20. mars til 4. mai ble det i gjennomsnitt absorbert  $11.30 \times 10^{-3}$  mol  $\text{CO}_2$  pr. lutfelle. Dette tilsvarer 0.253 liter  $\text{CO}_2$ . Dersom en antar at denne  $\text{CO}_2$  mengden skyldes omdannet organisk materiale i jord og strølag, tilsvarer dette volumet  $\text{CO}_2$  en mengde omdannet organisk materiale på 0.280 gram. Det innvendige arealet av lutfellen var  $165.04 \text{ cm}^2$ . Fra 20. mars til 4. mai ble det pr. kvadratmeter forsøksfelt omdannet 17 gram organisk materiale dersom resultatene fra tabell 6 legges til grunn for beregningen. På årsbasis skulle det bli omdannet ca 138 gram organisk materiale til  $\text{CO}_2$  i jord og strølag.

Kommentarer til forsøksopplegget.

Målingene av mengden omdannet organisk materiale i jord og strølag ble utført in situ i den forstand at lutfellene var plassert ute på forsøksfeltet. Jeg mener at bl.a. følgende innvendinger kan reises mot den beskrevne forsøksserie:

- A) Strøet som ble undersøkt var omsluttet av en lukket lutfelle (fig. 1). Selv om strøet var i kontakt med bakken, må en anta at atmosfæren inne i den lukkede lutfellen hadde en annen sammensetning enn atmosfæren utenfor lutfellen. Dette kan påvirke den biologiske aktiviteten inne i lutfellen. Mikroklimaet inne i lutfellen vil avvike fra mikroklimaet utenfor lutfellen. Dette gjelder spesielt de lutfellene som var mer eller mindre eksponert for direkte sollys. Mikroklimaet i strølaget og jordsmonnet vil influere på den biologiske aktiviteten.
- B) Det C-14 merkete strøet ble fjernet fra sitt naturlige miljø og lagt opp på strøet inne i lutfellene. Det radioaktive strøet ble derved plassert i miljøer som kan betraktes som kunstige. På grunn av det tilførte radioaktive strøet, inneholdt strølaget inne i lutfellene mere strø enn strølaget utenfor lutfellene. Dette skulle bidra til at en får for høye verdier for CO<sub>2</sub> fluxen fra jord og strølag inne i lutfellene sammenlignet med jord og strølaget utenfor lutfellene.
- C) Mulighetene for CO<sub>2</sub> lekkasje fra lutfellene var alltid til stede. Det viste seg ofte at det lå seg fragmenter av vegetasjon

strø, o.l. i siliconfettet mellom lokket og boksen. Dette hindret en fullstendig tilslutning av lokket til boksen. Lekkasje fra lutfellene vil føre til registrering av for lave verdier for  $\text{CO}_2$  fluxen fra jord og strølaget inne i lutfellene sammenlignet med fluxen utenfor lutfellene.

- D) Det var lett å søle lut fra lutkoppen og ned i strølaget ved utskifting av luten. Slik søling må en anta kunne lede til en radikal pH forandring i strølaget.
- E) Evertebrater som vandrer i strølaget ble utestengt fra strølaget i lutfellene.

### Diskusjon.

De beregninger som er foretatt på side 47 ble gjort på grunnlag av resultatene av en forsøksserie, påbegynt 4. februar og avsluttet 4. mai. Årsverdiene er beregnet ut fra antagelsen at den totale omdannelsen av organisk materiale i jord og strølag til  $\text{CO}_2$  fra 4. februar til 4. mai var av samme størrelsesorden som i tilsvarende perioder i løpet av året 1974. Således hviler disse beregningene på svak eksperimentell grunn!

Fig 5 viser et transportdiagram for organisk materiale fra vegetasjonen over bakken til røtter, strølaget og jordsmonnet pr. år og kvadratmeter forsøksfelt. Biomassemålingene av vegetasjonen, strø og standing dead produksjonen er foretatt av Røssberg og Øvstedal (upubliserte data). Den totale årlige tilførselen av organisk materiale til strølag + standing dead, ble beregnet til  $118 \text{ gram/m}^2$  på grunnlag av Røssbergs



upubliserte data. I løpet av et år omdannes 40 gr. organisk materiale pr. kvadratmeter i strølaget + standing dead til  $\text{CO}_2$ . Dersom en forutsetter steady state for dette kompartment, vil det i løpet av et år bli transportert 78.9 gram organisk materiale pr.  $\text{m}^2$  til jordsmonnet fra strølaget + standing dead. Hvor meget dødt organisk materiale som tilføres fra rotbiomassen er dessverre ikke kjent. Den samlede tilførselen av dødt organisk materiale til jordsmonnet kan skrives som  $(78.9 + X)$   $\text{gr}/\text{m}^2$ , hvor X er det organiske materialet fra rotbiomassen.

Totalt ble det i jordsmonnet omdannet 98.0 gram organisk materiale pr. år og kvadratmeter forsøksfelt til  $\text{CO}_2$  først og fremst som følge av den metabolske aktiviteten til jordorganismer og rotrespirasjonen. På grunnlag av de verdier som er vist i fig. 5 ser en at dersom X er større enn 19, vil dette bety at det skjer en akkumulering av organisk materiale i jordsmonnet i løpet av et år. Dersom X er mindre enn 19 vil en derimot få en uttapping av organisk materiale fra jordsmonnet i løpet av et år. Steady state for det organiske materialet i jordsmonnet i løpet av året vil en da ha dersom en får tilført 19 gram dødt organisk materiale fra rotbiomassen i løpet av et år. pr. kvadratmeter forsøksfelt. For å få klarlagt dette forholdet er det derfor svært viktig å bestemme størrelsen på rotbiomassen og hvor meget dødt organisk materiale den produserer pr. kvadratmeter i løpet av et år.



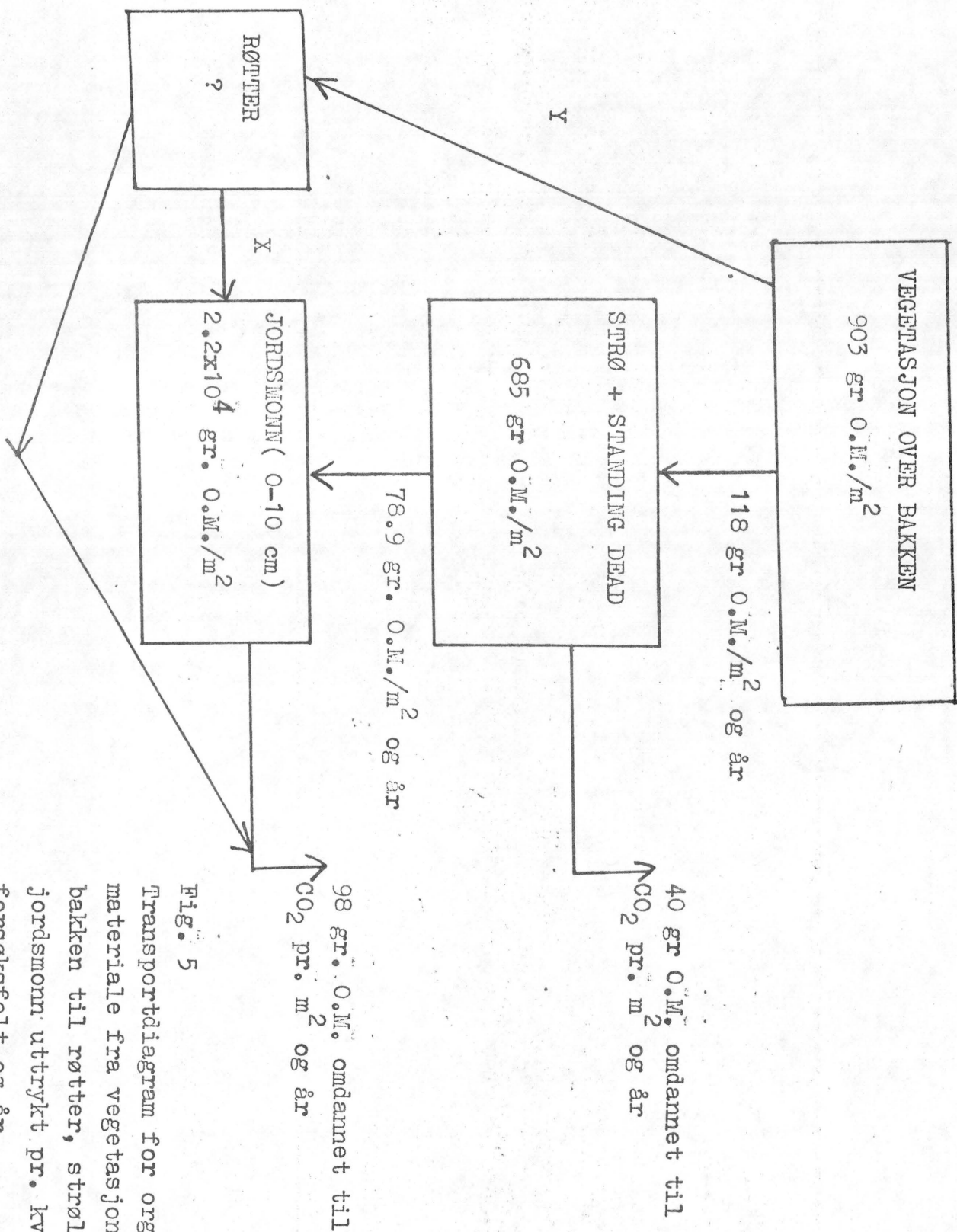


Fig. 5

Transportdiagram for organisk materiale fra vegetasjonen over bakken til røtter, strølag og jordsmonn uttrykt pr. kvadratmeter forsøksfelt og år.

## Litteratur.

- Dobbs, C.G. og W.H. Hinson (1960): Some observation on fungal spores in soil.  
In: D. Parkinson og J.S. Waid (eds.), "The ecology of soil fungi".  
Liverpool University Press, 1960.
- Eriksen, J. (1974): Undersøkelse av vekst og cellulose hos den termofile kompostsoppen *Chaetomium thermophile* varietet *dissitum*.  
Universitetet i Bergen, 1974.
- Gardiner, J.J. og M.J. Geoghegan (1974): The effect of nutrients on the microflora of peat.  
Proceedings of the society for General Microbiology.  
Vol. II. part1. November 1974.
- Kanemasu, E.T., Powers W.L. og J.W. Sij (1974): Fieldchamber measurements of CO<sub>2</sub> flux from soil surface.  
Soil Sci., Vol. 118, p.:233-237.
- Kucera, C.L. og D.R. Kirkham (1971): Soil respiration studies in tall grass prairie in Missouri.  
Ecology Vol. 52, p.: 912-915
- Lieth, H. og R. Quelle (1962): Studies on the vegetation of Gaspè peninsula. II. The soil respiration of some plant communities.  
Canad. J. Bot., Vol. 40, p.: 127-140

Lundegårdh, H.(1927): Carbon dioxide evolution of soil and  
group growth.

Soil Sci., vol. 23, p.: 417-450

Macfayden, A.(1970): Soil metabolism in relation to ecosystem  
energy flow and to primary and secondary production.  
In 'Methods of study in Soil ecology', J.Philipson(ed.).  
Proceeding of Paris symposium organized by Unesco and  
the International Biological Programme.  
Unesco 1970.

Wallis, G. og S.A. Wilde (1957): A rapide method for the deter-  
mination of carbon dioxide evolved from forest soil.  
Ecology, vol. 38, p.: 359-361.

Wanner, H.(1970): Soil respiration, litterfall and productivity  
of tropical rain forrest.  
J. Ecol., vol. 58, p.: 543-547.

Witkamp, M.(1966): Rates of carbon dioxide evolution from forest  
floor.  
Ecology, vol. 47, p.: 492-494.

Witkamp, M.(1969): Cycles of temprature and carbon dioxide  
evolution from litter and soil.  
Ecology, vol. 50 p.: 922-924.

Witkamp, M. og M.L. Frank (1969): Evolution of CO<sub>2</sub> from litter,  
humus and sub soil of a pine stand.  
Pedobiologika, vol. 9, p.: 358-365.