

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

Nr. A3 1990

Temperatur og denitrifikation



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

**NPo-forskning fra Miljøstyrelsen
Nr. A3 1990**

Temperatur og denitrifikation

Finn Vinther, Statens Planteavlsvforsøg

**MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K**

**Miljøministeriet
Miljøstyrelsen**

Indholdsfortegnelse.

	<u>Sammendrag</u>	5
1.	<u>Indledning</u>	7
2.	<u>Materialer og metoder</u>	9
3.	<u>Resultater og diskussion</u>	12
3.1	Denitrifikationsaktivitet.....	12
3.2	Forholdet mellem N_2 og N_2O	20
4.	<u>Konklusioner</u>	28
5.	<u>Referencer</u>	30
6.	<u>Appendix</u>	34
6.1	Regneeksempel.....	34
6.2	Tabeller.....	35
6.3	Denitrifikations-model.....	44

Sammendrag.

Med det formål at undersøge temperaturens betydning for den relative fordeling mellem N_2 - og N_2O -afgivelsen fra jorden, gennemførtes forsøg med en grovsandet jord (JB1) fra Jyndevad og en sandblandet lerjord (JB5) fra Askov.

Jordprøverne blev inkuberet i laboratoriet under forskellige temperaturforhold (fra 2 til 25 °C) og fugtighedsforhold (fra 75 % til 175 % af markkapacitet), samt efter iblanding af forskellige mængder gylle (svarende fra 25 til 100 tons/ha).

Denitrifikationsaktivitet blev herefter målt ved hjælp af acetylen-inhiberings-teknikken. Inkuberes jord sammen med acetylen blokeres reduktionen af N_2O til N_2 , og man kan således måle den totale denitrifikationsaktivitet ved at måle N_2O -afgivelsen pr. tidsenhed. N_2/N_2O -forholdet er beregnet ud fra målinger på prøver inkuberet både uden og med acetylen.

Målingerne i laboratoriet viste, at denitrifikationsaktiviteten er stærkt afhængig af jordtype, jordens temperatur og af vandindholdet. For at opnå en denitrifikationsaktivitet af betydning viste målingerne, at temperaturen skal op over 10 °C og vandindholdet være på 100 % af markkapaciteten eller derover. Resultaterne viste endvidere, at der under alle forhold var en lav denitrifikationsaktivitet i den grovsandede jord, hvilket er i overensstemmelse med markmålinger foretaget i anden sammenhæng.

På grundlag af denitrifikationsaktiviteterne målt i laboratoriet er der beskrevet en simpel denitrifikationsmodel, hvor N-tabet beregnes som funktion af temperaturen.

Jorden afgiver N_2
og N_2O

Laboratorieforsøg

N_2/N_2O påvirkes
af temperatur,
vandindhold og
jordtype

Omregning af de-
nitrifikation fra
laboratorie- til
marktemperatur

Med hensyn til N_2/N_2O -forholdets afhængighed af temperaturen, blev det fundet, at ved vandindhold over 100 % af markkapaciteten, stiger forholdet med stigende temperatur, og korrektionsfaktorer er beregnet, således at N_2/N_2O -forholdet målt ved 20 °C kan korrigeres til aktuel temperatur.

1. Indledning.

Ved denitrifikation forstås mikrobiel reduktion af NO_3 til luftformige kvælstofforbindelser; først og fremmest N_2O (dinitrogenoxyd eller lattergas) og N_2 . Reduktionen af nitrat kan være mere eller mindre fuldstændig afhængig af forskellige ydre faktorer, hvoraf kan nævnes jordens pH, temperatur, ilt/vand-status nitratinhold og plantevækst (Chalamet, 1985; Klemedtsson et al., 1988; Ottow et al., 1985; Vinther, 1984).

Formålet med dette projekt har været at undersøge jordtemperaturens betydning for forholdet mellem produceret N_2O og N_2 under denitrifikationsprocessen for eventuelt at kunne korrigere tidligere gennemførte denitrifikationsmålinger. I den første periode anvendtes i det projekt, der er rapporteret i "NPO-forskning fra Miljøstyrelsen A9" en metode beskrevet af Christensen (1985). I denne metode beregnes denitrifikationen på basis af markmålinger kombineret med laboratoriemålinger. I marken måles N_2O -afgivelsen kontinuerligt over en vis periode. Samtidig hermed udtages der jordprøver, som i laboratoriet inkuberes ved stuetemperatur, og på grundlag af incubationer med og uden acetylen kan $\text{N}_2/\text{N}_2\text{O}$ -forholdet beregnes. Endelig multipliceres den i marken målte N_2O -afgivelse med det i laboratoriet fundne $\text{N}_2/\text{N}_2\text{O}$ -forhold ($1 + \text{N}_2/\text{N}_2\text{O}$), således at den totale denitrifikation bliver beregnet.

Det er af bl.a. Bailey og Beauchamp (1973) fundet, at temperaturen ikke synes at have indflydelse på størrelsen af $\text{N}_2/\text{N}_2\text{O}$ -forholdet, hvorimod andre undersøgelser viser, at der er

Afhænger $\text{N}_2/\text{N}_2\text{O}$ -forholdet af temperaturen?

en positiv korrelation mellem N_2/N_2O -forholdet og temperaturen (Nömmik, 1956; Bailey, 1976; Keeney et al., 1979). Hvis det er tilfældet, at N_2/N_2O -forholdet stiger med stigende temperatur, vil man i perioder af året hvor jordtemperaturen er lav kunne få en overvurdering af den totale denitrifikation. I appendix 1 er vist et regneeksempel til forklaring af denne problemstilling.

Hovedformålet med denne undersøgelse har været, at undersøge hvorledes N_2/N_2O -forholdet påvirkes af jordtemperaturen. For at besvare dette spørgsmål er der gennemført et forholdsvis stort antal målinger af denitrifikationsaktivitet under forskellige temperatur- og fugtighedsforhold, således at det også har været muligt at se på hvorledes disse to faktorer påvirker denitrifikationsaktiviteten i de to undersøgte jordtyper, - nemlig den grovsandede jord fra Jyndeved og den sandblandede lerjord fra Askov.

2. Materialer og metoder.

Denne undersøgelse er gennemført som en laboratorieundersøgelse, og alle inkubationer og målinger er derfor gennemført under kontrollede temperatur- og fugtighedsforhold.

Jordtyper:

De anvendte jorder stammer fra henholdsvis Jydevad og Askov forsøgsstationer. Nogle af de vigtigste karakteristika er vist i tabel 2.1.

Jydevad:
Grovsandet
jord.

Tabel 2.1. Karakteristika af de to jordtyper anvendt i nærværende undersøgelse. Delvis efter Hansen (1976).

Askov:
Sandblandet
lerjord.

	Jydevad	Askov
ppm $\text{NO}_3\text{-N}^*$	3.4	8.7
ppm $\text{NH}_4\text{-N}^*$	1.3	1.6
% tot. N	1.2	1.7
% org. C	1.7	1.4
pH(H_2O)	6.0	6.6
Vægtprocent:		
ler	3.9	10.6
silt	4.1	11.8
finsand	12.2	37.0
grovsand	76.8	37.6
humus	3.0	3.0
JB-type	JB1	JB5
Hydraulisk ledningsevne, mm/time	162	32
Vandindhold ved markkapacitet(MK), vægt%	18	25

* målt umiddelbart før forsøgsstart.

Forbehandling:

Efter lufttørring ved stuetemperatur nogle dage blev jorden sigtet gennem en 5 mm sigte og opbevaret i plastspande ved 2 °C indtil brug.

Inkubation

Inkubationsbetingelser:

Alle inkubationer er foretaget i 300 ml infusionsflasker forsynet med skruelåg med gummimembran, hvorigennem acetylen kan injiceres og luftprøver udtages. I hver flaske afvejedes en mængde jord svarende til 40 g tør jord. Jorden blev stampet til en omtrentlig naturlig volumenvægt, vand eller glukose-opl. blev tilsat og flaskerne placeredes ved den ønskede temperatur. I forsøg med svinegylle blev gyllen blandet i jorden umiddelbart før fordeling i flaskerne. Der anvendtes 3 niveauer af gylletilsætning: 10, 20 og 40 g gylle/kg jord, svarende til henholdsvis ca. 25, 50 og 100 tons/ha. Den anvendte gylle indeholdt 7.1 % tørstof, 0.49 % total N og 0.34 % $\text{NH}_4\text{-N}$; dvs. at ca. 1/3 af gyllens kvælstof var organisk bundet.

Inkubationer og målinger blev foretaget således som det er skitseret i fig. 2.1.

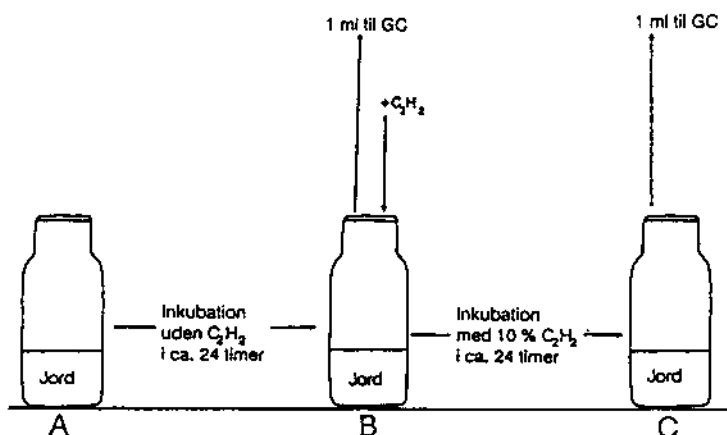


Fig. 2.1. Inkubations- og måleprocedure.

Gas opsamling

Prøverne blev først inkuberet ca. 24 timer (A til B) uden acetylen(C_2H_2), hvorefter en 1 ml gasprøve blev udtaget til gaskromatografisk analyse for N_2O . Herefter blev der tilsat acetylen svarende til ca. 10 % af luftvolumen i flasken. Prøverne blev derefter yderligere inkuberet i 24 timer (B til C) før endnu en gasprøve blev analyseret.

Under forudsætning af at acetylenen fuldstændig blokerer reduktionen af N_2O til N_2 , kan forholdet mellem N_2 og N_2O herefter beregnes:

$$N_2/N_2O\text{-forholdet} = \frac{(N_2O(C) - N_2O(B)) - (N_2O(B) - N_2O(A))}{(N_2O(B) - N_2O(A))}$$

Da atmosfæren indeholder 0.3 ppm N_2O , anvendes denne koncentration i $N_2O(A)$.

$N_2O(C) - N_2O(B)$ er et udtryk for denitrifikationsaktiviteten.

Gaskromatografi.

N_2 og N_2O måling

Målingerne blev foretaget på en Varian-3000 gaskromatograf forsynet med ^{63}Ni elektron-capture detektor og en Poropak T kolonne (1m x 1/8''). Detektor- og kolonnetemperatur var henholdsvis 350 og 45 °C. Som bæregas anvendtes en gasblanding bestående af 95 % Ar og 5 % CH_4 , og gennemstrømningshastigheden af bæregassen var på 25 ml/min.

3. Resultater og diskussion.

3.1. Denitrifikationsaktivitet.

En sammenligning af de to undersøgte jordtyper denitrifikationsaktivitet er vist i tabel 3.1.1.

$N_2 + N_2O$ tab i
sånd- og lerjord

Tabel 3.1.1. Denitrifikationsaktivitet ($\mu\text{g N}_2\text{O-N/kg jord/time}$) i Jynde-
vad-jord og Askov-
jord under sammenlignelige forhold.

temp °C	Jynde- vad		Askov	
	80 % MK	140 % MK	75 % MK	125 % MK
10	0,01	0,01	0,05	0,44
20	0,05	0,08	0,34	2,49
40 g gylle/kg jord				
10	0,22		2,75	
20	3,36		68,79	

Det fremgår af tabel 3.1.1, at denitrifikationsaktiviteten er væsentlig større i den sandblandede lerjord fra Askov end i den grovsandede jord fra Jynde-
vad. Aktiviteten er generelt 10 - 30 gange større i Askov-jorden end i Jynde-
vad-jorden. Det skal også bemærkes, at aktiviteten i Jynde-
vad ikke blive væsentlig større ved at ændre vandindholdet fra 80 til 140 % af markkapaciteten (MK), hvilket tyder på at den potentielle denitrifikationsaktivitet i Jynde-
vad-jorden er lav. Dette er i overensstemmelse med hvad tidligere markmålinger i Jynde-
vad har vist. Således viste Andersen et al. (1983), at der var en maksimal årlig denitrifikation på 5 - 10 kg N/ha fra arealer, som blev vandet. Ny-
ligt gennemførte målinger (Lind et al., 1989)

har bekræftet, at der på den grovsandede jord i Jyndevad er en meget lav denitrifikationsaktivitet.

I denne undersøgelse er der som enhed for denitrifikationsaktiviteten brugt $\mu\text{g N}_2\text{O-N/kg}$ tør jord/time. Til orientering kan det nævnes at $1 \mu\text{g N}_2\text{O-N/kg}$ jord/time svarer til ca. 60 g N/ha/dgn. eller ca. 20 kg N/ha/år. Antages det at jordtemperaturen i 8 mdr. af året ligger mellem 10 og 20 °C, og at vandindholdet i den tilsvarende periode har svinget mellem hvad der svarer til 75 og 125 % MK, kan de i tabel 3.1.1 viste resultater omregnes til denitrifikationstab på ca. 1 kg N/ha/år i Jyndevad-jorden og ca. 17 kg N/ha/år i Askov-jorden.

1 $\mu\text{g N}_2\text{O-N/}$
kg jord/time

svarer
til

60 g N/ha/dgn

eller

ca. 20 kg
N/ha/år

Denne beregning viser, at målingerne foretaget i laboratoriet giver resultater, der i størrelsesorden svarer til hvad man kan forvente under markforhold. Det skal dog bemærkes, at disse værdier er beregnet ud fra målinger på jord, som ikke har fået tilført kvælstof. Tilføres kvælstof, f. eks. i form af gylle, kan man, som det fremgår af tabel 3.1.1, forvente et større tab end de her beregnede. Er jordtemperaturen høj (> 10 °C) kan et betydeligt kvælstoftab forventes.

Der findes i litteraturen beskrevet et forholdsvis stort antal undersøgelser hvor effekten af vandindhold og temperatur på denitrifikationsaktiviteten er blevet undersøgt. Generelt kan det siges, at ved lave temperaturer i området 2 - 10 °C, er der fundet lave denitrifikationsaktiviteter, og at aktiviteten i det-

te temperaturområde kun stiger meget lidt med stigende temperatur (Bremner and Shaw, 1958; Smid and Beauchamp, 1976), samt at der i dette temperaturområde synes at være en lineær sammenhæng mellem temperatur og denitrifikationsaktivitet (Stanford et al., 1975). I temperaturområdet 10 - 30 °C er det i flere undersøgelser vist at der en eksponentiel sammenhæng mellem temperatur og denitrifikation (Focht and Verstraete, 1977; Doner and McLaren, 1978; Stanford et al., 1975).

Denitrifikationsaktiviteten stiger eksponentielt med temperaturen.

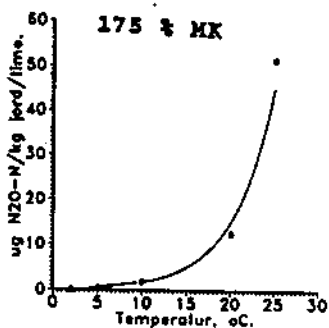
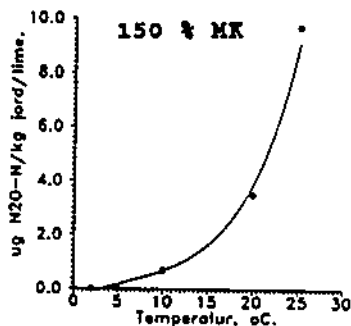
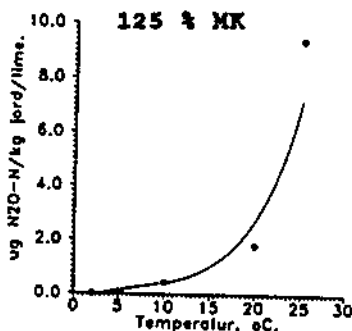
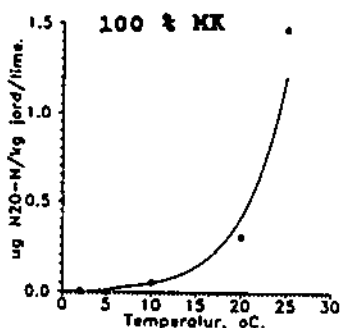
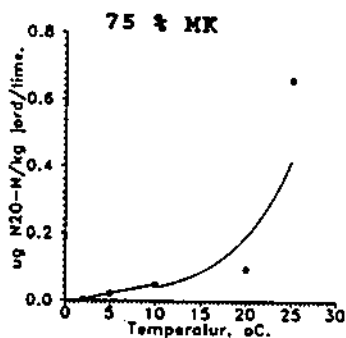
I fig. 3.1.1 er denitrifikationsaktiviteten i Askov-jord ved forskellige vandindhold vist som funktion af temperaturen. I figuren er kun gennemsnitsværdierne vist, og antal gentagelser og variation kan ses i tabel 6.2.7. Antages det, som nævnt ovenfor, at der i temperaturområdet 2 - 10 °C er en lineær sammenhæng mellem temperatur og aktivitet, og i området 10 - 25 °C en eksponentiel sammenhæng, kan denitrifikationsaktiviteten udtrykkes som funktion af temperaturen på følgende måde:

model

$$Y_{(0-10^{\circ}\text{C})} = a \cdot X + b$$

$$Y_{(10-25^{\circ}\text{C})} = c \cdot e^{t \cdot d}$$

hvor Y = denitrifikationsaktiviteten ($\mu\text{g N}_2\text{O-N/kg jord/time}$), t = temperatur (°C) og a, b, c og d er konstanter.



BEMÆRK !!!!

Forskellige
enheder på
Y-akserne

Fig. 3.1.1. Sammenhæng mellem temperatur, vandindhold og denitrifikationsaktivitet.

"Best fit" kurver for de her nævnte relationer mellem temperatur og denitrifikation er vist i fig. 3.1.1, og de på grundlag af best-fit kurverne beregnede konstanter er vist i tabel 3.1.2.

Tabel 3.1.2. Beregnede konstanter for de i teksten omtalte relationer mellem temperatur og denitrifikationsaktivitet.

Askov-jord							
Konstanterne a og c stiger med stigende vandindhold	Vand- indhold/ gylle- tilsætn.	Temperaturområde:					
		0 - 10 °C			10 - 25 °C		
		$y=a*t+b$			$y=c*e^{t*d}$		
	a	b	Q ₁₀	c	d	Q ₁₀	
dvs.	75% MK	,0056	-,0072	,05	,0080	,1585	4,9
	100% MK	,0064	-,0170	,06	,0054	,2166	8,7
	125% MK	,0558	-,1430	,56	,0546	,1954	7,1
	150% MK	,0937	-,2671	,94	,1226	,1725	5,6
	175% MK	,2298	-,5635	2,3	,1886	,2191	8,9
denitrifika- tionsaktivite- ten stiger med stigende vand- indhold.	10*	,0044	-,0068	,04	,0026	,2396	10,9
	20	,1285	-,3776	1,3	,1212	,2117	8,3
	40	,3508	-,9221	3,5	,3130	,2381	3,3
Jynde vad-jord							
	80% MK	Ved temperatu- rerne 2 og 5 °C		,0031	,1129	3,1	
	110% MK	ingen aktivitet		,0082	,0664	1,9	
	140% MK	ingen aktivitet		,1215	,0032	3,4	
	10*	Ved temperatu- rerne 2 og 5 °C		,0043	,2090	8,1	
	20	ingen aktivitet		,0041	,2419	11,2	
	40	ingen aktivitet		,0091	,2762	15,8	

* g gylle/kg jord.

Det fremgår af tabel 3.1.2, at ligeledes jordens vandindhold har stor betydning for denitrifikationsaktiviteten. Konstanterne a og c stiger med stigende vandindhold. Et øget vandindhold i jorden hindrer luftskiftet, og er dermed medvirkende til en større grad af anaerobitet. Samtidig bevirker et større vandindhold, at let omsætteligt organisk materiale bringes i opløsning og dermed i kontakt med de denitrificerende bakterier. Et øget vandindhold påvirker altså to forhold i jorden, der

begge har en positiv effekt på denitrifikationsaktiviteten.

De meget høje vandindhold (150 og 175 % MK i Askov-jord og 140 % MK i Jydevad-jord) som ikke forekommer særligt hyppigt under naturlige forhold, er medtaget i denne undersøgelse for at efterligne de forhold der kan forekomme umiddelbart efter kraftige regnskyl, hvor de øverste cm. af jorden i en kortere periode er vandmættet, eller i forårsperioden, hvor lavtliggende dele af markerne ofte er vandmættede.

Med det formål at undersøge om de i laboratoriet målte aktiviteter er anvendelige til beregning af denitrifikationstab i marken, er der nedenfor gennemgået en simpel model til beregning af denitrifikationsaktivitet som funktion af temperaturen. Som nævnt ovenfor er jordens vandindhold af stor betydning for denitrifikationsaktiviteten, men i modellen er kun temperaturen medtaget, da denne, i modsætning til jordens vandindhold, er tilgængelig i litteraturen.

Anvendes årsvariation i jordtemperatur, som beskrevet af Aslyng(1968), og de i tabel 3.1.2 viste konstanter, samt et konstant vandindhold, kan man ved hjælp af modellen beregne årlige denitrifikationstab, som vist i tabel 3.1.3.

Resultaterne i tabel 3.1.3 viser, at denitrifikationstabet i Jydevad-jorden er forsvindende lille. En denitrifikation af en vis betydning i en jordtype som Jydevad-jorden kan dog ikke afvises; tilførsel af gødning evt. i forbindelse med vanding eller nedbør vil give en øget denitrifikationsaktivitet. Hvis man lader modellen beregne denitrifikationstabet ved et konstant vandindhold på 140 % MK (uden

beregnet denitrifikation

kvælstoftilførsel) bliver resultatet ca. 3 kg N/ha/år. Markmålinger gennemført i vandede og gødede (120 kg N/ha/år) forsøgsled i Jyndeved resulterede i et denitrifikationstab på 5 - 10 kg N/ha/år. Også i Askov-jorden synes tabene at være små, sammenlignet med hvad der tidligere er fundet ved markmålinger i tilsvarende jordtyper (Andersen et al., 1983; Maag, 1989). Man bør dog også her bemærke, at disse laboratoriemålinger er foretaget på jordprøver, der ikke har fået tilsat kvælstof.

Tabel 3.1.3. Simulerede denitrifikationstab.

	Vandindhold % MK	Denitrifikationstab Kg N/ha/år
Askov- jord	75	1
	100	2
	125	14
Jyndeved- jord	80	0.2
	110	0.4

Ved et konstant vandindhold i Askov-jord på 75 % MK beregner modellen et tab på 1 kg N/ha/år, og ved 125 % MK 14 kg N/ha/år, hvilket fortæller lidt om hvor stor variation der kan forekomme ved målinger i marken. Foretages målingerne i højtliggende, tørre områder af marken finder man lave denitrifikationstab, hvorimod målinger i lavereliggende, fugtige områder af marken giver N-tab, der får betydning i eventuelle N-balanceberegninger. Ved konstant vandmætning, beregner modellen et denitrifikationstab på ca. 75 kg N/ha/år.

Størrelsesordnen af denitrifikationstabene beregnet ved hjælp af denne simple model, hvor

kun vandindhold og temperatur er variable, tyder imidlertid på at det er muligt at komme videre ad denne vej. For at få et mere nuanceret billede, kræves det dog at det undersøges hvorledes andre vigtige faktorer, såsom jordens kvælstofindhold og omsætteligt organisk stof, påvirker denitrifikationen.

Det skal dog endnu engang understreges, at de her viste denitrifikationstab alle er beregnet på grundlag af modelforsøg i laboratoriet, og hvis resultaterne anvendes i anden sammenhæng, skal dette gøres med omtanke.

3.2. Forholdet mellem N_2 og N_2O .

Tabel 3.2.1. Forholdet mellem N_2 og N_2O i Jydevad-jord ved forskellige temperaturer.

Temp °C	Uden tilsætning. *	Tilsætn. af 0,2 % glukose **	Tilsætn. af gylle. ***
	Vandindhold % MK	Vandindhold % MK	g/kg jord
	80 110 140	110 140	10 20 40
2	0 0,3 0	0 2,7	0 0,5 0
5	0 0,4 0	1,0 2,1	- 1,7 0
10	0 0,2 0,3	0,1 2,5	3,9 2,3 2,8
15	0 0,0 0,6	- -	- - -
20	0 0,8 1,2	4,8 11,1	7,8 4,2 9,3
25	- - -	- -	9,8 6,8 9,0

- = ikke målt, * beregnet på basis af data i tabel 6.2.1, ** beregnet på basis af data i tabel 6.2.2, *** antal gent. og variation vist i tabel 6.2.3. Vandindhold ved alle gyllemængder ca. 110 % MK.

N_2/N_2O i sandjord

Forholdet mellem N_2 og N_2O ved forskellige temperaturer i Jydevad-jord er vist i tabel 3.2.1. Uden tilsætning af enten glukose eller gylle er N_2/N_2O -forholdet generelt lavt ved alle vandindhold og temperaturer. Et N_2/N_2O -forhold på 0 betyder at denitrifikationens slutprodukt udelukkende er N_2O . Der kan fra denne forsøgsserie ikke siges noget om hvorvidt det producerede N_2O stammer fra nitrifikationen eller fra denitrifikationen. Dog er det overvejende sandsynligt, at der ved det lave vandindhold (80 % MK) og dermed forholdsvis iltrige forhold, ikke sker nogen denitrifikation af betydning. En af årsagerne til den lave denitrifikation og dermed de lave N_2/N_2O -

forhold i Jyndeved-jorden kunne være mangel på let omsættelige C-forbindelser.

For at få svar på denne antagelse, gennemførtes en forsøgsserie, hvor glukose blev tilsat som energi- og C-kilde. Det bevirkede en væsentlig stigning i denitrifikationsaktiviteten, samt større N_2/N_2O -forhold. Tilsætning af gylle gav tilsvarende en stigning i aktiviteten og N_2/N_2O -forholdet.

Forholdet mellem N_2 og N_2O stiger med stigende temperatur.

Tabel 3.2.2. Forholdet mellem N_2 og N_2O i Askov-jord ved forskellige temperaturer.

Temp °C	Uden tilsætn. *					Tilsætn. af gylle **		
	Vandindhold: ‰ MK					g/kg jord		
	75	100	125	150	175	10	20	40
2	2,5	0,6	1,9	0,6	0,5	0,1	0	0
5	3,2	0,3	1,5	0,1	0,0	0	0	6,9
10	0,4	1,6	2,9	2,1	1,6	0,7	0,7	30,1
20	0,3	2,8	6,2	9,7	4,8	2,4	4,6	63,1
25	1,7	6,2	10,7	13,2	15,9	5,0	3,1	23,2

* i tabel 6.2.4 er gens. og variationskoefficienter vist.

** i tabel 6.2.5 er gens. og variationskoefficienter vist, vandindhold efter tilførsel af gylle 80-90 ‰ MK.

N_2/N_2O i lerjord Forholdet mellem N_2 og N_2O ved forskellige temperaturer i Askov-jord er vist i tabel 3.2.2. Resultaterne her viser ligeledes at, under fugtighedsforhold hvor en denitrifikation kan forventes at finde sted (dvs. ved vandindhold på 100 ‰ MK og derover), får man ved stigende temperatur et stigende N_2/N_2O -forhold. N_2/N_2O -forholdets afhængighed af temperaturen

synes at være mest udpræget ved de højere vandindhold.

Ligeledes i forsøgsserien med gylle-tilsætning er der en klar tendens til at N_2/N_2O -forholdet stiger med stigende temperatur. I forsøgsleddet, hvor der blev tilført 40 g gylle/kg jord blev der målt høje N_2/N_2O -forhold ved temperaturene 10, 20 og 25 °C, - henholdsvis 31.1, 63,1 og 23.2.

Tilførsel af den store mængde gylle betyder, at der er tilført hvad der svarer til 100 kg uorganisk N/ha. Da al den uorganiske kvælstof i gylle er på ammoniumform, kan man forvente betydelig nitrifikation efter at gyllen er blandet i jorden, og dermed forholdsvis stor produktion af N_2O . De høje N_2/N_2O -forhold målt i dette forsøgsled tyder imidlertid på at der også har fundet en denitrifikation sted, således at den ved nitrifikationen producerede N_2O er blevet reduceret til frit kvælstof. Relationer mellem nitrifikation og denitrifikation er omtalt senere i dette afsnit.

gylle ændrer
 N_2/N_2O

I det foregående afsnit blev det vist, at der er en eksponentiel sammenhæng mellem denitrifikationsaktivitet (N_2 -afgivelse) og temperatur. Beregninger foretaget på målinger af N_2O -produktionen uden acetylen-tilsætning, viser, at også N_2O -afgivelsen stiger eksponentielt med stigende temperatur. Det vil sige at N_2 - og N_2O -afgivelsen kan udtrykkes som funktion af temperaturen ved ligningerne:

$$Y_{(N_2)} = c_1 \cdot e^{t \cdot d_1}$$

$$Y_{(N_2O)} = c_2 \cdot e^{t \cdot d_2}$$

Dette medfører at N_2/N_2O -forholdet kan udtrykkes som:

$$\frac{Y_{(N_2)}}{Y_{(N_2O)}} = \frac{C_1 \cdot e^{t \cdot d_1}}{C_2 \cdot e^{t \cdot d_2}} = \frac{C_1}{C_2} \cdot e^{(d_1 - d_2) \cdot t}$$

eller

$$\ln \left(\frac{Y_{N_2}}{Y_{N_2O}} \right) = (d_1 - d_2) \cdot t + \ln \left(\frac{C_1}{C_2} \right)$$

Det vil sige, at hvis den naturlige logaritme til N_2/N_2O -forholdet afbildes mod temperaturen (t), fås en ret linie med hældningen $d=d_1-d_2$. Et eksempel herpå er vist i fig. 3.2.1, hvor data fra tabel 3.2.2 (Askov-jord 100 % og 175 % MK) er anvendt.

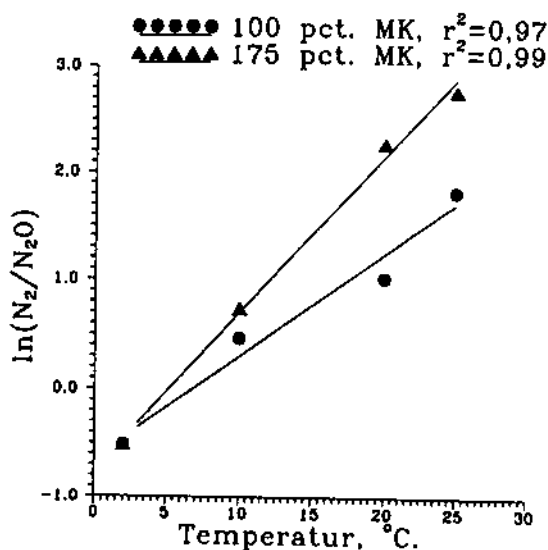


Fig. 3.2.1. Sammenhæng mellem temperatur og den naturlige logaritme til N_2/N_2O -forholdet.

Tilsvarende beregninger er foretaget for de øvrige behandlinger, og beregnede konstanter og tilhørende korrelationer er vist i tabel 3.2.3.

Tabel 3.2.3. Samhørende værdier for d , $\ln(c_1/c_2)$ og r^2 . Se tekst ovenfor. Beregningerne er foretaget på basis af data ved temperaturerne 2, 10, 20 og 25 °C.

	d	$\ln(c_1/c_2)$	r^2
Askov-jord			
100 ‰ MK	0,09	-0,64	0,98
125 ‰ MK	0,07	0,41	0,99
150 ‰ MK	0,14	0,70	0,99
175 ‰ MK	0,14	-1,01	0,99
10 g gylle/kg jord	0,16	-2,39	0,99
Jyndeved-jord			
140 ‰ MK	0,12	0,00	0,99
10 g gylle/kg jord	0,06	0,75	0,99
20 g gylle/kg jord	0,09	-0,37	0,93

Forholdet mellem N_2 og N_2O stiger med stigende vandindhold.

Det fremgår af tabel 3.2.3, at der for hver behandling (‰ MK eller gylletilsætning) er en god sammenhæng mellem temperatur og N_2/N_2O -forholdet. Korrelationskoefficienterne (r^2) er alle tæt på 1. Der synes altså ikke at være tvivl om, at N_2/N_2O -forholdet stiger med stigende temperatur. Derimod er der en betydelig variation mellem behandlingerne. Specielt varierer $\ln(c_1/c_2)$, hvorimod d -værdierne, som udtrykker ændringen i N_2/N_2O -forholdet pr. °C, i Askov-jorden synes at gruppere sig således, at ved "lave" vandindhold (100 og 125 ‰ MK), hvor en relativ lav denitrifikationsaktivitet kan forventes, er værdierne lave (0,07-0,09), og under vandmættede forhold eller efter gylletilsætning, hvor en høj denitrifikationsaktivi-

tet kan forventes, er d-værdierne højere (0,14-0,16).

Temperatur-
korrektions-
af N_2/N_2O -
forholdet.

Formålet med denne undersøgelse var primært at forsøge at finde nogle faktorer til korrektion af det første års denitrifikationsmålinger i Askov omtalt i rapport A9. Da det tilsyneladende ikke er muligt at finde alment gældende korrektionsfaktorer foreslås på basis af det ovenstående, at korrektionerne foretages efter en vurdering af de aktuelle forhold på måletidspunktet. Under normale fugtigheds forhold i jorden foreslås det at korrigeres N_2/N_2O -forholdet med en d-værdi på 0,08, hvilket betyder at ved en temperaturforskul på f. eks. 10 °C, skal N_2/N_2O -forholdet reduceres med en faktor 2,2 ($e^{10 \cdot 0,08} = 2,2$). Er vandindholdet i jorden højt, f. eks. i forbindelse med frost-tø situationer om foråret, eller efter tilførsel af gylle, skal N_2/N_2O -forholdet tilsvarende reduceres med en faktor 4,5 ($e^{10 \cdot 0,15} = 4,5$).

De i denne undersøgelse fundne sammenhænge mellem N_2/N_2O -forholdet og temperatur er i overensstemmelse med tidligere undersøgelser. Således undersøgte Nömmik (1956) bl. a. N_2O - og N_2 -udviklingen ved temperaturerne 3, 12-13, 20-22, 28 og 37 °C, og fandt N_2/N_2O -forhold på henholdsvis 0, 0.2, 0.7, 1.6 og 30.7. Ligeledes fandt Keeney et al. (1979) ved temperaturerne 7 og 25 °C et N_2/N_2O -forhold på henholdsvis 1.3 og 4.4. I begge tilfælde er der altså tale om en stigning i N_2/N_2O -forholdet ved stigende temperatur.

Ligeledes m.h.t. jordens vandindhold eller iltstatus synes der at være god overensstemmelse mellem resultaterne i nærværende undersøgelse og tidligere gennemførte undersøgelser. Således skriver Nömmik (1956), at "... it

Både nitrifikation og denitrifikation giver N_2O

Hvad betyder nitrifikationen for N_2/N_2O -forholdet ?

should be pointed out that at lower moisture content the denitrification gas consisted chiefly of nitrous oxide. This indicates that the degree of anaerobity is one of the factors which determines the composition of the denitrification." Denne iagttagelse er senere bekræftet af bl. a. Løtey et al. (1981). Ved lavere vandindhold (< 100 % MK) skal man også være opmærksom på at der kan være en N_2O -produktion fra nitrifikationsprocessen, hvilket vil medvirke til lavere N_2/N_2O -forhold.

Problemstillingen om hvorvidt den målte N_2O stammer fra nitrifikationen eller denitrifikationen er belyst i en forsøgsserie med Askov-jord, hvor N_2O -udviklingen er fulgt efter inkubation med 10 % acetylen og uden acetylen (Fig. 3.2.2). Udover at inhibere reduktionen af N_2O til N_2 , blokerer acetylen ligeledes nitrifikationsprocessen (Berg et al., 1982). Til den inkuberede jord er der tilsat 100 ppm NH_4-N og vandindholdet var på 75 % MK. Begge dele for at optimere nitrifikationsprocessen.

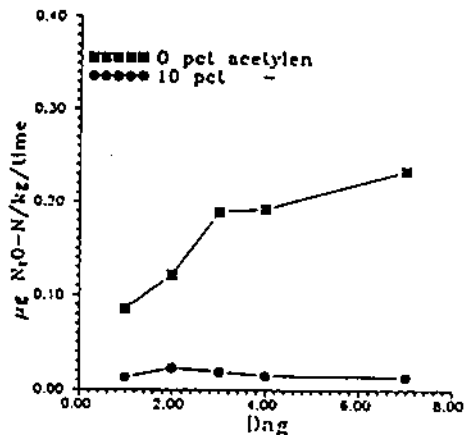


Fig. 3.2.2. N_2O -udvikling fra Askov-jord ved inkubation med 10 % acetylen og uden acetylen. Vandindhold = 75 % MK. Antal gentagelser og variation er vist i tabel 6.2.6.

Det fremgår af resultaterne i fig. 3.2.2, at N_2O -udviklingen var 5 - 17 gange større i prøver hvor nitrifikationen forløb uhindret (0 acetylen) end i prøver hvor nitrifikationen var blokeret af acetylen. Resultaterne her, som er i overensstemmelse med hvad der tidligere er fundet (Bremner and Blackmer, 1978; Klemetsson et al., 1988), viser at nitrifikationsprocessen under visse omstændigheder kan bidrage med en væsentlig mængde N_2O , hvilket ligeledes kan forklare hvorfor N_2/N_2O -forholdet er lavt (ofte 0) ved lave vandindhold.

Da acetylen, som nævnt blokerer nitrifikationen, bør acetylen-inhiberings-metoden ikke anvendes til måling af denitrifikation i perioder hvor nitrifikation kan forventes, f. eks. efter gylleudbringning. I sådanne tilfælde bør N_2O -afgivelsen måles uden tilsætning af acetylen, f. eks. som beskrevet af Christensen (1985).

4. Konklusioner.

Denitrifikation
og -

Vedr. denitrifikationsaktivitet:

- aktiviteten ved temperaturer under 10 °C er relativt lav, og stiger lineært med stigende temperatur i området 2 - 10 °C (s. 14).
- aktiviteten stiger eksponentielt i temperaturområdet 10 - 25 °C (s. 14).
- aktiviteten er stærkt afhængig af jordens vandindhold, og opnår først en størrelse af betydning ved vandindhold over 100 % markkapacitet (s. 15 og 16).
- tilførsel af gylle bevirker en betydelig stigning i denitrifikationsaktiviteten. Tilførsel af 10, 20 og 40 g gylle/kg jord forøgede aktiviteten med en faktor på henholdsvis 2, 21 og 89 i Askov-jorden. Tilsvarende faktorer blev i Jydevad-jorden fundet til 9, 17 og 77 (s. 16).

Vedr. N₂/N₂O-forholdet:

- forholdet mellem N₂ og N₂O er relateret til denitrifikationsaktiviteten, forstået således at når denitrifikationsaktiviteten stiger, så produceres der forholdsvis mere N₂, hvorved N₂/N₂O-forholdet stiger:

Temperatur: Ved stigende temperatur stiger N₂/N₂O-forholdet, hvilket er specielt udpræget ved vandindhold over 100 % MK (s. 22).

Vandindhold: Ved stigende vandindhold stiger N_2/N_2O -forholdet. Ved vandindhold under 100 % MK er N_2/N_2O -forholdet oftes under 1, hvilket kan skyldes at N_2O produceret ved nitrifikationen under sådanne forhold kan spille en rolle (s. 19, 20 og 24).

Organisk stof: Ved tilsætning af organisk stof, f. eks. glukose eller gylle, stiger denitrifikationsaktiviteten, og dermed N_2/N_2O -forholdet (s. 19 og 20).

Korrektion af N_2/N_2O -forholdet: Er N_2/N_2O -forholdet i Askov-jord blevet bestemt ved en temperatur forskellig fra den aktuelle temperatur i marken, kan en korrektion foretages ved hjælp af de i denne undersøgelse fundne konstanter (s. 23 og 24).

5. Referencer.

- Andersen, C., Eiland, P. og Vinther, F. P.
(1983). Økologiske undersøgelser af jord-
bundens mikroflora og fauna i dyrknings-
systemer med reduceret jordbehandling, vår-
byg og efterafgrøder. Tidsskr. Planteavl
87, 257-296.
- Aslyng, H. C. (1968). Klima, jord og vandbalan-
ce i jordbruget. DSR Forlag, Den Kgl. Vete-
rinær- og Landbohøjskole.
- Bailey, L. D. (1976). Effects of temperature
and root on denitrification in a soil. Can.
J. Soil Sci. 56, 79-87.
- Bailey, L. D. and Beauchamp, E. G. (1973).
Effect of moisture, added nitrate, and
macerated roots on nitrate transformation
and redox potential in surface and
subsurface soils. Can. J. Soil Sci. 53,
219-230.
- Berg, P., Klemedtsson, L. and Rosswall, T.
(1982). Inhibitory effect of low partial
pressure of acetylen on nitrification.
Soil Biol. Biochem. 14, 301-303.
- Bremner, J. M. and Shaw, K. (1958). Denitrifi-
cation in soils. J. Agric. Sci. 51, 40-47.
- Bremner, J.M. and Blackmer, A.M. (1978).
Nitrous oxide: emission from soils during
nitrification of fertilizer nitrogen.
Science 199, 295-296.

- Bremner, J.M. and Blackmer, A.M. (1979).
Effect of acetylene and soil water content
on emission of nitrous oxide from soils.
Nature 280, 380-381.
- Chalamet, A. (1985). Effects of environmental
factors on denitrification. In: H. L.
Golterman (ed.). Denitrification in the
nitrogen cycle. Plenum Press, New York and
London., pp. 7-30.
- Christensen, S. (1985). Denitrification in a
sandy loam soil as influenced by climatic
and soil conditions. Tidsskr. f. Planteavl
89, 352-365.
- Doner, H. E. and McLaren, A. D. (1978). Tempera-
ture dependance of nitrate losses and deni-
trifier populations in soil columns. In:
(Ed. W. E. Kumbrein) Environmental biogeo-
chemistry and geomicrobiology, vol II.
- Focht, D. D. and Verstraete, W. (1977).
Biochemical ecology of nitrification and
denitrification. In (Ed. M. Alexander)
Advances in microbial ecology, vol. 1,
Plenum Press.
- Hansen, L. (1976). Jordtyper ved de danske
forsøgsstationer. Tidsskr. Planteavl 80,
742-758.
- Lind, A. M., Deboz, K., Djurhuus, J. og Maag,
M. (1989). Kvalstofomsætning ved forskel-
lige dyrkningsformer og jordtyper. Vand &
Miljø 2, 63-67.

- Keeney, D. R., Fillery, I. R. and Marx, G. P. (1979). Effect of temperature on gaseous nitrogen products of denitrification in a silt loam soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43, 1124-1128.
- Klemedtsson, L., Svensson, B. H. and Rosswall, T. (1988). A method of selective inhibition to distinguish between nitrification and denitrification as sources of nitrous oxide in soil. *Biol. Fertil. Soils* 6, 112-119.
- Letey, J., Valoras, N., Focht, D.D. and Ryden, J C. (1981). Nitrous oxide production and reduction during denitrification as affected by redox potential. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 45, 727-735.
- Maag, M. (1989). Denitrification losses from soil receiving pig slurry or fertilizer. In: (Eds. J. Aa. Hansen and K. Henriksen) *Nitrogen in organic wastes applied to soils*, Academic Press, London.
- Nommik, H. (1956). Investigations on denitrification in soil. *Acta Agric. Scand.* 6, 195-228.
- Ottow, J. G. G., Burth-Gebauer, I. and El Demerdash, M. E. (1985). Influence of pH and partial oxygen pressure on the N_2O-N to N_2 ratio of denitrification. In: H. L. Golterman (ed.). *Denitrification in the nitrogen cycle*. Plenum Press, New York and London, pp. 101-120.

Smid, A. E. and Beauchamp, E. G. (1976). Effect of temperature and organic matter on denitrification in soil. *Can. J. Soil Sci.* 56, 385-391.

Stanford, G., Dzienia, S. and Vander Pol, R. A. (1975). Effect of temperature on denitrification rate in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39, 867-870.

Vinther, F. P. (1984). Total denitrification and the ratio between N_2O and N_2 during the growth of spring barley. *Plant and Soil* 76, 227-232.

6. Appendix.

Appendix 6.1.

Eksempel på temperaturens betydning for N_2/N_2O -forholdet og dermed på den beregnede totale denitrifikation.

Det er i flere undersøgelser vist, at der ved stigende temperatur produceres forholdsvis mere N_2 end N_2O . Således viste Keeney et al. (1979), at der ved en temperaturstigning fra 7 til 25 °C skete en forøgelse af N_2/N_2O -forholdet med ca. 2.5 gange. Med denne sammenhæng mellem temperatur og N_2 -produktion kan det, som det fremgår af det nedenfor viste eksempel, få afgørende betydning for beregningerne af den totale denitrifikation.

Eksempel:

Jordtemperatur:	5 °C.
N_2O -afgivelse i marken:	30 enheder
N_2/N_2O -forholdet målt ved stuetemperatur (ca. 20 °C):	2.5
N_2/N_2O -forholdet målt ved aktuel temperatur (5 °C):	1
Beregning af total denitrifikation:	
1. Ved 20 °C:	$2.5 * 30 = 75$
2. Ved 5 °C:	$1 * 30 = 30$

Der er i dette eksempel regnet med at en temperaturstigning fra 5 til 20 °C (ikke urealistisk i det tidlige forår, hvor de højeste aktiviteter ofte måles) medfører en stigning i N_2/N_2O -forholdet fra 1 til 2.5. Denne stigning betyder, at N-tabet beregnes til 60, hvorimod det reelle tab kun er på 30. Altså en væsentlig overvurdering af det luftformige kvælstoftab.

Appendix 6.2.

Tabel 6.2.1. Denitrifikationsaktivitet ($\mu\text{g N}_2\text{O-N/kg tør jord/time}$) ved forskellige vandindhold, temperaturer og acetylenkoncentrationer i Jydevadjord.

VAND % MK	TEMP °C	ACET %	N ₂ O-N			
			N	MEAN	CV	
80	2	0	5	0.008	82	
		10	5	0.005	45	
	5	0	15	0.007	107	
		10	15	0.006	86	
	10	0	10	0.050	268	
		10	10	0.012	235	
	15	0	5	0.009	44	
		10	5	0.006	24	
	20	0	25	0.091	216	
		10	25	0.045	335	
	110	2	0	20	0.007	198
			10	20	0.010	169
5		0	10	0.010	54	
		10	10	0.014	296	
10		0	10	0.010	132	
		10	10	0.013	250	
15		0	10	0.133	297	
		10	10	0.010	181	
20		0	50	0.072	288	
		10	0	0.132	243	
140		2	0	10	0.010	33
			10	10	0.008	38
	5	0	10	0.007	37	
		10	8	0.004	136	
	10	0	10	0.006	87	
		10	10	0.008	40	
	15	0	10	0.006	92	
		10	10	0.009	116	
	20	0	35	0.034	121	
		10	34	0.076	351	

Tabel 6.2.2. Denitrifikationsaktivitet (ug N₂O-N/kg tør jord/time) ved forskellige vandindhold, temperaturer og acetylenkoncentrationer i Jydevad-jord efter tilsætning af 0.2 % glukose.

			N ₂ O-N		
			N	MEAN	CV
VAND % MK	TEMP °C	ACET %			
110	2	0	10	0.010	275
		10	10	0.008	212
	5	0	10	0.002	211
		10	10	0.004	147
	10	0	10	0.011	141
		10	10	0.012	127
	20	0	30	0.035	398
		10	30	0.202	189
140	2	0	10	0.002	111
		10	10	0.006	129
	5	0	10	0.005	170
		10	10	0.016	185
	10	0	10	0.467	128
		10	10	1.648	156
	20	0	30	0.138	129
		10	30	1.678	157

Tabel 6.2.3. Forholdet mellem N_2 og N_2O ved forskellige gyllemængder og temperaturer i Jydevad-jord.

		N_2/N_2O -forholdet		
		N	MEAN	CV
GYLLE *	TEMP °C			
10	2	3	0.000	.
	5	0	.	.
	10	10	3.859	59
	20	10	7.769	190
	25	10	9.759	112
20	2	10	0.515	69
	5	10	1.646	98
	10	10	2.263	118
	20	10	4.199	57
	25	10	6.849	67
40	2	10	0.000	.
	5	10	0.000	.
	10	10	2.816	56
	20	10	9.334	30
	25	10	9.010	35

* g gylle/kg jord

Tabel 6.2.4. N_2/N_2O -forholdet i Askov-jord ved forskellige våndindhold og temperaturer

		N_2/N_2O -forholdet		
		N	MEAN	CV
VAND	TEMP, °C			
75 % MK	2	25	2.543	254
	5	25	3.235	216
	10	25	0.381	121
	20	25	0.267	138
	25	10	1.747	63
100 % MK	2	20	0.588	213
	5	20	0.342	192
	10	20	1.569	238
	20	20	2.788	184
	25	10	6.191	26
125 % MK	2	20	1.883	197
	5	20	1.533	192
	10	20	2.931	133
	20	20	6.179	94
	25	10	10.679	90
150 % MK	2	15	0.587	274
	5	15	0.089	200
	10	15	2.111	281
	20	15	9.653	117
	25	15	13.191	111
175 % MK	2	10	0.541	85
	5	10	0.004	175
	10	10	0.612	138
	20	10	4.844	31
	25	10	15.879	63

Tabel 6.2.5. N_2/N_2O -forholdet i Askov-jord ved forskellige gyllemængder, vandindhold og temperaturer.

			N_2/N_2O -forholdet		
			N	MEAN	CV
GYLLE *	VAND % MK	TEMP °C			
10	80- 90	2	11	0.127	180
		5	11	0.000	.
		10	12	0.733	200
		20	19	2.425	168
		25	19	5.048	105
20	80- 90	2	10	0.000	.
		5	10	0.000	.
		10	10	0.675	221
		20	10	4.565	73
		25	10	3.145	62
40	80- 90	2	10	0.025	316
		5	10	6.909	41
		10	10	30.078	12
		20	10	63.069	70
		25	10	23.173	81

* g gylle/kg jord

Tabel 6.2.6. Denitrifikationsaktivitet ($\mu\text{g N}_2\text{O-N/kg jord/time}$) i Askov-jord ved et vandindhold på 75 † MK, samt uden og med acetylen.

ACET	DAG	N ₂ O-N		
		N	MEAN	CV
0	1	10	.086	30
	2	10	.122	50
	3	10	.190	60
	4	10	.193	65
	7	10	.234	67
10	1	10	.013	5
	2	10	.023	4
	3	10	.019	4
	4	10	.015	5
	7	10	.014	6

Tabel 6.2.7. Denitrifikationsaktivitet
($\mu\text{g N}_2\text{O-N/kg}$ tør jord/time) ved forskellige
vandindhold og temperaturer i Askov-jord.

		$\text{N}_2\text{O-N}$		
		N	MEAN	CV
VAND % MK	TEMP °C			
75	2	20	0.004	188
	5	20	0.021	269
	10	20	0.049	246
	20	5	0.096	224
	25	20	0.664	156
100	2	25	0.004	175
	5	25	0.002	234
	10	25	0.052	368
	20	25	0.305	341
	25	10	1.479	124
125	2	20	0.010	337
	5	20	0.070	98
	10	20	0.440	157
	20	5	1.822	205
	25	20	9.419	119
150	2	15	0.001	387
	5	15	0.020	371
	10	15	0.710	280
	20	15	3.509	42
	25	15	9.741	40
175	2	10	0.012	211
	5	10	0.400	145
	10	10	1.804	129
	20	10	12.424	23
	25	10	51.382	43

Tabel 6.2.8. Denitrifikationsaktivitet ($\mu\text{g N}_2\text{O-N/kg jord/time}$) i Askov-jord efter tilfsning af gylle.

		N ₂ O-N		
		N	MEAN	CV
GYLLE *	TEMP °C			
10	2	19	0.007	127
	5	19	0.007	98
	10	19	0.040	181
	20	19	0.892	115
	25	19	4.355	138
20	2	10	0.001	316
	5	10	0.070	85
	10	10	0.980	140
	20	10	11.866	85
	25	10	23.466	49
40	2	10	0.044	111
	5	10	0.409	29
	10	10	2.745	13
	20	10	68.793	70
	25	10	162.348	68

* g gylle/kg jord

Tabel 6.2.9. Denitrifikationsaktivitet ($\mu\text{g N}_2\text{O-N/kg}$ tør jord/time) ved forskellige gyllemængder og temperaturer i Jyndevad-jord.

		$\text{N}_2\text{O-N}$		
		N	MEAN	CV
GYLLE *	TEMP °C			
10	2	10	0.000	.
	5	10	0.000	.
	10	10	0.166	187
	20	10	0.509	197
	25	10	1.862	122
20	2	10	0.000	.
	5	10	0.002	151
	10	10	0.085	111
	20	10	0.794	55
	25	10	1.789	67
40	2	10	0.000	.
	5	10	0.000	.
	10	10	0.224	120
	20	10	3.357	37
	25	10	7.697	31

* g gylle/kg jord

Appendix 6.3.

Programmet for denitrifikationsmodellen.

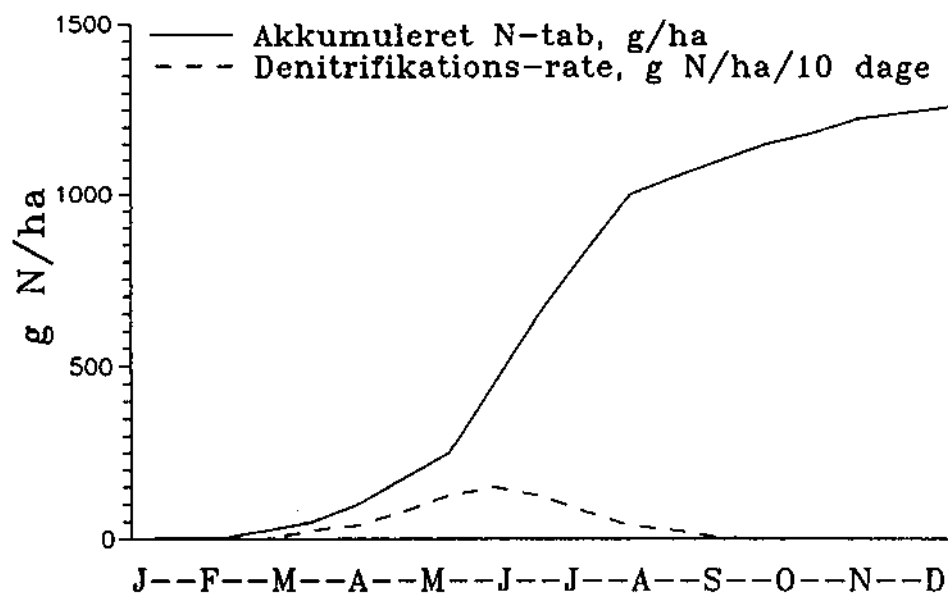
Da denitrifikationsaktiviteterne er meget lave ved temperaturer under 10 °C, er der i modellen set bort fra den lineære sammenhæng mellem temperatur og aktivitet i området 0 - 10 °C. Den eksponentielle sammenhæng mellem temperatur og denitrifikationsaktivitet er anvendt i hele temperaturområdet fra 0 til 25 °C.

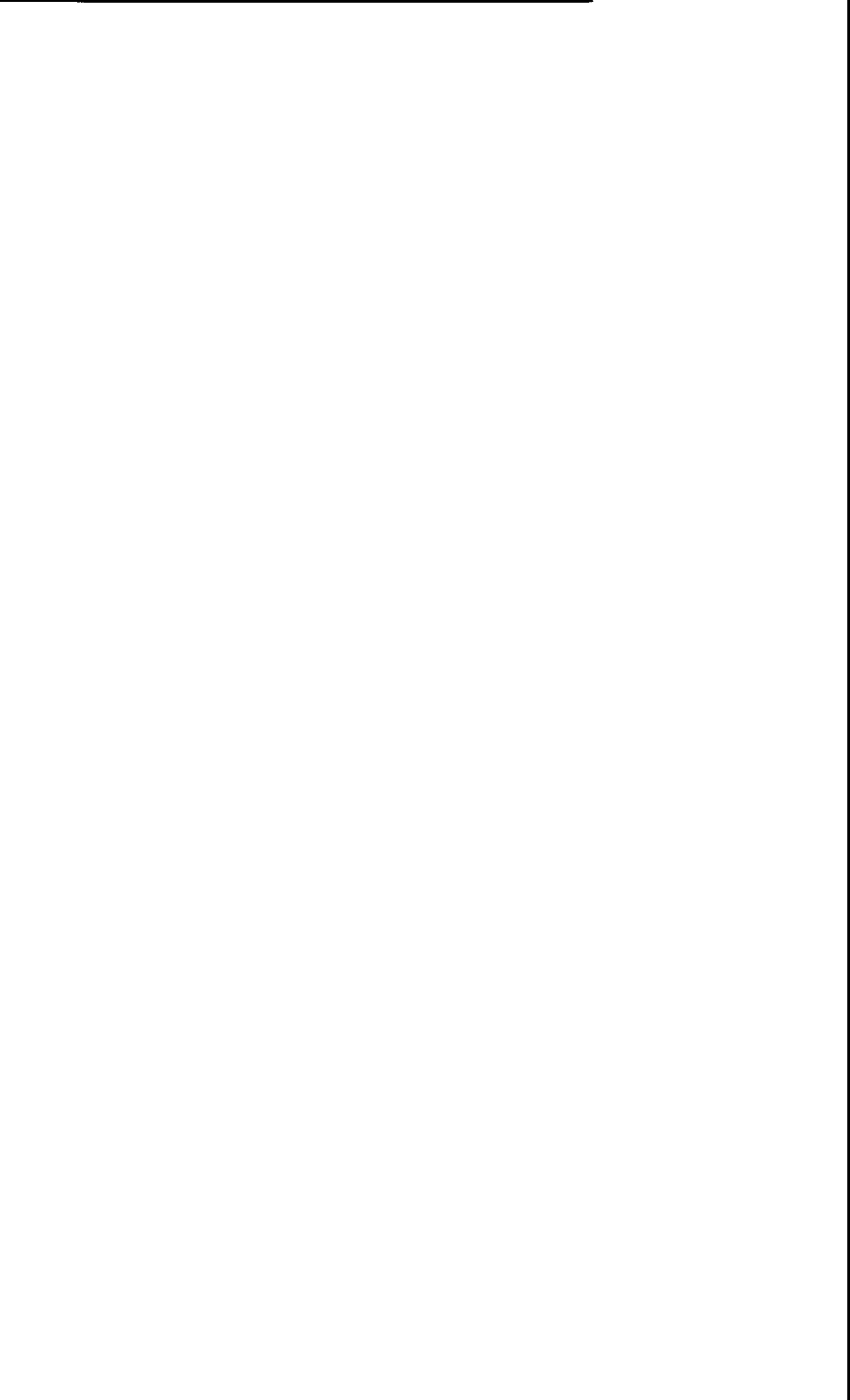
```
* TEMPERATUR OG DENITRIFIKATION
*****
L DENIT.K=DENIT.J+(DT)*(N2OR.JK)
R N2OR.KL=(EXP(D*TEMP.K)*C)*600      g/ha
A TEMP.K=TABLE(TEMPT,TIME.K,0,36,2)
T TEMPT=1/.5/0/0/1.8/5/9/14/17.3/20/18.5/17.1/16/13/10/7/4/2/1
N DENIT=0
N N2OR=0
C C= "Værdier fra tabel 3.1.2"
C D= "  _  _  _  _  _  "
SPEC DT=.125/PLTPER=1/LENGTH=36
SAVE TEMP,DENIT,N2OR
PLOT TEMP,DENIT,N2OR
OPT BW
RUN
```

Udskrift af temperaturkurven, som indgår i denitrifikationsmodellen. Værdierne er fra Aslyng(1968), og viser gennemsnitstemperaturer i 2,5 cm's dybde over årene 1954-1957.



Eksempel på output fra denitrifikationsmodellen.





Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.: NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, A3

Udgivelsesår: 1990

Titel:

Temperatur og denitrifikation

Undertitel:

Forfatter(e):

Vinther, Finn

Udførende institution(er):

Statens Planteavlsvforsøg

Resumé:

Målinger i laboratoriet viser, at denitrifikationsaktiviteten er stærkt afhængig af jordtype, jordens temperatur og af jordens vandindhold. De fundne sammenhænge mellem temperatur, vandindhold og aktivitet er anvendt i en simpel denitrifikationsmodel til beregning af N-tab i ugedet jord. Målinger af den relative fordeling mellem N_2 og N_2O -afgivelsen viser, at ved stigende temperatur og vandindhold øges andelen af N_2 i forhold til N_2O .

Emneord:

denitrifikation; temperatur; jordbundstyper; fugtighed; husdyrgødning; analysemetoder; nitrogen CAS 7727-37-9

ISBN: 87-503-8512-7

ISSN:

Pris: 55,- (inkl. 22 % moms)

Format: A5

Sideantal: 48 s.

Md./år for redaktionens afslutning: april 1990

Oplag: 450

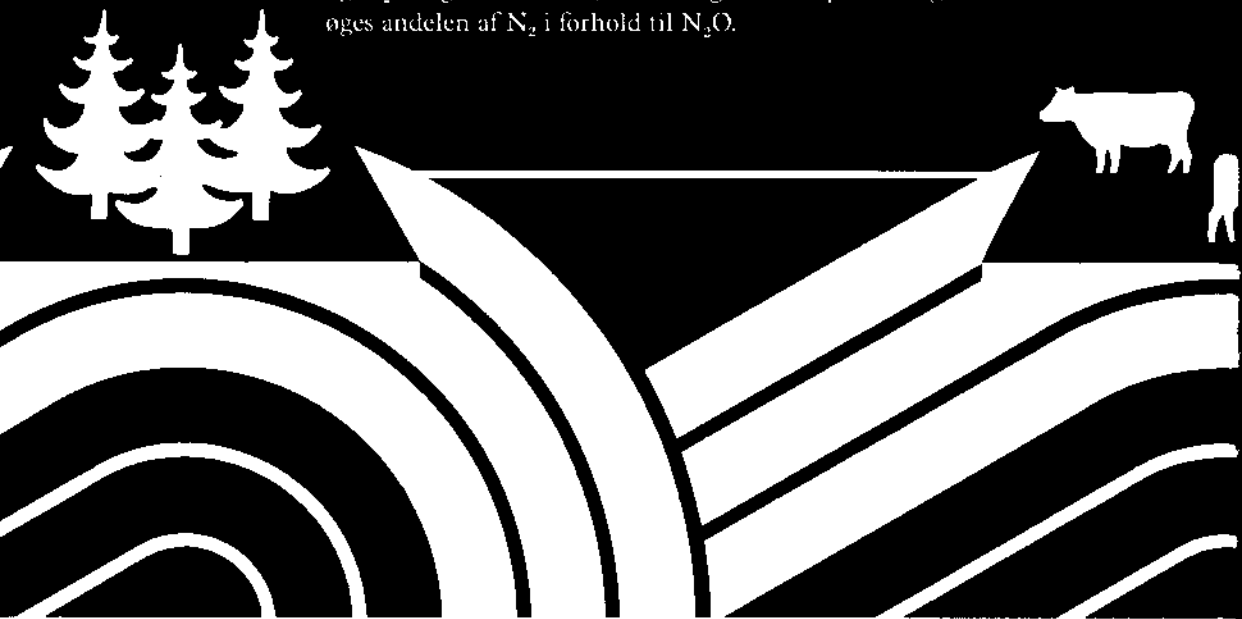
Andre oplysninger:

Rapport fra koordinationsgruppe A for jord og luft

Tryk: Luna-Tryk ApS, København

Temperatur og denitrifikation

Målinger i laboratoriet viser, at denitrifikationsaktiviteten er stærkt afhængig af jordtype, jordens temperatur og af jordens vandindhold. De fundne sammenhænge mellem temperatur, vandindhold og aktivitet er anvendt i en simpel denitrifikationsmodel til beregning af N-tab i ugødet jord. Målinger af den relative fordeling mellem N_2 og N_2O -afgivelsen viser, at ved stigende temperatur og vandindhold øges andelen af N_2 i forhold til N_2O .



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Pris kr. 55.- inkl. 22% moms

ISBN nr. 87-503-8512-7