

Vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper

III. Kvælstofkoncentration, -udvaskning og -balance

Water balance and nitrogen leaching for 4 soil types

III. Nitrogenconcentration, -leaching and -balance

Sv. E. Simmelsgaard

Resumé

Jordvandets indhold af nitrat-N er gennem mindst 4 år målt på 4 jordtyper i det sydlige Jylland.

På grovsandet jord er der målt i vandet og uvandet græs og vårbyg ved normal N-gødsning (1 N). På fin lerblandet sandjord og lerjord er der målt i 3 forsøgsled: 1. ingen N-gødsning (0 N), 2. normal N-gødsning (1 N) og 3. 50% N-overgødsning (1,5 N). På svær lerjord er der målt i et forsøgsled med kornafgrøder og normal N-gødsning (1 N).

På grovsandet jord blev der fundet en gennemsnitlig årlig kvælstofudvaskning for vandet og uvandet på henholdsvis 44 og 47 kg N pr. ha fra græs og 75 og 59 kg N pr. ha fra vårbyg. Ved 0 N, 1 N og 1,5 N fandtes som gennemsnit fra græs og korn en kvælstofudvaskning på henholdsvis 40, 53 og 96 kg N pr. ha på fin lerblandet sandjord og 7, 20 og 36 kg N pr. ha på lerjord. Den relativt store udvaskning ved 0 N på fin lerblandet sandjord kan skyldes, at græsset her var en kløvergræsblanding. På den svære lerjord var der i gennemsnit en årlig udvaskning på 49 kg N pr. ha fra korn. Dette gennemsnit er især påvirket af en udvaskning på 102 kg pr. ha i 1977-78, hvor der blev tilført 90 ton staldgødning pr. ha om efteråret.

I gennemsnit af alle år var middelkoncentrationen på grovsandet jord 10-17 ppm nitrat-N og på de øvrige jordtyper fra 7-12 ppm nitrat-N for normal kvælstofgødsning.

Der er opstillet kvælstofbalancer for samtlige forsøgsled i alle år.

Nøgleord: Koncentration af nitrat-N, kvælstofudvaskning, kvælstofbalance, afstrømning.

Summary

Concentration of nitrate-N in soil water was measured for at least 4 years on 4 soil types in the south of Jutland.

On a coarse sandy soil measurements were carried out in irrigated and non-irrigated grass and spring barley with normal N-fertilization. On a drained loamy sand and a drained loamy soil measurements were carried out in 3 treatments: none N-fertilization (0 N), normal N-fertilization (1 N) and with 50% over normal N-fertilization (1.5 N). On a drained loamy clay measurements were carried out with grain crops and normal N-fertilization.

For the coarse sandy soil the averaged yearly estimate for nitrogen leaching amounted to 44 and 47 kg N per hectare for irrigated and non-irrigated grass respectively. The same figures for spring barley were 75 and 59 kg N per ha. Averaged for grass and grain crops, increasing N-fertilization from 0 N through 1 N to 1.5 N differentiated the nitrogen leaching to 40, 53 and 96 kg N per ha respectively from the loamy sand and 7, 20 and 36 kg N per ha for the loamy soil. On the loamy clay soil the averaged yearly nitrogen leaching was 49 kg N per ha from grain crops. This average includes a leaching of 102 kg N per ha in 1977–78 after application of 90 ton of farmyard manure per hectare in the autumn.

For the normal N-fertilization the mean concentration of nitrate-N in the unsaturated soil profile was 10–17 ppm in the coarse sandy soil and 7–12 ppm in the other soil types.

Nitrogen balance was calculated for all treatments and years.

Key words: Concentration of nitrate-N, nitrogen leaching, nitrogen balance, run-off.

Indledning

Landbrugets anvendelse og håndtering af kvælstofgødning er kommet i søgelyset i de senere år og angives som en af årsagerne til et stigende indhold af nitrat i grundvandet samt i vore ferske vande og kystnære områder (2, 3, 4).

Denne beretning omhandler koncentration og mængde af nitrat-N i jordvandet samt kvælstofudvaskning og kvælstofbalance. Der vil især blive lagt vægt på at belyse forhold omkring kvælstofudvaskningen.

Beretningen er den tredje i en serie på 3, der opsummerer og uddyber resultater af målinger af vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper. Den første beretning indeholder en jordfysisk og -kemisk beskrivelse af forsøgsarealerne. Den anden beretning omfatter vandbalance, aktuel fordampning og afstrømning til dræn og undergrund samt afprøvning af en vandbalancemodell (18).

En oversigt over hidtidige undersøgelser vedrørende kvælstof og planteproduktion ved Statens Planteavlsvforsøg er samlet af Hansen og Kyllingsbæk (10).

Metodik

Forsøgsplan og måleteknik

Undersøgelserne er gennemført på 4 jordtyper og i følgende tidsrum:

1. Grovsandet jord (JB1) ved Jyndevad 1974–80
2. Fin lerblandet sandjord (JB4) ved Agervig 1978–82

3. Lerjord (JB7) ved Sdr. Stenderup 1978–82

4. Svær lerjord (JB8) ved Åbenrå 1974–78

Resultaterne fra Jyndevad omfatter vandet og uvandet græs samt vandet og uvandet vårbyg. Græsset blev i 1974 udlagt i rug som en kløvergræsblanding. Åbenråarealet består af et drænet areal, hvor der er målt ved normal N-gødskning i

Table 1. Afgrøder og kvælstofgødskning, kg N/ha, kalkammonsalpeter.

Crops and nitrogen fertilization, kg N per hectare, CAN.

Forsøgsled Treatment	0N	1N*	1½N	
<i>Agervig</i>				
Vårbyg m. udlæg	1978	0	104	155
<i>Spring barley with ley</i>				
Kløvergræs	1979	0	240	360
<i>Clover grass</i>				
Kløvergræs	1980	0	300	450
<i>Clover grass</i>				
Vårbyg	1981	0	70	105
<i>Spring barley</i>				
<i>Sdr. Stenderup</i>				
Vårbyg m. udlæg	1978	0	90	135
<i>Spring barley with ley</i>				
Rødsvingel	1979	0	110	165
<i>Red Fescue</i>				
Rødsvingel	1980	0	110	165
<i>Red Fescue</i>				
Vinterhvede	1981	0	160	240
<i>Winter wheat</i>				

* 1 N = normal dosering til den pågældende afgrøde

* 1 N = normal dose to the actual crop

Tabel 2. N-gødskning, høstudbytte og kvælstofbortførelse med afgrøden på grovsandet jord ved Jyndevad og svær lerjord ved Åbenrå.

N-fertilization, yields, nitrogen removed with the crop. Coarse sandy soil at Jyndevad and loamy clay soil at Åbenrå.

	Uvandet not irrigated			Vandet irrigated					
	Gødning	Udbytte	N-bortførelse	Gødning	Udbytte	N-bortførelse			
	Fertilization	tørstof	m. afgrøden	Fertilization	tørstof	m. afgrøden			
	kg N/ha	Yield	N-removed	kg N/ha	Yield	N-removed			
		dry matter	with the crop		dry matter	with the crop			
		hkg/ha	kg/ha		hkg/ha	kg/ha			
<i>Jyndevad</i>									
Rug m. udlæg Rye with ley	1974	78	67	81	78	82	103		
Græs Grass	1975	302	65	169	302	149	361		
Græs	1976	165	52	129	353*	147	352		
Græs	1977	316	89	236	358	149	354		
Græs	1978				359	140	381		
Græs	1979				382	136	353		
Gennemsnit Average	1975-77/79	261	69	178	351	144	360		
		85% tørstof dry matter			85% tørstof dry matter				
		kerne grain	halm straw		kerne grain	halm straw			
Rug Rye	1974	78	32	24	70	78	38	39	76
Vårbyg Spring barley	1975	110	7	10	33	110	35	32	89
Vårbyg	1976	110	19	25	66	110	47	39	107
Vårbyg	1977	110	22	14	52	110	30	22	54
Vårbyg	1978	110	31	24	77	110	38	29	72
Vårbyg	1979	120	34	30	77	120	52	44	85
Gennemsnit Average	1974-79	106	24	21	63	106	40	34	81
<i>Åbenrå</i>									
Havre Oats	1975	50	39	44	87				
Vinterhvede Winter wheat	1976	125	53	107	160				
Vårbyg Spring barley	1977	106	48	67	154				
Gennemsnit Average	1975-77	94	47	73	134				

* Før sidste slået er der ved en forsøgsfejl tilført 50 kg N for meget, som indgår i det tilførte N.

Accidentally, before the last cut, 50 kg N per hectare was added in excess of the scheduled amount.

et kornsædskifte. Sdr. Stenderup- og Agervig-arealerne er systematisk dræned arealer, hvor der fra Askov forsøgsstation udføres undersøgelser af kvælstofgødsningens indflydelse på drænvandets indhold af plantenæringsstoffer. Nærværende undersøgelser på disse arealer er udført i følgende 3 forsøgsled: 1. ingen kvælstofgødsning (0 N), 2. normal kvælstofgødsning (1 N) og 3. med 50% overgødsning (1,5 N). Afgrøder og kvælstofgødsning i de enkelte år er vist i tabel 1 og 2.

Jordvand blev udtaget ugentlig gennem porøse keramikopper ved hjælp af vakuum, som be-

skrevet af Bennetzen (5). Ved Jyndevad og Åbenrå var der i årene 1974-78 anbragt et sæt udstyr bestående af 13-14 keramikopper i hvert forsøgsled. Disse var placeret med stigende interval fra 20 cm dybde og ned til 10 m dybde. I Åbenråarealet var der derudover anbragt 3 udtag i 20-30 m dybde.

I april 1978 blev målingerne standset på Åbenråarealet samt i forsøgsledet med uvandet græs ved Jyndevad. De resterende forsøgsled ved Jyndevad blev suppleret, således at der blev udtaget prøver for hver 20 cm interval ned til 160 cm dybde. På Sdr. Stenderup- og Agervigarealerne blev

der i hvert forsøgsled fra Askov forsøgsstation udtaget prøver med 20 cm interval ned til 180 cm dybde. I leddene med normal kvælstofgødskning blev der yderligere udtaget prøver i dybderne 2, 3 og 4 meter.

Teknik og metode ved opsamling af drænvandsprøver er beskrevet af *Kjellerup og Kofoed* (15).

Det udtagne jordvand og drænvand er analyseret for nitrat-N og ammonium-N. Prøverne fra Jydevad og Åbenrå er analyseret på Centralanalytisk Laboratorium i Vejle, mens prøverne fra Sdr. Stenderup og Agervig er analyseret på Askov forsøgsstation. Indtil 1. november 1981 er der anvendt nitratedelektrode. Efter denne dato er nitrat bestemt på autoanalyser efter en metode, hvor nitrat reduceres til nitrit, som derefter bestemmes kolorimetrisk (6). Metoden er en modifikation af dansk standard.

I de første 4 år af forsøgsperioden var der på grund af udtagningsudstyret problemer med at opnå sikre bestemmelser af ammonium-N som beskrevet af *Bennetzen* (5). I de sidste 4 år, hvor dette problem var løst, var indholdet af ammonium-N i prøverne så lavt – fra 0,1–0,3 ppm – at det ingen betydning har haft for kvælstofudvaskningen. Som følge heraf er den udeladt i opgørelsen.

Beregning af kvælstofindhold og kvælstofudvaskning

I vækstsæsonen har det ikke altid været muligt at udtage jordvand. Det skyldes udtørring af jorden, der var mest udtalt i de øverste jordlag. For at få et komplet datamateriale er der som følge heraf for hver dybde foretaget lineær interpolation over tiden for manglende koncentrationer af nitrat-N. De målte koncentrationer er derefter udjævnet med 5 ugers glidende gennemsnit. Eksempler på resultatet af interpolationen og udjævningen er vist i fig. 1 og 2.

Indholdet af opløst nitrat-N i jordprofilen (N_{indh}) er beregnet lag for lag som

$$N_{\text{indh}} = \sum_{i=1}^n (W_i \times C_i) \times 10^{-2}, \text{ kg/ha} \quad (1)$$

hvor W_i er jordlagets vandindhold i mm, C_i er nitrat-N-koncentrationen i jordvæsken i samme jordlag regnet i ppm, og n er antal jordlag.

Kvælstofudvaskningen (N_{udv}) forbi hver måleddybde (z) er, under forudsætning af vertikal vandtransport, beregnet uge for uge som

$$N_{\text{udv}} = A_z \times C_z \times 10^{-2}, \text{ kg/ha} \quad (2)$$

hvor A_z er afstrømningen forbi dybden z , og C_z er koncentrationen af nitrat-N i samme dybde.

Er der målt drænastrømning (A_d), beregnes kvælstofudvaskningen til undergrunden (N_u) ud fra afstrømningen til undergrunden (A_u) fra og med drændybde 120 cm.

$$N_u = A_u \times C_z \times 10^{-2}, \text{ kg/ha} \quad (3)$$

hvor A_u beregnes som differens mellem totalafstrømning beregnet i 120 cm dybde og drænastrømningen (18).

Beregningen af kvælstofudvaskningen til undergrunden må betragtes som tilnærmet, idet forudsætningen om vertikal vandbevægelse ikke kan være overholdt omkring drændybde. Dertil kommer, at den andel af totalafstrømningen, der strømmer gennem dræn, meget vel kan variere fra punkt til punkt i marken.

Kvælstofudvaskningen gennem dræn opgøres på grundlag af analyser af drænvandet og drænvandsmængde.

Den beregnede ugentlige udvaskning opsummeres herefter til måneds- og årssummer med hver dybde for sig. I de tilfælde, hvor en måleperiode har strakt sig over månedsskiftet, er udvaskningen fordelt mellem månederne ved lineær interpolation.

Resultater og diskussion

Udbytteresultater og kvælstofbortførsel med afgrøden

Kvælstofgødskning, høstudbytte og kvælstofbortførsel med afgrøden er for Jydevad- og Åbenråarealerne vist i tabel 2. De tilførte kvælstofmængder er i samråd med forsøgsværterne bestemt som den mængde, man normalt ville til-

AGERVIG 1 N

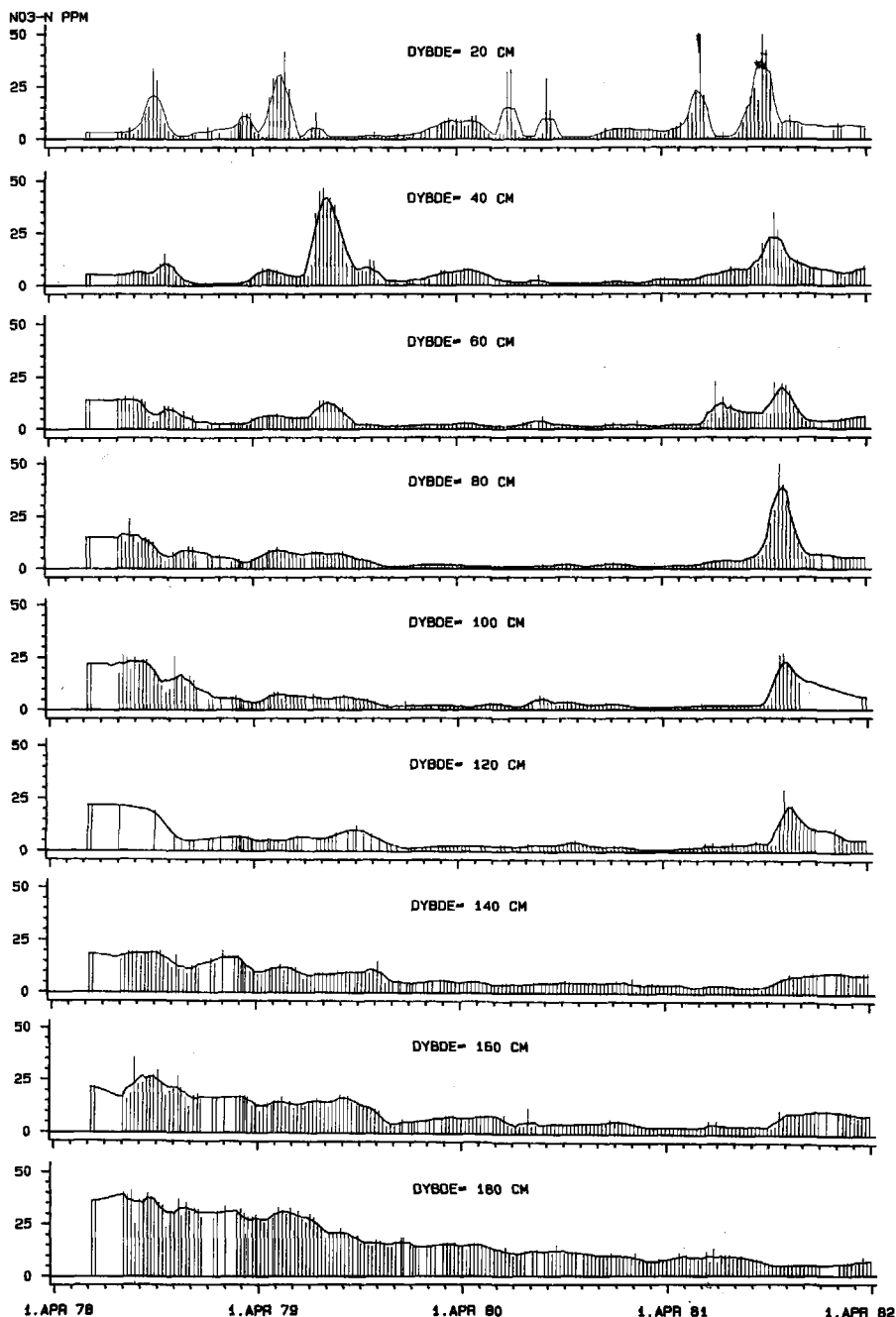


Fig. 1. Koncentration af $\text{NO}_3\text{-N}$ i jordvandet som funktion af tiden for 20–180 cm dybde ved normal N-gødskning på fin lerblandet sandjord ved Agervig. Lodrette streger angiver målte værdier. Kurverne viser interpolerede og udjævnedede værdier.

Concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ in soil water as a function of time for 20–180 cm depth with normal N-fertilization on loamy sand at Agervig. Vertical needles indicate measured values. Curves indicate interpolated and smoothed values.

SDR.STENDERUP 1 N

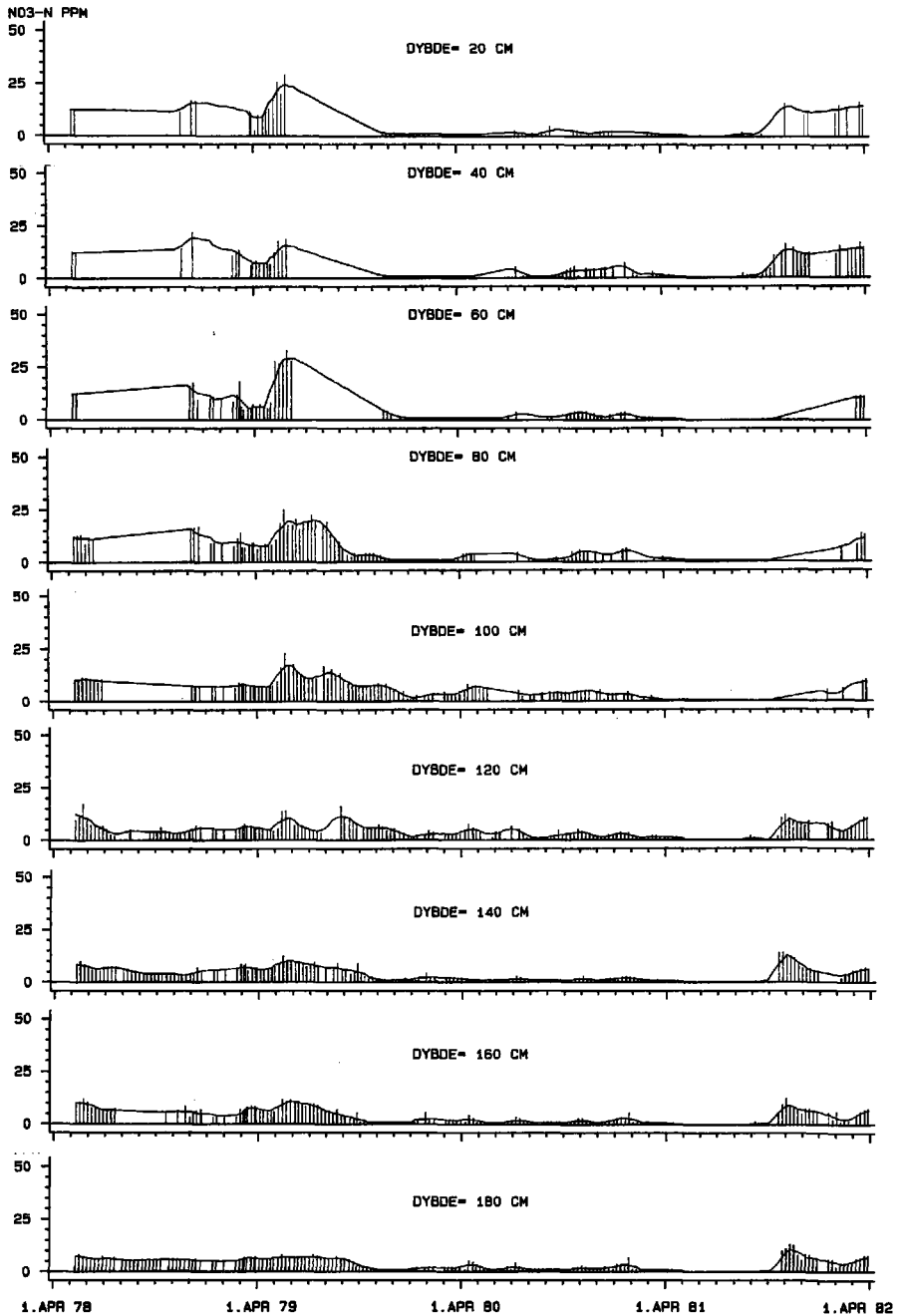


Fig. 2. Koncentration af $\text{NO}_3\text{-N}$ i jordvandet som funktion af tiden for 20–180 cm dybde ved normal N-gødskning på lerjord ved Sdr. Stenderup. Forklaring som i fig. 1.
Concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ in soil water as a function of time for 20–180 cm depth with normal N-fertilization on loamy soil at Sdr. Stenderup. See figure 1 for further legend.

føre den aktuelle afgrøde på den pågældende jordtype.

Kløveren i den udlagte kløvergæsblending ved Jynde vad forsvandt gradvis i løbet af de 3 første forsøgsår. Som følge heraf blev kvælstofgødningen, der tilførtes ad 4 gange, hævet fra ca. 300 til ca. 360 kg N pr. ha fra 1977. Det var fra forsøgets start planlagt at gøde med samme mængde til vandet og uvandet græs. På grund af tørke viste det sig imidlertid at være helt urealistisk, hvorfor kvælstoftilførslen til uvandet græs fra 1976 blev tilpasset bortførslen efter hvert slæt. Som gennemsnit af 3 år blev der høstet 69 hkg tørstof pr. ha i uvandet græs mod 148 hkg i vandet græs. I de tilsvarende år blev der i uvandet græs bortført gennemsnitlig 83 kg N/ha mindre og i vandet græs 9 kg N/ha mere end tilført med gødningen.

I uvandet og vandet vårbyg er der i gennemsnit høstet henholdsvis 24 og 40 hkg pr. ha. Dette er 20–25% mindre, end der normalt høstes på St. Jynde vad forsøgsstation. En medvirkende årsag hertil er de tørre somre i 1975 og 1976. En anden årsag er angreb af rust og meldug i et par af årene. Som følge af de lavere udbytter blev kvælstofgødskningen hævet til 120 kg N pr. ha sidste forsøgsår. Bortførsel af kvælstof har været mindre end tilført med gødningen. Forskellen har været størst i uvandet vårbyg.

På Åbenråarealet blev der som gennemsnit af 3 år bortført 40 kg N mere pr. ha, end der blev tilført med gødningen. En del af forklaringen herpå kan være eftervirkningen efter flerårigt græs. Underskuddet blev dog mere end opvejet ved tilførsel af ca. 470 kg total N pr. ha med staldgødning i november 1977.

Høstudbytter fra Agervig- og Sdr. Stenderup-arealerne er offentliggjort af *Kjellerup* (14).

Nitratkoncentration i jordvandet

Fig. 1 og 2 viser et par eksempler på variationen i koncentrationen af nitrat-N gennem tiden for forskellige dybder. Eksemplerne er taget fra forsøgsleddene med normal N-gødskning ved Agervig og Sdr. Stenderup.

Som det fremgår af figurerne, mangler der en del værdier – især i de øverste jordlag. For bereg-

ningen af udvaskningen har dette ikke haft stor betydning, idet denne er foretaget på grundlag af analyser i de dybere jordlag. Af figurerne ses, at koncentrationstoppe kan følges med en vis forsinkelse over tiden ned til drændybde ca. 120 cm, hvorefter de gradvis udviskes. Dette skyldes, at den nedadgående transport aftager som følge af drænastrømning, samtidig med at der sker en opblanding.

Nitratindhold i jordvandet

Jordens indhold af opløst nitratkvælstof og dets fordeling mellem 3 jordlag er vist i fig. 3–6. Den mængde, der befinder sig i det øverste jordlag fra 0–70 cm dybde, vil kunne optages af planterne, mens den mængde, der befinder sig i de 2 dybeste jordlag, i de fleste tilfælde må betragtes som tabt. Kvælstoftilførsel og mineralisering forårsager stigning i indholdet, mens et fald i indholdet kan skyldes kvælstofoptagelse, denitrifikation og kvælstofudvaskning.

Der er tilført NPK-gødning eller kalkammonsalpeter, hvor ca. halvdelen af kvælstoffet er på ammoniumform, og resten er nitrat. En del ammonium-N optages af planterne, inden det nitrificeres til nitrat. Ligeledes optages en del nitrat, inden det når at transporteres ned til de øverste keramikopper. Som følge heraf er de i figurerne viste mængder ikke et direkte udtryk for, hvad der er tilgængeligt for planterne. Dette gælder især umiddelbart efter kvælstoftilførslen.

Under uvandet græs (fig. 3) ses, at der i 1975 var et betydeligt indhold af nitrat-N i alle dybder, hvilket som tidligere anført skyldes, at der blev gødet med samme mængde kvælstof som til vandet græs. På grund af tørke kunne afgrøden ikke udnytte den tilførte gødning. Under vandet græs var nitrat-N-indholdet lavt i 1974 og 1975. I 1976 og 1977 er det steget noget, hvilket kan skyldes omsætning af kløveren, der forsvandt i disse år. I 1978 var indholdet igen lavt. Det højeste indhold i forsøgsperioden er registreret i 1979. Årsagen hertil var en meget dårlig plantebestand i efteråret 1979, der efterhånden kun bestod af hundegræs. Resultatet blev et meget dårligt udbytte i 1. slæt 1979. En del blev indhentet i de følgende

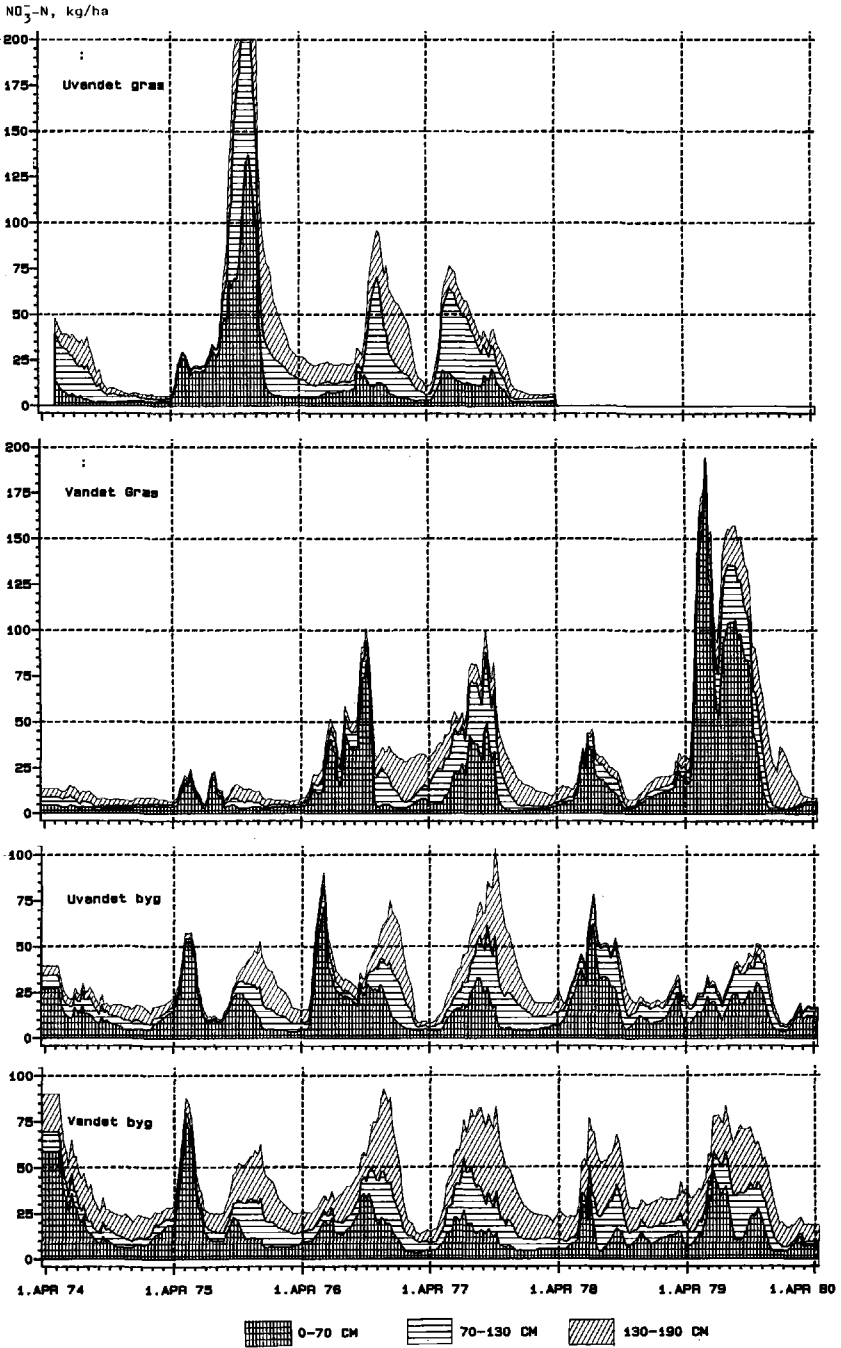


Fig. 3. Jordens indhold af opløst NO₃-N i kg/ha som funktion af tiden på grovsandet jord ved Jyndevad. Kurverne angiver summen af indholdet fra jordoverfladen og ned til henholdsvis 70, 130 og 190 cm dybde.
 Content of NO₃-N in soil in kg per hectare as a function of time on coarse sandy soil at Jyndevad. Curves show accumulated sums from soil surface to 70, 130 and 190 cm depth, respectively.

AGERVIG

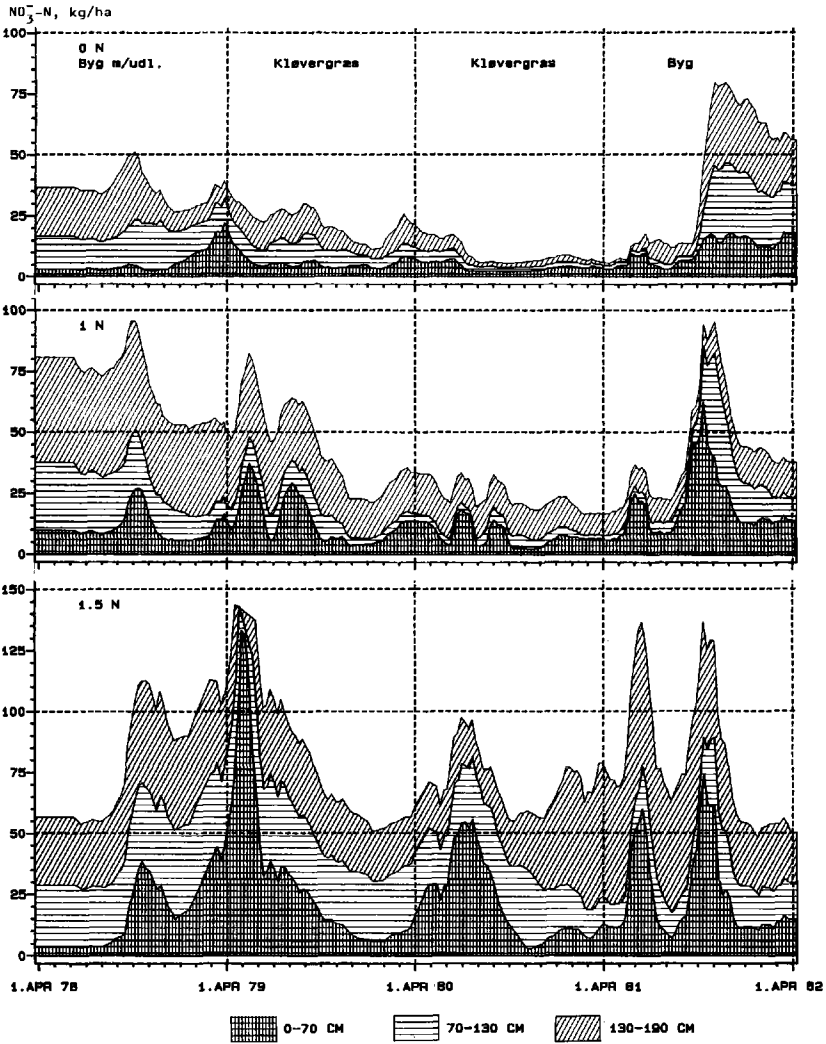


Fig. 4. Jordens indhold af opløst NO₃-N i kg/ha som funktion af tiden på fin lerblandet sandjord ved Agervig ved forskellig kvælstofgødskning. Forklaring som fig. 3.

Concent of NO₃-N in soil in kg per hectare versus time on loamy sand at Agervig with different N-fertilization. See figure 3 for further legend.

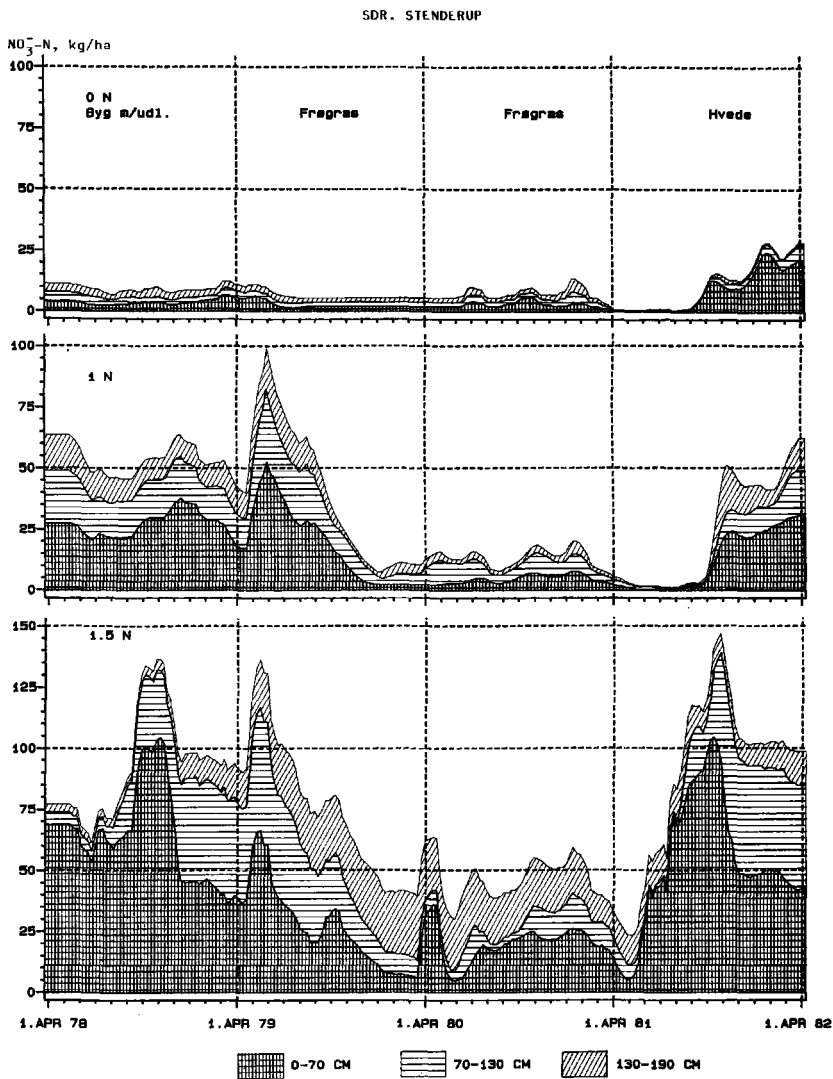


Fig. 5. Jordens indhold af opløst $\text{NO}_3\text{-N}$ i kg/ha som funktion af tiden på lerjord ved Sdr. Stenderup ved forskellig kvælstofgødskning. Forklaring som fig. 3.
 Content of $\text{NO}_3\text{-N}$ in soil in kg per hectare versus time on loamy soil at Sdr. Stenderup with different N-fertilization. See figure 3 for further legend.

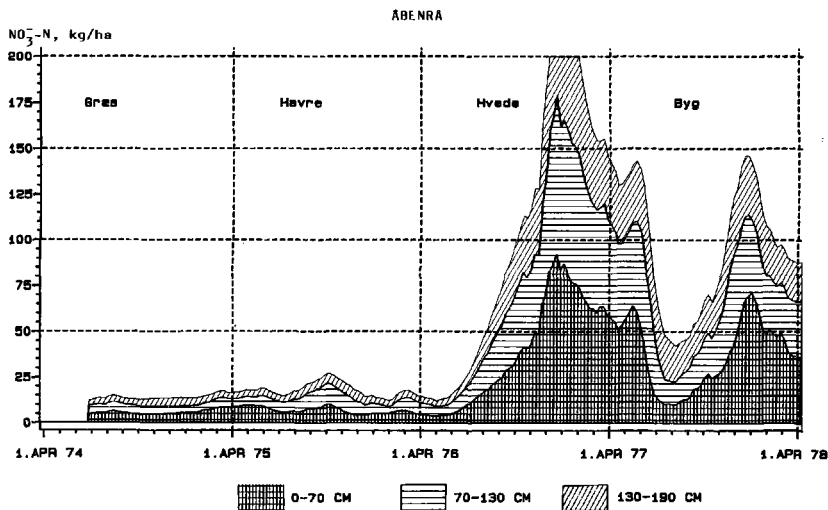


Fig. 6. Jordens indhold af opløst NO₃-N i kg/ha som funktion af tiden på svær lerjord ved Åbenrå. Forklaring som fig. 3.

Content of NO₃-N in soil in kg per hectare versus time on clay loam at Åbenrå. See figure 3 for further legend.

slæt, men ikke tilstrækkeligt til at undgå en kraftigere udvaskning dette år.

Under vårbyg (fig. 3) viser nitrat-N-indholdet en nær konstant tidsserie gennem hele forsøgsperioden. Der er en tendens til 2 toppe hvert år: én i forsommeren efter kvælstofgødskningen, der især kan registreres i de øverste 70 cm, og én i efteråret, hvor nitrat-N-indholdet er mere jævnt fordelt i profilen. Den sidste er resultatet af efter sommerens mineralisering. Endvidere ses af figuren, at der i det vandede forsøgsled i de fleste år var et lidt højere nitrat-N-indhold i de dybe jordlag end i uvandet. Dette skyldes antagelig den merafstrømning, der sker ved vanding i vækstperioden.

Under såvel græs som vårbyg ved Jydevad har nitratindholdet i jorden været meget lavt før hver vækstsæsons begyndelse. I de fleste af årene var der under 25 kg N pr. ha ned til 190 cm dybde og lavest i græs. Afstrømningsmængden har således ikke været den mest begrænsende faktor for kvælstofudvaskningen på denne jordtype.

Ved Agervig og Sdr. Stenderup har der generelt været stigende nitrat-N-indhold i profilen

med stigende N-gødskning (fig. 4 og 5). For alle 3 kvælstofniveauer var indholdet lavest i de 2 år med kløvergræs henholdsvis frøgræs. Omløjnningen af græsset i efteråret 1980 har ikke straks medført et højere nitratindhold i profilen. Først i det følgende efterår er der registreret et stort nitratindhold i alle forsøgsled. Stigningen var størst i forsøgsleddet uden kvælstoftilførsel ved Agervig. Årsagen er antagelig omsætningen af den kraftige kløverbestand, der udvikledes i dette forsøgsled.

På den svære lerjord ved Åbenrå (fig. 6) har nitratindholdet været lavt de 2 første forsøgsår. I løbet af efteråret 1976 er der sket en kraftig stigning i alle dybder. Der kan være flere årsager hertil. Dels har efteråret 1976 været det første efterår, hvor jorden har ligget brak efter omløjning af græsmarken i 1974, og dels medførte den tørre sommer i 1976 meget dybe revnedannelser i denne svære jord. Dette kan have forårsaget hurtigere transport til dybere jordlag. Revnedannelsen kan ligeledes have påvirket såvel mineraliseringen som denitrifikationen.

Kvælstofudvaskning

Månedssummer af kvælstofudvaskning og afstrømning fordelt mellem dræn og undergrund er vist i figurerne 7-10.

Afstrømning er en forudsætning for, at der kan ske en udvaskning, men hvor stor udvaskningen

bliver, afhænger desuden af, hvor stort indholdet af nitrat-N i jordvandet er. Der er fundet betydelige forskelle fra år til år i sammenhængen mellem afstrømning og kvælstofudvaskning, hvilket tydeligt kan ses for såvel vandet som uvandet græs ved Jyndevad. Afstrømning i vækstsæsonen medfører

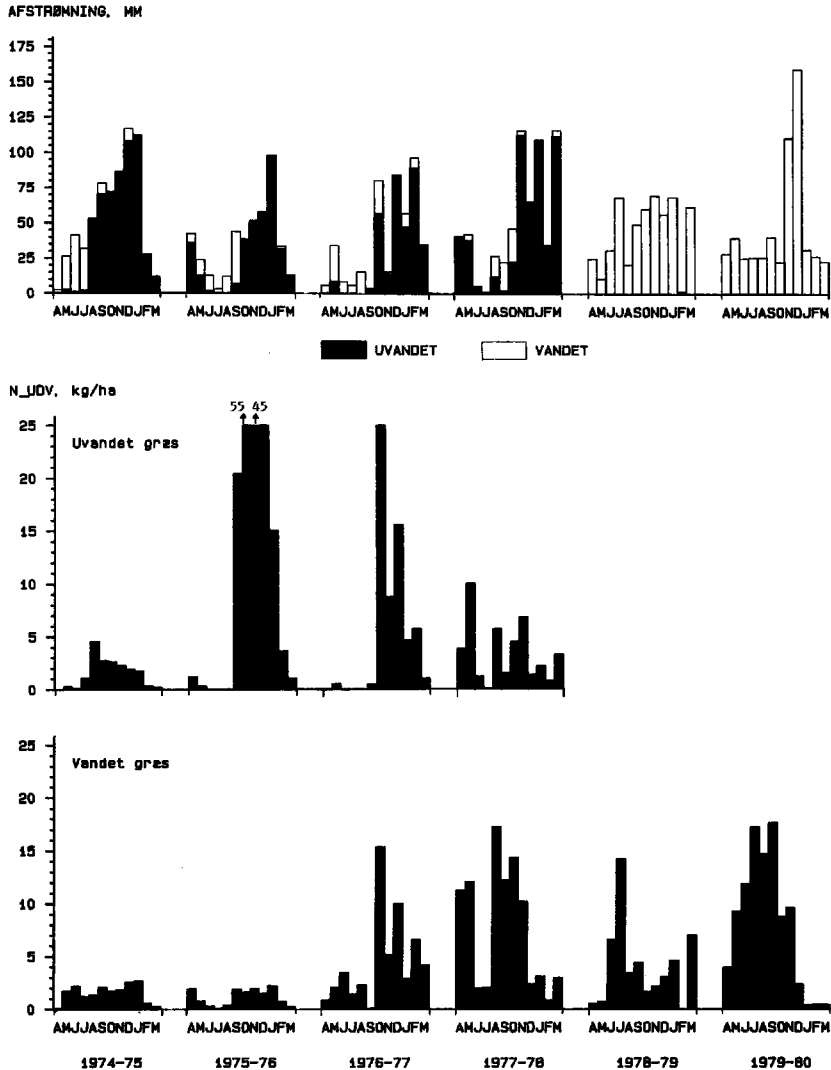


Fig. 7. Månedssummer af afstrømning og kvælstofudvaskning (80 cm dybde) i vandet og uvandet græs på grovsandet jord ved Jyndevad.

Monthly sums of run-off and nitrogen leaching (80 cm depth) in irrigated and non irrigated grass on coarse sandy soil at Jyndevad.

her oftest større N-udvaskning end i vinterhalvåret.

I tabel 3 er vist den årlige afstrømning samt kvælstofudvaskning og middelmiddelt koncentration af nitrat-N opgjort i 80 og 140 cm dybde på grovsandet jord ved Jyndeved.

Opgørelsen i de 2 dybder er gennemsnit af transporten forbi dybderne 60, 80 og 100 cm, henholdsvis 120, 140 og 160 cm. Opgjort i 140 cm dybde findes som gennemsnit en lidt større udvaskning end opgjort i 80 cm dybde. Teknisk er det vanskeligere at udtage repræsentative prøver

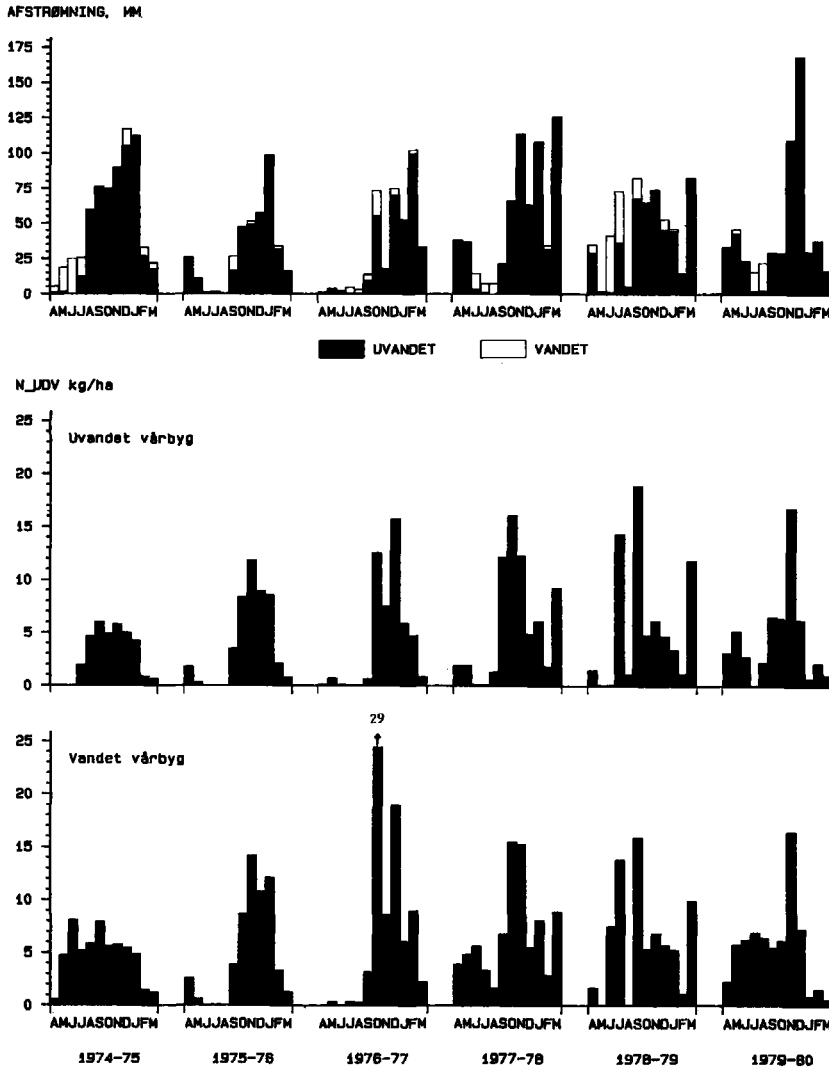


Fig. 8. Månedssummer af afstrømning og kvælstofudvaskning (80 cm dybde) i vandet og uvandet vårbyg på grovsandet jord ved Jyndeved.

Monthly sums of run-off and nitrogen leaching (80 cm depth) in irrigated and non irrigated spring barley. Coarse sandy soil at Jyndeved.

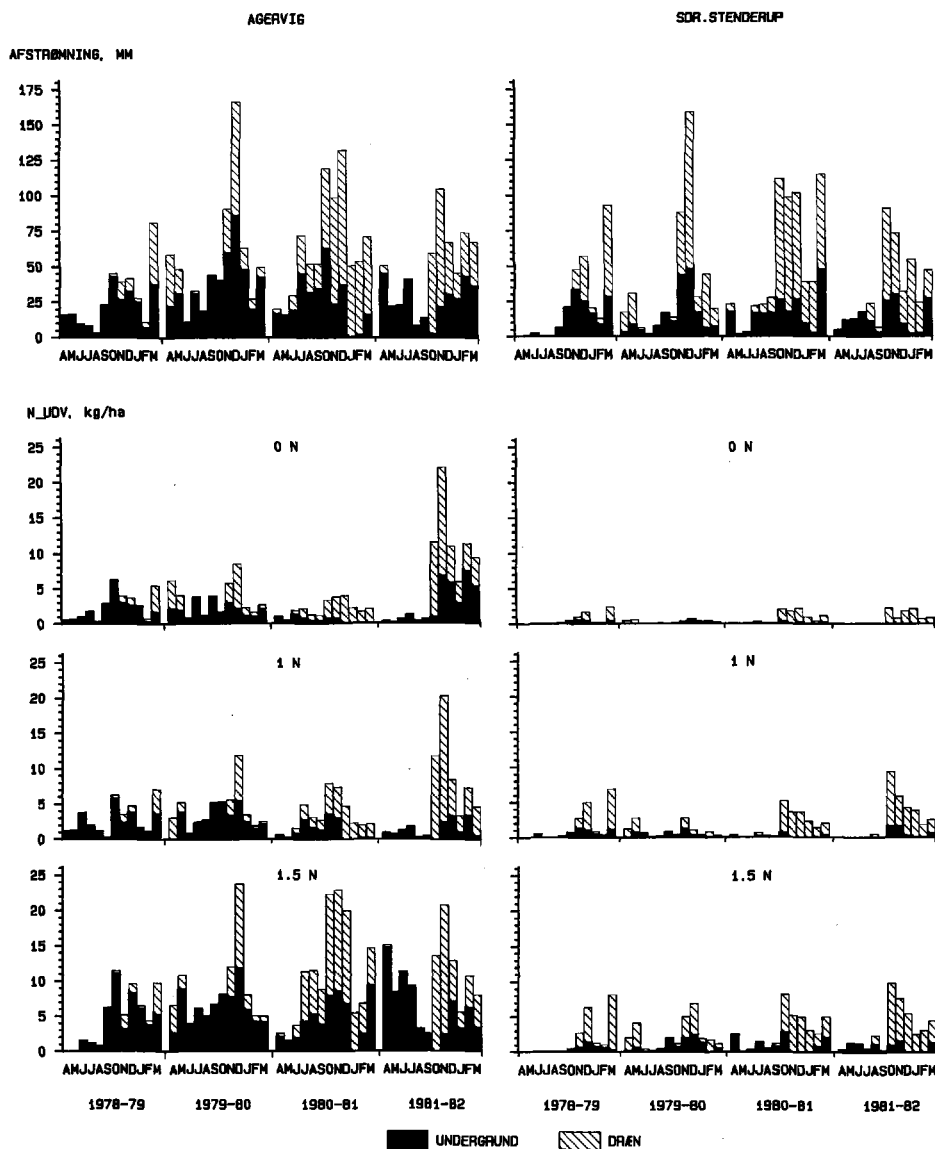


Fig. 9. Månedssummer af afstrømning og kvælstofudvaskning til dræn og undergrund ved forskellig kvælstofgødskning på fin lerblandet sandjord ved Agervig og lerjord ved Sdr. Stenderup.
Monthly sums of run-off and nitrogen leaching to drain and underground with different N-fertilization. Loamy sand at Agervig and loamy soil at Sdr. Stenderup.

i de øverste jordlag end i de dybere lag, hvor vandindholdet normalt er større, hvilket kan være en forklaring på forskellen. Statistisk er forskellen i det foreliggende talmateriale dog ikke større, end hvad man kunne forvente ved en tilfældighed. Som følge heraf er gennemsnittet af de 2 opgørelser lagt til grund ved tolkningen af udvaskningen.

Inden for de enkelte forsøgsled har udvaskningen varieret meget fra år til år. Som tidligere omtalt kan udvaskningen fra uvandet græs i 1975-76 og fra vandet græs i 1979-80 ikke betragtes som repræsentative på grund af henholdsvis tørke og plantesygdomme. Fraregnes disse år, fås som gennemsnit af 3-6 år følgende udvaskning på grovsandet jord, hvor tallene i parentes angiver mindste og største årlige udvaskning.

Uvandet græs	47	(26- 76) kg N/ha
Vandet græs	44	(18- 80) kg N/ha
Uvandet vårbyg	59	(35-100) kg N/ha
Vandet vårbyg	75	(58- 93) kg N/ha

Vanding i vårbyg forøger kvælstofoptagelsen jf. tabel 2, men har tilsyneladende også medført en forøget udvaskning. Den fundne forskel er dog ikke statistisk sikker. Udvasningen fra græs var nær den samme for vandet og uvandet, når kvælstofgødskningen til uvandet græs var tilpasset vækstbetingelserne. Græs kan tilsyneladende udnytte en større kvælstofmængde, når det vandes, uden at det medfører en forøgelse i udvaskningen.

Den årlige afstrømning, kvælstofudvaskning og middelkoncentration af nitrat-N, fordelt mellem dræn og undergrund, er for de 3 drænedede jorde vist i tabel 4. Kvælstofudvaskningen til undergrund er opgjort under drændybde som gennemsnit af transporten forbi 4 dybder.

Den andel, der udvaskes til undergrunden, varierer med afstrømningens fordeling, der afhænger af såvel afstrømningens størrelse som jordtype (18). Kvælstofudvaskningen til undergrunden har været størst ved Agervig og mindst ved Åbenrå.

På grund af forskellige afgrøder kan kvælstofudvaskningen år for år ikke umiddelbart sammenlignes. Store årlige forskelle i afstrømningsmængde i de 4 forsøgsår ved Agervig og Sdr. Stenderup vanskeliggør ligeledes en sammenligning af afgrøderne med hensyn til udvaskning. I 1980-81 er der målt en forøget udvaskning efter ompløjningen af græsset det foregående efterår. Den kraftige kløverbestand i det ikke kvælstofgødgede forsøgsled ved Agervig har efter ompløjningen medført en større udvaskning end i det normalt gødgede forsøgsled. Som gennemsnit af 4 år - 2 år med korn og 2 år med græs - har udvaskningen for de 3 kvælstofniveauer 0 N, 1 N og 1,5 N været henholdsvis 40, 53 og 96 kg N pr. ha ved Agervig og 7, 20 og 36 kg N pr. ha ved Sdr. Stenderup. De 2 år med kløvergræs ved Agervig har udlignet forskellen mellem 0 N og 1 N. Endvidereses, at udvaskningen ved 0 N i Agervig har været

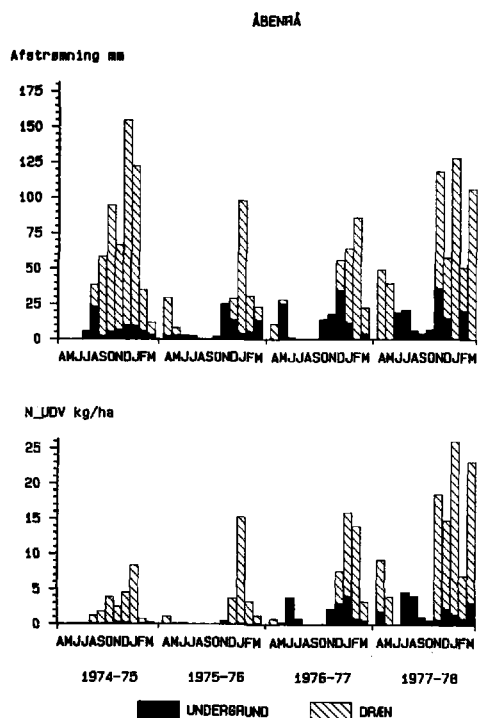


Fig. 10. Månedssummer af afstrømning og kvælstofudvaskning på svær lerjord ved Åbenrå.

Monthly sums of run-off and nitrogen leaching on clay loam soil at Åbenrå.

Tabel 3. Afstrømning, kvælstofudvaskning og middelkoncentration af $\text{NO}_3\text{-N}$ opgjort i 80 og 140 cm dybde på grovsandet jord ved Jydevad.

Run-off, nitrogen leaching and mean concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ in 80 and 140 cm depth. Coarse sandy soil.

		Afstrømning	$\text{NO}_3\text{-udvaskning}$		Middelkoncentration		Udvaskning
		<i>Run-off</i>	<i>leaching</i>		<i>Mean concentration</i>		<i>Leaching</i>
		mm	80 cm	140 cm	80 cm	140 cm	gns. average 80–140 cm
			kg/ha		ppm		kg/ha
Uvandet græs	1974–75	551	18	33	3,3	6,0	26
<i>Non irrigated grass</i>	1975–76	349	154	148	44,0	42,4	151
	1976–77	341	62	90	18,3	26,4	76
	1977–78	566	41	36	7,2	6,4	39
Vandet græs	1974–75	649	19	23	2,9	3,5	21
<i>Irrigated grass</i>	1975–76	432	14	22	3,2	5,2	18
	1976–77	638	54	69	8,5	10,8	62
	1977–78	638	92	68	14,4	10,7	80
	1978–79	508	47	30	9,3	5,9	39
	1979–80	568	98	117	17,3	20,6	108
Uvandet vårbyg	1974–75	577	34	36	5,9	6,2	35
<i>Non irrigated spring barley</i>	1975–76	353	46	60	13,1	17,0	53
	1976–77	344	35	55	10,1	16,0	45
	1977–78	621	69	130	11,1	20,9	100
	1978–79	451	67	66	14,8	14,5	66
	1979–80	521	54	60	10,4	11,5	57
Vandet vårbyg	1974–75	631	57	60	9,0	9,5	58
<i>Irrigated spring barley</i>	1975–76	358	57	82	16,0	22,9	70
	1976–77	363	77	65	21,3	17,9	71
	1977–78	639	82	104	12,9	16,3	93
	1978–79	531	71	97	13,3	18,3	84
	1979–80	553	66	79	12,0	14,3	73
Gennemsnit <i>Average</i>							
Uvandet græs	1974–78	452	69	77	15,2	17,0	73
<i>Non irrigated grass</i>							
Vandet græs	1974–80	536	54	55	10,1	10,2	54
<i>Irrigated grass</i>							
Uvandet vårbyg	1974–80	478	51	68	10,6	14,1	59
<i>Non irrigated spring barley</i>							
Vandet vårbyg	1974–80	513	68	81	13,3	15,9	75
<i>Irrigated spring barley</i>							

større end ved 1,5 N i Sdr. Stenderup. Kvælstofudvaskningen ved Åbenrå har som gennemsnit af 4 år været 49 kg pr. ha. Et væsentligt bidrag til dette gennemsnit kommer fra året 1977–78, hvor der om efteråret blev tilført 90 ton staldgødning pr. ha.

Af andre undersøgelser kan nævnes *Hansen og Aslyng* (12), der ved simulering på grovsandet

jord ved Karup og sandblandet lerjord ved Tåstrup fandt kvælstofudvaskninger af samme størrelsesorden, når samme afgrøde, jordtype og gødskning sammenlignes. I det sydlige Sverige er der som gennemsnit af 10 års undersøgelser fundet en udvaskning på 26–32 og 55–62 kg N pr. ha fra henholdsvis lerjord og sandjord (7, 9). De svenske undersøgelser er udført på jorde med

Tabel 4. Afstrømning (A), kvælstofudvaskning (N) og middelkoncentration af NO₃-N (C) gennem dræn (d) og til undergrund (u) samt totaludvaskning.

Run-off (A), nitrogen leaching (N) and mean concentration of NO₃-N (C) with drainage (d) and to the underground (u). Total N-leaching.

		Afstømning <i>Run-off</i>		NO ₃ -N udvaskning <i>leaching</i>		Middelkoncentration <i>Mean concentration</i>		Totaludvaskning <i>Total leaching</i>	
		A _d	A _u	N _d	N _u	C _d	C _u	N _d +N _u	(A _d +A _u)C _d
		mm		kg/ha		ppm		kg/ha	100
<i>Agervig</i>									
0N	1978-79	67	243	4	21	6,4	8,7	25	20
	1979-80	205	452	17	23	8,5	5,1	40	56
	1980-81	425	341	17	6	4,1	1,6	23	31
	1981-82	272	310	42	30	15,6	9,7	72	91
1N	1978-79	67	243	5	38	6,9	15,5	43	21
	1979-80	205	452	15	45	7,2	10,0	60	47
	1980-81	425	341	23	21	5,4	6,3	44	41
	1981-82	272	310	45	21	16,7	6,9	66	97
1,5N	1978-79	67	243	8	48	11,2	19,7	56	35
	1979-80	205	452	26	72	12,8	16,0	98	84
	1980-81	425	341	73	46	17,2	13,5	119	132
	1981-82	272	310	50	63	18,5	20,5	113	108
<i>Sdr. Stenderup</i>									
0N	1978-79	120	132	5	2	3,9	1,6	7	10
	1979-80	258	174	1	2	0,5	1,0	3	2
	1980-81	415	184	7	2	1,6	1,0	9	10
	1981-82	242	153	8	1	3,5	0,3	9	14
1N	1978-79	120	132	12	7	10,3	5,4	19	26
	1979-80	258	174	6	6	2,2	3,3	12	10
	1980-81	415	184	17	3	4,0	1,6	20	24
	1981-82	242	153	24	6	9,8	3,8	30	39
1,5N	1978-79	120	132	22	6	18,6	4,7	28	47
	1979-80	258	174	15	19	5,8	11,0	34	25
	1980-81	415	184	24	17	5,8	9,2	41	35
	1981-82	242	153	30	11	12,5	7,5	41	49
<i>Åbenrå</i>									
0N	1974-75	506	66	21	1	4,2	1,8	22	24
	1975-76	178	58	23	1	12,9	2,5	24	30
	1976-77	195	95	33	14	16,9	15,1	47	49
	1977-78	497	89	90	12	18,1	13,3	102	106
<i>Gennemsnit Average</i>									
<i>Agervig</i>									
0N		242	337	20	20	8,3	9,9	40	48
1N		242	337	22	31	9,1	9,3	53	53
1,5N		242	337	39	57	16,2	17,0	96	94
<i>Sdr. Stenderup</i>									
0N		259	161	5	2	2,0	1,0	7	8
1N		259	161	15	5	6,7	3,4	20	28
1,5N		259	161	23	13	8,8	8,3	36	37
<i>Åbenrå</i>									
1N		344	77	42	7	12,1	9,1	49	51

sædskifte og ved normal kvælstofgødskning, som ikke er meget forskellig fra den danske.

Middelkoncentration af nitrat-N

Middelkoncentrationen over en årrække svarer til den koncentration, der vil kunne forventes i grundvandet, såfremt der ikke sker en geokemisk reduktion af nitrat under den videre transport fra rodzonen og til grundvandet. Denne reduktionsproces finder overvejende sted i lerjordsprofiler, mens sandede profiler kun kan forventes at besidde en ringe reduktionsevne (16).

Ved Jynde vad varierede middelkoncentrationen af nitrat-N meget fra år til år. I vandet græs i 140 cm dybde varierede værdierne fra 3 til 20 ppm og i uvandet græs fra 6 til 42 ppm. Årsvariationen i såvel vandet som uvandet korn var langt mindre. De store årsvariationer i både nitrat-N-koncentrationen og kvælstofudvaskningen i græs ved Jynde vad skyldes dels tørke, dels sygdomsproblemer, men antagelig også omsætning af kløverbestanden.

Fra vandet græs har middelkoncentrationen over 6 år på 10 ppm nitrat-N netop kunnet overholde kravet til drikkevand, der er 11,3 ppm nitrat-N (= 50 ppm nitrat). For de øvrige forsøgsled på grovsandet jord har koncentrationen som gennemsnit ligget over denne grænse.

4 års middelkoncentration af nitrat-N på de drænedede jorde var med undtagelse af forsøgsledet med 50% overgødskning ved Agervig og i drænvandet ved Åbenrå mindre end 10 ppm nitrat-N. Dette er noget lavere end fundet af *Pedersen* (17), der som gennemsnit af 10 års drænvandsundersøgelser på 15 jorde fandt en middelkoncentration på 18,2 ppm nitrat-N. En af årsagerne til denne forskel skyldes antagelig afgrødesammensætningen, idet et sædskifte med 50% græs, som i nærværende 4 års undersøgelser, ligger over andelen i et normalt sædskifte, der ofte er helt uden græs. En anden årsag kan være forskelle i jordtyper.

Kvælstofudvaskning beregnet ud fra totalafstrømning og middelkoncentration i drænvand

Nitratkoncentrationen målt i jordvand repræsenterer et punkt i marken. Koncentrationen i drænvandet kan i højere grad betragtes som et repræsentativt gennemsnit for hele marken eller en del af marken. Desværre er kvælstofudvaskningen gennem dræn svær at tolke, fordi den del af afstrømningen, der kommer gennem drænen, varierer meget fra areal til areal og fra år til år. Selv inden for samme mark kan der være stor forskel i afstrømningen fra dræn til dræn (18).

Kvælstofudvaskning beregnet på grundlag af totalafstrømning og koncentrationen af nitrat-N i drænvandet må således antages at være det mest repræsentative mål, der kan opnås for kvælstofudvaskningen. Svagheden er, at der kun forekommer drænastrømning en del af året. Som følge heraf kan en beregning af kvælstofudvaskningen efter denne metode ikke gennemføres hele året.

En tilnærmelse til metoden er gjort i tabel 4, hvor kvælstofudvaskningen beregnet som totalafstrømning gange årlig middelkoncentration af nitrat-N i drænvand er sammenlignet med udvaskning gennem dræn og til undergrund opgjort hver for sig. En korrelationsberegning (fig. 11) viste god sammenhæng mellem de 2 opgørelsesmetoder.

Totalafstrømningen gange årlig middelkoncentration af nitrat-N i drænvand giver således et godt skøn over den årlige kvælstofudvaskning. For arealer og år, hvor kun en mindre del af afstrømningen sker gennem dræn, og hvor koncentrationen af nitrat-N varierer meget over året, må metoden tages med forbehold.

Kvælstofbalance
I tabel 5 og 6 er vist kvælstofbalance opgjort efter følgende ligning:

Kvælstofbalance

$$N_t - N_h - N_{udv} = \Delta N \text{ kg/ha}$$

hvor N_t er tilført, N_h er høstet, N_{udv} er udvasket kvælstof og ΔN fremkommer som differens.

Tilført kvælstof (N_t) omfatter tilførsel med gødning, nedbør og vandingsvand. I henhold til *Jørgensen* (13) er der regnet med en årlig tilførsel med nedbøren på 12 kg pr. ha. Som gennemsnit

Table 5. Kvælstofbalance i kg pr. ha pr. år, 1. april – 31. marts 1974–80, på grovsandet jord ved Jyndeved og svær lerjord ved Åbenrå. $N_t - N_h - N_{udv} = \Delta N$, hvor N_t = tilført, N_h = høstet og N_{udv} = udvasket.
Nitrogen balance in kg per hectare per year, 1. April – 31. March 1974–80. Coarse sandy soil at Jyndeved and loamy clay at Åbenrå. $N_t - N_h - N_{udv} = \Delta N$, where N_t = added, N_h = harvested and N_{udv} = leached.

		Uvandet Non irrigated				Vandet Irrigated			
		N_t	N_h	N_{udv}	ΔN	N_t	N_h	N_{udv}	ΔN
<i>Jyndeved</i>									
Rug m. udlæg Rye with ley	1974–75	90	81	26	-17	100	103	21	-24
Græs Grass	1975–76	324	169	151	4	341	361	18	-38
Græs	1976–77	177	129	76	-28	403	352	62	-11
Græs	1977–78	328	236	39	53	387	354	80	-47
Græs	1978–79					383	381	39	-37
Græs	1979–80					407	353	108	-54
Gennemsnit Average	1974–78	230	154	73	3	308	293	45	-30
Gennemsnit	1974–80					337	318	54	-35
<i>Jyndeved</i>									
Rug Rye	1974–75	90	70	35	-15	100	76	58	-34
Vårbyg Spring barley	1975–76	122	33	53	36	131	89	70	-28
Vårbyg	1976–77	122	66	45	11	139	107	71	-39
Vårbyg	1977–78	122	52	100	-30	132	54	93	-15
Vårbyg	1978–79	122	77	66	-21	130	72	84	-26
Vårbyg	1979–80	133	77	57	-1	150	85	73	-8
Gennemsnit Average	1974–80	119	63	59	-3	131	81	75	-25
<i>Åbenrå</i>									
Græs Grass	1974–75			22					
Havre Oats	1975–76	62	87	24	-49				
Vinterbyg Winter barley	1976–77	137	160	47	-70				
Vårbyg Spring barley	1977–78	118*	154	102	-138				
Gennemsnit Average	1975–78	106	134	57	-85				

* Derudover er der i november 1977 tilført 90 t staldgødning pr. ha med totalt N-indhold på ca. 470 kg/ha, heraf 185 kg NH_4^+-N
In November 1977 90 ton farmyard manure were added with a content of total-N of about 470 kg per hectare, including 185 kg NH_4^+-N

af en serie analyser i Jyndeved er der regnet med et nitrat-N-indhold i vandingsvandet på 10,8 ppm (5).

Differensen (ΔN) dækker over nettoresultatet af ikke målte processer. Disse er biologisk binding af atmosfærisk kvælstof, mineralisering, geokemisk nitratreduktion, denitrifikation, binding i rod- og stubrester samt ændringer i jordens indhold af uorganisk kvælstof. ΔN viser således ikke den faktiske balance i jorden. For at finde den, må tilførsel fra og tab til atmosfæren indregnes. I den efterfølgende gennemgang af kvælstof-

balancen er alene kløverens kvælstofbinding og denitrifikationen inddraget i diskussionen som de størrelser, der antages at have haft størst betydning for tilførsel og bortgang af kvælstof fra rodzonen ud over de målte.

I uvandet græs ved Jyndeved (tab. 5) har der været balance, mens der i vandet græs er beregnet en differens på -35 kg N pr. ha pr. år. Herfra skal trækkes tabet ved denitrifikation, der for denne jordtype kan anslås til 4–10 kg N pr. ha pr. år (1), hvilket giver en balance på ca. -40 kg pr. ha pr. år. Dette er ikke mere, end kløveren kan have

Tabel 6. Kvælstofbalance i kg pr. ha pr. år, 1. april – 31. marts 1978–82, på fin lerblandet sandjord ved Agervig og på lerjord ved Sdr. Stenderup. Forklaring som tabel 5.
Nitrogen balance in kg per hectare per year, 1. April – 31. March 1978–82. Loamy coarse sand at Agervig and loamy soil at Sdr. Stenderup. Legend as for table 5.

		0N				1N				1,5N			
		N _t	N _h	N _{udv}	ΔN	N _t	N _h	N _{udv}	ΔN	N _t	N _h	N _{udv}	ΔN
<i>Agervig</i>													
Vårbyg m. udlæg	1978–79	12	65	25	- 78	115	88	43	-16	167	114	56	- 3
<i>Spring barley with ley</i>													
Kløvergræs <i>Clover grass</i>	1979–80	16	194	40	-218	256	247	60	-51	376	301	98	-23
Kløvergræs	1980–81	21	143	23	-145	321	285	44	- 8	471	375	119	-23
Vårbyg <i>Spring barley</i>	1981–82	12	55	72	-115	82	65	66	-49	117	83	113	-79
Gennemsnit <i>Average</i>	1978–82	15	114	40	-139	194	171	53	-30	283	218	96	-31
<i>Sdr. Stenderup</i>													
Vårbyg m. udlæg	1978–79	12	38	7	- 33	102	96	19	-13	147	111	28	8
<i>Spring barley with ley</i>													
Rød svingel <i>Red Fescue</i>	1979–80	12	36	3	- 27	122*	124	12	-14	177*	134	34	9
Rød svingel	1980–81	12	21	9	- 18	122**	68	20	34	177**	83	41	53
Vinterhvede <i>Winter wheat</i>	1981–82	12	37	9	- 34	172	107	30	35	252	126	41	85
Gennemsnit <i>Average</i>	1978–82	12	33	7	- 28	139	99	20	20	188	114	36	38

* Heraf er henholdsvis 45 og 67,5 kg tilført i efteråret 1978
45 and 67.5 kg respectively were added in the autumn 1978

** Heraf er henholdsvis 55 og 82,5 kg tilført i efteråret 1979
55 and 82.5 kg respectively were added in the autumn 1979

bundet de 3 første forsøgsår, således at nettomineraliseringen har været nær nul. Afhængig af denitrifikationens størrelse er der sket en mindre nettomineralisering i uvandet vårbyg og en noget større i vandet vårbyg.

På svær lerjord ved Åbenrå er der i 3 år med korn sket en nettomineralisering, som dog fuldt ud blev opvejet ved tilførsel af ca. 470 kg total-N pr. ha med staldgødning i november 1977.

Ved Agervig (tab. 6) er der på grund af kløvergræsset fundet negativ differens ved alle kvælstofniveauer. I henhold til *Eiland* (8) er en ren bælgplanteafgrøde under danske klimaforhold i stand til at binde fra 100–200 og en kløvergræsblanding fra 90–120 kg N pr. ha pr. år. Balancetallene tyder på, at kløveren ved 0 N ved Agervig første år efter udlæg har bundet 150–200 kg N pr. ha og 100–150 kg N pr. ha andet år.

Ved Sdr. Stenderup (tab. 6) er der ved 0 N fundet en gennemsnitlig nettomineralisering på 28

kg N pr. ha. I de 2 øvrige forsøgsled er der fundet en positiv differens, der dog ikke er større, end der må forventes at være tabt ved denitrifikation.

Konklusion

Denne beretning giver en ajourføring og uddybning af tidligere undersøgelser. Den fundne gennemsnitlige årlige kvælstofudvaskning fra grovsandet jord på 44 og 47 kg N pr. ha fra vandet og uvandet græs og 75 og 59 kg N pr. ha fra vandet og uvandet vårbyg samt på 53, 20 og 49 kg N pr. ha fra normalt gødet græs og korn på henholdsvis fin lerblandet sandjord, lerjord og svær lerjord giver ikke anledning til en ændret vurdering af kvælstofudvaskningens størrelse. Den af *Hansen* (11) foretagne vurdering på 40–50 og 50–65 kg N pr. ha på henholdsvis lerjorde og sandjorde må fortsat anses for at være det bedste skøn, man kan få ud fra hidtil foretagne undersøgelser under klimaforhold svarende til de danske.

Alt andet lige stiger kvælstofudvaskningen med kvælstoftilførslen, men udvaskningens størrelse afhænger mere af afgrødetype og jordtype end af kvælstofgødsningens størrelse, så længe der ikke gødes med mere, end afgrøden har brug for. Tilføres mere kvælstof end afgrødens normale behov eller mere end afgrøden som følge af angreb af plantesygdomme eller tørke kan udnytte, stiger kvælstofudvaskningen kraftigt.

Vanding til vårsæd forøger kvælstofoptagelsen, men det har i denne undersøgelse også øget kvælstofudvaskningen. Dette kan dels skyldes forøget afstrømning, dels være en følge af forøget tilførsel med vandingsvandet, og dels skyldes øget omsætning i jorden.

2 års resultater tyder på, at udvaskningen fra en ikke kvælstofgødet kløvergræsmark er af nær

samme størrelse som fra en normal kvælstofgødet græsmark, når udvaskningen det første år efter ompløjning medregnes.

Man kan med god tilnærmelse beregne den årlige kvælstofudvaskning ud fra middelmiddelt koncentrationen af nitrat-N i drænvand og totalafstrømningen.

Erkendtlighed

Der skal her bringes en stor tak til forsøgsværterne *N. J. Nicolaisen*, Agervig, *H. C. Juhl*, Sdr. Stenderup, og *Friis Møller*, Åbenrå, fordi de har stillet arealer til rådighed for undersøgelse.

Projektet har gennem flere perioder modtaget økonomisk støtte fra Statens Veterinær- og Jordbrugsvidenskabelige Forskningsråd.

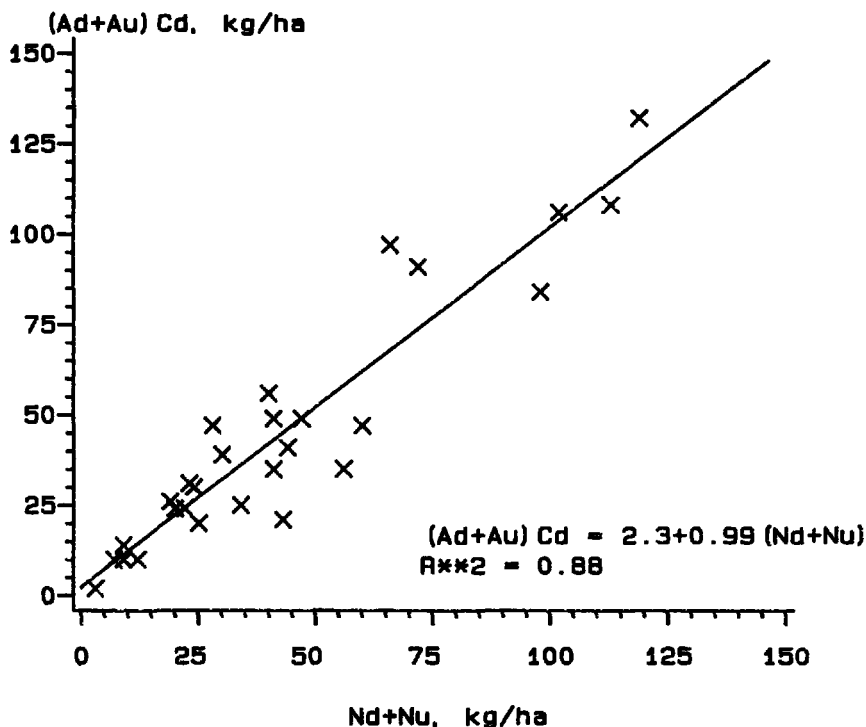


Fig. 11. Kvælstofudvaskning beregnet som totalafstrømning (Ad+Au) gange middelmiddelt koncentration af NO_3-N i drænvand (Cd) som funktion af summen af kvælstofudvaskning gennem dræn (Nd) og kvælstofudvaskning til undergrund (Nu), hvor kvælstofudvaskningen til undergrunden er beregnet på grundlag af NO_3-N i jordvand.

Nitrogen leaching calculated as run-off (Ad+Au) multiplied by mean concentration of NO_3-N in drainage water (Cd) as a function of the sums of nitrogen leaching with drainage water (Nd) and nitrogen leaching to the underground (Nu).

Nitrogen leaching to the underground is calculated from NO_3-N in soil water.

Litteratur

1. *Andersen, C., Eiland, F. & Vinther, F. P.* 1983. Økologiske undersøgelser af jordbundens mikroflora og fauna i dyrkningssystemer med reduceret jordbehandling, vårbyg og efterafgrøde. Tidsskr. Planteavl 87, 257–296.
2. *Anonym* 1983. Nitrat i drikkevand og grundvand i Danmark. Miljøstyrelsen, Kbh.
3. *Anonym* 1983. Opgørelse af belastningen fra land af de indre danske farvande med organisk stof, total-N og total-P. Miljøstyrelsen, Kbh.
4. *Anonym* 1984. Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til grundvand, fersk og marint overfladevand. Virkningen af denne tilførsel. Forslag til afhjælpende foranstaltning. – NPO redegørelsen. Miljøstyrelsen, Kbh.
5. *Bennetzen, F.* 1978. Vandbalance og kvælstofbalance ved optimal planteproduktion. 1, 2 og 3. Tidsskr. Planteavl 82, 81–99, 173–189 og 191–220.
6. *Best, E. K.* 1975. An automated method for determining nitrate-nitrogen in soil extracts. Queensland Department of primary industries. Bull. No. 739.
7. *Brink, N. & Gustavsson, A.* 1984. Förlusten av Växtnäring från sandjord. Ekohydrologi 17, 15–29.
8. *Eiland, F.* 1983. Biologisk kvælstofbinding. I: *Hansen, J. & Kyllingsbæk, A.* (red.) 1983. Kvælstof og planteproduktion. Tidsskr. Planteavl 87, 427–428, Beretning nr. S 1669, 26–28.
9. *Gustavsson, A.* 1982. Leaching of nitrate from arable land into groundwater in Sweden. Ekohydrologi 12, 37–45.
10. *Hansen, J. & Kyllingsbæk, A.* 1983. Kvælstof og planteproduktion. Tidsskr. Planteavl 87, 427–428, Beretning nr. S1669, 141 pp.
11. *Hansen, L.* 1983. Kvælstof til dræn og grundvand. Statens Planteavlsmøde 1983, 18–22.
12. *Hansen, S. & Aslyng, H. C.* 1984. Nitrogen balance in crop production. Simulation model Nitros. Hydrotechnical Laboratory. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
13. *Jørgensen, V.* 1979. Luftens og nedbørens kemiske sammensætning i danske landområder. Tidsskr. Planteavl 82, 633–656.
14. *Kjellerup, V.* 1983. Kvælstofgødsningens indflydelse på drænvandets indhold af nitratkvælstof 1973–81. Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 1736.
15. *Kjellerup, V. & Kofoed, A. Dam* 1979. Kvælstofgødsningens indflydelse på drænvandets indhold af plantenæringsstoffer. Tidsskr. Planteavl 83, 330–348.
16. *Lind, A. M. & Pedersen, M. B.* 1976. Nitrate reduction in the subsoil. II and IV. Tidsskr. Planteavl 80, 82–106.
17. *Pedersen, E. Frimodt* 1983. Drænvandsundersøgelser 1971–81. Tidsskr. Planteavl 87, 425, Beretning nr. S1667, 53 pp.
18. *Simmelsgaard, S. E.* 1985. Vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper. I. Jordfysisk og -kemisk beskrivelse af forsøgsarealer. II. Vandbalance, aktuel fordampning og afstrømning til dræn og undergrund. Tidsskr. Planteavl 89, 117–131.

Manuskript modtaget den 8. marts 1985.