

# SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Nils Brink och Börje Lindén

## VART TAR HANDELSGÖDSELKVÄVET VÄGEN

Barbro Ulén och Nils Brink

## OMGIVNINGENS BETYDELSE FÖR PRIMÄRPRODUK- TIONEN I VADSBROSJÖN

Arne Gustafson Nils Brink

## VARIA

---

Ekohydrologi 7

Uppsala 1980

Avdelningen för vattenvård  
Swedish University of Agricultural Sciences  
Division of Water Management

ISBN 91-576-0570-X

ISSN 0347-9307

## FÖRORD

I detta nummer av Ekohydrologi behandlas i två stora och tre små artiklar frågan om växtnäringens transportvägar i och från åker och skog.

Den första uppsatsen gäller kvävetts vandring och upplagring i mark och gröda och dess försvinnande till ytvatten, grundvattnen och luft. Arbetet har utförts gemensamt av avdelningarna för vattenvård och växtnäringsslära. Sveriges lantbruksuniversitet och Statens råd för skogs- och jordbruksforskning har bekostat undersökningen.

Den andra uppsatsen gäller skogens, åkerns och bebyggelsens roll för produktionen av växtplankton i Vadsbrosjön. Där behandlas främst kvävetts och fosforns inbördes relationer och betydelse för produktionen. Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne har bekostat undersökningen.

De små artiklarna är översiktliga och har eller kommer att införas i dagspress och periodiska blad.

1980-06-15

## INNEHÅLL

Brink, N. & Lindén, B. 1980. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. <i>Ekohydrologi nr 7</i> , 3-20.	3
Ulén, B. & Brink, N. 1980. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbrosjön. <i>Ekohydrologi nr 7</i> , 21-37.	21
Gustafson, A. 1980. Jordbruket och grundvattnet. <i>SLU-ringen</i> , 3, 17-18. <i>Ekohydrologi nr 7</i> , 39-40.	39
Brink, N. 1979. Utlakningen av växtnäring från åkermark. SLI Statens lantbruksinformation nr 152. 8-9. <i>Ekohydrologi nr 7</i> , 41-42.	41
Brink, N. 1980. Vart tar gödseln vägen. Skriven för <i>Tidningen Land</i> febr. 1980. Ännu ej införd. <i>Ekohydrologi nr 7</i> , 43-44.	43

# VART TAR HANDELSGÖDSELKVÄVET VÄGEN

*Where Does the Commercial Fertilizer Go*

Nils Brink och Börje Lindén

*Abstract.* The use of commercial fertilizer has steeply increased in the last 35 years. The harvests have increased too but not at the same rate as the fertilizer. The question of where the fertilizer nitrogen goes is illustrated by results of a field plot experiment with increasing amounts of commercial fertilizer.

The trial was made at Lanna Experimental Farm in Västergötland. It is a plot experiment with separate systems of drainage trenches and run-off measurements. The plots are six in number and each covers 0.4 hectare. The topsoil is clay with a moderate content of mull, and the subsoil a heavy clay.

Nitrogen, phosphorus, potassium, conductivity, permanganate value and pH were measured in the run-off water. The ground water too was checked with the same analyses. Special ground water pipes were therefore driven to different depths. The ground water pressure was measured as well.

The content of mineral nitrogen in the soil was determined to a depth of 2 m, usually in September and April.

The crop rotation from 1973 onwards has been: oats, winter wheat, winter wheat, oats, winter wheat, barley. The experimental stages are N0, N50, N100, N150 and N200 where the figures give the standard doses in N kg/(hectare and year) calcium nitrate. The field was fertilised with 80 P (kg/hectare) Thomas phosphate in 1973 and 1977. No potassium fertilization occurs.

In general uplift prevailed in the experimental field which is presumably integrated in a large outflow area.

Nitrate predominated among the nitrogen forms in the water, often to over 90%. The nitrate content of the drainage water co-varied broadly with the fertilizer dose. The ground water was affected even before the start of the experiment, particularly at a depth of 2 m.

The leaching of nitrogen with the drainage water increased with increasing nitrogen dose. The increase was moderate to the 100 kg level but then rose steeply to a maximum of 43 N kg/(hectare and year). The precipitation has had a considerable impact. It may take five to six years before a changed plant nutrition supply on the surface fully penetrates to drainage depth. The leakage from unfertilized fields may then stop at 2 N kg/(hectare and year).

The nitrate is the most interesting form of nitrogen in the nitrogen profile by reason of its wide variation. Nitrite occurs in very small quantities. Ammonium is present in moderate amounts but varies little in comparison with the nitrate.

Substantial quantities of nitrate may accumulate in this soil. The upper limit appears to lie between 250 and 300 N kg/hectare down to a depth of 2 m but may grow higher.

The type of crop played a fairly significant role for the equilibrium. Winter wheat used the nitrogen best by reason of its deep roots, and oats with their shallower roots less well. With abundant nitrate in the upper layer of the soil profile the underlying nitrogen was naturally not used. It goes without saying that the precipitation was of great significance in this context.

Various balance sheets have been drawn up. In unfertilized plots very substantial amounts of nitrogen were supplied from the ground, while on the plots N150 and N200 the losses were heavy. The best balance was attained with a mean dose, which proved to be 109 N kg/(hectare and year). This yielded on average an annual minus balance of 31 kg/hectare caused by gaseous losses and immobilization.

The mineralisation of organic substance is estimated at at least 40 to 80 N kg/(hectare and year). Irremediable losses to soil, water and air are uncounted.

The investigation will continue for elucidation of unclear points.

## INLEDNING

Bruket av handelsgödselkväve i Sveriges jordbruk har sedan 1945 åttafaldigats från 10 till 80 kg per ha och år. Samtidigt har den totala stallgödselproduktionen avtagit medan den relativa varit ganska oförändrad ca 55 kg.

Skördarna har i det närmaste fördubblats på samma tid. Skördeutbytet har således inte ökat i samma takt som insatsen av gödsel. Det sistnämnda är i och för sig naturligt. Frågan är nu vart det tillför-

da kvävet tar vägen. Saken skall här belysas med resultat från ett gödslingsförsök med stigande mängder handelsgödselkväve. I försöket har bestämts skördeutbyte, utlakning och markens innehåll av mineraliskt kväve.

Undersökningarna har skett i samarbete mellan avdelningarna för vattenvård och växtnäringslära och Lanna försöksstation i Västergötland alla vid Sveriges lantbruksuniversitet.

## MÅL

Undersökningen skall ge underlag för bedömning av riskerna med höga kvävegivor och för praktiska anvisningar till undvikande av vattenföroreningar. Syftet har också varit att studera vad som händer med kvävet i marken under olika årstider för att härigenom klarlägga utlakningens orsaker.

## FÖRSÖKSFÄLTET

### *Allmänt*

Lanna försöksstation ligger på Västgötaslätten 20 km väster om Skara (fig. 1).

Försöksfältet iordningsställdes 1935 med separata ledningssystem (fig. 2). Sedan 1961 har fältet nyttjats för utlakningsstudier. Rutorernas storlek minskades då med en avskärande ledning från 0,70 till nuvarande 0,40 ha. Då installerades också den utrustning som fortfarande är i bruk för avrinningsmätningar. Försöksresultaten har ännu inte publicerats. För undersökningarna svarade dåvarande institutionerna för lantbrukets hydroteknik och marklära vid lantbrukshögskolan.

Avdelningen för vattenvård disponerar fältet sedan 1973.

Fältet är nästan plant. Försöksrutornas antal är sju. Ruta nr 7 har inte använts i föreliggande undersökning på grund av kraftigt avvikande avrinning.

### *Jordprofiler*

Matjorden är en måttligt mullhaltig styv lera. Alven är styv till 0,5 m djup och därunder mycket styv lera (tabell 1). Leran är sedimentär och dess mäktighet ca 11 m. Därunder finns ett 0,2 m tjockt skikt av sandig-moig morän på berg. Under 2,2 m djup är leran vattenmättad och flytande.

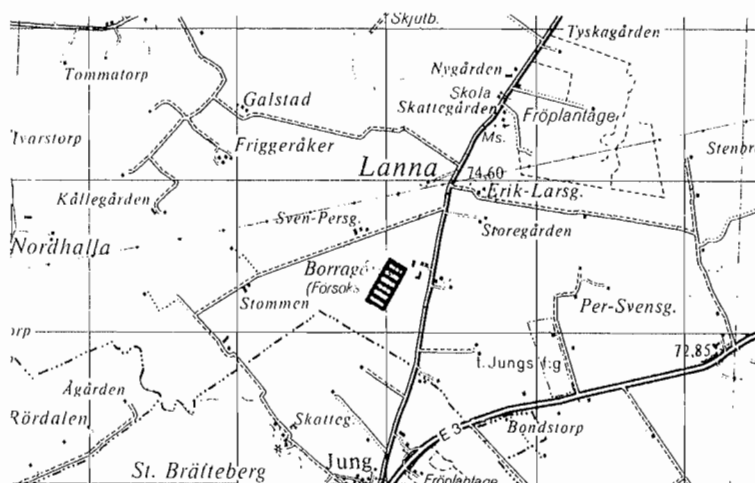


Fig. 1. Försöksfältet med omgivning. The experiment field and surroundings.

Tabell 1. Jordprofilens sammansättning. *Composition of the soil profile. Mean of samples on the experimental plots N0, N100 and N200.*

Djup (m)	Textur <sup>a</sup> (%)				Mull (%)	Tot-N (%)	pH <sup>b</sup>	P-AL <sup>c</sup>	K-AL <sup>c</sup>
	Ler	Mjäla	Mo	Sand					
0,00-0,20	45,2	27,5	20,2	7,1	4,0	0,20	7,7	4,4	11
0,20-0,40	54,5	28,3	13,4	3,8	2,1	0,11	7,3	5,9	13
0,40-0,60	59,5	26,1	13,0	1,2	0,8	0,034	7,3	16	16
0,60-0,80	61,5	24,7	12,7	1,0	0,6	0,039	7,4	18	18
0,80-1,00	64,1	25,3	10,0	0,6	0,4	0,023	7,6	28	22
1,00-1,25	62,1	27,3	9,4	1,2	0,5	0,025	7,6	28	25
1,25-1,50	60,0	27,6	11,9	0,4	0,4	0,022	7,7	30	25
1,50-1,75	60,8	27,0	11,4	0,9	0,7	0,024	7,7	31	26
1,75-2,00	61,6	27,1	11,2	0,3	0,6	0,026	7,8	31	26

<sup>a</sup> Ler <0,002 mm, Mjäla 0,002-0,02, Mo 0,02-0,2, Sand 0,2-2 mm. <sup>b</sup> I avjoniserat vatten. <sup>c</sup> P and K extracted with ammonium lactate, mg/100 g dry soil.

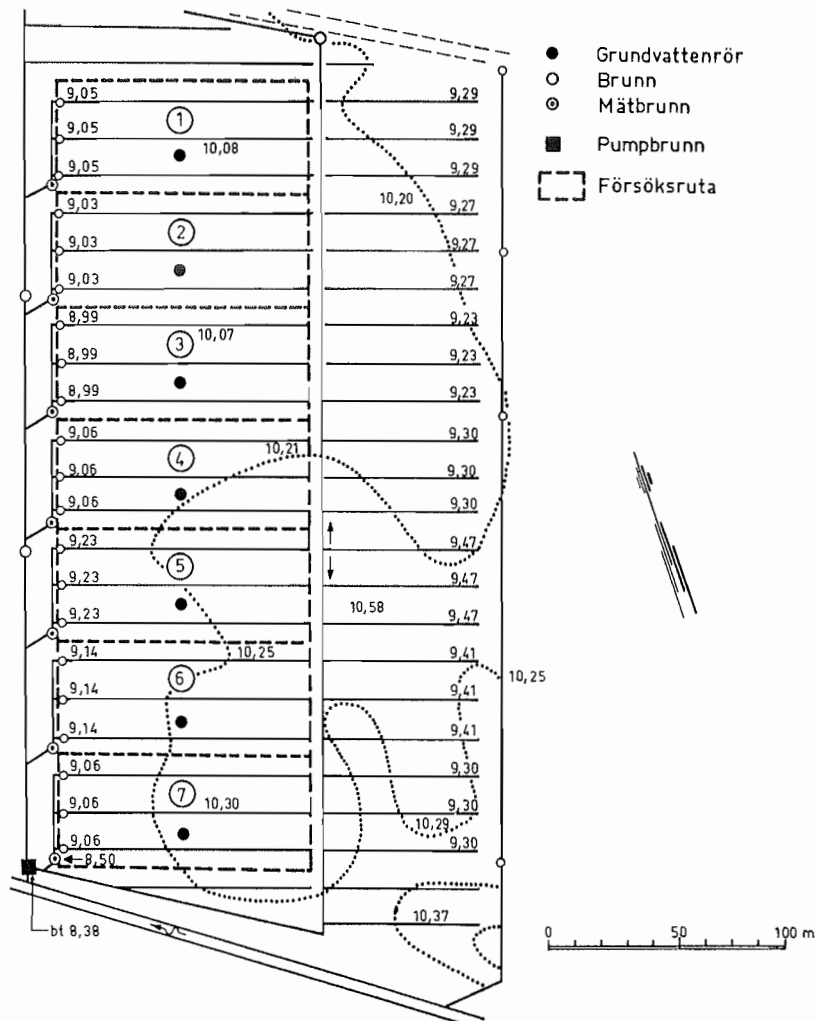


Fig. 2. Försöksfältet med dräneringssystem och försöksrutor. *The experimental field with drainage systems and plots.*

Strukturen är gynnsam och kännetecknas av mycket god sprickbildning ned till ca 1 m djup. Grödornas rötter utvecklas därför väl även djupt ned i alven. Höstvetets rötter har nått ned till drygt 1,5 m, enstaka rottrådar har påträffats på närmare 2 m djup. Kornets rötter har utvecklats väl till 1,25 m och havrens till 1,0 m. Enstaka kornrötter har påträffats ned till 1,75 m djup.

Också jordens kemiska egenskaper är gynnsamma. Som det framgår av tabell 1 ligger pH-värdena över neutralpunkten. Fosfortillståndet är märkligt nog bättre i djupa än i grunda skikt. Under 80 cm djup ligger det i P-AL-klass V. Det stämmer med tidigare erfarenheter från Lanna (Fredriksson 1958).

De ovan beskrivna fysikaliska och kemiska markegenskaperna skapar goda förutsättningar för utnyttjande av vatten och växtnäring djupt ned i alven.

## MATERIAL OCH METODER

### *Grundvattenmätning*

Grundvattenrören är kombinerade provtagnings- och tryckrör. De är förlängda med en insats i vilken finns en tunn slang för provtagning och ett smalt rör för lodning. Förträngningen sträcker sig från ytan till ca 0,5 m från botten. Det så erhållna fria utrymmet utgör provtagningsvolym, dit grundvattnet strömmar genom en sil i rörväggen. Djupet räknas till silens underkant. Silens höjd är 0,3 m.

Grundvattnets trycknivå har bestämts med ett klucklod.

Grundvattenprov tas med en vakuumpump som består av en plastflaska och en handdriven vakuumpump. Flaskan kopplas till slangen i grundvattenröret och evakueras därefter.

För närmare beskrivning av utrustningarna hänvisas till Brink, Gustafson & Persson (1978).

### *Avrinningsmätning*

Det avrinnande vattnet från varje ruta leds till en mätbrunn och därifrån till en uppsamlingsbrunn med länspump. Vattenmängden mättes med ett tvåsidigt vippkärl (Brink 1968) vars ena hälft fylls när det andra tömts. Antalet tömningar registrerades med en slagräknare.

### *Transportberäkningar*

Materialtransporten har beräknats genom vägning enligt formeln

$$T = 10^{-2} A(q_1 c_1 + q_2 c_2 + \dots + q_n c_n) / (q_1 + q_2 + \dots + q_n), \quad (1)$$

där  $T$  är transporten i kg/(ha·år),  $A$  är årsavrinningen i mm,  $n$  är antalet observationer och  $c$  är koncentrationen i mg/l. Vattenföringen  $q$  m<sup>3</sup>/d har fåtts ut uttrycket

$$q = Q/d, \quad (2)$$

där  $Q$  är avläst avrinning under  $d$  dygn.

### *Provtagning och analys av vatten*

Grundvattenrören länspumpades något dygn innan provtagningen. Samtidigt avlästes grundvattentrycket. Prov för analys togs en gång i månaden.

Prov på dräneringsvatten togs två gånger i månaden för analys på nitrat och en gång i månaden för alla andra analyser. Vid varje provtag-

Tabell 2. Kvävegödsling och kärnskörd. *Nitrogen fertilization and grain yield.*

År	Försöksled <i>Experimental plots</i>					
	N0	N50	N100	N100	N150	N200
<i>Ruta</i>	2	5	1	4	6	3
<i>Kvävegödsling (N kg/ha)</i>						
1973	60	60	60	60	60	60
1974	0	109	109	109	109	217
1975	0	56	113	113	164	208
1976	0	50	100	100	175	235
1977	0	55	111	111	155	203
1978	0	53	111	111	162	207
<i>Kärnskörd (kg/ha, 85% TS)</i>						
1973	-	-	-	-	-	-
1974	4530	6680	7340	6840	6560	7900
1975	2420	3060	4740	3420	3820	5330
1976	4280	5070	6070	5550	5910	6220
1977	2800	3270	4370	4400	5000	5180
1978	2980	3460	5140	3010	4490	4780
Medel	3400	4310	5530	4644	5156	5882

ning avlästes slagräknaren.

Efter konservering sändes proven omedelbart för analys. Konserverings- och analysmetoder har beskrivits av Brink *et al.* (1978).

#### *Bestämning av kväveprofilen*

För bestämning av jordens innehåll av ammonium- och nitratkväve har tagits jordprov till 2 m djup i tre försöksled. Proven togs på hösten strax efter skörden och på våren kort tid innan vegetationsperioden började. Den första provtagningen ägde dock rum så sent som i december.

Vid provtagningen har använts s.k. Nääs-borror eller plaströrsborrar enligt Lindéns (1977) beskrivning.

Markprofilen har indelats i skikt om 20 cm ned till 1 m djup och i skikt om 25 cm därunder. I alven har sex enkelprov för varje skikt samlats till ett generalprov per försöksruta. I matjorden (0-20 cm) togs 21 enkelprov per ruta. Variationen i matjorden är nämligen större än i alven.

Jordprover djupfrystes i regel samma dag som de togs. Detta för att förhindra kväveomsättningar.

Provberedningen inleddes med upptining och homogenisering. För analys invägdes 200 g fältfuktig jord som extraherades med 500 ml 2M KCl. Den stora provmängden behövs för en god representativitet. Ty de ofta mycket kladdiga proven är svåra att homogenisera.

Ammonium och nitratkväve bestämdes i extrakten på samma sätt som i vatten. Nitrit bestämdes kolorimetriskt med Greiss-Hosvay-reagens enligt Bremner (1965).

Analysvärdena har omräknats skiktyvis till N kg/ha. Härvid har antagits att volymvikten var 1,25 kg/dm<sup>3</sup> i matjorden och 1,5 kg/dm<sup>2</sup> i alven (Cf Andersson & Wiklert 1972). Det tycks emellertid som om värdena för jorden på Lanna skulle vara lägre än de ovan angivna genomsnittet för svenska fastmarksjordar. Andersson & Wiklert (1972) anger 1,40 kg/dm<sup>3</sup> eller t.o.m. något lägre i vissa horisonter. De angivna hektarvärdena skulle i så fall vara något för höga. Volymvikten 1,50 i stället för 1,40 kg/dm<sup>3</sup> ger t.ex. 7%.

Tabell 3. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and run-off.*

År ...	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	74/79
Nederbörd (mm)	550	400	616	601	530	539
Avrinning (mm)						
Ruta 1 N100	187	15	263	272	164	180
Ruta 2 N0	220	5	313	280	113	186
Ruta 3 N200	210	16	269	241	173	182
Ruta 4 N100	220	11	250	243	118	168
Ruta 5 N50	186	2	248	236	127	160
Ruta 6 N150	211	0	253	308	171	189
Medeltal	206	6	266	263	144	178

### Växtodling

Försöket inleddes 1972 med ett bakgrundsår för utjämning efter tidigare odlingsåtgärder. Försöksfältet kalkades då med 3000 CaO kg/ha. I början av 1960-talet utfördes ett kalkningsförsök med differentierade givor. Återverkningen härav kan fortfarande skönjas. Mer härom i resultatavsnittet.

Grödorna har varit

1973	1974	1975	1976	1977	1978
Havre	Höstvete	Höstvete	Havre	Höstvete	Korn

Halmen brukas ned efter skörden. Kärnskorde anger i tabell 2.

Fältet har varje år besprutats mot ogräs, huvudsakligen med MCPA.

Efter den lilla kvävegivan under bakgrundsåret differentierades gödslingen 1974 (tabell 2). Försöksleden N50 och N150 fick då normalgiva på grund av minnes effekter i grundvattnet från tidigare behandlingar. Från och med 1975 är differentiering genomförd över hela linjen. Kvävegödselmedlet har genomgående varit kalksalpeter.

Fältet har gödslats med 80 P kg/ha tomasfosfat 1973 och 1977. Ingen kaliumgödsling förekommer.

## RESULTAT

### Allmänt

Resultatredovisningen gäller de fem agrohydrologiska åren 74/75 - 78/79. Ett agrohydrologiskt år sträcker sig från 1 juli - 30 juni nästföljande år (Brink *et al.* 1978).

### Nederbörd och avrinning

Nederbörden mäts fortlöpande på Lanna. Den varierade kraftigt mellan de fem åren (tabell 3). Vanligen föll den mesta nederbörden under tiden juli-december (fig. 3).

Avrinningen samvarierade naturligt nog med nederbörden (tabell 3). Genomsnittligt för hela försöksfältet var sambandet rätlinjigt (fig. 4).

### Grundvattentryck

Grundvattentrycket mättes till en början på alla rutorna. Efter drygt ett år inskränktes mätningarna till ändrutorna 1 och 6 som representerar hela fältet mycket bra.



I allmänhet rådde upptryck på försöksfältet (fig. 3) som torde ingå i ett större utströmningsområde. Trycknivån varierade mycket. Amplituden avtog med åren. Det sistnämnda berodde tydligt på nederbörden som har ett stort inflytande. Någon långsiktig trend kan det knappast vara fråga om.

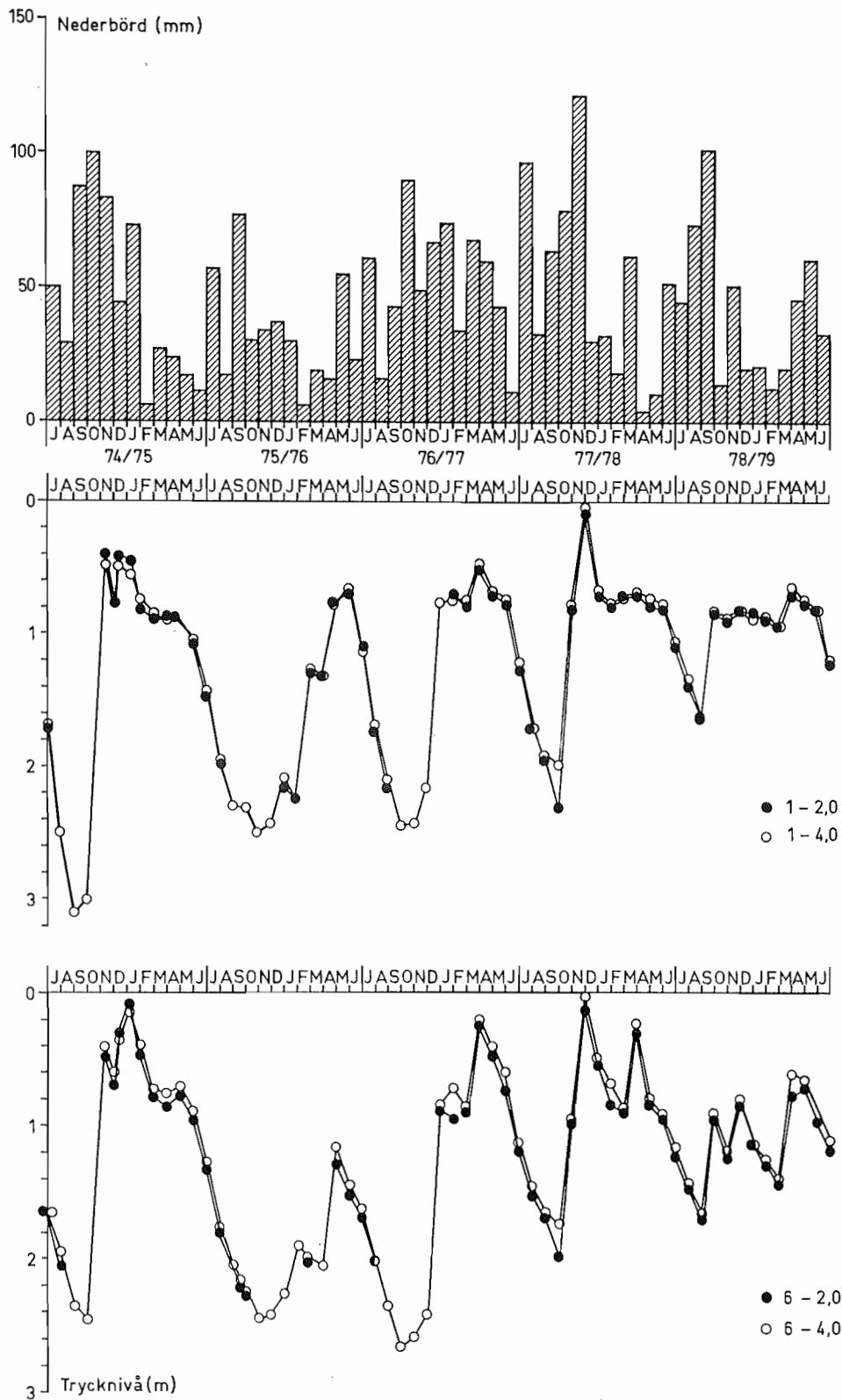


Fig. 3. Nederbörd och grundvattentryckets variation med tiden. *Precipitation and variation of the ground water pressure over time.*

Tabell 4. Kväve i dräneringsvatten och grundvatten. *Nitrogen in drainage water and ground water at depths of 2 and 4 m.*

Försöksled <i>Experimental plots</i>						
Djup	NO	N50	N100	N100	N150	N200
<b>NH<sub>4</sub>-N (mg/l)</b>						
Drän	0,035	0,026	0,035	0,025	0,031	0,025
2 m	0,030	0,039	0,057	0,030	0,027	0,033
4 m	0,036	0,029	0,048	0,029	0,030	0,029
<b>NO<sub>2</sub>-N (mg/l)</b>						
Drän	0,005	0,004	0,004	0,004	0,006	0,005
2 m	0,013	0,011	0,009	0,019	0,010	0,008
4 m	0,008	0,010	0,006	0,006	0,04	0,007
<b>NO<sub>3</sub>-N (mg/l)</b>						
Drän	1,83	3,30	2,32	4,58	7,60	12,0
2 m	8,10	8,01	5,60	12,3	7,26	8,53
4 m	4,30	1,57	2,45	1,17	1,48	4,22
<b>Org. N (mg/l)</b>						
Drän	0,11	0,44	0,80	0,26	1,04	0,38
2 m	0,41	0,38	0,93	1,10	0,31	0,36
4 m	0,00	0,23	0,21	0,20	0,49	0,35
<b>Tot-N (mg/l)</b>						
Drän	1,98	3,77	3,16	4,87	8,67	12,4
2 m	8,54	8,44	6,59	13,4	7,60	8,92
4 m	4,60	1,83	2,71	1,40	2,00	4,60

På grund av uppströmmarna i grunden skyddas det djupa grundvattnet från en fortlöpande påverkan genom odlingsåtgärderna på ovanliggande markyta. En långväga influens kan inte uteslutas, men bör vara mycket liten i den täta leran. Årsavrinningen är trots uppströmmen ju inte heller större än från ett normalt inströmningsområde (cf. Brink, Gustafson & Persson 1979, p. 44).

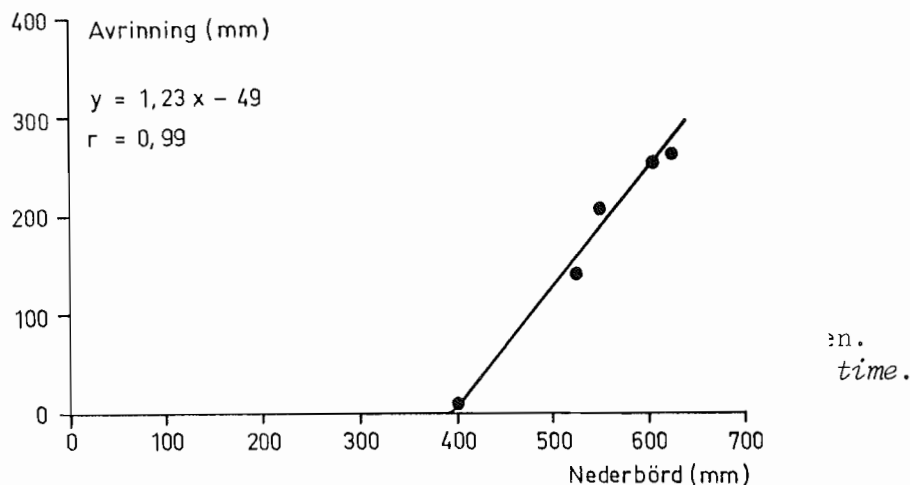


Fig. 4. Regression av avrinning på nederbörd. *Regression of run-off on precipitation.*

## Kväve i vattnet

**Kvävehalter.** I tabell 4 redovisas de analyserade kväveformerna. Som vanligt i åkervatten dominerar nitratet. Ammonium och nitrit utgör obetydligheter. Något beroende av gödningen föreligger inte vare sig för dessa två eller för det organiskt bundna kvävet, som vanligen upptar en liten del av totalkvävet.

Nitrathalten i dräneringsvattnet samvarierade med gödselgivan om man bortser från det ena 100-försöksledet. Den avvikelser finns också i grundvattnet på 2 m djup. En del av förklaringen ligger i större avrinning och utspädning men framför allt i högre skörd på ruta 1 än på ruta 4:

Ruta	Led	NO <sub>3</sub> (mg/l)		Avr. (mm/år)	Skörd (kg/ha)	Kalk (t/ha)
		Drän	2 m			
1	100	2,3	5,6	180	5530	32
4	100	4,6	12,3	168	4644	0

Den yttersta orsaken till de vitt skilda skördenivåerna är oklar. Kalkningen, som ägde rum i början av 1960-talet, kan emellertid fortfarande ha efterverkningar på strukturen och näringstillståndet. Sådana effekter har visats just för Lanna (Ohlsson 1979). Jordartsskillnader kan också spela in.

Nitratvärdena på rutorna 2 och 3 och djupet 4 m (försöksled 0 och 200) är ovanligt höga mot vad man brukar finna på det djupet i svensk åker. Här har tydligen nitrat vandrat i de djupa marklagren från ruta 3 med den höga givan till ruta 2 med 0-givan. Marken lutar faktiskt också från båda hållen mot ruta 2. Något inflytande på det djupa grundvattnet har ju inte heller påvisats på den 4:e rutan.

En nyckelfråga i sammanhanget är hur nitratet kunnat vandra ned till 4 m djup mot det upptryck som i allmänhet råder på fältet. Antingen har de få perioder på vintern då vattnet strömmar mot djupet varit tillräckliga för denna transport eller är de ofta återkommande läns-pumpningarna av grundvattenrören huvudorsaken. Mot bakgrund av vad vi nu känner är det inte möjligt att avgöra saken. Profilstudierna indikerar likväl att det förekommer en betydande nitrattransport mot djupet under 2 m.

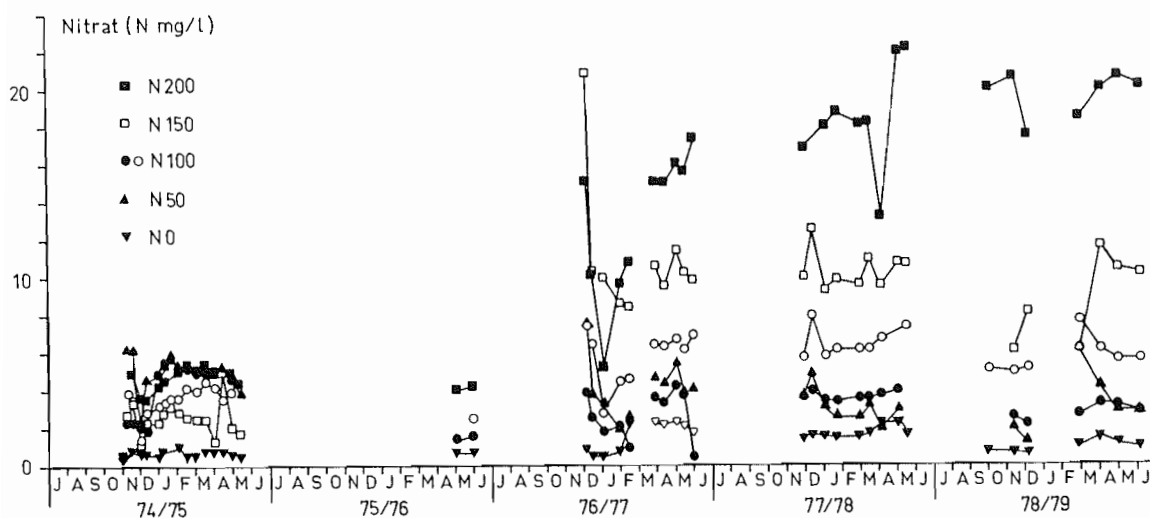


Fig. 5. Nitrathalten i dräneringsvattnet. Nitrate nitrogen in the drainage water.

Som sig bör är halterna genomgående högre på 2 m djup än på 4 m. Däremot kan det synas egendomligt att halterna i dräneringsvattnet är så pass låga i relation till halterna i grundvattnet. Anledningen kan sökas i jordens genomsläpplighet som är stor i marken. Vattnet letar sig där i större grad genom torksprickor, rotkanaler och maskgångar och i mindre grad genom markmaterialet. Härigenom blir nedtvättningen inte lika effektiv som utan genvägar.

I fig. 5 ses nitrathaltens variation med tiden. Redan från begynnelsen var skillnaderna rätt stora mellan rutorna. Sålunda var värdena lägst på den ruta som sedermera valdes till 0-led och högst till 200-led. Däremellan växlade ordningen.

Efter det torra agrohydrologiska året 75/76 och de två första differentierade gödslingarna ordnade halterna in sig snabbt eller så småningom efter gödselgivans storlek. Utgångsläget hade betydelse härutinnan.

Redan av det sagda kan man sålunda dra slutsatsen att gödslingen har en avgörande betydelse för nitratutlakningen. Det är ovisst om det är gödselkvävet i sig eller en allmänt ökad bördighet som orsakar att halterna ökar vid stigande givor. Antagligen är det en kombination av båda.

*Nitratutlakning.* Transporten av nitrat med dräneringsvattnet framgår av fig. 6. Som man kunde vänta av föregående avsnitt ökade utlakningen med stigande kvävegivor. Ökningen var måttlig till och med 100-kilosnivån men steg därefter kraftigt sedan systemen väl ställt in sig efter den nya gödslingssituationen. Nederbörden har haft stor genomslagskraft. Såvitt det nu går att bedöma tar det 5-6 år innan en ändrad växtnäringsförsörjning på ytan slår igenom fullt ut på dräneringsdjup.

De stora givorna N150 och N200 och det trots allt måttliga merutbytet av kärnskörd ger anledning till frågan vart resten tar vägen. Den saken skall behandlas i följande avsnitt.

#### *Kväve i jordprofilen*

*Kväveprofilen.* I fig. 7 finns återgivna kväveprofilernas förändringar från dec-74 till apr-79. Undersökningen omfattar försöksleden NO, N100 och N200 med jordprovtagningar höst och vår. Värdena för N100 är medeltal från rutorna 1 och 4. Det skall tilläggas att ammoniumanalyser sak-

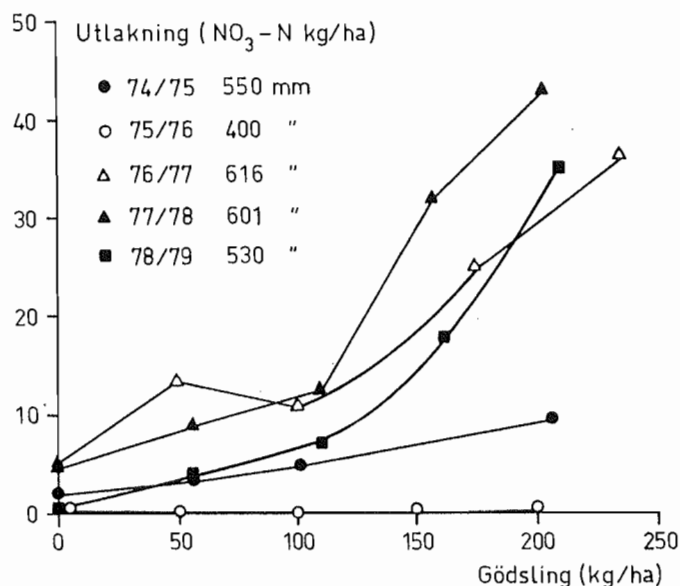


Fig. 6. Nitratutlakningens beroende av kvävegivan.  
*Nitrate leaching as a function of the nitrogen dose.*

nas för djupen under 0,6 m fram till sep-76. Detta förrycker emellertid inte totalbilden.

Också om utgångsläget i dec-74 var olika finns en klar linje i utvecklingen (fig. 8). NO-ledet stannar vid en nivå runt 45 N kg/ha. En dragning nedåt ser ut att ske de senaste åren. N100-ledet svänger omkring 75 N kg/ha och N200-ledet tycks efter en kraftig stigning ha nått ett jämviktsläge runt 290 N kg/ha.

Fig. 7 ger en klar bild av mineralkvävet's öden i markprofilen. Det på hösten vanligen återkommande minimet på 0,5-1 m djup återspeglar grödans kväveupptagning. De luckorna utfylls under vintern genom lakning från de övre horisonterna av mineraliserat eller outnyttjat kväve. Samtidigt vandrar kvävet mot djupare skikt vilket ses tydligt på den överdoserade rutan N200.

Kvävet stannar naturligtvis inte vid 2 m djup. Man kan tvärtom utgå ifrån att det vandrar djupare än så. Under tiden lagras betydande mängder mineralkväve i mark och grund.

Det finns anledning att närmare granska de enskilda kvävefraktionerna.

*Ammonium.* Mängderna av ammonium i jordprofilen redovisas i tabell 5. Inga systematiska olikheter föreligger mellan försöksleden. Det var väl heller inte att vänta eftersom kalksalpeter innehåller små mängder ammonium. Några tydliga och regelmässiga årtidsvisa olikheter har icke heller förekommit.

Mängderna var störst i matjorden (fig. 7), här liksom annorstädes (Lindén 1979). Genomsnittligt får man följande tal i kg/ha till olika djup.

Djup (cm) ...	0-20	0-60	0-100	0-200
NH <sub>4</sub> -N (kg/ha)	7,9±4,5	13,1±4,2	17,1±4,8	23,6±4,7

Också om standardavvikelseerna kan synas procentuellt stora är variationerna i de absoluta värdena små i jämförelse med nitratets. Detta stämmer väl med andra erfarenheter här och utrikes (Scharpf 1977, Lindén 1978, 1979).

*Nitrit.* De sammanlagda mängderna av nitrit i hela profilen varierade från 0,3 till 1,4 NO<sub>2</sub>-N kg/ha. De är små vid sidan av ammonium- och nitratvärden och har därför bestämts bara vid några få tillfällen.

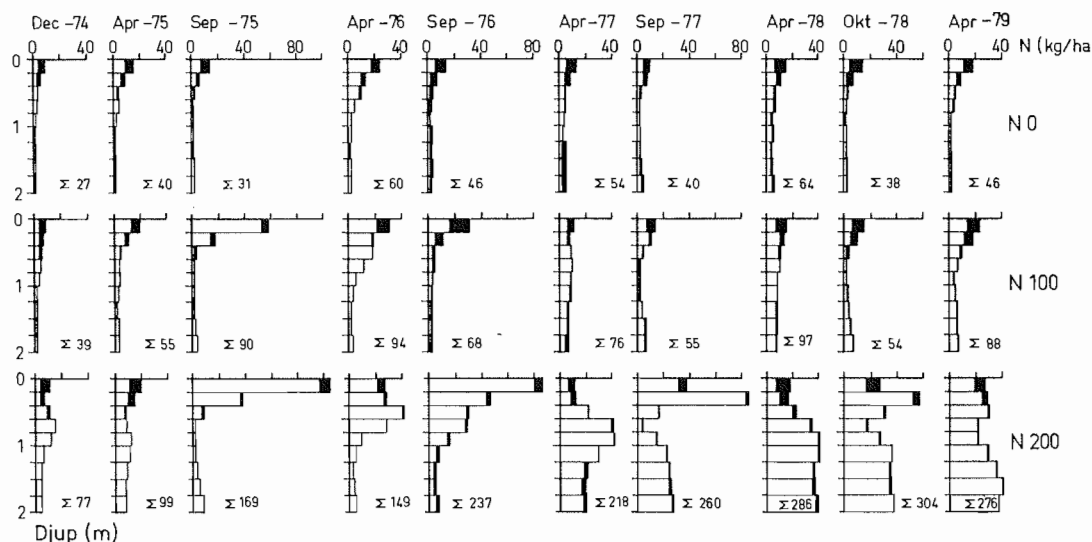


Fig. 7. Mineraliskt kväve i jordprofilen. *Mineral nitrogen in the soil profile.*

Tabell 5. Ammoniumkväve i markprofilen till 2 m djup. *Ammonium nitrogen in the soil profile to a depth of 2 m.*

Försöksled <i>Experimental plot</i>							
Tidpunkt	NO	N100	N200	Tidpunkt	NO	N100	N200
Dec-74 <sup>a</sup>	9	10	12	Apr-75 <sup>a</sup>	11	10	15
Sep-75 <sup>a</sup>	10	10	12	Apr-76 <sup>a</sup>	10	12	8
Sep-76	29	32	27	Apr-77	26	19	23
Sep-77	17	18	18	Apr-78	25	24	30
Okt-78	24	24	26	Apr-79	17	26	21

<sup>a</sup> Till 0,6 m djup. *To a depth of 0.6 m.*

De högsta talen uppmättes i matjorden, där de våren 1975 uppgick till 0,3-0,9 NO<sub>2</sub>-N kg/ha, och de lägsta på djupet 0,6-1,0 m. De högre värdena i matjorden kan vara tecken på pågående nitrifikation och/eller denitrifikation. De förhöjda värdena under 1 m kan å andra sidan tyda på en rent kemisk nitratreduktion.

Gödslingsnivån har inte haft någon klar betydelse för mängden nitrit.

*Nitrat.* Eftersom ammonium förekom i nära lika mängder i de tre försöksleden och nitrit i små mängder kan den fortsatta diskussionen begränsas till nitrat. Den gäller likafullt hela förrådet av mineralkväve.

Den sena provtagningen 1974 återspeglar inte direkt hur höstvetet utnyttjat kvävet. Mineralisering och nedtvättning har under mellantiden hunnit sätta spår. Därav pucklarna på 0,6-1,0 m (fig. 7). Den differentierade gödningen på våren tycks redan ha slagit igenom.

Från hösten 1974 till våren 1978 ökade nitratmängderna trots riklig nederbörd under vintern. Tillskottet genom mineralisering hade uppenbarligen överstigit utlakningsförlusterna.

Höstvetet 1975 utnyttjade det nedtvättade nitratet mycket väl till 1,5 m djup. Det mesta av gödselkvävet blev däremot kvar i de två översta horisonterna. Detta på grund av det torra vädret.

Också den påföljande vintern blev torr. En betydande omlagring ägde rum likväl utan nämnvärda utlakningsförluster. Liksom vintern innan ökades förrådet i NO, men avtappades något i N200.

Havregrödan 1976 utnyttjade nitratet väl till 1 m djup i försöksleden NO och N100. I N200 fortsatte nitratanhopningen.

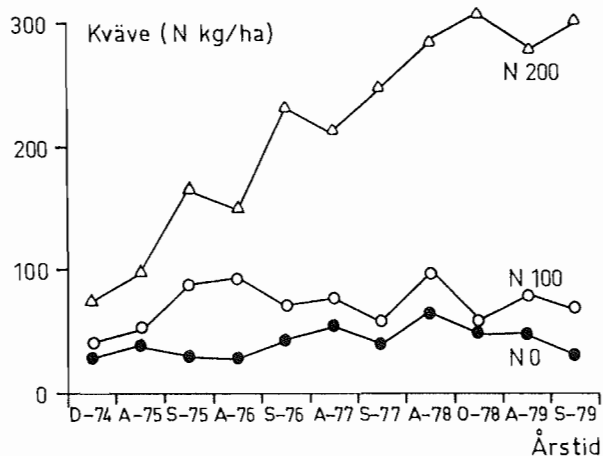


Fig. 8. Tidsvariationer i förrådet av mineraliskt kväve i jorden. *Temporal variations in the supply of mineral nitrogen in the soil.*

Den följande vintern blev utlakningsförlusterna större än tidigare till följd av riklig nederbörd. De uppvägdes både i N0 och N100 av tillskott genom mineralisering. Nedtvättningen berörde nu hela markprofilen. En del nitrat kan också ha passerat 2 m djup.

År 1977 odlades åter höstvetete. Nitratupptagningen tycks det året ha skett till 1,5 m i N100 och måhända även i N0. Däremot ser den ut att ha stannat på ett mindre djup i N200. Där fanns ju mer än nog att hämta. Liknande iakttagelser har gjorts i andra sammanhang (Gass, Peterson, Hauck & Olson 1971; Lindén opubl.).

Också vintern 77/78 var nederbördsrik. På samma sätt som vintern innan vandrade nitrat nedåt och berörde hela jordprofilen. Mängderna var därför i apr-78 relativt jämnt fördelade längre ned i profilen. På grund av mineralisering växte kväveförrådet trots ökad utlakning.

Kornet 1978 tycks ha utnyttjat nitraten till 1,5 m i både försöksled N0 och N100. Enstaka rötter påträffades ju också i skiktet 150-175 m. Nitratförrådet fortsatte att öka i led N200.

Den påföljande vintern blev det ett avbrott i tillväxten av kväveförrådet på rutorna N200. Möjligen har ett jämviktsläge uppnåtts. Däremot fortsatte växlingarna mellan lägre värden på hösten och högre värden på våren på rutorna N0 och N100.

Man kan räkna med att ammonium och nitratförråden aldrig kan helt tömmas ens vid 0-givor (Scharpf 1977, Lindén 1980). Detta förklarar att så pass mycket som 27-46 N kg/ha fanns kvar i profilen N0 kort tid efter skörden.

### Balansräkning för kväve

Allmänt. En balansräkning för kvävet kan tecknas enligt formeln

$$N_{bal} + N_{j01} + N_{göd} + N_{ned} + N_{fix} = N_{grö} + N_{lak} + N_{j02} \quad (3)$$

där  $N_{bal}$  är balansen,  $N_{j01}$  och  $N_{j02}$  är mineraliskt kväve i jorden vid två skilda tidpunkter,  $N_{göd}$  är tillfört kväve med gödsel,  $N_{ned}$  är sum-

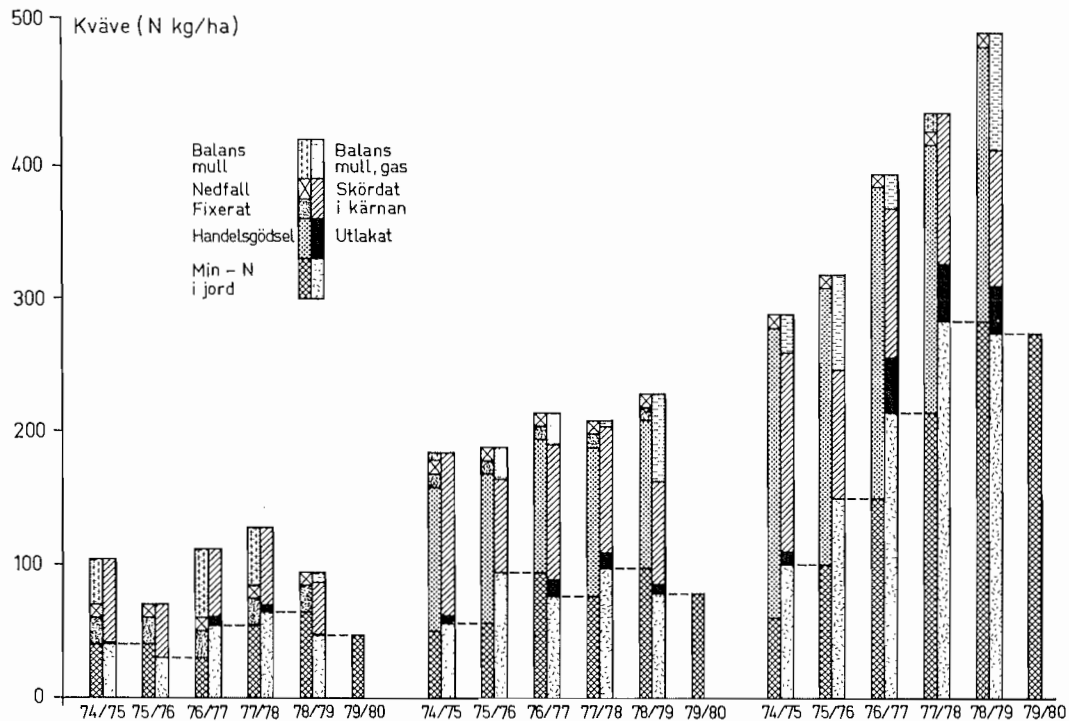


Fig. 9. Årsvisa balansräkningar för kväve. *Annual balance sheets for nitrogen.*

man av vått och torrt nedfall,  $N_{fix}$  är biologiskt fixerat kväve,  $N_{grö}$  är kväve i grödan och  $N_{lak}$  är utlakat kväve.

Uppkommen balans kan vara negativ eller positiv. Negativ balans innebär att summan av gasformiga förluster (ammoniak, nitrösa gaser och elementärt kväve) och fastlagt kväve vid nedbrytning av organiskt material varit större än mineraliseringstillskottet. Positiv balans innebär omvänt att mineraliseringen är störst.

*Årsviss balans.* I fig. 9 finns balansräkningar illustrerade för de olika försöksleden och för alla försöksåren. Utgångspunkten är mängden mineraliskt kväve i jorden på våren. Till  $N_{grö}$  räknas bara skördat i kärnan, ity att halmen nedbrukas. Vidare har vi genomgående räknat med  $N_{ned} = 10$ . I figuren har  $N_{fix}$  därtill ritats olika stora. Faktiska skillnader bör nämligen föreligga. Sålunda motverkas fixeringen till exempel av mycket kvävegödsel (Thimann 1955, p. 329).

$N_0$ -ledet balanserar för det mesta på plus. Året 78/79 redovisas dock ett litet minus, vilket sammanhänger med att växtsäsongen började med ett relativt stort kväveförråd och med att skörden blev relativt mager. Kvävehalten i kärnan uppgick då till 1,3% mot 1,9-2,1% i de andra försöksleden. Allmänt sett var kvävehalten i kärnan från  $N_0$  0,2-0,6 procentenheter lägre än från kärnan från  $N_{100}$  och  $N_{200}$ .

$N_{100}$ -ledet har nästan genomgående en negativ balans, som emellertid varierar kraftigt. Den största betydelsen härutinnan har skördeutfallet. Kväveläckaget spelar ingen stor roll.

$N_{200}$ -ledet har också i stora drag en negativ balans. Utlakningen spelar här en rätt stor roll.

*Flerårsbalans.* Helhetsbilden är ganska klar (fig. 9). Sålunda balanserar hela  $N_0$ -budgeten kring i runda tal 100 N kg/ha. Möjligen kan en avtrappning komma att ske. Budgeten är alldeles för liten ur växtodlingssynpunkt.

$N_{100}$ -budgeten tycks kunna stanna runt 210 N kg/ha. Den är uppenbarligen något för stor. Troligen skulle 180-200 N kg/ha vara bättre och ur vattenvårdssynpunkt godtagbar.

$N_{200}$ -budgeten är självklart alldeles för stor. Merutbytet kan knappast uppväga nackdelarna. I vart fall kostar det sista kilot kärna för mycket. Ur vattenvårdssynpunkt är budgeten inte godtagbar.

Med de förutsättningar som ovan anförts ger formel (3) följande totalbalans mellan de två likvärda tidpunkterna apr-75 och apr-79,

Försöksled ...	$N_0$	$N_{100}$	$N_{200}$
N (N kg/(ha·år))	21	-31	-52

Den positiva balansen i  $N_0$  utgörs av mineraliserat kväve. De negativa balanserna i  $N_{100}$  och  $N_{200}$  tyder å andra sidan på en betydande avgång till jord (mullbildning), luft och grundvatten.

*Mineralisering.* Datamaterialet ger en möjlighet att belysa omfattningen av den mineralisering som äger rum i jorden. Utgångspunkt blir åter formel (3). En positiv balans innebär att en mineralisering ägt rum, en negativ balans att en förlust till luft eller vatten skett eller att det bildats mull.

Vid beräkningarna har schablonmässigt använts  $N_{ned} = 10$  och  $N_{fix} = 20$ , 10 och 0 till i ordning  $N_0$ ,  $N_{100}$  och  $N_{200}$ .

Värdet på  $N_{grö}$  har uppskattats till dubbla mängder i kärnan enligt Jansson (1966). Han anger att ca 50% av det totalt upptagna kvävet hamnar i kärnan, 25% i strået och 25% i rötterna.

De beräknade restposterna framgår av nedanstående sammanställning. Bara de tre senaste åren har tagits med. För tiden dessförinnan saknas ju ammoniumvärden för nitratprofilen. Små talen i sammanställningen är



Tabell 6. Utlakning av kväve, fosfor och kalium med dräneringsvattnet.  
*Leaching of nitrogen, phosphorus and potassium with the drainage water.*

År	Försöksled <i>Experimental plot</i>				
	N0	N50	N100	N150	N200
Totalkväve (N kg/ha)					
74/75	2	9	6	6	10
75/76	0	0	0	0	0
76/77	7	17	13	31	42
77/78	6	9	13	33	43
78/79	2	5	7	19	36
Totalfosfor (P kg/ha)					
74/75	0,10	0,03	0,04	0,04	0,04
75/76	0	0	0	0	0
76/77	0,06	0,11	0,09	0,08	0,12
77/78	0,05	0,05	0,07	0,06	0,05
78/79	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03
Kalium (K kg/ha)					
74/75	-	-	-	-	-
75/76	0	0	0	0	0
76/77	8	8	10	8	10
77/78	9	9	12	16	11
78/79	3	4	5	7	6

mycket osäkra men ger likväl en antydning om storleksordningen. Värden i N kg/ha.

Tid	N0	N100	N200
Sep 76-Sep 77	102	84	29
Sep 77-Okt 78	55	39	-14
Okt 78-Sep 79	51	48	-14
Medeltal	69	57	0

Ser man det hela i stora drag så skedde de största förändringarna i försöksled N200. Där förbyttes ett överskott till ett underskott det andra året. Anledningen måste vara att mycket nitrat lakats till djup under 2 m eller förlorats till luften. Det försöksledet ger således ingen uppfattning om mineraliseringens storlek.

Det gör däremot de båda andra försöksleden, där mineraliseringen uppgick till lägst 40-100 N kg/(ha·år). Oåtkomliga förluster till jord, vatten och luft är ju oräknade.

Skillnaden mellan N0 och N100 sep 76-sep 77 kan tyda på att en denitrifikation verkligen ägt rum. Allt tyder nämligen på att lakningen till nivåer under 2 m var mycket liten eller ingen alls i de två försöksleden det året. De båda andra åren kan sådan lakning inte uteslutas också om den bör ha varit liten.

#### Övriga ämnen

*Fosfor och kalium.* I tabell 6 redovisas transporten av fosfor och kalium. Där finns också kvävetransporten siffermässigt återgiven för jämförelsens skull.

Fosfortransporten rör sig i medeltal om 0,04-0,05 P kg/(ha·år). Värdena är desamma som registrerats annorstädes på Varaslätten, men mycket låga i jämförelse med landet i övrigt (Brink *et al.* 1979).

Kaliumtransporten var i medeltal 5-6 kg/(ha·år) vilket är något mer än på annat håll i trakten men långt under riksmedeltalet 15 K kg/(ha·år).

De höga kvävegivorna har som synes inte ännu haft något avgörande inflytande på utlakningen av fosfor och kalium. Det kunde man eljest förvänta eftersom nitrat kan bidra till att frigöra ämnen ur organisk substans.

*Konduktivitet, permanganattal och pH.* Något inflytande på konduktivitet, permanganattal eller pH har inte heller den olika nitratgödslingen haft. Detta framgår av följande sammanställning med årmedeltalens medeltal.

Försöksled ...	N0	N50	N100(1)	N100(4)	N150	N200
Kond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	480	422	651	452	492	553
KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	6	7	5	7	6	5
pH	7,4-8,2	7,5-8,2	7,4-8,3	7,5-8,2	7,4-8,1	7,4-8,1

Däremot ser man att konduktiviteten skiljer sig avsevärt mellan de två N100-leden. Orsaken kan härledas till kalkningen i början av 1960-talet. Ruta 1 fick ju då 32 t/ha kalk och ruta 0 inget alls. Det kan tilläggas att också utlakningen av kalium var högre på ruta 1 än på ruta 4 eller i medeltal 4,3 resp. 3,6 K kg/(ha·år).

## DISKUSSION

De oklarheter som råder beträffande nitratläckaget till grundvattnet kommer förhoppningsvis att kunna klaras ut med jordprovtagningar till större djup.

För övrigt skall försöket fortgå med oförändrad uppläggning tills jämvikt säkert uppnåtts i ledet med den högsta kvävegivan. Avsikten är att därefter utjämna gödselgivorna och studera återställningsprocessen. När en ny jämvikt inträtt kan fältet nyttjas för helt nya försök.

## SAMMANFATTNING

Bruket av handelsgödsel har ökat kraftigt de senaste 35 åren. Skördarna har också ökat men inte i samma takt som handelsgödseln. Frågan om vart det överblivna gödselkvävet tar vägen belyses med resultat från ett gödslingsförsök med stigande mängder handelsgödsel.

Försöket utförs på Lanna försöksgård i Västergötland. Det är ett rutförsök med separata täckdikessystem och avrinningsmätningar. Rutornas antal är sex och deras storlek 0,4 ha. Matjorden är en måttligt mullhaltig lera och alven en styv till mycket styv lera.

I avrinnande vatten mäts kväve, fosfor, kalium, konduktivitet, permanganattal och pH. Också grundvattnet kontrolleras med samma analyser. Särskilda grundvattenrör har därför satts till olika djup. Där kontrolleras även grundvattentrycket.

Jordens innehåll av mineraliskt kväve bestäms till 2 m djup, vanligen i september och april.

Växtföljden har från och med 1973 varit: havre, höstvetete, höstvetete, havre, höstvetete, korn. Försöksleden är N0, N50, N100, N100, N150 och N200, där talen anger normgivor i N kg/(ha·år) kalksalpeter. Fältet har gödslats med 80 P (kg/ha) tomasfosfat 1973 och 1977. Ingen kaliumgödsling förekommer.

I allmänhet rådde upptryck på försöksfältet som torde ingå i ett större utströmningsområde.

Bland kväveformerna i vattnet dominerade nitrat, ofta till mer än 90%. Nitrathalten i dräneringsvattnet samvarierade i stora drag med gödselgivan. Grundvattnet var påverkat redan när försöket startades, särskilt på 2 m djup.

Utlakningen av kväve med dräneringsvattnet ökade med stigande kvävegivor. Ökningen var måttlig till 100-kilosnivån men steg därefter raskt och nådde högst 43 N kg/(ha·år). Nederbörden har haft stor genomslagskraft.

Det kan ta 5-6 år innan en ändrad växtnäringsförsörjning på ytan slår igenom fullt på dräneringsdjup. Läckaget från ogödslat fält kan då stanna vid 2 N kg/(ha·år).

Bland kväveformerna i kväveprofilen är nitraten intressantast genom att det varierar kraftigt. Nitrit förekommer i mycket små mängder. Ammonium finns i måttliga mängder men varierar inte särskilt mycket i jämförelse med nitraten.

Betydande mängder nitrat kan anhopas i jorden. Den övre gränsen förefaller ligga mellan 250 och 300 N kg/ha intill 2 m djup. Jämvikt tycks ha inträtt efter 5 års konstanta gödslingsnivåer.

Slaget av gröda har spelat en ganska viktig roll för balansen. Höstveten utnyttjade kvävet bäst genom sina djupa rötter, korn inte fullt så bra och havre sämst. Vid riklig tillgång av nitrat i den övre delen av jordprofilen utnyttjades inte kvävet naturligt nog i den nedre delen. Nederbörden har självklart betytt mycket i sammanhanget.

Olika balansräkningar har upprättats. På ogödsad ruta har rätt betydande mängder kväve levererats från marken, på överdoserade rutor har förlusterna varit stora. Den bästa balansen uppnåddes vid medelgivan, som blev 109 N kg/(ha·år). Den gav i genomsnitt en årlig minusbalans på 31 kg/ha, i form av gasformiga förluster och mullbildning.

Mineraliseringen av organisk substans har uppskattats till lägst 40 à 80 N kg/(ha·år). Oåtkomliga förluster till jord, vatten och luft är oräknade.

Undersökningen fortsätter för penetrering av oklara punkter.

## LITTERATUR

- Andersson, S. & Wiklert, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIII. *Grundförbättring*, 25, 55-64.
- Andersson, S. & Wiklert, P. 1980. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. IV. MS. Inst. för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Bremner, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. *Agronomy* 9, Am. Soc. Agronomy, 1219-1224.
- Brink, N. 1968. Self-purification in an open ditch. *Water research*, 2, 481-503.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* nr 1, 1-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi* nr 4, 7-57.
- Fredriksson, L. 1958. Markkemiska undersökningar och kärnförsök i avslutning till mångåriga fältförsök vid statens försöksgård Lanna. I. *Medd. Stat. Jordbruksförsök* nr 96, 1-35.
- Gass, W. B., Peterson, G.A., Hauck, R.D. & Olson, R.A. 1971. Recovery of residual nitrogen by corn (*Zea mays* L.) from various soil depths as measured by <sup>15</sup>N tracer techniques. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, 35, 290-294.

- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. *Rapp. Avd. Växtnäringslära SLU nr 96*, 1-29.
- Lindén, B. 1978. Kan bestämning av rotzonens N-förråd ge vägledning om behovet av N-tillförsel. *Kungl. Skog. Lantbr. Akad. Tidskr. Suppl.* 12, 25-49.
- Lindén, B. 1979. Mineralförrådets storlek och förändring i markprofilen vid odling av sockerbetor och korn. *Rapp. Avd. Växtnäringslära SLU nr 119*, 1-25.
- Lindén, B. 1980. Mineralkväveförrådets tidsvariation i åkermark. *Kons.avd. Rapp. SLU Allmänt 23*, 8:9-16.
- Jansson, S.L. 1966. Vart tager gödselkvävet vägen? *Växtnärings-Nytt*, 22, 3:1-9.
- Ohlsson, S. 1979. Kalkningsbehov och kalkningsmedel för jord, skog och vatten. *Kungl. Skog. Lantbr. Akad. Tidskr. Suppl.* 13, 6-26.
- Scharpf, H. C. 1977. *Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Massstab für den Stickstoffdüngerbedarf*, p. 174. Fakultät für Gartenbau und Landeskultur der Universität Hannover. (Diss.)
- Thimann, K.V. 1955. *The life of bacteria*, p. 755. Macmillan, New York.

# OMGIVNINGENS BETYDELSE FÖR PRIMÄRPRODUKTIONEN I VADSBROSJÖN

## *The Importance of the Environment for the Primary Production in Lake Vadsbrosjön*

Barbro Ulén och Nils Brink

*Abstract.* The transport of chemical substances has been measured from three run-off areas around the Vadsbro lake and from a field, all situated in central Södermanland. The measurements have been going on for three years.

Higher contents of nutrient salts were noted in the run-off water, compared with the contents further downstream in the Nyköping River. The transport of nitrogen and phosphorus from a small area of forest was greater than had been calculated to apply in the whole of Sweden. Above all, the transport of phosphorus from a field was much greater than had been measured in other parts of the country.

The Vadsbro lake has high contents of phosphorus in its waters, high chlorophyll values and a high primary production of plant plankton. At times, nitrogen was probably the most limiting substance. The eutrophic conditions were natural in view of the lake's heavy load of nutrient salts, which seems to be too great even in a state of nature.

### INLEDNING

Ämnestransporten har hittills i Sverige oftast beräknats från stora arealer med olika geografisk belägenhet. Vid Ekenäs 12 km söder om Flen i Södermanland har sedan 1976 mätts ämnestransporten från flera avrinningsområden av skilda typer inom ett begränsat geografiskt område i vilket Vadsbrosjön ingår. Genom att belastningen på Vadsbrosjön uppmätts och under ett år även fytoplanktons primärproduktion, har en uppfattning erhållits om effekten av belastningen.

### UNDERSÖKNINGSOMRÅDEN

#### *Allmänt*

Undersökningsområdena är fyra. Arealfördelningen visas i följande sammanställning, där också Vadsbrosjön medtagits.

Område	Skog		Åker		Sjö		Totalt (ha)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Flinkesta	0	0	6,6	100	0	0	6,6
Däntersta	30,4	98	0	0	0,6 <sup>a</sup>	2	31
Örbäcken	631	56	489	44	0	0	1120
Hedenlundaån	29260	74	7340	18	3280	8	39880
Vadsbrosjön	0	0	0	0	198	100	198

<sup>a</sup> Alkärr

Hedenlundaåns avrinningsområde är ordinärt för svenska förhållanden vad det gäller sjöprocenten i relativt stora områden. Sjöprocenten är i genomsnitt 8,4 för Sveriges 37 större floder som står angivna i Atlas över Sverige (1953-1971).

Områdena beskrivs mera i detalj av Brink, Gustafson & Persson (1979), Däntersta av Brink (1979) och Hedenlundaån samt Vadsbrosjön av Antons-son, Bergquist, Broberg & Neabeus (1976).

### Flinkesta

Flinkesta försöksfält är beläget invid Ekenäs (fig. 1). Det kantas i norr och väster av skog och lutar kraftigt mot söder. Jordarten är lera som vilar på morän. Denna går i dagen mot fältets västra och norra kanter. I fältets centrala delar är leran omkring 4 m tjock. Fältet brukas enligt traditionella metoder.

Gröda, gödsling och skörd har sedan 1976 varit följande.

År	Gröda	Handelsgödsel (kg/ha)			Skörd (t/ha)
		N	P	K	
1976	Korn	78	18	0	3,1
1977	Havre, insådd	65	15	0	3,1
1978	Vall I	64+42	28	52	normal

### Däntersta

Försöksområdet består av ett skogsparti strax norr om Flinkesta (fig. 1). Berggrunden utgörs i huvudsak av gnejser och de lösa jordlagren av morän och lera. Huvuddelen av skogen består av blandad barrskog men i nedre delen av avrinningsområdet finns ett litet alkärr.

Ingen gödsling har förekommit.

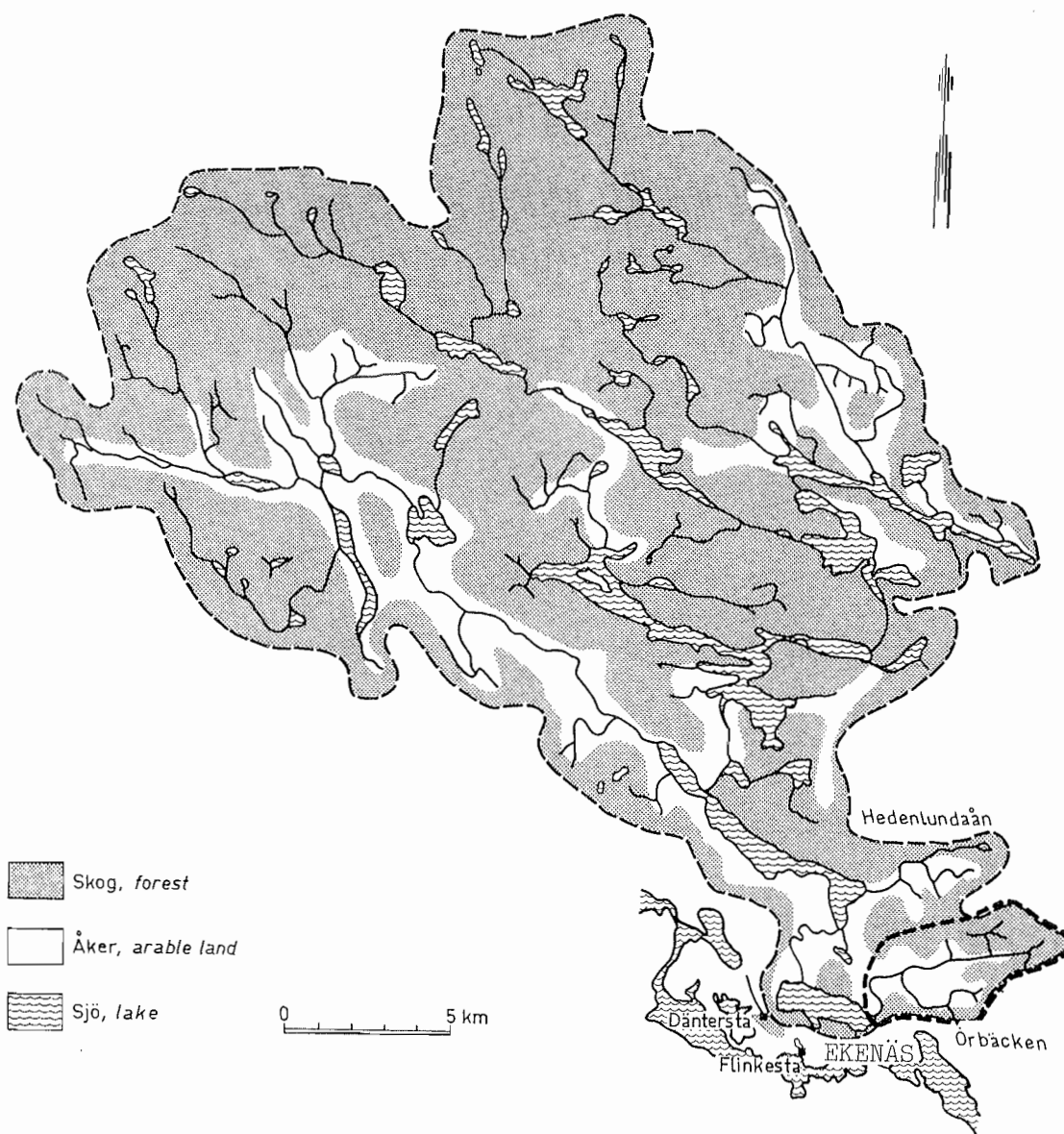


Fig. 1. Undersökningsområden. *Investigation areas.*

### Örbäcken

Till östra delen av Vadsbrosjön flyter Örbäcken. Berggrunden i avrinningsområdet består av gnejser. I skogsområden är den täckt av morän, i dalgången där jordbruksmarken dominerar består det ytligaste jordlagret av lera. Åkermarken gödslas med handelsgödsel och stallgödsel både från nöt och svin.

Örbäcken tillförs även utsläpp från Vadsbro reningsverk. Verket är dimensionerat för 250 personekvivalenter och utnyttjas för ca 100.

### Hedenlundaån

Hedenlundaåns avrinningsområde (fig. 1) täcker en stor del av nordvästra Södermanland. I avrinningsområdet finns många sammanhängande sjösystem i förkastningslinjer. Berggrunden utgörs i huvudsak av röda och grå gnejser som alternerar. Granitgnejs och granit förekommer i vissa områden. Den övervägande jordarten är morän, som i dalgångarna överlagras av lera. Norra delen utgörs mest av skogsmark medan andelen jordbruksmark tilltar söderut.

Ingen skogsgödsling har skett inom området under den aktuella tiden.

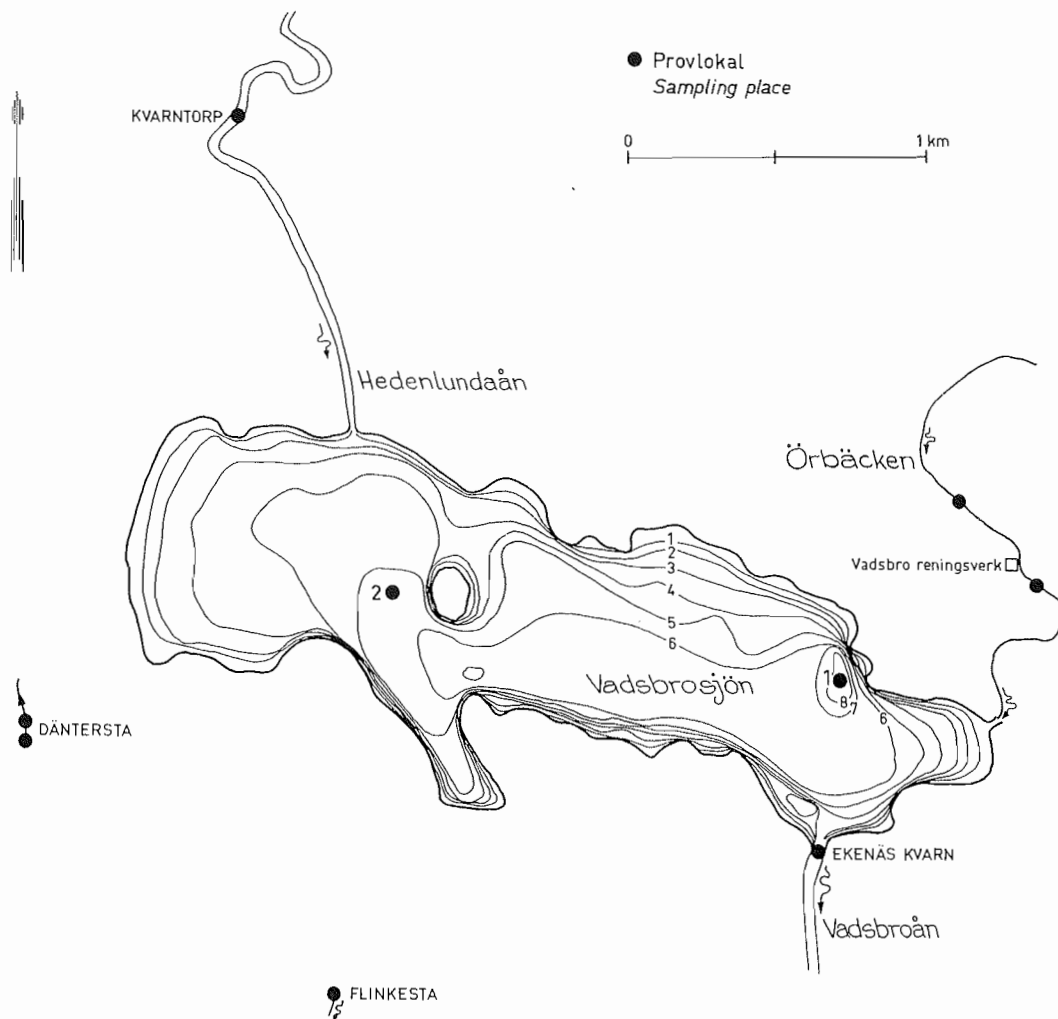


Fig. 2. Provplatser. Djupkarta över Vadsbrosjön. *Sampling places. Deep contour map of lake Vadsbrosjön (from Antonson et al.).*

*Avrinning och ämnestransport*

Vid Flinkesta och Däntersta passerar det avrinnande vattnet en underjordisk bassäng och rinner genom ett triangulärt urtag med öppningsvinkeln  $90^\circ$ . Vattennivån i bassängen registreras kontinuerligt med en flottörpegel. För en närmare beskrivning hänvisas till Brink, Gustafsson & Persson (1978).

I Örbäcken och Hedenlundaån mäts vattennivån kontinuerligt med skrivande peglar. De är placerade i Vadsbro och Kvarntorp (fig. 2). Avrinningen har mätts med flygel vid olika vattenstånd.

I Örbäcken har anordnats en rektangulär betongränna för flygelmätningarna. Två skilda avbördningskurvor har upprättats, en för sommar och en för vinter.

Hedenlundaån ligger så lågt att vattenståndet i ån förutom av vattenföringen beror av vattenståndet i Vadsbrosjön. Därför har också sjöns nivå fortlöpande kontrollerats på en fast pegel vid utloppet. Från och med sommaren 1979 registreras vattenståndet i sjön kontinuerligt med en stansande pegel.

Vattenståndet i sjön regleras med en dammtröskel vid utloppet. Tröskelhöjden har vanligen ändrats 2-4 gånger i månaden varvid den fasta pegeln avlästs. Det dagliga vattenståndet dessemellan har uppskattats genom linjär interpolering.

Mätningarna i Hedenlundaån har givit upphov till kurvskaran

$$q = f(\Delta H, h)$$

där  $q$  är vattenföringen,  $\Delta H$  vattenståndsskillnaden och  $h$  vattenståndet vid pegeln.  $\Delta H$  är en parameter som antagit fasta värden i intervallet  $0,10 \leq \Delta H \leq 0,28$  m och  $h$  är en löpande variabel i intervallet  $0,10 \leq h \leq 0,65$  m. Vid värderingen har använts en trendyteanalys (Thomas & Stressman 1972, Bjerketorp 1973).

Vid  $\Delta H < 0,10$  m var sambandet mycket svagt mellan  $q$  och  $h$ . Vattenföringen har då baserats på några direkt uppmätta värden. Detta inträffade på somrarna och även på höstarna. Det totala tillskottet under dessa perioder betyder litet i sammanhanget.

Ämnestransporten har beräknats enligt formeln

$$T = 10^{-2} R(q_1 c_1 + q_2 c_2 + \dots + q_n c_n) / (q_1 + q_2 + \dots + q_n),$$

där  $T$  är transporten i kg/(ha·år),  $R$  avrinningen i mm/år,  $q$  är vattenföringen i valfri enhet och  $c$  koncentrationen i mg/l vid observations-tillfället och  $n$  är antalet observationer.

Tidsbasen för beräkningarna är det ekohydrologiska året som sträcker sig från 1 juli till 30 juni nästföljande år (Brink 1979). Det betecknas t.ex. 75/76.

*Provtagning och analys av rinnande vatten*

Provtagning av rinnande vatten i de fyra systemen sker på platser enligt fig. 2. Vid Däntersta tas prov före och efter passagen genom alkärren, i Örbäcken före och efter regninsverkets utsläppspunkt och i Hedenlundaån vid Kvarntorp och i Vadsbroån i Vadsbrosjöns utlopp vid Ekenäs kvarn.

Provtagning sker i mitten av varje månad. Konduktivitet och pH bestäms direkt på platsen. För övriga analyser konserveras vattnet i två plastflaskor, dels med svavelsyra för bestämning av nitrat, totalkväve, totalfosfor och permanganattal, dels med kloroform för bestämning av nitrit, ammonium, molybdatreaktiv fosfor (här kallad fosfatfosfor) och kalium. Vatten från Flinkesta har även analyserats på nitratkväve och totalfosfor varje månadsskifte.

För närmare uppgifter om metoderna hänvisas till Brink *et al.* (1978).



## Provtagning och analys på sjövattnen

Provtagning skedde tio gånger under sommarhalvåret 1979. Prov togs i djuphålan vid lokal 1 (fig. 2) på djupen 0, 3 och 7 m och vid lokal 2 på djupen 0 och 4 m.

Vid provtagningen mättes temperatur och siktdjup. Analyser utfördes på samma sätt som för proverna från avrinningsområdena. Dessutom mättes syrgas och klorofyll *a*. På lokal 1 och djupen 0 och 3 m bestämdes även alkalinitet enligt Ahlgren & Ahlgren (1975).

Fytoplanktonsammansättningen bestämdes kvalitativt.

Algernas primärproduktion mättes med  $^{14}\text{C}$ -metodik på lokal 1.  $^{14}\text{C}$ -märkt vatten ( $4 \mu\text{Ci}$ ) med alkaliniteten  $0,8 \text{ melev/l}$  sattes till  $100 \text{ ml}$  glasflaskor. Exponering skedde varannan meter till  $3 \text{ m}$  djup under ca fyra timmar. Ljusenergiinstrålningen  $\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  bestämdes med en kvantameter. De aktiverade vattenproverna filtrerades på cellulosanitratfilter ( $0,2 \mu$ ). Aktiviteten bestämdes med scintillationsmetodik efter tillsats av Pugh's lösning (Samuelsson 1977). Den dagliga  $^{14}\text{C}$ -assimilationen uträknades med hjälp av Tallings (1965) uttryck för förhållandet dagslängd/exponeringstid. Årsproduktionen uppskattades från dagliga instrålningsvärden vid Ultuna. Härvid har använts omräkningsfaktor  $1 \text{ mW}/\text{cm}^2 = 46 \mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  (Ahlgren 1977).

## RESULTAT

### Avrinning

Den månadsvisa avrinningen från de fyra områdena visas i fig. 3. Värdena från Hedenlundaån är något osäkra.

De häftigaste variationerna registrerades för Flinkesta med ren åker, därefter kom Däntersta med ren skog och Hedenlundaån med övervägande andel skog. Den bästa utjämnningen stod Örbäcken för med ungefär lika andel åker och skog. Avrinningsområdets storlek har självklart betytt mycket för vattenregimen. Men tydligen betydde den lika fördelningen mellan åker och skog i Örbäckens flodområde mera för en jämnare fördelning av avrinningen än både större areal och stor sjöprocent i Hedenlundaåns flodområde.

Den totala avrinningen från de fyra områdena var följande (värden i mm).

År ...	76/77	77/78	78/79
Flinkesta	291	396	208
Däntersta	178	207	143
Örbäcken	125 <sup>a</sup>	194	158
Hedenlundaån	190 <sup>a</sup>	182	143

<sup>a</sup> Nov-Jun

Avrinningen från Flinkesta var i särklass störst och från de tre andra inbördes ganska lika de två år som fullständiga årsserier föreligger. Den stora avrinningen från Flinkesta beror på att det är en liten åker i en kuperad sydsluttning där det ytligt avrinnande vattnet snabbt rinner ned i ytvattenbrunnar.

## Ämnen i de rinnande vattnen

**Kväve.** Totalkvävehalterna i vatten från Flinkesta och i Örbäcken varierade mycket mellan åren, i Dänterstabäcken och Hedenlundaån förhållandevis litet (tabell 1 och fig. 4). Halterna var också betydligt högre i de två förstnämnda där åkerns inflytande är stort än i de två sistnämnda med övervägande skog. Så höga värden som i Örbäcken finner man vanligen endast i utpräglade jordbruksåar (Ahl & Wiederholm 1977, p 40).

Ett genomgående drag är att kvävehalterna var högre 76/77 jämfört med de båda följande åren, antagligen beroende på att mycket nitrat fanns kvar i marken efter det torra året 75/76.

Beträffande Däntersta finner man att kvävehalterna ökade efter passagen genom alkärret. Detta har troligen att göra med alarnas förmåga att i symbios fixera kväve.

Det kan slutligen konstateras att halterna i Hedenlundaån och Vadsbroån som rinner ut i Långhalsen var högre än i Nyköpingsån som i sin tur avvattnar Långhalsen. Denna sjö är grund och kraftigt vassbevuxen och verkar därför som en effektiv närsaltfälla.

**Fosfor.** Totalfosforhalterna i de fyra vattensystemen varierade inom vida gränser (fig. 5). De häftigaste fluktuationerna uppträdde på Flinkesta, och därefter på Däntersta. I Örbäcken och Hedenlundaån var i allmänhet variationerna mindre. Fosforhalterna ordnade sig efter andelen åkermark i avrinningsområdena.

På Flinkesta uppmättes värden över 0,2 mg/l vid kraftig avrinning i samband med regn. Halterna var genomgående höga i jämförelse med halter i vatten från andra undersökta åkrar i Sverige (Brink *et al.* 1979).

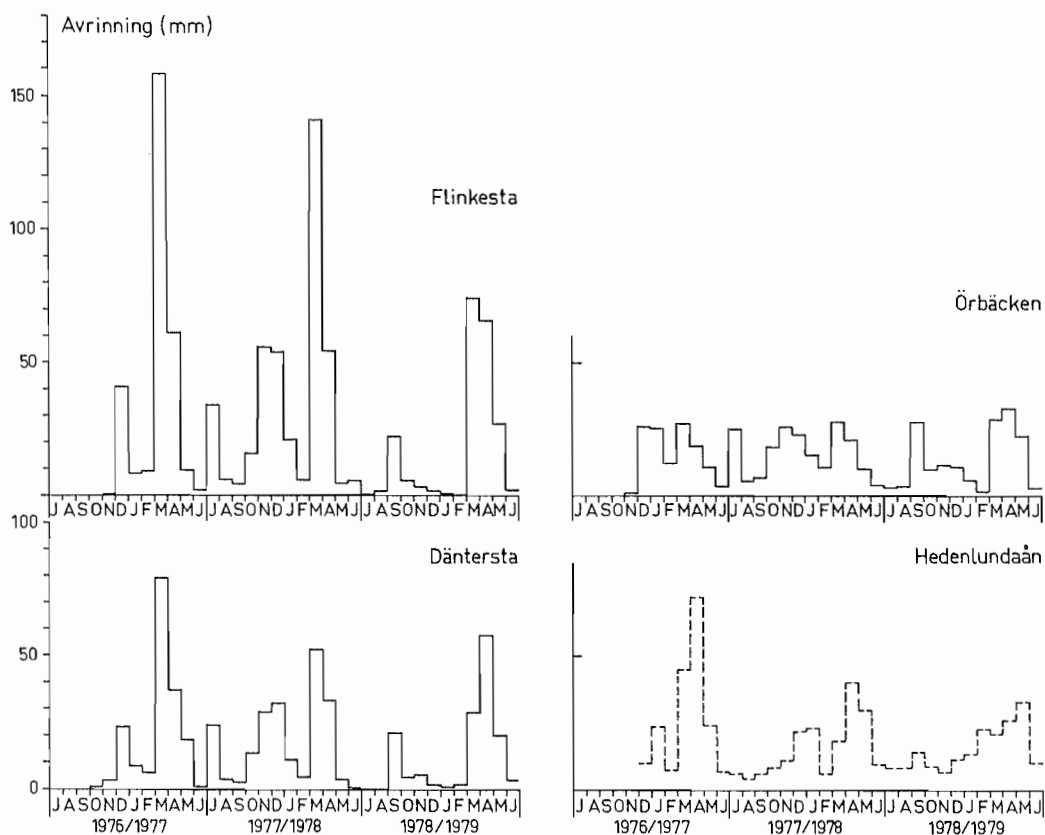


Fig. 3. Avrinning från undersökningsområdena. Run-off from investigation areas.

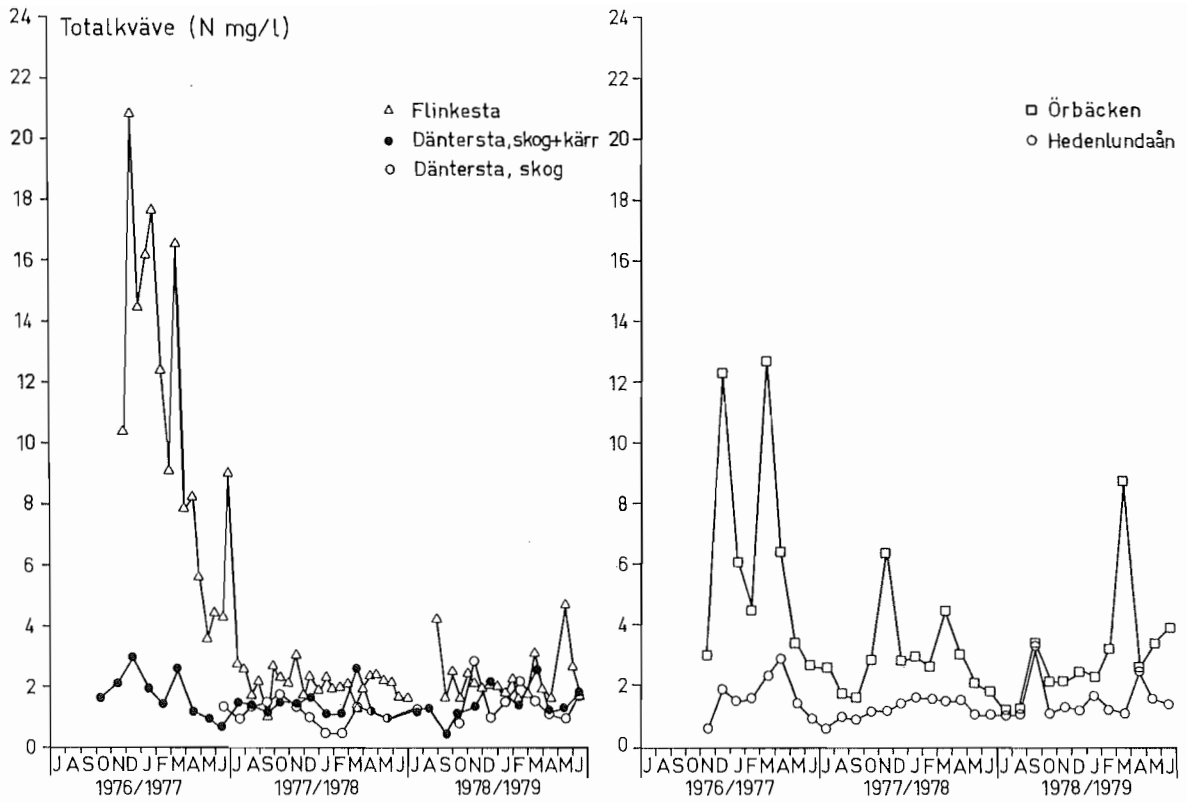


Fig. 4. Totalkväve i avrinnande vatten. *Total nitrogen in running waters.*

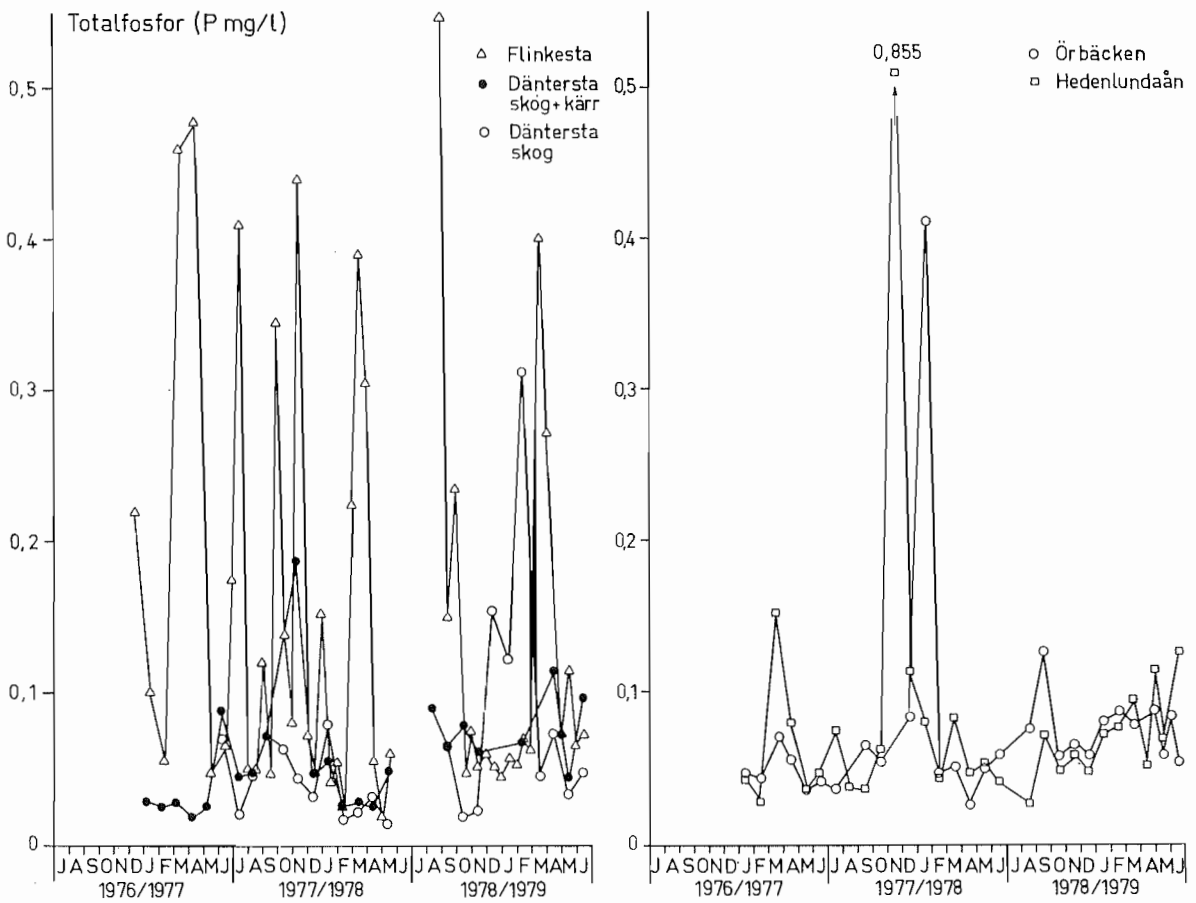


Fig. 5. Totalfosfor i avrinnande vatten. *Total phosphorus in running waters.*

Tabell 1. Medelkoncentrationer vägda mot vattenföringen under ekohydrologiska år.  
*Mean concentrations weighed against runoff during ecohydrological years.*

År	Kväve (N mg/l)				Fosfor (P mg/l)		K (mg/l)	KMnO <sub>4</sub>	Kond. (µS/cm)	Prov
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Org.N	Tot-N	PO <sub>4</sub>	Tot-P				
<i>Flinkesta. Åker Arable land</i>										
76/77	0,05	13,0	0,8	13,8	0,136	0,386	4,2	22	183	7
77/78	0,04	1,3	1,0	2,3	0,113	0,267	2,8	37	116	12
78/79	0,04	2,4	0,5	2,9	0,130	0,230	3,1	32	123	10
<i>Däntersta. Skog Forest</i>										
76/77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77/78	0,03	0,3	0,8	1,2	0,015	0,033	1,0	92	108	12
78/79	0,07	0,3	1,0	1,3	0,007	0,055	1,0	90	104	10
<i>Däntersta. Skog + kärr Forest + swamp</i>										
76/77	0,05	1,6	0,6	2,3	0,007	0,014	1,3	58	215	9
77/78	0,06	1,2	1,5	1,7	0,018	0,076	1,3	120	134	11
78/79	0,05	0,6	1,0	1,7	0,030	0,091	2,3	129	110	11
<i>Örbäcken</i>										
76/77	0,69	6,8	1,1	8,4	0,009	0,073	4,5	42	455	8
77/78	0,18	2,4	1,2	3,8	0,038	0,089	4,9	62	302	12
78/79	0,25	2,9	1,1	4,3	0,023	0,075	4,1	68	258	12
<i>Hedenlundaån</i>										
76/77	0,08	1,1	0,9	1,9	0,013	0,049	3,2	35	214	7
77/78	0,05	0,7	0,7	1,4	0,014	0,066	3,0	53	209	12
78/79	0,04	0,6	0,7	1,3	0,030	0,074	3,2	52	196	14
<i>Vadsbroån</i>										
76/77	0,08	1,2	0,6	1,9	0,014	0,041	3,2	33	256	7
77/78	0,07	0,8	0,4	1,3	0,017	0,045	3,0	50	319	12
78/79	0,06	0,6	0,8	1,5	0,026	0,084	3,2	51	172	14
<i>Nyköpingsån<sup>a</sup></i>										
71/75	-	-	-	0,8	-	0,033	-	33	-	-

<sup>a</sup> Ovägda medelvärden från Ahl & Wiederholm (1977) och Fierrou (1977).

Ungefär hälften av totalfosfor utgjordes av fosfatfosfor och hälften av odefinierade organiska och oorganiska fosforföreningar.

Dänterstabäcken hade de lägsta värdena på våren i samband med snösmältningen. Kvalitetsmässigt utgjorde fosfatfosfor mindre än hälften av totalfosfor. Växttillgängligheten är därför antagligen mindre i skogsvattnet från Däntersta än i åkervattnet från Flinkesta.

Också Örbäckens och Hedenlundaåns fosforvärden ligger högt i jämförelse med de typkoncentrationer som Ahl & Wiederholm (1977, p. 42) anger för slättlandsåar i Mälardalen. Detsamma gäller relationen till Nyköpingsån (tabell 1).

*Kalium.* Kaliumhalten var störst i Örbäcken och minst i Dänterstabäcken (tabell 1). Värdena för Flinkesta och Hedenlundaån var ungefär lika stora. Andelen åkermark hade således ingen avgörande betydelse för kaliumhalten.

*Konduktivitet.* Örbäcken uppvisade också den högsta konduktiviteten och var således saltrikast (tabell 1). Konduktiviteten var ungefär dubbelt så stor som i de andra vattensystemen. Inte heller i detta fall kan åkern ha haft en avgörande betydelse.

*Permanganattal.* Mängden permanganatförbrukande material var naturligt nog högt i vattnet från skogen vid Däntersta. I de övriga vattendragen låg de på en nivå som är typisk för mellansvenska åar (Pierrou 1977).

### Ämnestransporter i de rinnande vattnen

**Kväve.** De årliga förlusterna av organiskt kväve varierade inte på långt när så mycket som förlusterna av nitratkväve (fig. 6).

Ammoniumförlusterna var små. De båda områdena som präglades av jordbruk, Flinkesta och Örbäcken, hade de största förlusterna medan områdena som präglades av skog, Däntersta och Hedenlundaån, hade de lägsta.

Kväveförlusterna från både Däntersta och Hedenlundaåns avrinningsområde var högre än vad som uppmätts som typiskt för svenska flodområden med övervägande skogsmark (Ahl & Wiederholm 1977, p. 42). Förlusterna från Örbäcken var däremot av samma storleksordning som den som uppmätts i svenska floder med omkring 44 procent åker i avrinningsområdet.

Tillskottet av kväve från Vadsbro reningsverk är försumbart (tabell 2).

**Fosfor.** Både fosfat- och totalfosforförlusterna från Flinkesta (fig. 6) var höga jämfört med vad som uppmätts från annan åkermark i Sverige (Brink *et al.* 1979) och 4-8 gånger större än från de tre andra avrinningsområdena kring Vadsbrosjön (fig. 6).

Förlusterna från skogen vid Däntersta var högre än vad som är typiskt för svenska flodområden med övervägande skogsmark (Ahl & Odén 1975).

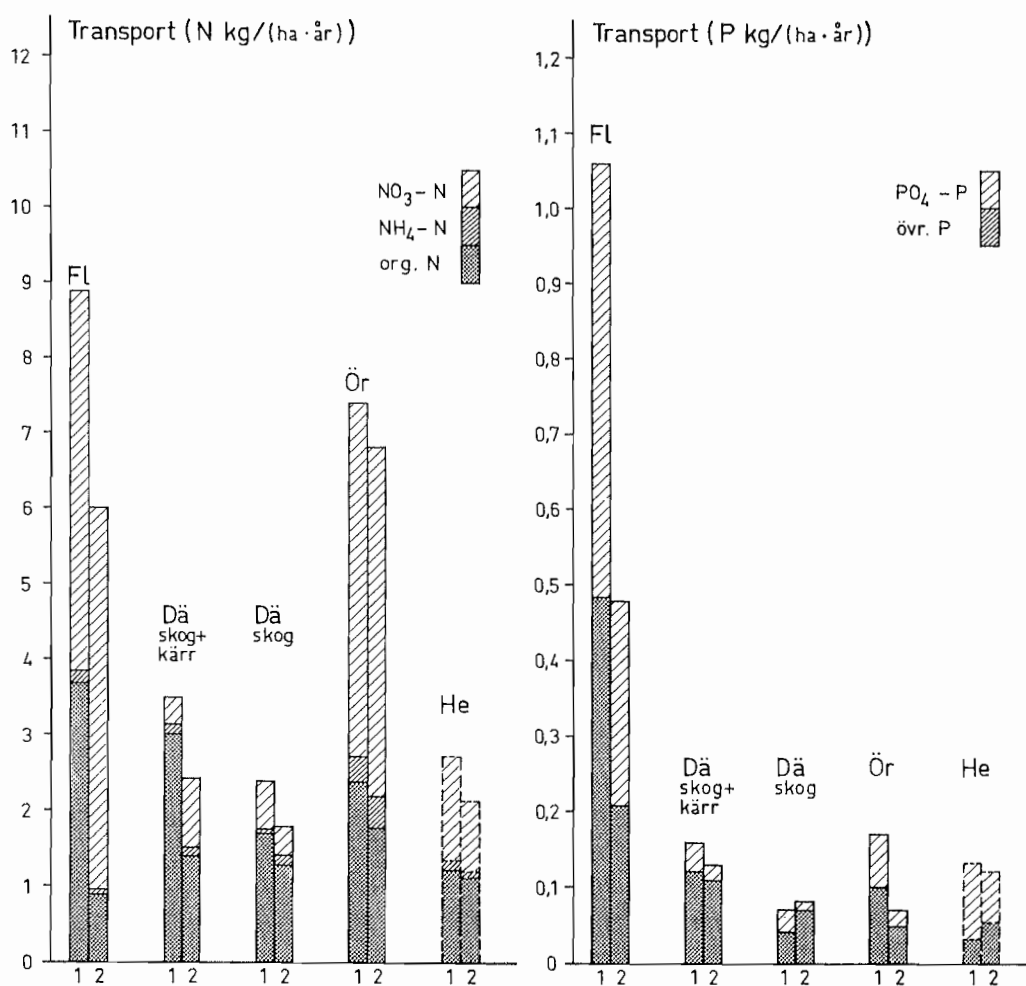


Fig. 6. Transporter av olika kväve- och fosforfraktioner från undersökningsområdena. *Transports of different nitrogen and phosphorus fractions from investigation areas. 1 and 2 means ecohydrological year 77/78 and 78/79 respectively. Values from Örbäcken before sewage work.*

Tabell 2. Ämnestransport under ekohydrologiska år. *Transports during ecohydrological years. (Transport in kg/(ha·yr).)*

År	Kväve				Fosfor		K	KMnO <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub> Org.N
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Org.N	Tot-N	PO <sub>4</sub>	Tot-P			
Flinkesta. Åker <i>Arable land</i>									
77/78	0,14	5,1	3,7	8,9	0,58	1,06	11,2	146	39
78/79	0,08	5,0	0,9	6,0	0,27	0,48	6,5	67	74
Däntersta. Skog <i>Forest</i>									
77/78	0,06	0,6	1,7	2,4	0,03	0,07	2,1	190	112
78/79	0,10	0,4	1,3	1,8	0,01	0,08	1,5	128	98
Däntersta. Skog + kärr <i>Forest + swamp</i>									
77/78	0,13	0,3	3,0	3,5	0,04	0,16	2,7	248	83
78/79	0,07	0,9	1,4	2,4	0,02	0,13	2,7	184	131
Örbäcken, före Vadsbro									
77/78	0,35	4,5	2,3	7,4	0,07	0,17	9,5	120	52
78/79	0,39	4,6	1,8	6,8	0,04	0,12	6,5	107	59
Örbäcken, efter Vadsbro									
77/78	0,37	4,7	2,3	7,4	0,09	0,17	8,9	123	53
78/79	0,28	4,5	1,5	6,3	0,07	0,29	6,8	103	68
Hedenlundaån <sup>a</sup>									
77/78	0,10	1,4	1,2	2,7	0,03	0,13	5,8	103	86
78/79	0,06	0,9	1,1	2,1	0,05	0,12	5,1	82	75
Vadsbroån <sup>a</sup>									
77/78	0,12	1,4	1,4	2,4	0,03	0,08	5,5	92	66
78/79	0,11	1,5	1,0	2,6	0,05	0,15	5,7	91	91

<sup>a</sup> Ungefärliga värden.

Alkärrret och den härvid liggande granplanterade kohagen bidrog med uppskattningsvis 0,2 kg/(ha·år) dvs. tre gånger så mycket som den rena skogen. Stora fosforförluster förekom alltså inte bara från åkermark.

Örbäcken fick efter passagen genom Vadsbro ytterligare ett tillskott av fosfor. År 77/78 var detta obetydligt men 78/79 bidrog samhället med ett tillskott som motsvarade 0,17 kg/(ha·år), dvs. lika mycket som transporterades från Örbäckens avrinningsområde före reningsverket (tabell 2).

*Kalium.* Kaliumförlusterna ökade i likhet med nitratförlusterna i ordningen Däntersta, Hedenlundaån, Örbäcken och Flinkesta. För alla dessa områden var kaliumförlusterna större 77/78 jämfört med 78/79 till följd av de kraftiga höstregnen 1977. Från Flinkesta försöksfält var kaliumförlusterna i likhet med kväveförlusterna också kraftigare under snösmältningen våren 1978 än våren 1979.

*Permanganattal.* Transporten av permanganatförbrukande substans ger ett mått på transporten av organiskt material. Kvoten mellan permanganattalet och det organiska kvävet ger en antydning om kvalitén på materialet. Ju lägre kvoten är desto kväverikare och härigenom mer lättnedbryttbart är i allmänhet materialet.

Med utgångspunkt härifrån kan Flinkesta och Örbäcken med kvoten 56 i medeltal bedömas ha den lättast, och Däntersta med kvoten 106 ha

den svårast nedbrytbara substansen (tabell 2). Som en jämförelse kan anföras tjugo undersökta år söder om Dalälven med i medeltal kvoten 56 (Pierrou 1977). Humifieringen i Däntersta har naturligt nog gått långt till skillnad från i de andra bäckarna.

Ifråga om mängden transporterat organiskt material ligger Däntersta också högt. Hedenlundaån kommer på andra plats. Transporten var där måttlig med ca  $90 \text{ KMnO}_4 \text{ kg}/(\text{ha}\cdot\text{år})$  som kan ställas mot de tjugo årnas medeltransport med  $116 \text{ kg}/(\text{ha}\cdot\text{år})$ .

För alla system gällde att förlusterna av organiskt material var större 77/78 än 78/79 vilket både förlusterna av organiskt kväve och permanganatförbrukande material visar. En stor del av dessa förluster ägde rum under den nederbördsrika hösten 1977. Från Flinkesta och Hedenlundaån förlorades mycket organiskt material i samband med vårfloden 1978.

### Jordbrukets betydelse för ämnestransporten

I fig. 7 jämförs transporten av kväve, fosfor och kalium från de fyra olika avrinningsområdena. Jämförelsegrunden är inte klanderfri. Sålunda kan områdenas vitt skilda storlek ha betydelse för variation och storlek av växtnäringsförlusterna, likaså sättet för avvattning. Klart är att Hedenlundaån med sina sjöar bör ge lägre värden jämfört med de andra som inga sjöar har och att olika grödor på det lilla åkerskiftet vid Flinkesta kan bidra till ökad spridning där. En vallgröda 78/79 gav sålunda avsevärt mindre förluster än en havregröda året innan.

Likväl visar diagrammet att en större andel åker ger ett större växtnäringsläckage än en mindre. De tre ämnena uppvisar emellertid helt olika relationer. Kvävekurvan är sålunda logistisk (sigmoidformad), fosforkurvan exponentiell och kaliumkurvan logaritmisk. Det är alltså inte givet att transporten oavbrutet ökar med växande andel åker på det sätt som Ahl & Wiederholm (1977, p.40 ff.) förutsätter. Teoretiskt borde det bli räta linjer om man utgår från att läckaget är lika från all skog och all åker var för sig. Avvikelser från den räta linjen kan bero på lokala förhållanden och på omlagringar inom systemen.

Kurvförloppen återspeglar förskjutningen av relationerna mellan ämnena. Den ur vattenvårdssynpunkt viktiga kvoten N:P genomlöper sålunda serien 29, 20, 50, 11. I samtliga fall, men knappt vid 100% åker,

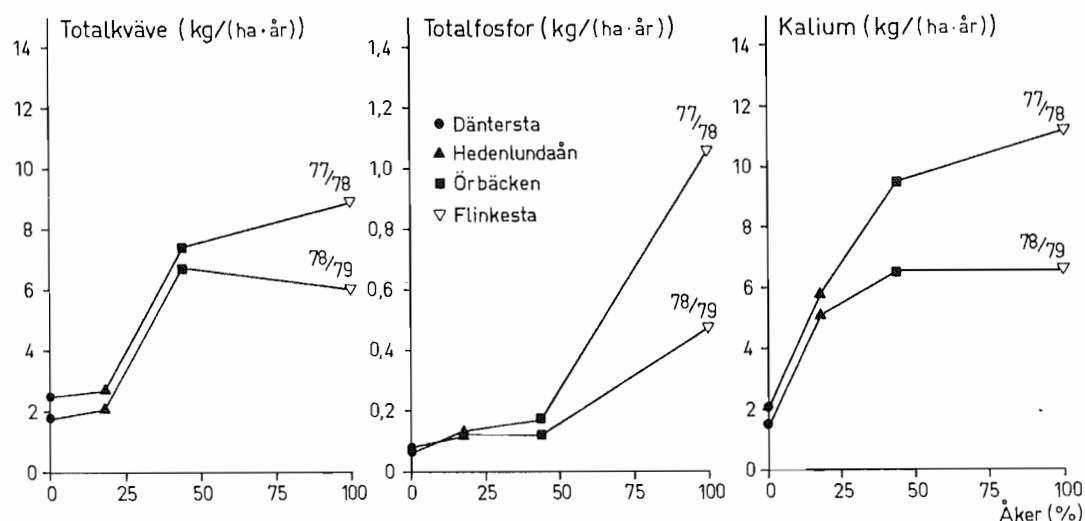


Fig. 7. Transporter av totalkväve, totalfosfor och kalium som funktion av åkerprocenten. *Transports of total-nitrogen, total-phosphorus and kalium as dependent on percent of arable land.*

var kvoten större än 10 och ur biologisk synpunkt förelåg därför ett kväveöverskott. Under de tre föregående åren var kväveöverskottet från rena åkern vid Flinkesta stort. Medeltalet för kvoten N:P under fem år var 18 och under denna längre tidsperiod förelåg alltså klart kväveöverskott även därifrån.

### Vadsbrosjön

*Skiktning.* Under juni 1979 var Vadsbrosjön temperaturskiktad på det djupaste stället (fig. 8). En omblandning skedde i början av juli, därefter återbildades en svag skiktning nära botten som bestod t.o.m. slutet av september. I slutet av juni var syrgashalten låg i hypolimnion men någon syrgasbrist uppstod aldrig. En svag syrgasövermättnad rådde vid ytan under större delen av sommaren.

*pH och konduktivitet.* I sjön uppmättes i maj pH-värden omkring 6,7. Under resten av säsongen varierade pH i det ytliga vattnet mellan 7,1 och 8,1 och i det bottennära mellan 6,8 och 7,6. Alkaliniteten var i början av maj 0,49 mekv/l och hade i mitten av juli ökat till 0,93 mekv/l. Både pH och alkalinitet är av storleksordningen som man ofta finner i sjöar med viss påverkan från åkermark. Vadsbrosjön är med utgångspunkt härifrån inte direkt försurningshotad vilket stämmer med resultat från länsstyrelsens undersökning (Skogkvist 1977).

*Konduktivitet.* Större delen av sommarhalvåret varierade konduktiviteten mellan 140 och 170  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sådana värden är typiska för eutrofa sjöar.

*Kväve.* Variationsbredden av totalkväve i det ytliga vattnet var 0,45-1,25 (tabell 3). Sådana värden är vanliga i måttligt eutrofa sjöar.

I juli rådde antagligen kvävebrist då halten nitratkväve var noll. Även ammoniumkvävet fanns då bara i låga koncentrationer. Sammantaget fanns i mitten på juli endast tre gånger så mycket oorganiskt kväve än fosfatfosfor i sjön medan alger behöver assimilera omkring tio gånger så mycket kväve som fosfor. Härav det förmodade kväveunderskottet.

*Fosfor.* Totalfosfor i det ytliga vattnet varierade mellan 0,056 och 0,097 mg/l under sommaren. Så höga värden brukar uppmätas i hög-eutrofa sjöar.

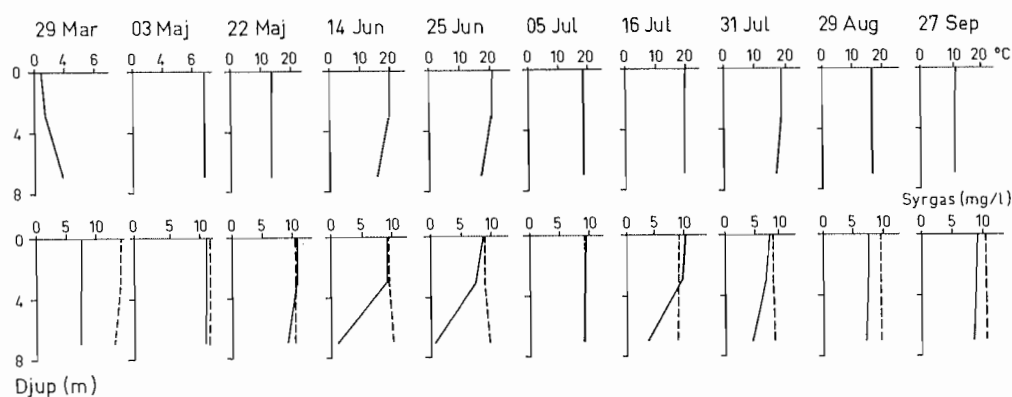


Fig. 8. Temperatur och syrgas vid provlokal 1 i Vadsbrosjön 1979. Undre raden: syrgas som heldragen linje och syrgasmättnad som streckad linje. *Temperature and oxygen at sampling place 1 in lake Vadsbrosjön 1979. Below: oxygen concentration as solid lines and oxygen saturation as broken lines.*



Tabell 3. Närsalter i Vadsbrosjön 1979. *Nutrients in Vadsbrosjön 1979.*

Datum	Station	Kväve (mg/l)				Fosfor (mg/l)	
		NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Org.N	Tot-N	PO <sub>4</sub>	Tot-P
29 Mar	1:0	0,203	0,80	0,09	1,09	0,026	0,060
	1:3	0,203	0,83	0,07	1,10	0,028	0,058
	1:7	0,307	1,84	0,06	2,21	0,039	0,105
03 Maj	1:0	0,020	1,06	0,14	1,23	0,011	0,082
	1:3	0,022	1,04	0,17	1,25	0,009	0,092
	1:7	0,019	1,03	0,19	1,25	0,009	0,093
	2:0	0,010	1,01	0,11	1,14	0,009	0,085
	2:4	0,020	1,00	0,06	1,11	0,025	0,085
22 Maj	1:0	0,021	0,564	0,10	0,69	0,016	0,075
	1:3	0,024	0,556	0,10	0,68	0,017	0,079
	1:7	0,037	0,580	0,08	0,70	0,030	0,079
	2:0	0,030	0,536	0,13	0,70	0,026	0,066
	2:4	0,014	0,537	0,13	0,69	0,019	0,110
14 Jun	1:0	0,027	0,123	0,34	0,50	0,003	0,072
	1:3	0,032	0,101	0,40	0,55	0,003	0,064
	1:7	0,243	0,190	0,15	0,59	0,004	0,068
	2:0	0,048	0,145	0,25	0,45	0,002	0,055
	2:4	0,034	0,123	0,26	0,43	0,003	0,055
25 Jun	1:0	0,018	0,012	0,42	0,45	0,008	0,056
	1:3	0,027	0,038	0,41	0,48	0,004	0,060
	1:7	0,326	0,073	0,11	0,52	0,021	0,078
	2:0	0,020	0,001	0,50	0,52	0,009	0,057
	2:4	0,023	0,019	0,46	0,51	0,008	0,074
05 Jul	1:0	0,022	0,000	1,00	1,02	0,007	0,075
	1:3	0,025	0,000	0,64	0,67	0,006	0,057
	1:7	0,038	0,000	1,02	1,06	0,004	0,061
	2:0	0,048	0,000	0,60	0,65	0,004	0,097
	2:4	0,019	0,000	1,05	1,07	0,004	0,037
16 Jul	1:0	0,044	0,000	1,20	1,24	0,010	0,093
	1:3	0,035	0,000	1,11	1,15	0,012	0,052
	1:7	0,077	0,000	1,69	1,76	0,020	0,073
	2:0	0,028	0,000	1,08	1,11	0,013	0,074
	2:4	0,061	0,000	1,18	1,24	0,018	0,077
31 Jul	1:0	0,116	0,003	0,98	1,11	0,004	0,070
	1:3	0,189	0,005	0,87	1,07	0,006	0,069
	1:7	0,065	0,013	0,88	0,96	0,003	0,057
	2:0	0,148	0,005	1,09	1,24	0,001	0,089
	2:4	0,100	0,005	0,98	1,09	0,009	0,083
29 Aug	1:0	0,027	0,061	0,97	1,06	0,004	0,101
	1:3	0,043	0,065	0,93	1,04	0,002	0,085
	1:7	0,049	0,099	0,96	1,11	0,004	0,073
	2:0	0,014	0,018	0,96	1,00	0,004	0,075
	2:4	0,052	0,015	1,28	1,35	0,003	0,099
27 Sep	1:0	0,144	0,038	0,73	0,92	0,033	0,066
	1:3	0,035	0,040	1,07	1,15	0,040	0,069
	1:7	0,048	0,040	1,04	1,13	0,032	0,062
	2:0	0,035	0,038	0,95	1,02	0,026	0,062
	2:4	0,147	0,048	0,88	1,07	0,028	0,067

*Växtplankton och klorofyll.* Dominerande alger under våren var kiselalger (*Melosira granulata*, *Stephanodisus* sp.) och små cryptomonader. I slutet av juni framträdde blågrönalger (*Anabaena circinalis*) grönalger (*Dictyoshaerium*) och fram i juli även peridinéer (*Ceratium hirundinella*) och arter inom pyrrophyta (*Cryptomonas ovata*, *Gymnodinium uberrimum*) vilka var talrika resten av säsongen. Någon egentlig algblomning med massutveckling av en eller ett par dominerande arter utvecklades aldrig, utan sjön var hela sommaren rik på planktonarter. Fytoplanktonbiomassan var emellertid hög vilket klorofyllhalten indikerar. Under juni-september var den i medeltal 27 µg/l. Wetzel (1975) angav värden på omkring 10 och däröver som karaktäristiska för eutrofa sjöar.

*Ljus.* Siktdjupet i Vadsbro sjön ökade från 1,2 m i början av maj till 1,7 m i mitten av juni. Det minskade sedan långsamt under sommaren och var 1,1 m i slutet av september. Det lilla siktdjupet visar att ljusförhållandena i sjön var ganska dåliga. På en meters djup hade under hela sommaren utsläckt omkring 90 procent av den ljusenergi som trängt ner under vattenytan.

Det dåliga ljusförhållandena kan bero på att sjön fungerar dåligt som klarningsbäcken till följd av hög vattenomsättning. Sjön kan även bidra med suspenderat material från botten. Den höga fytoplanktonbiomassan ökar även mängden partiklar i vattnet och försämrar ljusförhållandena.

*Primärproduktion.* Resultat av primärproduktionsmätningar framgår av följande sammanställning.

Datum ...	3 maj	22 maj	14 jun	25 jun	5 jul	16 jul	31 jul	29 aug	27 sep
Instrålning (mW/cm <sup>2</sup> )	142	228	323	358	564	389	343	512	121
Assimilation (C mg/(m <sup>2</sup> ·d))	308	631	789	994	1823	1601	964	924	206

Värdena befinner sig vid övre gränsen av intervallet för naturligt eutrofa sjöar (Rodhe 1969). Den fotosyntetiska kapaciteten mätt som assimilationen (C mg/(m<sup>2</sup>·d)) dividerat med klorofyll (mg/m<sup>2</sup>) vid optimala (bästa) sjödjupet var under juni-september i genomsnitt 33. Detta är ett värde som ligger mycket nära de som uppmätts i den starkt eutrofa sjön Norrviken under olika år (Ahlgren 1977).

Årsproduktionen har beräknats till ungefär 180 C g/m<sup>2</sup> (fig. 9), vilket är ett relativt högt värde. Eutrofa sjöar brukar ha en låg produktion per biomassa. Denna beräkning som årsproduktion av växtplankton delat med genomsnittlig klorofyllhalt i ytvattnet under maj-oktober har beräknats variera mellan 10 och 20 i naturligt eutrofa och mindre än 10 i förorenade sjöar (Ahl & Wiederholm 1977, p. 73). Det ungefärliga värdet för Vadsbro sjön var 8, vilket också antyder att Vadsbro sjön är eutrof, på gränsen till mycket eutrof.

*Närsaltsbudget och närsaltsbelastning.* Den ungefärliga ämnestransporten i Vadsbroån har beräknats (tabell 2). Härvid har antagits att avrinningen från de 401 ha av sjöns närområde som ej innefattats i avrinningsmätningarna vid Kvarntorp och Vadsbro har haft samma areella avrinning som den som uppmätts i Örbäcken. Vadsbro sjön tycks inte verka som någon närsaltsfälla eftersom transportererna av kväve, fosfor, kalium och permanganatförbrukande material från sjön var lika stora som transportererna till sjön. Detta beror på att vattenomsättningen i sjön är mycket snabb. Den nominella omsättningen var i medeltal 40 dygn för den aktuella perioden. Tillskott av vatten per sjöyta (vattenbelastning) var mycket hög, i medeltal 39 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·år).

En snabb vattenomsättning brukar minska effekten av en stor när-saltsbelastning. Kväve- och fosforbelastningarna ( $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ ) var kraftiga och beräknades till:

År	Tot-N	Tot-P
77/78	59	2,7
78/79	46	2,5

Om fosforbelastningen och vattenbelastningen sätts in i Vollenweiders (1975) trofidiagram (fig. 10) hamnar Vadsbrosjön över "icke tolererbar nivå". För att fosforbelastningen skulle minska till "tolererbar nivå" skulle totalfosforhalten i Hedenlundaån behöva minska till minst  $0,02 \text{ mg/l}$  mot nuvarande  $0,06 \text{ mg/l}$ . En så kraftig minskning förefaller

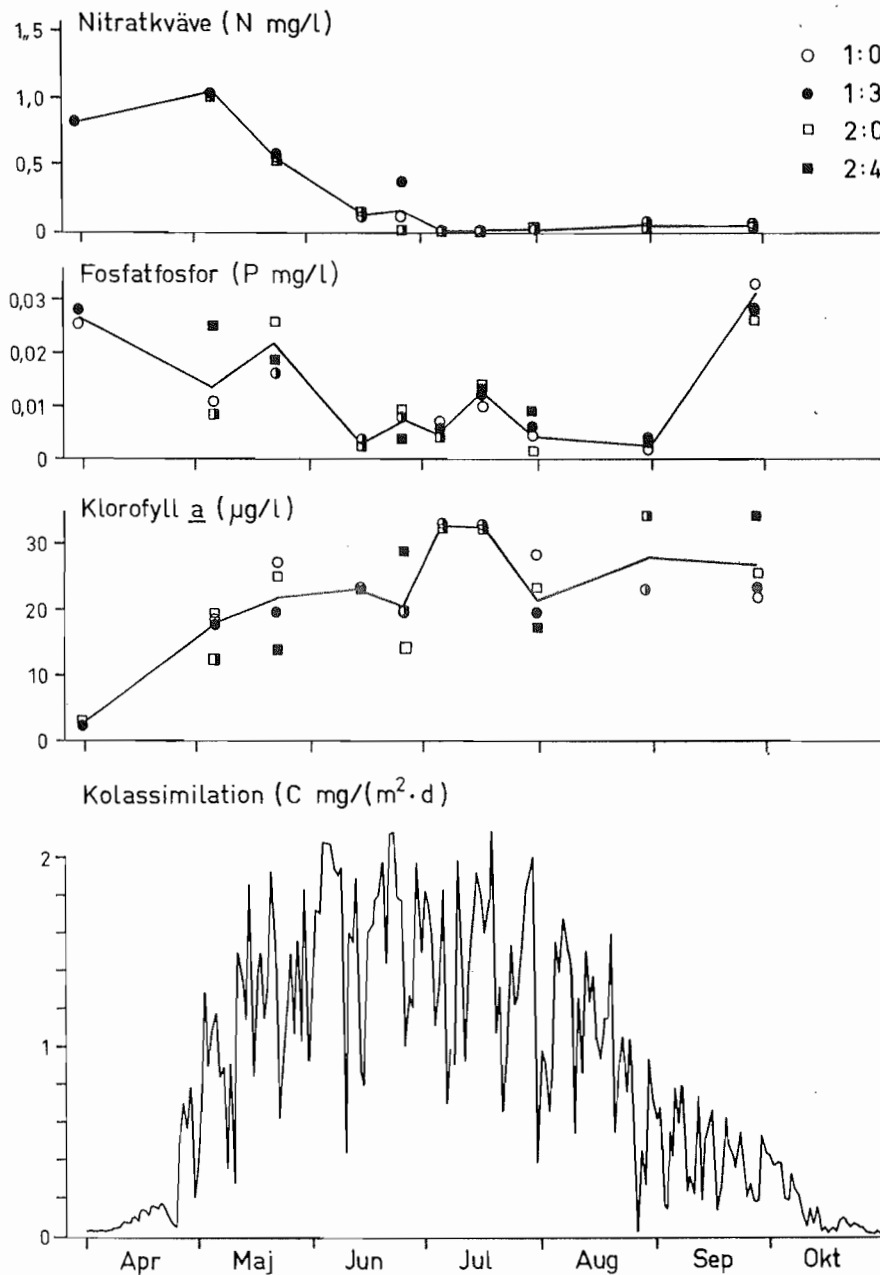


Fig. 9. Nitratkväve, fosfatfosfor och klorofyll  $a$  i Vadsbrosjöns yt-vatten samt primärproduktionen 1979. Nitrate, phosphate and chlorophyll  $a$  in surface water and primary production 1979.

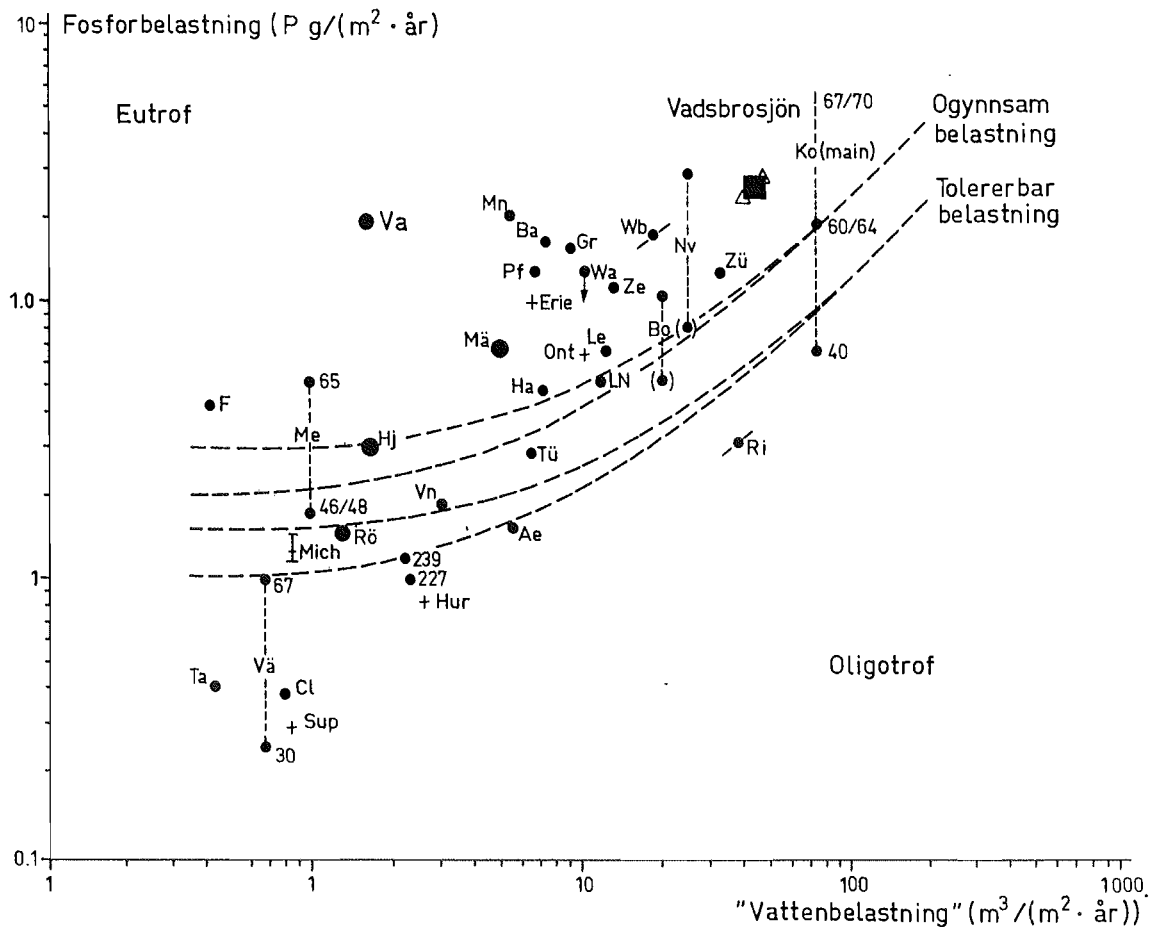


Fig. 10. Fosforbelastningen på Vadsbrosjön avsett i diagram enligt Volleweider (1975). *Phosphorus loading on lake Vadsbrosjön in a diagram according to Volleweider (1975). Swedish lakes plotted (o, oligotroph; m, mesotroph; e, eutroph). Vä Vättern (o); Vn Vänern (o-m); Hj Hjälmarén (e); Mä Mälaren (e); Va Vallentunasjön (e); and Rö Rönningesjön (e). The last two lakes from Ahlgren (1976 and 1977).*

helt omöjlig att åstadkomma. Vatten från ren skog vid Däntersta har ju ofta högre fosforhalter än 0,02 mg/l. Eftersom kvävet under vissa perioder antagligen är mera begränsande än fosfor skulle också kvävetillförseln till Vadsbrosjön behöva begränsas för att minska trofivån.

#### SAMMANFATTNING

Ämnestransporter har mätts från tre avrinningsområden kring Vadsbrosjön och från en åker allt i centrala Södermanland. Mätningarna har pågått tre år.

Högre närsaltshalter konstaterades i avrinnande vatten jämfört med halter nedströms i Nyköpingsån. Transporten av kväve och fosfor från ett litet skogsområde var högre än vad som beräknats gälla för hela Sverige. Framför allt var fosfortransporten från en åker mycket högre än vad som uppmätts från andra delar av landet.

Vadsbrosjön hade höga fosforhalter i vattnet, höga klorofyllvärden och en hög primärproduktion av växtplankton. Tidvis var antagligen kvävet det mest begränsande ämnet. De eutrofa förhållandena var naturliga med hänsyn till sjöns stora närsaltbelastning som redan av naturen tycks vara alltför stor.

## LITTERATUR

- Ahl, T. & Odén, S. 1975. Närsaltskällor - en översikt. *Nordforsk publ.* 1975:1, 99-128.
- Ahl, T. & Wiederholm, T. 1977. Svenska vattenkvalitetskriterier. Eutrofierande ämnen. *SNV PM 918*.
- Ahlgren, I. 1976. Rönningesjön: sediment, dagvatten, fosforbelastning. *Stencil, Limn. inst., Uppsala*.
- Ahlgren, I. 1977. Vallentunasjön: sediment, fosforbelastning, tillfriskningsmöjligheter. *Stencil, Limn. inst., Uppsala*.
- Ahlgren, I. 1977. Närsalter och växtplankton i Norrviken 1976. *Stencil, Limn. inst., Uppsala*.
- Ahlgren, I. & Ahlgren, G. 1975. Methods of water-chemical analyses compiled for instruction in limnology. *Stencil, Inst. of Limnology*.
- Ahlgren, G. 1977. Growth of *Oscillatoria agardhii* in chemostate culture. 1. Nitrogen and phosphorus requirements. *Oikos*, 29, 209-224.
- Antonsson, U., Bergqvist, B., Broberg, O. & Nebeus, M. 1976. Limnologiska undersökningar av Vadsbrosjön. *Stencil, Limn. inst., Uppsala*.
- Atlas över Sverige. Generalstabens Litografiska anstalts förlag. Stockholm 1953-1971.
- Bjerketorp, A. 1973. Några metoder för avkortad mätning och beräkning av flöde i små vattendrag. *Stenciltryck nr 60. Avd. för hydroteknik, Lantbrukshögskolan*.
- Brink, N. 1979. Växtnäringsförluster från skogsmark. *Ekohydrologi nr 5*, 29-34.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi nr 4*, 7-57.
- Pierrou, U. 1977. Svenska vattenkvalitetskriterier. Organiska ämnen. *SNV PM 919*.
- Rodhe, W. 1969. Crystalization of eutrophication concepts in northern Europe. *Eutrophication: causes, consequences, correctives* (ed. Rohlich, G.A.). Nat. Acad. Sci. Washington D.C.
- Samuelsson, B. 1977. Mätning av primärproduktion med scintillations-teknik. *NLU information 15*.
- Skogqvist, S. 1977. Sjöundersökning i Södermanlands län våren 1977. *Inf. skrift 7, Planeringsavd., Länsstyrelsen i Södermanlands län*.
- Talling, J. F. 1965. The photosynthetic activity of phytoplankton in East African lakes. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 50, 1-32.
- Thomas, E. & Stressman, U. 1972. Auswertung von Standardversuchen mittels Ausgleichpolynoms. *Arch. Acker. Pflanz. Boden*, 16, 655-663.
- Vollenweider, R. A. 1975. Input-Output-models with special reference to the phosphorus loading concepts in limnology. *Schweiz. Z. Hydrol.* 37, 53-84.
- Wetzel, R. G. 1975. *Limnology*. W. B. Saunders Co. Philadelphia, p. 743.



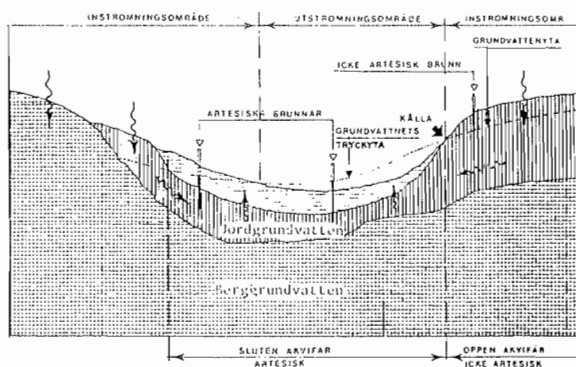
# Jordbruket och grundvattnet

av Arne Gustafson, institutionen för markvetenskap

Under hela 1970-talet har jordbrukets påverkan på grundvattnet diskuterats. Främst är det nitraten som varit i blickpunkten. Sedan 1972 pågår undersökningar med mål att klarlägga växnäringsläckagets omfattning och orsaker vid avdelningen för vattenvård.

Detta är inte helt enkelt att utreda då det har att göra med landskapets komplexa geohydrologiska byggnad. Det går dock att utifrån geohydrologiska typfall visa var påverkan av jordbruksdrift är möjlig och var den är omöjlig.

Ett schematiskt tvärsnitt av ett landskap framställs i följande figur. Genom lodning av vattennivån i rör fastställs grundvattnets tryckyta. Arealer över tryckytan är inströmningsområden. Arealer under är utströmningsområden. Nitratläckage i utströmningsområden leder *inte* till förorening av det djupare grundvattnet. I stället förs nitraten genom dräneringsledningar direkt till ytvattnen. Läckaget inom inströmningsområdena kommer däremot att påverka grundvattnets nitrathalt.



Schematiskt tvärsnitt genom ett landskap med grundvattnets tryckyta utgående

## Orsaker

### NEDERBÖRDEN

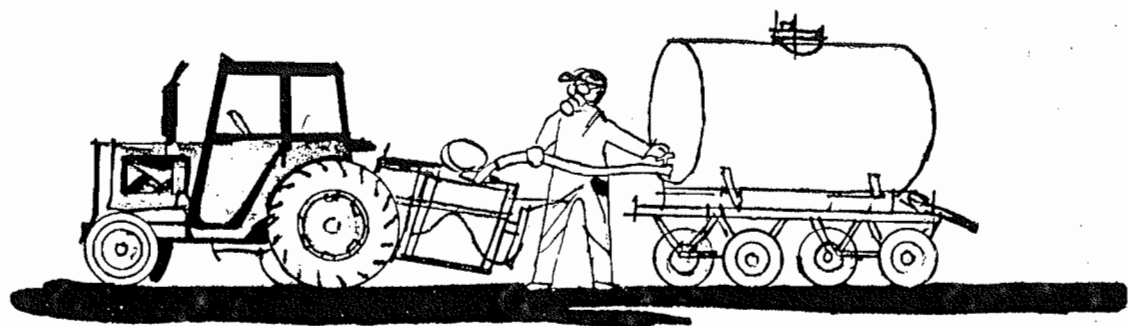
Ju större nederbördsöverskottet är desto större blir läckaget. Avgörande blir emellertid nederbördsöverskottets fördelning i tiden.

### TJÄLNINGSPERIODENS LÄNGD

Ju längre tid under vintern som marken är frusen desto mindre blir läckaget. Orsaken är att mineraliseringsprocessen avstannar och att våravrinningen till stor del sker på ytan.

### JORDARTEN

Sandjordar håller litet vatten och är lättgenomsläppliga. Där läcker mycket nitrat ut. Det motsatta gäller för lerjordar. Rotdjupet spelar en stor roll. På en lerjord med god struktur kan rötterna tränga ned till 1,5 m djup och mer. På en sandjord stannar de vid 0,4-0,6 m. Nitrat som hamnar under detta djup är förlorat för grödan och utlakas.



## GRÖDAN

Vegetationsperiodens längd är betydelsefull. Ju längre sådan desto mindre läckage. En flerårig vall tycks visa upp optimala förhållanden. Sockerbetor som ju växer sent på hösten har givit litet läckage följande vinter. Höst-raps kan ta hand om mycket av det på hösten mineraliserade kvävet.

Potatis kan å andra sidan ge stora nitratförluster. En bidragande orsak till detta är dess grunda rotsystem.

Ett exempel följer på vallens förmåga att dämpa läckage. Det är hämtat från ett utlakningsförsök på Ekenäs i Södermanland. Värden i nitratkväve per ha och år.

År	73/74	74/75	75/76	
Gröda	höstvetete	vårraps	höstvetete	
Utlakn	14	10	4,6 <sup>a</sup>	
År	76/77	77/78	78/79	79/80
Gröda	korn	havre+ insådd	vall I	vall II
Utlakn	38	5	5	2 <sup>b</sup>
a liten avrinning				
b uppskattat				

## ODLINGSINTENSITETEN

Ju intensivare produktion desto större läckage kan förväntas. Till detta bidrar en större mängd lättmineraliserbara skörderester. Risken för överdoserad gödsling är dessutom stor. Kvävegödslingsprognoser kan här få stor betydelse för anpassning av gödslingsinsatsen det enskilda året.

## KEMISK NITRATREDUKTION

Danska undersökningar visar att nitrat under rotzonen kan reduceras kemiskt till kvävgas. Detta sker under förhållanden då syre inte finns i närvaro av t ex tvåvärt järn. Processen syns mest verksam på lerjordar med sina långsamma vattenrörelser. I våra egna undersökningar ser vi också att nitrathalten ofta avtar med provtagningdjupet. Detta tyder på nitratreduktion.



## UTLAKNINGSEXEMPEL (HALLAND)

En kombination av faktorer som ger stort läckage är nederbördsöverskott under vintern, otjälad mark, sandjord och potatisodling. Läcketaget av nitratkväve i denna odlingstyp ligger enligt egna undersökningar i intervallet 40-60 kg per ha. Med ett nederbördsöverskott på 300 mm får det grundvattenbildande vattnet då en nitrat halt av 13-20 mg nitratkväve per liter. Ett så nitratrikt vatten får inte ges till barn under ett år pga risken för kvävningssjukdomar.

## Problem finns men kan lösas

Jordbrukets verkan på grundvattnet är knuten till mark som ligger på inströmningsområden. Sådana upptar 30 procent av den odlade arealen. Den möjliga påverkan är härmed areellt begränsad. Förhållandena i dessa områden blir avgörande för nitratläckagets storlek. Klart är att vissa kombinationer av faktorer i helt normal odling kan leda till ett läckage som ger grundvattnet oacceptabelt höga nitrathalter. Problemet bör till en del kunna lösas genom ändring av odlingsåtgärderna.



## UTLAKNINGEN AV VÄXTNÄRING FRÅN ÅKERMARK

Av statsagronom Nils Brink, Sveriges lantbruksuniversitet

*Det råder inte längre något tvivel om att förlusterna av växtnäring från åker kan vara betydande. Detta gäller främst kvävet i form av nitrat men också förlusterna av fosfor och kalium kan ibland vara stora. Här skall vi i stort sett begränsa oss till kvävet och jämföra utlakningen från gödslad respektive ogödslad åker.*

Det är många faktorer som har betydelse för kväveutlakningen. De tre viktigaste är nederbörden, gödselgivans storlek och jordarten. Grödan kan också vara betydelsefull. Gödslingsstidpunkten och gödselslaget tycks ha ganska liten betydelse vid måttliga givor. Gödselgivans storlek är alltså en viktig faktor och en av de få som man kan göra något åt.

### *25 kilo kväve*

Från svensk åker utlakas varje år i medeltal omkring 25 kilo kväve per hektar med dräneringsvatten. Det som går ned till grundvattnet är då inte inräknat. Variationerna är stora. Som högst har uppmätts 86 kilo per hektar och år på en sandjord. Medelgivan av rent kväve i handelsgödseln är cirka 80 kilo per hektar, likaledes med stora variationer. Det största utslaget på utlakningen har "övergivor".

Övergivor för stråsäd kan vara mängder större än 90-110 kilo kväve per hektar, för sockerbetor större än 140-150 kg per hektar och för potatis större än 100 kilo per hektar. Vall och sockerbetor utnyttjar det tillgängliga kvävet bra, stråsäd mindre bra och potatis dåligt. Rotdjupet och växtsäsongens längd är betydelsefulla faktorer.

### *Cirka två kilo kväve*

Ogödslad åker ger ifrån sig betydligt mindre kväve genom utlakning än "normalt" gödslad. Utlakad mängd från en ogödslad åker rör sig om 1-2 kilo per hektar och år, det vill säga minst 10 gånger mindre än en normalgödslad åker och ungefär som en vanlig barrskog.

Sådana låga värden uppnås emellertid inte omedelbart om man slutar gödsla en åker. Det kan ta 5-6 år på en lerjord och kortare tid på en sandjord innan en ny jämvikt inträder. Detta beror på att det finns ett stort förråd av kväve bundet i marken, vilket växttäcket i stor utsträckning blir beroende av. Givetvis avtar också avkastningen men inte i samma takt. Skördeutbytet kan på något längre sikt gå ned till hälften.

### *Konsekvenser för miljön*

En hög produktion medför utan tvivel större förluster av växtnäring än en låg. Miljökonsekvenserna blir därefter. Igenväxningen av sjöar och vattendrag och föroreningen av grundvattnet tilltar och därmed också den totala kostnaden för produktionen. Ty att rensa diken och sjöar är dyrt liksom att ersätta förstörda vattentäkter.

### *Vattentäkt kan räddas*

Men en vattentäkt, som visar tecken på för höga nitrathalter, kan räddas genom att gödningen minskas inom tillrinningsområdet, om källan till föroreningen är en intensivt odlad åker. Detsamma kan möjligen gälla en hårt belastad sjö men i det fallet spelar balansen mellan kväve och fosfor en stor roll. (SLI)

## VART TAR GÖDSELN VÄGEN

Nils Brink

Det är en vanlig uppfattning att det mesta av handelsgödseln lakas ut och hamnar i sjöar, vattendrag och grundvatten. Så är inte fallet. Likväl förloras den vägen 20%. Skördprodukterna tar nära 60%. Resten går till luften eller fastläggs i marken. Extremt stora mängder kväve kan utlakas på sandjord. Stallgödseln är ett stort problem. Utlakningsförlusterna kostar jordbruket mer än 200 milj. kronor om året.

### *Det pysar och läcker*

Från svensk åker rinner det årligen bort 28 kg kväve per ha. Till luften går 25 kg. I marken fastläggs 8 kg. Det är emellertid inte nog härmed, ty i djurhållning och gödselhantering försvinner ytterligare 40 kg räknat per år och ha. Läggis därtill 13 kg som förloras med hushållens avloppsvatten så är man uppe i drygt 100 kg.

Det pysar och läcker sålunda kväve åt alla håll och kanter. Med fosfor och kalium står det annorlunda till. Av fosfor försvinner 0,3 kg och av kalium 15 kg per ha och år. Fosfor fastläggs ju också till en betydande del, men det skadar i vart fall inte miljön.

### *Kvävebalansen*

Det är alltså kvävet som utgör det stora problemet i gödselhanteringen. Följande balansräkning för åkern ger syn för saken. Räkningen gäller hela landet och ett genomsnittsår.

In	kg/ha	%	Ut	kg/ha	%
Regn och snö	10	7	Skördeprodukter	83	58
Biol. fixering	16	11	Utlakning	28	19
Stallgödsel + slam	38	26	Gas	25	17
Handelsgödsel	80	56	Fastläggning	8	6
Totalt	144	100	Totalt	144	100

Av det inkommande kvävet hamnar sålunda 58% i skördeprodukterna och 42% förloras till mark, vatten och luft.

Det räcker emellertid inte med stallgödsel, handelsgödsel och luftkväve till en god gröda. Marken själv måste också låna ut växtnäring. Lånet tas ur mullkapitalet och betalas tillbaka med skörderester. Låneräntan är hög.

### *Stallgödseln ett problem*

Stallgödselhanteringen inger bekymmer. Av totalt 55 kg per ha gödselkväve kommer tillbaka till åkern 35 kg. Därav försvinner 15 kg till mark, vatten och luft, utslaget på rikets 3 milj. ha åker. Kvar blir 20 kg eller 36% för skördeprodukterna. Husdjursskötseln är en dålig hushållare. Kan den bli bättre?

Problemet blir inte mindre vid anhopning i stora ladugårdar, svinhus och höns- och fågelhus. Spridning på snö och tjälad mark måste ofta tillgripas. Risken för ytavrinning är då överhängande.

### *Utlakningen*

Det mesta av det utlakade kvävet hamnar i sjöar och vattendrag, en mindre del i grundvattnet. Av naturliga skäl är sandjordarna mest utsatta. På sådana har som mest uppmätts 86 kg per ha och år. Likväl kan utlakningen vara betydande också på lera och morän. "Övergivor" ger det

största utslaget på utlakningen.

Övergivor för stråsäd kan vara mängder större än 90-110 kg kväve per hektar, för sockerbetor större än 140-150 kg och för potatis större än 100 kg.

### *Sockerbetor utnyttjar kvävet bäst*

Korn med insådd fungerar bättre ur vattenvårdssynpunkt än en ren korngröda. Sedan kornet skördats fortsätter vallgrödan att växa och ta upp kväve långt in på hösten. Samma sak gäller höstsådda grödor såsom höstvetete, höstråg och höstraps. Mindre kväve blir då tillgängligt för utlakning. Sockerbetor är bäst ur denna synpunkt.

En ren korngröda som skördas tidigt utan att fältet besås på hösten lämnar tvärtom mycket nitrat kvar. Utlakningen ökar, men mer blir också kvar till våren. Potatisen med sitt grunda rotsystem utnyttjar kvävet sämst. Till yttermera visso odlas den ju mest på sandjordar vilket inte gör saken bättre. Grundvattnet i de stora potatisdistrikten i Halland och Skåne är bl.a. därför särskilt utsatt.

Vallen är sålunda en bra gröda ur miljösynpunkt så länge den ligger kvar. När den plöjs upp (vallbrott) frigörs mycket kväve genom mineralisering. Vad man vinner på gungorna förlorar man på karusellen.

Trädan är en tveeggad historia. Den är bra mot ogräs men dålig ur vattenvårdssynpunkt eftersom den levererar mycket utlakningsbart kväve.

### *Energigrödor*

Det talas ju i dessa yttersta dagar mycket om energigrödor. Jordbruket torde på allvar komma in i bilden vad det lider. Den ur energisynpunkt kanske bästa grödan är sockerbetan som samtidigt är bäst ur vattenvårdssynpunkt. Däremot är det tveksamt med halm. Ty nedbrukad halm binder nitrat. Och tar man bort den så kan man utgå från att kväveutlakningen ökar.

Potatis borde man inte tala om i detta sammanhang innan en odlingsteknik tagits fram för ett betydligt bättre kväveutnyttjande. Gödselgivor i små portioner och helst direkt destinerade till rötterna kan vara en framkomlig väg.

### *Utlakningen värd 200 milj. kronor*

Utlakningsförlusterna kostar jordbruket mer än 200 milj. kronor per år. Då är inte inräknat priset för skador på yt- och grundvatten. Att rensa igenväxta diken och sjöar är dyrt liksom att ersätta förstörda brunnar. Mycket vore vunnet om förlusterna bara delvis kunde begränsas.

### *Nyttan*

Har då bonden någon nytta av det här slaget av forskning? Och samhället? Ja, utan tvivel.

Bonden får klart för sig vilka vägar och vart den allt dyrare växtnärningen tar vägen, hur olika grödor utnyttjar den och vad följderna kan bli för den yttre miljön. Han har då möjlighet att anpassa sig härefter.

Samhället får en pusselbit i den större bilden om påverkan på den yttre miljön och om vad som sker i det långa loppet. De för utlakningen viktiga faktorerna kartläggs och motåtgärder kan sättas in mot uppdykande problem på rätt punkt.

### *Läs vidare*

Mer om dessa ting kan läsas i skriftserien Ekohydrologi, i en skrift om Kväveekonomi och energiutbyte i det svenska jordbruket och i Konsulentavdelningens rapporter om försöksledarmötet 1980. Alla skrifterna finns vid Sveriges lantbruksuniversitet.

Nr	År	Författare och titel. <i>Author and title.</i>
6	1980	Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. <i>Losses of Nutrients in Skåne and Halland.</i>
		Nils Brink, Sven L. Jansson och Staffan Steineck. Utlakning efter spridning av potatisfruktsaft. <i>Leaching after Spreading of Potato Juice.</i>
		Nils Brink och Arne Gustafson. Att spå om gödselkväve. <i>Forecasting the Need of Fertilizer Nitrogen.</i>
		Arne Gustafson och Börje Lindén. Lantbruksuniversitetet satsar på exaktare kvävegödsling.

Denna serie efterträder den åren 1970-1977 utgivna serien Vattenvård. Här publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för vattenvård vid institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien Vattenvård redovisas i Ekohydrologi nr 1-6. Tidigare nummer i serien Ekohydrologi redovisas nedan. Alla kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen för vattenvård (adress nedan).

This series is a successor to Vattenvård published in 1970-1977. Here you will find research reports from the Division of Water Management at the Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences. The Vattenvård series is listed in Ekohydrologi 1-6. You will find earlier issues of Ekohydrologi listed below. Issues still in stock can be acquired from the Division of Water Management (address, see below).

Nr	År	Författare och titel. <i>Author and title.</i>
1	1978	Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av växtnäring från åker. <i>Losses of nutrients from arable land.</i>
2	1978	Nils Brink och Arne Joelsson. Stallgödsel på villovägar. <i>Manure Gone Astray.</i> Lars Lingsten och Nils Brink. Åkergödslingens inverkan på miljön i en bäck. <i>The Effect of Agricultural Manuring on the Environment in a Brook.</i> Nils Brink. Kväveutlakning från odlingsmark. <i>Nitrogen Leaching from Arable Land.</i>
3	1979	Sven-Åke Heinemo och Nils Brink. Utlakning ur kompost av sopor och slam. <i>Leachate from Compost of Refuse and Sludge.</i> Nils Brink. Self-purification studies of silage juice. Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsläckage på Kristianstads-slätten. <i>Loss of Nutrients on the Kristianstad Plain.</i> Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. <i>Pollution of the Groundwater by a Dung Yard.</i>
4	1979	Nils Brink. Vattnet är det yppersta. Arne Gustafson och Börje Lindén. Kvävebehovet för 1979. Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. <i>Losses of nitrogen, phosphorus and potassium from arable land.</i>
5	1979	Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo. Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo. <i>Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand.</i> Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. <i>Losses of Nutrients from Forests.</i> Nils Brink. Utlakning av kväve från agroekosystem. <i>Leaching of Nitrogen from Agro-Ecosystems.</i> Nils Brink. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen.

DISTRIBUTION:

Pris: 15:-

Sveriges lantbruksuniversitet  
Avdelningen för vattenvård  
750 07 UPPSALA, Sweden

tel 018-10 20 00 ankn 2460