

# SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Nils Brink och Arne Joelsson

## **STALLGÖDSEL PÅ VILLOVÄGAR**

*Manure Gone Astray*

Lars Lingsten och Nils Brink

## **ÅKERGÖDSLINGENS INVERKAN PÅ MILJÖN I EN BÄCK**

*The Effect of Agricultural Manuring on  
the Environment in a Brook*

Nils Brink

## **KVÄVEUTLAKNING FRÅN ODLINGSMARK**

*Nitrogen Leaching from Arable Land*

---

**Ekohydrologi 2**

**Uppsala 1978**

**Avdelningen för vattenvård**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Division of Water Management**

ISBN 91-7088-951-1

ISSN 0347-9307

---

## FÖRORD

I detta nummer av Ekohydrologi har samlats tre uppsatser om växtnäringsläckage från odlingsmark och dess betydelse för miljön i en bäck. De två första gäller stallgödsel. Den tredje är en bred översikt av de resultat som framkommit vid Avdelningen för vattenvård sedan den inrättades 1972. Den senare uppsatsen har tidigare i år publicerats i Konsulentavdelningens rapporter (Försöksledarmötet 1978). Några smärre korrigeringar har gjorts i föreliggande version.

Sveriges lantbruksuniversitet och Forskningsnämnden vid statens naturvårdsverk har stått för kostnaderna.

1978-06-15

## INNEHÅLL

Stallgödsel på villovägar <i>Nils Brink och Arne Joelsson</i>	1
Åker gödslingens inverkan på miljön i en bäck <i>Lars Lingsten och Nils Brink</i>	17
Kväveutlakning från odlingsmark <i>Nils Brink</i>	31

# STALLGÖDSEL PÅ VILLOVÄGAR

*Manure Gone Astray*

Nils Brink och Arne Joelsson

*Abstract.* In the discussion of manure, liquid manure is usually presented as particularly hazardous with regard to pollution of surface water and ground water. Nevertheless no comparative experiments were available. This lack has been made good by the present investigation, in which leaching from sandy soil fertilized with solid and liquid manure was established.

There is no difference between the two types of manure with regard to the leaching of nitrogen, which increases with increasing dosage of fertilizer. On the other hand - surprisingly enough - the leaching of phosphorus was distinctly greater for solid than for liquid manure.

The National Environment Protection Board approves annual fertilization in amounts which have been proved to cause severe pollution already in the second year. It is therefore essential that the Board's guiding lines in this matter be revised, if we wish to prevent the manure from going astray.

## INLEDNING

Stallgödseln har från att tidigare ha varit en avgörande produktionsfaktor genom den ökande handelsgödselanvändningen fått en mera underordnad betydelse som växtnäringskälla i jordbruket. Denna förändring har tillsammans med bl.a. ökad specialisering och högre arbetskraftskostnader i jordbruket motverkat ett optimalt utnyttjande av stallgödselns växtnäringsinnehåll. En stor del av stallgödseln sprids idag på hösten och vintern vilket kan befaras vara olämpligt ur miljösynpunkt. De direkta orsakerna till detta är i första hand att arbetsinsatsen ofta har lågt alternativvärde under vinterhalvåret och att riskerna för packningsskador då är små.

Under senare år har flytgödsel fått en allt större användning. Skillnaden mellan flytgödsel och fastgödsel är förutom vattenhalten främst den form som kvävet förekommer i. I flytgödseln föreligger en stor del av kvävet som löst ammoniumkväve medan kvävet i fastgödseln till största delen är bundet i organisk form.

Riskerna för ogynnsamma effekter på miljön i samband med flytgödselmetoden har påtalats i olika sammanhang (Jansson 1969; Wiklander 1973; Kullmar 1976). Sandjordarna utgör ett alldeles särskilt problem på flera håll i landet där samtidigt stallgödseln svarar för en stor del av den tillförda växtnäringsningen (Joelsson 1978). Farhågorna gäller i främsta rummet utlakningsförlusterna till ytvatten och grundvatten.

De organiska gödselmedlens negativa effekter på vattensystemet är sparsamt undersökta. Utlakningen i samband med gödsling med rötslam har undersökts av Brink (1972). Resultaten av dessa undersökningar visar att rötslamgivorna med hänsyn till utlakningsrisken bör begränsas till 4-5 ton/ha räknat som torrs substans och inte alltför många år i följd. Effekterna på grundvattenkvaliteten efter stora mängder flytgödsel har studerats av Foerster (1973) i Nordtyskland. Gödslingen medförde betydande förhöjningar av grundvattnets nitrathalt ned till 6 m djup i en sandjord. De tillförda flytgödselmängderna (600 ton/ha) motsvarade kvävegivor på 5400-6000 N kg/ha, vilket minskar möjligheterna till jämförelse med riskerna vid användning av normala gödselgivor.

I Danmark pågår en undersökning med liknande uppläggning som den nedan presenterade. Projektet har benämningen Belastning av jorden med stigande mängder stallgödning, och genomförs som lysimeter- och fältförsök vid Askovs försöksstation (Statens Forsøgsvirksomhed i Plante-kultur 1976).

## MÅL OCH METOD

Denna undersökning skall ge underlag för bedömning av riskerna vid bruk av fastgödsel och flytgödsel och för anvisningar i prövningsärenden enligt miljöskyddslagen till undvikande av förorening av ytvatten och grundvatten.

För att nå målet har anlagts ett rutförsök på sandjord i Halland. Rutorna har gödslats med stigande mängder stallgödsel. Växtnäringsförlusterna har mätts, likaså grundvattenkvaliteten.

## FÖRSÖKSFÄLTET

Försöksfältet tillhör Plönninge lantbruksskola. Det ligger lågt i förhållande till omgivande skog och åker i en dalgång intill Nyårsåsen 10 km NV Halmstad (fig. 1).

Fältet som är nästan plant specialdikades 1974 i åtta separata system om 0,3 ha vardera (fig. 2). Det täcks helt av mellansand. Sanden har utsvallat från intilliggande mäktiga randås, som bildats i samband med isens avsmältning. Tidigare har fältet varit täckt av ett tunt lager torv, som dock mineraliserats så att ytjorden idag utgörs av mullhaltig mellansand. Den knappt en meter mäktiga sanden underlagras av glaciallera, som i övergången mellan sand och lera har inslag av grövre sediment, främst mo. Lerans mäktighet uppgår till flera meter, i fältets mitt mer än sex.

Norr om fältet går moränen i dagen och 300 m åt NV finns ett område med organogen jord, som underlagras av ett tunt sandlager.

Det vatten som påträffas i svallsanden härrör med största sannolikhet från nederbörd som fallit på fältet och infiltrerat. Uppehållstiden i sanden för detta vatten bedöms vara kort.

Vattnet i leran rör sig som fig. 2 visar. Strömbilden har konstruerats på basis av tryckmätningar. Leran är svårgenomsläpplig och hindrar mer eller mindre ett utbyte mellan grundvattnet i sanden och grundvattnet i moränen under leran.

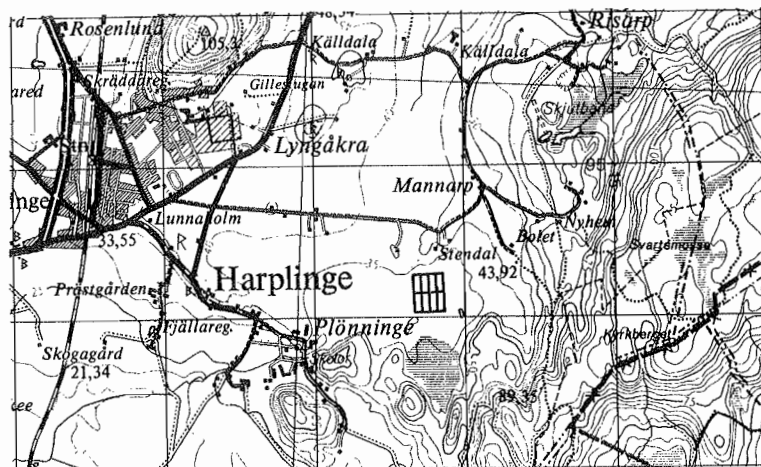


Fig. 1. Försöksfältet med omgivning. *The experiment field and surroundings.*

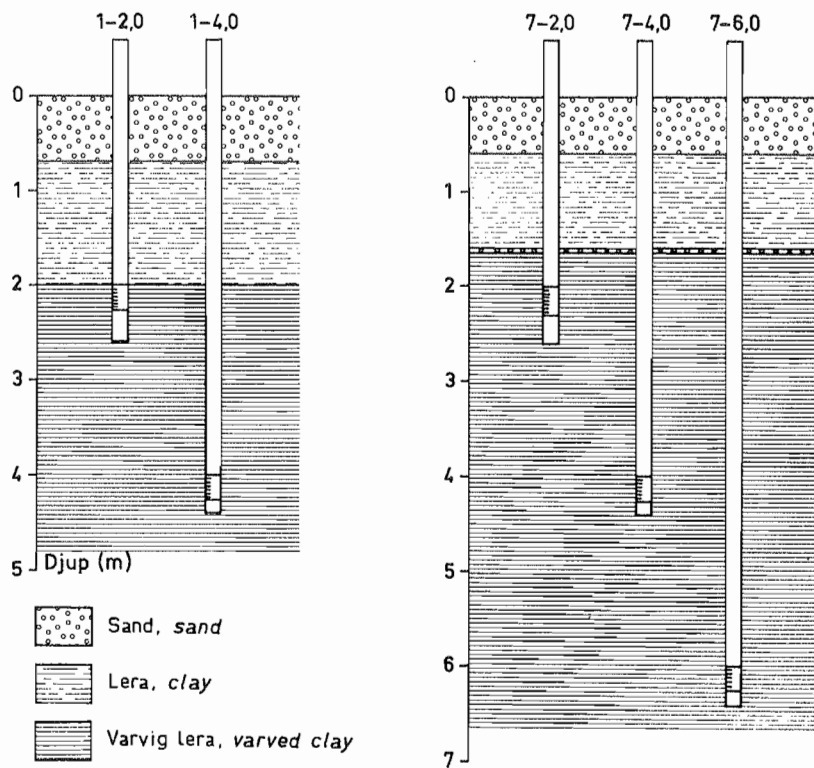
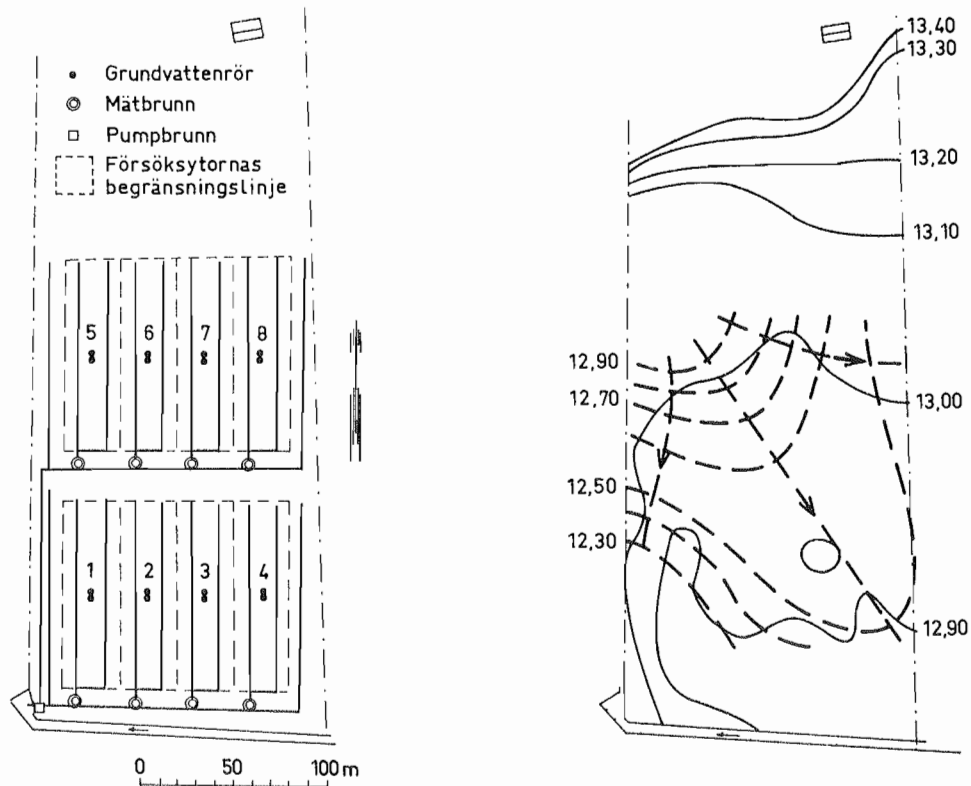


Fig. 2. Över. Försöksfält med försöksrutor, marklutning och grundvatt-  
 nets strömningsriktning. Under. Markprofiler på två av försöksrutorna.  
 Above. Experiment field with plots, ground slope and flow direction of  
 the ground water. Below. Soil profiles for two of the plots.

## MATERIAL OCH METODER

### *Nederbördsräknare, grundvattenrör och provtagningsutrustning*

De i rubriken nämnda attiraljerna har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978). Det skall tilläggas att grundvattenrören är av två slag, ett för mätning av grundvattentryck och ett för vattenprovtagning.

### *Avrinningsräknare*

Det avrinnande vattnet från varje ruta leddes till en mätbrunn och därifrån till en uppsamlingsbrunn med en länsypump. Vattenmängden mättes med ett tvärsidigt vippkärl (Brink 1968) vars ena hälft fylls när den andra töms på vatten. Antalet tömningar registrerades med hjälp av ett mekaniskt räkneverk. Avläsning av räkneverken skedde en gång i veckan under avrinningsperioden.

Hösten 1976 installerades en flödesräknare (vinghjulsmätare) i anslutning till länsypumpen för att mäta avrinningen från hela försöksfältet.

### *Provtagning och analys*

Prov på avrinnande vatten togs en gång i veckan från varje försöksruta för analys på nitrat och en gång i månaden för alla andra analyser. Efter konservering sändes de omedelbart till vårt eget laboratorium för analys. Analysmetoderna har beskrivits av Brink *et al.* (1978).

Prov på fastgödsel och flytgödsel togs i samband med utspridningen från varje lass och tunna. Alla dessa prov slogs samman i ett generalprov som samma dag sändes till Lantbrukskemiska stationen i Kristianstad för analys.

### *Beräkningar*

De redovisade koncentrationsmedeltalen av olika ämnen i grundvatten och dräneringsvatten är genomgående enkla aritmetiska medeltal. Årsmedeltalen för grundvatten baserar sig på tolv analyser och årsmedeltalen för dräneringsvatten på mellan fem och tjugofyra analyser beroende på analyserat ämne och avrinningsperiodens längd.

Vid beräkning av materialtransporten indelades avrinningsperioden i karakteristiska delperioder under vilka variationerna i vattnets näringshalt var små. För varje delperiod beräknades sedan koncentrationsmedeltalen för varje ämne. Medeltalen multiplicerades med avrinningen under respektive delperiod. Summan av de erhållna transportvärdena utgör det redovisade årstransportvärdet.

## GÖDSEL, GRÖDA OCH SKÖRD

Försöket inleddes med ett bakgrundsår. Hela försöksfältet handelsgödlades i samband härmed på våren 1974 och 1975 enligt följande sammanställning där också kärnskördens angivits.

År	Gröda	Handelsgödsel (kg/ha)			Skörd (ton/ha)
		N	P	K	
1974	Korn	75	20	60	2,9
1975	Havre	90	24	72	3,3

En av försöksrutorna (nr 8) skilde sig så mycket från de andra beträffande kvävehalten i avrinnande vatten att den inte kunnat användas i

Tabell 1. Gödsling och avkastning. *Manuring in autumn and yield. Ogdöslad, unmanured; Fastgödsel, solid manure; Flytgödsel, liquid manure. Låg, low; Medel, mean; Hög, high; Ruta, plot; Torrsubstans, dry matter.*

År	Ogdöslad	Fastgödsel			Flytgödsel		
		Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög
<i>Ruta</i>	1	4	7	3	5	2	6
<i>Torrsubstans (ton/ha)</i>							
1975	0	3,6	7,2	10,8	2,5	5,0	7,5
1976	0	3,0	6,0	9,0	2,4	4,9	7,4
<i>Kväve (N kg/ha)</i>							
1975	0	76	152	228	118	236	354
1976	0	80	160	240	96	192	288
<i>Fosfor (P kg/ha)</i>							
1975	0	20	40	60	25	50	75
1976	0	28	56	83	17	34	51
<i>Kalium (K kg/ha)</i>							
1975	0	68	136	204	105	210	315
1976	0	76	140	210	74	148	222
<i>Skörd (ton/ha)</i>							
1976 <sup>a</sup>	2,5	1,8	2,3	2,5	1,7	2,4	3,6
1977 <sup>b</sup>	4,0	2,8	2,8	3,8	4,2	2,3	1,8

<sup>a</sup> Korn, *barley*. <sup>b</sup> Havre, *oats*.

huvudförsöket. De sju återstående rutorna gödslades med kogödsel i oktober 1975 och 1976 i stigande mängd enligt tabell 1. Flytgödselgivorna sänktes det andra året för att den tillförda mängden växtnäring skulle bättre stämma överens med mängden i stallgödseln.

Den använda stallgödseln hade följande sammansättning (värden i kg per ton):

År	Fastgödsel					Flytgödsel				
	Ts	NH <sub>4</sub> -N	Tot-N	P	K	Ts	NH <sub>4</sub> -N	Tot-N	P	K
1975	240	1,5	5,1	1,4	4,6	83	2,2	3,9	0,8	3,5
1976	200	1,4	5,3	1,8	4,7	98	1,7	3,8	0,7	2,7

## RESULTAT

### Allmänt

Resultatredovisningen nedan gäller de agrohydrologiska (1 juli - 31 juni) åren 74/75, 75/76 och 76/77. På grund av stallgödselns långsamma mineralisering kan inte effekterna på vattensystemen förväntas vara begränsade enbart till den egentliga försöksperioden. En extensiv uppföljning av försöket kommer därför att ske.

### Nederbörd och avrinning

Nederbörden varierade kraftigt mellan de tre åren. Detta gäller speciellt nederbördsmängderna under den egentliga avrinningsperioden oktober-april.

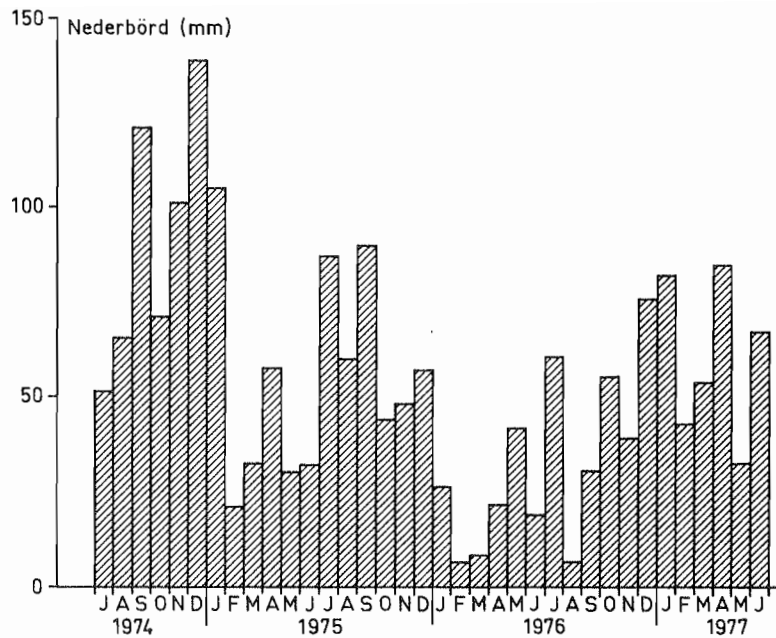


Fig. 3. Nederbörd. *Precipitation.*

Medelnederbörden 1931-60 gäller Halmstad. (Alla värden i mm.)

År ...	74/75	75/76	76/77	31/60
Nederbörd (total)	828	567	697	735
Nederbörd (okt-apr)	527	270	482	346
Avrinning	500	210	380	-

De två första försöksåren hade en likartad nederbördsfördelning under vinterhalvåret. Större delen föll då under oktober-december. Det senare året var nederbörden mera jämt fördelad. (Fig. 3.)

Avrinningen samvarierade som väntat mycket påtagligt med nederbörden. När profilen vattenmättats på hösten gav infiltrerande nederbörd ökad avrinning inom några få timmar upp till ett dygn. Denna låga buffring i systemet ledde till översvämningar. Mätutrustningen vattenskadades härigenom vid flera tillfällen.

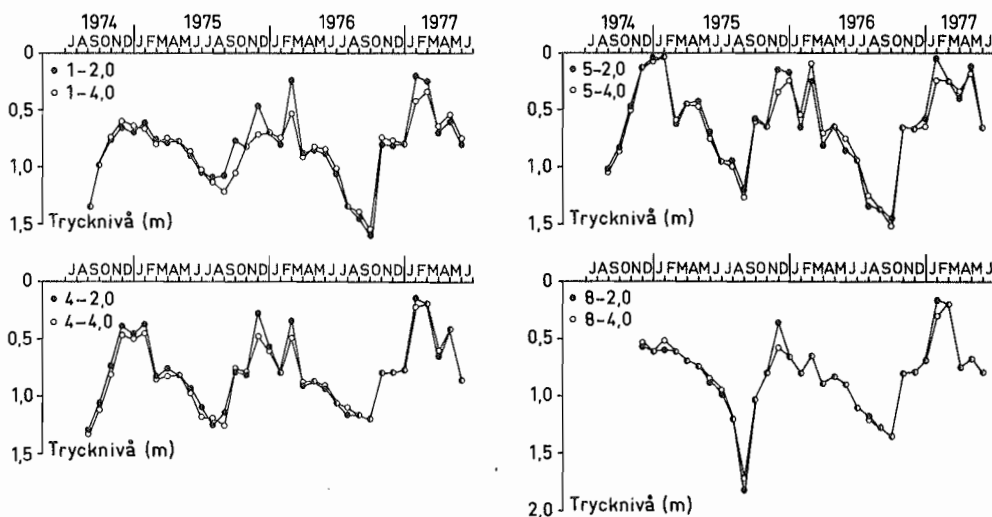


Fig. 4. Grundvattentryckets förändringar med tiden. *The variation of the ground water pressure with time.*



I mars 1977 stod fältet delvis under vatten efter den snabba avsmältningen. Den höga vattennivån omöjliggjorde avrinningsmätningar under denna tid. Resultaten av vippkärlsmätningarna har av dessa anledningar i huvudsak använts för att klara ut avrinningens fördelning mellan de olika rutorna.

### Grundvattentryck

Grundvattentrycket mättes på de fyra hörnrutorna. Det varierade regelbundet och likartat på alla lokaler och inom måttliga gränser (fig. 4). Tryckvariationerna var något större på rutorna 5 och 8 än på 1 och 4, vilket förmodligen sammanhänger med influens från högre liggande terräng. Trycknivån i det grundare och det djupare röret sammanföll under större delen av försökstiden, vilket betyder att de vertikala grundvattenrörelserna var obetydliga. Under vintermånaderna uppmättes dock skillnader i grundvattentryck vid flera tillfällen, ofta i samband med riklig nederbörd eller snösmältning. Under sådana perioder med nedtryck sker en infiltration till grundvattnet i leran.

### Kväve i dräneringsvattnet

Nitrat var den dominerande kvävefraktionen i dräneringsvattnet medan nitrit och ammonium oftast utgjorde bara några få procent av totalkvävet (tabell 2). Nitratkvävehalten varierade mellan gränserna 0,3 mg/l och 29 mg/l (fig. 5). De lägsta värdena, som uppmättes i

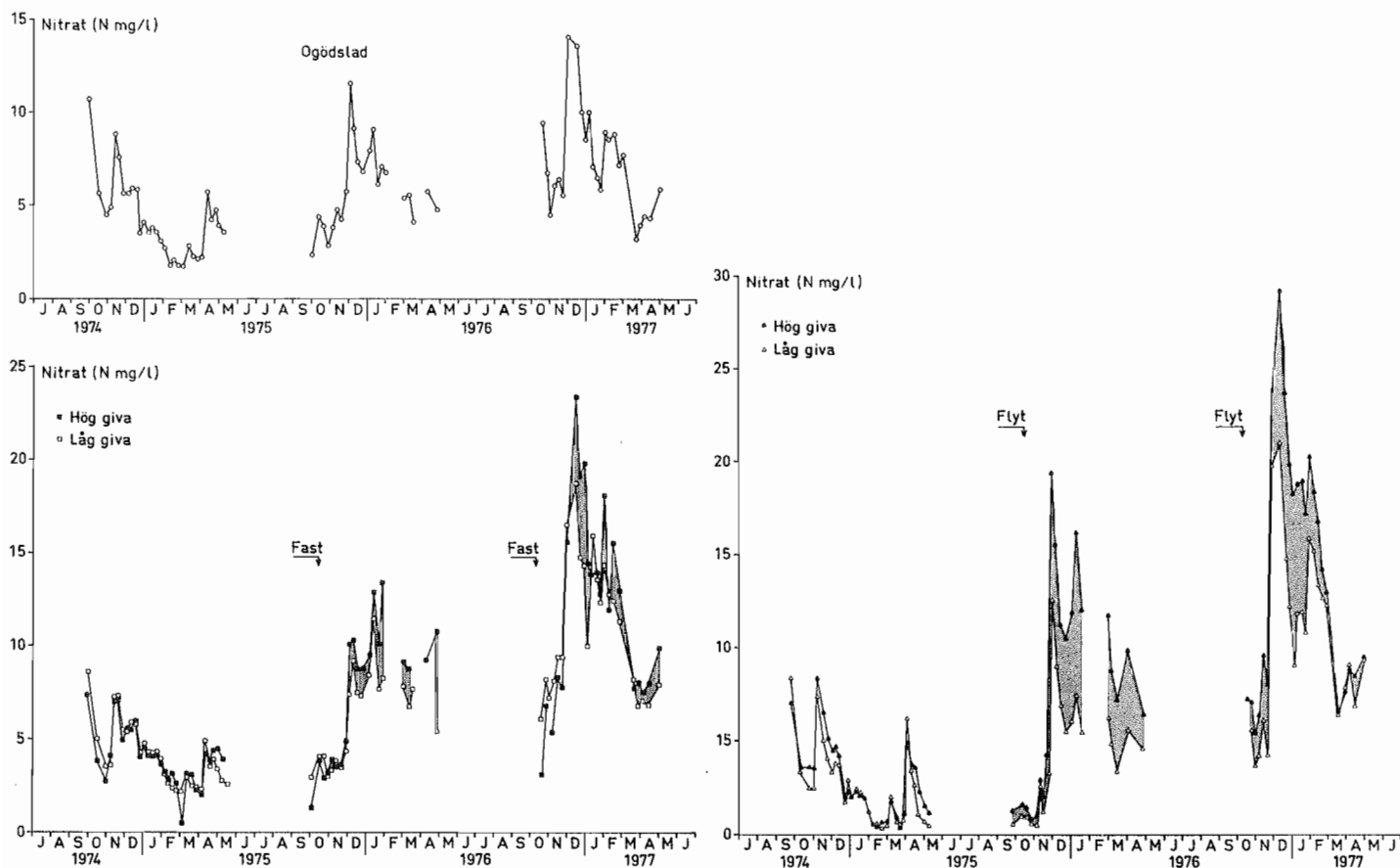


Fig. 5. Nitrat i dräneringsvattnet. Nitrate in the drainage water. Ogödslad, non-fertilized; Fast, fertilized with solid manure; Flyt, fertilized with liquid manure.

Tabell 2. Kväve i dräneringsvatten och grundvatten. *Nitrogen in drainage water and ground water. Explanation of words in table 1.*

År	Djup	Ogödslad	Fastgödsel			Flytgödsel		
			Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)								
74/75 <sup>a</sup>	Drän	0,02	0,03	0,02	0,10	0,02	0,02	0,02
75/76	Drän	0,03	0,07	0,07	0,14	0,05	0,04	0,04
76/77	Drän	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04	0,06	0,05
74/75 <sup>a</sup>	2 m	0,75	0,34	0,60	0,44	0,96	0,40	0,58
75/76	2 m	0,80	0,10	0,68	0,70	1,1	0,20	0,75
76/77	2 m	0,79	0,25	0,84	0,70	0,83	0,36	0,88
74/75 <sup>a</sup>	4 m	0,57	0,83	0,51	0,80	0,74	0,45	0,93
75/76	4 m	0,90	0,80	0,49	0,54	0,80	0,53	0,84
76/77	4 m	0,85	0,85	0,49	0,72	0,59	0,35	0,60
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)								
74/75 <sup>a</sup>	Drän	4,5	4,3	4,0	4,0	2,3	4,3	2,8
75/76	Drän	6,0	6,4	6,2	7,5	4,8	7,4	7,6
76/77	Drän	7,0	11,0	12,3	11,7	10,7	12,7	14,2
74/75 <sup>a</sup>	2 m	0,10	0,73	0,15	0,22	0,05	0,21	0,05
75/76	2 m	0,05	1,6	0,24	0,09	0,02	3,8	0,03
76/77	2 m	0,19	0,78	0,39	0,08	0,12	1,5	0,30
74/75 <sup>a</sup>	4 m	0,42	0,01	0,08	0,22	0,24	0,52	0,02
75/76	4 m	0,44	0,07	0,96	0,13	0,21	1,1	0,12
76/77	4 m	0,45	0,11	0,51	0,70	0,37	0,83	0,48
Tot-N (mg/L)								
74/75 <sup>a</sup>	Drän	5,6	5,0	4,9	5,0	3,2	4,9	3,8
75/76	Drän	7,0	7,5	7,6	9,2	6,1	8,8	9,5
76/77	Drän	8,2	11,6	13,0	12,8	11,5	13,8	15,1
74/75 <sup>a</sup>	2 m	1,6	1,6	1,2	1,4	1,9	1,2	1,0
75/76	2 m	1,8	2,4	1,7	1,8	1,8	4,7	1,3
76/77	2 m	1,9	1,7	2,0	1,6	1,9	2,7	1,6
74/75 <sup>a</sup>	4 m	1,6	1,3	1,0	1,4	1,3	1,7	1,7
75/76	4 m	2,3	1,5	2,1	1,4	1,6	2,4	1,8
76/77	4 m	2,1	1,5	1,5	1,5	1,5	2,1	2,0

<sup>a</sup> Bakgrundsår, *back ground*.

februari och mars 1975, sammanhängande med den kraftiga lakningen tidigare under den nederbördsrika hösten och vintern. De högsta värdena uppmättes i november och december alla år. Mycket nitrat fanns då tydligen kvar i marken. Som jämförelse kan nämnas att nitrathalten i nederbörden i Plönninge 1967/69 i medeltal uppgick till 0,6 NO<sub>3</sub>-N mg/l (Dickson, Ekström, Hörnström & Miller 1973).

Det avrinnande vattnet från den ogödslade rutan hade klart lägre nitrathalter än vattnet från de gödslade. Också värdena under bakgrundsåret var klart lägre än senare. Skillnaden i nitrathalt efter högsta och lägsta givan av flytgödsel var påfallande stor medan de olika fastgödselgivorna inte gav lika uttalade skillnader.

## Kväve i grundvattnet

Ammoniumkvävehalterna i grundvattnet var förhållandevis höga (tabell 2). Detta kan inte sättas i samband med gödslingen utan sammanhänger med låg vattenomsättning och dålig syretillgång i profilen. Halterna varierade mellan omkring 0,2 och 2 mg/l (0,44 mg/l = hygieniskt anmärkningsvärt). Variationerna följde inget bestämt mönster med undantag för att halterna ofta var något lägre i samband med och efter perioder med högt grundvattentryck.

Nitritkvävehalterna var genomgående låga och översteg sällan 0,02 mg/l. Grundvattnet på 4 m djup var något nitritrikare än det på 2 m.

Nitratkvävehalterna i grundvattnet varierade inom vida gränser (fig. 6). Värdena var oftast låga (0,01-0,5 mg/l), men förhöjningar uppträdde under vintermånaderna. De högre halterna förekom i de flesta fall under perioder då grundvattnets tryckyta låg högt. Samtidigt förelåg nedtryck och möjlighet för det nitratrika grundvattnet i sanden att tränga ned i den underliggande leran. Orsaken till att halterna åter sjönk efter några månader kan mycket väl vara tvättning genom uppåtströmmande vatten. Nitratreduktion kan emellertid inte uteslutas.

Riskerna för påverkan på grundvattnet genom gödslingsåtgärder reduceras påtagligt av de förhållanden som råder på platsen. Den höga genomsläppligheten i sanden leder till en snabb och ytnära avrinning av överskottsvatten. Fältet ligger lågt i förhållande till omgivningen, vilket medför att upptryck råder under långa tider. Även om tryckskillnaderna är små och den uppåtgående grundvattenströmmen är obetydlig är detta tillräckligt för att underliggande grundvatten skall vara effektivt skyddat från påverkan genom gödslingen.

## Kvävetransport

Transporten av kväve varierade mycket mellan de olika åren vilket i första hand sammanhänger med nederbördssituationen (fig. 3 och 7). Under bakgrundsåret 74/75 var kvävetransporten stor trots att halterna var förhållandevis låga. Detta berodde till största delen på den rikliga nederbörden under vintern. Mineraliseringen under den milda hösten och vintern bidrog förmodligen också till en del.

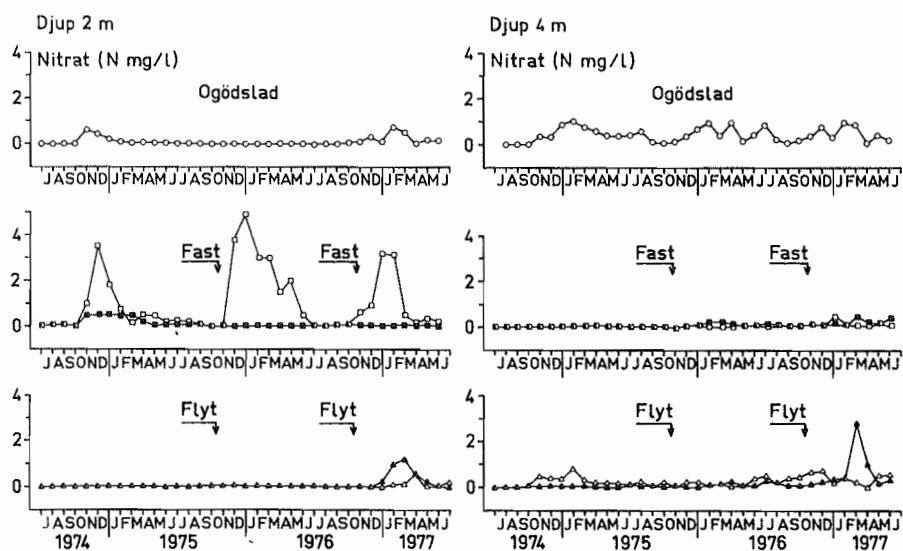


Fig. 6. Nitrat i grundvattnet. Beteckningar som i fig. 5. Nitrate in the ground water. Ogödslad, non-fertilized; Fast, fertilized with solid manure; Flyt, fertilized with liquid manure. Signs as in fig. 5.

Kväveutlakningen var därefter betydande även från den ogödslade rutan. Detta sammanhänger bland annat med att grödan utvecklades dåligt både 1975 och 1976 varigenom det våren 1975 tillförda handelsgödselkvävet utnyttjades endast delvis.

Tydligen frigjordes där betydande mängder växttillgängligt kväve. Eljest har skördeutbytet ökat med gödselgivan utom ifråga om flytgödseln det andra året då denna gödsel tycks ha haft en hämmande effekt på grödans utveckling.

Den överdrivna gödslingens betydelse för nitratinnehållet i marken tycks inte bli särskilt långvarig. I april 1977 fanns nämligen kvar till dräneringsdjup 18-26  $\text{NO}_3\text{-N}$  kg/ha på alla rutorna utom på den med fastgödsel högst gödslade där mängden var 40 kg/ha. Någon bestämd ordning förelåg för övrigt inte mellan rutorna. Så till exempel låg den ogödslade rutan med 22 kg/ha mitt i det nämnda intervallet trots två års svält.

Utlakningen är starkt beroende av gödselgivan vilket framgår av fig. 8. Några skillnader mellan fastgödsel och flytgödsel föreligger inte om jämförelsen baseras på kvävegivan, men däremot om den baseras på torrsubstansgivan. De höga värdena på den ogödslade rutan förbryllar. En viss tillströmning från angränsande och mer gödslade rutor kan inte uteslutas att döma av strömbilden i fig. 2. Minneseffekter från tidigare gödsling ligger emellertid närmare till hands.

#### Fosfor i dräneringsvattnet

Fosforhalterna varierade mycket, likaså årsmedeltalen (tabell 3). Andelen löst fosfat svängde mellan 20 och 70 procent. Återstoden var organisk fosfor och till jordpartiklarna adsorberade fosfater. Inget klart samband förelåg mellan stallgödselgiva och fosforhalt. Det är tydligt att profilen trots det grova jordmaterialet har en god fosforbindande förmåga. Fosfor är ju också till en tid skyddad från utlakning genom bindning till organiska ämnen i stallgödseln. Fosforhalterna var i någon mån kopplade till nederbörden i det att en ojämnt fördelad nederbörd under vintern återspeglades i stora fluktuationer och en jämnt fördelad i små (fig. 9).

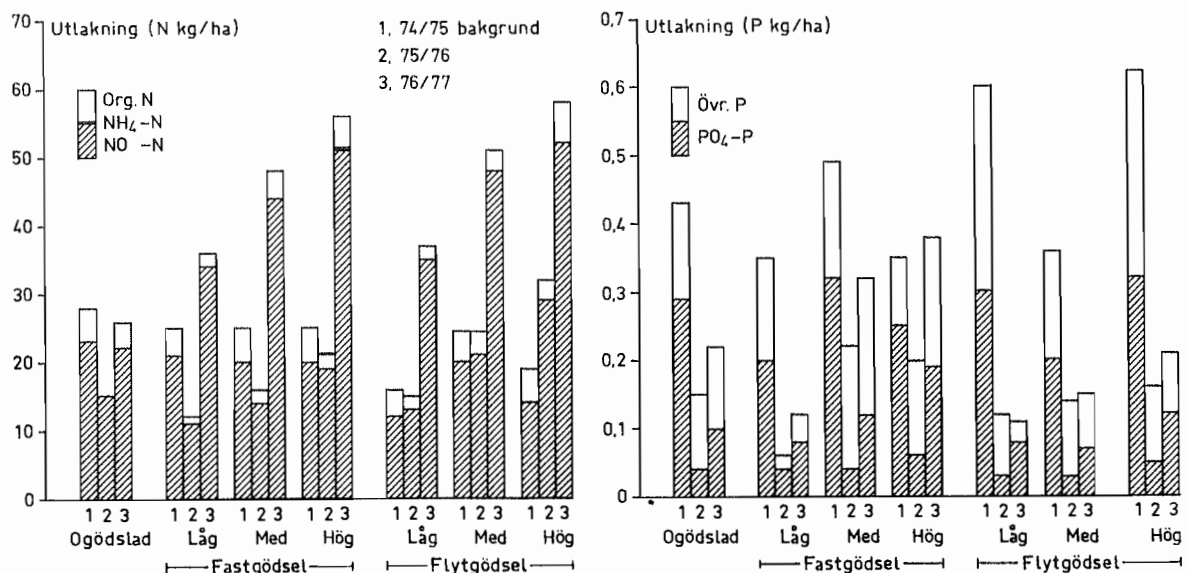


Fig. 7. Utlakning av kväve med dräneringsvattnet vid låg, medel och hög gödselgiva. *Nitrogen leaching by drainage water at none (ogödslad), low (låg), mean (med) and high (hög) manuring.* Fastgödsel, *solid manure*; Flytgödsel, *liquid manure*.

Tabell 3. Fosfor i dräneringsvatten. *Phosphorus in drainage water.*  
*Explanation of words in table 1.*

År	Fastgödsel				Flytgödsel		
	Ogödslad	Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög
$PO_4\text{-P}$ (mg/l)							
74/75	0,058	0,043	0,065	0,051	0,061	0,041	0,064
75/76	0,027	0,034	0,022	0,030	0,020	0,014	0,022
76/77	0,025	0,020	0,028	0,042	0,019	0,015	0,027
Tot-P (mg/l)							
74/75	0,087	0,071	0,098	0,071	0,121	0,073	0,125
75/76	0,077	0,046	0,106	0,097	0,063	0,060	0,059
76/77	0,051	0,032	0,054	0,066	0,030	0,033	0,047

### Fosfor i grundvattnet

Fosforhalten i grundvattnet visade stora olikheter mellan rutorna. Värdet mellan 0,005 och 2,5 P mg/l registrerades. De höga halterna förekom på 4 m djup där leran var benägen att slamma. En utlösning av fosfatjoner ur lerkolloider i provet förekom tydligen före analysen. På grund härav är det knappast meningsfullt att närmare diskutera frågan.

### Fosfortransport

Vinternederbörden och därmed också avrinningen präglade också transportvärdena för fosfor (fig. 7). Den största utlakningen ägde följdriktigt rum under bakgrundsåret 74/75 då ju nederbördsöverskottet var mycket stort. De borttransporterade mängderna var då anmärkningsvärt höga och i klass med vad som registrerats annorstädes på sandjord och lätt eroderad lera (Brink *et al.* 1978).

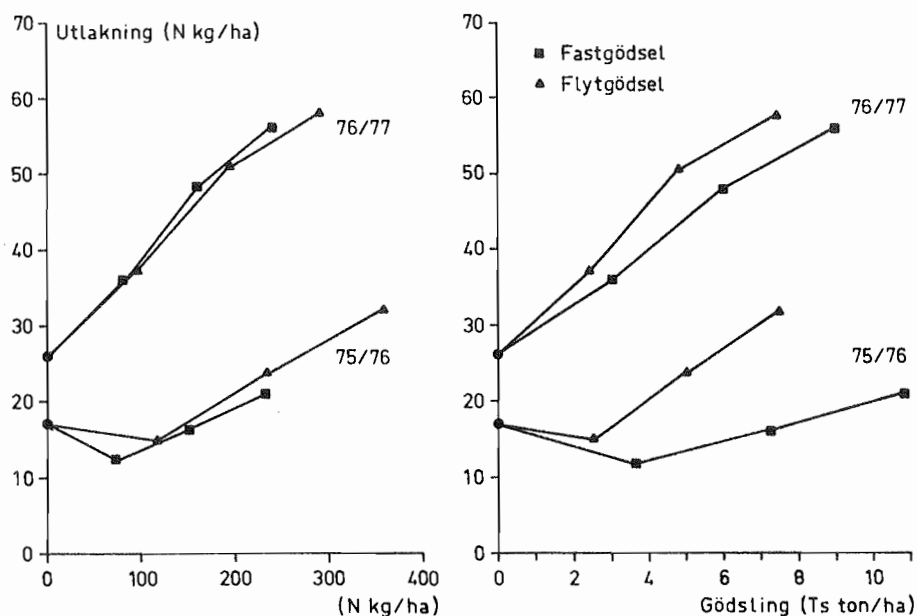


Fig. 8. Utlakning av kväve som funktion av kvävegivan (vänster) och torrsbstansgivan (höger). *Nitrogen leaching as a function of the fertilizing with nitrogen (left) and solid matter (right).* Fastgödsel, solid manure; Flytgödsel, liquid manure.

Tabell 4. Kalium, konduktivitet och permanganattal i dräneringsvatten och grundvatten. *Potassium, conductivity and permanganate value in drainage water and ground water. Explanation of words in table 1.*

År	Djup	Ogödslad	Fastgödsel			Flytgödsel		
			Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög
<i>K (mg/l)</i>								
75/76	Drän	5,0	2,9	3,7	4,2	5,5	4,7	4,8
76/77	Drän	3,9	2,8	4,0	4,7	5,0	3,8	5,0
75/76	2 m	10,7	5,3	11,9	10,2	12,6	6,5	14,2
76/77	2 m	9,9	5,0	13,8	10,1	13,3	7,5	16,0
75/76	4 m	11,1	8,9	9,7	10,2	14,1	11,9	11,2
76/77	4 m	12,3	9,3	10,6	13,9	14,6	11,2	12,4
<i>Konduktivitet (µS/cm)</i>								
74/75	Drän	550	580	490	560	556	530	450
75/76	Drän	560	490	500	510	650	440	640
76/77	Drän	540	530	540	517	630	520	630
<i>Permanganattal (mg/l)</i>								
74/75	Drän	56	35	52	57	55	35	54
75/76	Drän	28	30	37	38	31	32	32
76/77	Drän	34	33	46	39	34	33	37

Genomsnittligt blev det ett tydligt utslag för gödselgivan inom de båda försöksserierna, men också här föll den ogödslade rutan ur bilden. Tydligen har där frigjorts tillräckligt med fosfor för en hygglig skörd och därtill för ett större läckage än från de minst gödslade försöksleden. Anledningen är oviss. Möjligen kan det vara en pH-fråga.

Det framgår också av fig. 7 att fosforutlakningen var större från de fastgödslade rutorna än från de flytgödslade. Skillnaderna är markanta på de högst gödslade försöksleden. Här har gödslingsintensiteten inte spelat någon roll ty ena året övervägde fosforgivan för fastgödseln och det andra för flytgödseln. Summan blev densamma. Tydligen finns det mer fri fosfor i fastgödsel än i flytgödsel.

### *Kalium*

Kaliumhalten i dräneringsvattnet och grundvattnet har bestämts i två år (tabell 4). Den var naturligt nog betydligt lägre i dräneringsvatt-

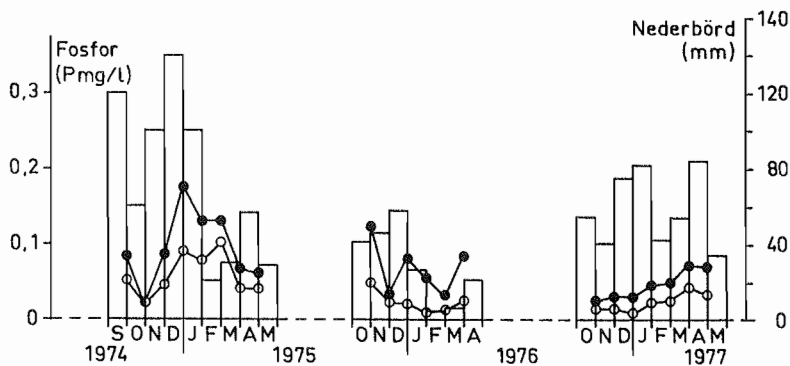


Fig. 9. Samspel mellan nederbörd och fosfor i dräneringsvattnet. ●, Tot-P; ○, PO<sub>4</sub>-P. *Co-variation between precipitation and phosphorus in drainage water.*

net från sanden. Spridningen kring årsmedeltalen var liten jämfört med kväve- och fosfor. Någon inverkan på kalihalten i vattnet tycks gödslingen inte ha haft trots att kaliumgivan i stallgödseln vida översteg grödans behov. I såväl grundvatten som dräneringsvatten torde halten i första hand återspegla kaliumtillgången på den enskilda lokalen.

Transporten av kalium räknat som medeltal för alla rutor var 9,2 K kg/ha 75/76 och 15,5 kg/ha 76/77.

### Konduktivitet och pH

Genomsnittligt mellan åren varierade konduktiviteten inte så mycket (tabell 4). Under året var variationen betydande (fig. 10). Och som väntat var värdena högre i grundvattnet än i dräneringsvattnet mest beroende på att leran är saltrikare än sanden. I medeltal för 75/76 gäller:

Djup (m)	Drän	2	4
Konduktivitet ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	550	880	740

Anrikningen på 2 m djup beror på lakning av joner uppifrån på grund av nedtryck och nedifrån på grund av upptryck.

Det avrinnande dräneringsvattnet hade pH-värden mellan 6,2 och 8,6. I grundvattnet var värdena högre och de flesta låg mellan 7,5 och 8,6. Tidsvariationen och spridningen för dräneringsvattnet framgår av fig. 10.

Mellan konduktiviteten och pH föreligger tydligen ett samband. En rimlig förklaring är att mera nederbörd sänker den totala jonstyrkan genom utspädning men ökar vätejonskoncentrationen genom sin egen surhet och att mindre nederbörd verkar omvänt därigenom att vätejonerna då byter ut baskatjonerna i marken mer effektivt.

### Permanganattal

Permanganattalet är ett mått på mängden syreförbrukande substans i vattnet. Det visar i första hand halten av organiska ämnen, men även en del oorganiska ämnen oxideras vid bestämningen. I ytvatten från skogsmark är permanganattalen ofta högre än i dräneringsvatten från åkermark, vilket sammanhänger med markens adsorptionsförmåga. Permanganattalen för grundvatten är som regel betydligt lägre. Det hygieniska gränsvärdet är  $40 \text{ KMnO}_4 \text{ mg/l}$ .

Permanganattalen i dräneringsvattnet (tabell 4) var genomgående höga, vilket förmodligen sammanhänger med den genomsläppliga jordarten. Någon påverkan genom stallgödslingen registrerades inte. Detta är heller inte att vänta eftersom en stallgödselgiva endast innebär en marginell förändring av jordens halt av organiskt material och eftersom ingen ytavrinning förekom från försöksfältet.

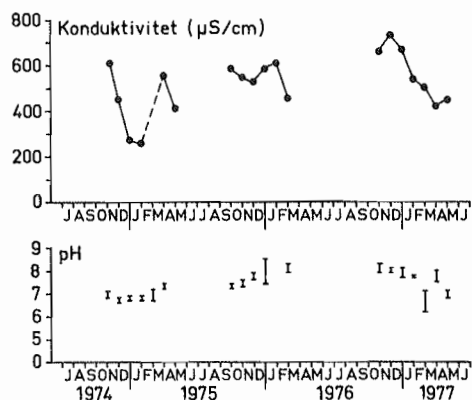


Fig. 10. Konduktivitet och pH i dräneringsvattnet. *Conductivity and pH in the drainage water.*

Permanganattalen i grundvattnet var av samma storleksordning som i dräneringsvattnet. Sådana förhållandevis höga permanganattal kan bero på låg vattenomsättning och på reducerande betingelser i leran. De rätt höga ammoniumhalterna i grundvattnet indikerar samma sak.

## DISKUSSION

De i inledningen refererade farhågorna om att flytgödseln skulle vara ogynnsammare ur miljösynpunkt än fastgödsel har inte bekräftats genom denna undersökning. De båda gödselslagen är likvärda vad det gäller läckage av kväve.

Ifråga om fosfor var läckaget betydligt större från fastgödslande än från flytgödslande ytor och allmänt klart högre än vad man eljest brukar finna. Minst fosfor läckte ut från ytor med låga givor och då är ett ogödslat försöksled inräknat. Orsaken till detta något förbluffande minimum vid de låga givorna är oklar. Det kan emellertid vara en pH-fråga i markfasen, utan att vattenfasen påverkats.

Nederbörden och gödslingsintensitet är de två faktorer som styr utlakningen. Den inbördes ordningen mellan dem analyseras i uppsatsen Kväveutlakning från odlingsmark i detta nummer av Ekohydrologi.

I Riktlinjer för miljöskyddande åtgärder vid animalieproduktion (1970, 1973, 1976) anger naturvårdsverket riktvärden för beräkning av arealbehov för spridning av gödsel. Ifråga om flytgödsel kan följande riktvärden gällande för 10 mjölkkor vaskas fram ur de tre utgåvorna. Vid beräkning av torrsubstansgivan har flytgödseln antagits innehålla 10% torrsubstans.

År	Arealbehov (ha)		Torrsubstans (ton/ha)	
	Genomsn.	Minst	Genomsn.	Högst
1970	5,3	3,2	3,7	6,2
1973	5,0	3,0	4,0	6,7
1976	5,0	-	4,0	-

Arealbehovet har avpassats efter vad som är lämpligt ur växtodlings-synpunkt (1970) och efter genomsnittligt kvävebehov (1973, 1976). Hur stort nämnda kvävebehov är har inte angivits i skrifterna.

Tillämpas naturvårdsverkets riktvärden i vårt fall, dvs. vid höst-spridning, blir läckaget i N kg/ha enligt fig. 8:

År	Giva (ts ton/ha)			
	3,7	4,0	6,2	6,7
75/76	18	20	27	30
76/77	44	46	55	57

Det första årets läckage kan möjligen tolereras vad det gäller genomsnittsgivorna men alls icke det andra årets. Naturvårdsverkets åtgärd att i den senaste upplagan slopa minst-arealerna var mot bakgrund härav en välbetänkt åtgärd. Det skall observeras att de kvävemängder, varav det mesta nitrat, som i detta fall rann bort direkt till ytvattnet nästan oavkortat skulle ha hamnat i grundvattnet i en djup sandjord utan skyddande lerbotten.

Slutsatsen kan inte bli annan är att riktvärdena är för generöst tilltagna ifråga om sandjord. Framför allt gäller det förutsättningen att man skall kunna återkomma varje år med stora givor. Lerjordarna hushållar i allmänhet mycket bättre med kvävet än sandjordarna men också därifrån kan mycket kväve rinna bort. En omprövning över hela linjen är därför befogad om man vill motverka att stallgödseln kommer för mycket på villovägar.



## LITTERATUR

- Brink, N. 1968. Self-purification in an open ditch. *Water Research* 2, 481-503.
- Brink, N. 1972. Vattenförorening vid gödsling med rötslam. *Vattenvård nr 11*. Lantbrukshögskolan.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Dickson, W., Ekström, C., Hörnström, E. & Miller, U. 1973. Försurningens inverkan på västkustsjöar. *Information från sötvattenslaboratoriet Drottningholm nr 4*.
- Foerster, P. 1973. Einfluss hoher Güllegaben und üblicher Mineraldüngung auf die Stoffbelastung im Boden- und Grundwasser in Sandböden Nordwestdeutschlands. *Acker- und Pflanzenbau* 137, 270-286.
- Jansson, S.L. 1969. Flytgödseln kräver stora arealer. *Lantmannen nr 20*.
- Joelsson, A. 1978. Nitrat i brunnsvatten i jordbruksområden. *Rapport 927*. Statens naturvårdsverk.
- Kullmar, L. 1976. Nitrat i dricksvatten. Undersökning av enskilda vattentäkter i Laholms kommun. Hälsovårdsnämnden i Laholm. Statens naturvårdsverk 1970, 1973, 1976. Riktlinjer för miljöskyddande åtgärder vid animalieproduktion.
- Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. 1976. *Planteproduktion og miljø*, 1307. Beretning.
- Wiklander, L. 1973. Flytgödsling - en miljöfarlig metod? *Lantbrukshögskolans meddelanden Ser A nr 198*.



# ÅKERGÖDSLINGENS INVERKAN PÅ MILJÖN I EN BÄCK

*The Effect of Agricultural Manuring on the Environment in a Brook*

Lars Lingsten och Nils Brink

*Abstract.* A brook at Rasbokil in Uppland flows from a forest to, and through a field. Parts of the field were treated with liquid manure in July and September 1974 and October 1975. The brook and the ground water in the field were chemically and biologically examined before and after the manuring.

The manuring did not affect the quality of the brook water with regard to nitrogen, phosphorus, permanganate value, conductivity, pH, and coliform bacteria. The forest water determined the quality. Nor did analysis of attached algae (chlorophyll a), macrophytes, and bottom fauna disclose any influence.

The attached algae increased from one year to the next, as did the phosphorus, which evidently encouraged the growth. The macrophytes were obviously stimulated, in terms of quality but not quantity, by the addition of phosphorus.

The bottom fauna also developed differently in the two years. In this case a mild winter with abundance of water seems to have had a favourable effect on fast flowing stretches of the brook, but an adverse influence where the current was slow.

The ground water remained well nigh unaffected by the manuring, presumably because of swift currents in a sand layer.

## INLEDNING

Vid bruk av organisk gödsel händer det ofta att denna måste spridas i sådana mängder och vid sådan väderlek och tidpunkt att utläckning till yt- och grundvatten av gödselämnen blir stor. Gödslingsintensitet, jordart och topografi är betydelsefulla faktorer. Det finns anledning att särskilt följa utläckningen av kväve och organiska ämnen.

Grunden till föreliggande arbete är en undersökning i Järsöströmmen som är utloppsbeck till sjön Erken i Roslagen. Bäckens undersöktes kemiskt augusti-december 1972 (Lingsten 1974) och kemiskt och biologiskt maj-oktober 1973 (Boström 1974; Olsson 1974).

Under den första perioden konstaterades en markant ökning av växtnäring, framför allt nitrat, nedströms ett dike som rinner ut i bäcken. Detta dike avvattnar ett fält som hade flytgödsplats.

Under den andra perioden utökades undersökningen med bestämning av påväxtalger, makrofyter och bottenfauna. Inga signifikanta förändringar av vattenkvaliteten påvisades. Biomassan av påväxtalger på lokaler nedströms det flytgödsade fältet var mycket högre än uppströms. Olikheter i vattenhastighet och ljusklimat kan lika väl som flytgödseln förklara skillnaderna. Biomassan av makrofyter var något större nedströms än uppströms. Biomassan och artfördelningen av bottenfaunan var nära nog lika längs bäcken.

Under den tredje perioden undersöktes påväxtalgerna kvalitativt. Härvid framkom att några arter fanns endast i nedre delen av bäcken. Dessa arter indikerar att denna del av bäcken är mera eutrof. Påväxten var också kraftigare där. I vilken grad detta berodde på en "normal eutrofiering" utefter en bäck som rinner genom ett jordbruksområde eller på odlingsåtgärder var omöjligt att avgöra.

## MÅL OCH METOD

Denna undersökning skall ge underlag för bedömning av riskerna vid bruk av organisk gödsel på åker och att uttröna verkningarna härav på vattendrag.

För att nå målet har utförts ett försök med flytgödsel på lerjord i Uppland för studium av inverkan på en bäck.

Försök av denna typ bör läggas på åkermark som genomflyts av en bäck. Bäckens bör vid försöksplatsen inte vara påverkad av åker och därför komma från en skog eller rinna upp i en källa. Dessutom får bäcken inte torka ut under sommaren. Åkern skall inte på många år ha gödslats med organisk gödsel.

Mot ovan angivna bakgrund har ett tjugutal bäckar besiktigats. Tre av dem undersöktes kemiskt och biologiskt under perioden februari-maj 1974. En av bäckarna bedömdes vara lämplig.

## FÖRSÖKSOMRÅDET

### *Fältet*

Försöksfältet är beläget i Rasbokil i nordändan av Sävjaåns vattensystem 35 km nordost om Uppsala. Sävjaån är ett biflöde till Fyrisån som rinner genom Uppsala. Fältet som är plant omges av skog och är 8 ha. (Fig. 1.)

Fältet har indelats i fyra skiften. Det är inte täckdikat. Jordarten närmast markytan är postglacial lera av varierande mäktighet. Därunder finns lättare jordarter lagrade på en glacial lera. (Fig. 2.)

### *Bäcken*

Genom fältet rinner en bäck. Den avvattnar Lafssjön och rinner genom ett skogsparti innan den når fältet. I skogspartiet består botten av sand täckt med grus och sten. Vattenhastigheten är där stor. På fältet består botten av lera täckt med detritus och växtdelar. Vattenhastigheten är liten. Nedströms fältet rinner bäcken åter genom ett skogsparti. Där är bottenförhållandena mycket lika dem i skogspartiet uppströms fältet. Vattenhastigheten är åter stor. De två biotoperna med hastigt rinnande vatten har en rik artsammansättning. Förutsättningarna är härigenom goda att registrera förändringar i ekosystemet.

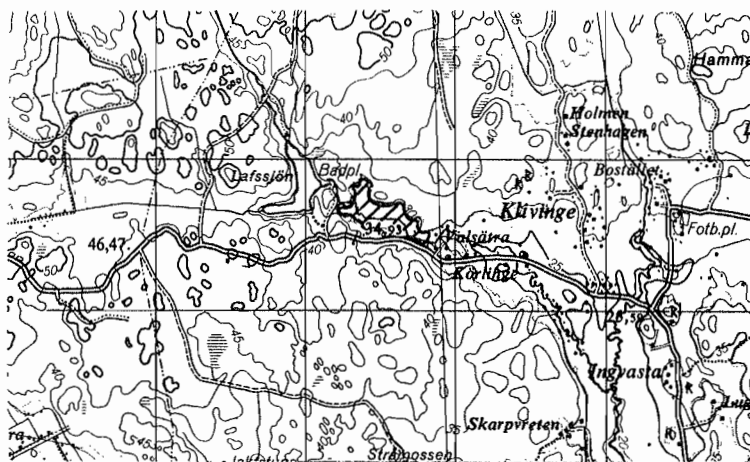


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experiment field and surroundings.*

## Provplatser

I bäcken finns fyra fasta provplatser för vatten och fem för påväxtalger. De benämns A-E. På vardera skiftet finns två grundvattenrör borrhade till djupen 1 och 2 m och ett vattenståndsrör till 2 m. Avståndet mellan dem är omkring 1 m. De betecknas på kartan G1-G4, där G betyder grundvatten och talen 1 och 4 delområde. Rören på samma område skiljs med hjälp av djupet, t ex G3-2,0. (Fig. 2.)

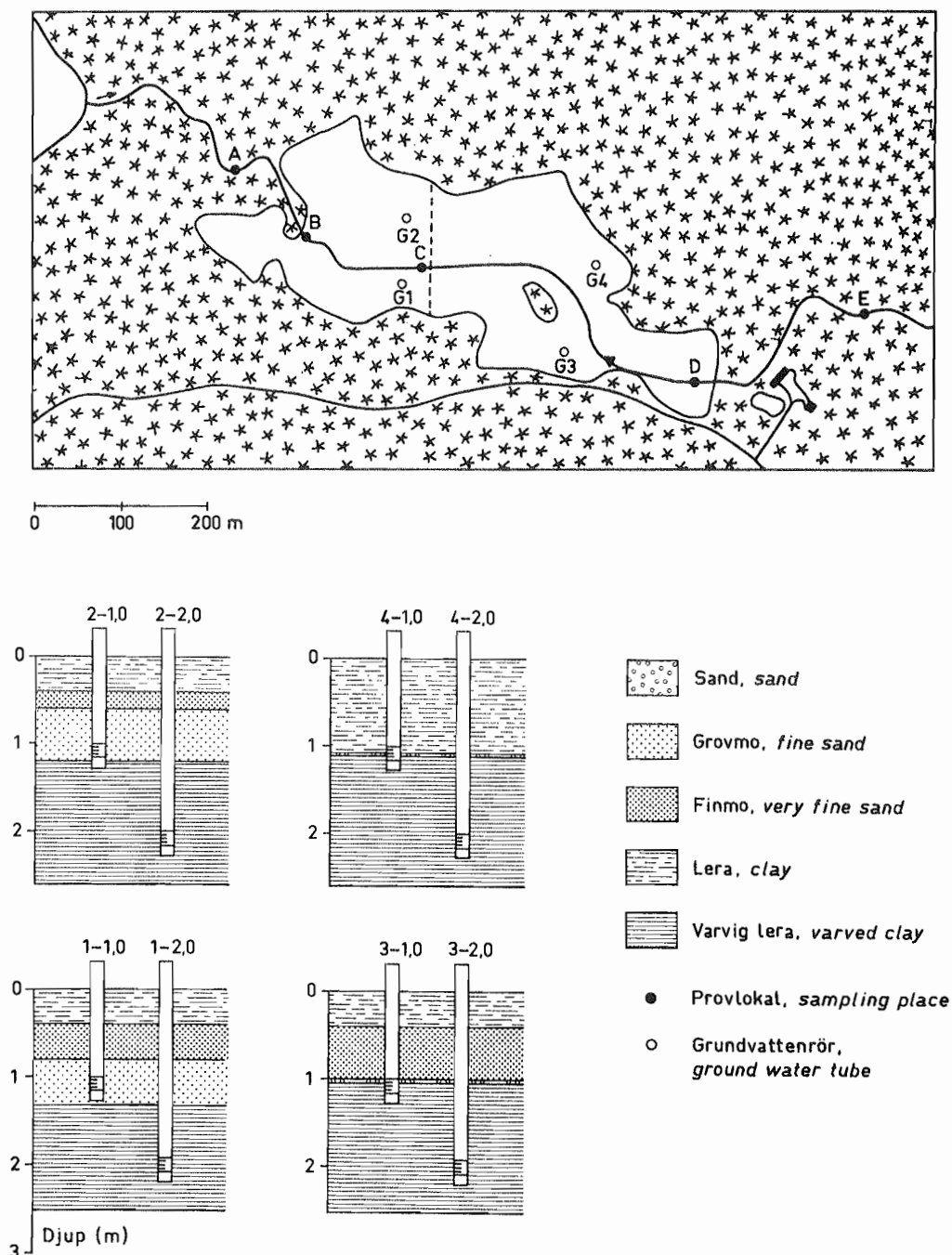


Fig. 2. Försöksfält med provplatser och markprofiler. *Experiment field, sampling places and soil profiles.*

*Vattenföring*

Vattenföringen i bäcken mättes i en brotrumma med flygel eller ytflytare. Metoden med flytare är behäftad med svagheter men ger likväl en god uppfattning om storleksordningar (Bjerketorp 1973). En avbördningskurva har upprättats.

*Grundvattenrör*

Två slag av grundvattenrör har satts, nämligen för provtagning av vatten och för mätning av vattenstånd.

Provtagningsrören var perforerade nära botten och där omgivna av sand (fig. 3). Borrålet runt röret var fyllt med bentonit för tätning ovanför sandfiltret.

Vattenståndsroren var slitsade utefter hela mantelytan. Uppmätta vattennivåer representerar härigenom grundvattenytans läge. Nivåerna mättes med klucklod.

*Provtagning och analys av vatten och gödsel*

Prov togs i bäcken på vanligt sätt med hämtare i regel en gång i månaden. En särskild anordning har utvecklats för provtagning av grundvatten. Anordningen består av ett stationärt plaströr i varje grundvattenrör. Till plaströret ansluts en vakumflaska som evakueras på platsen med en handpump. Proven konserverades med kloroform eller svavelsyra beroende på vilken analys som skulle göras.

Provtagningen skedde vanligen en gång i månaden, stundom tätare. Före och efter en gödselspridning hösten 1975 togs prov med en automatisk provsamlare tre till fyra gånger per dygn.

De kemiska analyserna utfördes på eget laboratorium (Brink, Gustafson & Persson 1978). Kolianalysen utfördes av statens lantbrukskemiska laboratorium. Detsamma gäller kemisk analys av gödsel.

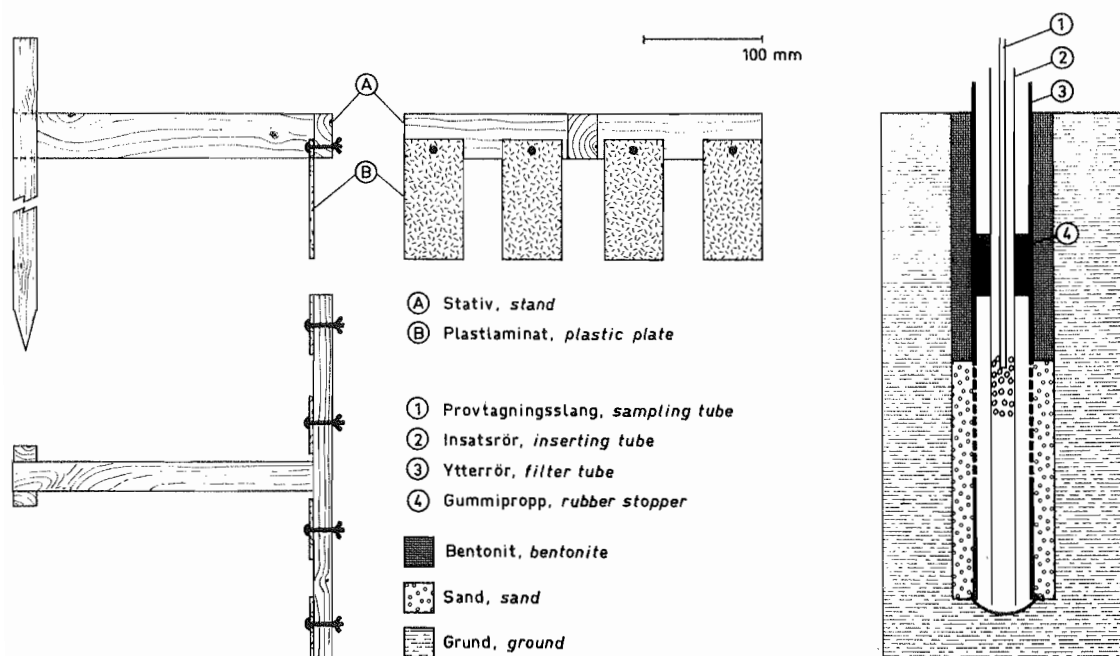


Fig. 3. Provsamlare för påväxtalger och grundvattenrör. *Sampling equipment for attached algae, and ground water tubes.*

### *Insamling och analys av påväxtalger*

Insamlingen av påväxtalger gjordes med hjälp av konstgjorda underlag av plastlaminat med hård och slät yta (perstorpsplatta PP27). Plattorna var rektangulära (50x100 mm) och gröna. Den hårda och glatta ytan gör det lättare att kvantitativt avlägsna påväxten och genom den gröna färgen kan ovidkommande organismer till en viss del undvikas.

Plattorna placerades i bäcken på en horisontell T-formad arm som kunde regleras i höjddled utefter en påle i botten (fig. 3). Arm och plattor anbringades 30-50 mm under vattenytan med armen riktad medströms. Härigenom klyvs vattenströmmen av pålen och drivande makrofyter och andra ting flyter förbi hela anordningen.

För att på alla platserna uppnå lika ljusklimat placerades plattorna på sådana avsnitt i bäcken att de kom i samma väderstreck. Plattorna exponerades i 3-5 veckor. Insamlingen gjordes juni-september.

Analysen omfattade klorofyll a. Den utfördes på eget laboratorium. Metodiken överensstämmer i stort med det förfarande som beskrivs av Tolstoy (1966). Prepareringen avvek på följande punkter. Algerna skrapades direkt ner i homogenisatorn via en tratt. Härigenom kunde en filtrering uteslutas. Platta och tratt sköljdes noggrant rena med 90% aceton. En stor homogenisator användes och den totala extraktvolymen var 40 ml mot 7 ml enligt Tolstoy.

### *Insamling och analys av makrofyter*

Två typer av provtagningsområden utvaldes okulärt på sträckorna B-C och C-D i fig. 2, den ena med tätt bestånd av *Sparganium simplex* den andra med glest bestånd. Områdena avgränsades därefter så att längden blev fyra gånger bredden och så att längdkanterna till ingen del tangerade strandkanten. Inom den så avgränsade ytan utslumpades tre till fyra små provytor (200x200 mm) enligt ett på förhand bestämt schema. Provytorna avgränsades med en träram (0,040 m<sup>2</sup>) varpå alla växter inom ramen skördades.

Före kemisk analys sköljdes växterna mycket noga. Rötterna skars bort, ty hela roten av *Sparganium* kunde inte skördas. Växterna fick lufttorka och maldes till pulver. Insamlingen gjordes i augusti.

Analysen omfattade torrs substans och totalhalter av kväve och fosfor. Den utfördes på eget laboratorium enligt Ahlgren & Ahlgren (1974).

### *Insamling och analys av bottenfauna*

Prov togs för bestämning av art och antal av djur på hård botten och mjuk botten.

Vid provtagningen användes en öppen träram med måtten 200x200 mm, en håv med maskvidden =0,6 mm, en bottenhuggare av plaströr med stålskodd kant (yta 0,005 m<sup>2</sup>) och ett såll med maskvidden 0,6 mm. Som konserveringsmedel användes 4-procentig formalin.

På *hård botten* utsågs okulärt 2-4 delsträckor på sträckorna A-B och D-E i fig. 2 med sand (sand, grus och småsten) och 2-4 delsträckor med stenar (>100x150 mm). Bland dessa utsågs med slumpens hjälp en delsträcka för sand och en för stenar inom vardera A-B och D-E. Områden med längden fyra gånger bredden avgränsades inom delsträckorna.

På sandbotten utslumpades små provytor (200x200 mm) och togs prov enligt samma mönster som för makrofyter. Här användes träramen som vid provtagningen vändes med öppningen i strömriktningen varpå ytlagret fördes ned i håven som täckte hela öppningen. Provet sållades omedelbart och konserverades.

Tabell 1. Gödslingsschema. Handelsgödseln spreds på våren och flytgödselades på hösten. *The fertilizer was spread in spring and the manure in autumn.* Handelsgödsel, *fertilizer*; Flytgödsel, *liquid manure*; Skifte, *parcel*; Torrsubstans, *dry matter*.

År	Handelsgödsel				Flytgödsel			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Skifte</i>								
<i>Torrsubstans (ton/ha)</i>								
1974	-	-	-	-	0	0	3,8	3,8
1975	-	-	-	-	0	0	4,5	2,1
<i>Kväve (N kg/ha)</i>								
1973	80	80	80	80	0	0	0	0
1974	80	62	80	0	0	0	204	303
1975	60	80	80	80	0	0	366	356
<i>Fosfor (P kg/ha)</i>								
1973	24	24	24	24	0	0	30	83
1974	24	0	24	0	0	0	30	83
1975	24	24	24	24	0	0	105	121

På stenbotten slumpades punkter ut. Närmaste sten med betydande påväxt av *Fontinalis antipyretica* och med dimensionen större än 100x150 mm fördes snabbt ned i håven och därefter i en hink som kunde tillslutas med lock. Proven bearbetades omedelbart och konserverades för senare behandling. Påväxten av *Fontinalis* avlägsnades likaledes för bestämning av torrsubstans. Provtagningsytan sattes lika med längden gånger bredden av stenen. Insamlingen gjordes i april-maj.

På *mjuk botten* utslumpades först tio punkter, fem på vardera sträckan B-C och C-D. För varje sådan utslumpad punkt togs ett dubbelprov. De två delproven slogs ihop, sållades omedelbart och konserverades. De representerade en bottenyta på 0,010 m<sup>2</sup>.

Analysen omfattade större grupper och delvis också artsammansättning dvs. art och antal av djur. Den utfördes av Statens naturhistoriska museum eller av förf. Lingsten.

## GRÖDA OCH GÖDSEL

Tillförd gödsel framgår av tabell 1. Skiftena 3 och 4 gödselades med flytgödsel från svin både 1974 och 1975. Gödseln brukades ned inom 24 timmar. Alla skiftena grundgödselades dessutom med handelsgödsel (NPK 20-6-6% eller N 15,5%).

Flytgödseln togs vid två gårdar. Den ena har slaktsvinsuppfödning den andra smågrisproduktion. Prov av gödseln togs från varje lass och samlades till generalprov. Ur det senare togs prov för analys.

Gödseln hade följande sammansättning (värden i kg per ton):

År	Slaktsvin					Suggor				
	Ts	NH <sub>4</sub> -N	Tot-N	P	K	Ts	NH <sub>4</sub> -N	Tot-N	P	K
1974	43	2,5	3,5	1,0	0,9	27	1,9	2,7	0,5	0,9
1975	44	3,6	4,4	1,3	1,1	48	1,9	3,2	1,2	0,6

Grödan var omväxlande korn och höstrybs. Slaget av gröda har haft föga betydelse i sammanhanget.



## RESULTAT

### Vattenföring och grundvattenstånd

Samhörande värden på vattenstånd ( $h$  m) och vattenföring ( $q$  l/s) i bäcken ger avbördningskurvan i fig. 4. Sambandet är rätlinigt och korrelationen stark:

$$q = 0,137 h - 19,02; \quad r = 0,9970, \quad (1)$$

Det negativa interceptet betyder att vattnet var uppdämt i brotrumman. Detta kan också förklara att sambandet blev rätlinigt och inte krökt såsom i öppna kanaler med liten bottenbredd och stor dagbredd.

Vattenföringens variation under åren framgår av fig. 5. Det första året karakteriseras av regnig sommar och höst, snöfattig vinter och torr vår, det andra året av torr sommar, ganska regnfattig höst, snöfattig vinter och torr vår. Detta återspeglas i vattenföringen som var låg under tiden maj-september då de biologiska undersökningarna gjordes.

Vattenstånden i de fyra grundvattenrören fluktuerade samstämmigt (fig. 5). Det var högst i anslutning till tjällossningen och lägst under senhösten. Amplituden i de olika rören skilde sig väsentligt.

Grundvattenstånden samvarierade också i stora drag med vattenföringen i diket eller på grund av (1) med vattenståndet där. Detta är naturligt. Det förklarar också att grundvattnet inte sjönk så djupt i G3 som i de övriga. G3 låg ju närmast mätpunkten i bäcken.

### Kväve och fosfor

Kvävehalten i bäckvattnet varierade regelbundet under året mellan 1,0 och 3,5 N mg/l (fig. 6). De låga värdena uppmättes under sommarhalvåret och de höga under vinterhalvåret. Variationerna berodde mest på nitrathalten. Nitrithalten var försumbar. Ammonium förekom i växlande mängder oftast underordnad nitratet.

Kvävehalten samvarierade i stora drag med vattenföringen i bäcken. Det är uppenbart att ovanförliggande skogsmark varit helt avgörande för leveransen av kväve till det aktuella bäckavsnittet, att den alldeles övervägande delen härav kom under vinterhalvåret och att inga väsentliga förändringar inträffade inom bäckavsnittet. Detta innebär att hydrologiska faktorer varit långt mer bestämmande än biologiska faktorer. Det innebär också att åker gödslingen inte hade något inflytande på kväveinnehållet i bäckvattnet.

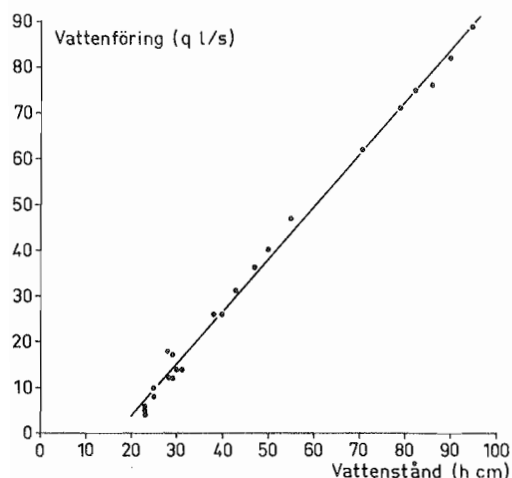


Fig. 4. Avbördningskurva för bäcken. Water discharge as a function of the water depth in a circular road drum.

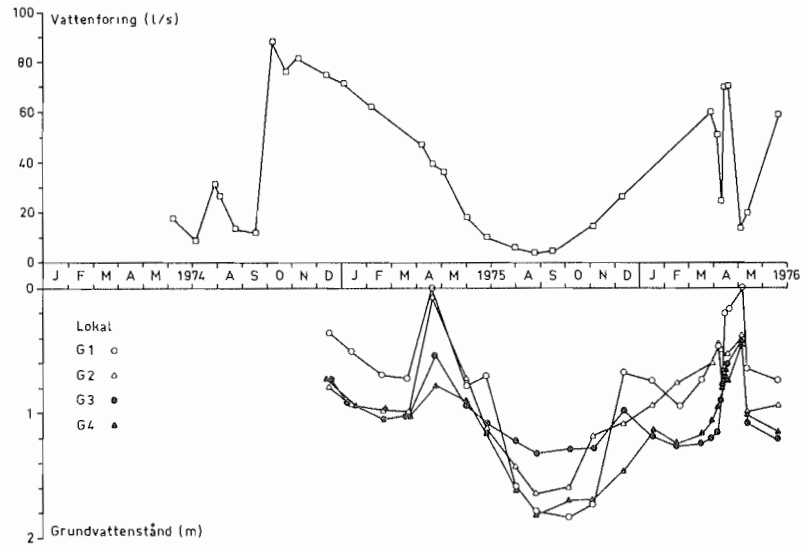


Fig. 5. Vattenföring i bäcken och grundvattenstånd på fältet. *Water discharge of the brook and ground water level in the field.*

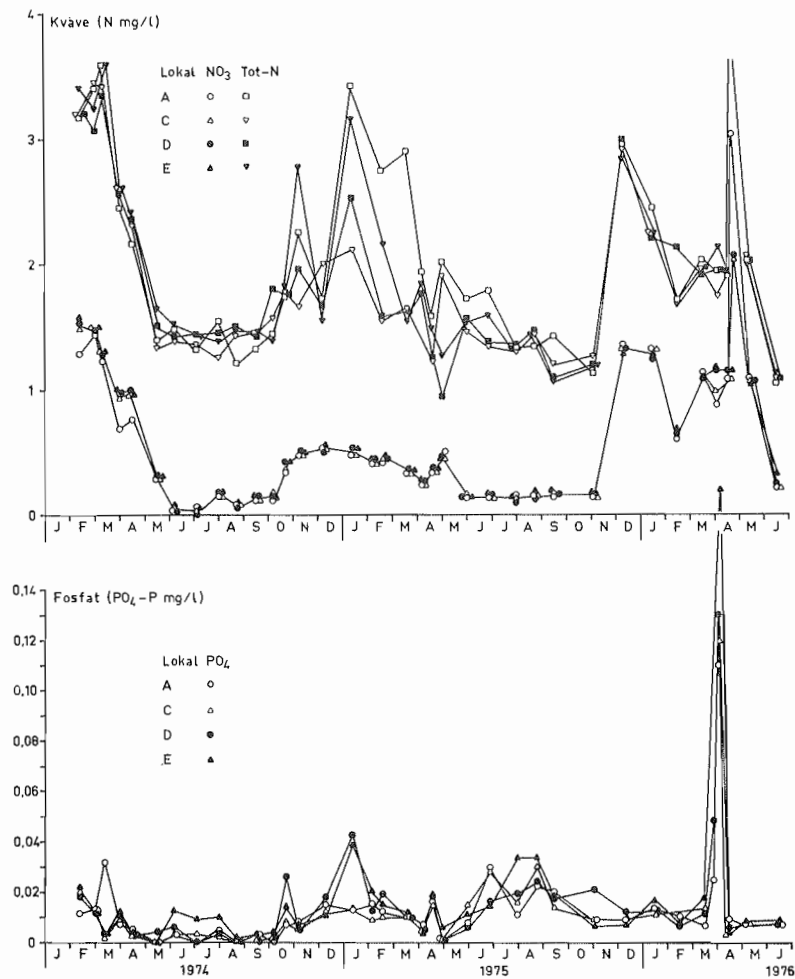


Fig. 6. Kväve och fosfor i bäckvattnet. *Nitrogen and phosphorus in the brook water.*

Fosfathalten i bäckvattnet varierade starkt (fig. 6). En mycket kraftig topp noterades i april 1976. Något direkt samband med flytgödseln tycks inte denna topp ha eftersom också skogsvattnet vid A hade höga värden. Inte heller övriga värden pekar på något större inflytande från flytgödseln.

I anslutning till gödslingarna i oktober 1975 togs täta prov vid D (fig. 7). Någon genomslagskraft hade inte gödslingen, också om nitrathalten ökade efter den andra omgången. Den ökningen berodde säkert mest på skogsvattnet. De uppträdande svängningarna med omväxlande korta och långa perioder är svårtolkade. För nitrats del är de förhållandevis små men för fosfatets betydelsefulla. Värdet av enstaka analyser är där begränsat med den glesa provtagningsfrekvensen.

Kvävehalterna i grundvattnet varierade mellan vida gränser och avtog i allmänhet med djupet (fig. 8). Detta berodde mest på nitrathalten, som bestäms av tillförseln från markytan. Ammonium och organiskt kväve förhöll sig tämligen konstanta.

Röret G2-2,0 faller ur bilden. Här måste orsaken sökas bakåt i tiden. Möjligen kan det ha att göra med att där tidigare varit betesmark som plöjts upp.

Fosfathalterna i grundvattnet var genomgående lägre under det andra än under det första året (fig. 8). Dessutom var halterna ofta mycket högre än vad man vanligen finner i grundvatten, som i detta avseende mest liknar ett starkt förorenat ytvatten. Orsaken kan vara att konserveringsmedlet ( $H_2SO_4$ ) drivit ut fosfatjonerna ur lerpartiklar som grumlat provet. Detta innebär att fosfatanalys på grundvattnet inte är särskilt meningsfull annat än i helt klara prov.

Mot vad som är vanligt förblev också grundvattnet opåverkat av gödslingen. Förklaringen torde ligga i att vattnet snabbt leddes bort i sandskiktet på 1 m djup.

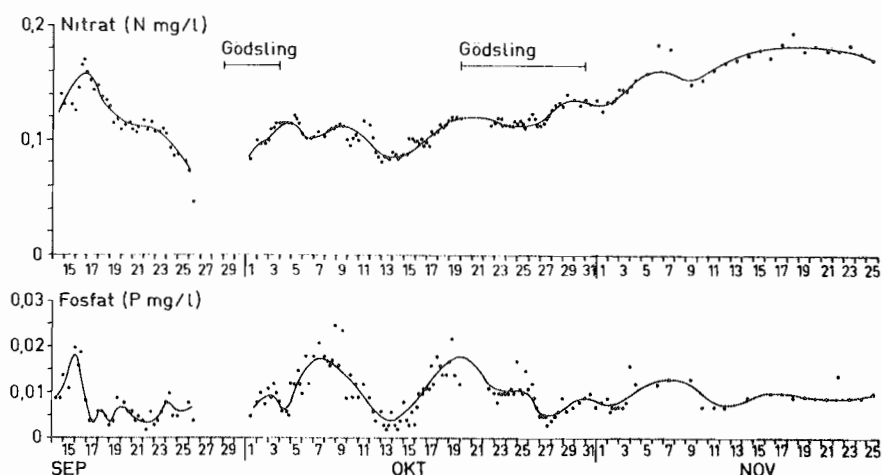


Fig. 7. Kväve och fosfor i bäckvattnet september-november 1975. *Nitrogen and phosphorus in the brook water before and after manuring of the field. The increase of nitrogen was due to transport from the forest and not to transport from the field.*

### Konduktivitet och pH

Varken konduktiviteten eller pH i bäcken eller i grundvattnet påverkades av flytgödseln. Fluktuationerna var emellertid stora. Av naturliga skäl hade bäckvattnet från skogens berg och morän lägre värden än grundvattnet i åkern lera.

	Konduktivitet ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH
Bäckvatten	90-240	6,1-7,9
Grundvatten	240-880	7,2-8,4

### Permanganattal

Permanganattalet, som används som ett mått på den organiska substansen, minskade något i bäckens strömriktning. (Värden i  $\text{KMnO}_4$  mg/l.)

Provplats ...	A	C	D	E	Prov
1974/75	140	130	117	117	10
1975/76	98	96	94	93	11

De allmänt höga värdena beror på att vattnet är ett starkt humushaltigt skogsvatten. Vad skillnaden mellan åren beror på är ovisst. Troligen kan nederbörden som var ca 200 mm lägre det andra än det första året ha spelat en roll för utlakningen av humusämnen.

Klart är sålunda att flytgödseln inte gav något utslag i bäckenvattnets innehåll av organisk substans.

Inte heller grundvattnet påverkades av gödslingen (fig. 9). Också i detta fall avvek rör G2-2,0 från de övriga på samma sätt som kväve och fosfor. Det fanns tydligen en stor portion organisk materia där med ovisst ursprung. I övrigt rådde ingen klar samstämmighet med kväve och fosfor.

### Koliforma bakterier

Vid tre tillfällen har utförts analys på termostabila koliforma bakterier, dels före och dels efter flytgödslingen (tabell 2).

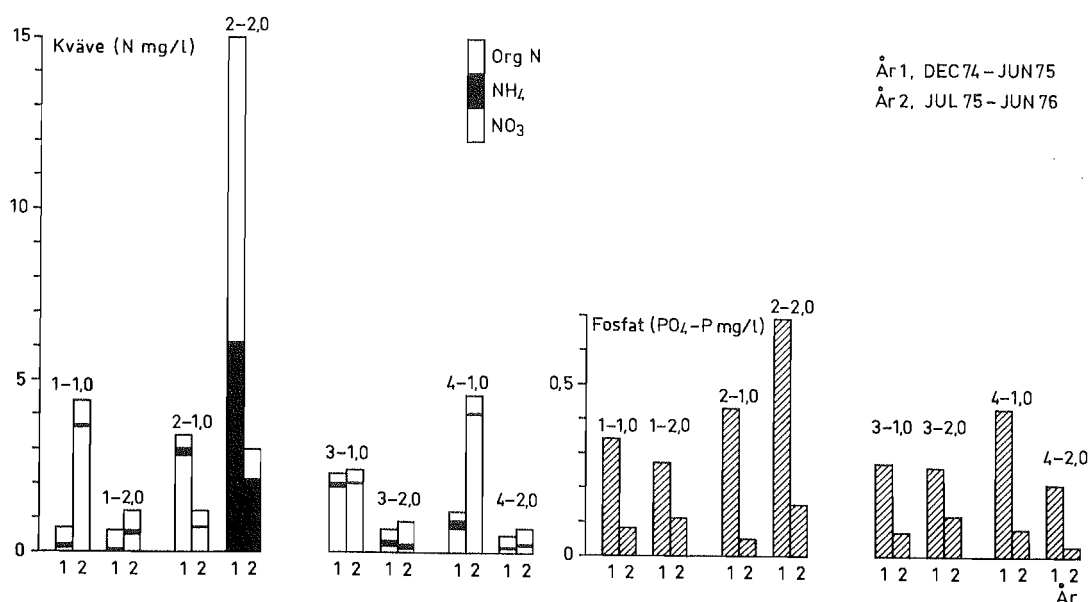


Fig. 8. Medelvärden av kväve och fosfor i grundvattnet. Mean values of nitrogen and phosphorus in the ground water.

Tabell 2. Termostabila koliforma bakterier (44°C) i bäckvatten och grundvatten. (Antal per 100 ml.) *Coliform bacteria in the brook water and the ground water in numbers per 100 ml.*

Bäckvatten				Grundvatten		
Lokal	SEP-75	DEC-75	MAJ-76	Rör	SEP-75	MAJ-76
1	7	33	5	G1-1,0	-	<2
				G1-2,0	-	<2
2	790	23	14	G2-1,0	<2	<2
				G2-2,0	<2	<2
3	172	31	13	G3-1,0	-	<2
				G3-2,0	-	<2
4	1300	79	11	G4-1,0	-	2
				G4-2,0	7	2

Flyt gödseln lämnade inga spår efter sig i bäckvattnet. I grundvattnet kan man inte heller utläsa något inflytande vad det gäller termostabila koliformer. Däremot kan ett visst inflytande skönjas ifråga om totalhalten koliformer (35°C, antal per 100 ml).

Rör, före	Antal	Rör, efter	Antal
G1-1,0	8	G3-1,0	17
G1-2,0	2	G3-2,0	13
G2-1,0	(33)	G4-1,0	11
G2-2,0	18	G4-2,0	13

#### Påväxt och makrofyter

Påväxten uttryckt som klorofyll a var inbördes rätt lika vid provplatserna A, B, C och D men avvek markant vid E (fig. 10). Orsaken till de låga värdena där var att insamlingen inte fungerade tillfredsställande vid lågvatten.

Skillnaderna i klorofyllvärden var under de enskilda åren inte särskilt stora längs den del B-D av bäcken som rinner genom åkermark. Det samma gäller ju kväve och fosfor. Den summerande biologiska metoden

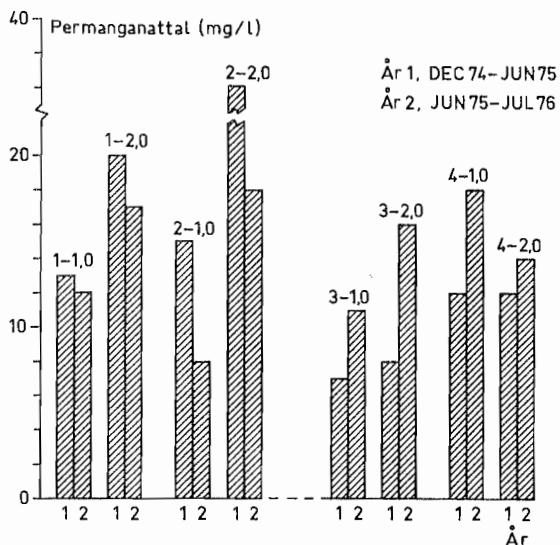


Fig. 9. Permanganatantal i grundvattnet. *Permanganate value of the ground water.*

bekräftar sålunda vad som kom fram genom diskreta värden från den kemiska.

Ser man till de två åren finner man högre klorofyllvärden det andra än det första året vid de fyra lokalerna B, C, D och E där vattnet kunnat påverkas av åkern. Det är mycket troligt att fosfor fällt utslaget (cf. fig. 6).

Klorofyllvärdena vid A faller ur bilden. En möjlig förklaring är det faktum att lokalen blev mer beskuggad det andra året på grund av kraftigt tillväxande buskvegetation.

Makrofyterna (i huvudsak *Sparganium simplex*) uppvisade inga markerade olikheter vare sig i rum eller tid i fråga om kvantitet. Däremot fanns där en klar skillnad vad det gäller kvalitet. Här återspeglas klart bäckvattnets förhöjda fosforhalt från det ena till det andra året (fig. 10 och fig. 6).

### Bottenfauna

Bottenfaunan är starkt beroende av underlaget och vattenhastigheten men också av vattenkvaliteten. Förorening från organisk gödsel kan därför väntas inverka på faunans sammansättning. Detta var också fallet i en förstudie där insektslarver var på väg att försvinna. Framförallt gäller det gruppen Plecoptera men också några släkten av Ephemeroptera.

I vår bäck inträffade ingenting sådant vilket visar att inga dolda eller kemiskt oregistrerade kraftiga föroreningar hade skett. De registrerade olikheterna och förändringarna (fig. 11) hade andra orsaker.

Delsträckorna A-B och C-D (hård botten och hastigt rinnande vatten) dominerades av flera grupper insektslarver under det att delsträckorna B-C och C-D (mjuk botten och långsamt rinnande vatten) mängdmässigt totalt dominerades av oligochaeter. Isopoda (*Asellus aquaticus*) var i ett fall i flertal men eljest hade de en underordnad plats.

Ståndortsfaktorerna såsom ljus, bottenunderlag och vattenhastighet för de olika grupperna överensstämmer någorlunda med vad som är känt (Hart & Fuller 1974, pp. 313-369; Hynes 1970, pp. 206-217; McNaughton & Wolf 1973, pp. 420-421). Bland insekterna föredrar ju plecopterer

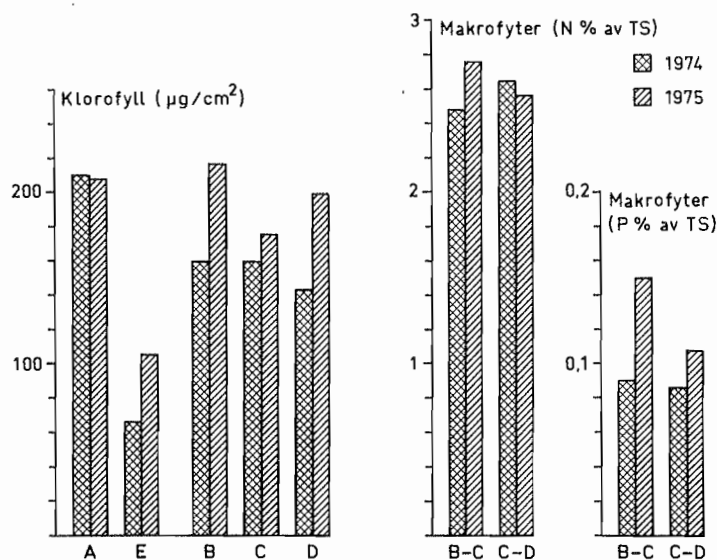


Fig. 10. Påväxt (klorofyll) och makrofyter i bäcken. *Attached algae (chlorophyll) and macrophytes in the brook.*

och simullidaer sten och grus gärna i hastigt strömmande vatten medan ephemeropterer och trichopterer trivs i all slags vatten. Chironomidaerna förekommer också allmänt men kan tydligen massföröka sig i en miljö men samtidigt icke i en annan miljö alldeles i grannskapet. Oligochaeterna och isopoderna (*Asellus aquaticus*) föredrar lokaler med riklig mängd detritus och amphipoderna (*Gammarus pulex*) en bädd av mossor eller andra vattenväxter.

Det är svårt att ur materialet värdera skillnaden mellan de två provtagningsåren 1974 och 1975. Emellertid tycks den milda och vattenrika vintern 1974-75 ha haft en gynnsam effekt i de hastigt rinnande delarna av bäcken och i regel omvänt i de långsamt rinnande.

## DISKUSSION

De inledningsvis befarade olägenheterna för växt- och djurlivet i en bäck genom gödsling på intilliggande åkermark har inte inträffat i denna undersökning. Anledningen är att det tillrinnande vattnet från ovanför liggande skog varit bestämmande för bäckvattnets kvalitet och därmed för växt- och djurlivet i det aktuella bäckavsnittet. En riklig åker gödsling hade inte kraft att slå igenom.

En förhöjd fosforhalt i bäckvattnet hade en tydligt tillväxtstimulerande effekt på påväxtalger och makrofyter. Det kan inte uteslutas att ett samband med gödselspridningen föreligger.

Anmärkningsvärt nog påverkades inte grundvattnet alls eller blott i liten grad genom gödslingen vilket brukar vara fallet. Detta hör troligen ihop med att åkern inte var täckdikad och att där fanns ett avledande sandlager på en meters djup på de gödslade ytorna.

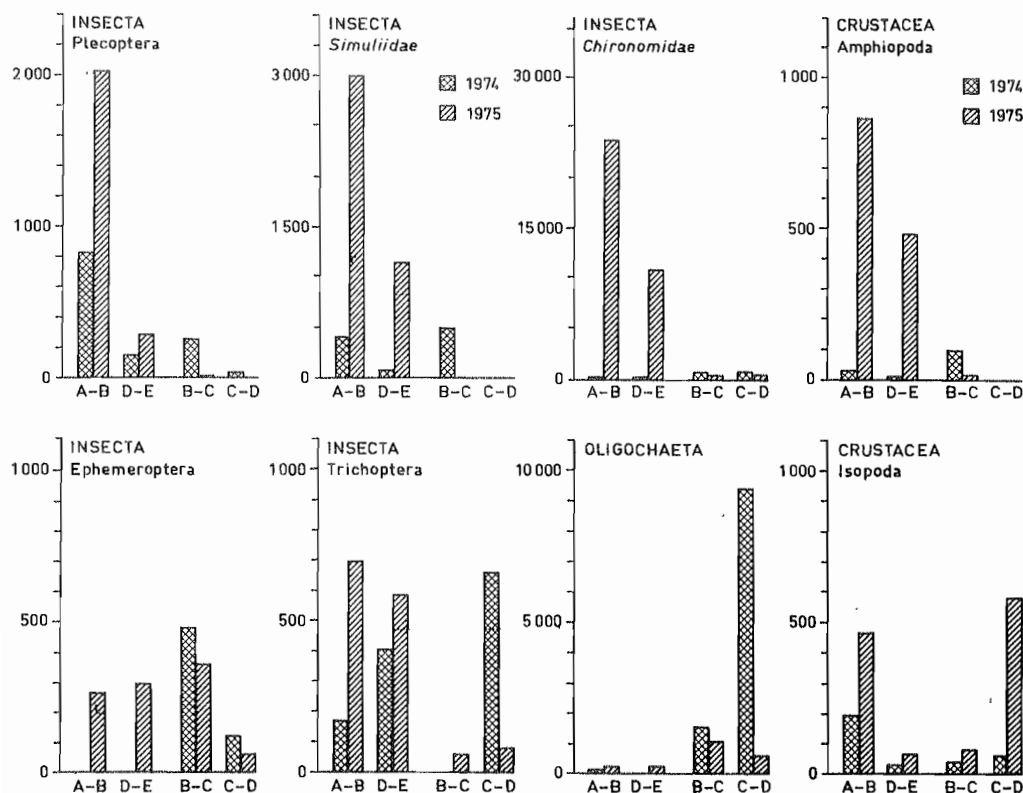


Fig. 11. Bottenfauna i bäcken. *Bottom fauna in the brook.*

## LITTERATUR

- Ahlgren, I. & Ahlgren, G. 1974. Vattenkemiska analysmetoder. Stencil. Limnol. inst., Uppsala.
- Bjerketorp, A. 1973. Personlig kontakt.
- Boström, U. 1974. Undersökning av makrofyterna i Järsöströmmen. Limnol. inst., Uppsala.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Hart, C. W. & Fuller, S. L. H. 1944. *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. Academic press, New York.
- Hynes, H. B. N. 1970. *The ecology of running waters*. Liverpool university press, Liverpool.
- Lingsten, L. 1974. Nutrients in the outlet stream of Lake Erken in 1972. *Scripta Limnologica Upsaliensia* 384.
- McNaughton, S. J. & Wolf, L. L. 1973. *General ecology*. Holl, Rinehart and Winston, New York.
- Olsson, G. 1974. Effekter av gödselutsläpp på bottenfaunan i sjön Erkens utloppsbäck sommaren 1973. Limnol. inst., Uppsala.
- Tolstoy, A. 1966. Kvantitativ bestämning av klorofyll *a* i Mälaren. *Medd. Mälarsundersökningen* 4. Limnol. inst., Uppsala.



# KVÄVEUTLAKNING FRÅN ODLINGSMARK

## *Nitrogen Leaching from Arable Land*

Nils Brink

*Abstract.* Investigations of leakage of nutrients from arable land have been in progress since 1972 at the Division of Water Management of the Swedish University of Agricultural Sciences. This article surveys the results.

The aim was to clarify the causes of the leakage, to arrange the major factors in order of importance, and to provide a basis for recommendations of measures to avoid water pollution.

The considerations are based on the results from fifteen fields on conventional farms scattered throughout Sweden, and from two plot experiments with controlled fertilizing.

The wholly predominant form of nitrogen in both surface and drainage water and in the ground water is nitrate. Ammonium and nitrite are found in negligible quantities. Nevertheless almost all surface and drainage water and approximately half the sources of ground water were in some way hygienically noteworthy.

The order of importance of the factors can now be given, namely:

*Precipitation > Fertilizing-intensity > Soil type > Hydrodynamic pressure > Cultivation system ~ Crop > Type of manure or fertilizer.*

Measures against nitrate leaching should be concentrated on the most significant factors.

The precipitation is not easy to cancel out. The influence of precipitation can perhaps be curtailed by irrigation and modification of the cultivation system or the crops. These methods are not for universal application since the risks of irrigation are obvious, and transition to a balanced cultivation with wide use of pasture is only feasible in the long term. The effects of such a modification are not entirely clear either.

The intensity of fertilizing is the easiest factor to manipulate. The problem is to make a more efficient use of the available nitrogen, and adapt the dosage of fertilizer to the amount remaining in the ground in spring. Our attempt to produce good systems for fertilizing prognoses is one step toward the solution of this problem. The best, and fastest, way to reduce the leakage to the ground water - which is of vital importance in sandy areas - is to cut down the dosage of fertilizer.

Little can be done about the soil. The potential for nitrogen economy must be increased, and the chances of achieving this end are small with the methods now known.

The hydrodynamic pressure can be controlled by drainage, but the large-scale geological, meteorological, and hydrological conditions are not subject to interference.

The cultivation system, like the crop, can be manipulated. Better management of nitrogen may thereby be possible in the long run but not in the short term.

The type of fertilizer is not particularly relevant in this context. Slow-working fertilizers here enter the scene however.

The time of fertilizing would seem to be rather important but cannot now be ranked. The same is true of the irrigation.

## INLEDNING

Avdelningens huvuduppgift är frågan om läckage av växtnäring från åker. Målet är att klarlägga orsakerna till läckaget, att rangordna de mest betydelsefulla faktorerna och att ge underlag för rekommendationer till undvikande av vattenförorening.

Benämningen *agrohydrologiskt* år används för tiden 1 juli - 30 juni och betecknas t.ex. 74/75.

För att nå målet bedrivs två slags försök nämligen skiftesförsök och rutförsök.

## SKIFTESFÖRSÖK

Skiftesförsöken är till för registrering av utlakningen i ordinärt jordbruk. Försöksvärden bestämmer därför över gödsling, pesticider och gröda.

Skiftena är vanligtvis täckdikade, varierar mellan 4,5 och 36 ha och är försedda med mätstation för dränerings- och/eller ytvatten. Grundvattenrör finns för kontroll av grundvattnet. Analys på viktiga komponenter i gödsel och vatten. Platserna framgår av fig. 1. Tre av försöken startades 1977.

Naturvårdsverket har stor del häri.

## RUTFÖRSÖK

Rutförsöken är till för att klara ut betydelsen av olika faktorer för utlakningen av växtnäring. Hittills har frågan gällt gödselslag, gödselgiva, gödslingstidpunkt och bevattning.

Försöken anläggs på ett enhetligt fält, som uppdelas i rutor om 0,25-0,5 ha. Rutorna specialdikas med separata dräneringssystem. Avrinningen uppmäts. Gödsel, gröda och bevattning enligt vår plan. Analys på viktiga komponenter i gödsel, gröda och vatten. Platser: Lanna i Västergötland, Plönninge i Halland, Wiad och Ekenäs i Södermanland. Bevattningsförsök skall anläggas.

## HYDROLOGI

Strömmingsförhållandena i jorden är betydelsefulla för vattenkvaliteten. Uppgiften härom underlättar tolkningen av analysdata.

Tre typfall kan uppstå:

*Nedtryck* (fig. 2 a). Vattenströmmen är nedåtriktad, men inte nödvändigtvis lodrätt. En del av det perkolerande vattnet länkas av genom täckdikena och en del når djupare zoner. Täckdikningen skyddar delvis grundvattnet för påverkan från ytan. I odikad mark går hela strömmen mot djupet.

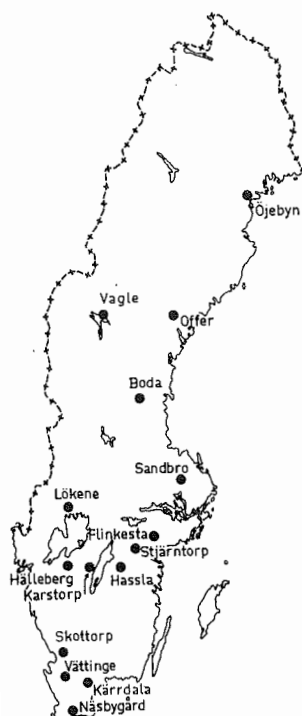


Fig. 1. Karta med försöksfält. *Map of the experiment fields.*

*Ned-upptryck* (fig. 2 b). Vatten strömmar dels nedåt från ytan och dels uppåt från djupet. Strömmarna möts och länkas av i horisontell riktning. Grundvattnet men icke dräneringsvattnet skyddas för påverkan från markytan.

*Upptryck* (fig. 2 c). Vattenströmmen är uppåtriktad i hela profilen. Täckdikena tar hand om en del av vattnet. En del strömmar vidare mot markytan och böjer förr eller senare av. Kalkkällor uppstår gärna, helst i odikad mark. Både grundvatten och dräneringsvatten skyddas från påverkan från markytan.

## RESULTAT

### Allmänt

Faktorer som kan påverka läckaget av kväve från åker är kväveform, hydrodynamiskt tryck, nederbörd, bevattning, gödselslag, gödslings-tidpunkt, gödslingsintensitet, jordart, odlingssystem och gröda. Faktorerna är här ovan nämnda utan rangordning.

### Kväveform

Den helt dominerande kväveformen i både yt- och dräneringsvatten och i grundvatten är nitrat (värden i N mg/l).

	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	OrgN	TotN	Prov
Yt- och dräneringsvatten	0,22	0,018	13,6	1,3	15,1	169
Grundvatten	0,22	0,010	6,2	0,7	7,1	1088
Hygieniskt anmärkningsvärt	0,44	0,007	6,7	-	-	-

Ammonium och nitrit förekommer vid sidan härav i försumbara halter. Likväl var nästan alla yt- och dräneringsvatten ur någon synpunkt hygieniskt anmärkningsvärda och ungefär hälften av grundvattnen.

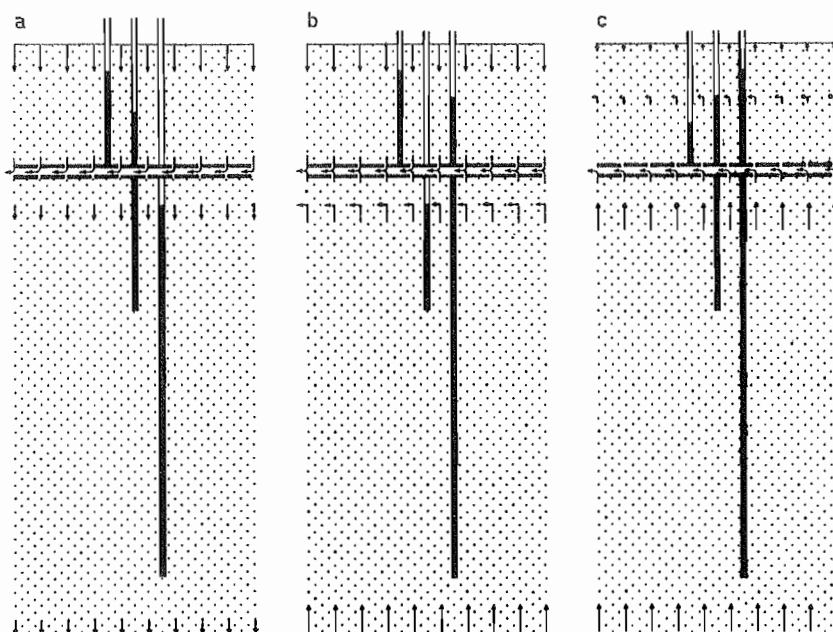


Fig. 2. Tre typfall av vattenströmning täckdikad åker. (a) Nedtryck. (b) Ned-upptryck. (c) Upptryck. *Three types of water flow. (a) Downward pressure. (b) Downward-Upward pressure. (c) Upward pressure.*

### Hydrodynamiskt tryck

På jordar med nedtryck härstammar vattnet från nederbörd som fallit på fältet. Nitratet kommer då också närmast därifrån.

På jordar med upptryck tillkommer vatten från annat håll och därmed kan också nitratet ha annat ursprung än från fältet. Halterna i det långväga vattnet har i våra försök emellertid visat sig vara låga varför dess inverkan är marginell. Det uppåtströmmande vattnet kan stundom tvätta ut nitrat om nämligen strömmarna når upp i nitratrik mark. Ett sådant tillstånd demonstreras med den övre linjen i fig. 3 c som svarar mot tryckförhållandena i fig. 2 b. Omvänt kan läckaget bli mycket litet om upptrycket är så stort att bara det djupa grundvattnet når dräneringsledningarna (fig. 2 b och undre linjen i fig. 3 c).

Det hydrodynamiska tryckets inflytande på det djupa grundvattnets nitrathalt kan utläsas av fig. 4. Det är som väntat alldeles klart att grundvattnet löper störst risk på lätta jordar och att mäktiga lerlager utgör ett gott skydd.

I rangordningen kommer jordarter före grundvattentrycket.

### Nederbörd

Nederbörden är den utan gensägelse viktigaste faktorn för utlakningen av nitrat (fig. 3). Skillnaden mellan lätta och styva jordar med nedtryck är skenbar, ty på de förra rinner betydligt mer nitrat förbi täckdikena till grundvattnet än på de senare (fig. 3 a och b). Härav kan man dra slutsatsen att nederbörden rår över jordarten.

Nederbörden som ju själv innehåller nitrat rår också över gödslingsintensiteten. Detta framgår klart av fig. 5 b. Den låga nederbörden 75/76 medförde inget läckage av nitrat trots att betydande överdosering förekom detta år och året innan.

### Bevattning

Bevattningen hör odelat ihop med nederbörden. Eftersom den sker på sommaren kan man räkna med att grödan ökar sin upptagning av kväve.

Övermått av vatten ger ökat läckage av nitrat (fig. 6). Bevattnings-

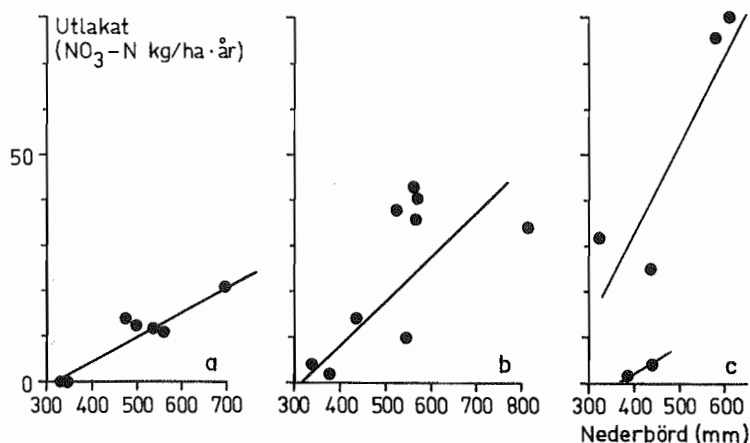


Fig. 3. Samband mellan årsnederbörd och utlakad mängd nitrat. (a) Moiga jordar. (b) Lerjorjor. (c) Sand- och mojordar med upptryck. *Connection between precipitation in mm and leaching of nitrate in kg/ha·yr. (a) Fine sand soils. (b) Clay soils. (c) Sandy soils with upflow.*

givorna i juni och juli 1974 gav utslag i utlakningen i augusti och givorna i juli, augusti och september 1975 gav ett kraftigt utslag i september samma år. Några liknande effekter ser man inte de båda inramande åren då fältet inte bevattnades alls eller bara litet.

Rangordningen är oklar. Vid höga givor bör bevattningen dock stå högt på listan.

### Gödelslag

Mellan fastgödsel och flytgödsel finns ingen skillnad ifråga om utlakning av nitrat (fig. 5). En jämförelse mellan stallgödsel och handelsgödsel haltar emedan jordart och gödslingstidpunkt skiljer. Någon väsentlig skillnad borde emellertid inte föreligga. Gödelslaget kommer långt ned i rangordningen.

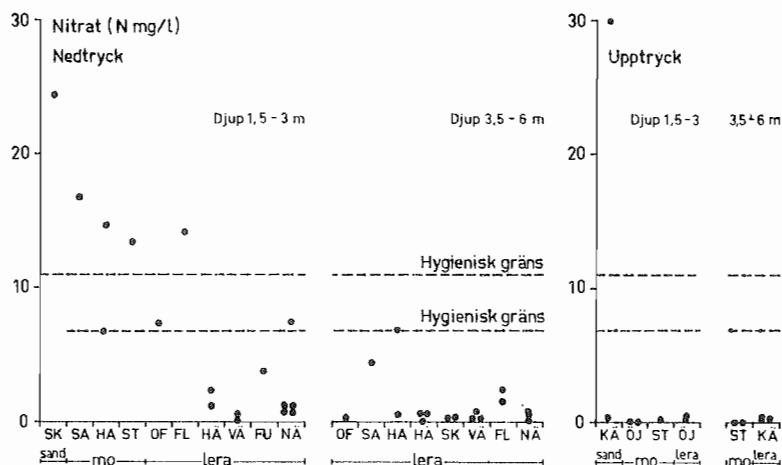


Fig. 4. Det hydrodynamiska tryckets och jordartens betydelse för grundvattnets nitratthalt. *The importance of the hydrodynamic pressure on the content of nitrate of the ground water in sand, fine sand and clay. Left, downward pressure; whright, upward preassure.*

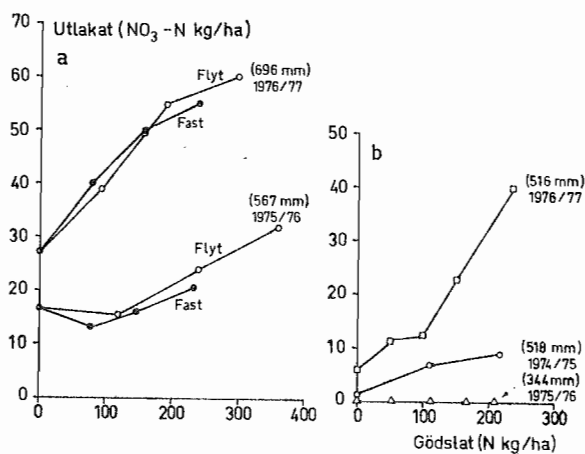


Fig. 5. Nitratutlakningens beroende av kvävegivan. Årsnederbörd inom parentes. (a) Stallgödselförsök i Plönninge; höstgödsling på sandjord. (b) Handelsgödselförsök i Lanna; vårgödsling på lerjord. *Nitrate leaching as a function of nitrogen fertilizing. The precipitation in mm (July-June).*

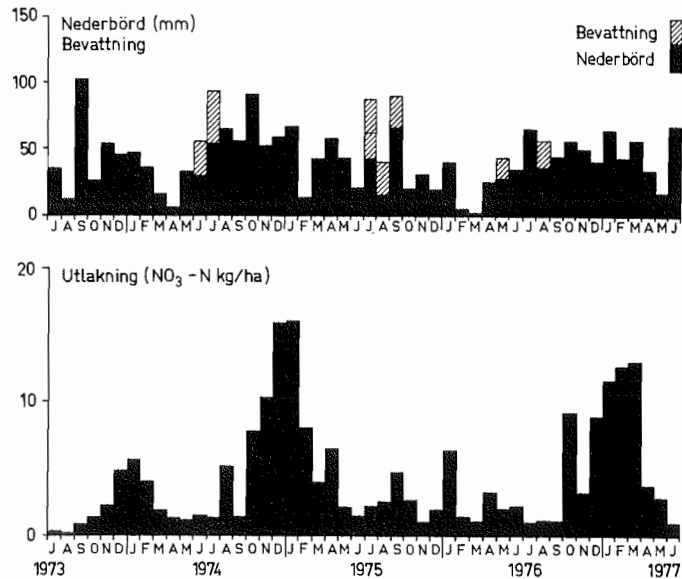


Fig. 6. Bevatning på sandjord kan ge ökad utlakning av nitrat. *Irrigation on a sandy soil can increase the nitrogen leaching.* Nederbörd, precipitation; Bevatning, irrigation.

#### Gödslingstidpunkt

Ett försök har startats för att utröna skillnaden med gödsling på våren och hösten vad det gäller flytgödsel. Inga resultat föreligger ännu.

#### Gödslingsintensitet

Gödslingsintensiteten slår igenom kraftigt på nitratutlakningen på både sandjord och lerjord (fig. 5). Ytterligare belägg för betydelsen av gödselgivan ses i fig. 7. Efter flera år med kraftig gödsling mins-

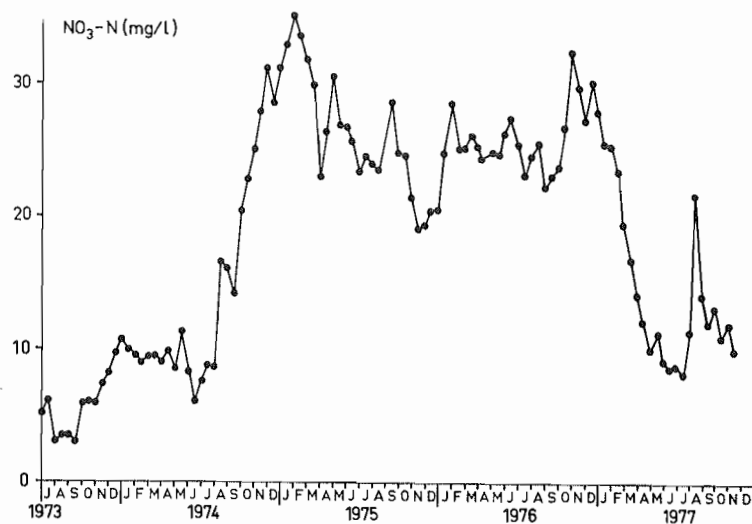


Fig. 7. Nitrat i dräneringsvatten. Sandjord på lerbotten. *Nitrate of drainage water in a sandy soil on clay.*

kades givan radikalt 1976 allt enligt följande schema. Följden blev att nitrathalten i dräneringsvattnet också minskade radikalt.

År	Gröda	Handelsgödsel (N kg/ha)	Stallgödsel (t/ha)	
			Fast	Flyt
1973	vall	171	0	0
1974	potatis	31	40	30
	sockerb.	160	0	60
1975	sockerb.	140	0	60
	potatis	32	25	40
1976	korn	31	0	0

Slutsatsen är att gödslingsintensiteten skall rangordnas före jordarten. arten.

### Jordart

Jordarten är sålunda en väsentlig faktor i sammanhanget. Dess betydelse kan ytterligare beläggas med fig. 8.

Sandjordar urlakas mycket lätt. Under sanden finns lera på de aktuella skiftena som i kombination med upptryck hindrar utlakning till grundvattnet. Mojordarna uppvisar de lägsta värdena. Som det tidigare framhållits är detta ett sken, ty grunden är sådan att vattnet lätt läcker förbi dräneringsledningarna. För det första fältet i raden bland mojordar beror de låga värdena på att mycket vatten och rent sådant kommer underifrån. Mojordar på lera intar ett mellanläge också ur utlakningssynpunkt.

Lerjordarna urlakas anmärkningsvärt lätt till dräneringsdjup. Det är väl sannolikt att det mesta transporteras i sprickor och i mark- och rotgångar. Ett av fälten (FL) är inte detaljdikat och speglar därför mest yttransport. Driften har där intensifierats under senare år.

Rena mulljordar är inte med i bilden. Vi saknar erfarenhet i denna sak.

Av det föregående framgår att jordarten ligger mellan gödslingsintensitet och hydrodynamiskt tryck på ranglistan.

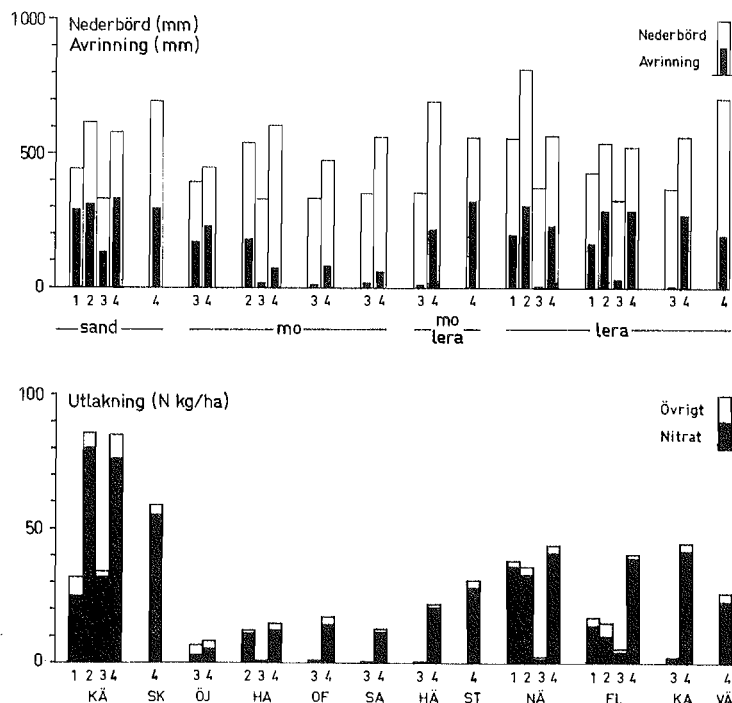


Fig. 8. Nederbörd, avrinning och utlakning vid tolv skiftesförsök. År 1, 73/74; år 2, 74/75; år 3, 75/76; år 4, 76/77. *Precipitation, run-off and nitrogen leaching from twelve experiment fields.* Nederbörd, precipitation; Avrinning, run-off; sand, sand; mo, fine sand; lera, clay.

## Odlingssystem

Odlingssystemets karaktär tycks inte ha särskilt stort inflytande på nitratutlakningen, i vart fall inte kortsiktigt (tabell 1). Näsbygård är kreaturslös med växtodlingen inriktad på spannmål och sockerbeter. Karstorp har nötboskap och stort inslag av vall.

Tabell 1. Jämförelse mellan två olika odlingssystem. *Nitrate leaching from two kinds of cultivation systems*. Handels, *fertilizer*; fast, *manure*; höstvetete, *winter wheat*; korn, *barley*; sockerbeter, *sugar-beets*; vårvete, *spring wheat*; vall, *ley*; höstrybs, *winter turnip rape*; havre, *oats*.

År	Gröda	Gödselgiva (N kg/ha)		Nederb. (mm)	Avr. (mm)	Utlakat (NO <sub>3</sub> -N kg/ha)
		Handels	Fast			
Näsbygård (moränlera, 36 ha i ett skifte)						
1975	sockerb.	162	0	376	16	2
1976	vårvete	112	0	569	235	41
Karstorp (sedimentär lera, 19 ha i flera skiften)						
1975	vall A	52	0	367	8	2
	vall B	78	0			
	korn	78	0			
	höstvetete	109	50			
1976	vall A	69	0	564	276	43
	vall B	109	0			
	vall C	109	0			
	vall D	109	0			
	höstrybs	104	0			
	havre	91	0			

## Gröda

Grödan har i våra försök inte spelat någon klar roll för nitratutlakningen. Anledningen är att gödselgivan anpassats efter grödans behov i skiftesförsöken. Några jämförande rutförsök ingår inte. Jämförelser mellan Näsbygård och Karstorp tyder emellertid inte på att utslaget skulle vara överväldigande (tabell 1).

## Rangordning

Rangordningen mellan de faktorer, som enligt det föregående nu kan placeras, blir:

Nederbörd > Gödslingsintensitet > Jordart > Hydrodynamiskt tryck > Odlingssystem ~ Gröda > Gödselslag.

## MOTÅTGÄRDER

Åtgärder mot nitratutlakning bör inriktas på de mest betydelsefulla faktorerna.

Nederbörden är inte lätt att sätta ur spel. Med bevattning och ändring av odlingssystem och gröda kan nederbördens inflytande möjligen dämpas. Några generella medel är det förvisso inte eftersom riskerna med bevattning är uppenbara och övergång till en balanserad odling med stort inslag av vall är tänkbar endast på lång sikt. Effekterna därav är inte heller så alldeles solklara.

Gödslingsintensiteten är den faktor som ligger närmast till hands att manipulera. Det gäller härvid att bättre än nu utnyttja det till-



gängliga kvävet och avpassa gödselgivorna efter vad som finns i marken på våren. Ett led i denna strävan är vårt arbete med att ta fram bra system för gödslingsprognoser. Gäller det att snabbast möjligt minska läckaget till grundvattnet, vilket är högaktuellt inom sandjordsområden, är en nedskärning av gödselgivorna den rakaste vägen.

Jordarten är inte mycket att göra åt. Det gäller ju att förbättra dess kvävehushållningsförmåga och där är utsikterna små med nu kända medel.

Det hydrodynamiska trycket kan påverkas genom dikningsåtgärder men de storskaliga geologiska, meteorologiska och hydrologiska förutsättningarerna rubbar man inte.

Odlingssystemet liksom grödan kan manipuleras. Långsiktigt kan bättre kvävehushållning vara möjlig men icke kortsiktigt.

Gödselslaget är inte särskilt aktuellt i sammanhanget. Långsamverkande gödselmedel kommer emellertid här in i bilden.

Gödslingstidpunkten torde vara rätt betydelsefull men kan inte nu rangordnas. Detsamma gäller bevattningen.

#### LITTERATUR

Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. Ekohydrologi nr 1. Sveriges lantbruksuniversitet.



SKRIFTER I SERIEN VATTENVÅRD

Nr	År	Författare och titel
1	1970	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Kväve och fosfor från skog, åker och bebyggelse.</i>
2	1970	Nils Brink och Jan Nilsson. <i>Salmonella i rötslam.</i>
3	1970	Nils Brink och Jan Nilsson. <i>Perkolationsförsök med rötslam.</i>
4	1970	Nils Brink och Lennart Silverstolpe. <i>Perkolationsförsök med salmonellabakterier och ägg av spolmask.</i>
5	1970	Nils Brink. <i>Transportvägar för värtning och toxiska substanser i ekosystemet jord-gröda-djur.</i>
6	1971	Nils Brink. <i>Vattenförorening genom ensilagesaft.</i>
7	1971	Nils Brink. <i>Utlakning vid gödning med rötslam.</i>
8	1971	Nils Brink, Arne Gustafson och Ulla Wiklund. <i>Rapport från en soptipp.</i>
9	1971	Nils Brink. <i>De kommunala avfallen och jordbruket.</i>
10	1972	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Hågaåns vatten.</i>
11	1972	Nils Brink. <i>Vattenförorening vid gödning med rötslam.</i>
12	1972	Nils Brink. <i>Salmonella och Shigella i rötslam.</i>
13	1972	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Läckage från upplag av rötslam.</i>
14	1973	Anders Nilsson. <i>Nitrat och nitrit i dricksvatten.</i>
15	1974	Nils Brink. <i>Influence of the increased use of fertilizers on the pollution of water bodies.</i>
16	1975	Nils Brink, Arne Gustafson, Arne Joelsson och Lars Lingsten. <i>Vattenföroreningar från jordbruk.</i>
17	1975	Nils Brink, Sven-Åke Heinemo och Anders Nilsson. <i>Perkolationsförsök med barkkompost och sopkompost.</i>
18	1976	Nils Brink. <i>Knivstaån - ett underhållsproblem.</i>
19	1977	Arne Joelsson. <i>Metoder för bestämning av nitrattransporten från åkermark.</i>

I denna serie som efterträder den åren 1970-1977 utgivna serien Vattenvård, publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för vattenvård vid institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien Vattenvård redovisas på pärmens insida. Tidigare nummer i serien Ekohydrologi redovisas nedan och alla kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen för vattenvård (adress se nedan)

In this series, a successor to Vattenvård published in 1970-1977, you will find research reports from the Division of Water Management at the Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences. Turn to the inside of the cover for a list of the Vattenvård series. You will find earlier issues of Ekohydrologi listed below. Issues of both series 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>

Pris: 12:-

---

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet  
Avdelningen för vattenvård  
750 07 UPPSALA, Sweden

Tel. 018-10 20 00 ankn. 2460

---