

# SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Arne Gustavsson och Nils Brink  
**FÖRLUSTER AV KVÄVE OCH FOSFOR RUNT RINGSJÖN**

Nils Brink och Kjell Ivarsson  
**FÖRLUSTER OCH VÄXTNÄRING FRÅN LERJORDAR  
I SKÅNE**

Arne Gustavsson, Berit Tomassen och Björn Wiksten  
**VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER FRÅN ÅKER PÅ UPPSALA-  
SLÄTTEN**

Christina Lindgren, Margaretha Wahlberg  
och Arne Gustavsson  
**DRICKSVATTENKVALITET I UPPSALAREGIONEN**

Jenny Kreuger  
**RÖRLIGHET HOS MCPA OCH DIKLORPROP**

Barbro Ulén  
**YTAVRINNINGSFÖRLUSTER AV CYANAZIN**

---

Ekohydrologi 19

Uppsala 1985

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

ISBN 91-576-2317-1  
ISSN 0347-9307

## FÖRORD

Den första uppsatsen i detta nummer av Ekohydrologi är en delrapport från projektet Närsaltförluster från åker runt Ringsjön. Länsstyrelsen i Malmöhus län står för kostnaderna.

Den andra uppsatsen är en delrapport från projektet Odlingsåtgärders inverkan på vattnets kvalitet. Undersökningen bekostas av Statens naturvårdsverk (PMK).

Den tredje och fjärde uppsatsen gäller projektet Regional undersökning av dräneringsvatten och dricksvatten i Uppland. Undersökningen har gjorts i samarbete med Fyrisskolan i Uppsala.

Den femte uppsatsen är slutrapport för projektet Utlakning och avrinning av bekämpningsmedel. Produktkontrollnämnden har stått för kostnaderna.

Den sjätte uppsatsen är slutrapport om projektet Yttransport av bekämpningsmedlet cyanazin. Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne har bekostat undersökningen.

1985-04-01

Nils Brink

## INNEHÅLL

Gustavsson, A.S. & Brink, N. 1985. Förluster av kväve och fosfor runt Ringsjön. Ekohydrologi nr 19, 3-16.	3
Brink, N. & Ivarsson, K. 1985. Förluster av växtnäring från lerjordar i Skåne. Ekohydrologi nr 19, 17-33.	17
Gustavsson, A.S., Tomassen, B. & Wiksten, B. 1985. Växtnäringens förluster från åker på Uppsalaslätten. Ekohydrologi nr 19, 35-45.	35
Lindgren, C., Wahlberg, M. & Gustavsson, A.S. 1985. Dricksvattenkvalitet i Uppsalaregionen. Ekohydrologi nr 19, 47-53.	47
Kreuger, J. 1985. Rörlighet hos MCPA och diklorprop. Ekohydrologi nr 19, 55-64.	55
Ulén, B. 1985. Ytavrinningsförluster av cyanazin. Ekohydrologi nr 19, 65-68.	65

# FÖRLUSTER AV KVÄVE OCH FOSFOR RUNT RINGSJÖN

*Losses of Nitrogen and Phosphorus in the Ringsjö Area*

Arne S. Gustavsson och Nils Brink

**Abstract.** Nitrogen, phosphorus and suspended material were measured from arable land, woodland and in two streams in the area of Lake Östra Ringsjön. The discharge during 1983/84 was lower than the year before but still the nitrogen losses from arable land were greater. They were clearly greater than the average for southern Sweden. The concentrations of nitrogen in the streams were lower than in the drainage water but higher than in the surface water.

The losses of phosphorus from arable land were smaller than in 1982/83 and totally they were lower than the average for southern Sweden. The losses were caused to the same extent by surface water as by drainage water. The erosion and thereby the particle-bound phosphorus was, as found earlier, greatest in the Snogeröd area.

The transport of phosphorus by the streams was three times higher than the transport directly from the fields. Point sources with high concentrations of phosphorus emerging in the streams raised the concentrations in the streams, especially during low discharge periods. Less contaminated sampling stations far upstream had the lowest concentrations. More such sampling stations should be investigated in order to further determine the contribution solely from arable land.

## INLEDNING

Vid tidigare undersökningar har det konstaterats att närsaltförlusterna från omgivningen till Ringsjön var mycket höga (Ryding 1982). Detta gällde främst jordbruksområdena söder och väster om Östra Ringsjön. Speciellt fosforförlusterna var anmärkningsvärt höga. Hösten 1982 påbörjade avdelningen för vattenvård en undersökning runt Ringsjön för att kvantifiera och undersöka orsakerna till förlusterna från åkermark. Föreliggande rapport anger resultat från den fortsatta provtagningen under det agrohydrologiska året 1983/84 (juli-juni). Förutom provtagning på åkerskiften och i skogsmark omfattade undersökningen detta år även ett antal provpunkter i Snogerödsbäcken och Lybybäcken samt avrinningsmätningar i dessa.

Undersökningen sker på uppdrag av länsstyrelsen i Malmöhus län.

## MÅL

Målet är att fastställa den areella fördelningen av fosfor- och kväveförlusterna från åker och skog runt Ringsjön, att klarlägga vilka faktorer som orsakar förlusterna och att föreslå motåtgärder till undvikande av dessa.

## MATERIAL OCH METODER

### Områdesbeskrivning

**Hela Ringsjöområdet.** I de norra och nordöstra delarna av Ringsjöns tillrinningsområde består berggrunden främst av gnejs- och granitberg och marken är till stor del skogbevuxen. I de södra och västra delarna, där urberget täcks av sedimentära bergarter, är området en nästan renodlad

jordbruksbygd. De dominerande jordarterna är moränmo och moränlera. Enstaka inslag av moränsand förekommer.

Hela Ringsjön består av tre delbassänger med fjorton flodområden (fig. 1). De viktigaste jordbruksområdena inom östra Ringsjöns tillrinningsområde finns inom flodområdena 2-6. Dessa har varierande topografi. Områdena 2-3 är ganska kuperade med branta sluttningar mot sjön. Område 4 är mera flackt. Område 5 är som helhet relativt flackt förutom Lybyområdet sydväst om Hörby. Område 6 är tämligen sluttande i öster men planar ut närmare sjöstranden.

Arealfördelning för hela området samt delområdena Snogeröd och Lyby anges i tabell 1. Ringsjöns egen yta är ungefär 4100 ha.

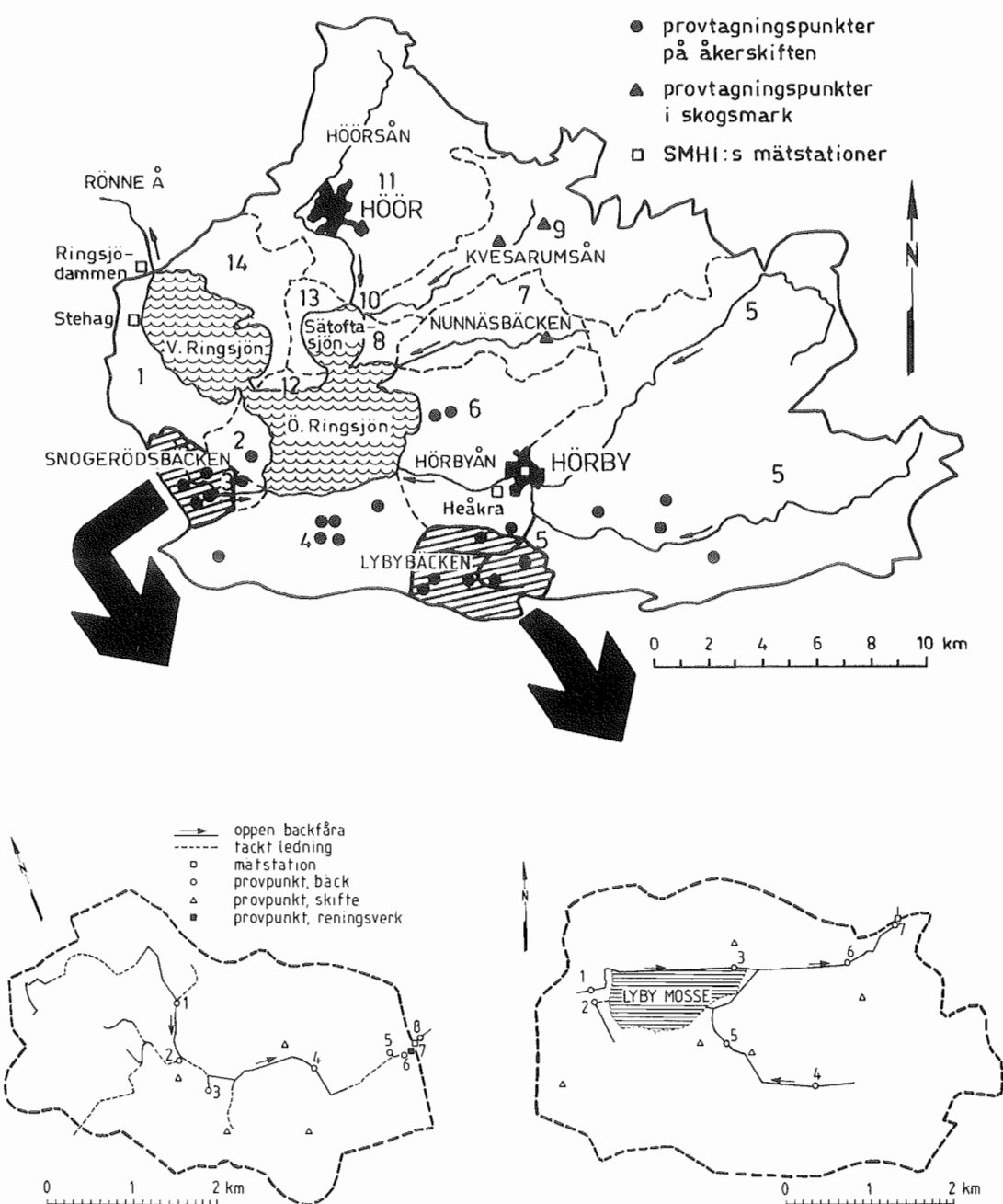


Fig. 1. Ringsjöns, Snogerödsbäckens och Lybybäckens avrinningsområden samt provpunkternas lägen. *The basin of lake Ringsjön, the Snogeröd stream and the Lyby stream and the sampling stations.*

Tabell 1. Arealfördelning inom Ringsjöns avrinningsområde. *Distribution of land area.*

	Areal (%)					Totalt (ha)
	Åker	Skog	Våtmark	Tätort	Övrigt	
Hela Ringsjöomr.	38	39	3	1	19	34 700
Snogeröd	92	7			1	704
Lyby	82		8		10	1 606

**Snogeröd och Lyby.** Vid en sammanställning av en inventering som lantbruksnämnden gjorde av fastigheter inom områdena under 1983 framkom följande:

Av åkermarken är 90% dränerat efter plan och behov inom båda områdena. Inom Snogerödsområdet var andelen öppen växtodling större än i Lybyområdet där vall upptog 30% av arealen mot 10% för Snogeröd. På halva åkerarealen odlades vårsäd i båda regionerna. Djurhållningen vad gäller nöt var lika medan svinproduktionen var klart större inom Snogerödsområdet. Detta återspeglade sig i användningen av stallgödsel. Inom Snogerödsområdet användes mer stallgödsel och då främst flytgödsel. Handelsgödselgivorna var likvärdiga inom båda områdena (Nilsson 1983, 1984).

### Provplatser.

Prov togs på 25 täckdikade åkerskiften samt på tre provplatser i ren skogsmark (fig. 1). Följande krav ställdes på skiftena. Täckdikensplan skulle finnas. Av denna skulle framgå att endast åkervatten avleddes i täckdikena. Avloppsvatten från gödselupplag, stall eller boningshus fick sålunda ej beröra systemet. Prov på dräneringsvatten skulle kunna tas i en brunn eller ett täckdikessöga. På varje åkerskifte skulle även ytvattenprov kunna tas i rinnande vatten på någon del av fältet.

I båda bäckarna togs prov på åtta respektive sju punkter. Deras lägen framgår av fig. 1. Några är mer eller mindre förorenande punktkällor som mynnar i bäckarna.

### Provtagning och analys

Vattenprov togs av personal på länsstyrelsens naturvårdsenhet i Malmöhus län vid de tillfällen som framgår av fig. 2. Provtagning skedde både vid toppflöden och lågflöden. Provtagningsintensiteten var högre i bäckarna än på skiftena där prov togs en gång per månad. Ytvattenprov på åkerskiftena togs huvudsakligen under perioden 12 dec - 15 jan. Efter provtagning sändes proven omedelbart till eget laboratorium i Uppsala för analys.

Analys av totalkväve, nitratkväve, totalfosfor och fosfatfosfor gjordes med metoder som beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978). Analysen av fosfor följde ett särskilt schema. En bestämd provvolym filtrerades genom ett torkat och vägt filter (Sartorius 1107 med 0,2 µm porstorlek). Filtret torkades och vägdes ånyo för bestämning av mängden suspenderat material. Det filtrerade vattnet analyserades på fosfatfosfor. Skillnaden mellan totalfosfor i ofiltrerat vatten och fosfatfosfor i filtratet benämns partikelfosfor.

## Nederbörd och avrinning

Nederbördsuppgifter erhöles från SMHI:s mätstationer vid Hörby och Stehag. Avrinningsdata erhöles från egna mätningar i Snogerödsbäcken och Lybybäcken. Detta skedde med skrivande pegel i bestämmande sektioner. Avbördningskurvor upprättades med hjälp av flygelmätningar som utfördes genom länsstyrelsens försorg. Avrinningsdata erhöles också från SMHI:s mätstationer i Hörbyån och vid Ringsjödammen.

Dessutom användes avrinningsuppgifter från två av avdelningens permanenta försöksfält i Skåne. Det ena (Vättinge) är beläget 4 mil nordväst om Ringsjön och det andra (Näsbygård) ligger 4,5 mil söder därom. Nederbördsuppgifter för dessa fält härrörde från SMHI:s stationer i Klippan och Skurup.

## Beräkningar

Vid varje enskild provpunkt bestämdes medelhalten från alla provomgångarna genom vägning av halterna mot avrinningen i bäckarna under de aktuella provtagningsdyggen. Inom varje region beräknades sedan aritmetiskt medelvärde för de vägda medelvärdena. Beräkningarna kan sammanfattas i formeln

$$\bar{c}_k = \frac{1}{i} \sum_{n=1}^n \frac{q_n c_n}{\sum_{n=1}^n q_n}, \quad (1)$$

där  $\bar{c}_k$  är medelvärdet för varje flodområde,  $k$  antalet sådana områden där mätningar skett,  $i$  antalet provplatser i området,  $n$  antalet provtillfällen,  $q_n$  avrinningen och  $c_n$  halten av ett ämne vid en enskild tidpunkt.

Medelvärdet av alla  $\bar{c}_k$  har också framtagits genom vägning mot arealen

$$\bar{c} = \frac{\sum a_k \bar{c}_k}{\sum a_k}, \quad (2)$$

där  $\bar{c}$  sålunda är ett medelvärde av alla mätningar,  $a_k$  det enskilda flodområdets yta och där  $\bar{c}_k$  beräknas enligt (1).

Ämnestransporten från åkerskiften och skog har beräknats med formeln

$$T = 10^{-2} \cdot A \bar{c}, \quad (3)$$

där  $T$  är transporten i kg/(ha.år),  $A$  avrinningen i mm/år och  $\bar{c}$  medelhalten i mg/l.

Den tätare provtagningen i bäckarna har där möjliggjort en annan transportberäkningsmetod. Genom rätlinjig interpolation framräknas härvid värden på halter för alla dygn med avrinning. Produkten av de erhållna halterna och motsvarande dygnsavrinning ger ämnestransporten för dygnet. Månads- och årstransporten kan därefter beräknas. Vid beräkningen av ämnestransporten vid de olika provpunkterna i bäckarna har använts avrinningsvärden från mätstationerna i slutpunkterna.

## Gröda och gödsling

Uppgifter om gröda och gödsling på de aktuella åkerskiftena inhämtades från markägarna (tabell 2). Handelsgödselgivorna var något lägre än föregående år vilket delvis kan bero på att antalet rapporterade skiften var mindre. Stallgödsel spreds oftare på hösten än på våren. När både handels- och stallgödsel användes låg givorna över gängse rekommenda-

Tabell 2. Gröda, handelsgödsel och stallgödsel i ringsjöområdet 1983. (Värden i kg/ha.år.) *Crops, fertilizers and manure in the area of Ringsjön 1983. (Values in kg/(ha.a).)*

Gröda	Antal fält	Handelsgödsel		Stallgödsel <sup>a</sup>	
		N	P	N	P
<b>Enbart handelsgödsel</b>					
Vall	3	70-85	0-17	-	-
Höstvete	1	78	15	-	-
Korn	2	87-134	0-11	-	-
Havre	1	90	18	-	-
Havre+ärter	1	17	15	-	-
Ärter	2	0	15-20	-	-
Höstoljeväxter	3	140-219	0-36	-	-
Potatis	1	132	60	-	-
<b>Handelsgödsel och stallgödsel</b>					
Korn	2	31-97	0-24	100-175	30-50
Socketbetor	1	100	56	100	30
<b>Enbart stallgödsel</b>					
Träda	1	-	-	140	40

<sup>a</sup>1 ton fastgödsel har antagits innehålla 5,0 kg N och 1,5 kg P.  
1 ton flytgödsel har antagits innehålla 3,5 kg N och 1,0 kg P.

tioner. Skördarna var i stort sett normala.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

### Nederbörd och avrinning

Nederbörden under det agrohydrologiska året 1983/84 var lägre än året innan (tabell 3). Liksom tidigare hade Stehag högre nederbörd än Hörby. Sommaren var nederbördsfattig liksom månaderna feb - apr. Januari och framförallt juni hade höga nederbördstal (fig. 2).

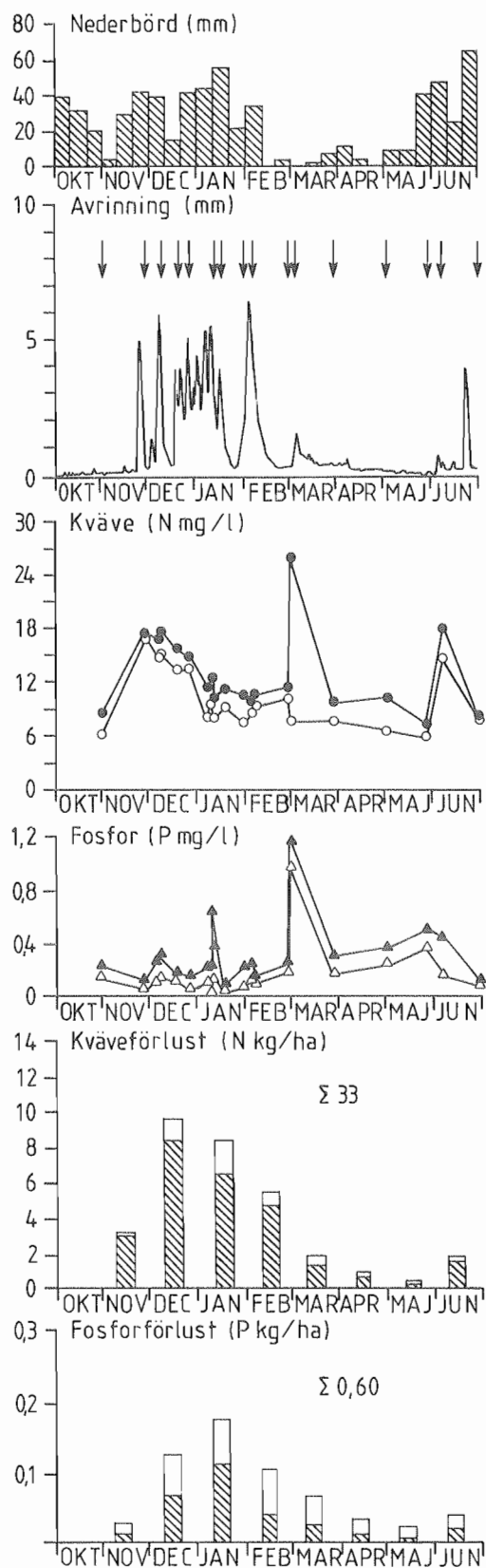
Som väntat avspeglade sig nederbörden i avrinningen. Den största avrinningen skedde under december, januari och början av februari. Den höga nederbörden i juni gav också en stor avrinning speciellt i Lybybäcken. Avrinningsförloppet var tämligen lika i båda bäckarna men med 100 mm högre avrinning i Lybybäcken. Någon koppling mellan nederbörden i Stehag resp. Hörby och avrinningen i Snogerödsbäcken resp. Lybybäcken går ej att göra. De lokala nederbördsvariationerna är stora.

Trots att avrinningsmätningarna i bäckarna igångsattes först i oktober utgör angivna värden i stort sett årsavrinningen eftersom sommaren var mycket torr. Detta framgår dels av mätningarna på försöksfälten på Vättinge och Näsbygård och dels av avrinningen i Hörbyån som under juli - sept uppgick till 4 mm.

### Kväve

**Åkerskiftena.** Nitratet utgjorde över 90 % av totalkvävet i dräneringsvattnet medan andelen i ytvattnet var ca. 75 %. Halterna var dock klart

SNogerödsbÄcken



LYBYBÄcken

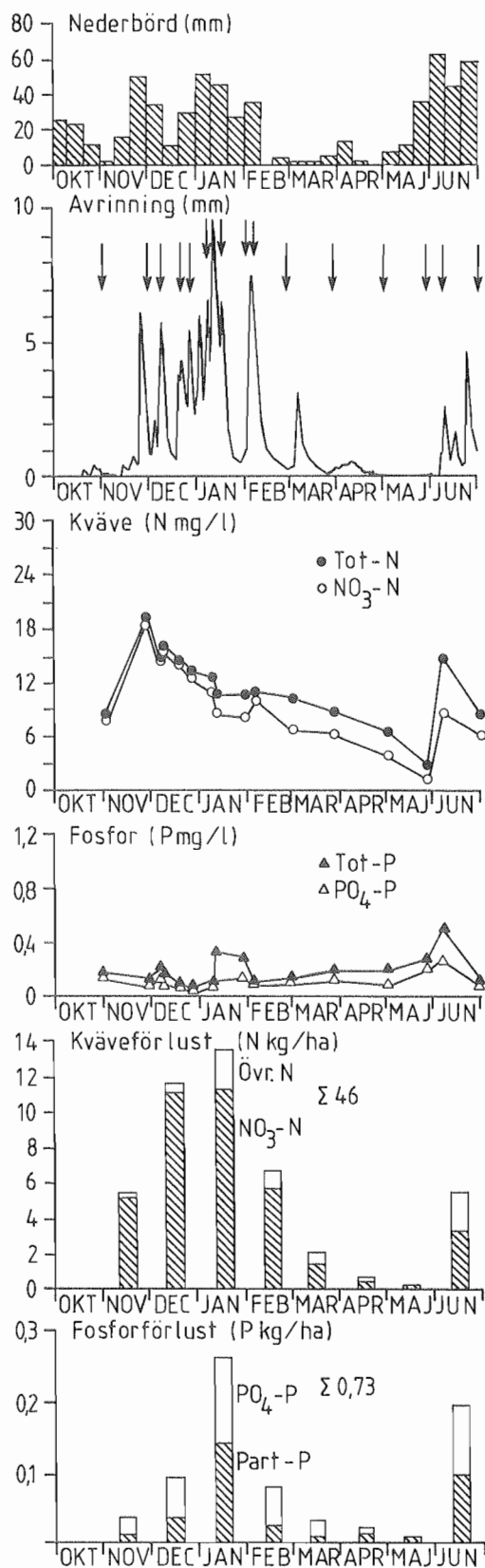


Fig. 2. Nederbörd, avrinning, halter och transport av kväve och fosfor i bäckarna. Provtagningsstillfällena markerade med pilar. *Precipitation, discharge, contents and transports of nitrogen and phosphorus in the streams. Sampling marked with arrows.*



Tabell 3. Nederbörd och avrinning i ringsjöområdet och vid försöksfälten Näsbygård och Vättinge. (Värden i mm/år.) *Precipitation and discharge in the area of Ringsjön and at the experimental fields Näsbygård and Vättinge. (Values in mm/yr.)*

År	Nederbörd	Avrinning	Nederbörd	Avrinning
	<b>Hörby</b>	<b>Heåkra</b>	<b>Lyby</b>	<b>Skurup</b>
1982/83	835	579	-	689
1983/84	717	408	363 <sup>a</sup>	724
	<b>Stehag</b>	<b>Ringsjö- dammen<sup>b</sup></b>	<b>Snogeröd</b>	<b>Klippan</b>
1982/83	931	418	-	879
1983/84	796	308	263 <sup>a</sup>	694
				<b>Vättinge</b>
				1982/83 250
				1983/84 256

<sup>a</sup>Okt-juni. <sup>b</sup>Inkl. Ringsjöns vattenverk.

högre i dräneringsvattnet än i ytvattnet (fig. 3). Jämfört med föregående försöksår var nitrathalten i dräneringsvattnet mer än dubbelt så hög. De högsta halterna uppmättes i november. De skiften som hade de högsta halterna hade fått stallgödselgiva på hösten. Ytvattnets halter låg på samma nivå som tidigare (tabell 4).

**Regionala variationer.** Föregående år hade områdena 2 och 3 de högsta halterna i dräneringsvattnet men i år låg område 5 högst (tabell 5).

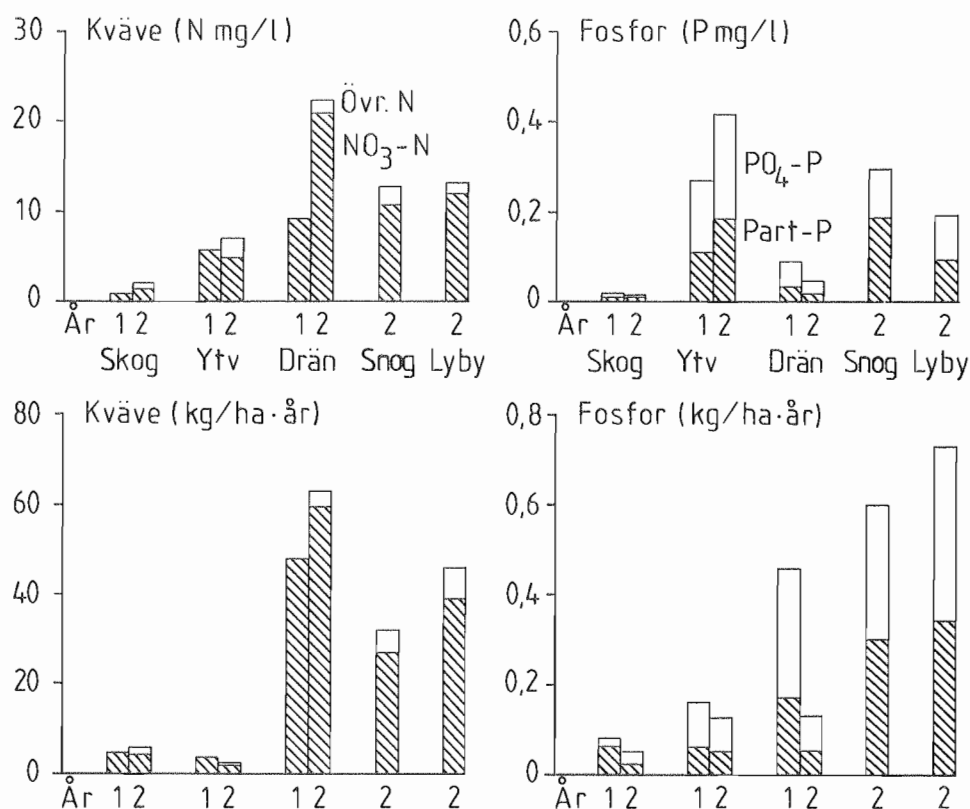


Fig. 3. Halter och transport av kväve och fosfor i Ringsjöområdet under 1982/83 och 1983/84. *Contents and transports of nitrogen and phosphorus in the area of Ringsjön during 1982/83 and 1983/84.*

Tabell 4. Medelhalter av kväve, fosfor och eroderat material (susp.) (Värden i mg/l). *Mean contents of nitrogen, phosphorus and eroded material (susp.) (Values in mg/l).*

År	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P	Susp.
<b>Ytvatten</b>						
1982/83	-	5,7	0,27	0,15	0,11	74
1983/84	7,0	4,9	0,42	0,23	0,18	48
<b>Dräneringsvatten</b>						
1982/83	-	9,3	0,089	0,054	0,032	9
1983/84	22,3	21,0	0,046	0,029	0,018	3
<b>Skog</b>						
1982/83	-	0,8	0,014	0,004	0,010	4
1983/84	1,9	1,3	0,015	0,009	0,008	5
<b>Snogerödsbäcken<sup>a</sup></b>						
1983/84	12,7	10,7	0,30	0,11	0,19	42
<b>Lybybäcken<sup>a</sup></b>						
1983/84	13,1	12,0	0,19	0,10	0,09	11

<sup>a</sup>I slutpunkten.

Båda åren hade område 6 de lägsta halterna.

Beträffande ytvattnet fanns inga regionala skillnader. Skogen hade de klart lägsta kvävehalterna.

**Bäckarna.** Halterna låg mellan dräneringsvattnets och ytvattnets (tabell 4). Av fig. 2 framgår hur halterna varierade med tiden i den nedströms längst liggande provpunkten i varje bäck. De höga halterna från skiftena vid den första avrinningstoppen i slutet av november slog även igenom i bäckarna. Därefter sjönk halterna till i juni då en ny höjning skedde i samband med den ökade avrinningen.

I Snogerödsbäcken inträffade i början av mars ett kraftigt punktutsläpp vilket gav mycket höga totalkvävehalter.

Medelhalterna för samtliga provpunkter längs varje bäck var relativt lika (fig. 4).

**Transport från åkerskiften.** Trots att avrinningsmätningarna ej omfattade hela året kan de beräknade förlusterna sägas gälla hela försöksåret. Detta p.g.a. att avrinningen under sommar och förhöst var mycket liten.

Transporterade kvävemängder från åker, skog och via bäckarna anges i tabell 6. Från åker uppgick den totala kväveförlusten till 65 kg/(ha.år) vilket är mycket över normalvärdet för södra Sverige som anges till 44 kg/(ha.år) (Brink 1982). Förlusten var större än under föregående år och skedde nästan enbart via dräneringsvattnet (fig. 3). Motsvarande förluster från försöksfälten vid Vättinge och Näsbygård var 24 resp. 27 kg/(ha.år).

**Transport i bäckarna.** Transporten av kväve i bäckarna var lägre än från åkerskiftena. Växternas upptagning av kväve under vägen samt utspädning med kvävefattigare vatten kan vara en förklaring. Förlusten var via Snogerödsbäcken 32 kg/(ha.år) mot 46 kg/(ha.år) för Lybybäcken. Den hu-

vudsakliga förlusten ägde rum under nov - feb men även den kraftiga nederbörden i juni gav en relativt hög uttransport speciellt i Lybybäcken (fig. 2).

## Fosfor

**Åkerskiftena.** Ytvattnet hade som väntat klart högre totalfosforhalter än dräneringsvattnet (fig. 4). Medelhalten för hela undersökningsområdet var 0,42 mg/l i ytvattnet och 0,05 mg/l i dräneringsvattnet (tabell 4).

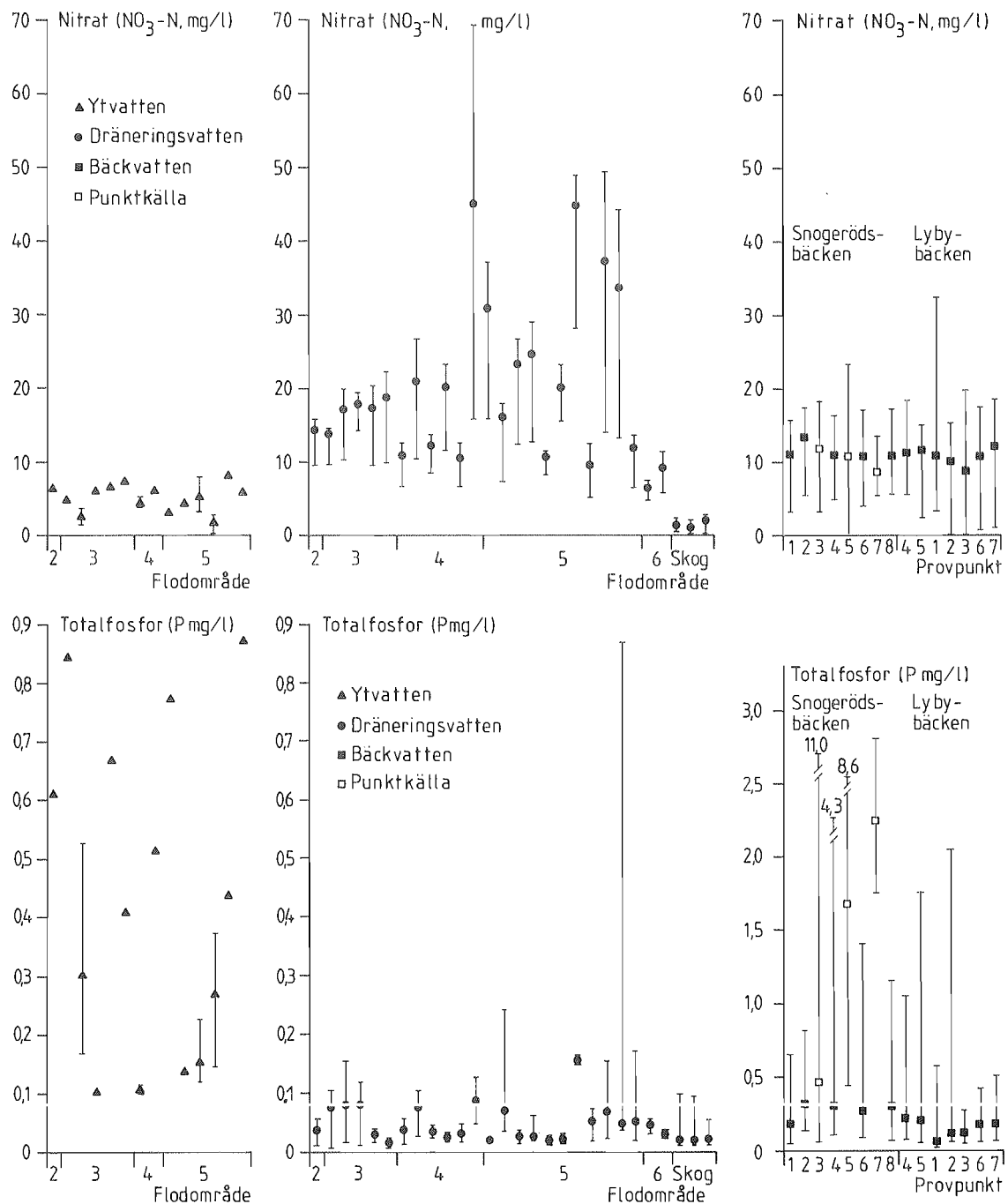


Fig. 4. Medelhalter av nitrat och totalfosfor i ytvatten, dräneringsvattnet och bäckarna. Mean contents of nitrate and total phosphorus in surface water, drainage water and the streams.

Tabell 5. Medelhalter av växtnäringsämnen, eroderat material (susp.) och partikelbunden fosfor i olika regioner under 1983/84. (Värden i mg/l).  
*Mean contents of nutrients, eroded material (susp.) and particle-bound phosphorus in different regions during 1983/84. (Values in mg/l).*

Region	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P	Susp.	Ant.
<b>Ytvatten</b>							
2	8,9	6,2	0,61	0,41	0,20	13	1
3	7,6	5,3	0,46	0,14	0,32	322	7
4	7,0	5,3	0,31	0,12	0,18	43	3
5	6,9	4,7	0,44	0,27	0,17	23	13
<b>Dräneringsvatten</b>							
2	15,3	14,1	0,036	0,017	0,018	0	6
3	18,3	16,9	0,054	0,025	0,029	17	27
4	21,5	20,0	0,046	0,030	0,017	1	33
5	25,1	23,8	0,048	0,031	0,017	3	49
6	8,3	7,6	0,034	0,018	0,016	2	10
<b>Skog</b>	1,9	1,3	0,015	0,009	0,008	5	36

Variationsbredden var stor framförallt i ytvattnet medan däremot dräneringsvattnet detta år hade lägre halter med mindre variationsbredd än tidigare. Halterna i skogsmark var låga.

Även detta år var ytvattenavrinningen kortvarig p.g.a. lite snö och svag tjäle. De högsta halterna erhöles i mitten av januari. Därefter förekom i stort sett ingen ytvavrinning.

**Regionala variationer.** Totalfosforhaltens variation mellan regionerna var inte lika tydlig som föregående år. Snogerödsområdet hade dock liksom tidigare de högsta halterna av eroderat material och därmed även av partikelbunden fosfor (tabell 5). Den stora skillnaden i antalet prov mellan regionerna bör observeras.

**Bäckarna.** Totalfosforhalterna i bäckarna låg mellan ytvattnets och dräneringsvattnets (fig. 4). Halternas variation med tiden i den nedströms längst liggande provpunkten i bäckarna visas i fig. 2. De högsta halterna erhöles här dels i januari då flödet var högt och det mesta av ytvattnet rann av och dels i början av juni då avrinningen också var relativt hög speciellt i Lybybäcken. I Snogerödsbäcken förekom dessutom i början av mars ett utsläpp från en urinbrunn (punkt 3) vilket medförde en kraftig fosforhöjning i hela bäckfåran nedströms utsläppspunkten. Eftersom utsläppet upphörde ganska snabbt även halterna i bäcken ha minskat relativt snabbt p.g.a. utspädning.

Punktkällorna hade oftast mycket höga halter som slog igenom i bäckarna vid lågvattenföring (tabell 7). Även utsläppen från punkterna 5 och 7 i Snogerödsbäcken ökade halterna något i bäckfåran. Detta märktes främst under lågflödesperioden mars-maj. Den längst upp liggande punkten nr 1 hade de lägsta halterna.

I Lybybäcken märktes en klar påverkan av fosforhöjande utsläpp i punkterna 2, 4 och 5 (tabell 7). Halterna steg succesivt från början av mars till slutet av maj då de var som högst för att sedan sjunka snabbt vid den ökade avrinningen i början av juni. I bäckens nedre del var förlop-

Tabell 6. Transport av kväve, fosfor och eroderat material (susp.).  
(Värden i kg/ha.) *Transports of nitrogen, phosphorus and eroded material*  
(susp.). (Values in kg/a.)

År	Avr(mm)	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P	Susp.
<b>Ytvatten</b>							
1982/83	60 <sup>a</sup>	-	3,4	0,16	0,09	0,06	44
1983/84	30 <sup>a</sup>	2,1	1,5	0,13	0,07	0,06	14
<b>Dräneringsvatten</b>							
1982/83	519 <sup>b</sup>	-	48	0,46	0,28	0,17	46
1983/84	283 <sup>b</sup>	63	59	0,13	0,08	0,05	8
<b>Skog</b>							
1982/83	579	-	4,6	0,08	0,02	0,06	23
1983/84	313	5,9	4,1	0,05	0,03	0,02	16
<b>Snogerödsbäcken</b>							
1983/84	263	32	27	0,60	0,30	0,30	50
<b>Lybybäcken</b>							
1983/84	363	46	39	0,73	0,40	0,34	28

<sup>a</sup>Skattade värden. <sup>b</sup>  $1/2 \cdot (363 + 263) - 30$ .

pet mer utjämnat bl.a. genom utspädningen från Lyby mosse. Lägsta halterna i systemet hade punkt 1 som avvattnar ett mindre område.

**Transport från åkerskiftet.** Fosforförlusterna från åkerskiftena via ytvattnet och dräneringsvattnet var lika stora. Totalförlusten från åker blev 0,26 kg/(ha.år) (tabell 6) vilket är klart mindre än föregående år (fig. 3) och även något mindre än genomsnittet för södra Sverige (Brink 1982). På försöksfälten vid Vättinge och Näsbygård var transporten av fosfor 0,48 resp. 0,12 kg/(ha.år). Förlusten från skog var 0,05 kg/(ha.år).

**Transport i bäckarna.** Förlusten via Snogerödsbäcken och Lybybäcken blev 0,60 resp. 0,73 kg/(ha.år) vilket var nästan tre gånger så mycket som från åkerskiftena (tabell 6). Hälften av fosfor var partikelbunden (fig. 3). Vintermånaderna dec-feb gav de största förlusterna. Fosfortransporten med Lybybäcken under juni var anmärkningsvärt stor (fig. 2). Trots en högre genomsnittshalt i Snogerödsbäcken gav den större avrinningen i Lybybäcken större totalförlust.

I Lybybäcken hade den sidogren som bl.a. avvattnar Lyby mosse klart lägre transportvärden än huvudfåran (fig. 5). Den längst upp liggande provpunkten i sidogrenen (nr. 1) uppvisade de lägsta transportvärdena. Dess avrinningsområde är litet och omfattar endast åkermark sannolikt utan några punktkällor.

Till följd av utsläppen hade punkt 4 de högsta transportvärdena i hela bäcksystemet. För att något belysa punktkällornas betydelse i bäckarna gjordes en jämförelse mellan förlusterna under en högflödes- resp. en lågflödesperiod (tabell 7). Den vid lågflöde kraftiga stegringen av halterna i förorenade punkter (2, 4 och 5) gjorde att förlusten ändå blev relativt stor i förhållande till den lilla avrinningen.

Tabell 7. Medelhalter och transport av totalfosfor i bäckarna under hög- resp. lågflödesperioder. (Värden i mg/l, kg/ha.) *Mean contents and transports of total phosphorus in the streams during high- and low-discharge periods. (Values in mg/l, kg/a.)*

Provpunkt	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Snogeröd</b>								
<b>Dec-Feb (188 mm)</b>								
Halt	0,16	0,27	0,25 <sup>a</sup>	0,21	2,88 <sup>a</sup>	0,25	-	0,28
Transport	0,31	0,45	0,49	0,36	3,60	0,38	-	0,40
<b>Mar-Maj (35 mm)</b>								
Halt	0,24	0,43	3,36 <sup>a</sup>	1,31	4,86 <sup>a</sup>	0,55	2,49 <sup>a</sup>	0,58
Transport	0,07	0,15	0,18	0,13	2,06	0,08	0,03	0,13
<b>Lyby</b>								
<b>Dec-Feb (257 mm)</b>								
Halt	0,05	0,13	0,10	0,21	0,16	0,15	0,18	
Transport	0,14	0,28	0,30	0,54	0,48	0,45	0,44	
<b>Mar-Maj (34 mm)</b>								
Halt	0,09	0,91	0,15	0,80	0,86	0,20	0,23	
Transport	0,02	0,12	0,04	0,18	0,12	0,06	0,06	

<sup>a</sup>Punktkälla.

**Transport från reningsverket.** Punktutsläppet från reningsverket i Snogeröd (nr. 7) är ej medtaget i fig. 5. Förlusten kan här beräknas med hjälp av vattenföringsuppgifter från verket. Det kan noteras att våra uppmätta totalfosforhalter ej överensstämde med de kontrollmätningar som gjorts av reningsverket. Våra halter var stabila och mer än dubbelt så höga. Med en medelvattenföring av 100 m<sup>3</sup>/dygn (enl. uppgift från Höörs kommun) och våra analysvärden blev årsförlusten från verket samt dess andel av den totala uttransporten från avrinningsområdet:

	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P
(kg/ha)	0,54	0,45	0,12	0,09	0,03
(%)	2	2	20	30	10

Kväveförlusterna var uppenbarligen mycket små medan fosforförlusterna utgjorde en icke oväsentlig del av den totala uttransporten från Snogerödsbäckens avrinningsområde. Dessutom tillkommer övriga punktkällors bidrag längre upp i bäcksystemet.

### Pågående undersökningar

Undersökningen fortsätter 1984/85 med något ändrad inriktning. Provtagning av dräneringsvatten och ytvatten sker bara på de skiften som är belägna inom Snogerödsbäckens och Lybybäckens avrinningsområden. Skogspunkterna provtogs ej. Halterna har där varit mycket stabila under de två år provtagning skett varför skogens bidrag får anses vara belyst.

Däremot utökas provtagningen i bäckarna med ett antal punkter längre

upp i systemen. Detta för att få en ytterligare skala mellan bäckarna och enskilda skiften. Möjligheten är också större att dessa punkter är opåverkade av förorenande utsläpp och kan ge ytterligare upplysningar om bidraget från enbart åkermarken.

Dessutom installeras en ny typ av ytvattenprovsamlare med vippkärl på tre skiften. Flödesproportionella prov tas automatiskt samtidigt som en kontinuerlig flödesmätning göres med mekaniska räkneverk.

Slutligen kan nämnas att ett rutförsök har anlagts vid Ringsjön för intensitetsstudier av stallgödsel och handelsgödsel. Både påverkan på ytvatten och dräneringsvatten skall undersökas.

## SAMMANFATTNING

Kväve, fosfor och suspenderat material uppmättes från åker, skog och i två bäcksystem vid Östra Ringsjön. Avrinnigen under 1983/84 var lägre än året innan men ändå var kväveförlusterna från åker större. De var klart större än genomsnittet för södra Sverige. Kvävehalterna i bäckarna var lägre än i dräneringsvattnet men högre än i ytvattnet.

Fosforförlusterna från åker var mindre än föregående år och totalt sett lägre än genomsnittet för södra Sverige. De skedde i lika stor utsträckning via ytvatten som dräneringsvatten. Erosionen och därmed den partikelbundna fosfor var liksom tidigare störst i Snogerödsområdet.

Fosfortransporten via bäckarna var tre gånger högre än direkt från skiftena. Punktkällor med höga fosforhalter mynnande i bäckarna gav speciellt vid lågvattenföring en höjning av halterna i bäckfårorna. Mindre förorenade provpunkter långt upp i bäcksystemen hade de lägsta halterna. Fler sådana punkter bör provtas för att vidare belägga bidraget från enbart åkermark.

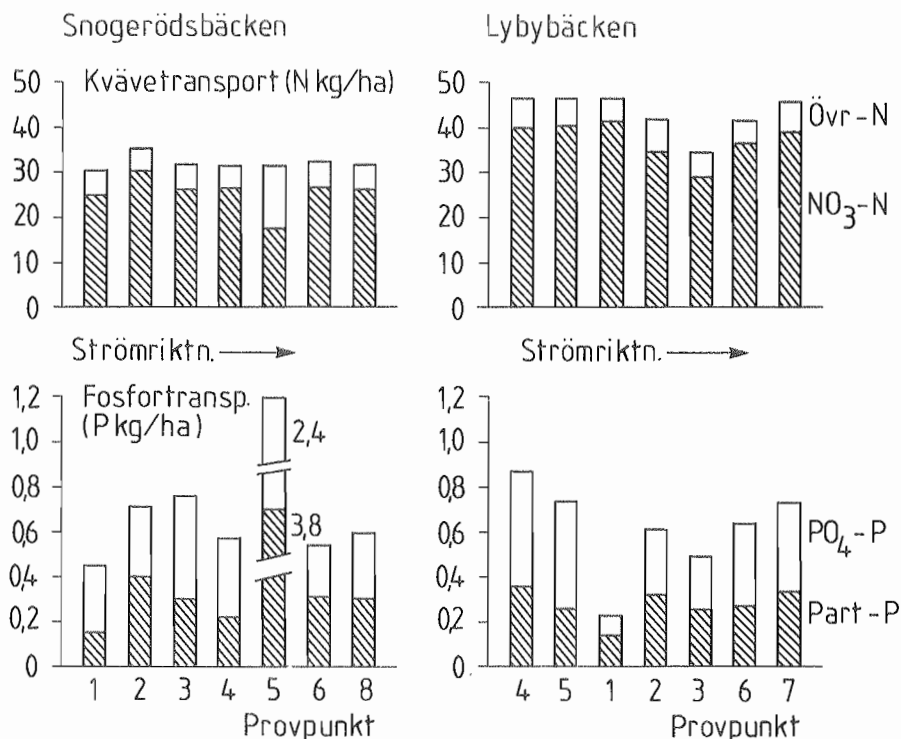


Fig. 5. Transport av kväve och fosfor vid olika provpunkter i bäckarna. *Transports of nitrogen and phosphorus at different sampling stations in the streams.*

## REFERENSER

- Brink, N. 1982. Measurement of mass transport from arable land in Sweden. *Ekohydrologi* nr 12, 29-36.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* nr 1, 1-60.
- Brink, N., Gustavsson, A.S. & Ulén, B. 1984. Växtnäringsförluster runt Ringsjön. *Ekohydrologi* nr 15, 3-12.
- Nilsson, I. 1983. Inventering av jordbruksdriften i Ringsjöns tillrinningsområde del 1. Meddelande nr 1983:5 Länsstyrelsen i Malmöhus län, Naturvårdsenheten.
- Nilsson, I. 1984. Inventering av jordbruksdriften i Ringsjöns tillrinningsområde del 2. Meddelande nr 1984:3 Länsstyrelsen i Malmöhus län, Naturvårdsenheten.
- Ryding, S.-O. 1982. Vattenkvalitet och ämnestransport. Ringsjön och dess tillflöden. Rapport Limn. inst., Uppsala.



# FÖRLUSTER AV VÄXTNÄRING FRÅN LERJORDAR I SKÅNE

*Losses of Nutrients from Clay Soils in Skåne*

Nils Brink och Kjell Ivarsson

**Abstract.** Two experimental fields on clay soils in Skåne in the south of Sweden were characterized and compared with each other. Näsbygård consists mainly of loamy till (about 15 % clay). Commercial fertilizers according to general recommendations and only small amounts of farmyard manure have been applied. Vättinge consists of sedimentary clay (40 % of clay). The field has been supplied with large amounts of slurry and fairly restricted amounts of conventional fertilizers. These two clay soils were also compared with two sandy soils which have been described earlier.

The wet years of 1980-83 led to great losses of nitrogen. During this period the losses were 30 % larger at Näsbygård than at Vättinge. The application of manure was larger at Vättinge, but the more clay-rich and more homogeneous soil made the losses of nitrogen moderate, probably because of slower movements of water and of reduction of nitrate. More nitrogen was leached from the sandy soils.

The soils which had large amounts of farmyard manure lost much more phosphorus than those without manure.

The losses of potassium were considerably lower in the clay soils than in the sandy soils because of fixation of potassium. The losses were also larger from the fields with farmyard manure.

## INLEDNING

I en tidigare skrift har behandlats växtnäringsförluster från två sandjordar. Den ena var Skottorp nära Laholm, den andra Kärrdala intill Kristianstad (Brink & Gustavsson 1984). Dessa sandjordar skall nu jämföras med två lerjordar, nämligen Näsbygård vid Skurup och Vättinge norr om Klippan.

Förutom i jordart skiljer sig jordarna även ifråga om gödsling. En sandjord och en lerjord har fått betydligt mer stallgödsel än de båda andra. Utfallet härav diskuteras också.

Alla fyra försöken ingår i det rikstäckande nät som avdelningen började bygga ut 1972 och som nu är en del av naturvårdsverkets program för övervakning av miljökvalitet (PMK).

Jordartens betydelse för utlakningen har tidigare behandlats av Brink (1978) och Brink *et al.* (1979) på grundval av data från nämnda stationsnät och av Gustafson & Hansson (1980) i en regional undersökning i södra Sverige. Där framkom att nitrathalten i avrinnande vatten från åker avtog tydligt i ordningen mull, mo, moränlera och lera. Tidigare amerikanska undersökningar på sand- och lerjordar gav likartade resultat (Lund, Adriano & Pratt 1974; Letey, Blair, Devitt, Lund & Nash 1977). Där konstaterades starka linjära samband för minskad nitrathalt i markvattnet när lerhalten ökade i jorden.

Förutom långsammare vattenrörelser i lerjordar kan ökad nitratreduktion bidra till att hindra det lätttrörliga nitraten att lakas. En sådan reduktion kan vara biologisk (denitrifikation, Lind & Christensen 1983) eller rent kemisk djupare ned i profilen (Lind & Pedersen 1976).

Angående stallgödselspridning är det belagt att nitrattutlakningen blir större efter spridning på hösten än på våren (Brink & Jernlås 1982).

Ökade kaliumförluster kunde ibland märkas från lerfattiga jordar (mo) och efter stallgödsling på hösten medan fosforförlusterna inte entydigt kan sättas i samband med lerhalt eller stallgödsel (Gustafson & Hansson 1980, Brink & Jernlås o.p.).

## MÅL

Målet med den fortlöpande undersökningen inom PMK är att inom valda jordbruksområden kontrollera odlingsåtgärders inverkan på kvaliteten hos yt- och grundvatten.

## MATERIAL OCH METODER

### Försöksfälten

Brink *et al.* (1979) har beskrivit försöksfälten på följande sätt:

NÄSBYGÅRD. "Fältet ligger på Näsbygårds ägor 4 km sydväst om Skurup och tillhör Näsbyholms godsförvaltning.

Försöksfältet är starkt kuperat. Areal och år för anläggningsarbeten är följande:

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
35,7	1970, 1971	1973	1973, 1974

Ytvattenbrunnar finns. Grundvattenrör sattes enligt följande: 1-1,9, 1-2,7, 3-2,9, 3-5,6 och 5-6,4 år 1973; 2-2,5, 2-5,2, 4-2,5 och 4-5,1 år 1974. Rören på lokal 1 uteslöts 1975. (Fig. 1 och 2.)

### Geologisk beskrivning

Försöksfältet är beläget i södra delen av det småkuperade sydvästskånska dödismoränlandskapet. Den dominerande ytjordarten är en moränlera. Fältet ligger över den markerade sänka i kritkalkstenens överyta, den s.k. Alnarpsdalen, som går i nordväst-sydostlig riktning över Sydvästskååne. Den totala mäktigheten av jordlagren i området är därför betydande, ca 100 m.

Moränleran på fältet täcks fläckvis av andra jordarter. På de högre liggande delarna återfinns tunna täcken av sedimentära leror som avsatts i små lokala isdämda sjöar i samband med isens avsmältning. Den morän av grövre typ (lerig, sandig-moig) som ställvis återfinns på fältet är sannolikt en av issjöar och smältvatten ursköld variant av den normala moränleran. Grovmo förekommer i nordvästra hörnet av fältet och är sannolikt avsatt i strömmande smältvatten från isen. Under tiden efter istiden har torv bildats i de djupare ofta avloppslösa sänkorna mellan kullarna, där ytvatten samlats eller grundvattenytan gått i dagen.

### Grundvattenförhållanden

Grundvattenströmmarna i de djupa jordlagren i Alnarpsdalen torde ej

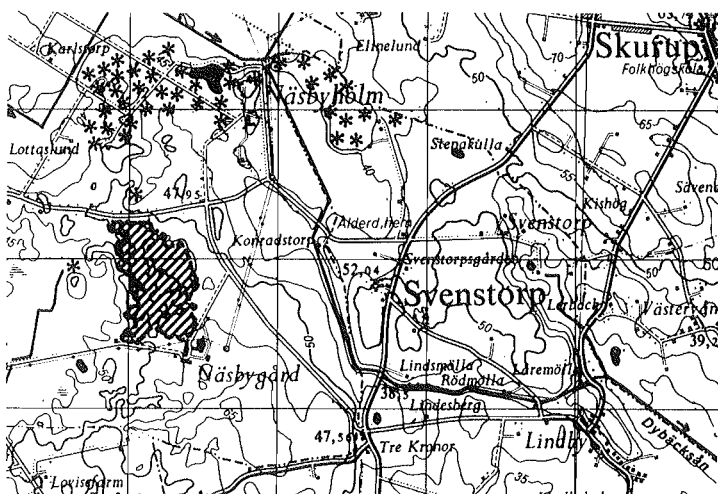


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

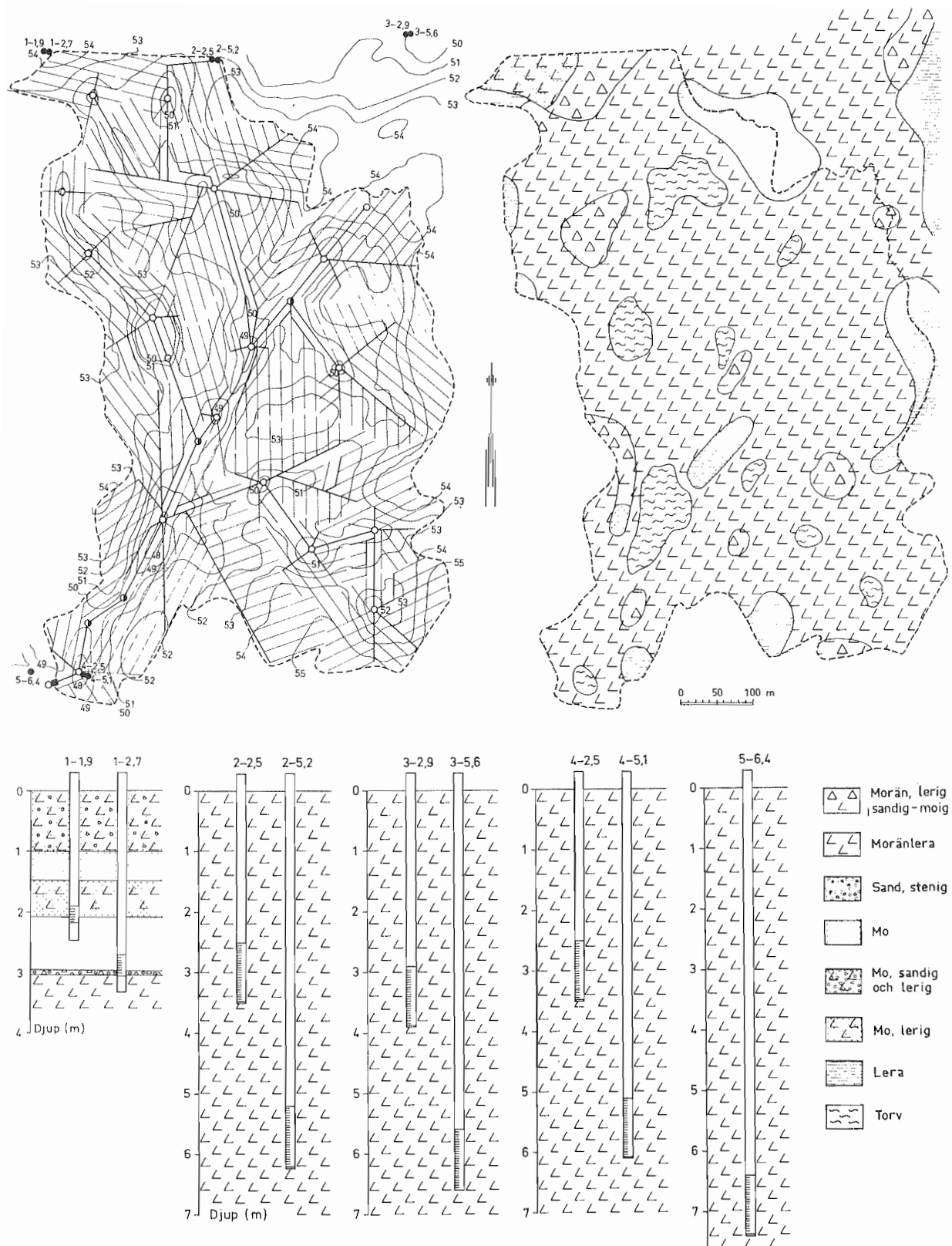


Fig. 2. Försöksfältet på Näsbygård. Täckdiketsplan, geologisk karta, markprofiler. *Experimental field at Näsbygård. Drainage map, geological map and soil profiles.*

Soil types: sandy clay till, loamy till, stony sand, fine sand, loamy fine sand, sandy clay loam, clay, peat.

Signs: see Fig. 4.

påverka det ytnära grundvattnet inom försöksfältet. På grund av fältets läge och topografi kan det antagas att allt det ytliga grundvattnet i moränen torde härstamma från nederbördsvatten som infiltrerat på fältet.

Som ett resultat av moränens inhomogena karaktär varierar dock strömningsmönstret och strömningshastigheten för grundvattnet avsevärt från plats till plats på fältet."

VÄTTINGE. "Fältet ligger 8 km nordväst om Klippan efter vägen mot Östra Ljungby och tillhör Vättinge-Bjersgårds godsförvaltning.

Försöksfältet är i norra delen flackt och i södra delen kraftigt kuiperat. Det avvattnas till Rönne å som rinner strax intill fältets sydgräns. Areal och år för anläggningsarbeten är följande:

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
22,2	1964	1976	1976

Itvattenbrunnar finns, likaså särskilda rör för mätning av grundvattentryck. (Fig. 3 och 4.)

#### Geologisk beskrivning

Försöksfältet täcks helt av sedimentär lera. Leran är en glacial finlera. Mäktigheten är okänd men torde uppgå till mer än 10 m. Nord och nordväst om området finns två flacka höjder som består av sandigt material troligen av glacifluvialt ursprung.

#### Grundvattenförhållanden

Grundvattnet i området torde röra sig från det högre liggande området norr om fältet mot Rönneåns dalgång söder därom. Sannolikt har det vatten som påträffas i leran på fältet infiltrerat på detta. Under leran på fältet kan det finnas grundvattenförande lager som står i förbindelse med de påträffade isälvsavlagringarna norr och nordväst om fältet. Vattnet i jordlagren under leran kan således vara av mindre lokalt ursprung."

Mekanisk analys 1984 av de bägge jordarna visade kornstorleksfördelningen i profilerna (fig. 5). Näsbygård har i matjorden en lerhalt på 15 %, som ökar till 20 % i alven. Innehållet av sand- och grovmopartiklar är stort, ca 50 % i matjorden. Matjorden är något mullhaltig. Vättinges matjord har 35 % ler. I alven är lerhalten över 40 %, dvs. styv lera. Leran är måttligt mullhaltig i matjorden.

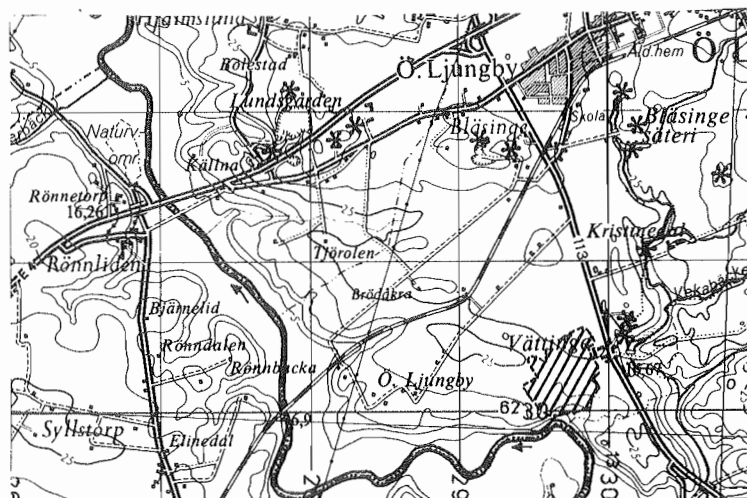


Fig. 3. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

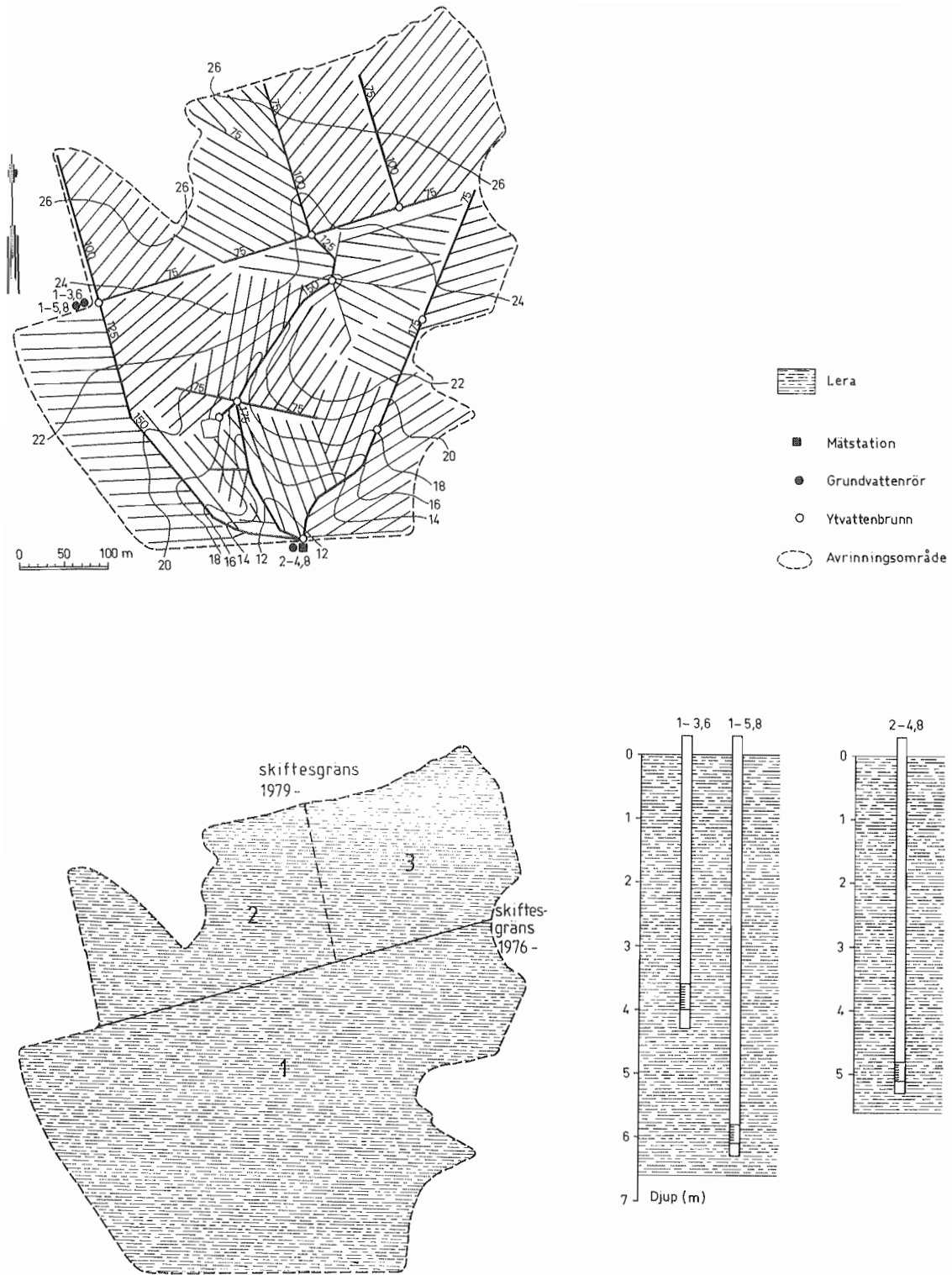


Fig. 4. Försöksfältet i Vättinge. Täckdiketsplan, geologisk karta, markprofiler. *Experimental field at Vättinge. Drainage map, geological map and soil profiles.*  
*Soil type: clay.*  
*Signs: measuring station, ground water pipe, well, watershed.*

## Fältutrustning

Nederbördsräknare, mätstation, grundvattenrör och provtagningsutrustning har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978).

## Provtagning och analys

Provtagning av vatten har skett enligt beskrivning av Brink *et al.* (1979) med kompletteringar enligt Gustafson & Torstensson (1983).

Analysmetoderna för vatten överensstämmer i princip med svensk standard (SIS 1976). Metoderna har beskrivits av Brink *et al.* (1978) och Gustafson & Torstensson (1983).

Provtagning liksom analys av kväve i jord har skett enligt Lindén (1981). Analys av fosfor i jord har skett enligt Egnér, Riehm & Domingo (1960).

Alla analyser utom fosfor i jord har gjorts på eget laboratorium. Fosforbestämningarna utfördes av Statens lantbrukskemiska laboratorium.

## Beräkningar

Tidigare publicerade värden har beräknats på det sätt som har beskrivits av Brink *et al.* (1978). Numera är allt datamaterial lagrat på skivminne, vilket möjliggör en annan beräkningsmetod. Genom rätlinjig interpolation framräknas värden på halter för alla dagar med avrinning. Produkten av de erhållna halterna och motsvarande dygnsavrinning ger ämnestransporten för dygnet. Med dessa dygnsvärden har månads- och årstransporten beräknats.

## Växtodling

Odlingsåtgärderna på skiftena bestäms av lantbrukarna själva. Uppgifter om växtföljd, gödsling och skörd för varje år finns samlade i tabell 1.

Växtföljden på Näsbygård är vanlig i Skåne: vete, korn och sockerbetor. Dessutom har ett år med höstraps förekommit. Kvävegödslingen följer de allmänna rekommendationerna. Förrådsgödslingen med fosfor och kalium är måttlig och ges till de näringskvävande sockerbetorna.

Försöksfältet på Vättinge är delat i mindre skiften. När försöket

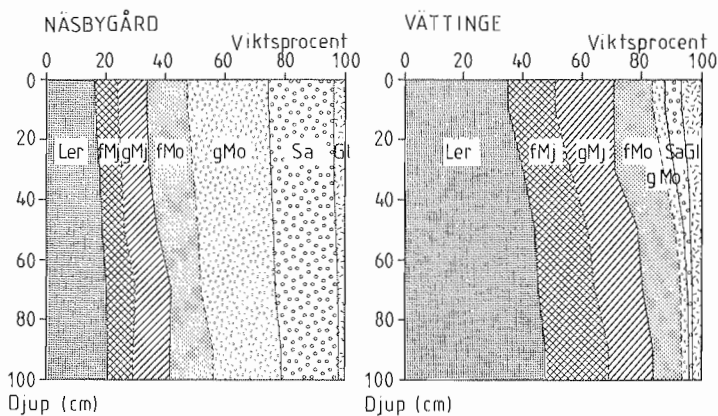


Fig. 5. Kornstorleksfördelningen på Näsbygård och Vättinge till 100 cm djup. Particle size distribution at Näsbygård and at Vättinge down to 100 cm. Ler, clay; fMj, finmjäla, fine silt; gMj, grovmjäla, silt; fMo, finmo, coarse silt; gMo, grovmo, fine sand; Sa, sand, sand; Gl, glödför-lust, loss on ignition.

Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel och skörd. Tal med fetstil betyder gödsling hösten innan. *Crops, fertilizers, manure and yield. Figures in bold type indicate fertilizing last autumn.*

År	Skifte	Gröda	Handelsg. (kg/ha)			Stallg. (t/ha)		Skörd
			N	P	K	Fast	Flyt (t/ha)	
<b>Näsbygård</b>								
1973		Vårvete	110	0	0	0	0	4,1
1974		Korn	79	0	0	0	0	5,1
1975		Sockerbetor	42+93	<b>64</b>	<b>64</b>	0	0	38,5
1976		Vårvete	112	0	0	0	0	4,2
1977		Korn	78	0	0	0	0	4,2
1978		Sockerbetor	140	<b>56</b>	<b>104</b>	0	0	46,0
1979		Vårvete	120	0	0	0	0	4,4
1980		Korn	91	0	0	0	0	4,8
1981		Höstraps	84+105	0	0	0	0	2,0
1982		Höstvete	45+77	0	0	0	0	8,6
1983		Sockerbetor	112	<b>45</b>	<b>144</b>	25	0	33,6
1984		Vårvete, insådd	92+15	0	0	0	0	7,3
<b>Vättinge</b>								
1976	1	Höstvete	130	0	0	0	0	6,0
	2+3	Vall	52+47	49	91	0	0	Normal
1977	1	Havre, insådd	78	0	0	<b>40</b>	0	4,6
	2+3	Höstvete	130	0	0	0	0	5,2
1978	1	Vall	84+31	0	0	0	0	Normal
	2	Höstvete	140	0	0	0	0	6,2
	3	Havre, insådd	91	0	0	0	0	5,6
1979	1	Vårvete	93	0	0	0	0	4,8
	2	Korn, insådd	31	0	0	0	<b>25</b>	6,8
	3	Vall	84+31	0	0	0	0	Normal
1980	1	Havre, insådd	84	0	0	0	0	4,5
	2	Vall	84+31	0	0	0	0	Normal
	3	Höstraps	112	0	0	0	<b>50</b>	2,3
1981	1	Vall	84+31	0	0	0	0	Normal
	2	Höstraps	112	0	0	0	<b>50</b>	2,2
	3	Höstvete	112	0	0	0	<b>50</b>	5,4
1982	1	Höstvete	112	0	0	0	<b>75</b>	6,6
	2	Höstvete	112	0	0	0	<b>75</b>	7,5
	3	Korn	84	0	0	0	<b>75</b>	4,8
1983	1	Vårrips	144	0	0	0	0	2,1
	2	Korn	84	0	0	0	0	4,2
	3	Havre, insådd	98	0	0	0	0	4,4
1984	1	Höstvete	60+60	15+15	27+27	0	0	7,0
	2	Havre, insådd	91	0	0	0	0	6,5
	3	Vall	91+46	0	0	0	0	12+10+6

startades 1976 gick det en skiftesgräns i ost-västlig riktning över fältet. Denna gräns är markerad i fig. 4, liksom en som tillkom 1979. Växtföljden på dessa skiften karakteriseras av ettåriga vallar med stråsäd och eventuellt raps emellan. Stallgödsel tillförs regelbundet till fältet.

Handelsgödselgivorna av kväve har dämpats något med hänsyn till stallgödseln. Behovet av fosfor och kalium har de senaste åren täckts genom stallgödsel.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

### Hydrologi

Nederbördens fördelning under året var likartad vid Näsbygård och Vättinge (fig. 6). Under första halvan av det agrohydrologiska året (juli-dec) faller huvuddelen av nederbörden. De senaste åtta åren har årsnederbörden varit större vid Vättinge än vid Näsbygård.

Avrinningen har under de senaste åren varit något högre från Näsbygård med den lägre nederbörden. Den främsta orsaken till det är troligen att moränleran på Näsbygård är genomsläppligare än den styvare och mer homogena leran på Vättinge. Båda dessa lerjordar har en lägre avrinning än de två sandjordarna i Sydsverige (Brink & Gustavsson 1984).

Att avrinningen från Vättingefältet är lägre vid lika nederbörd syns även i diagrammet med regressionslinjer i fig. 6.

Tryckrelationerna i grundvattenrören visar att situationen på de båda fälten liknar varandra. Båda fälten är inströmningsområden och har nästan samma tryck i det grundare och djupare grundvattenröret. Dessutom följer tryckskillnaden mellan vintermånaderna och sommaren samma mönster. Att svängningarna är mer dämpade för Vättingefältet jämfört med Näsbygård kan bero på den mer homogena jordarten med högre lerhalt.

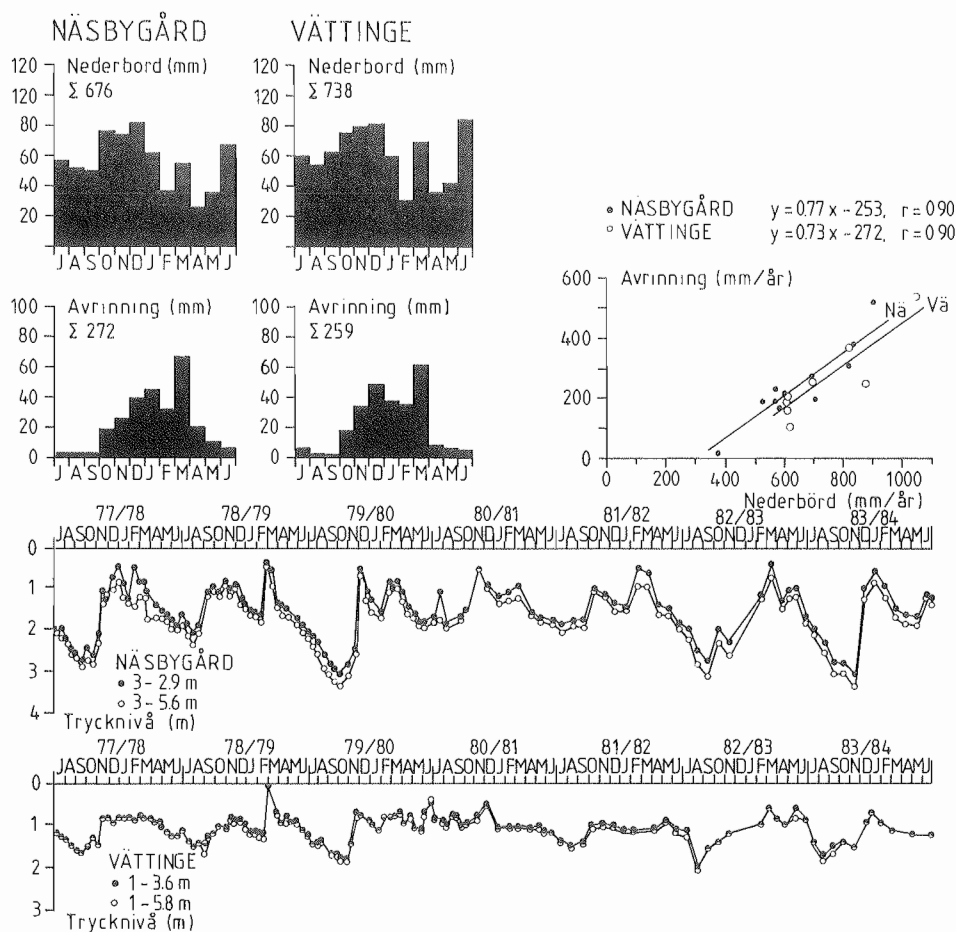


Fig. 6. Hydrologiska förhållanden på Näsbygård och Vättinge. *Hydrological conditions at Näsbygård and Vättinge. Nederbörd, precipitation. Avrinning, water discharge. Grundvattnets trycknivåer på olika djup i en punkt på varje fält, groundwater pressure at different depths.*



## Jonbalans

Balansen mellan de större jonkonstituenterna i dräneringsvattnet och grundvattnet redovisas i fig. 7. Mängden anjoner resp. katjoner följer ett likartat mönster genom profilerna. Sandjordsprofilerna skilde sig betydligt mot lerjordarna och gentemot varandra (cf. Brink & Gustavsson 1984). Både Näsbygård och Vättinge är inströmningsområden där jonstyrkan enligt förväntan ökar i strömningsriktningen. Kalciuminnehållet i vattnet från Näsbygårds moränlera är mycket stort, vilket är väntat i detta område med kritkalksten. På Vättinge ökar natrium- och vätekarbonatinnehållet tydligt med djupet i denna styva sjölera. Natrium kan ha marint ursprung. I så fall är det lite underligt att mängden klor inte är större, men de lättlösliga kloridjonerna har troligen lakats ned till större djup. Till skillnad från jonbalansen omfattar konduktivitetens värdena medeltal för de åtta senaste åren istället för de tre senaste. Att jonstyrkan ökar med djupet är en tendens som står sig.

Konduktiviteten under de senaste åren har varierat betydligt både i dräneringsvattnet och i grundvattnet (fig. 8). Den genomsnittliga nivån sjönk från 1976/77 och några år framåt. Torråren före 1977/78 ledde nämligen till en ansamling av joner. Dessa joner har sedan spättts ut under senare delen av 1970-talet. Periodiciteten med toppar under hösten och dalar under våren är mycket tydlig för grundvattenrören på Näsbygård. För Vättinge är skillnaden istället större mellan det djupa och det grunda grundvattenröret, vilket stämmer väl överens med fig. 7c och g. Förändringen i konduktivitet är där slående lika mellan de båda rören. Konduktiviteten i dräneringsvattnet från de båda fälten minskar ofta efter kraftiga flöden, men det är svårt att se entydiga tendenser.

Tack vare den rikliga mängden baskatjoner och vätekarbonatjoner är försurningsrisken inte stor. För Näsbygård ligger pH-värdet runt 7,5 i

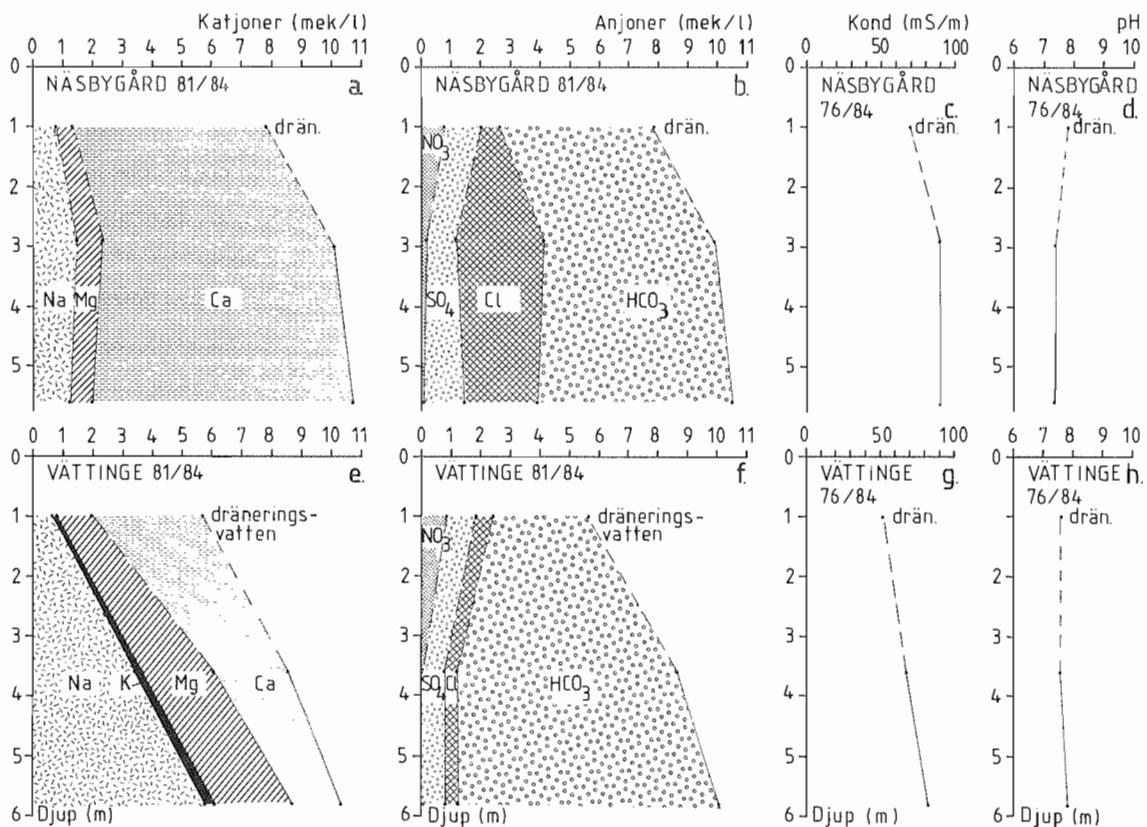


Fig. 7. Jonbalans i dräneringsvattnet och i grundvattnet, konduktivitet och pH. Årsmedelvärden. *Ion-balance in the drainage water and in the groundwater, conductivity and pH. Annual mean values.*

markvätskan. Vättingefältets pH-värden ligger någon tiondel högre (fig. 7 och 8). Torråren 1975 och 1976 ledde till att pH-värdet höjdes i markvätskan, vilket märktes på flera ställen i Sverige (Brink 1981). Under det våta 1977 sjönk pH-värdena och har sedan hållit sig på en något lägre nivå.

### Kväve, fosfor och kalium i markprofilen

Under tre agrohydrologiska år togs kväveprofiler höst och vår. Resultatet av provtagningarna är illustrerat i fig. 9.

Näsbygård har brukats enhetligt med samma gröda över hela fältet. Av fig. 9 framgår att sockerbetor är effektiva kväueupptagare långt in på hösten, vilket märktes 1978. Odlingen av vårvete och korn ledde däremot till en större mängd mineraliskt kväue i profilen. Under våtvintern 1980/81 urlakades förmodligen profilen, i den mån den sådda höstrapsen inte hade hunnit ta hand om det mineraliska kväuet.

För Vättinge är situationen mer komplicerad eftersom fältet har varit uppdelat i tre skiften med olika grödor och gödsling. Upplösning av vall liksom spridning av stallgödsel och slam har oftast ökat mängden mineraliskt kväue tydligt i profilen. Stallgödselns  $\text{NH}_4\text{-N}$  nitrifieras allmänt märkbart till nästa vår, vilket ger stora utlakningsrisker under en våt vinter. De stora kvävemängderna på Vättinge 2 våren 1980 och på Vättinge 3 våren 1979 kan kanske förklaras med att prov har tagits på nygödsblad

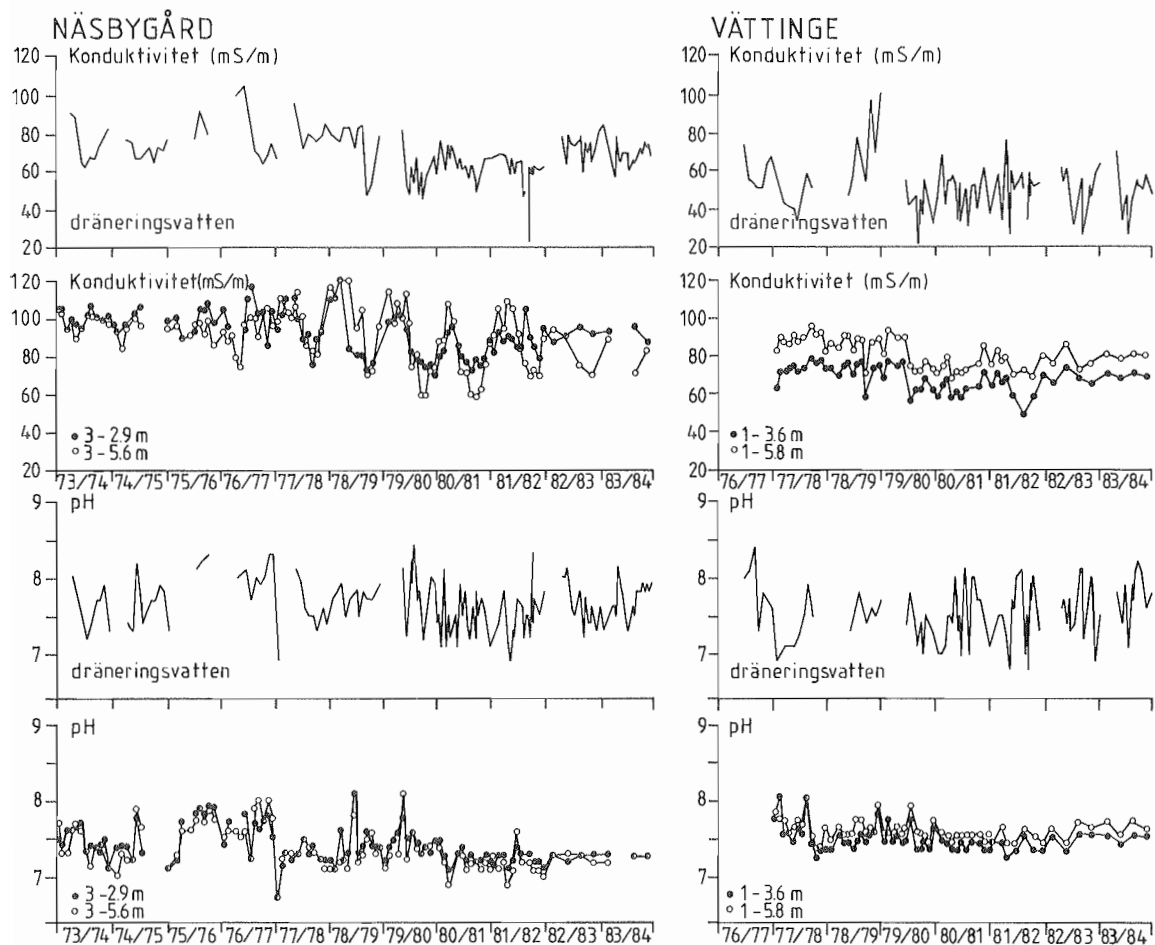


Fig. 8. Tidsvariation av konduktivitet och pH i dräneringsvattnet och i grundvattnet på olika djup. Variation with time of conductivity and pH in the drainage water and in the groundwater at different depths.

jord.

Fosforsituationen var likartad för Näsbygård och Vättinge 1978 (tabell 2). Den lättillgängliga P-AL-fosfor i matjorden låg i en högre klass på Näsbygård än på Vättinge. Skillnaden kan vara orsakad av fosforgödslingen hösten innan.

I dessa lerjordar är ett högt kaliuminnehåll väntat. Vättinge-jorden bör vara och var rikare på kalium än Näsbygård på grund av högre lerhalt.

### Halter av kväve, fosfor och kalium

Nitrathalterna i Näsbygårds dräneringsvatten når regelbundet en topp under senhösten-förvintern (fig. 10). Mineraliskt kväve ansamlas eller har ansamlats i profilen och sköljs ut med den stora avrinningen. Fosfor- och kaliumhalterna är i allmänhet mycket låga och de verkar inte påverkas av avrinningssituationen eller gödslingen.

Vättinge-fältets nitrathalter följer ett mer oregelbundet mönster. Topparna inträffar oftast vid högvattenflöden efter torrare perioder. Det är intressant att notera de höga topparna på våren 1979, sommaren 1981 och våren 1983. Den förstnämnda toppen berodde nog till största delen på markens mineralkväveförråd (cf. fig. 9). Sommaren 1981 var troligen stallgödselkväve starkt bidragande och våren 1983 handelsgödsel

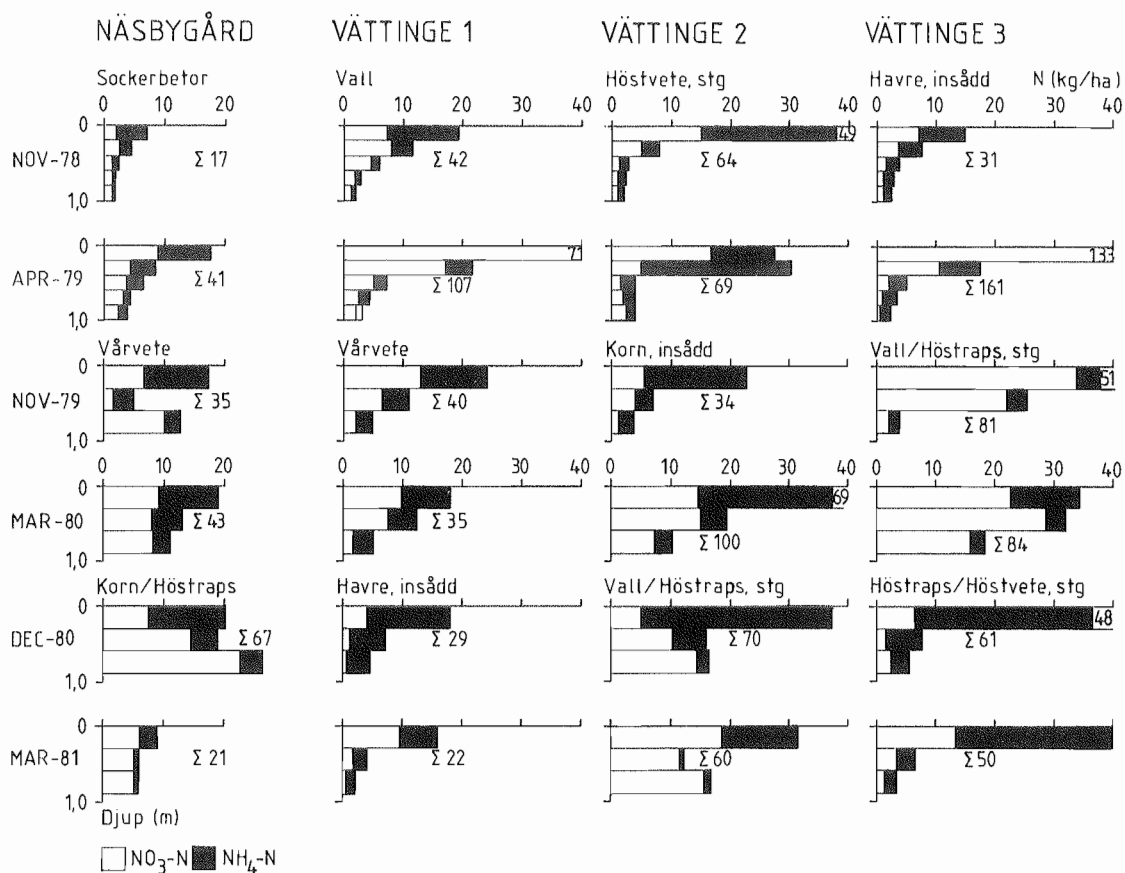


Fig. 9. Kväveprofiler under tre år. På Näsbygård har värdena för 5-6 provpunkter slagits ihop till ett värde. På Vättinge, som är uppdelat i tre skiften, har värden slagits samman för 2-3 provpunkter per skifte. Stg, stallgödsel. Nitrogen in the soil during a 3-year period. At Näsbygård the values of 5-6 sampling points were pooled into one value. At Vättinge, which is divided in three parts, the values of 2-3 sampling points were pooled into one value for each part. Stg, farmyard manure.

Tabell 2. Lättillgänglig fosfor och kalium (P-AL och K-AL) och fosfor- och kaliumförråd (P-HCl och K-HCl) hösten 1978. För klasserna I-V och 1-5 är värdet fem den högsta halten. *Easily available phosphorus and potassium (P-AL and K-AL) and bound P and K (P-HCl and K-HCl) in the autumn 1978. In classes I-V and 1-5 the value V or 5 is the highest content.*

Försöksfält	Skikt (cm)	P-AL	P-HCl	K-AL	K-HCl
Näsbygård	0-20	III	3	III	3
	20-100	II	2	III	3
Vättinge	0-20	II	3	IV	3
	20-100	III	3	IV	4

kväve.

Vättinges fosfor- och kaliumhalter i dräneringsvattnet ligger i allmänhet på en högre nivå än Näsbygårds.

Stallgödselspridningen i kombination med ett kuperat fält som främjar ytavrinning kan vara förklaringen. Dessutom har alven på Vättinge en högre näringsstatus än på Näsbygård.

Nitrathalterna i grundvattnet på Näsbygård har sjunkit under våtåren från 1977 fram till torråret 1983 (fig. 11). Utspädning och/eller nitratreduktion kan vara orsak till detta. Grundvattnet på Vättinge-fältet verkar ha varit bäst skyddat mot nitratföroreningar, vilket även syns i fig. 7b och f.

Lerans förmåga att hålla kvar vatten och näringsämnen märks vid en jämförelse med sandiga jordar (Brink & Gustavsson 1984). Stor nederbörd på sandjord leder till snabbare och kraftigare avrinning och ökande växtnäringsläckage.

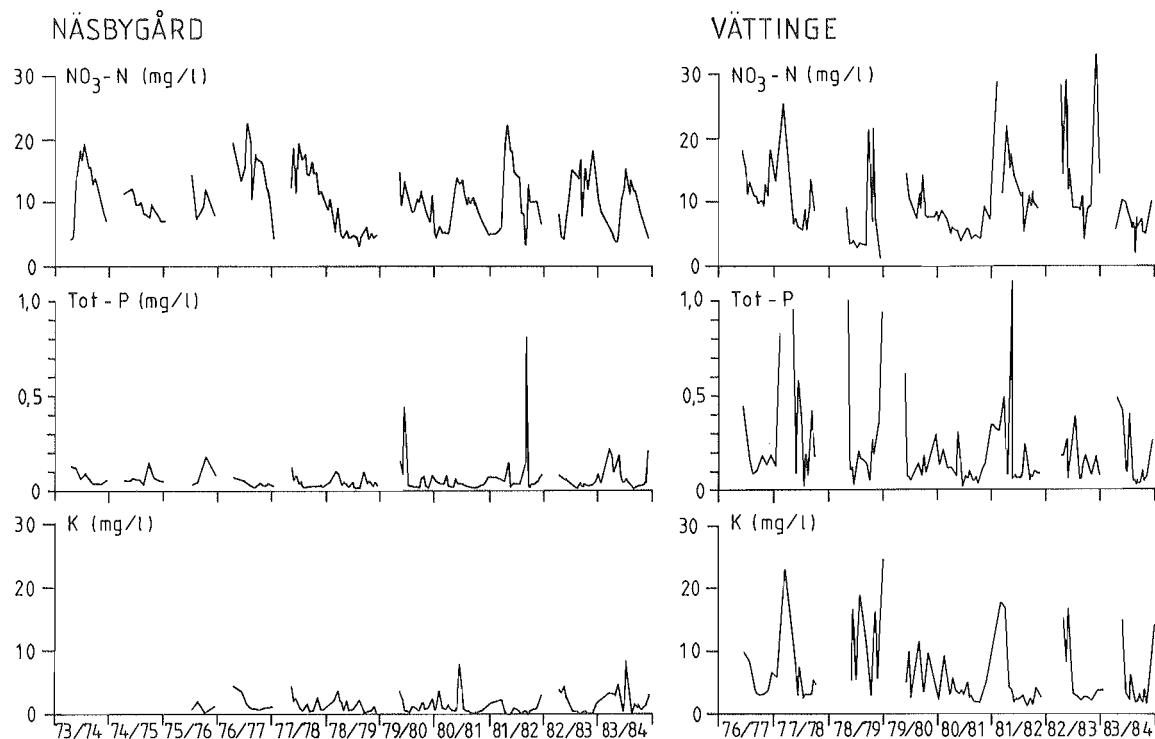


Fig. 10. Kväve, fosfor och kalium i dräneringsvattnet. *Nitrogen, phosphorus and potassium in the drainage water.*

Tabell 3. Transport av växtnäringsämnen med yt- och dräneringsvatten (kg/(ha.år)). *Transport of nutrients by surface and drainage water (kg/(ha.a)).*

År	Tot-N	Tot-P	K	Tot-N	Tot-P	K
	NÄSBYGÅRD			VÄTTINGE		
73/74	34	0,15	-	-	-	-
74/75	35	0,20	-	-	-	-
75/76	2	0,01	-	-	-	-
76/77	44	0,08	3	26	0,22	9
77/78	34	0,07	2	20	0,79	10
78/79	14	0,13	2	22	0,23	12
79/80	21	0,27	2	16	0,21	6
80/81	68	0,19	10	35	0,53	21
81/82	59	0,43	3	55	1,06	11
82/83	43	0,11	3	42	0,47	9
83/84	27	0,12	7	24	0,48	10
Medeltal <sup>a</sup>	39	0,17	4	30	0,49	11
	SKOTTORP			KÄRRDALA		
Medeltal <sup>a</sup>	54	0,07	22	72	1,3	87
	SVERIGE <sup>b</sup>			S. SVERIGE <sup>c</sup>		
Medeltal <sup>a</sup>	24	0,36	14	49	0,52	31

<sup>a</sup>76/77-83/84. <sup>b</sup>Tolv stationer. <sup>c</sup>Fyra stationer.

### Förluster av kväve, fosfor och kalium

För både Näsbygård och Vättinge ledde de våta vintrarna 1980/81-1982/83 till stora kväveförluster (fig. 12 och tabell 3). Även under torrare vintrar blev det stora förluster under den månad som hade störst avrinning.

Fosforförlusterna är små från Näsbygård och betydligt större från Vättinge, där mycket stallgödsel spreds på hösten 1981 (se tabell 1). Samma höst blev fosfor- och kväveförlusterna stora under perioder med regn. Detta bör kunna sättas i samband med gödselspridningen. Förlusten av  $PO_4$ -P är inte särskilt stor under någon period.

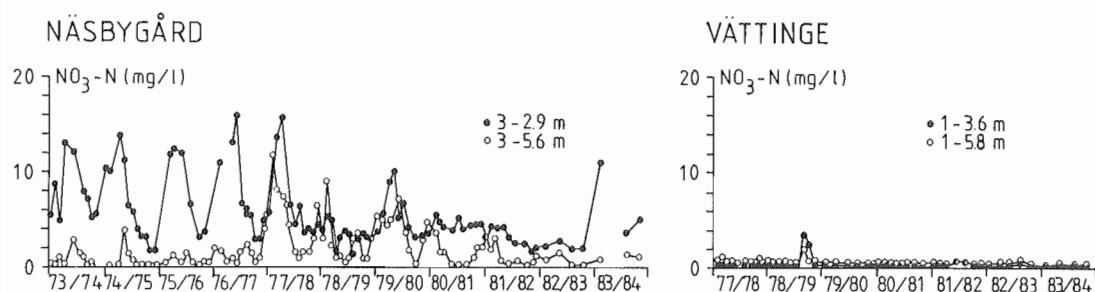


Fig. 11. Nitrathalten i grundvattnet på olika djup. *Nitrate content in the groundwater at different depths.*

Förlusterna av kalium är små från dessa kaliumfixerande jordar.

Om man jämför utlakningen av kväve, fosfor och kalium med årsnederbörd och årsavrinning får sambanden olika förklaringsgrad för de båda fälten (tabell 4 och fig. 13). Vättinge har lägre korrelationskoefficienter  $r$  för kväve och fosfor än Näsbygård. Förklaringen till detta är troligen långsammare vattenrörelser i Vättinge-fältet. Fosfor är inget lätttrörligt ämne och nitrat kan reduceras. Kaliumförlusterna, som är små för bägge fälten, visar den högsta korrelationen för avrinningen från Vättinge-fältet. Det kan bero på att kalium har transporterats med ytvatten.

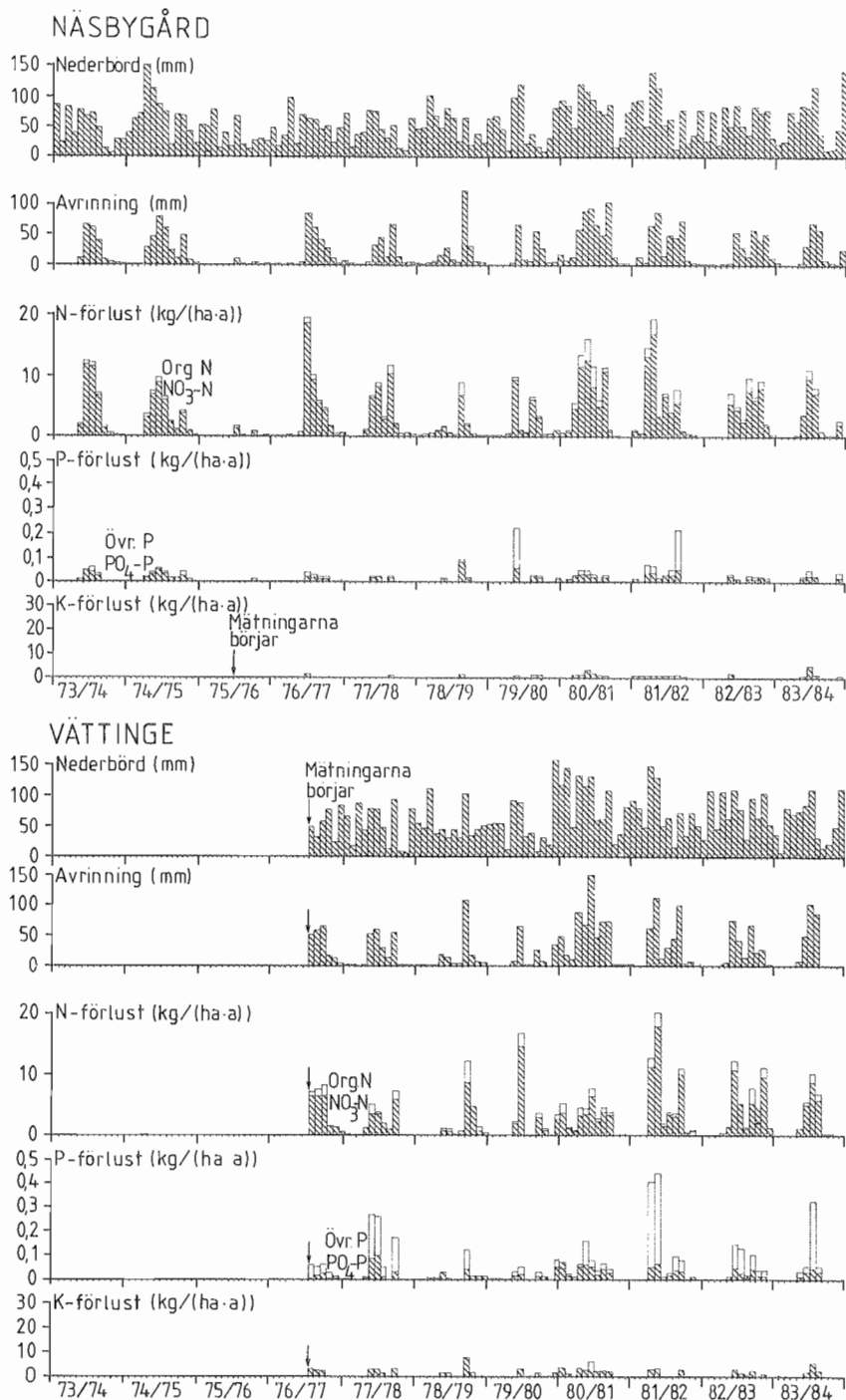


Fig. 12. Nederbörd, avrinning och förlust av kväve, fosfor och kalium. *Precipitation, water discharge and losses of nitrogen, phosphorus and potassium.*

Tabell 4. Värderna på konstanterna i regressionslinjen  $y = kx+l$  jämte korrelationskoefficient  $r$ . Values of constants of regression line  $y = kx+l$  and correlation coefficient  $r$ .

Ämne	Näsbygård			Vättinge		
	$k$	$l$	$r$	$k$	$l$	$r$
<b>Nederbörd-utlakning. Precipitation-leaching.</b>						
N	0,096	-28,0	0,79	0,054	-9,95	0,68
P	0,00048	- 0,15	0,65	0,00066	0,01	0,36
K	0,015	- 6,10	0,72	0,019	-3,05	0,70
<b>Avrinning-utlakning. Discharge-leaching.</b>						
N	0,137	0,54	0,90	0,060	13,96	0,61
P	0,00049	0,04	0,55	0,001	0,21	0,48
K	0,015	- 0,14	0,66	0,028	3,37	0,85

Korrelationskoefficienten var i allmänhet högre för de sandjordar som har jämförts på samma sätt (Brink & Gustavsson 1984). Sandjordarna skiljer sig från lerjordarna även på ett annat sätt, nämligen genom att de hade starkare samband för fosfor och kalium än för kväve om man ser till avrinningen. För lerjordarna är det nära nog tvärtom. Sambanden är genomgående starkare för kväve än för fosfor och i fallet Näsbygård även för kalium.

Låg lerhalt och stallgödselspridning under hösten verkar vara viktiga orsaker till växtnäringsförlusterna från åkermark i södra Sverige. Detta överensstämmer med det material som presenterades i inledningen.

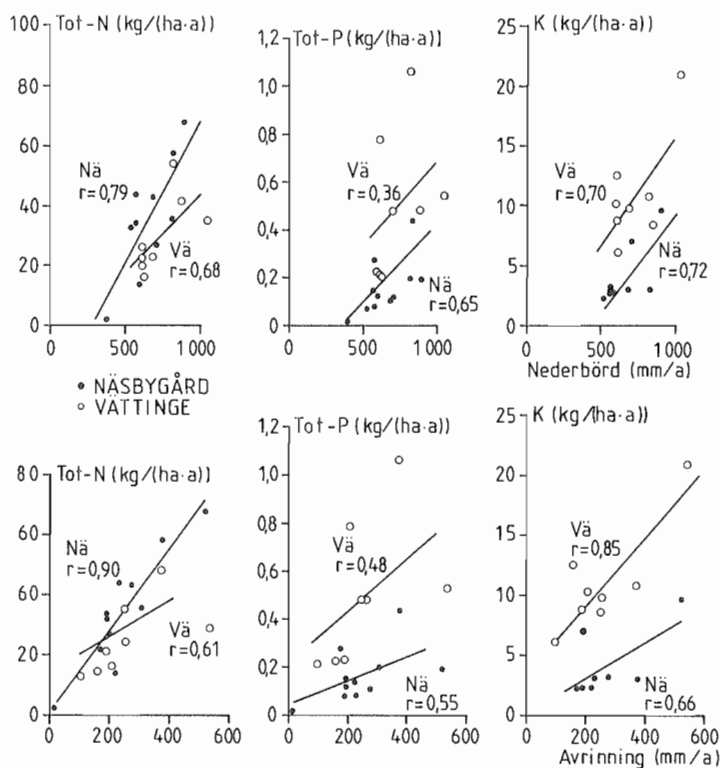


Fig. 13. Regressioner av kväve-, fosfor- och kaliumförlusterna på årsnederbörden och årsavrinningen. Regressions of losses of nitrogen, phosphorus and potassium on precipitation and discharge.

## SAMMANFATTNING

Två skånska fält med lerjordar har karakteriserats och jämförts. Näsbygård är en moränlera (drygt 15 % lerhalt) med obetydlig stallgödseltillförsel och handelsgödselgivor enligt de allmänna rekommendationerna. Vättinge är en sedimentär lera (ca 40 % lerhalt) som har fått mycket flytgödsel och något dämpad handelsgödseltillförsel. Dessa två lerjordar har även jämförts med två sydsvenska sandjordar, som har beskrivits i en tidigare uppsats.

Avrinningen från de två lerjordarna är lägre än från sandjordarna vid lika nederbörd. Både Näsbygård och Vättinge är inströmningsområden där jonstyrkan ökar med djupet. Ökningen av jonstyrkan under torråren i mitten av 1970-talet ändrades till en minskning de följande åren på grund av utspädning.

Våtåren 1980/81-1982/83 ledde till stora kväveförluster. Förlusterna under denna period var 30 % större för Näsbygård än för Vättinge. På Vättinge var stallgödseltillförseln betydligt större, men den styvare och mer homogena leran har gjort kväveförlusterna måttliga, troligen på grund av långsammare vattenrörelser och nitratreduktion. Mer kväve lakades ut från sandjordarna.

Fosforförlusterna var obetydliga från Näsbygård, liksom från den sandjord som endast tillfördes små mängder stallgödsel. De jordar som hade tillförts mycket stallgödsel förlorade avsevärt mer fosfor.

Kaliumförlusterna låg på en åtskilligt lägre nivå för de kaliumfixerande lerjordarna än för sandjordarna. Även för kalium var förlusterna större från fälten med stallgödsel.

Sambandet mellan avrinning och växtnäringsläckage var bäst för kväve hos lerjordarna. Sandjordarna hade i allmänhet ett bättre samband mellan avrinning och växtnäringsläckage, speciellt för fosfor och kalium.

## REFERENSER

- Brink, N. 1978. Kväveutlakning från odlingsmark. *Ekohydrologi* nr 2, 31-39.
- Brink, N. 1981. Förurning av grundvatten på åker. *Ekohydrologi* nr 8, 3-13.
- Brink, N. & Jernlås, R. 1982. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. *Ekohydrologi* nr 12, 3-14.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* nr 1, 3-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi* nr 4, 7-57.
- Brink, N. & Gustavsson, A. 1984. Förluster av växtnäring från sandjord. *Ekohydrologi* nr 17, 15-29.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die Chemische Bodenanalyse. *Kungl. Lantbr.högsk. Ann.*, 199-215.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1980. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. *Ekohydrologi* nr 6, 3-20.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. *Ekohydrologi* nr 13, 21-33.
- Letey, J., Blair, J.W., Devitt, D., Lund, L.J. & Nash, P. 1977. Nitrate-nitrogen in effluent from agricultural tile drains in California. *Hilgardia* 45, 289-319.
- Lind, A.-M. & Christensen, S. 1983. Denitrifikation og nitratreduktion. - I: Hansen, J. & Kyllingsbaek, A. (red.). *Kvaelstof og planteproduktion. Tidsskr. Planteavl's Specialserie, beretning nr S 1669*, 18-25.
- Lind, A.-M. & Pedersen, M.B. 1976. Nitrate reduction in the subsoil. II og III. *Tidsskr. Planteavl* 80, 82-106.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävet's rörelse och fördelning i



marken. Rapp. nr 137. Växtnäringslära. SLU.  
Lund, L.J., Adriano, D.C. & Pratt, P.F. 1974. Nitrate concentrations in  
deep soil cores as related to soil profile characteristics. J.  
Environ. Qual. 3, 78-82.  
SIS, 1976. Bestämning av nitrit- och nitratkoncentrationer i vatten. Nr  
02 81 33.



# VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER FRÅN ÅKER PÅ UPPSALASLÄTTEN

*Nutrient Losses from Arable Land in the Region of Uppsala*

Arne S. Gustavsson, Berit Tomassen och Björn Wiksten

**Abstract.** In order to support the representativity of the experimental field at Sandbro, situated 20 km north of Uppsala, water samples were taken at a number of fields in the region of Uppsala. The samples were taken during the agrohydrological years (July-June) 1982/83 and 1983/84.

In the first year of the investigation the discharge was very small but was normal in the second year. The surface runoff was dominating during the last year.

The losses of nitrogen and potassium were very small from both the experimental field and the sampling fields. The losses of phosphorus were, however, relatively large compared to the small discharge, which depended upon the great proportion of surface water, especially during the last year. The losses of phosphorus were greater from the experimental field than from the sampling fields.

Concerning the contents of nitrogen and potassium, the experimental field at Sandbro is representative of the investigated region. Concerning the contents of phosphorus, the deviations between the experimental field and the sampling fields are, however, great and therefore Sandbro is not representative of the region in that respect.

## INLEDNING

Vid avdelningen för vattenvård vid Sveriges lantbruksuniversitet pågår försök för att klarlägga storleken av växtnäring förlusterna till yt-

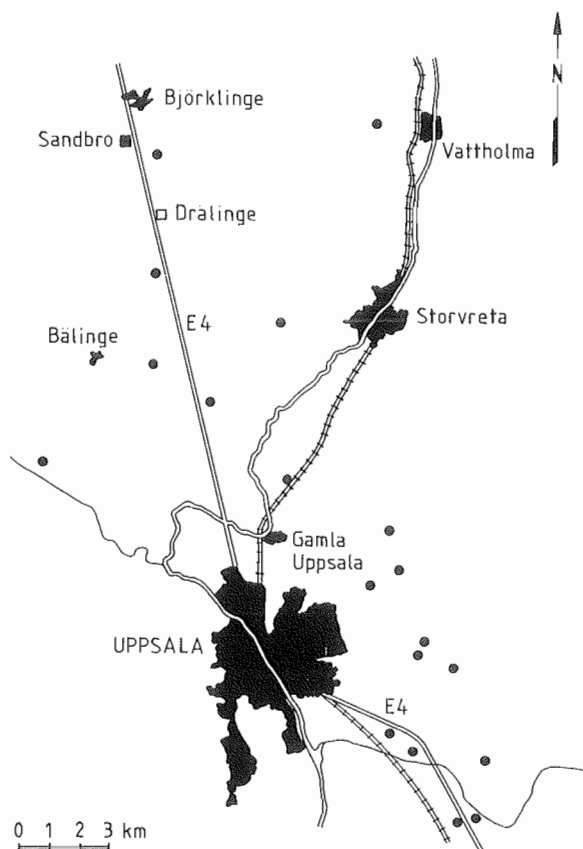


Fig. 1. Provpunkternas läge. The locations of the sampling stations. ● åkerskifte sampling field, ■ för söksfält experimental field, □ nederbödsstation precipitation station.

Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel, bevattning och skörd på försöksfältet. *Crops, fertilizers, manure, irrigation and yield at the experimental field.*

År	Gröda <sup>a</sup>	Handelsg. (kg/ha)			Stallg. (t/ha)		Bevattn. (mm)	Skörd (t/ha)
		N	P	K	Fast	Flyt		
1975	Havre	104	0	0	0	0	0	4,4
1976	Höstvete	130	18 <sup>b</sup>	0	0	0	0	3,6
1977	Höstvete	40 <sup>b</sup> +130	12 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	0	0	35	4,6
1978	Korn	90	27	27	0	0	0	4,9
1979	Höstvete	130	12	12	0	0	0	4,5
1980	Korn	80	35	65	0	0	0	4,2
1981	Vårraps	120	30	48	0	0	25	3,0
1982	Vårvete	117	27	0	0	0	0	4,1
1983	Korn	104	24	0	0	0	0	6,0

<sup>a</sup> *Crops*: havre *oats*, höstvete *winter wheat*, korn *barley*, vårraps *spring rape*. <sup>b</sup> Gödsling hösten innan. *Fertilizing last autumn.*

och grundvatten från åkermark under ordinär jordbruksdrift. För detta ändamål finns för närvarande tretton försöksfält anlagda i olika delar av landet (Brink, Gustafson & Persson 1978, 1979). Dessa försöksfält ingår i naturvårdsverkets PMK-program (program för övervakning av miljö-kvalitet) där långsiktiga förändringar av kvaliteten hos yt- och grundvatten registreras. Ett av dessa försöksfält är beläget på Sandbro säteri två mil norr om Uppsala.

Frågan om fältens representativitet är grundläggande. För att klarlägga Sandbro-fältets representativitet provtogs avrinnande vatten från ett antal åkerskiften i Uppsala-regionen. Undersökningen genomfördes under de agrohydrologiska åren (juli-juni) 1982/83 och 1983/84.

Liknande undersökningar har tidigare gjorts i Skåne och Halland (Gustafson & Hansson 1980), i Västergötland och Östergötland (Gustafson & Gustavsson 1982) och i Södermanland (Ulén 1982).

## MATERIAL OCH METODER

### Provplatser

I samarbete med lantbruksnämnden i Uppsala uttogs 19 täckdikade åkerskiften med aktuella dräneringsplaner. Av dessa skulle klart framgå att endast åkervatten avleds i systemen. Avloppsvatten från boningshus, gödselupplag eller liknande fick ej beröra dem. Vattenprov togs i en dräneringsbrunn eller ett täckdiksesöga. Provpunkternas lägen framgår av fig. 1.

Jordarten på åkerskiftena bestämdes okulärt vid ett av provtillfällena. Den bestod av mellanlera eller mer eller mindre styv lera. Vissa inslag av mjäla förekom. Geologin på Sandbro försöksfält har beskrivits närmare av Brink, Gustafson & Persson (1978, 1979).

### Provtagning och analys

Provtagningen skedde enligt följande:

1982/83: 11 jan, 16 mar, 22 mar, 18 apr.

Tabell 2. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel, bevattning och skörd på åkerskiftena. *Crops, fertilizers, manure, irrigation and yield at the sampling fields.*

Gröda <sup>a</sup>	Handelsgödsel (kg/ha)			Stallg. (t/ha)		Bevattn. <sup>d</sup> (mm)	Skörd (t/ha)
	N	P	K	Fast	Flyt <sup>c</sup>		
<b>Enbart handelsgödsel</b>							
Vall	56-136	0-35	0-65	0	0	0	8-40
Korn	85-104	20-24	0	0	0	0	4,5-5,0
Höstvete	81-160	0-24	0	0	0	0	4,0-6,5
Havre	32-91	18-32	0	0	0	0	3,6-5,0
Väroljeväxter	85-130	20-32	0-48	0	0	0-25	2,7-3,0
Ärter	0-26	0-32	0-32	0	0	0-20	2,0-5,4
Vete	52-130	12-30	0	0	0	0	5,4-5,9
Korn+insädd	94	22	0	0	0	0	
Träda	0	0	0	0	0	0	
<b>Handelsgödsel och stallgödsel</b>							
Vall	136	35	65	0	40	0	8,0

<sup>a</sup> *Crops: ley, barley, winter wheat, oats, spring oil plants, peas, wheat, barley+re-seed, fallow,* <sup>b</sup> *solid manure,* <sup>c</sup> *liquid manure,* <sup>d</sup> *irrigation.*

1983/84: 13 jan, 5 apr, 10 apr, 17 apr.

Samtidigt med provtagningen på åkerskiftena togs prov på försöksfältet. Proven konserverades och analyserades på nitratkväve, ammoniumkväve (endast 1982/83), totalkväve, fosfatfosfor, totalfosfor och kalium. Även pH och konduktivitet mättes innan konservering. Analysmetoderna har beskrivits av Brink *et al.* (1978).

Under det andra försöksåret följde analysen av fosfor ett avvikande schema: En bestämd provvolym filtrerades genom ett torkat och vägt filter (Sartorius 1107 med 0,2 µm porstorlek). Filtret torkades och vägdes ånyo för bestämning av mängden suspenderat material. Det filtrerade vattnet analyserades på fosfatfosfor. Totalfosfor analyserades på ofiltrerat vatten.

### Beräkningar

Medelvärdet för en enskild provlokal beräknades som vägt aritmetiskt medeltal med försöksfältets avrinning under provtagningsdygnet som vägningsfaktor. Näringsämnestransporten beräknades sedan enligt formeln:

$$T = 10^{-2} \cdot A \cdot c$$

där  $T$  är transporten i kg/(ha.år),  $A$  är årsavrinningen i mm på försöksfältet och  $c$  är medelvärdet av alla provpunkters vägda medelhalter i mg/l. Vid beräkning av kväve- och fosforinnehållet i flytgödsel har använts värdena 3,5 N kg/ton respektive 1,0 P kg/ton.

### Nederbörd och avrinning

Nederbördsuppgifter erhöles från SMHI:s kontinuerliga mätningar vid Drä-

Tabell 3. Nederbörd och avrinning vid försöksfältet på Sandbro. *Precipitation and discharge at the experimental field at Sandbro.*

År	Nederbörd (mm)		Avrinning (mm)	
	NOV-APR	Helår	NOV-APR	Helår
75/76	140	377	19	19
76/77	295	488	61	61
77/78	220	563	51	52
78/79	170	513	16	23
79/80	222	589	44	46
80/81	294	799	82	113
81/82	320	755	146	168
82/83	264	551	32	32
83/84	213	572	57	57
75/84 <sup>a</sup>	238	579	56	63

<sup>a</sup>Medelvärde av 9 försöksår.

linge medan avrinningsuppgifterna härrörde från försöksfältet på Sandbro.

### Odlingsåtgärder

Uppgifter om gröda, gödsling och skörd på de aktuella åkerskiftena och försöksfältet inhämtades genom frågeformulär till berörda markägare.

**Försöksfältet.** Gröda, gödsling, bevattning och skörd på försöksfältet framgår av tabell 1. Stråsädesodlingen har dominerat med något enstaka år av oljeväxter. Handelsgödselgivorna har varit normala. Till höstvetete förekom även höstgödsling med kväve, fosfor och kalium. Stallgödsling förekom ej. Bevattning skedde till höstvetete och vårraps. Skördarna har varit i stort sett goda bortsett från det sämre utfallet för höstvetetet under det torra året 1976. Speciellt 1983 var skörden av korn mycket god.

**Åkerskiftena.** Grödan utgjordes till största delen av stråsäd. Gödslingen varierade mellan skiftena men låg på en genomsnittligt normal nivå (tabell 2). Höstgödsling med kväve förekom till höstvetete. Stallgödsling förekom sällan och skedde enbart till vall. Bevattning förekom till våroljeväxter och ärter.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

### Nederbörd och avrinning.

Årsnederbörden under de två försöksåren 1982/83 och 1983/84 var obetydligt lägre än genomsnittet för en nioårsperiod (tabell 3). Vinternederbörden (NOV-APR) utgjorde knappt hälften av årsnederbörden. Nederbörden var relativt jämnt fördelad över åren men med en markant topp i sep 1983 (fig. 2). Avrinningen uppgick till 32 mm resp. 57 mm.

Den återspeglade ej nederbörden. Avrinningen skedde nästan enbart under våren när nederbördstalen var relativt låga. Detta har varit fallet

Tabell 4. Vägda medelhalter samt avvikelsen i halter mellan Sandbro försöksfält och åkerskiftena. (Värden i mg/l.). *Weighed mean contents and the deviation in contents between Sandbro and the sampling fields.* (Values in mg/l.)

År	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Tot-N	PO <sub>4</sub> -P	Övr-P	Tot-P	Susp.	K
<b>Sandbro</b>								
1982/83	1,90	0,01	2,51	0,058	0,447	0,505	-	2,9
1983/84	1,12	-	2,27	0,352	0,207	0,559	39	1,7
<b>Åkerskiftan</b>								
1982/83	2,73	0,11	4,39	0,108	0,050	0,158	-	2,0
1983/84	2,40	-	3,45	0,107	0,082	0,189	22	2,1
<b>Avvikelse</b>								
1982/83	-0,83	-0,10	-1,88	-0,050	+0,397	+0,347	-	+0,9
1983/84	-1,28	-	-1,18	+0,245	+0,125	+0,370	+17	-0,4

även tidigare år på Sandbro (tabell 3). Bortsett från de två våta åren 1980/81 och 1981/82 har avrinningen varit koncentrerad till perioden nov-apr med tyngdpunkten på månaderna mars och april.

I relation till nederbörden är avrinningen på Sandbro mycket låg. Tro- ligen sammanhänger detta med speciella förhållanden på fältet. Dräne- ringsvatten rinner ej av förrän grundvattenytan stigit till i nivå med dräneringsledningarna, vilket sker ganska sällan. Detta inträffade dock under de nederbördsrika åren 1980/81 och 1981/82. Däremot uppkommer yt- vattenavrinning relativt lätt trots att fältet är flackt. Detta var fal- let under de två sista försöksåren och särskilt det allra sista. Vattnet rann då av under mycket korta tidsperioder. Under två veckor i april skedde 80 % av årsavrinningen.

## Kväve

**Åkerskiftena.** Nitratet var den dominerande kvävefraktionen och utgjorde knappt 70 % av totalkvävet (tabell 4). Halterna var låga och allra lägst det sista året beroende på det större inslaget av ytvatten i avrinningen (fig. 3).

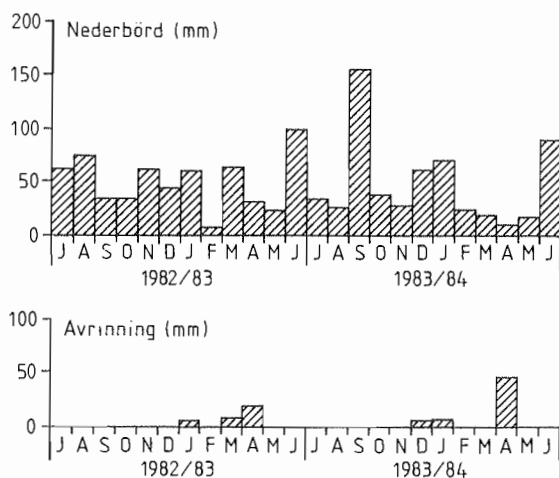


Fig. 2. Nederbörd och avrinning på Sandbro försöksfält. *Precipitation and discharge at Sandbro experi- mental field.*

Jordarten på skiftena bestod av mellanlera resp. styv lera. Någon koppling mellan jordarter och halter kunde inte göras. Ej heller tycktes halterna påverkas av grödan och gödningen.

Analys av ammoniumkväve gjordes endast det första året. Halterna var låga och utgjorde en ringa del av totalkvävet.

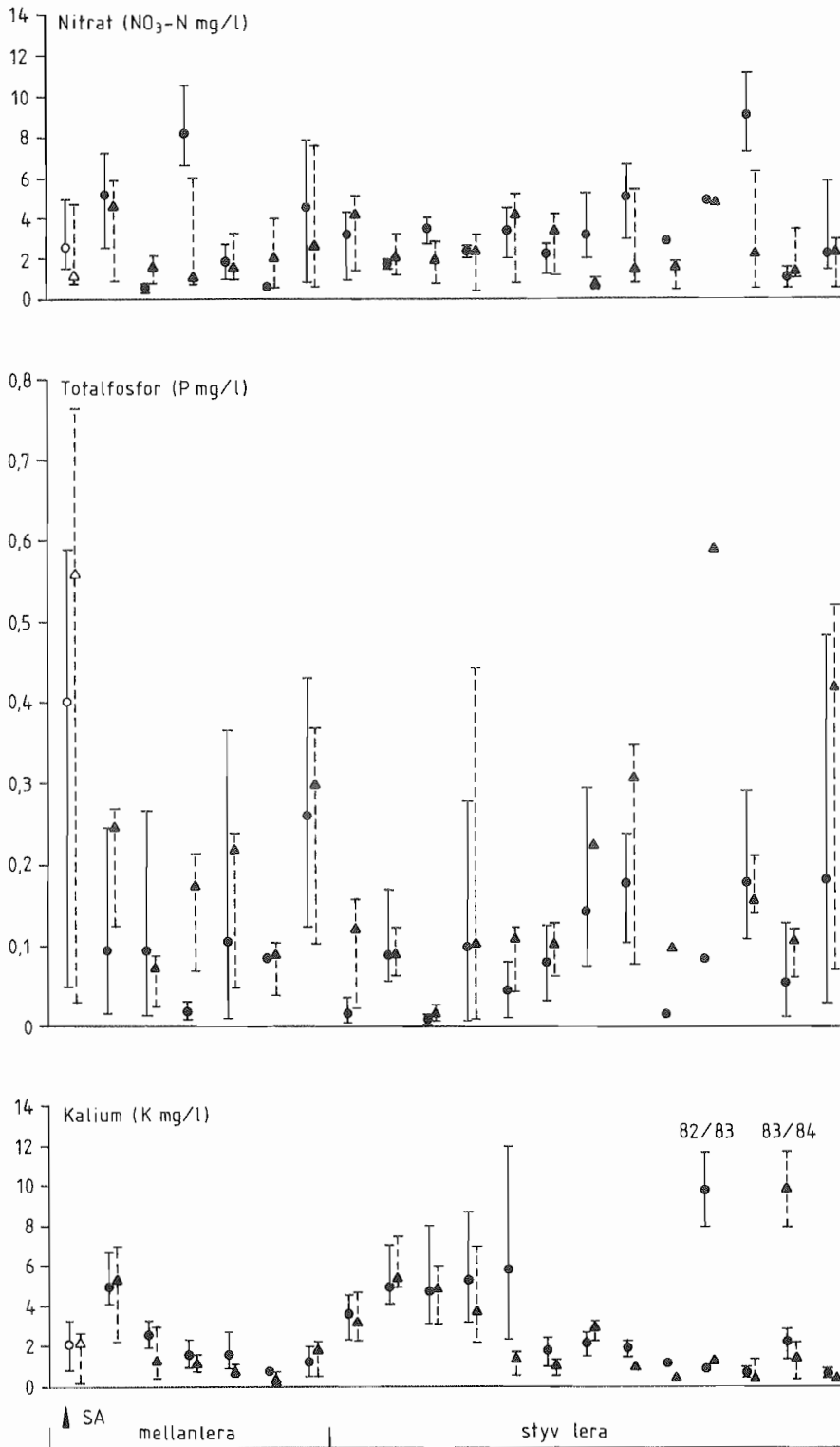


Fig. 3. Vägsda medelhalter av nitrat, totalfosfor och kalium samt deras variationsbredd. *Weighed mean contents of nitrate, total phosphorus and potassium and their range.*



**Försöksfältet.** Halterna var något lägre än genomsnittet för åkerskiftena. Sett i ett längre tidsperspektiv var halterna för de senaste två åren de lägsta någonsin på försöksfältet (fig. 4). Enda undantaget var torråret 1975/76. Sedan 1976/77 har halterna stadigt minskat. Vissa säsongvariationer har dock förekommit. Halterna har i allmänhet varit lägst under våravrinningarna i mars-april beroende på den större andelen ytvatten. Det sista försöksåret dominerade ytvattenavrinningen på försöksfältet.

**Transport från åkerskiftena.** Vid beräkningen av transporten från åkerskiftena användes avrinningsvärden från Sandbro. På grund av de speciella avrinningsförhållanden som råder på försöksfältet kan det vara tveksamt huruvida dessa data skall användas för transportberäkning för åkerskiften inom den undersökta regionen. Eftersom det dock icke finns till-

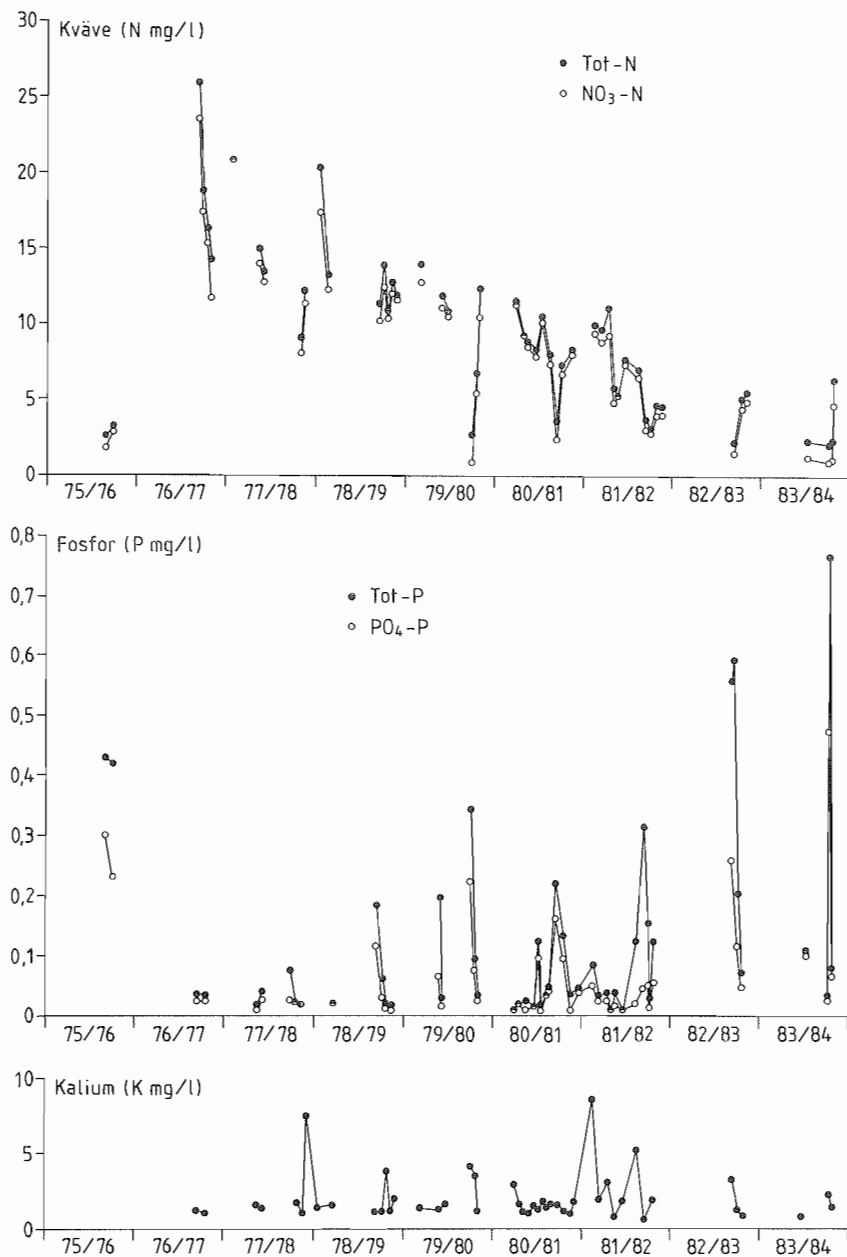


Fig. 4. Halter av kväve, fosfor och kalium i avrinnande vatten på Sandbro försöksfält. *Contents of nitrogen, phosphorus and potassium in the discharge at Sandbro experimental field.*

Tabell 5. Transport av kväve, fosfor kalium och suspenderat material på Sandbro försöksfält och åkerskiftena. (Värden i kg/(ha.år).) *Transports of nitrogen, phosphorus, potassium and suspended material at Sandbro and the sampling fields. (Values in kg/(ha.a).)*

År	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Tot-N	PO <sub>4</sub> -P	Övr-P	Tot-P	Susp.	K
<b>Sandbro</b>								
1982/83	0,6	0	0,8	0,02	0,14	0,16	-	0,9
1983/84	0,6	-	1,3	0,20	0,12	0,32	22	1,0
1975/84 <sup>a</sup>	4,6	-	5,2	0,06	0,04	0,10	-	0,9
<b>Åkerskiftan</b>								
1982/83	0,9	0,03	1,4	0,03	0,02	0,05	-	0,6
1983/84	1,4	-	2,0	0,06	0,05	0,11	13	1,2

<sup>a</sup>Medelvärde av 9 försöksår.

gång till andra data och att det primära är jämförelsen i halterna mellan försöksfältet och skiftena gjordes ändå beräkningen.

Avrinningen under de två försöksåren var liten, varför även förlusterna blev mycket små (tabell 5). De var klart mindre än det beräknade genomsnittsvärdet för Mellansverige, vilket är 12 kg/(ha.år) (Brink 1982).

**Transport från försöksfältet.** Eftersom en jämförelse gjordes mellan åkerskiftan och försöksfält i denna undersökning beräknades transporten på det sätt som angivits tidigare. Detta är ej den normala beräkningsmetoden för PMK-fälten, vilket förklarar de eventuella små skillnader i transportvärden som kan föreligga för de aktuella åren mellan denna redogörelse och andra publikationer.

Kväveförlusterna var mycket små även från försöksfältet (tabell 5). De var klart mindre än genomsnittsförlusten från fältet under en nioårsperiod. Enda året med lägre förlustsiffror än de två sista var torråret 1975/76.

## Fosfor

**Åkerskiftena.** Variationen i halter var stor både mellan skiftena och provtillfällena (fig. 3). Det sista året hade de högsta halterna, vilket berodde på att ytavrinningen var betydande. Medelhalten av fosfatfosfor var lika båda åren medan andelen övrig fosfor var större sista året (tabell 4). Den övriga fosfor var till största delen partikelbunden.

Haltvariationerna mellan provtillfällena var betydande. Totalfosforhalterna var högst när avrinningen var som störst. Detta inträffade i mars första året och i början av april det andra året. Många skiften hade höga fosfathalter vid det första provtillfället på våren. Detta var fallet båda åren. Eftersom vintrarna var snöfattiga berodde detta möjligen på någon form av utfrysning av fosfor från markytan.

Något direkt samband mellan fosforhalter och grödan resp. gödslingen kunde inte påvisas. Stallgödsel användningen var liten.

**Försöksfältet.** Även på försöksfältet var variationen i halter mycket stor (fig. 3). Sista året hade de högsta halterna. Ytvattenavrinningen var då dominerande. Båda åren hade försöksfältet klart högre fosforhalter än åkerskiftena. Speciellt gäller detta den övriga fosfor, men det

sista året var även fosfathalterna högre (tabell 4).

I fig. 4 visas hur fosforhalterna varit på Sandbro allt sedan starten. Åren direkt efter torråret 1975/76 var halterna låga men sedan har de stigit successivt och de två sista åren hade de högst uppmätta halterna någonsin. Dessa sista år har också ytvattenandelen varit stor i avrinningen. Noteras kan att antalet provtillfällen varje år varit litet. De nederbördsrika åren 1980/81 och 1981/82 hade dock avrinning under en större del av året. De högsta halterna uppmättes nästan samtliga år vid det första provtillfället under våravrinningen. Andelen övrig fosfor var då speciellt stor.

**Transport från åkerskiftena.** Med avrinningsdata från Sandbro blev de beräknade förlusterna små från åkerskiftena (tabell 5). Det sista året var förlusten något högre än året innan.

**Transport från försöksfältet.** Fosforförlusterna från Sandbro var större än från skiftena. Med den tidigare beskrivna beräkningsmetoden var transporten 0,16 resp. 0,32 kg/(ha.år) för de båda försöksåren (tabell 5). Detta var högre än medelförlusten från fältet under en nioårsperiod. Speciellt fosfatförlusten var betydande 1983/84. Den uppgick till 0,20 kg/(ha.år) mot 0,06 kg/(ha.år), vilket är genomsnittsvärdet för samtliga år.

Förhållandena som rådde under vintern och våren var mycket speciella. Orsaken var möjligen utfrysningen av fosfor från markytan under vintern kombinerad med den mycket kraftiga ytavrinningen under våren.

Transporten av suspenderat material var större på försöksfältet än på skiftena (tabell 5).

## Kalium

**Åkerskiftena.** Halterna var låga och variationen mellan skiftena var liten (fig. 3). Dock hade sex skiften i den södra delen av undersökningsområdet något högre halter än de övriga. Någon skillnad mellan åren förelåg ej.

**Försöksfältet.** Även på försöksfältet var halterna låga (fig. 3) och avvek ej från de som tidigare uppmätts (fig. 4).

**Transport från åkerskiftena.** Kaliumförlusterna var mycket små (tabell 5). De uppgick till ca 1 kg/(ha.år) båda åren.

**Transport från försöksfältet.** Även förlusterna från Sandbro var mycket små och överensstämde väl med medeltransporten för alla år på försöksfältet (tabell 5).

## Konduktivitet och pH

Konduktiviteten varierade mellan provtillfällena, vilket sammanhänger med hur stor ytvattenandelen var i avrinnande vatten. Genomsnittsvärdena för varje provomgång var som följer (värden i  $\mu\text{s}/\text{m}$ ):

1982/83: 56 (11 jan), 15 (16 mar), 58 (22 mar), 52 (18 apr)

1983/84: 26 (13 jan), 14 (5 apr), 20 (10 apr), 52 (17 apr).

Av sammanställningen framgår att värdena var betydligt lägre det andra året, vilket berodde på att ytvatteninslaget var störst då. Speciellt låga var värdena i början av april när bara ytvatten rann av. När sedan tjälen försvann i slutet av månaden kunde vattnet perkolera med en ök-

ning av salthalten som följd. Provomgångar med låga konduktivitetvärden hade höga fosforhalter.

De uppmätta pH-värdena låg inom intervallet 3,8-8,0 med de flesta värdena omkring 7. Tre åkerskiften avvek dock genom klart lägre pH-värden. Medianvärdena för dessa skiften låg inom intervallet 4,6-5,0.

Skiftena ligger relativt nära varandra inom den södra delen av undersökningsområdet. Orsaken till de låga pH-värdena får troligen sökas i jorden.

Surt nedfall kan inte förklara, ty intilliggande skiften hade normala värden.

### Representativitet

Eftersom de årsvisa variationerna kan vara stora bör minst två års provtagningar göras för en bedömning av ett försöksfälts representativitet. De två år provtagning skedde var inte direkt några "normalår". Året 1982/83 var torrt med en avrinning under genomsnittet medan året därpå hade en avrinning överensstämmande med medelvärdet för samtliga år på försöksfältet. Detta sista år var dock speciellt i och med att ytvattenavrinningen var så dominerande.

En jämförelse kan göras mellan uppmätta halter av växtnäringsämnen på åkerskiftena och på försöksfältet (tabell 4). Vad gäller kväve och kalium var skillnaderna små mellan skiftena och försöksfältet. Sandbro får därför sägas vara väl representativt för den undersökta regionen vad gäller dessa ämnen.

Beträffande fosforhalterna var däremot avvikelserna betydande. Försöksfältet hade klart högre halter än regionen som helhet, vilket framgår av fig. 3 och tabell 4. Båda åren var avvikelserna i totalfosforhalt ungefär densamma. Avvikelsen för övrig fosfor var dock klart större under första året än under det andra. Däremot hade försöksfältet lägre fosforhalter än åkerskiftena under 1982/83 men högre halter under 1983/84. Det är tydligt att fosforhalterna kan svänga kraftigt år från år. I en tidigare undersökning av Joelsson (1981) uppmättes också mycket höga fosforhalter i ytavrinnande vatten på fältet och erosionens betydelse påpekades.

Med de två undersökningsåren som bedömningsgrund kan ej försöksfältet sägas vara representativt för den undersökta regionen vad gäller fosforförlusterna.

### SAMMANFATTNING

För att belägga representativiteten hos försöksfältet på Sandbro säteri två mil norr om Uppsala togs prov på avrinnande vatten från ett antal täckdikade åkerskiften i uppsalaregionen. Proven togs under de agrohydrologiska åren (juli-juni) 1982/83 och 1983/84.

Första försöksåret hade mycket liten avrinning medan det andra året hade för försöksfältet normal avrinning. Ytvattenavrinningen dominerade sista året.

Förlusterna av kväve och kalium blev mycket små från både försöksfältet och åkerskiftena. Däremot var fosforförlusterna relativt stora i förhållande till den totalt sett låga avrinningen. Detta berodde på den stora andelen ytvatten speciellt det sista året. Fosforförlusterna från försöksfältet var större än från åkerskiftena.

Beträffande halterna av kväve och kalium kan försöksfältet på Sandbro säteri sägas vara representativt för den undersökta regionen. Vad gäller fosforhalterna är däremot avvikelserna mellan fältet och åkerskiftena för stora för att fältet kan sägas representera regionen.

## REFERENSER

- 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.
- Brink, N. 1982. Measurement of mass transport from arable land in Sweden. *Ekohydrologi* nr 12, 29-36.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1980. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. *Ekohydrologi* nr 6, 3-20.
- Gustafson, A. & Gustavsson, A.S. 1982. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. *Ekohydrologi* nr 10, 3-26.
- Joelsson, A. 1981. Ytavspolning av fosfor från åkermark. *Ekohydrologi* nr 8, 23-29.
- Ulén, B. 1982. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. *Ekohydrologi* nr 10, 27-37.



# DRICKSVATTENKVALITET I UPPSALAREGIONEN

*Drinking Water Quality in the Region of Uppsala*

Christina Lindgren, Margaretha Wahlberg och Arne S. Gustavsson

**Abstract.** An investigation 1984 of the quality of drinking water in 59 private wells east of Uppsala revealed that deep wells had lower average concentrations of nitrate than shallow ones. In the northern part of the investigated area, where wooded ground was dominating, the concentrations were low. The southern part consisting of arable land had high concentrations. Several deep wells situated in this area had also high concentrations. Only two wells exceeded the hygienic limits for nitrate in drinking water.

The concentrations of nitrite were low throughout. Contamination of the wells from dung yards or sewage water rarely occurred.

Most of the wells had pH-values exceeding 7. Deep wells had higher pH than shallow ones. The sensitivity of the groundwater to a further decrease in pH was small.

No obvious change in the quality of drinking water has taken place since 1972.

## INLEDNING

Påverkan på dricksvattenkvaliteten i jordbruksområden är välbekant inte minst från södra Sverige. Speciellt områden med lättare jordar ligger i riskzonen. Nitrat- och nitrithalterna kan här vara betydande. Sandjordsområden i Skåne och Halland utgör sådana problemområden (Joelsson 1977).

Avdelningen för vattenvård vid lantbruksuniversitetet har tidigare

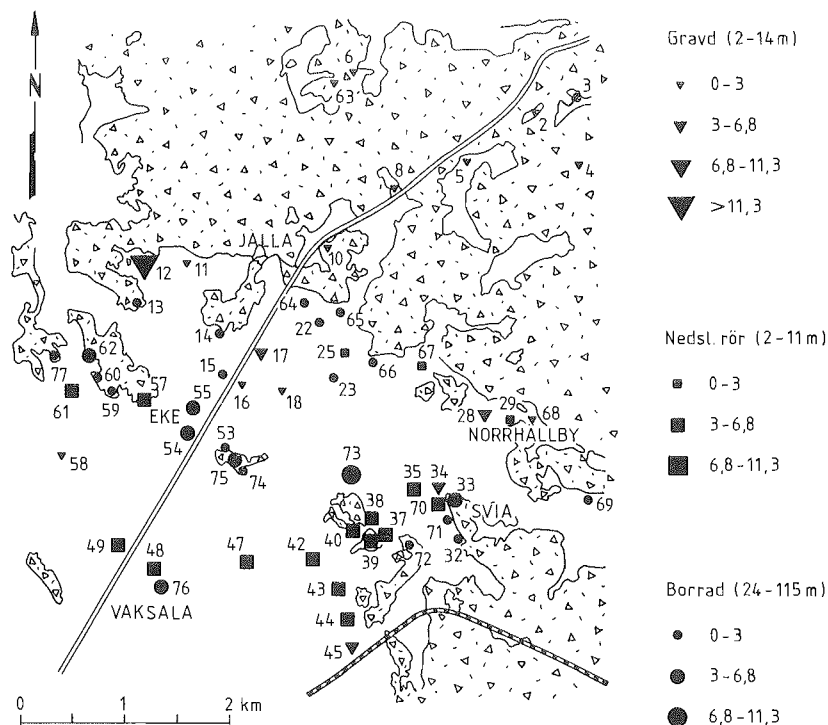


Fig. 1. Dricksvattenbrunnarnas lägen, typer och nitrathalter. (Värden i  $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l.) The location and types of drinking water wells and their contents of nitrate. (Values in  $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l.) ■ grävd dug, ▼ nedslaget rör downdriven pipe, ● borråd bored.

gjort bl.a. dricksvattenundersökningar i Västergötland, Östergötland och Södermanland (Gustavsson & Ulén 1982) där de högsta nitrathalterna återfanns i sandjordsområden i Östergötland.

Sommaren 1972 utfördes på avdelningen också en undersökning av 116 enskilda dricksvattenbrunnar öster och norr om Uppsala (Nilsson 1972). Tanken med föreliggande undersökning var att se om det skett någon förändring i kvaliteten sedan dess. Undersökningen begränsades till brunnarna i den östra delen av det gamla undersökningsområdet.

Riskerna med höga nitrat- och nitrithalter i dricksvatten sammanhänger med sjukdomen methemoglobinemi som i första hand drabbar spädbarn samt den eventuella bildningen av cancerogena nitrosaminer.

## MÅL

Undersökningen skall visa dricksvattenkvaliteten i enskilda brunnar med avseende på nitrat, nitrit och pH samt påvisa eventuella förändringar sedan den tidigare undersökningen.

## MATERIAL OCH METODER

### Områdesbeskrivning

Undersökningsområdet är beläget nordöst om Uppsala och inom Fyrisåns avrinningsområde. Den norra delen av området består huvudsakligen av skogsmark medan den södra delen utgöres av åkermark (fig. 1). Jordarten här är lera som oftast är relativt styv. Även mellanlera med mjälainslag förekommer liksom varvig glaciallera. Sedimenttjockleken är i allmänhet inte mer än 6-7 m. Moränen bryter igenom leran på ett flertal ställen. Skogsmarken i nordöst består av mer eller mindre blockig morän.

### Provplatser

Av fig. 1 framgår de 59 brunnarnas lägen. Av dessa var 44 oförändrade sedan den gamla undersökningen. Brunnarna 63-77 är nytillkomna. De flesta var belägna på eller i nära anslutning till åkermark.

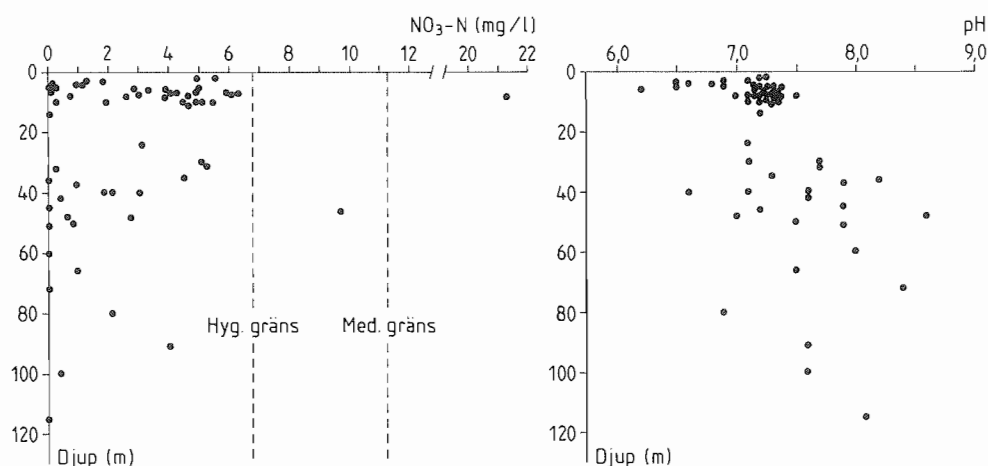


Fig. 2. Nitrat och pH i relation till brunnsdjup. *Nitrate and pH in relation to well depth.*



Tabell 1. Nitrat, nitrit, ammonium och pH vid olika brunnstyper. (Värden i mg/l.) *Nitrate, nitrite, ammonia, and pH in different types of wells. (Values in mg/l.)*

Brunnstyp	Djup (m)	Antal	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	pH
Grävd	2-14	17	1,86	0,003	0,025	6,2-7,5
Nedsl. rör	2-11	17	4,69	0,002	0,011	6,9-7,3
Borrad	24-115	25	1,00	0,002	0,015	6,6-8,6

*Well types: dug, downdriven pipe, bored.*

### Provtagning och analys

Prov togs 18 jan, 29 feb, 4 apr, 24 apr och 6 aug 1984. Provmängden i slutet av april gällde endast några brunnar med höga nitrathalter. Fastighetsägarna tog själva proven som sedan inhämtades samma dag genom avdelningens försorg. Samtidigt med den första provmängden inhämtades genom svarsformulär uppgifter om vattentäkterna.

Provvattnet analyserades okonserverat på nitrat, nitrit, ammonium, pH, konduktivitet och alkalinitet. Analysmetoder har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978).

### Beräkningar

För varje enskild brunn beräknades ett aritmetiskt medelvärde av provmängderna. Medianvärden anges för grupper av brunnar. Grupperingen skedde efter typ och djup.

### Gränsvärden

Vid en kvalitetsbedömning av dricksvatten användes Socialstyrelsens gränsvärden. För nitrat finns två gränser, varav den första är 6,8 NO<sub>3</sub>-N mg/l (30 NO<sub>3</sub> mg/l) och betecknas som en hygienisk gräns. Halter över detta värde bör utredas i det enskilda fallet. Den högre gränsen på 11,3 NO<sub>3</sub>-N mg/l (50 NO<sub>3</sub> mg/l) är medicinskt betingad och vatten med högre halter bör ej ges till barn under 1 års ålder. För nitrit är gränsvärdet satt till 0,007 NO<sub>2</sub>-N mg/l (0,020 NO<sub>2</sub> mg/l).

## RESULTAT OCH DISKUSSION

### Nitrat

**Regional variation.** Halterna varierade mellan olika delar av undersökningsområdet. Brunnar i den nordöstra delen hade lägre halter än de i den sydvästra, vilket sammanhänger med att de förra låg i skogsbygd medan de senare låg på åkermark (fig. 1). Brunnarna på skogsmark hade nitratkvävehalter i intervallet 0-3 NO<sub>3</sub>-N mg/l medan de på åkermark oftast låg i intervallet 3-6,8 NO<sub>3</sub>-N mg/l.

**Beroende av brunnstyp och djup.** Djupa brunnar hade i allmänhet lägre halter än grunda (fig. 2). Brunnar av typen nedslaget rör hade de högsta halterna. Därefter kom grävda brunnar medan borrarade brunnar hade de ge-

nomsnittligt lägsta halterna (tabell 1).

Skillnaden mellan typen nedslaget rör och grävd är troligen regionalt betingad. Många grävda brunnar låg i skogsbygd med låga halter som följd medan brunnar med nedslaget rör var belägna på åkermark och dessutom huvudsakligen i den sydvästra delen där halterna var genomsnittligt högst. I detta område hade även flera borrhade brunnar höga halter.

Ett par brunnar hade klart högre halter än de övriga. En djupborrad brunn (nr 73) hade halter inom intervallet 8,14-11,7 NO<sub>3</sub>-N mg/l. Även nitrithalten var extremt hög vid ett tillfälle, vilket tyder på förorening från avlopp eller liknande.

De högsta halterna över huvud taget uppmättes i en grävd brunn (djup 8 m) på åkermark (nr 12). Under snösmältningen var halten så pass låg som 4,99 NO<sub>3</sub>-N mg/l, vilket berodde på utspädning med ytvatten. För de övriga provtillfällena var medelhalten 25,4 NO<sub>3</sub>-N mg/l.

Den procentuella fördelningen av brunnarna efter nitrathalt visas i fig. 3. Hälften av de djupa brunnarna hade halter understigande 1 NO<sub>3</sub>-N mg/l medan resten fördelade sig jämnt upp till 6 NO<sub>3</sub>-N mg/l. En borrhåd brunn klarade ej det hygieniska gränsvärdet (6,8 NO<sub>3</sub>-N mg/l). De grunda brunnarnas halter fördelade sig mera jämnt men med tyngdpunkten i intervallet 3-6 NO<sub>3</sub>-N mg/l. Grunda brunnar med låga nitrathalter låg oftast i skogsbygd.

**Årlig variation.** Någon systematisk skillnad mellan prov tagna under vintern, våren och sommaren kunde inte påvisas.

**Inströmnings- och utströmningsområden.** Tryckförhållandena på brunnsplatsen kan påverka nitrathalterna. Detta gäller främst grunda brunnar på åkermark. Vid nedtryck påverkas grundvattnet av vatten som infiltrerat på brunnsplatsen med en risk för nitratförorening. Ligger däremot vattentäkten i ett utströmningsområde med upptryck härstammar vattnet oftast från djupare magasin med lång omsättningstid och låga nitrathalter.

De höga halterna i nästan samtliga brunnar i den södra delen kan bero på att området fungerar som ett inströmningsområde (fig. 1). Anmärkningsvärt är att även de djupa brunnarna här hade relativt höga halter (fig. 2).

## Nitrit

Genomgående höga nitrithalter är oftast ett tecken på förorening från avlopp, gödselstäder eller liknande (Sundqvist & Brink 1979). Nitrithalterna i de undersökta brunnarna var genomgående låga och knappt mätbara. Vid den första provomgången i januari var halterna dock något förhöjda i några brunnar.

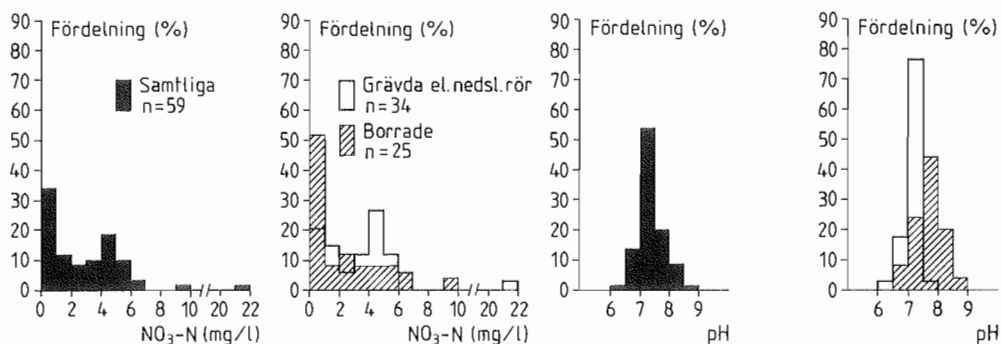


Fig. 3. Procentuell fördelning av brunnar efter nitrathalt och pH. Percentage distribution of wells according to nitrate content and pH.

Någon variation i halterna beroende på brunnstyp (tabell 1) eller i regionalt hänseende förelåg ej. Som högsta nitritkvävehalt uppmättes i april 0,78 NO<sub>2</sub>-N mg/l i brunn nr 73. Den är borrhad till ett djup av 43 m.

### **Ammonium**

Ammoniumkväve analyserades också för att fastställa eventuell påverkan från gödselstäder eller liknande. Halterna var genomgående låga (tabell 1) utom i brunn nr 68, där genomsnittshalten var 1,33 NH<sub>4</sub>-N mg/l. Den 14 m djupa brunnen påverkades av en 20 m därifrån liggande gödselstad. Enligt ägaren hade vattnet vid en tidigare analys innehållit stora mängder Coli-bakterier.

### **Konduktivitet**

För att få en uppfattning om den totala salthalten i vattnet mättes konduktiviteten. Påverkan av ytvatten under snösmältningen gav sänkt konduktivitet i något fall. Genomsnittsvärdet hos de flesta brunnarna låg runt 50 µs/m. De borrhade brunnarna 33, 66, 69 och 72 (31-115 m) hade dock klart högre värden än de övriga. De låg i intervallet 135-210 µs/m. Orsaken till att just dessa avviker från de övriga är oklar. Lokalerna ligger tämligen långt ifrån varandra.

### **pH**

**Fördelning och regional variation.** Fördelningen av de undersökta brunnarnas pH visas i fig. 3. De flesta hade värden över 7. Brunnar med pH lägre än 7 låg oftast i skogsbygd.

**Beroende av brunnsdjup.** Grunda brunnar hade i allmänhet lägre pH än djupa (fig. 2) och värdet 7,5 uppnåddes bara i ett fall. De djupa brunnarna visade en stor variationsbredd över pH-skalan (fig. 3). Värdena varierade mellan 6,6 och 8,6. Fem brunnar hade pH-värdet 8 eller högre. Den kalkhaltiga berggrunden är orsaken till de höga pH-värdena.

### **Alkalinitet**

Vattnets buffringsförmåga, dvs. motståndskraft mot pH-sänkning, bestämdes genom mätning av vätekarbonathalten (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Medelvärdet för samtliga brunnar var 258 mg/l, vilket får sägas vara tillfredsställande. Brunnarna 2, 4, 5 och 75 hade dock halter under 100 mg/l. De tre första är grunda och belägna i skogsbygd medan den sista är djupborrad och belägen på en moränhöjd i anslutning till åkermark. Samtliga hade dessutom lågt pH (6,2-6,6). Dessa vattentäkter är känsliga för en ytterligare pH-sänkning. Sett i stort är dock förurning av grundvattnet i området inget problem.

### **Jämförelse mellan 1972 och 1984 års undersökningar**

**Allmänt.** För 44 av de 59 brunnarna kan en jämförelse göras mellan undersökningarna 1972 och 1984 vad gäller nitrat- och nitrihalter. Dessa brunnar var icke förändrade sedan 1972. Vissa skillnader förelåg mellan de båda undersökningarna i fråga om provtagningstidpunkter och antalet provtillfällen. Proven 1972 togs två gånger under sommaren och 1984 4-5

Tabell 2. Nitrat- och nitrithalter vid 1972 och 1984 års undersökningar. *Contents of nitrate and nitrite during the investigations in 1972 and 1984.*

Brunnstyp	Djup (m)	Antal	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)		NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	
			1972	1984	1972	1984
Grävd	2-8	15	3,57	2,64	0,003	0,003
Nedsl. rör	5-11	15	5,05	4,69	0,003	0,002
Borrad	24-72	14	0,66	0,79	0,003	0,002

gångar i jan-aug.

**Nitrat.** Jämförelsen av nitrathalterna för de aktuella brunnarna visas i tabell 2. Den regionalt betingade skillnaden mellan brunnar av typen grävd och nedslaget rör förelåg även vid provtagningen 1972. Medianvärdena för respektive brunntyp var något lägre för 1984 än för 1972 vad gäller grunda brunnar. För de borrhade var skillnaden obetydlig.

För några enskilda brunnar var dock skillnaderna mellan åren större. Hit hör den grävda brunnen (nr 12) med de högsta nitrathalterna. Medelvärde för 1972 var 1,31 NO<sub>3</sub>-N mg/l mot 21,3 NO<sub>3</sub>-N mg/l för 1984. Orsaken till denna markanta försämring är oklar. Brunnen är 8 m djup och ligger på åkermark. Enligt uppgift från ägaren har gödselgivorna på fältet varit normala. Någon påverkan från avlopp eller liknande föreligger ej.

En annan grävd brunn (nr 16) visade en klar förbättring jämfört med 1972. Nitrathalten hade sjunkit från 12,7 till 4,93 NO<sub>3</sub>-N mg/l. Dess läge i en fältkant medförde troligen en starkare påverkan från fältet vid undersökningen under 1972 än under 1984. Slutligen hade medelhalten i en borrad brunn (nr 62) sjunkit från 10,5 till 3,14 NO<sub>3</sub>-N mg/l.

Föreliggande skillnader mellan åren i några brunnar kan eventuellt bero på olikheterna i provtidpunkter men även de lokala förhållandena vid vattentäkterna kan säkert spela in.

**Nitrit.** Ingen skillnad i nitrithalter mellan åren kunde påvisas. De var låga både 1972 och 1984 (tabell 2).

## SAMMANFATTNING

I en undersökning 1984 av dricksvattenkvaliteten i 59 enskilda vattentäkter strax öster om Uppsala konstaterades att djupa brunnar hade genomsnittligt lägre nitrathalter än grunda. I den norra delen av undersökningsområdet, där skogsmarken dominerade, var halterna låga medan den södra delen bestående av åkermark hade höga halter. Här var halterna höga även i flera djupa brunnar. Endast två brunnar klarade icke uppsatta gränsvärden för nitrat i dricksvatten.

Nitrithalterna var genomgående låga. Förroening av vattentäkterna från gödselstäder eller avlopp var sällan förekommande.

Huvuddelen av brunnarna hade pH-värden över 7. Djupa brunnar hade högre pH än grunda. Grundvattnets känslighet för pH-sänkning var liten.

Någon markant förändring av dricksvattenkvaliteten sedan 1972 har inte ägt rum.

## REFERENSER

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. Ekohydrologi nr 1, 1-60.
- Gustavsson, A.S. & Ulén, B. 1982. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. Ekohydrologi nr 10, 39-45.
- Joelsson, A. 1977. Nitrat i brunnsvatten i jordbruksområden. SNV, PM 927.
- Nilsson, A. 1973. Nitrat och nitrit i dricksvatten. Vattenvård nr 14.
- Sundqvist, P.-G. & Brink, N. 1979. En gödselstad förorenar dricksvatten. Ekohydrologi nr 3, 13-19.



# RÖRLIGHET HOS MCPA OCH DIKLORPROP

## *Mobility of MCPA and Dichlorprop*

Jenny Kreuger

**Abstract.** Leaching of the herbicides MCPA (4-chloro-2-methyl phenoxy acetic acid) and Dichlorprop 2-(2,4-dichlorophenoxy) propionic acid was studied under field conditions after a late fall application. Two field sites were used, one having a fine sand and the other a clay soil. The fields were systematically drained with a subsurface drainage system. Water samples were collected and the amounts of tile effluent were quantified by using tilting vessels adapted in underground measuring stations. At both sites the soil was sampled on different occasions at a depth of one meter and stratified with the aim of following the herbicides' movement through the soil.

The highest concentrations in the tile effluent occurred at the site with the sandy soil, 15 ppb MCPA and 23 ppb Dichlorprop. The total yearly losses were 8.2 g/ha MCPA and 16.9 g/ha Dichlorprop, constituting 0.41 and 0.85 % respectively of the applied amounts.

In effluent from the clay soil MCPA did not occur at any time, while Dichlorprop was present in seven samples out of ten, with a highest concentration of 2.5 ppb and a yearly loss of 1.1 g/ha corresponding to 0.06 % of the amount applied.

The analyses of the soil samples showed that the herbicides mainly remained in the upper 30 cm of the soils.

## INLEDNING

Fenoxisyrorna MCPA (4-klor-2-metyl fenoxiättiksyra) och diklorprop, 2-(2,4-diklorfenoxi)propionsyra, är de två vanligaste ogräsmedlen i Sverige. Varje år säljs ca 1500 ton aktiv substans MCPA och ca 750 ton aktiv substans diklorprop. MCPA är registrerat för användning mot ogräs i stråsäd, potatis, gräs- och betesvallar på åker. Diklorprop är registrerat för användning mot ogräs i stråsäd utan vallinsådd samt gräs- och betesvallar på åker.

Enligt Ogräsnyckeln (1984) är vid en vårbehandling persistenstiden för MCPA 1-4 veckor och för diklorprop 1-3 månader. Detta kan dock variera mycket starkt från plats till plats och från år till år. Rent allmänt gäller att persistensen ökar vid låga temperaturer, torra och dålig luftväxling samt vid låg näringstillgång i marken. Detta innebär att persistensförhållandena kan ändras om sådana bekämpningsmedel som fenoxisyror rör sig nedåt i markprofilen. Därmed ökar även risken för att bekämpningsmedlet skall nå ned till dräneringsledningar eller grundvattnen.

Det är därför viktigt att närmare undersöka dessa medels uppträdande under olika förhållanden. Detta i synnerhet då många utländska undersökningar, som ligger till grund vid bekämpningsmedlens registrering i Sverige, är gjorda under andra klimatförhållanden och på andra typer av jordar än här i landet.

## MÅL

Målet för undersökningen har varit att följa lakningsförloppet för MCPA och diklorprop under fältförhållanden efter höstspridning på två olika jordtyper.

## MATERIAL OCH METODER

### Försöksfälten

**Björnstorp.** Försöksfältet ligger på Björnstorps gods i Skåne ca 20 km SO om Lund och används normalt för studier av växtnäringsläckage. Det består av åtta rutor om vardera 0,25 hektar. Matjorden är en något mullhaltig lerig grovmo (nmh 1 Gmo). Alven är en lerig grovmo ned till lite drygt en meters djup där jordarten tvärt övergår till styv lera. I matjordsdelen varierar mullhalten mellan 2 och 3 % och lerhalten mellan 7 och 10 %. pH-värdet i matjordsdelen är ca 6,5. Medeldjupet för dräneringsledningarna är ca 1,3 meter. Försöksfältet har tidigare beskrivits närmare av Kreuger & Brink (1984).

**Lanna.** Försöksfältet ligger på Lanna försöksstation i Västergötland 20 km väster om Skara och används normalt för studier av växtnäringsläckage. Det består av sex rutor om vardera 0,40 hektar. Jordarten är en måttligt mullhaltig styv lera (mmh SL). Alven är en styv till mycket styv lera. I matjordsdelen ligger mullhalten på ca 4 % och lerhalten på ca 45 %. pH-värdet i markprofilen är ca 7,5. Strukturen är gynnsam och spricksystemet är väl utvecklat ned till ca 1 meters djup. Medeldjupet för dräneringsledningarna är ca 1,1 meter. Försöksfältet har tidigare beskrivits närmare av Brink & Lindén (1980).

### Mätningar

**Nederbörden** mättes kontinuerligt. På Björnstorp skedde mätningarna med en mätare placerad en kilometer från fältet. På Lanna var mätaren placerad strax intill fältet.

**Avrinningen** från varje ruta mättes kontinuerligt och mätarställningen avlästes i samband med vattenprovtagningen.

**Jordtemperaturen** mättes tre gånger per månad. På Lanna var mätdjupen 5, 20, 50 och 100 cm. På Björnstorp förekom inte några mätningar, men däremot mättes jordtemperaturen på en lättlera på Alnarp ca 2 mil väster om Björnstorp. Mätdjupen var där 20, 50 och 100 cm.

### Provtagning

**Dräneringsvatten.** Prov på dräneringsvatten togs, i mån av avrinning, på Björnstorp en gång i veckan och på Lanna en till två gånger i veckan. Proven nådde laboratoriet inom ett dygn. Där skedde en sammanslagning av prov från de rutor som behandlats med respektive bekämpningsmedel. Där efter förvarades proven frysta i väntan på analysering.

**Jord.** Jordprov togs på Björnstorp vid tre tillfällen, 1, 44 och 135 dagar efter spridningen. På Lanna togs prov vid fem tillfällen, nämligen innan spridningen och 1, 36, 84 och 114 dagar efter spridningen.

Proven togs från djupen 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 och 80-100 cm med på Björnstorp åtta borrhstick i varje led och på Lanna tolv borrhstick i varje led. På Björnstorp användes en Trekanten-borr (Lindén 1977) till matjordsskiktet och en Ultuna-borr till alven. På Lanna användes en Trekanten-borr till skiktet 0-20 cm och en Nääs-borr till övriga skikt. På Björnstorp lades proven i isolerade transportlådor tillsammans med kylklampar ute i fält och frystes inom ett dygn till  $-18^{\circ}\text{C}$ . På Lanna frystes proven direkt efter provtagningen.



## Analysmetoder

**Vatten.** Analyserna har utförts på gaskromatograf av Statens lantbrukskemiska laboratorium i Uppsala. Detektionsgränsen låg på 1 µg/l när proven från Björnstorp analyserades och på 0,3 µg/l när proven från Lanna analyserades. Den använda analysmetoden har ursprungligen framtagits för analysering av fenoxysyror i urin och har beskrivits av Åkerblom, Kolmodin-Hedman & Höglund (1983).

**Jord.** Jordproven tagna på Björnstorp 44 dagar efter spridning har analyserats på gaskromatograf av Statens veterinärmedicinska anstalt i Uppsala. Detektionsgränsen låg på 0,001 mg/kg. Analyserna av övriga jordprov har utförts på gaskromatograf av Statens lantbrukskemiska laboratorium i Uppsala. Detektionsgränsen låg i området 0,005-0,01 mg/kg. Extraktionen av MCPA och diklorprop från jordproven utfördes genom att skaka jordprovet i metanol med 4 % 5 M ammoniak i en timme.

## Beräkningar

Ämnestransporten beräknas genom att den vattenmängd som avrunnit mellan provtagningstillfällena multipliceras med det aritmetiska medeltalet av halterna under motsvarande tidsperiod. Transportvärdena för varje period summeras sedan till månadstransporter.

Beräkningar av jordprofilens ämnesinnehåll i kg/ha grundar sig på antagandet att torra volymvikten på Björnstorp är ungefär samma som för Ansås i Skåne med likartad mekanisk sammansättning, nämligen 1,50 kg/dm<sup>3</sup> på 0-20 cm djup och 1,60 kg/dm<sup>3</sup> på 20-100 cm djup (Wiklert, Andersson & Weidow, 1983a). Beräkningarna för den profil som togs 22 december utgör ett undantag. Där har istället antagits att torra volymvikten på 0-20 cm djup var 1,35 kg/dm<sup>3</sup> med tanke på att fältet var relativt nyplöjt. På Lanna är torra volymvikten 1,20 kg/dm<sup>3</sup> på 0-20 cm djup, 1,35 kg/dm<sup>3</sup> på 20-30 cm djup och 1,45 kg/dm<sup>3</sup> på 30-100 cm djup (Wiklert, Andersson & Weidow, 1983b). Ett undantag utgör beräkningarna för den profil som togs 25 oktober då detta skedde mycket kort tid efter det att fältet plöjts. Där har istället antagits att torra volymvikten var 1,00 kg/dm<sup>3</sup> på 0-20 cm djup.

## Spridning av bekämpningsmedel

Bekämpningsmedlen utgjordes av Lantmännens MCPA 750 (MCPA 750 g/l) och Diprop 640 (diklorprop 640 g/l).

**Björnstorp.** Spridningen ägde rum 8 november 1982. Den utfördes av personal från hushållningssällskapets försökspatrull i Genarp. Man använde en Hardy traktorspruta med spaltspridare. På halva fältet (rutorna 1-4) spreds MCPA och på den andra halvan (rutorna 5-8) spreds diklorprop. Doseringen var i bägge fallen 2 kg/ha räknat på aktiv substans.

**Lanna.** Spridningen ägde rum 24 oktober 1983. Den utfördes av personal från Lanna försöksstation. Också här användes en Hardy traktorspruta med spaltspridare. På halva fältet (rutorna 1, 5 och 6) spreds MCPA och på den andra halvan (rutorna 2, 3 och 4) spreds diklorprop. Doseringen var i bägge fallen 2 kg/ha räknat på aktiv substans.

## Odlingsåtgärder

**Björnstorp.** Grödan var under sommaren potatis som togs upp i slutet av

Tabell 1. Jordtemperatur. *Soil temperature.*

Datum	Djup (cm)			Datum	Djup (cm)			
	20	50	100		5	20	50	100
<b>Alnarp 1982/83</b>				<b>Lanna 1983/84</b>				
5 nov	+3,8	+7,1	+9,8	25 okt	+3,0	+5,1	+7,9	+9,5
15 nov	+6,4	+7,7	+8,9	5 nov	+7,5	+7,0	+6,9	+8,4
25 nov	+6,4	+6,8	+7,8	15 nov	+0,4	+1,7	+4,4	+7,5
5 dec	+4,0	+4,7	+6,6	25 nov	+0,3	+1,0	+2,9	+5,9
15 dec	+1,7	+3,4	+5,9	5 dec	+1,8	+0,4	+2,0	+4,8
25 dec	+4,9	+4,3	+5,0	15 dec	-0,5	+0,1	+1,6	+4,1
5 jan	+5,5	+4,2	+4,9	25 dec	+0,2	+0,1	+1,1	+3,4
15 jan	+3,5	+3,5	+5,1	5 jan	+0,5	+1,0	+2,0	+3,2
25 jan	+4,3	+4,0	+4,7	15 jan	+0,2	+0,5	+1,3	+3,0
5 feb	+1,2	+2,1	+4,0	25 jan	0,0	+0,5	+1,3	+2,9
15 feb	+0,8	+1,3	+3,1	5 feb	+0,5	+0,5	+1,4	+3,0
25 feb	+0,3	+0,7	+2,4	15 feb	0,0	+0,5	+1,0	+2,5
5 mar	+3,9	+3,9	+3,1					
15 mar	+3,8	+4,4	+4,6					
25 mar	+3,5	+4,3	+4,7					

september. I början av oktober harvades rutorna 2, 3, 6 och 7, varefter det såddes råg på dessa rutor som fånggröda. Hela fältet plöjdes sedan i början av december. Under de tre senaste växtodlingssäsongerna som föregick försöket förekom ej någon bekämpning med fenoxisyrapreparat.

**Lanna.** Grödan var höstvetete som skördades i slutet av augusti och halmen brukades ned i slutet av september. Fältet plöjdes och harvades i mitten av oktober. I maj 1983, ett halvår innan försöket startade, spreds 2 kg mecoprop och 0,75 kg MCPA på fältet.

## RESULTAT

### Nederbörd, avrinning och jordtemperatur

**Björnstorp.** Nederbörd och avrinning under perioden november 1982 till och med mars 1983 var följande:

Månad	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Nov-Mar
Nederbörd (mm)	46	55	44	22	82	249
normalt (mm)	50	48	53	39	30	220
Avrinning (mm)						
Rutorna 1-4, medel	26	68	56	20	48	218
Rutorna 5-8, medel	29	74	62	23	54	242

**Lanna.** Nederbörd och avrinning under perioden oktober 1983 till och med februari 1984 var följande:

Månad	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Okt-Feb
Nederbörd (mm)	44	17	45	61	13	180
normalt (mm)	54	46	35	33	25	193
Avrinning (mm)						
Rutorna 1, 5 och 6, medel	0	0	1	55	13	69
Rutorna 2, 3 och 4, medel	0	0	2	62	13	77

Av den nederbörd som föll under oktober kom endast en mindre del, 7 mm, efter spridningstillfället.

Jordtemperaturerna på Alnarp, ca 20 km från Björnstorp, och på Lanna framgår av tabell 1.

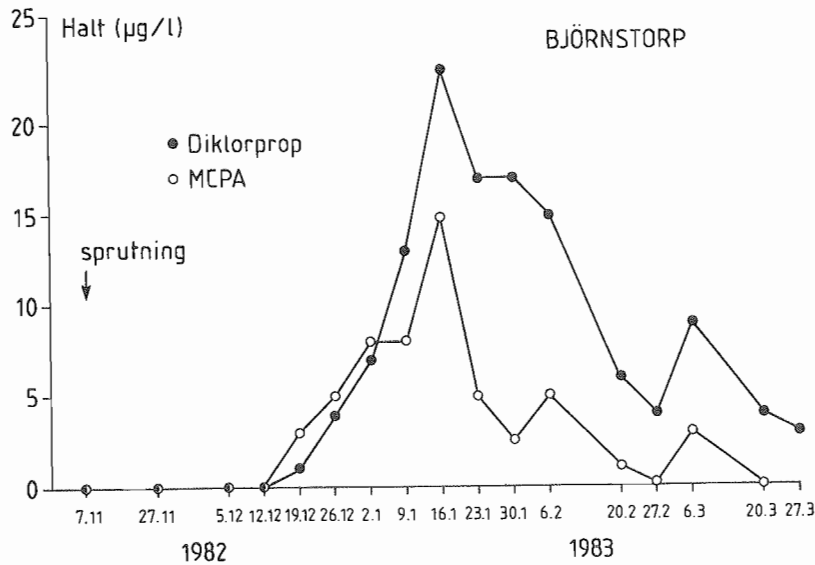


Fig. 1. Koncentrationer av MCPA och diklorprop i dräneringsvatten från Björnstorp. Concentrations of MCPA and Dichlorprop in drainage water from Björnstorp.

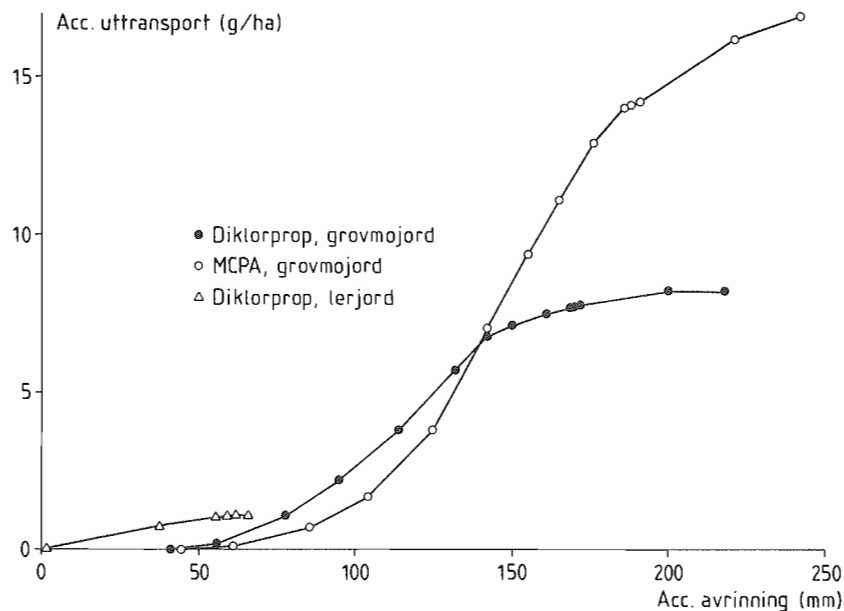


Fig. 2. Ackumulerade förluster med dräneringsvatten från en grovmojord (MCPA och diklorprop) och från en lerjord (diklorprop). Accumulated losses with drainage water from a fine sand soil (MCPA and Dichlorprop) and from a clay soil (Dichlorprop).

## Dräneringsvatten

**Björnstorp.** Dräneringsvattnet har analyserats på MCPA och diklorprop från tiden innan första spridningstillfället i november till och med mars. Efter ca 50 mm avrunnen vattenmängd kom de första spåren av bekämpningsmedel i mitten av december (fig. 1 och fig. 2). Halterna i dräneringsvattnet ökade därefter och nådde högsta koncentrationerna i mitten av januari, MCPA 15 µg/l och diklorprop 23 µg/l. För MCPA sjönk halterna under detektionsgränsen i början av mars medan spår av diklorprop fortfarande fanns kvar i dräneringsvattnet i slutet av mars när försöket avslutades.

Totalt uttransporterades ur dräneringssystemet 8,2 g/ha av MCPA och 16,9 g/ha av diklorprop med följande fördelning över månaderna (g/ha):

Månad	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Nov-Mar
MCPA	0	2,2	4,9	0,7	0,4	8,2
Diklorprop	0	1,7	9,4	2,9	2,9	16,9

**Lanna.** Ingen avrinning av dräneringsvatten förekom under hösten. Först i slutet av december började det att rinna. MCPA kunde inte någon gång påvisas i dräneringsvattnet under de följande två månaderna. Små halter av diklorprop förekom däremot i de prov som togs i början av avrinningsperioden (fig. 3) med högsta koncentrationen 2,5 µg/l i det prov som togs precis när avrinningen satte igång. Efter ca en månad och 66 mm avrinning var halterna av diklorprop under detektionsgränsen (fig. 2).

Totalt transporterades 1,1 g diklorprop per hektar ut ur dräneringssystemet.

## Jordprofiler

**Björnstorp.** Av de jordprov som togs dagen efter spridningen kan endast innehållet ner till 30 cm redovisas då övriga prov förstörts på grund av att en frys gick sönder. Den mängd MCPA och diklorprop som återfanns i denna del av profilen motsvarar ca 65 % respektive 50 % av spridd mängd (fig. 4). En och en halv månad senare finns inga spår av bekämpningsmedel under 30 cm djup (tabell 2) och innehållet i matjorden hade minskat så att endast mellan 20 och 26 % återstod av det som återfanns vid det första provtillfället. Halterna var lägst i skiktet 0-10 cm, vilket berodde på att fältet hade plöjts sedan föregående provtillfälle. De jordprofiler som togs ytterligare tre månader senare visar spår av diklorprop i matjordsskiktet och spår av MCPA i hela profilen.

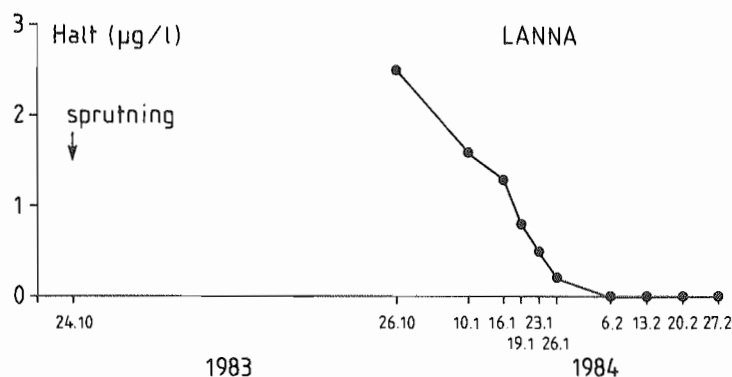


Fig. 3. Koncentrationer av diklorprop i dräneringsvatten från Lanna. *Concentrations of Dichlorprop in drainage water from Lanna.*

**Lanna.** Jordprofilen som togs kort innan spridningstillfället visar att inga spår av MCPA och diklorprop eller några för analysen störande ämnen fanns i marken (tabell 3). Den mängd MCPA och diklorprop som återfanns dagen efter spridningen motsvarar ca 97 % respektive 118 % av spridd mängd (fig. 5). En månad senare återstod ingenting i alven och endast mindre mängder i matjordslagret motsvarande mellan 7 och 9 % av det som fanns dagen efter sprutningen. Inga spår av MCPA fanns i jordprofilen som togs ca fyra månader efter spridningen, däremot fanns det spår av diklorprop ner till 30 cm djup men ingenting därunder.

## DISKUSSION

Tidpunkten för besprutningen har i det här försöket inte valts med tanke på att efterlikna de i praktiken vanligen förekommande. Den har istället anpassats för att utröna om dessa två medel över huvud taget kan nå så djupt som till dräneringsledningarna i mätbara halter.

Den uttransporterade mängden MCPA och diklorprop från grovmojorden utgör 0,41 % respektive 0,85 % av spridd mängd. Motsvarande tal för lerjorden är 0 % respektive 0,06 %. Utlakningen av bekämpningsmedel var sålunda högre från grovmojorden än från lerjorden. Detta överensstämmer med tidigare undersökningar, där utlakningen av TCA från en sandjord (Jernlås & Klingspor 1981) var avsevärt större än från en lerjord (Jernlås 1983).

Med tanke på den låga jordtemperaturen har nedbrytningen i synnerhet på lerjorden gått mycket snabbt. Inom loppet av en månad återstår där endast en knapp tiondel av det som återfanns vid första provtillfället. En lägre infiltrationshastighet på lerjordar och torra förhållanden den

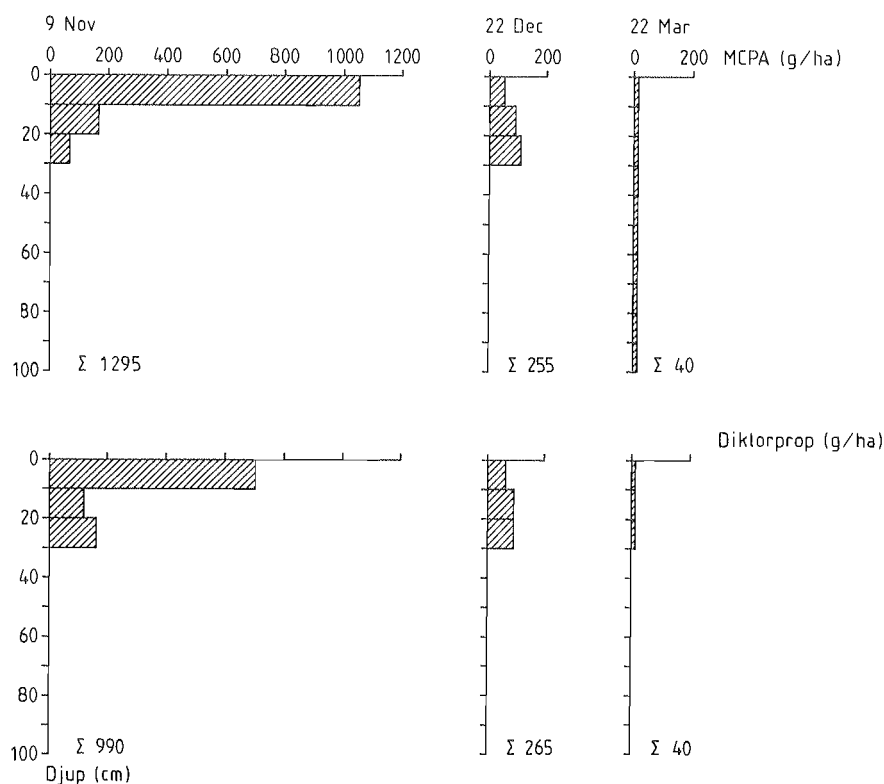


Fig. 4. Innehåll av MCPA och diklorprop i jord från Björnstorp. *Contents of MCPA and Dichlorprop in soil from Björnstorp.*

Tabell 2. Innehåll av MCPA och diklorprop (mg/kg torr jord) i jordprofilen vid olika tidpunkter på Björnstorp. *Contents of MCPA and Dichlorprop (mg/kg dry soil) in the soil profile at different times at Björnstorp.*

Datum	Skikt (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
<b>MCPA</b>							
9 nov	0,70	0,11	0,04	-	-	-	-
22 dec	0,04	0,07	0,07	0,001	0,001	0,001	0,001
22 mar	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>
<b>Diklorprop</b>							
9 nov	0,47	0,08	0,10	-	-	-	-
22 dec	0,05	0,07	0,06	0,001	0,001	0,001	0,001
22 mar	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,005	0,005	0,005	0,005

<sup>a</sup>0,005-0,01

Tabell 3. Innehåll av MCPA och diklorprop (mg/kg torr jord) i jordprofilen vid olika tidpunkter på Lanna. *Contents of MCPA and Dichlorprop (mg/kg dry soil) in the soil profile at different times at Lanna.*

Datum	Skikt (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
<b>MCPA</b>							
17 okt	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
25 okt	1,04	0,53	0,26	0,01	0,01	0,01	0,01
29 nov	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
16 jan	0,01	0,01	0,005	-	0,005	0,005	0,005
15 feb	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Diklorprop</b>							
17 okt	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
25 okt	1,92	0,25	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01
29 nov	0,13	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
16 jan	0,03	0,03	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
15 feb	0,02	0,02	0,02	0,005	0,005	0,005	0,005

första tiden efter spridningstillfället ledde till att bekämpningsmedlen inte kom att röra sig nedåt i profilen i samma utsträckning som på grovmojorden. Detta bidrog till att minska utlakningen från lerjorden då förutsättningarna för en snabb nedbrytning är större i den övre delen av profilen än djupare ned. Den lilla mängd diklorprop som ändå nådde dräneringssystemet i början av avrinningsperioden (fig. 2) har sannolikt snabbt transporterats från matjorden via ett väl utvecklat spricksystem.

Resultaten visar att det vid en höstspridning kan förekomma utlakning av MCPA och diklorprop. Det kan inte heller uteslutas att detta kan förekomma även vid en spridning vid andra tidpunkter på året framför allt på lättare jordar och under perioder med stor infiltration, men då

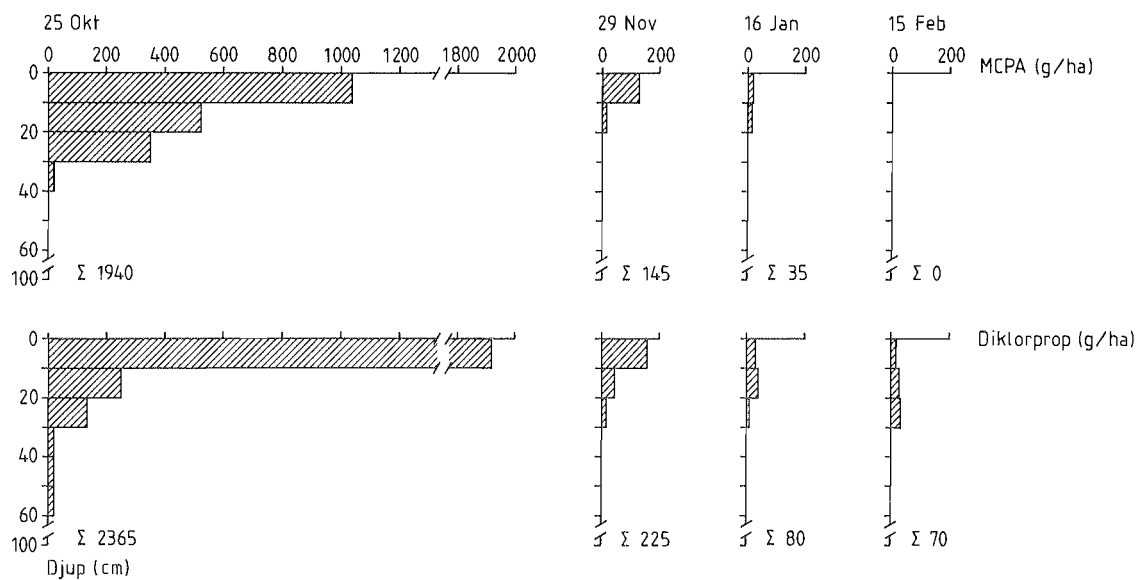


Fig. 5. Innehåll av MCPA och diklorprop i jord från Lanna. *Contents of MCPA and Dichlorprop in soil from Lanna.*

kanske i halter som inte alltid är lätta att analysera.

#### SAMMANFATTNING

Utlakningen av bekämpningsmedlen MCPA och diklorprop har studerats under fältförhållanden efter en sen höstspridning på en grovmojord och en lerjord. Dosen var 2 kg/ha (aktiv substans) för bägge medlen.

Avrinnande vatten mättes och analyserades på bekämpningsmedel liksom jordprov uttagna skiktvis till en meters djup.

Högsta halterna uppmättes i dräneringsvattnet från grovmojorden med som mest 15 µg/l MCPA och 23 µg/l diklorprop. Totalt uttransporterades därifrån 8,2 g/ha MCPA och 16,9 g/ha diklorprop, vilket utgör 0,41 % respektive 0,85 % av spridd mängd.

I dräneringsvattnet från lerjorden kunde inte MCPA påvisas någon gång medan diklorprop kunde påvisas med som mest 2,5 µg/l. Totalt uttransporterades därifrån 1,1 g/ha diklorprop, vilket utgör 0,06 % av spridd mängd.

I jordproven fann man att bekämpningsmedlen huvudsakligen stannade i de översta 30 centimetrarna.

#### REFERENSER

- Brink, N. & Lindén, B. 1980. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. *Ekohydrologi* nr 7, 3-20.
- Jernlås, R. & Klingspor, P. 1981. TCA-utlakning från åker. *Ekohydrologi* nr 8, 15-22.
- Jernlås, R. 1983. TCA-utlakning på lerjord. *Ekohydrologi* nr 13, 15-20.
- Kreuger, J. & Brink, N. 1984. Fånggröda och delad giva vid potatisodling. *Ekohydrologi* nr 17, 3-14.
- Wiklert, P., Andersson, S. & Weidow, B. 1983a. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del X. Malmöhus och Kristianstads län. (Karlsson, I. & Håkansson, A., bearb. och public.) Avd. Hydroteknik, SLU. Rapp. nr 136, 103-108.

- Wiklert, P., Andersson, S. & Wiedow, B. 1983b. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del V. Skaraborgs län. (Karlsson, I. & Håkansson, A., bearb. och public.) Avd. Hydroteknik, SLU. Rapp. nr 130, 12-20.
- Åkerblom, M., Kolmodin-Hedman, B. & Höglund, S. 1983. Studies of occupational exposure to phenoxy acid herbicides. In: IUPAC. Pesticide Chemistry. Human Welfare and the Environment. (Miyamoto, J. *et al.* Eds.) pp. 227-232. Pergamon Press.



# YTAVRINNINGSFÖRLUSTER AV CYANAZIN

*Losses with Surface Run-off of Cyanazine*

Barbro Ulén

**Abstract.** Losses of the herbicide cyanazine (2-chlor-4(1-cyano-1-methyl ethylamino)-6-ethyl-amino-s-triazine) were measured on two experimental plots in central Sweden. Four percent of the amount sprayed was lost with the surface run-off. The half-life of the losses from the soil according to the first order reaction was 36 days.

## INLEDNING

Bekämpningsmedel som läcker ut från jordbruksmark är en risk för vatten- drag. Trots detta har ytterst få svenska undersökningar gjorts för att i fältförsök mäta förluster. Under 1983/84 utfördes ett försök med att mäta ytvattenförluster av bekämpningsmedlet cyanazin vid Ekenäs gård i centrala Södermanland. Medlet binds hårt till jorden och sedimentet. Det ingår i preparatet Bladex och används mot örtogräs. Förluster av cyanazin i varmare klimat har undersökts av Hall, Hartwig & Hoffman (1984), Leonard, Langdale & Flemming (1979) och Baker, Laflen & Johnson (1978) som uppmätte förluster av bekämpningsmedlet som varierade mellan 0,7 och 19 procent.

## MÅL

Avsikten med undersökningen var att kvantitativt mäta förlusterna av bekämpningsmedlet cyanazin från jord med ytavrinnande vatten.

## MATERIAL OCH METODER

Försöket utfördes på två försöksrutor om vardera 0,22 ha med 5-6 % lutning. Jorden är en lerjord som beskrivs närmare i tabell 1. Ytvattnet uppsamlades i ett dike på en gummiduk och registrerades med hjälp av vippkärl och elektrisk utrustning. Anläggningen har närmare beskrivits av Ulén (1984).

Jorden harvades varpå cyanazin spreds på ytan med en dos av 160 g/ha på båda försöksrutorna. För att ytavrinning säkert skulle inträffa de närmaste månaderna därefter skedde spridningen sent på hösten, 14 nov 1983 (dag 0). Ytvattnets innehåll av cyanazin och eroderat material följdes därefter varje dygn med ytvattenavrinning. Jordprovtagning skedde vid tre tillfällen under vintern innan tjälen blev för djup samt omedelbart vid tjällossningen. Tio jordprov togs från varje ruta. Proven togs ned till 20 cm djup och delades i skikt om 5 cm.

Vatten- och jordprov frystes före transport till laboratorium där de lagrades maximalt två månader före analys. Eroderat material bestämdes enligt Ulén (1982).

Analys av cyanazin gjordes enligt följande: 5 g jordprov eller 100 ml vattenprov pH-justerades till 9,0 och extraherades med 10 ml toluen. Toluenefasen separerades och indunstades till 0,5 ml. Cyanazin analyserades på gaskromatograf med glaskolonn OV101 och EC-detektor. Retentions- tiden var omkring 1,7 min. Detektionsgränsen låg vid 5 ppb i jordprov och 1 ppb i vattenprov. Återfunna mängder då en känd mängd cyanazin sat-

Tabell 1. Jordens sammansättning på försöksrutorna. Lera (ler), finmjäla (FMj), grovmjäla (GMj), finmo (FMo), grovmo (GMo), mellansand (MS), sand (S), glödningsförlust (GLF) och mull. *Characterization of the soils of experimental plots. Clay, fine silt, silt, coarse silt, fine sand, sand, coarse sand, loss on ignition and mull.*

pH	Ler (%)	FMj	GMj	FMo	GMo	MS	S	GLF	Mull
<b>Ruta 1 plot 1</b>									
6,4	38,8	16,4	21,1	10,6	3,3	2,4	1,7	5,7	2,8
<b>Ruta 2 plot 2</b>									
6,6	36,9	18,4	19,9	10,9	3,9	2,6	1,6	5,8	3,0

tes till jord varierade mellan 70 och 92 %.

Beräkning av cyanazinnehållet i jordprofilen gjordes med antagande att torra volymvikten var 1,3 g/cm<sup>3</sup>.

## RESULTAT

### Meteorologiska och hydrologiska förhållanden

Jordtemperaturen på 2 cm djup varierade mellan +2,5 och -0,5 °C under försöket. Vattenhalten i jorden varierade mellan 23 och 29 %. I luften var temperaturen i genomsnitt -1,5 °C och den relativa fuktigheten 59 %. Nederbörden var ringa och marken var utan snötäcke fram till dag 25. Den mesta nederbörden föll mellan dag 36 och 86. Totalt föll 205 mm under de 148 dagar undersökningen varade. Ytavrinning skedde under kortare perioder fr.o.m. dag 36. Dag 136 t.o.m. dag 145 var avrinningen intensiv och motsvarade 75 mm av den totala ytavrinningen som var 85 mm.

### Cyanazin i ytvatten

Halten cyanazin var i stort sett lika från båda rutorna. Från samma avrinningstillfälle kunde koncentrationen variera med en tiopotens beroende på avrinningsintensiteten. Variationen var störst i början av mätperioden och avtog senare. De högsta halterna cyanazin (34 µg/l) uppmättes dag 47 i samband med kraftig ytavrinning (tabell 2). I samband med vårflödet uppmättes som högst 15 µg/l (dag 136). Trots att både vattenhastigheten och halten eroderat material ökade under den följande veckan ökade inte cyanazinhalten utan sjönk och var efter dag 148 knappt detekterbar. Orsaken till den snabba minskningen i cyanazin under den huvudsakliga ytavrinningen kan vara en kombination av flera faktorer: (1) selektiv extraktion så att det cyanazin som är mest löst bundet tvättades bort först, (2) selektiv erosion där de kemiskt mest aktiva småpartiklarna eroderades först och (3) ökande mängd erosionsmaterial från djupare lager i jordprofilen. Troligen är den första faktorn mest betydelsefull. Både Baker, *et al.* (1978) och Smith *et al.* (1978) fann nämligen att det mesta cyanazinet inte transporteras med eroderat sediment utan med vatten.

Totalt transporterades 6,4 g/ha från vardera rutan vilket motsvarar 4 % av den utspridda mängden. Transporten av eroderat material var 126 kg/ha.

Tabell 2. Vattenföring, koncentration av eroderat material och cyanazin vid maximalflöde under dygnet. *Run-off, concentrations of eroded material and cyanazine at maximum flow of the day.*

Dygn	Avr. (l/s)	Ero-mat (g/l)	Cyanazin (µg/l)	Dygn	Avr. (l/s)	Ero-mat (g/l)	Cyanazin (µg/l)
36	0,015	0,03	9,6	138	0,535	0,04	8,2
47	0,190	0,06	34,4	139	0,135	0,07	11,0
81	0,006	0,01	6,9	142	1,210	0,09	6,1
82	0,019	0,03	3,1	143	1,210	0,19	6,0
83	0,145	0,02	19,6	144	1,910	0,26	6,2
110	0,018	0,01	7,5	145	0,535	0,19	6,4
111	0,209	0,01	7,6	146	0,065	0,13	3,3
136	0,416	0,01	15,2	147	0,033	0,07	2,1
137	1,011	0,01	5,6	148	0,010	0,08	1,1

### Cyanazin i jorden

Cyanazinhalterna i jorden återges i fig. 1. Dygn 34 återfanns 67 % av de utspridda mängderna och cyanazinet hade då trängt ner till skiktet 10-15 cm. Dygn 146 återfanns endast 1 %.

Minskningen i jorden låter sig väl beskrivas med första ordningens reaktion. Korrelationskoefficienten för naturliga logaritmen av koncentrationen avsatt mot tiden var nämligen större än 0,99. Hastighetskonstanten var 0,019 ( $\text{dygn}^{-1}$ ).

Hastighetskonstanten beräknad ur koncentrationen i ytvattnet är svårare att bestämma eftersom halten var beroende av vattenhastigheten. Hastigheten bestämdes därför inom vardera tre flödesintervall (tabell 3) och varierade mellan 0,016 och 0,020 ( $\text{dygn}^{-1}$ ). Detta motsvarar en halveringstid mellan 35 och 43 dygn. Halveringstiden beräknad från innehållet i jorden var 36 dygn. Andra undersökningar (tabell 3) då nedbrytningen av cyanazin beräknats från innehåll i jord har gett hastighetskonstanter mellan 0,006 och 0,028 ( $\text{dygn}^{-1}$ ). I två fall av tre skedde då nedbrytningen långsammare än i denna undersökning trots att de utförts på sommaren och således vid högre temperatur. Samtliga undersökningar visar att en betydande del av cyanazinet stannar kvar i jorden ett par månader.

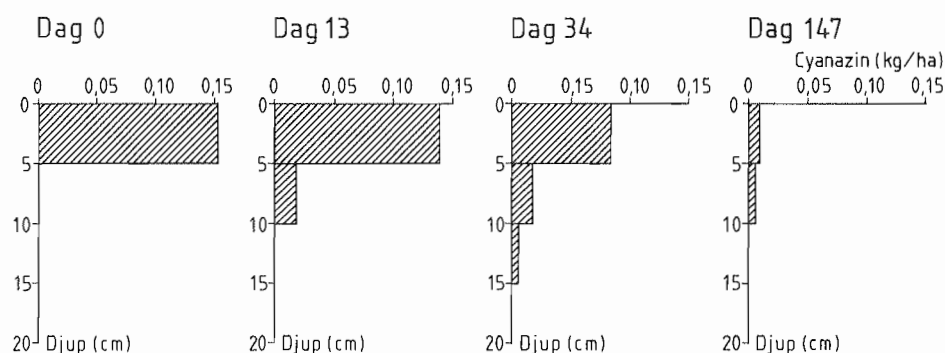


Fig. 1. Cyanazin i jord. *Cyanazine in the soil.*

Tabell 3. Hastighetskonstant ( $k$ ) och halveringstider ( $t_{1/2}$ ) av cyanazin enligt första ordningens reaktion, beräknade från koncentrationer i vatten och i jord. *Rate constant ( $k$ , 1/days) and half-lives ( $t_{1/2}$  days) according to first order reaction rate, calculated from concentrations in water (flow in l/s) and in soil.\**

Undersökning	Flöde (l/s)	Tid (dygn)	$k$ (1/dygn)	$t$ (dygn)
Denna	0,01-0,02	36-148	0,020	35
"	0,1-0,2	36-148	0,018	39
"	1,0-2,0	36-148	0,016	43
"	-	0-147	0,019	36
Sirons <i>et al.</i>	-	0-110	0,028	24
Walker	-	-	0,006	115
Yoo <i>et al.</i>	-	3-100	0,016	43

\*Equation of the form  $\log C = \log C_0 - kt/2.303$ .

#### SAMMANFATTNING

Förluster av bekämpningsmedlet cyanazin mättes på två försöksrutor vid Ekenäs i Södermanland. Fyra procent av den spridda mängden försvann via ytvattenavrinning under vinterhalvåret. Halveringstiden för mängden cyanazin i jord var 35-43 dygn.

#### REFERENSER

- Baker, J.L., Laflen, J.M. & Johnson, H.P. 1978. Effect of tillage system on runoff losses of pesticide. A rainfall simulation study. Transactions of the ASAE. 886-892.
- Hall, J.K., Hartwig, N.L. & Hoffman, L.D. 1984. Cyanazine losses in runoff from no-tillage corn in "living" and dead mulches vs unmulched, conventional tillage. J. Environ. Qual. 13, 105-110.
- Leonard, R.A., Langdale, G.W. & Flemming, W.G. 1979. Herbicide runoff from Upland Piedmont watersheds. Data and implications for modelling pesticide transport. J. Environ. Qual. 8, 223-229.
- Sirons, G.J., Frank, R. & Sawyer, T. 1973. Residues of atrazine, cyanazine and their phytotoxic metabolites in a clay loam soil. J. Agr. Food Chem. 21, 1016-1020.
- Smith, C.N., Bailey, G.W., Leonard, R.A. & Langdale, G.W. 1978. Transport of agricultural chemicals from small Upland Piedmont watersheds. Environmental protection agency. EPA 600/3-78-056.
- Ulén, B. 1982. Erosion av fosfor från åker. Ekohydrologi nr 11, 29-36.
- Ulén, B. 1984. Påverkan på yt-, dränerings- och grundvatten vid Ekenäs. Ekohydrologi nr 18, 3-38.
- Walker, A. 1978. Simulation of herbicide persistence in soil. Weed Science Soc. Am., Dallas Texas Feb 9, No. 209.
- Yoo, J.Y., Muir, D.C.G. & Baker, B.E. 1981. Persistence and movement of cyanazine and procyanazine in soil under field conditions. Can. J. Soil Sci. 61, 237-242.







Nr	År	Författare och titel. <i>Author and title.</i>
18	1984	Barbro Ulén. Påverkan på yt-, dränerings- och grundvatten vid Ekenäs. <i>Influence on surface water, drainage water and groundwater at Ekenäs.</i> Barbro Ulén. Nitrogen and phosphorus to surface water from crop residues.



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).

**Nr År Författare och titel. Author and title.**

- 1 1978 Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av växtnäring från åker. *Losses of nutrients from arable land.*
- 2 1978 Nils Brink och Arne Joelsson. Stallgödsel på villovägar. *Manure gone astray.*  
Nils Brink. Kväveutlakning från odlingsmark. *Nitrogen leaching from arable land.*
- 3 1979 Sven-Åke Heinemo och Nils Brink. Utlakning ur kompost av sopor och slam. *Leachate from compost of refuse and sludge.*  
Nils Brink. *Self-purification studies of silage juice.*  
Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsläckage på Kristianstadsslätten. *Loss of nutrients on the Kristianstad Plain.*  
Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. *Pollution of the Groundwater by a Dung Yard.*
- 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. *Losses of nitrogen, phosphorus and potassium from arable land.*
- 5 1979 Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo. Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo. *Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand.*  
Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. *Losses of Nutrients from Forests.*  
Nils Brink. Utlakning av kväve från agroekosystem. *Leaching of nitrogen from agro-ecosystems.*  
Nils Brink. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen.
- 6 1980 Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. *Losses of nutrients in Skåne and Halland.*  
Nils Brink, Sven L. Jansson och Staffan Steineck. Utlakning efter spridning av potatisfruktsaft. *Leaching after Spreading of Potato Juice.*  
Nils Brink och Arne Gustafson. Att spä om gödselkväve. *Forecasting the need of fertilizer nitrogen.*  
Arne Gustafson och Börje Lindén. Lantbruksuniversitetet satsar på exaktare kvävegödsling.
- 7 1980 Nils Brink och Börje Lindén. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. *Where does the commercial fertilizer go.*  
Barbro Ulén och Nils Brink. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbro sjön. *The importance of the environment for the primary production in Lake Vadsbro sjön.*  
Arne Gustafson. Jordbruket och grundvattnet.  
Nils Brink. Utlakningen av växtnäring från åkermark.  
Nils Brink. Vart tar gödseln vägen.
- 8 1981 Nils Brink. Försurning av grundvatten på åker. *Acidification of Groundwater on arable land.*  
Rikard Jernlås och Per Klingspor. TCA-utlakning från åker. *Leaching of TCA from arable land.*  
Arne Joelsson. Ytavspolning av fosfor från åkermark. *Storm Washing of Phosphorus from Arable Land.*  
Arne Gustafson, Sven-Olof Ryding och Barbro Ulén. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. *Control of losses of nutrients from arable land and forest.*
- 9 1981 Barbro Ulén och Nils Brink. Miljöeffekter av ureaspridning och glykolanvändning på en flygplats. *Environmental effects of spreading of urea and use of glycol at an airport.*  
Gunnar Fryk. Utlakning från upplag av malda sopor. *Leachate from piles of shredded refuse.*
- 10 1982 Arne Gustafson och Arne S. Gustavsson. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. *Losses of nutrients in Västergötland and Östergötland.*  
Barbro Ulén. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. *Losses of nutrients from arable land and forests in Södermanland.*  
Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. *Nitrate, nitrite and pH in drinking water in Västergötland.*

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).

- Östergötland and Södermanland.*  
Lennart Mattsson och Nils Brink. Gödslingsprognoser för kväve. *Fertilizer forecasts.*
- 11 1982 Barbro Ulén. Vadsbro sjöns närsaltsbelastning och trofinivå. *The nutrient load and trophic level of Lake Vadsbro sjön.*  
Arne Andersson och Arne Gustafson. Metallhalter i dräneringsvatten från odlad mark. *Metal contents in drainage water from cultivated soils.*  
Arne Gustafson. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige.  
Barbro Ulén. Erosion av fosfor från åker. *Erosion of phosphorus from arable land.*  
Rikard Jernlås. Kväveutlakningens förändring vid reducerad gödsling.
  - 12 1982 Nils Brink och Rikard Jernlås. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. *Leaching after spreading of liquid manure in autumn and spring.*  
Gunnar Fryk och Thord Ohlsson. Infiltration av lakvatten från malda sopor. *Leachate migration through soils.*  
Nils Brink. Measurement of mass transport from arable land in Sweden.  
Arne Gustafson. Leaching of nitrate from arable land into groundwater in Sweden.
  - 13 1983 Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Yttransport av växtnäring från stallgödslad åker. *Surface transport of plant nutrient from field spread with manure.*  
Rikard Jernlås. TCA-utlakning på lerjord. *Leaching of TCA on a clay soil.*  
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. *Losses of nutrients at Öjebyn.*  
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. *Losses of nutrients at Röbbäcksdalen.*  
Rikard Jernlås och Per Klingspor. Nitratutlakning och bevattning. *Drainage losses of nitrate and irrigation.*
  - 14 1983 Arne Gustafson, Lars Bergström, Tomas Rydberg och Gunnar Torstensson. Kväve mineralisering vid plöjningsfri odling. *Nitrogen mineralization in connection with non-ploughing practices.*  
Rikard Jernlås. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat i lerjord. *Decomposition and mobility of fenvalerate in a clay soil.*  
Nils Brink. Jordprov på hösten eller våren för N-prognoser. *Soil sampling for nitrogen forecasts.*  
Nils Brink. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. *Nutrients and organic matters from farmland and woodland.*  
Nils Brink. Gödselanvändningens miljöproblem.
  - 15 1984 Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Växtnäringsförluster runt Ringsjön. *Nutrient losses in the Ringsjö area.*  
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Fånggröda efter korn. *Catch crop after barley.*  
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster från åker i Nybroåns avrinningsområde. *Losses of nutrients from arable land in the Nybroån river basin.*  
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Vagle. *Losses of nutrients at Vagle.*  
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Offer. *Losses of nutrients at Offer.*
  - 16 1984 Arne Gustafson, Arne S. Gustavsson och Gunnar Torstensson. Intensitet och varaktighet hos avrinning från åkermark. *Intensity and duration of drainage discharge from arable land.*
  - 17 1984 Jenny Kreuger och Nils Brink. Fånggröda och delad giva vid potatisodling. *Catch crop and divided N-fertilizing when growing potatoes.*  
Nils Brink och Arne Gustavsson. Förluster av växtnäring från sandjord. *Losses of nutrients from sandy soils.*  
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Boda. *Losses of nutrients at Boda.*  
Nils Brink. Vattenföroreningar från tippen i Erstorp – ett rättsfall.

**DISTRIBUTION:**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Avdelningen för vattenvård  
750 07 UPPSALA, Sweden

Tel 018-17 24 60

Pris: 25:–