

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER RUNT RINGSJÖN

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

FÅNGGRÖDA EFTER KORN

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER FRÅN ÅKER I NYBROÅNS AVRINNINGSSOMRÅDE

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER I VAGLE

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER I OFFER

Ekohydrologi 15

Uppsala 1984

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

ISBN 91-576-1866-6

ISSN 0347-9307

FÖRORD

Den första uppsatsen i detta nummer av *Ekohydrologi* är en delrapport från projektet Närsaltförluster från åker runt Ringsjön. Undersökningen sker på uppdrag av Länsstyrelsen i Malmöhus län.

Den andra uppsatsen är en delrapport från projektet Odlingsåtgärder för minskning av nitratutlakning på sandjord. Undersökningen bekostas av Forskningsnämnden vid statens naturvårdsverk.

Den tredje uppsatsen gäller en specialundersökning Referensyta för åkermarkens växtnäringsbidrag. Objektet är Nybroån i Skåne. Högsta AB står för kostnaderna.

Den fjärde artikeln är en delrapport och den femte en slutrapport från två norrländska skiftesförsök under projektet Läckage av växtnäring till yt- och grundvatten, som bekostas av Sveriges lantbruksuniversitet.

1984-02-15

Nils Brink

INNEHÅLL

Brink, N., Gustavsson, A.S. & Ulén, B. 1984. Växtnäringsförluster runt Ringsjön. <i>Ekohydrologi nr 15</i> , 3-12.	3
Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Fånggröda efter korn. <i>Ekohydrologi nr 15</i> , 13-20.	13
Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Växtnäringsförluster från åker i Nybroåns avrinningsområde. <i>Ekohydrologi nr 15</i> , 21-26.	21
Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Växtnäringsförluster i Vagle. <i>Ekohydrologi nr 15</i> , 27-37.	27
Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Växtnäringsförluster i Offer. <i>Ekohydrologi nr 15</i> , 39-51.	39

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER RUNT RINGSJÖN

Nutrient losses in the Ringsjö area

Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén

Abstract. Lake Ringsjön in central Skåne, a lake of importance for drinking water, recreation and fishing, has been more and more seriously eutrophicated. The measurement of nutrient transports in the streams allowed the calculation of very high nutrient losses, especially phosphorus, from the environment.

The arable land is well fertilized and the phosphorus status of the soil is also high.

The phosphorus losses too are rather high, especially from a certain region (Snogeröd). Much of the phosphorus from this area was particle-bound.

However, this cannot explain the very high phosphorus concentrations in the streams. There must be other sources.

INLEDNING

Vid mätningar av närsaltstransporten till Ringsjön konstaterades ovanligt höga närsaltsförluster från omgivningen (Ryding 1982). Detta gällde framför allt jordbruksområdena söder och väster om Östra Ringsjön. Speciellt fosforförlusterna var anmärkningsvärt höga. Jordbruksmarken beräknades svara för 72 procent av den totala fosfortransporten till Ringsjön (Ryding 1983). För att närmare kvantifiera och undersöka orsakerna till dessa förluster startades hösten 1982 en undersökning av växtnärsförlusterna runt Ringsjön. Föreliggande rapport anger resultat från det agrohydrologiska året 1982/83 (1 juli-30 juni).

Undersökningen sker på uppdrag av länsstyrelsen i Malmöhus län.

MÅL

Målet är att fastställa den areella fördelningen av fosfor- och nitrat-

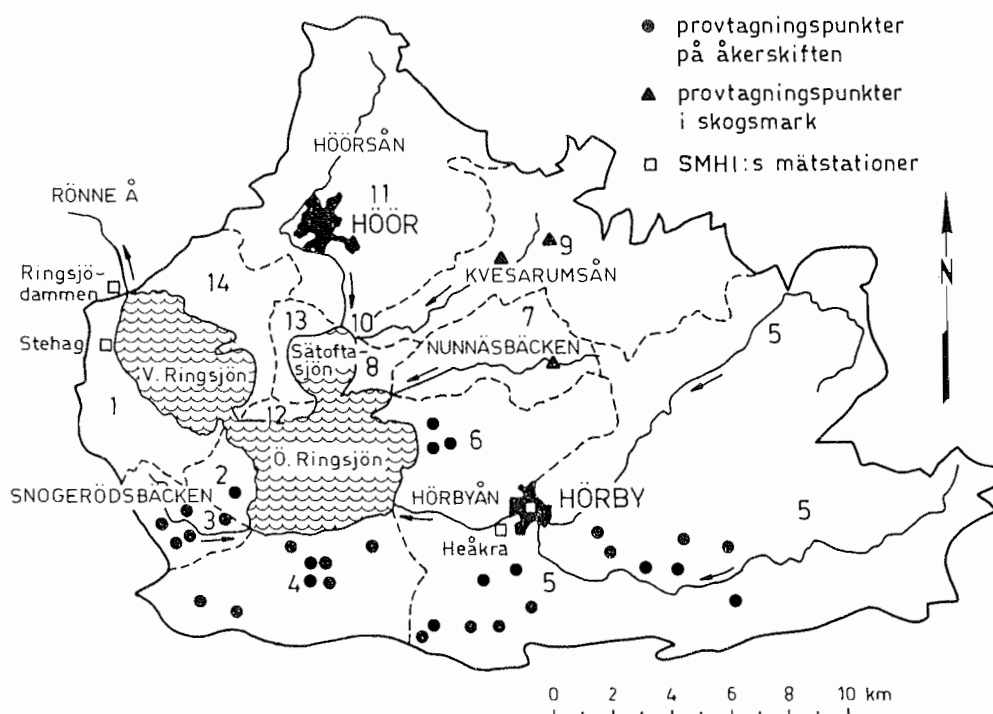


Fig. 1. Ringsjöns avrinningsområde och provtagningspunkternas läge. *The basin of lake Ringsjön and the sampling stations.*

Tabell 1. Arealfördelning inom Ringsjöns avrinningsområde. (Värden i ha.)
Distribution of land area. (Values in ha.)

Område	Skog	Åker	Våtmark	Tätort	Övrigt	Totalt
1	160	830			250	1240
2	45	315			90	450
3	55	525			160	740
4	180	1965			535	2680
5	4900	6080	670	140	2930	14720
6	750	800			430	1980
7	1000	250	20		300	1570
8	65	120			45	230
9	2430	760	280		660	4130
10	10	5			5	20
11	2985	940	50	280	1005	5260
12	40	50			20	110
13	150	110			60	320
14	710	280			260	1250
1-14	13480	13030	1020	420	6750	34700

förlusterna från åker och skog runt Ringsjön, att klarlägga vilka faktorer som orsakar förlusterna från jordbruket och att föreslå motåtgärder till undvikande av förlusterna.

OMRÅDESBESKRIVNING

I de norra och nordöstra delarna av Ringsjöns tillrinningsområde består berggrunden främst av gnejs- och granitberg och marken är till stor del skogsbevuxen. 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 enligt K-konsult (1982) och Ryding (1982) anges i tabell 1. I våtmark ingår även sjöar med 100 ha. Vad "övrig mark" består av är oklart. Ringsjöns egen yta är ungefär 4100 ha.

MATERIAL OCH METODER

Provplatser

I samarbete med lantbruksnämnden i Malmöhus län utvaldes 31 täckdikade åkerskiften samt 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.

Provtagning och analys

Vattenproven togs av personal på Hörby kommuns hälsovårdsförvaltning vid de tidpunkter som framgår av fig. 2. Hälften av gångerna inträffade vid toppavrinning. Ytvattenprov kunde tas i någon större omfattning endast vid omgången 6-7 mars. Efter provtagningen sändes proven omedelbart till eget laboratorium i Uppsala för analys.

Analys av 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 inhämtades från dess stationer i Hörbyån vid Heåkra och Ringsjöns utlopp i Rönne å 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.

Beräkningar

Vid varje enskild provpunkt bestämdes medelhalten från alla provomgångarna genom vägning av halterna mot avrinningen under de aktuella provtagningsdygnen. Avrinningen beräknades som medelvärdet av värden från försöksfälten vid Vättinge och Näsbygård. Inom varje region beräknades sedan aritmetiskt medelvärde för de vägda medelvärdena. Beräkningarna kan sammanfattas i formeln

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

där \bar{c}_k är medelvärdet för varje flodområde, k antalet sådana områden där mätningar skett, i antalet provplatser i området, n antalet prov-

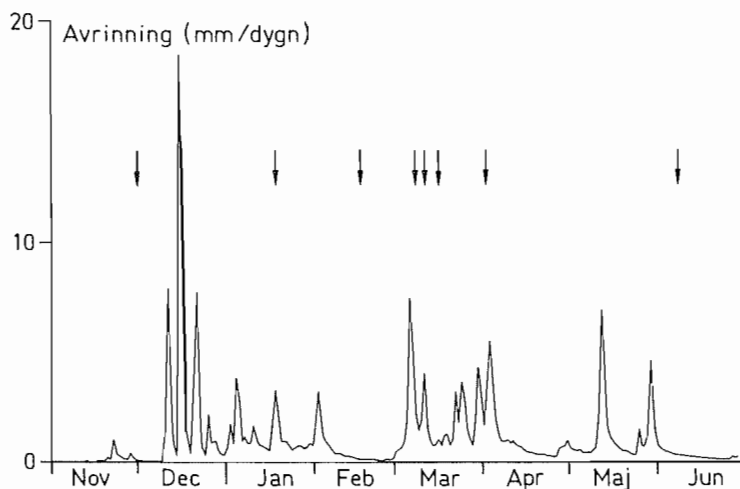


Fig. 2. Medelvärdet av avrinningen vid försöksstationerna Näsbygård och Vättinge. Provtagningsstillfällena vid Ringsjön markerade med pilar. Mean values of discharge at the experimental fields Näsbygård and Vättinge. Sampling at lake Ringsjön marked with arrows.

Tabell 2. Gröda, handelsgödsel och stallgödsel i ringsjöområdet 1982. (Värden i kg/(ha·år).) *Crops, fertilizers and manure in the area of Ringsjön 1982. (Values in kg/(ha·yr).)*

Gröda	Antal fält	Handelsgödsel		Stallgödsel ^a	
		N	P	N	P
<i>Enbart handelsgödsel</i>					
Vall	3	88-158	20-42	-	-
Höstvete	1	113	21	-	-
Vårvete	1	105	18	-	-
Korn	7	60-100	0-25	-	-
Havre	3	62-100	20-28	-	-
Socketbetor	1	128	56	-	-
Ärtor	1	62	28	-	-
Höstoljeväxter	1	224	35	-	-
<i>Handelsgödsel och stallgödsel</i>					
Vall	3	98-131	20-35	105-175	30-50
Höstråg	1	122	21	140	40
Höstvete	1	59	21	140	40
Korn	4	48-85	11-35	75-200	23-60
Korn+insådd	2	28-42	0	100-200	30-60
Havre	1	48	21	200	60
Våroljeväxter	1	107	15	53	15
Höstoljeväxter	1	171	0	175	75
Socketbetor	2	92-93	21-49	75-105	23-30
Potatis	1	80	70	200	60
<i>Enbart stallgödsel</i>					
Korn	3	-	-	175-213	50-63
Socketbetor	1	-	-	210	60

^a 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.

tillfällena, q_n avrinningen och c_n halten av ett ämne vid en enskild tidpunkt.

Medelvärden 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 flod-områdets yta och där \bar{c}_k beräknas enligt (1).

Ämnestransporten 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.

Gröda och gödsling

Uppgifter om gröda och gödsling på de aktuella åkerskiftena inhämtades från markägarna (tabell 2). Gödselgivan har i allmänhet tenderat att ligga över rekommenderad giva, stundom långt över. Det sistnämnda gäller särskilt fosfor när både stallgödsel och handelsgödsel nyttjats samtidigt.

Markkartering

Under november-december 1982 genomförde Malmöhus läns hushållningssäll-

skap en markkartering. På 25 av skiftena togs sammanlagt 290 prov som analyserades med avseende på pH, löslig fosfor (P-AL) och kalium (K-AL) liksom på förrådsfosfor (P-HCl) och förrådskalium (K-HCl).

Inom varje flodområde var medelvärdet av jordens fosfor- och kaliuminnehåll (mg/100 g) följande:

Flodområde	P-AL	P-HCl	K-AL	K-HCl
2	6,1	44	8,9	93
3	7,8	51	10,1	102
4	10,4	63	10,3	68
5	14,1	72	12,6	68
6	9,9	103	7,8	62

Inom hela regionen var fosfor- och kaliumstatusen god i jordarna. Genomgående fanns mycket löslig fosfor. Av 25 undersökta åkerskiften låg 5 i klass III, 18 i klass IV och 2 i klass V. De genomgående högsta värdena påträffades i område 5.

RESULTAT

Nederbörd och avrinning

Nederbörden under det agrohydrologiska året (juli-juni) 1982/83 var tämligen riklig i Skåne. Den var större än medelvärdet för kalenderåren 1976-80 såväl i ringsjöområdet som vid försöksfälten (tabell 3). Vintern var ganska snöfattig. Ovanligt kraftig nederbörd kom i oktober och maj då emellertid ingen provtagning ägde rum.

Årsavrinningen i Hörbyån vid Heåkra var 120-150 mm högre än vid de tre andra stationerna i intervallet 700-850 mm årsnederbörd (fig. 3). Skillnaden mellan Heåkra och Ringsjödammen kan delvis förklaras av att dricksvatten bortleds vid vattenverket i Stehag motsvarande ca 60 mm avrinning. Dessutom sker en avdunstning från Ringsjöns yta som kan skattas till 150 mm/år (cf. Jutman 1975). För Ringsjödammens avrinningsområde motsvarar detta ytterligare en förlust av 15 mm. Även med hänsyn härtill tycks avrinningen vara kraftigare från Hörbyåns flodområde än från hela ringsjöregionen.

Ytvattenavrinningen var mycket kortvarig. Värden saknas. Dessa kan förväntas variera ännu mer än den totala avrinningen. Med hjälp av värden från ett kraftigt lutande fält i Södermanland kan skattningar göras. Ytavrinningen var där i genomsnitt 60 mm/år under en femårsperiod (Brink, Gustavsson & Ulén 1983). Detta värde har använts för att exemplifiera ytavrinningens betydelse. Eftersom snötillgången vintern 1982/83 var

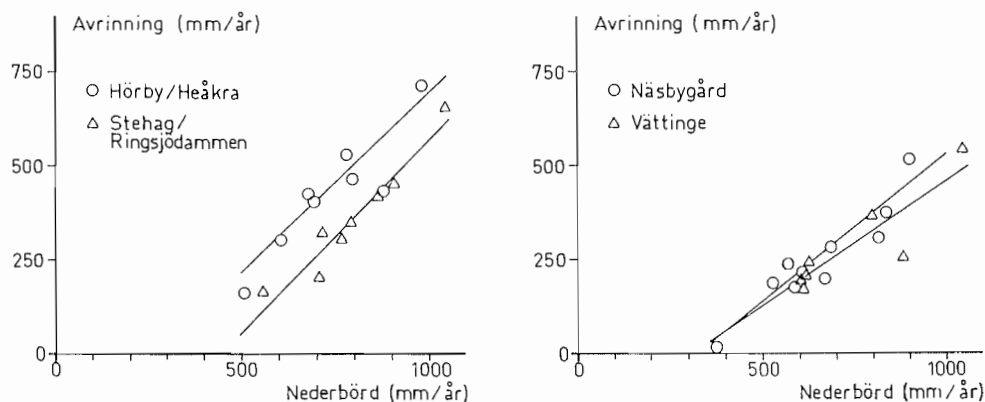


Fig. 3. Årsnederbörd och årsavrinning i ringsjöområdet och vid två försöksfält. *Annual precipitation and discharge from the area of lake Ringsjön and two experimental fields.*

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
	<i>Hörby</i>	<i>Heåkra</i>	<i>Näsbygård</i>	
1982/83	835	579	689	276
1976-80	701	421	601	222
	<i>Stehag</i>	<i>Ringsjödammen</i>	<i>Vättinge</i> ^a	
1982/83	931	418	879	250
1976-80	781	254	712	264

^a1977-80

mycket liten och tjälen just ingen alls i Skåne är 60 mm/år en mycket hög skattning.

Kväve

Variation. Nitrathalterna i ytvattnet var lägre än i dräneringsvattnet. I genomsnitt var det 5,7 mg/l i det förra och 9,3 mg/l i det senare. Variationerna var understundom betydande (fig. 4). De högsta värdena uppmättes vid första provtagningen.

Nitrathalterna var av samma storleksordning som dem Gustafson & Hanson (1979, 1980) fann på likartade jordar på Kristianstadsslätten och i södra och västra Skåne.

Regionala olikheter. Flodområdena 2 och 3 hade de högsta nitrathalterna, 4 och 5 hade lägre och 6 de lägsta halterna (tabell 4).

Transport. Transporterade nitratmängder från åker och skog anges i tabell 5. Från åker har den sammanlagda nitratförlusten beräknats till 51,4 kg/(ha·år). Detta är över normalt i södra Sverige. Som medelvärde för åren 1973-81 anger Brink (1982) 39 kg/(ha·år). Från skogen förlorades 4,6 kg/(ha·år) vilket är mångfalt högre nitratförluster än de 0,3 kg/(ha·år) som beräknats för Sverige som helhet (Ahl & Odén 1975). En del av förklaringen kan ligga i att myrmark ingår i upplandet till våra mätpunkter och att inslaget av lövskog är förhållandevis stort.

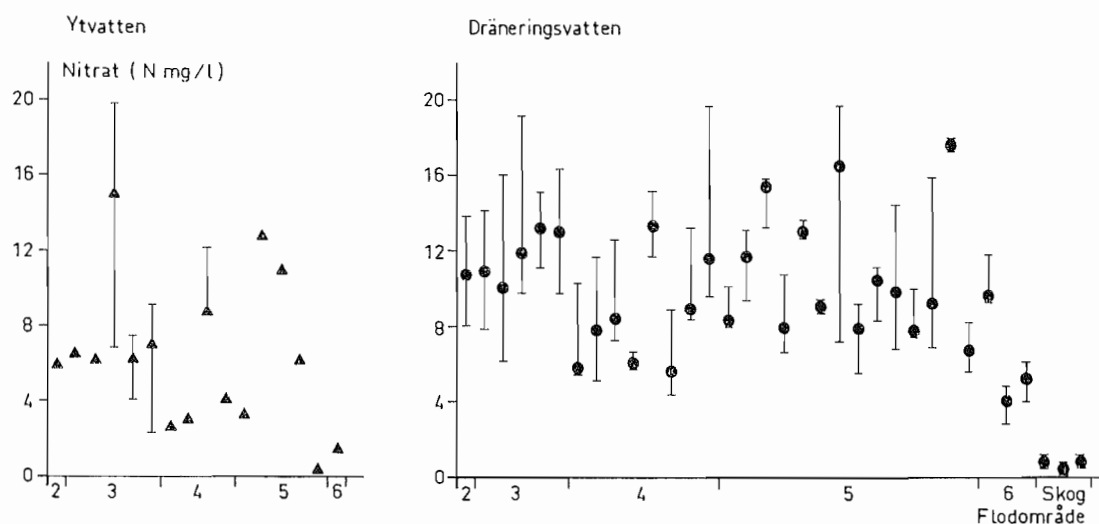


Fig. 4. Nitrat i yt- och dräneringsvatten. *Nitrate in surface and drainage water.*

Tabell 4. Medelhalter av växtnäringsämnen, eroderat material (susp.) och partikelbunden fosfor i ytvatten och dräneringsvatten. (Värden i mg/l.)
Mean contents of nutrients, eroded material, and particle-bound phosphorus in surface and drainage water. (Values in mg/l.)

Flodområde	NO ₃ -N	Tot-P	PO ₄ -P	Susp.	Part.-P
<i>Ytvatten</i>					
2	5,9	0,637	0,163	228	0,492
3	7,8	0,303	0,109	289	0,205
4	4,2	0,210	0,106	117	0,103
5	6,2	0,271	0,184	22	0,078
6	1,4	0,151	0,013	131	0,090
M	5,7	0,27	0,15	74	0,11
<i>Dräneringsvatten</i>					
2	10,6	0,179	0,071	32	0,106
3	11,6	0,223	0,083	72	0,146
4	8,1	0,062	0,039	6	0,018
5	9,5	0,082	0,056	3	0,023
6	5,2	0,056	0,031	4	0,026
M	9,3	0,089	0,054	9	0,032
<i>Skog</i>	0,8	0,014	0,004	4	0,010

Fosfor

Variation. Ytvattnet hade högre totalfosforhalter än dräneringsvattnet (fig. 5). Genomsnittsvärdet för hela området var 0,27 mg/l i ytvattnet och 0,09 mg/l i dräneringsvattnet. Variationsbredden var ofta stor. De högsta fosforhalterna uppmättes i början av mars då snösmältningen var som intensivast. Som helhet avvek ej fosforvärdena från dem Gustafson & Hanson (1980) uppmätte i södra och sydvästra Skåne.

Regionala olikheter. Liksom för nitraten uppmättes de högsta totalfos-

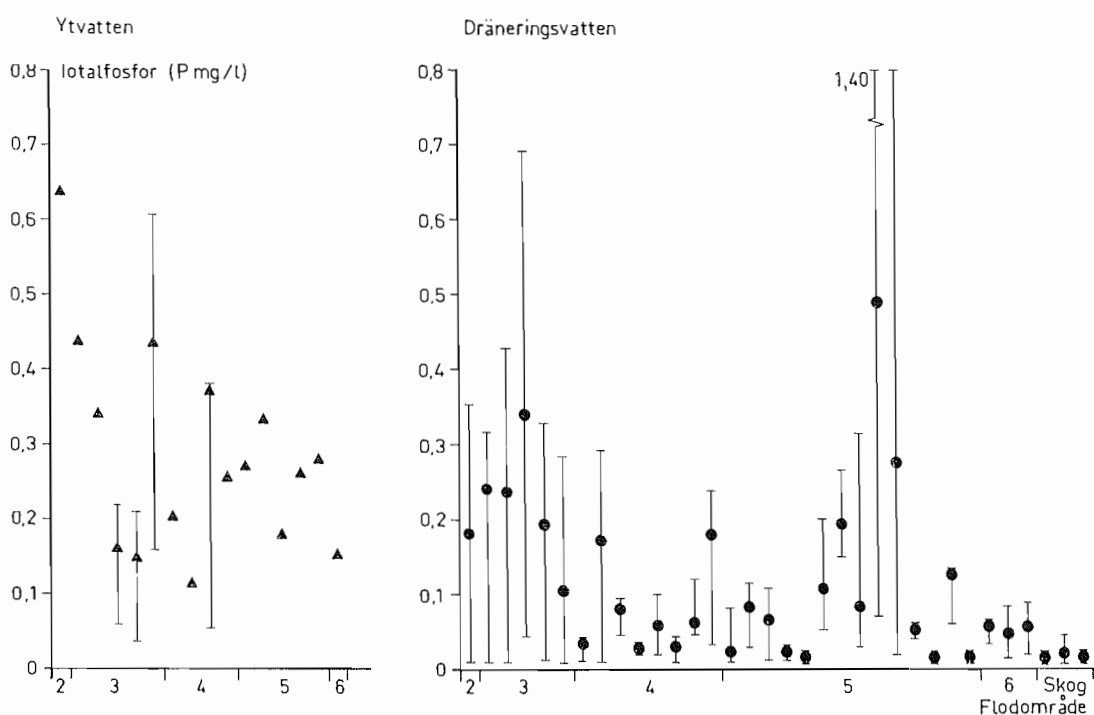


Fig. 5. Totalfosfor i yt- och dräneringsvatten från olika flodområden.
Total phosphorus in surface and drainage water from different areas.

Tabell 5. Transport av växtnäring och eroderat material (susp.) med yt- och dräneringsvatten till Östra Ringsjön. *Transports of nutrients and eroded material with surface and drainage water to lake Östra Ringsjön.*

Marktyp	Avrinning (mm)	Transport (kg/(ha·år))				
		NO ₃ -N	Tot-P	PO ₄ -P	Part-P	Susp.
Åker, ytvatten	60	3,4	0,16	0,09	0,06	44
Åker, dräneringsvatten	519	48	0,46	0,28	0,17	46
Skog	579	4,6	0,08	0,02	0,06	23
Åker, södra Sverige ^a	302	39	0,37	0,19	-	-
Skog, hela Sverige ^b	-	0,3	0,06	0,02	-	-

^aBrink (1982). ^bAhl & Odén (1975).

förhållerna i områdena 2 och 3 (tabell 4). Där utgjorde den partikelbundna fosfor två tredjedelar av totalfosfor i såväl yt- som dräneringsvatten. Övriga områden hade ganska höga fosforhalter i ytvattnet men låga i dräneringsvattnet. Andelen partikelbunden fosfor utgjorde där den mindre delen.

Fosforhaltens beroende. Kraftig avrinning gav höga halter totalfosfor och partikelbunden fosfor i dräneringsvattnet och liten avrinning låga halter. Detta framgår av fig. 6 där fosforvärdena utgör medeltal för en provomgång som tog två dygn och där avrinningen är medeltal från Näsbygård och Vättinge under samma tid. Speciellt tydligt var detta i Snogeröd. Med avtagande flöde sjönk fosforhalten snabbt. Sålunda var totalfosfor 6-7 mars med den sammanlagda avrinningen 13,1 mm i medeltal 0,15 mg/l i dräneringsvattnet från hela området. Två dygn därefter då avrinningen minskat och sammanlagt var 3,8 mm under två dygn var totalfosfor 0,05 mg/l. Vidare uppvisade fosforhalten i yt- och dräneringsvattnet ej något samband med jordarten på skiftena. Inte heller fanns något klart samband med gödningen eller med fosforhalten i jorden. Dock hade de två skiftena, vars jord låg i den högsta fosforklassen, genomgående höga fosforhalter i dräneringsvattnet.

Mellan mängden av eroderat material och partikelbunden fosfor finns

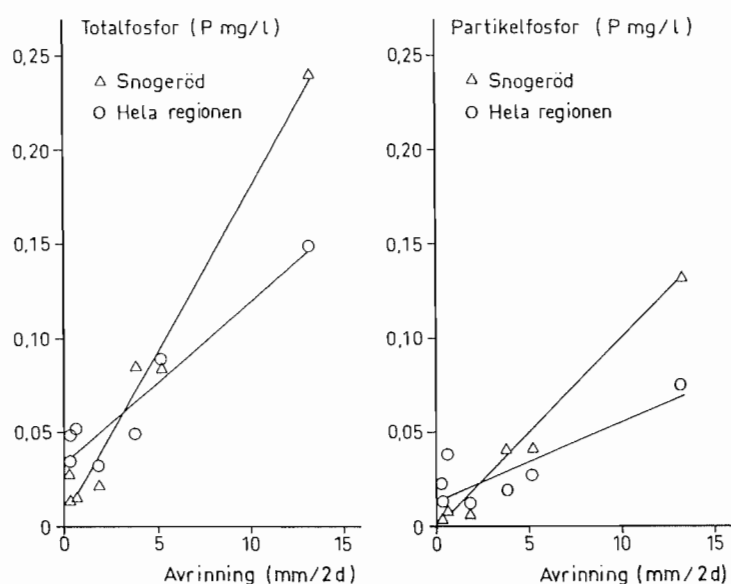


Fig. 6. Fosforhalt och avrinning. *Concentration of phosphorus and discharge during two days.*

Tabell 6. Åkerns och skogens bidrag av nitrat och totalfosfor till Ringsjön. *Contribution of nitrate and phosphorus from arable land to lake Ringsjön.*

	Ryding 1976-80		Vår 1982/83	
	Åker	Skog	Åker	Skog
NO ₃ -N (kg/(ha·år))	30,6	2,9	51,4	4,6
NO ₃ -N (ton/år)	399	40	670	62
Tot-P (kg/(ha·år))	1,30	0,13	0,62	0,08
Tot-P (ton/år)	17,0	1,7	8,1	1,1
Nederbörd (mm/år)	701	701	835	835
Avrinning (mm/år)	421	421	579	579

ett direkt samband. Jämfört med andra lokaler i landet (Ulén 1982) låg halten eroderat material i de flesta fall under mitten medan partikel-fosfor låg ett bra stycke över.

Transport. Totalfosfortransporten beräknad med de höga avrinningsvärdena (tabell 5) och i proportion till arealerna var från åker sammanlagt 0,62 kg/(ha·år). Detta är betydligt större förluster än dem man vanligen finner i södra Sverige.

Jämförelse mellan undersökningar

Eftersom Rydings (1982) undersökning gäller åren 1976-80 och vår 1982/83 haltar en jämförelse. Den är emellertid den bästa som kan göras för dagen. Resultat från en jämsides gjord undersökning i åmynningarna kommer nämligen inte att föreligga förrän tidigast våren 1984. Limnologiska institutionen vid Uppsala universitet svarar för denna. Jämförelsen utfaller som tabell 6 visar.

Bidraget enligt Ryding har vi beräknat på följande sätt. Från totala mängderna som transporterats till Ringsjön (Ryding 1982, tabell 18) har subtraherats bidrag från atmosfären (tabell 13) och från kommunala reningsverk (tabell 11). Totalkvävetransporten har omräknats till nitratkvävetransport med hjälp av medeltalet i åarna (tabell 3) och totalkvävetransporterna från åarna (tabell 9). Nitratkvävetransporten utgjorde i genomsnitt 65,0 % av totalkvävetransporten. Slutligen har åkerns och skogens förluster beräknats med hjälp av procenttalen som anges av Ryding (1983, p 123).

Rydings värden från åker och skog utgör restvärden sedan andra föroreningskällor än jordbrukets borträknats. Han beräknade sålunda jordbruksmarkens fosforbidrag till 17,0 ton. Enligt senare muntliga uppgifter skulle åkermarkens bidrag utgöra 11 ton sedan fosfor från mjölkkrum och gödselstäder dragits bort och diverse andra justeringar gjorts.

Vår undersökning gav sålunda större nitratförluster från åker och skog än Rydings men mindre fosforförluster. Det skall påpekas att våra värden är övre gränser och att därför förlusterna kan ha varit avsevärt mindre. En nederbörd på 835 mm har i genomsnitt gett en avrinning på 370 mm från försöksfälten Näsbygård och Vättinge. Med denna mera måttliga avrinning skulle bidraget från åkerjorden till sjön bli 418 ton NO₃-N och 5,2 ton tot-P per år. Samstämmigheten mellan Rydings och vår undersökning blir då relativt god vad det gäller nitrat. För fosfors del stannar vårt värde på ungefär hälften.

Den skillnad som i vilket fall som helst föreligger kan bero på erosion i åfårorna och resuspension från åbotten. Även punktkällor kan bidra.

Fortsatta undersökningar

Den här beskrivna undersökningen fortsätter 1983/84. Den skall komplette-

ras med specialstudier av erosionen på två åkerskiften och mätning av materialflöden i Snogerödsbäcken och Lybybäcken som rinner ut i Hörbyån. Avrinningen i de båda bäckarna skall mätas.

SAMMANFATTNING

Nitratkväve, fosfor och suspenderat material uppmättes 1982/83 från åker och skog vid Östra Ringsjön.

Nitratförlusterna från åker var av samma storleksordning som de som uppmätts i andra delar av södra Sverige. Höga fosforförluster uppmättes i området kring Snogerödsbäcken. En stor del av dessa var partikelbundna. Från övriga delar har fosforförlusterna varit något högre än vad som är vanligt i södra Sverige.

Inga uppgifter om ytavrinningens storlek finns från området. Enligt ett beräkningsexempel, där avrinningen åsatts ett högt värde, har emellertid visats att fosforförlusterna från åkermark varit små jämfört med de förluster som tidigare beräknats.

Något samband mellan fosforförlusterna och fosforgödsling eller fosforstatus i jorden har inte kunnat visats.

REFERENSER

- Ahl, T. och Odén, S. 1975. Nutrient sources - a review. *Nordforsk publ.* 1975:1, 99-128.
- 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. & Ulén, B. 1983. Yttransport av växtnäring från stallgödslad åker. *Ekohydrologi nr 13*, 3-14.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1979. Växtnäringsläckage på Kristianstads-slätten. *Ekohydrologi nr 3*, 1-12.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1980. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. *Ekohydrologi nr 6*, 3-20.
- Jutman, T. 1975. Sjöavdunstningen i Sverige - Delrapport. *Stencil HBV SMHI PM nr 160*.
- K-konsult. 1982. Närsaltbelastningen på Ringsjön. Stencil, p. 40.
- Ryding, S-O. 1982. Vattenkvalitet och ämnestransport. Ringsjön och dess tillflöden. *Rapport Limn. inst., Uppsala*.
- Ryding, S-O. 1983. Ringsjöområdet. Ekosystem i förändring. *Rapport Limn. inst., Uppsala*.
- Ulén, B. 1982. Erosion av fosfor från åker. *Ekohydrologi nr 11*, 29-36.

FÅNGGRÖDA EFTER KORN

Catch crop after barley

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

Abstract. An investigation was started with the objective to see how useful the ploughing-in of straw and the use of a catch crop are as tools for reducing the leaching of nitrate during periods outside the cropping season. The investigation has now been in progress for one year and the results so far are as follows;

There was no effect of the ploughing-in of straw. The use of a catch crop (winter rye), sown shortly after the harvest of the main crop, caused a substantial decrease of nitrate leaching in the following spring season but had no effect upon the magnitude of leaching in the autumn season.

INLEDNING

Vid avdelningen för vattenvård pågår en försöksverksamhet med mål att finna metoder mot växtnärläckage. Hittills prövade metoder riktar sig främst mot kväveläckaget. Detta är ofta mycket stort, speciellt på sandjordar i södra Sverige. Det poängteras att överoptimal gödsling i många fall utgör den främsta orsaken till ett för stort växtnärläckage. Men även med en väl anpassad gödsling kan förlusterna till vattensystemen vara betydande.

De metoder som nu provas avses att begagnas till att reducera läckaget ytterligare efter det att man slutat gödsla överoptimalt. Följande åtgärder provas nu: delad gödselgiva, halmnedplöjning, reducerad jordbearbetning, bruk av nitrifikationshämmare och odling av fånggröda.

När det gäller reducerad jordbearbetning har en mindre studie gjorts av Gustafson, Bergström, Rydberg & Torstensson (1983). Studien visade att plöjningsfri odling inte nämnvärt kunde minska mineraliseringsnivån efter skörden på hösten men att en höstsådd gröda (fånggröda) kunde plocka upp betydande kvävemängder som därmed kunde undandras utlakning.

När det gäller övriga metoder har försöksresultat ännu ej publicerats. Här skall redovisas resultat från ett försök där odling av fånggröda och halmnedplöjning ingår som led i kampen mot nitratläckaget. Försöket har pågått under ett agrohydrologiskt år av planerade fyra. Resultat från odling av fånggröda är emellertid så lovande att det förtjänar att redovisas redan nu.

MÅL

Målet är att klarlägga betydelsen av en fånggröda och av halmnedplöjning

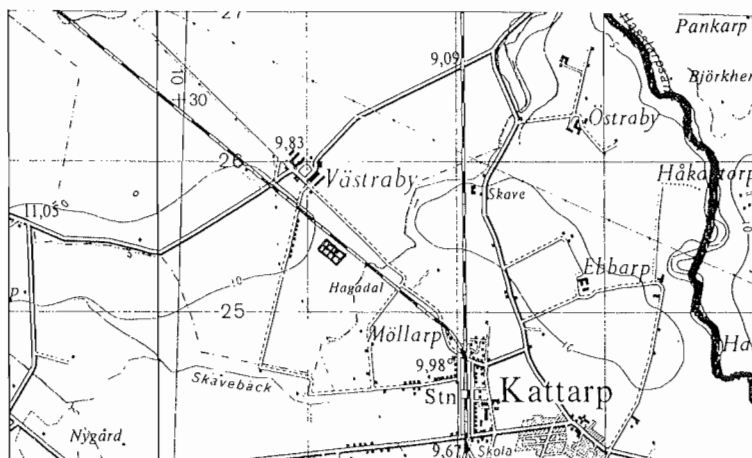


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and its surroundings.*

för minskning av nitratutlakning på sandjord vid odling av korn.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfält

Försöksfältet ligger i Skåne på Västraby gård 1 km nordväst om Kattarp (fig. 1).

Fältet sluttar svagt mot väster. Maximala höjdskillnaden understiger 0,7 m.

Försöksfältet iordningställdes omkring 1 maj 1982. Det består av åtta rutor om vardera 0,16 ha (fig. 2). Varje ruta har ett eget täckdikessystem med fem parallella grendiken. Avståndet mellan dikena är åtta meter. Från varje delsystem leds vattnet genom en tät ledning till en mätstation. Fältet omges på alla sidor av skyddsdränering som delvis är dubbel.

Jordarter och dikningsdjup

Jordarten på fältet är sand ovanpå styv lera. Sanden, som är svallad, har varierande mäktighet och har följande medeldjup på de olika rutorna:

Ruta	1	2	3	4	5	6	7	8
Sanddjup (cm)	82	84	93	90	70	78	83	97

Matjorden är mullhaltig mellansand.

Förhållandet att sanden tvärt slutar och leran börjar har utnyttjats

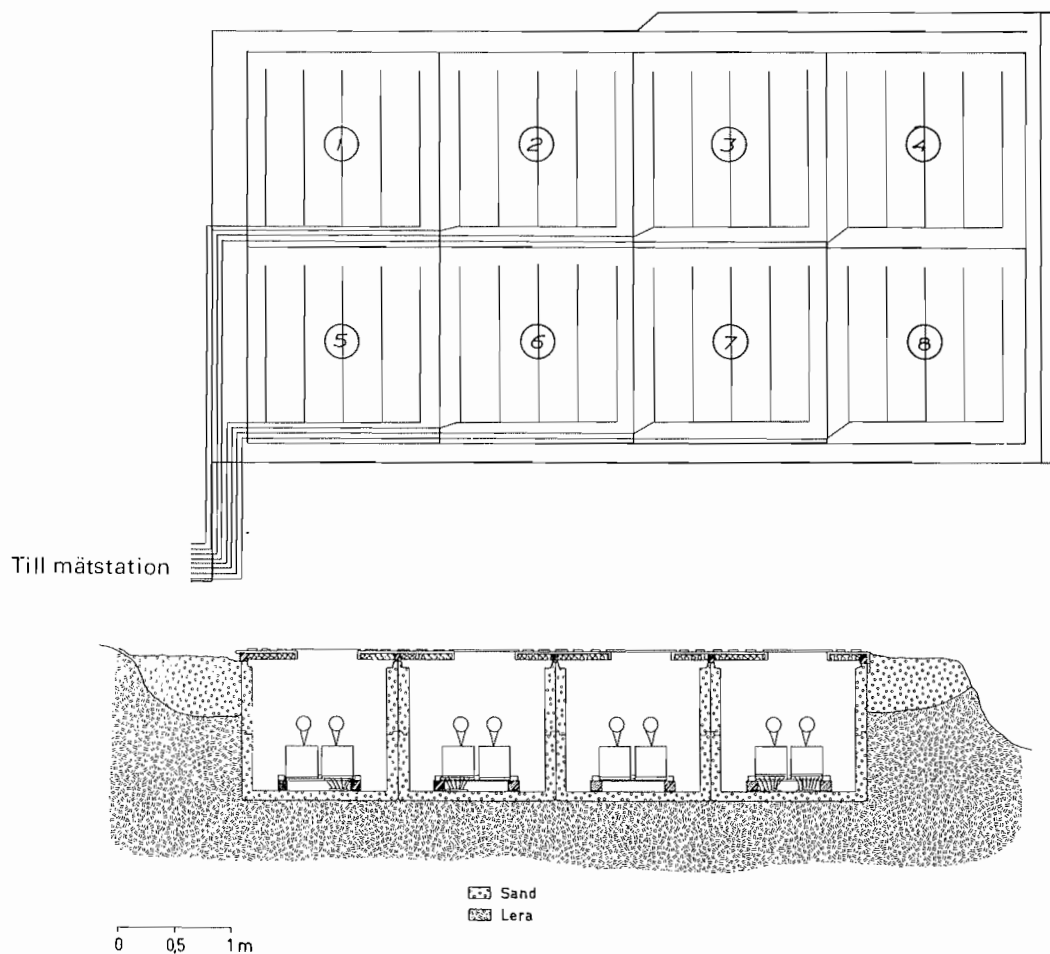


Fig. 2. Försöksdikningens utseende och mätstation. *Subdrainage design and measuring station.*

vid dikningen. Dräneringsledningarna har lagts i kanaler i lerans övre skikt. Djupet varierar mellan 100 och 120 cm under markytan. På så vis antas endast små mängder vatten rinna sidledes bort från försöksrutorna.

Nederbörd

Angivna nederbördstal kommer från SMHI:s station vid Mariedal, som ligger 3 km väster om försöksfältet.

Avrinningsmätningar

Det avrinnande vattnet från varje ruta mäts med ett tvåsidigt vippkärl (Brink 1968) vars ena hälft fylls när den andra töms. Antalet tömningar registreras med ett mekaniskt räkneverk. Vippkärlen är installerade i fyra dräneringsbrunnar med två kärl i varje brunn (fig. 2).

Vattenprovtagning och analys

Prov på dräneringsvatten togs två gånger i månaden i mån av avrinning. Under vårfloden togs ett prov i veckan. Proven nådde laboratoriet inom ett dygn. Konservering och analysmetoder har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978).

Beräkningar

Avrinning. Räkneverken på vippkärlen avlästes i samband med vattenprovtagningen. Den avrunna vattenmängden gäller sålunda perioden från föregående provtagning till den aktuella. För transportmätningen behövs emellertid uppgift om dygnsavrinning. Därför delas den totala avrinningen i dygnsavrinningar genom vägning med hjälp av en känd kontinuerlig avrinningsmätning. Härför har nyttjats avdelningens skiftesförsök Skottorp i södra Halland.

Koncentration och transport. Vidare interpoleras ett koncentrationsvärde fram för alla dagar med avrinning. De sålunda erhållna avrinnings- och koncentrationsvärdena multipliceras med varandra för att erhålla dygnstransport. Dygnstransporterna summeras sedan till månads- och årstransporter.

Medeltal. Redovisade koncentrationsmedeltal på årsbasis har framräknats genom att dividera årstransport med årsavrinning. Medeltal för försöksled har framräknats som medeltal av alla upprepningar.

Mineraliskt kväve i marken

För bestämning av jordens innehåll av ammonium- och nitratkväve har jordprov tagits i september och december 1982 samt i mars 1983. Proven togs med "Ultunaborr". I matjorden och övre alven (0-30 cm) togs tolv stick per ruta. Alven indelades i två skikt, 30-60 och 60-90 cm, med sex stick per ruta. Jorden från varje ruta blandades skiktvis till ett generalprov, ur vilket ett delprov togs för kemisk analys.

Utrustning, detaljer i provtagningsförfarandet och analysgång har beskrivits av Lindén (1981).

Skörd

Kärnskörd. Storleken bestämdes på varje ruta genom körning av ett tröskdrag tvärs över dräneringsdikena. Körsträcken avpassades så att den skördade ytan blev 50 m².

Halmskörd. Bestämdes genom uppsamling på fyra av rutorna.

Försöksplan

Eftersom fältet har åtta rutor kunde en upprepning göras av varje led.

Tabell 1. Gödsling och avkastning. *Fertilizing and yield.*

Försöksled	Gödsling (kg/ha)			Avkastning (ton/ha)	
	N	P	K	Kärna	Halm
Utan fånggröda	98	0	0	2,1	1,8
Med fånggröda	98	0	0	2,2	1,7

Fältet disponerades enligt följande:

Rutor	Halm	Fånggröda
1 och 8	Nedbrukas	Höstråg
2 och 7	Nedbrukas	Ingen
3 och 6	Bortföres	Ingen
4 och 5	Bortföres	Höstråg

På hösten genomföres följande åtgärder i ordning efter skörden: 1) Halmen bortföres eller hackas. 2) Stubbearbetning alla rutor, en körning. 3) Plöjning alla rutor 5-10 dagar efter stubbearbetning. 4) Harvning alla rutor direkt efter plöjning. 5) Sådd av fånggröda. Höstbearbetningen påbörjas så snart som möjligt efter skörden.

På våren görs följande moment: 1) Tallriksharvning av fånggrödan. 2) Alla rutor harvas. 3) Korn sås.

Under odlingsssäsongen genomföres gödsling och bekämpning enligt gårdens praxis.

RESULTAT

Allmänt

Försöksleden med halmplöjning och bortförsl av halmen behöver flera år på sig innan tydliga skillnader kan förväntas uppträda på kvävesidan. Detta bekräftas också av resultaten. Av den anledningen behandlas materialet som om endast två försöksled fanns, nämligen med och utan fånggröda. Antalet upprepningar per led blir då fyra.

Odlingsåtgärder

Genom att försöket anlades så sent på våren blev inte kornet sått förrän den 16 maj. Det var ca 5 veckor senare än på det omgivande skiftet.

Såberedningen krävde extra harvningar utöver det vanliga på grund av den kraftiga omgrävningen på fältet. Gödsling skedde enligt gårdens praxis (tabell 1). Grödan utvecklades sent. I stråskjutningsstadiet uppträdde ett kraftigt angrepp av bladlöss. Lössen bekämpades med framgång den 7 juli. Nederbörden i juli blev knapp (12 mm). Allt sammantaget medförde att avkastningen blev mycket låg (tabell 1). Skörden ägde rum den 20 augusti.

Efter skörden följdes försöksplanen. Fånggrödan, som var höstråg, såddes den 23 september. Dess utveckling blev medelgod. Den stod över vintern och tallriksharvades den 5 april.

Nederbörd

Årsnederbörden blev 742 mm, vilket är 100 mm mer än medeltalet för 1961-81. Den fördelade sig enligt följande (värden i mm):

JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN
12	105	28	78	48	91	51	20	80	78	100	51

Anmärkningsvärt stor var nederbörden under MAR-MAJ. Den var mer än dubbelt så stor som normalnederbörden.

Avrinning

Avrinningen blev ojämn mellan försöksrutorna. Detta kan till stor del förklaras med att försöket är nyanlagt och att det tar en tid innan försöksdikningen får en tillfredsställande funktion.

I medeltal blev avrinningen 14 procent större från rutor med fånggröda än utan. Avrinningen var något mindre under hösten (JUL-DEC) jämfört med våren (JAN-JUN) (värden i mm):

Led	JUL-DEC	JAN-JUN	Totalt
Utan fånggröda	170	220	390
Med fånggröda	200	245	445

Mineraliskt kväve i marken

Mängden mineraliskt kväve i marken ändrades ganska mycket mellan de tre provtagningsstillfällena (fig. 3). Vid första tillfället var kvävemängderna relativt stora och lika mellan försöksleden. En orsak till de stora kvävemängderna är den dåliga skörden. Speciellt i alven var nitratmängderna betydande. Detta kväve kan svårtligen hinna plockas upp av en fånggröda eftersom det befinner sig så pass djupt. Lakningsprocessen är ju dessutom snabb på en sandjord och rötterna hinner ej ned i tid. Normalt når ej heller rötterna större djup än 40-60 cm på en sandjord.

Vid det andra provtagningsstillfället har fånggrödan börjat plocka upp mineraliserat kväve och bromsar därmed tillförseln av kväve till alven. Detta syns på de tydliga skillnaderna mellan försöksleden. Denna skillnad är ännu större vid det tredje provtillfället då kvävemängderna var mycket små i alven i fånggrödeledet.

Gemensamt för båda försöksleden är att såväl ammonium- som nitratmängderna minskade med tiden. För ledet utan fånggröda innebär det att bildandet av mineraliskt markkväve (mineralisering och nedfall) inte höll jämna steg med förlusten (utlakning och denitrifikation).

Kväve i vatten

Ammonium. Halterna var låga (tabell 2). Detta är naturligt då mängderna i marken var små och då ammonium lätt immobiliseras på sin väg ner genom markprofilen. Någon entydig skillnad beroende på försöksled förelåg ej.

Nitrat. Nitrat utgjorde den alldeles övervägande delen av totalkvävet. Halterna var mycket högre under hösten (JUL-DEC) än under våren (JAN-JUN).

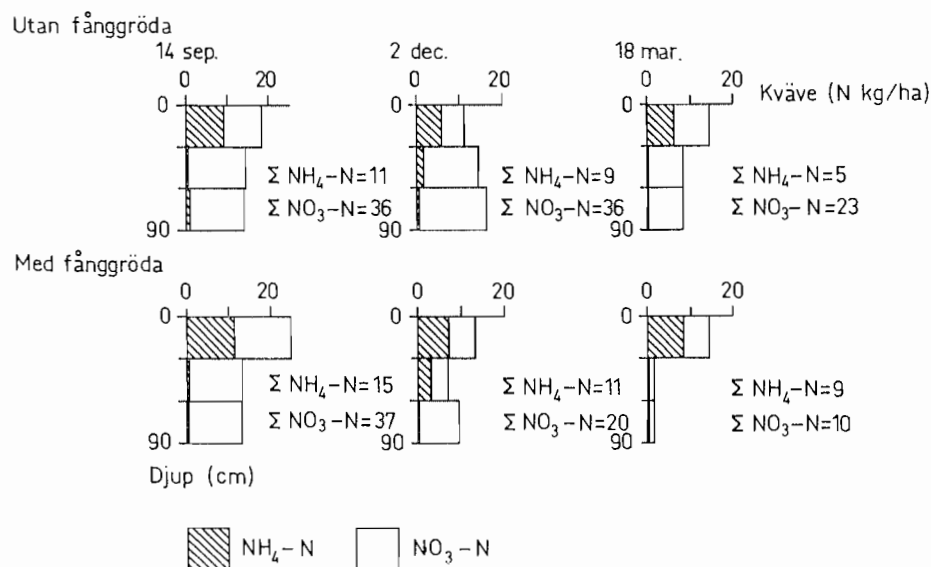


Fig. 3. Mineraliskt kväve i marken. *Mineral nitrogen in the soil.*

Tabell 2. Kväve, fosfor och kalium i dräneringsvatten. *Nitrogen, phosphorus and potassium in drainage effluent.*

Fånggröda	Period	Kväve (N)				Fosfor (P)			
		NH ₄	NO ₃	Övr. N	Tot-N	PO ₄	Övr. P	Tot-P	K
<i>Koncentration (mg/l)</i>									
Med	JUL-DEC	0,018	21,5	0,8	22,3	0,112	0,020	0,132	5,1
	JAN-JUN	0,025	6,2	1,0	7,2	0,140	0,027	0,167	3,7
Utan	JUL-DEC	0,021	23,6	1,1	24,7	0,095	0,027	0,122	4,2
	JAN-JUN	0,011	12,7	1,5	14,2	0,104	0,040	0,144	3,1
<i>Förlust (kg/(ha·a))</i>									
Med	JUL-DEC	0,036	42,9	1,7	44,6	0,223	0,041	0,264	10,2
	JAN-JUN	0,062	15,3	2,3	17,6	0,342	0,068	0,410	9,0
Utan	JUL-DEC	0,036	40,1	1,9	42,0	0,161	0,046	0,207	7,1
	JAN-JUN	0,025	28,0	3,2	31,2	0,228	0,089	0,317	6,7

På hösten var halterna av samma storleksordning i båda försöksleden. Under våren var halterna dubbelt så höga i ledet utan fånggröda.

Det dröjde ända till i mitten av december innan tydliga skillnader i halter uppträdde mellan försöksleden. Därefter kvarstod de hela försöksåret ut (fig. 4). Variationerna i halter inom försöksleden kunde vara betydande särskilt på hösten.

Med fånggrödan kunde halterna nedbringas under det hygieniska gränsvärdet på 6,8 N mg/l under perioden MAR-JUN.

Förändringarna i nitrathalt visade god samstämmighet med förändringarna av markkvävet.

Övrigt kväve. Detta kväve utgöres främst av organiskt kväve och har således sitt ursprung närmast från växtmaterial. Då jordprofilen tjänar som ett filter för större organiska partiklar så utgör detta kväve normalt endast en mindre del av totalkvävet på dräneringsdjup. Halterna var högre på våren än på hösten och något högre i ledet utan fånggröda.

Förlust av kväve

Ammonium. Förlusterna var försumbara (tabell 2).

Nitrat. De totala nitratförlusterna blev stora: 58,2 med och 68,1 N kg/(ha·a) utan fånggröda.

På hösten var förlusterna större beroende på att halterna då var högre än på våren medan avrinningarna var lika.

Någon större skillnad blev det inte mellan försöksleden på hösten. På våren förlorades däremot hälften så mycket nitrat i ledet med fånggröda.

Övrigt kväve. På hösten blev skillnaden liten mellan försöksleden medan det på våren transporterades ett knappt kilo mer från ledet utan fånggröda.

Fosfor och kalium i vatten

Fosfor. Fosfat dominerade och halterna därav var relativt höga för ett dräneringsvatten (tabell 2). Så höga fosfatvärden återfinns vanligen endast i vatten från relativt kraftigt gödslade sandjordar.

Halterna av övrigt fosfor var normala.

Fosfatförlusterna var något högre i fånggrödeledet medan förhållandet var det motsatta för övrigt fosfor. Några säkra slutsatser om inverkan av fånggrödan går emellertid ej att dra. Från en ruta med fånggröda var nämligen fosfathalten så kraftigt förhöjd att det tydligt påverkade medelvärdet.

Kalium. Halterna var normala för dräneringsvatten. De var något högre i fånggrödeledet. Detta slog igenom på förlusterna (tabell 2). Orsaken till denna i och för sig måttliga skillnad är oklar.

DISKUSSION

Den totala kväveförlusten för de båda leden med och utan fånggröda blev 62,2 respektive 73,2 N kg/(ha·a). Det kan synas vara en liten vinst med att odla fånggröda när dessa tal jämföres. Det måste dock påpekas att skörden var dålig och markkvävemängderna stora i alven redan när fånggrödan såddes. Därför blev sannolikt höstutlakningen större än vad som skulle varit fallet vid en mer normal skörd.

Sänkning av utlakningen under våren med hjälp av fånggrödan är betydelsefull ur mottagande ytvattens synpunkt, eftersom en stor närings-tillförsel då sammanfaller med att andra tillväxtfaktorer såsom ljus och värme är gynnsamma.

Sett ur grundvattensynpunkt är det också angeläget att minska höstutlakningen. Grundvattnet nybildas till mycket stor del på hösten. Det är därför viktigt att fånggrödan sås snabbt efter det att huvudgrödan skördats. En optimal möjlighet skulle vara att så in fånggrödan i huvudgrödan. Annars är det en ganska lång period från gulmognad fram till att fånggrödan tagit sig som utlakningen verkar i full frihet.

I dagens gödslingspraxis tillförs hela kvävegivan i anslutning till vegetationsperiodens början. Men detta kanske inte är önskvärt med tanke på utlakningsrisken. Väderleken går inte att förutsäga. Sannolikheten att man gödslar fel med en tidig engångsgiva är stor. Med delad giva kan man vänta en bit in i vegetationsperioden innan sista givan ges och därvid även anpassa dosen till årsmånen. Med ett sådant system skulle sannolikt en större del av den tillförda näringen nå grödan och kvävemängderna i marken efter skörden kunna minskas. Det kväve som mineraliseras under hösten skulle hinna plockas upp av fånggrödan.

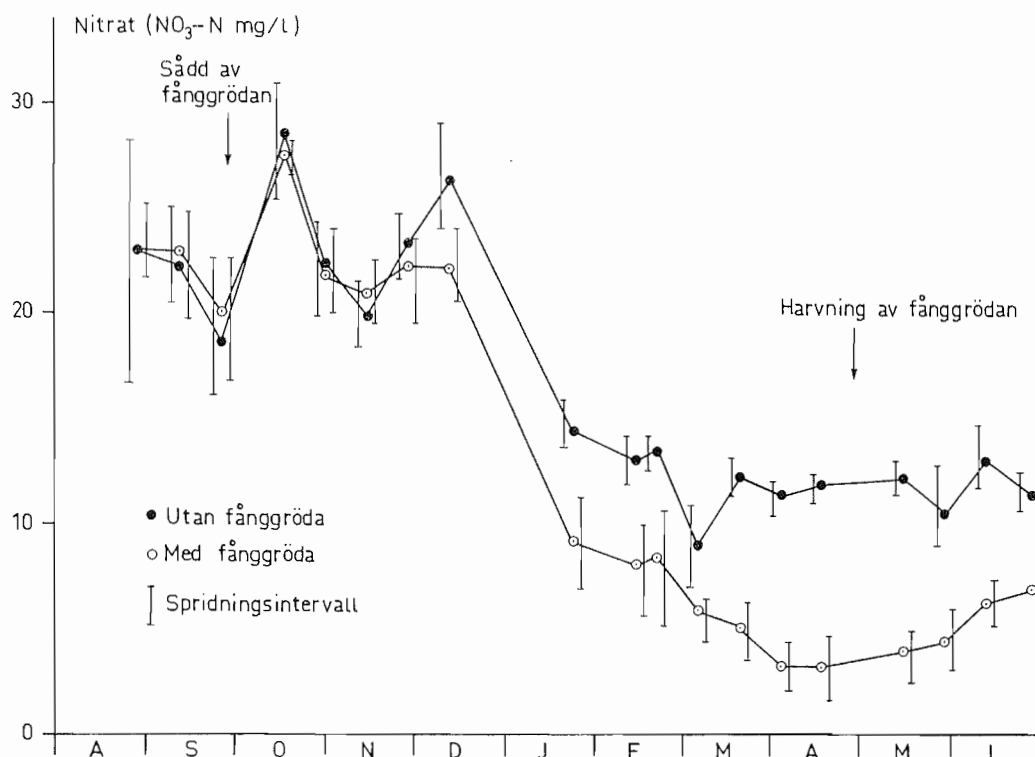


Fig. 4. Nitrat i dräneringsvatten. (Medeltal och variationsbredd.)
Nitrate in drainage effluent. (Mean values and range.)

SAMMANFATTNING

Ett försök har startats för att klarlägga betydelsen av halmnedplöjning och odling av fånggröda för minskning av kväveutlakningen i samband med odling av stråsäd på sandjord.

Resultat föreligger av ett års undersökningar. Ännu har ingen effekt av halmnedplöjningen visat sig medan effekten av fånggrödan var tydlig. Den senare åtgärden minskade kväveutlakningen på våren till hälften. Höstutlakningen var oförändrad.

Fånggrödan måste sås snarast efter skörden för att den skall få god effekt.

Ytterligare åtgärder för att minska höstutlakningen diskuteras.

REFERENSER

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Gustafson, A., Bergström, L., Ryding, T. & Torstensson, G. 1983. Kväveminerialisering vid plöjningsfri odling. *Ekohydrologi nr 14*, 3-8.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. II Metoder för mineralkväveprovtagning och analys. *Rapport nr 137*, 1-79. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER FRÅN ÅKER I NYBROÅNS AVRINNINGSOMRÅDE

Losses of nutrients from arable land in the Nybroån river basin

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

Abstract. An investigation of the water quality of drainage effluent from arable land was carried out for one year in the Nybroån river basin located in the very south of Sweden.

The field site had an area of 18.3 ha and was systematically drained with a subsurface drainage system. The soil type was clay till.

The analyses included determination of pH, conductivity, nitrogen, phosphorus and other major constituents.

A comparison was made with a reference field with the same soil type and drainage design. This field has a very good regional representativity for water quality from a clay till.

The results show that the drainage water from the investigated field was basically of the same nature as the water from the reference field, implying that it can be considered typical for drainage water originating in the region with clay till as the dominating soil type.

INLEDNING

I samband med bildandet av ett vattenvårdsförbund för Nybroåns vattensystem uppkom frågan rörande storleken av växtnäringsbidraget från åker till vattensystemet. I det sammanhanget tog Högesta AB, Tomelilla, initiativ till att frågan skulle belysas och avsatte även medel till en undersökning. Undersökningen påbörjades i juli 1982. Till försöksområde utvaldes ett åkerskifte tillhörigt Högesta AB.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfält

Fältet har en areal på 18,3 ha och är småkuperat. Det är systemtäckdikat och försett med ytvattenbrunnar. Jordarten är moränlera.

Provtagning

Prov på avrinnande vatten togs i en brunn tillhörig utloppsstamledningen. Detta skedde minst en gång i månaden när avrinning uppträdde. Totalt togs 14 provomgångar. Provtagningsförfarandet har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978) och Gustafson & Torstensson (1983).

Vattenanalys

Analyserna utfördes vid avdelningens vattenlaboratorium. Metoderna överensstämmer i princip med svensk standard för vattenundersökningar. I några fall har reagensmängder och koncentrationer anpassats till automatisk analys. För närmare detaljer i analysmetoderna hänvisas till Brink *et al.* (1978) och Gustafson & Torstensson (1983).

Nederbörd och avrinning

Nederbördsuppgifter har hämtats från SMHI:s station i Skurup. Då särskilda avrinningsmätningar ej förekommit har dessa värden fått tas från avdelningens försöksfält Näsbygård tillhörigt Näsbyholms godsförvaltning, Skurup. Genom att detta fält också är systemtäckdikat och försett med ytvattenbrunnar samt har samma jordart så bedöms avrinningstalen äga god tillämplighet på det undersökta skiftet.

Beräkningsmetoder

Transportberäkningar har utförts så att ett koncentrationvärde för alla

Tabell 1. Gröda, gödsling och skörd 1982. *Crop, fertilizing and yield 1982.*

Gröda	Handelsgödsel (kg/ha)			Stallg. (t/ha)	Skörd (t/ha)	Gröda 1983
	N	P	K			
<i>Högsta</i>						
Höstraps	66 ^a +36+149	21 ^a	58 ^a	20 ^b	1,7	Höstvete
<i>Näsbygård</i>						
Höstvete	45 ^a +77	45 ^a	144 ^a	0	8,1	Socketbetor

^aHösten föregående kalenderår. ^bPå hösten till höstvetet.

dagrar med avrinning har interpolerats fram. De sålunda erhållna värdena multipliceras med motsvarande dygnsavrinning för erhållande av dygns-transport. Dygnstransporterna summeras sedan till månads- och årstransporter. Årsmedeltal för koncentration har erhållits genom att årstransport divideras med årsavrinning.

Jämförelser

För att få en uppfattning om hur koncentrationer och transporter storleksmässigt ligger har jämförelser gjorts med det nämnda försöksfältet Näsbygård. Mätningarna därstädes har pågått sedan 1 juli 1973 och en studie av detta fälts regionala representativitet genomfördes åren 1977/78 och 1978/79. Av denna studie framgick att Näsbygård hade mycket god representativitet för sin jordart, moränlera, när det gäller förluster av kväve, fosfor och kalium. (Gustafson & Hansson, 1980).

Odlingsåtgärder

Högsta. Höstrapsen gödslades vid tre tillfällen (tabell 1) : Första gången med flytande kväve dagen innan sådd i augusti 1981, andra gången så tidigt som den 22 februari och tredje gången den 5 och 6 april 1982. Avkastningen blev medelgod. Höstvete såddes den 9 september.

Näsbygård. Höstvetet gödslades vid två tillfällen. Avkastningen var mycket god.

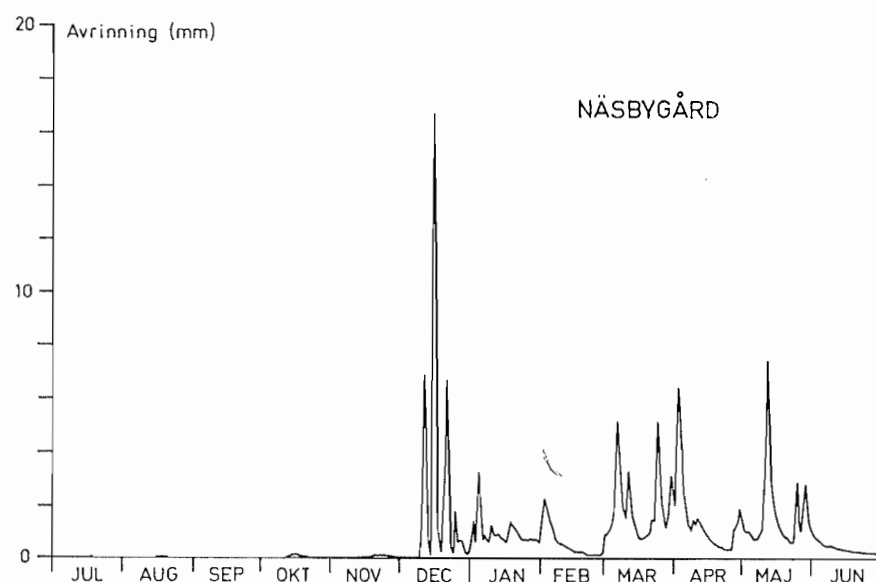


Fig. 1. Dygnsavrinning vid Näsbygård. *Daily drainage discharge at Näsbygård.*

Tabell 2. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and drainage discharge.*

År	JUL-JUN	JUL-DEC	JAN-JUN
<i>Nederbörd (mm)</i>			
1982/83	689	337	352
1973/83	692	402	290
<i>Avrinning (mm)</i>			
1982/83	275	60	215
1973/83	250	95	155

RESULTAT

Nederbörd och avrinning

Årsnederbörden var nära medelvärdet för de senaste tio åren (tabell 2). Fördelningen var annorlunda med underskott första halvåret (JUL-DEC) och överskott andra halvåret (JAN-JUN). Skillnaderna var inte stora.

Årsnederbörden var nära medelvärdet för de senaste tio åren (tabell 2). Fördelningen var dock annorlunda med underskott första halvåret (JUL-DEC) och överskott andra halvåret (JAN-JUN). Skillnaderna var dock inte stora.

Eftersom avrinningen är starkt beroende av nederbörden blev även den ganska lika tioårsmedeltalet (tabell 2). Första halvåret var avrinningen mindre och andra halvåret större än medeltalet.

Första halvåret uppkom inte någon avrinning av betydelse förrän i december. Årets högsta intensitet uppmättes denna månad. Basflödet var dock inte särskilt stort (fig. 1). Andra halvåret förekom ett betydande basflöde och även många toppar. Avrinningen var anmärkningsvärt stor i maj med 51 mm vilket är det största majvärdet under de senaste tio åren. Medeltalet för maj är 9 mm.

pH

pH låg över neutralpunkten och variationerna var inte särskilt stora (tabell 3).

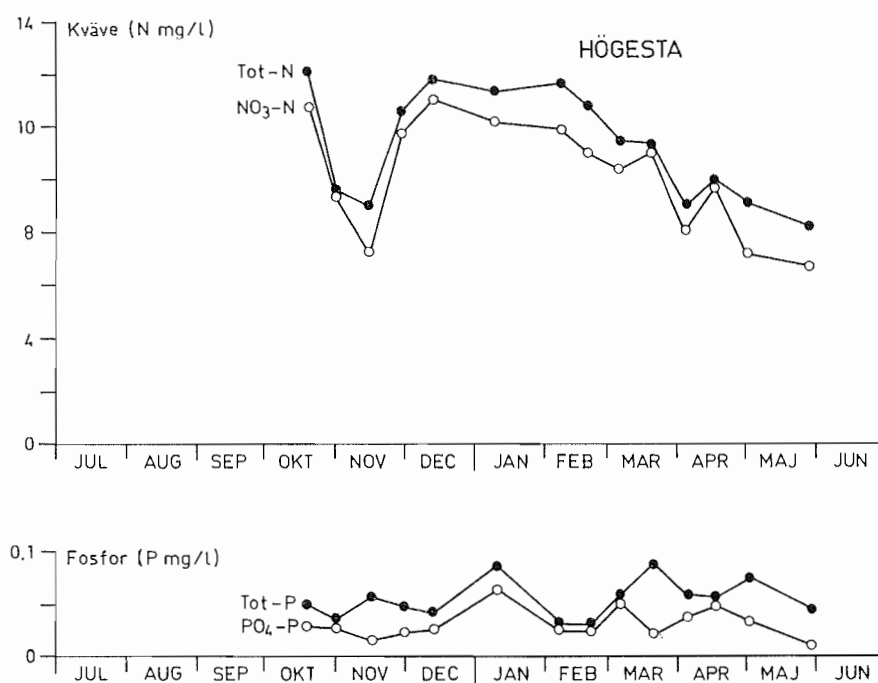


Fig. 2. Kväve och fosfor i avrinnande vatten. *Nitrogen and phosphorus in drainage effluent.*

Tabell 3. Dräneringsvattnets sammansättning. *Composition of drainage effluent.*

Datum	pH	Kond.	Koncentrationer (mg/l)										
		ms/m	HCO ₃	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄ -S	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N
82-07-01	7,2	68	271	4,2	14,4	129,5	5,4	28,5	24,7	0,051	0,032	14,40	13,10
82-10-19	7,2	68	271	4,2	14,4	129,5	5,4	28,5	24,7	0,051	0,032	14,40	13,10
82-11-01	7,3	64	266	2,0	12,7	119,0	4,7	19,2	25,5	0,035	0,027	9,48	9,32
82-11-16	7,5	65	294	2,0	17,4	142,0	4,7	21,0	29,4	0,058	0,014	8,84	7,13
82-11-29	7,2	64	246	2,4	12,9	135,0	1,5	23,1	21,7	0,019	0,023	12,50	11,70
82-12-13	7,2	59	252	2,7	13,6	135,0	4,8	23,7	21,4	0,041	0,026	13,80	13,10
83-01-10	7,2	48	211	3,0	18,4	110,0	4,5	20,2	-	0,087	0,066	13,30	12,20
83-02-09	7,4	53	227	2,0	11,3	90,0	4,1	19,9	22,1	0,030	0,025	13,60	11,90
83-02-21	7,6	58	242	2,0	10,6	103,5	4,7	20,1	22,6	0,030	0,025	12,80	11,00
83-03-07	7,2	43	182	2,2	11,0	82,5	3,7	17,7	15,4	0,060	0,055	11,40	10,30
83-03-21	7,2	49	223	1,0	10,9	113,0	3,9	18,1	17,5	0,090	0,020	11,30	11,10
83-04-05	7,1	48	205	2,1	10,6	73,0	3,5	13,4	-	0,058	0,038	8,95	7,97
83-04-18	7,3	51	229	2,1	-	86,0	3,7	15,4	14,9	0,055	0,050	9,99	9,77
83-05-02	7,4	49	259	1,9	11,6	86,5	4,7	18,3	16,1	0,077	0,034	9,11	7,12
83-05-30	7,3	60	276	2,5	12,0	76,5	4,9	16,3	15,8	0,044	0,012	8,10	6,62
83-06-30	7,3	60	276	2,5	12,0	76,5	4,9	16,3	15,8	0,044	0,012	8,10	6,62
Max.	7,6	68	294	4,2	18,4	142,0	5,4	28,5	29,4	0,090	0,066	14,40	13,10
Min.	7,1	43	182	1,0	10,6	73,0	1,5	13,4	14,9	0,030	0,012	8,10	6,62

Ledningstal

Ledningstalet är ett uttryck för den totala jonkoncentrationen i lösningen. Koncentrationerna var typiska för vatten från en moränlera i Skåne (tabell 3). Som jämförelse kan nämnas att ledningstalet vid Näsbygård varierade mellan 59-80 mS/m för motsvarande period.

Kväve

Nitratkvävet utgjorde i medeltal 90 procent av totalkvävet (tabell 3). Detta är normalt för dräneringsvatten i södra Sverige.

Variationerna var ganska stora under oktober-november innan den mer betydande avrinningen började i december. Under resten av året blev halterna mer stabila under det att de successivt avtog (fig. 2). En jämförelse med Näsbygård visar att medelhalterna var något mindre vid Högesta. Detsamma gäller transporterade mängder (tabell 4). Skillnaderna var inte större än att de kan förklaras av att höstvetet på Högesta tagit upp kväve så att det blivit mindre över för utlakning.

Allmänt kan sägas att de transporterade mängderna var av en storleksordning som kan förväntas på en moränlera i Skåne.

Fosfor

Halterna var måttliga och fosfatfosfor utgjorde i medeltal drygt hälften av totalfosfor (tabell 4). Inga anmärkningsvärda toppar av övrig fosfor förekom under högflöden utan haltvariationerna var små (fig. 2). En jämförelse med Näsbygård utfaller så att förhållandena synes likartade på de båda platserna.

Större konstituenten

Utlakningsmönstret var typiskt för en kalkrik moränlera. Sålunda var koncentrationerna av kalcium och vätekarbonat höga (tabell 3). För kalium och magnesium var de låga. Kalium fastläggs lätt i lerjord och förekomsten av utbytbar magnesium är vanligen låg i en moränlera av den undersökta typen.

Halterna av natrium och klorid var också måttliga. Höga halter av dessa joner tyder oftast på marin influens eller bidrag från tillförda gödselmedel. Inget av detta synes dock ha varit fallet här.

Några större haltvariationer var det endast fråga om för kalcium och vätekarbonat medan variationerna för de övriga jonerna var mycket liten

Tabell 4. Medelkoncentrationer och transporter av olika ämnen vid Högesta och Näsbygård. *Mean concentrations and transports of different substances at Högesta and Näsbygård.*

Station	HCO ₃	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄ -S	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N
<i>Koncentration (mg/l)</i>											
Högesta	232	2,2	12,5	98	4,3	19	18	0,059	0,034	11,2	10,1
Näsbygård	296	1,1	17,4	129	6,0	38	28	0,038	0,019	15,7	13,2
<i>Transporter (kg/(ha·a))</i>											
Högesta	641	6,2	35	271	11,9	52	51	0,163	0,093	30,8	27,8
Näsbygård	817	3,2	48	356	16,5	104	78	0,107	0,052	43,2	36,4

(fig. 3).

I jämförelse med Näsbygård var den allmänna karaktären på vattnets sammansättning likartad även om skillnaderna för enskilda joner kunde vara stor (tabell 4). Den för fälten gemensamma jordarten slog igenom i jonfördelningen.

De transporterade mängderna var för vissa joner betydande.

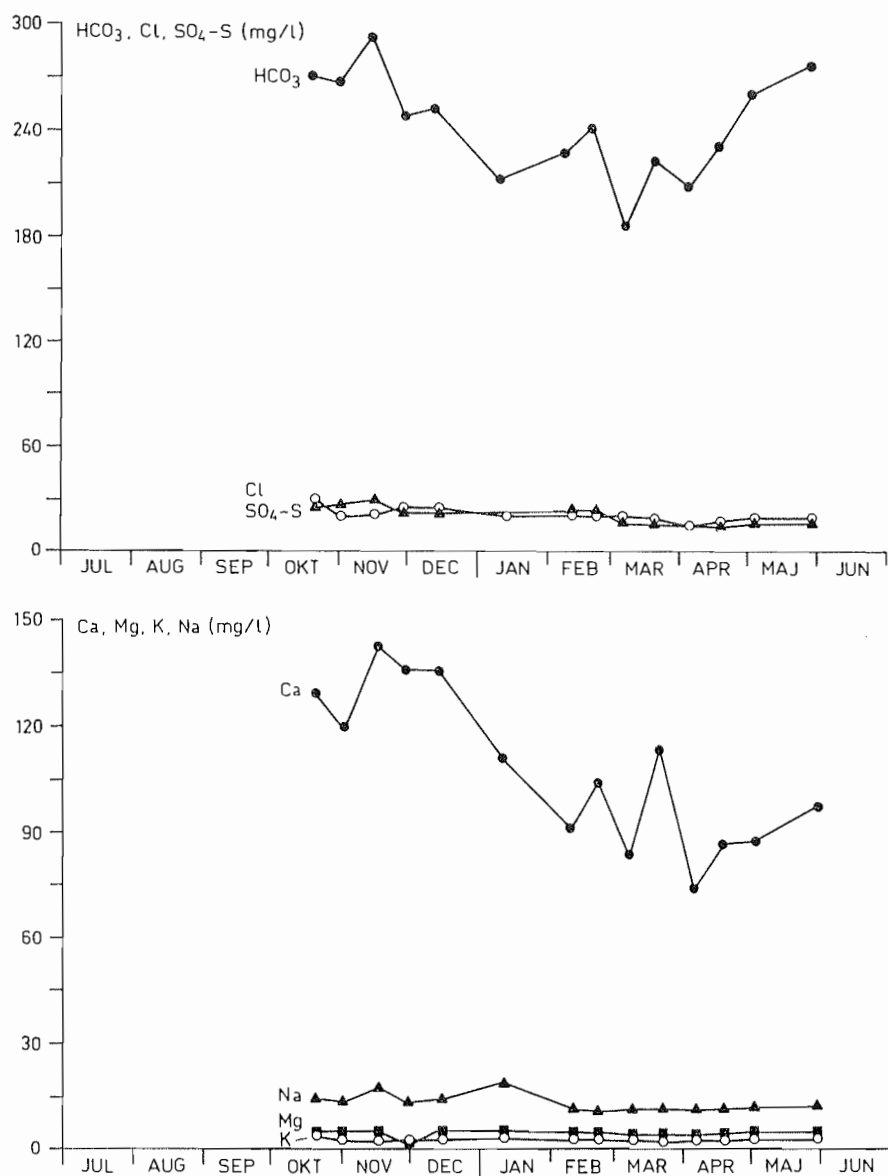


Fig. 3. Större konstituentier i avrinnande vatten. *Major constituents in drainage discharge.*

SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION

Vattenkvaliteten hos avrinnande vatten från ett åkerskifte i Nybroåns vattensystem (Tomelilla) har undersökts under ett år.

Jordarten på skiftet är moränlera. Jämförelse har gjorts med resultaten från ett referensfält med samma jordart.

Analyserna omfattade pH, ledningstal, kväve, fosfor, kalium, natrium, kalcium, magnesium, klorid, vätekarbonat, sulfat.

Vattenkvaliteten visade sig vara typisk för ett dräneringsvatten från en moränlera i Skåne.

Stora likheter förelåg i vattenkvalitet jämfört med referensfältet trots skillnader i odlingsåtgärder.

För att klarlägga odlingsåtgärdernas inverkan på vattenkvaliteten behövs emellertid en flerårig försöksperiod.

Såvitt man kan bedöma med utgångspunkt från det föreliggande resultatet verkar det undersökta skiftet mycket väl svara mot de krav som kan ställas på ett referensfält för åkermarkens bidrag av näringsämnen till Nybroåns vattensystem. Frågan är om resultaten från Näsbygård på grund av de stora likheterna skulle kunna nyttjas i samma syfte. Detta är svårt att svara säkert på innan mätserien är så lång att skilda odlingsåtgärders inverkan på vattenkvaliteten är klarlagd.

REFERENSER

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- 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.

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER I VAGLE

Losses of nutrients at Vagle

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

Abstract. Investigations into the influence of normal cropping upon the quality of drainage water have been in progress for six years at a field site at Vagle, close to the town of Östersund in northern Sweden. The field site, 7.4 ha in area, was partly systematically drained by a subsurface tile drainage system and provided with collect wells for surface water. The surface water and tile drainage water were quantified together in a measuring station using a Thomson weir. Drainage discharge was continuously measured and discrete samples of water were taken for chemical analyses.

The analyses included determination of pH, conductivity, nitrogen, phosphorus and potassium. During the last three years the analyses were extended to include also the following major constituents: sodium, calcium, magnesium, chloride and sulphate sulphur. The results can be summarized as follows:

The annual precipitation and drainage discharge averaged 511 and 219 mm respectively. The main part of the drainage discharge took place in the spring flood.

The crops used were ley, barley and oats. Both commercial fertilizers and manure were used. The manure was used for barley and oats only.

The commercial fertilizers were applied during spring tillage operations only, but the manure both in spring and autumn.

The losses of nitrate were, on average, more than three times larger after barley and oats than after ley.

Manuring in autumn without ploughing-in caused substantial losses of phosphorus.

The concentrations of nitrate in the groundwater were low.

The pH ranged from 6.9 to 8.2 in drainage water and from 6.9 to 7.8 in groundwater. These fairly high pH-values were due to the clay till in this region having its origin in Cambrian-Silurian sedimentary rocks. This also explains the substantial richness of hydrogen carbonate and calcium in the waters.

INLEDNING

Det rikstäckande stationsnät som avdelningen för vattenvård driver för att utröna storleken av växtnäringsläckaget från åkermark vid ordinär jordbruksdrift har numera inlemmats i PMK (Program för övervakning av miljö kvalitet). Antalet stationer har härvid minskats till tolv. Vid de övriga, som alla ligger i Norrland, har mätningarna upphört i brist på medel. Sveriges lantbruksuniversitet har emellertid nu tilldelat avdelningen medel för att fortsätta med mätningarna vid en norrlandsstation. Av sakliga skäl föll valet på stationen i Vagle. Observationerna har här pågått i sex år och odlingen har genomgått ett växtföljdsomlopp, varför det är av intresse att presentera hittills framkomna resultat.

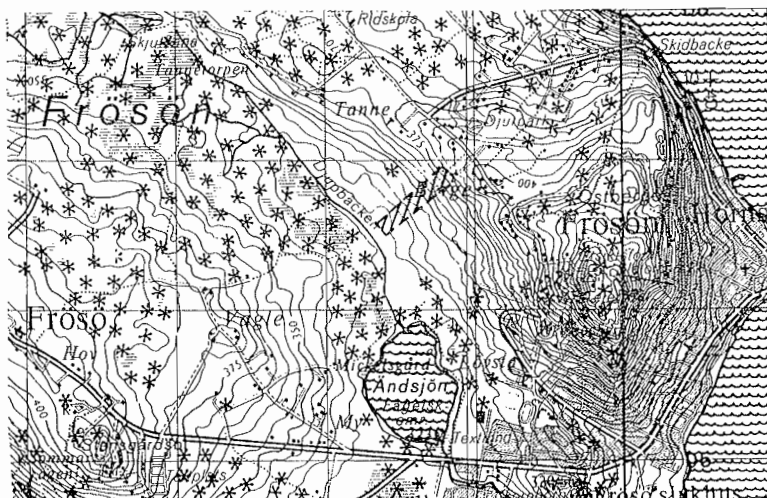


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

MÅL

Målet med undersökningen har varit att fastställa orsaken och storleken av växtnäringsläckaget till yt- och grundvatten.

FÖRSÖKSFÄLTET

Allmänt

En beskrivning av fältet har tidigare gjorts av Brink, Gustafson & Persson (1979). Den upprepas här med vissa tillägg. Fältet tillhör Vagle gård på Frösön.

Försöksfältet ligger på nedre delen av en utlöpare till Östbergets sydvästsluttning. Sluttningen i fältets övre del är mycket kraftig. I nedre delen gränsar fältet till Djupbäcken, vilken rinner ut i Ändsjön. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

<i>Areal (ha)</i>	<i>Täckdikning</i>	<i>Mätstation</i>	<i>Grundvattenrör</i>
7,4	1974	1977	1977

Ytvattenbrunnar finns och särskilt rör för mätning av grundvattentryck (fig. 1 och 2).

Geologisk beskrivning

Försöksfältet ligger på en långsträckt moränhöjd vilken sannolikt är betingad av berggrundytans topografi.

Dominerande yttjordart är moränlera. Moränens överyta är småkuperad och i svackorna finns tunna sedimentlager bestående av finmo och mjåla. Decimetertjocka ytliga torvlager förekommer också fläckvis i ytan.

Vid fältets sydvästra begränsning, på botten av Djupbäckens dalgång, förekommer tjockare (någon eller högst några meter) sedimentlager huvudsakligen bestående av mjåla och finmo. Närmast bäcken, utanför fältet finns gyttjelera i ytan.

Grundvattenförhållanden

I ett större perspektiv kan fältet sägas vara beläget i ett intermediärt läge mellan ett inströmningsområde för grundvatten beläget på moränhöjdens högsta delar nordost om fältet och ett utströmningsområde i anslutning till Djupbäcken sydväst om fältet. Uppskattningsvis ligger den nedre tredjedelen av fältet i nämnda utströmningsområde. Härvid kan långväga vatten från inströmningsområdet nå täckdikessystemet och därigenom öka avrinningen.

MATERIAL OCH METODER

Fältutrustning

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

Provtagning

Vatten. Prov på rinnande vatten från försöksfältet togs i inkommande ledning till mätstationen. Detta skedde minst en gång per månad med tätare provtagning under snösmältning.

Prov på grundvatten togs en gång i månaden. Från och med 1982/83 reducerades frekvensen till fyra gånger per år. Provtagningsröret länsumpades i regel tre dagar före själva provtagningen. Dessförinnan hade trycknivån avlästs i tryckröret.

Proven samlades i två olika flaskor, nämligen en för bestämning av nitrat, totalkväve, totalfosfor och permanganattal och en för nitrit, ammonium, fosfat, kalium, pH och ledningstal. De förra proven konserverades med 1,25 M H₂SO₄ (4 ml/l) och de senare med kloroform (1 ml/l).

Från och med juli 1979 infördes en särskild glasflaska för fosforprov. Ingen konservering gjordes av detta prov.

Under hösten 1980 utökades analysomfattningen med natrium, kalcium, magnesium, klorid och sulfatsvavel. I samband med detta slopades all konservering av proven. I juli 1981 utökades analyserna med alkalinitet.

Proven sändes per ilpost och nådde laboratoriet inom två dygn. De förvarades i mörker och kyla, 2-4 °C. Analyserna utfördes inom fjorton dagar.

Jord. Provtagning skedde höst och vår under två år med början hösten 1978. Provtagningsmetodiken har beskrivits av Lindén (1981).

Analysmetoder för vatten

Allmänt. Analysmetoderna överensstämmer i princip med svensk standard för vattenundersökningar (SIS 1976). I några fall har reagensmängder och koncentrationer anpassats till automatisk analys.

Analysen görs antingen i obehandlat eller centrifugerat prov. Centrifugu-

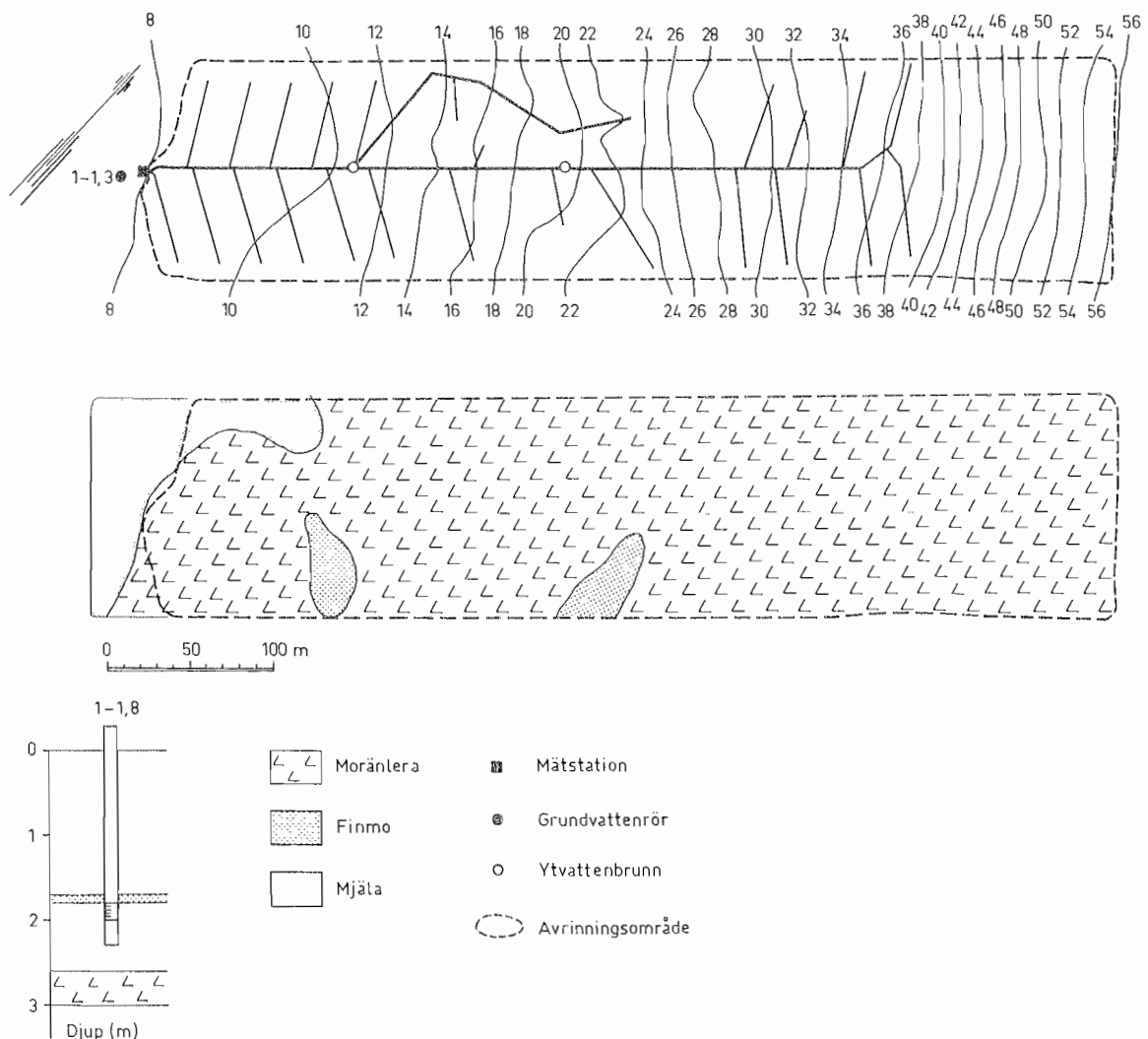


Fig. 2. Försöksfältet i Vagle. Täckdikesplan, geologisk karta och markprofil. *Experimental field at Vagle. Pipe draining map, geological map and soil profile.*

Soil types: Clay till, very fine sand, silt.

Signs: Measuring station, groundwater pipe, well, watershed.

Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, fastgödsel och skörd. *Crop, fertilizers, solid manure and yield.*

År	Gröda	Handelsgödsel (kg/ha)			Fastg. (t/ha)		Skörd (t/ha)
		N	P	K	Höst ^a	Vår	
1977	Vall II	60	26	49	0	0	4,3 (ts)
1978	Vall III	58	25	47	0	0	5,2 (ts)
1979	Korn+havre	0	0	0	0	30 ^b	2,7
	Korn+havre	44	26	0	0	0	2,7
1980	Korn+havre	44	26	0	20	0	3,2
1981	Korn+ins.	27	16	0	20 ^b	15 ^b	4,0
1982	Vall I	62	27	51	0	0	6,0 (ts)

^aHösten föregående kalenderår. ^bNedbrukad.

geringen sker i 20 minuter vid en rotationshastighet av minst 3 000 r/min.

Analysmetoderna för ammonium, nitrit, nitrat, totalkväve, fosfat, totalfosfor, kalium, konduktivitet och pH har redovisats av Brink *et al.* (1978) samt för natrium, kalcium, magnesium, klorid och sulfatsvavel av Gustafson & Torstensson (1983).

Bestämning av alkalinitet görs genom titrering med saltsyra under avdrivning av CO₂. Slutpunkt är pH 5,4. Slutpunktsdetitrering görs med blandindikator (metylrött och bromkresolgrönt) för visuell bestämning.

Jordanalys

Analysmetod för kväve i jord har beskrivits av Lindén (1981).

Beräkningsmetoder

Allt material, såväl avrinning som koncentrationvärden, läggs in på skivminne i en dator. Materialtransporten beräknas sedan genom att ett koncentrationvärde för alla dagar med avrinning interpoleras fram. De sålunda erhållna värdena multipliceras med motsvarande dygnsavrinning för erhållande av dygnstransport. Dygnstransporterna summeras sedan till månads- och årstransporter.

Årsmedelvärde för halter i dräneringsvatten fås genom att dividera årstransport med årsavrinning. För grundvatten har tillämpats aritmetiskt medelvärde.

Odlingsåtgärder

Grödor. Försöket började i andraårsvall bestående av rödklöver och timotej. Efter att ha odlats i tre år plöjdes vallen i slutet av oktober och början av november 1978. Därefter följde två år med blandsäd (korn och havre) innan vall åter började anläggas med insädd i korn 1981. Vallinsådden bestod ånyo av rödklöver och timotej.

Gödsling. I vallodling användes enbart sammansatta handelsgödselmedel (NPK). Vid stråsådesodlingen förekom både handelsgödsel (NP) och handelsgödsel i kombination med fastgödsel från ko (tabell 1). Kogödseln innehöll något halmströ. Urinavskiljning tillämpades. Handelsgödseln spreds med centrifugalspridare. Tidpunkten varierade mellan 5 och 25 maj. Stallgödseln spreds med kombivagn försedd med superspridaraggregat. Både höst- och vårspridning förekom. Hösten 1979 hann inte gödseln nedplöjas på grund av inträdande tjäle i slutet av oktober.

Skörd. Vallskördarna var goda. Både hö- och ensilageberedning förekom. Stråsåds-skördarna var normala (tabell 1).

Tabell 2. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and drainage discharge.*

År	Nederbörd (mm)	Avrinning (mm)		
		JUL-JUN	JUL-DEC	JAN-JUN
1977/78	508	115	4	111
1978/79	505	144	61	83
1979/80	549	226	111	115
1980/81	563	242	38	204
1981/82	515	364	114	250
1982/83	424	223	0	223
Medel	511	219	55	164

RESULTAT

Nederbörd, grundvattentryck och avrinning

Normalnederbörden för Frösön under en 30-årsperiod är 478 mm. För försöksperioden blev medelnederbörden något större, 511 mm. Störst var nederbörden 1980/81 (tabell 2). Den ökande nederbörden de första fyra åren ledde till att grundvattentrycket var något stigande. Högsta medeltrycket nåddes 1981/82, varefter trycket åter sjönk när nederbörds-mängderna minskade (fig. 3).

Grundvattentrycket hade inverkan på avrinningen. Sålunda ökade den årsvisa avrinningen fram till och med 1981/82 då trycket var som högst och detta trots att nederbörden kulminerade redan 1980/81 (tabell 2). Förklaringen ligger sannolikt i att djupare tryckgrundvatten tillfördes dikessystemet i den del som ligger i utströmningsområdet för grundvatten. Den till systemet tillförda vattenmängden blir beroende av fyllnadsgraden i ett mer vidsträckt grundvattenmagasin som genom sin storlek förändras relativt litet.

Det relativt höga grundvattentrycket medförde också att markvattenmagasinet inte kunde tömmas på upptagbart vatten till något större djup. Detta ledde i sin tur till att det behövdes mindre nederbördsöverskott för att få dränerbart vatten än om profilen tömtes till större djup. Konsekvensen blir förhöjd avrinning.

Vid vallodling minskade det övre markvattenmagasinet mer än vid odling av stråsåd. Orsaken till detta kan sökas i att vallens vegetationsperiod är längre än stråsådens. Evapotranspirationen kan verka under längre tid. Storleken av denna minskning är svår att skatta. I försök i Uppland (Bergström 1983) har skillnader på 100 mm uppmätts. Detta kan förutom det låga grundvattentrycket bidra till att förklara den låga avrinningen första och andra året då vall odlades.

Sammanfattningsvis kan sägas att den komplexa grundvattensituationen i kombination med den skiftande odlingen med vall och stråsåd medförde att avrinningsbilden var svårtolkad. Något entydigt samband mellan den årliga nederbördens storlek och avrinningens storlek förelåg i vart fall inte.

pH och ledningstal i vatten

pH. I dräneringsvattnet var lägsta observerade pH-värde 6,9 och högsta 8,4. Medianvärdet blev 7,4. Det relativt höga medianvärdet är inte förvånande enär jordmaterialet har sitt ursprung i kambrisk-siluriska sedimentbergarter.

För grundvattnet blev medianvärdet 7,2 och lägsta och högsta värde 6,9 respektive 7,8.

Ledningstal. Ledningstalet är ett uttryck för den totala jonstyrkan. Me-

deltalet för dräneringsvatten blev 63,6 mS/m, vilket är relativt högt men å andra sidan typiskt för kalkrika jordar där vätekarbonat- och kalciumjoner kraftigt bidrar till vattnets ledningsförmåga.

För grundvatten blir medeltalet 102 mS/m. Det högre värdet jämfört med dräneringsvatten förklaras av att grundvattnet gått längre väg genom marken och därför hunnit anrikas på salter i större utsträckning.

Kväve i marken

Det mineraliska kvävet i marken bestämdes vid fyra tillfällen.

Första provomgången togs i treårsvall hösten 1978. Merparten av kvävet befann sig i matjorden (fig. 4). Ammonium dominerade kraftigt. Plöjningen av vallen påbörjades en knapp vecka efter jordprovtagningen. Över vintern fram till provtagningen i maj ökade kvävemängderna totalt med 15 N kg/ha. Fördelningen mellan kvävefraktionerna ändrades. Ammonium gick tillbaka något medan nitratmängderna genom en fortgående nitrifikation nära nog fyrdubblades. En större mineralisering kanske kunde ha förväntats efter vallplöjningen. Den sena tidpunkten nära den annalkande vinterkylan, vilken dämpar mineraliseringshastigheten, betydde säkert mycket för att detta inte blev fallet.

En viss nedtransport av kväve i profilen ägde rum. Merparten av kväveökningarna återfanns i alven. De totala kvävemängderna i matjorden var nära nog oförändrade.

Nästföljande höst var kvävesituationen mycket lika den året innan. Det gällde både absolut och fördelningsmässigt mellan fraktion och provdjup. Någon plöjning ägde inte rum denna höst på grund av att marken frös tidigare än normalt. Stallgödsel spreds men kunde inte myllas. Fram till vårprovtagningen uppgick den totala kväveökningen i profilen till 15 N kg/ha, alltså precis samma tal som året innan. Även minskningen av ammonium och ökningarna av nitrat var likartade liksom nedtransporten av kväve från matjord till alv. Stallgödslingen hade således ringa inverkan på kvävemängderna i profilen.

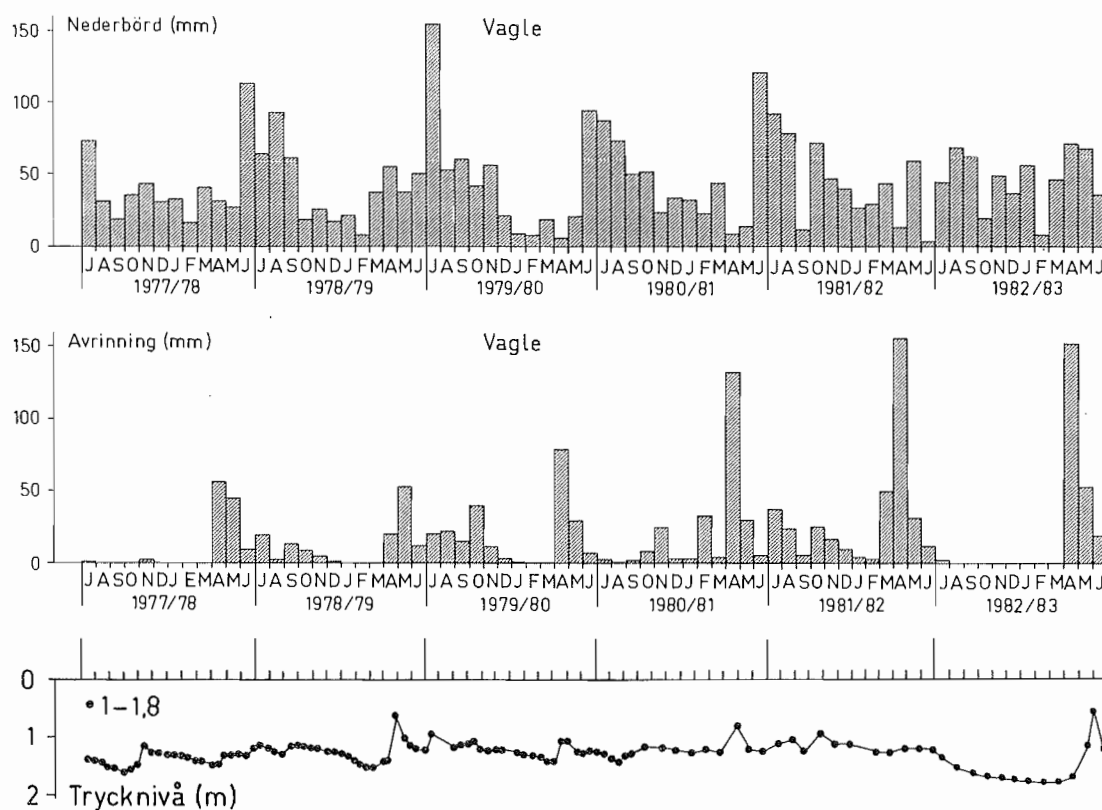


Fig. 3. Nederbörd, avrinning och grundvattentryck. *Precipitation, discharge and groundwater pressure.*

Tabell 3. Medeltal för kväve, fosfor och kalium i dräneringsvatten.
Mean values for nitrogen and phosphorus in drainage water.

År	Kväve (N)					Fosfor (P)			Kalium (K)
	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Övr. N	Tot-N	PO ₄	Övr. P	Tot-P	
<i>Halt (mg/l)</i>									
1977/78	0,03	0,008	3,7	0,5	4,2	0,009	0,026	0,035	6,1
1978/79	0,03	0,001	3,1	0,7	3,8	0,007	0,007	0,014	5,5
1979/80	0,05	0,004	3,3	0,8	4,1	0,345	0,070	0,416	6,9
1980/81	0,02	0,004	7,0	0,1	7,1	0,012	0,012	0,024	5,0
1981/82	0,03	-	5,6	0,5	6,1	0,011	0,008	0,019	5,0
1982/83	-	-	1,0	0,5	1,5	0,021	0,010	0,031	5,0
<i>Transport (kg/(ha·a))</i>									
1977/78	0,04	0,01	4,2	0,6	4,8	0,01	0,03	0,04	7,0
1978/79	0,05	0,00	4,5	0,9	5,4	0,01	0,01	0,02	7,9
1979/80	0,11	0,01	7,5	1,7	9,2	0,78	0,16	0,94	15,5
1980/81	0,06	0,01	16,9	0,4	17,3	0,03	0,03	0,06	12,1
1981/82	0,10	-	20,2	2,0	22,2	0,04	0,03	0,07	18,3
1982/83	-	-	4,3	1,9	6,2	0,09	0,04	0,13	11,2

Kväve i dräneringsvatten

Ammonium. Medeltalen var låga (tabell 3). En viss förhöjning kunde konstateras 1979/80 då stallgödseln spreds utan att plöjas ned på hösten. Förhöjningen är främst orsakad av att ammonium från gödseln följt med avrinnande smältvatten.

Endast vid tre tillfällen under hela tiden översteg enskilda prov 0,1 NH₄-N mg/l. Högsta värdet var 0,3 NH₄-N mg/l. Stallgödselanvändningen synes vara en bidragande orsak till de förhöjda halterna vid samtliga dessa tillfällen.

Nitrit. Medeltalen var låga (tabell 3). Endast vid två tillfällen översteg enskilda värden 0,010 NO₂-N mg/l med högsta värde på 0,031 NO₂-N mg/l.

Nitrat. Nitrathalten var förhållandevis låga. Högsta halten, 9,9 NO₃-N mg/l, uppmättes i april 1981. Även inomårsvariationerna var relativt små med undantag för enstaka förhöjda värden (fig. 5).

Kombinationen stallgödsling och öppen odling mobiliserade i ökande utsträckning lakningsbart nitrat under perioden 1979/80.

Den direkta inverkan av stallgödslingen på nitrathalten var liten. Detta är naturligt. Gödseln måste först mineraliseras och det tar viss tid (fig. 5).

Sedan vall sattes in 1981 blev halterna efter förstaårsvallen 1982 mycket låga, i medeltal 1,0 NO₃-N mg/l. Detta visar på möjligheten att hålla en växande gröda under vinterhalvåret för att minska nitratläckaget.

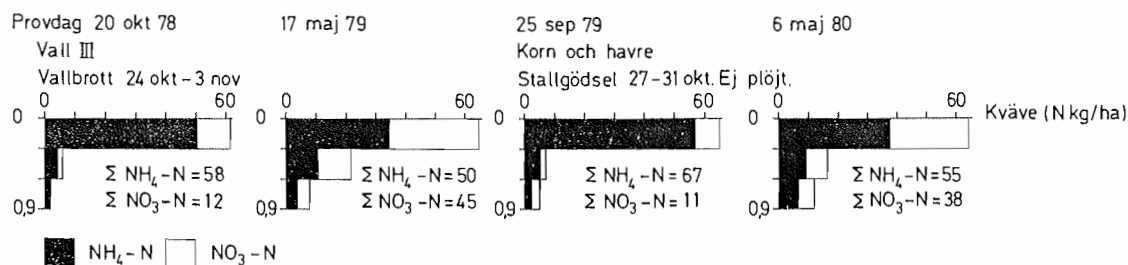


Fig. 4. Mineraliskt kväve i marken. *Mineral nitrogen in the soil.*

Övrigt kväve. Detta kväve utgöres främst av organiskt kväve och har således sitt ursprung närmast från växtmaterial. Höga halter uppträder oftast i ytligt avrinnande vatten. En jordprofil tjänar som ett filter för till dräneringsdjup perkolerande vatten. Det är därför inte förvånande att den högsta medelhalten erhöles 1979/80 då stallgödseln spreds på hösten utan att kunna plöjas ned och organiskt kväve från gödseln därför kunde följa med ytligt avrinnande vatten.

Totalkväve. Detta kväve utgör summan av samtliga kvävefraktioner. Nitrat utgjorde i medeltal 89 procent av totalkvävet.

Transport av kväve. Genom de relativt låga halterna blev inte de transporterade mängderna särskilt stora (tabell 3). Inomårsvariationen var en återspeglning av avrinningsvariationen (fig. 5). Nitrattransporten dominerade men även transporten av övrigt kväve var betydande vissa år, för ammonium och nitrit var den mycket liten. Förutom år 1979/80 då stallgödseln förhöjde de transporterade mängderna av övrigt kväve så var transporten förhöjd och även större än 1979/80 under de två sista åren. Främsta orsaken till detta ligger i att våravrinningen och därmed ytavrinningen var större under dessa år jämfört med perioden i övrigt (tabell 3).

Intressant är att jämföra de transporterade mängderna vid vallodling och odling av blandsäd. I medeltal erhöles följande värden (värden i mm och N kg/(ha·a)):

Gröda	Nederbörd	Avrinning	NO ₃ -N	Övrigt N
Vall	479	161	4,3	1,1
Korn+havre	542	277	14,9	1,4
Skillnad	63	116	10,6	0,3

Vid odling av stråsåd var nitratförlusterna mer än 3 gånger så stora som vid vallodling. För övrigt kväve var skillnaderna små.

Den större humiditeten i samband med stråsådesodlingen kan till viss del ha verkat förhöjande på utlakningsskillnaderna.

Det var större skillnad i avrinning (116 mm) än vad som kunde ha förväntats av skillnaden i nederbörd (63 mm). Större evapotranspiration från vall jämfört med stråsåd kan vara förklaringen till detta.

Kväve i grundvatten

Halterna av kväve i grundvattnet var genomgående låga. I medeltal erhöles följande värden (halter i N mg/l).

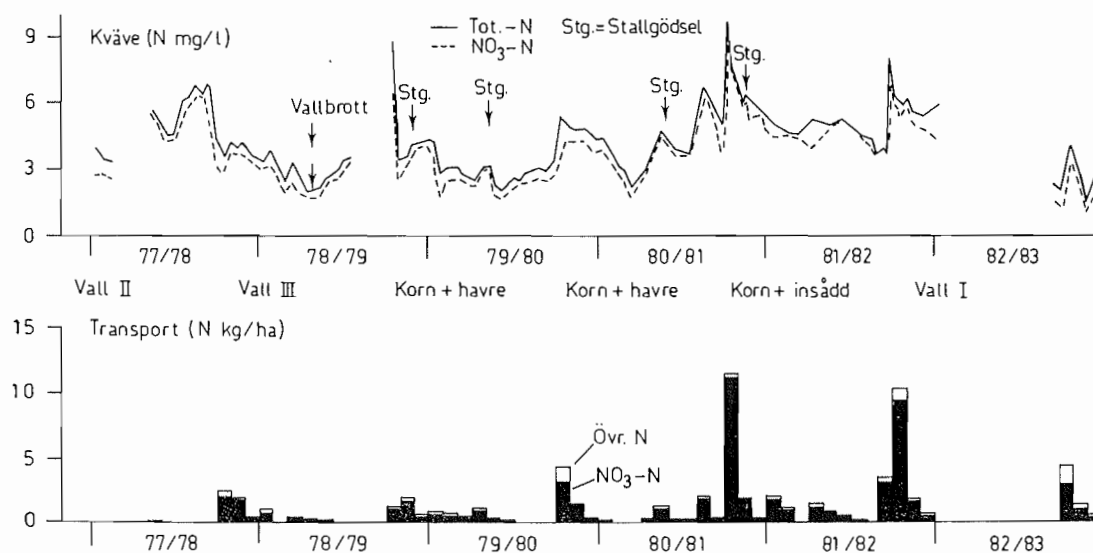


Fig. 5. Kväve i dräneringsvatten. *Nitrogen in drainage water.*

Tabell 4. Större konstituenten i dräneringsvatten och grundvatten. *Major ions in drainage- and groundwater.*

År	HCO ₃	Ca	Mg	Na	Cl	SO ₄ -S
<i>Halt (mg/l)</i>						
<i>Dräneringsvatten</i>						
1980/81	-	110	7,6	7,3	17,6	19,1
1981/82	334	122	8,2	7,3	13,4	18,0
1982/83	216	65	4,9	6,7	7,0	8,4
<i>Grundvatten</i>						
1980/81	-	209	13,9	19	9,9	100
1981/82	437	212	12,3	17	7,3	70,4
1982/83	385	200	12,8	17	7,8	70,0
<i>Transport (kg/(ha·a))</i>						
<i>Dräneringsvatten</i>						
1980/81	-	268	18,5	17,6	42,7	46,2
1981/82	1217	445	29,9	26,7	48,6	65,6
1982/83	482	145	10,9	14,9	15,6	18,6

Period	NH ₄	NO ₂	NO ₃
77/83	0,082	0,002	0,035

De låga kvävehalterna visar att inverkan av jordbruksdriften på grundvattenkvaliteten var ytterst ringa. Detta är typiskt för ett utströmningsområde.

Fosfor i dräneringsvatten

Halt. Genomgående låga halter uppmättes utom 1979/80 (tabell 3). Det som förhöjt medeltalet så kraftigt detta år är ett enstaka värde. Under vårfloden i april var totalfosforhalten nämligen hela 2,24 P mg/l. Merparten förelåg som fosfatfosfor, 1,88 P mg/l. Orsaken till vattnets höga fosforinnehåll står att finna i stallgödslingen på hösten. Gödseln plöjdes inte ner. Fosfor lakades därför direkt ur gödseln med det ytligt avrinnande vattnet.

Transport. De transporterade mängderna var små utom år 1979/80 då totalfosfortransporten blev 0,94 P kg/(ha·a) (tabell 3).

Kalium i vatten

Dräneringsvatten. Halterna var "normala" för dräneringsvatten. De transporterade mängderna var måttliga (tabell 3). Medeltransporten vid stråsådesodling var nästan dubbelt så stor som vid vallodling. Bidragande orsaker till denna skillnad kan vara dels att vallväxter fordrar mycket kalium och lämnar litet utlakningsbart kalium kvar i jorden, dels att stallgödslingarna i samband med stråsådesodlingen ökade på kaliumtillgången utanför odlingsssäsongen, varvid mer kalium kunde läcka ut.

Grundvatten. Halterna i grundvattnet var i medeltal hälften så höga som i dräneringsvattnet (2,3 resp. 5,6 K mg/l). Att halterna var högre i dräneringsvattnet återspeglar odlingsens inflytande på vattnet. Grundvattnet däremot var opåverkat av odlingen, vilket är det vanliga i ett utströmningsområde för grundvatten.

Större konstituenten i vatten

Halter. Fördelningen av joner var typisk för ett vatten vilket passerat

jordmaterial som har sitt ursprung i kambrisk-siluriska sedimentbergarter. Sålunda var vätekarbonat- och kalciumhalterna mycket höga i såväl dränerings- som grundvatten.

I grundvattnet var halterna högre för samtliga joner utom klorid. Särskilt sulfathalterna var höga. Ofta har höga sulfathalter i vatten sitt ursprung i sulfider som förekommer rikligt i gyttjeleror. Denna jordart förekommer även i anslutning till försöksfältet.

Transporter. Transporten var minst sista året (tabell 4). Avrinningen var också minst detta år men avvek inte mycket jämfört med första året. Förklaringen måste därför ligga i avrinningens fördelning. Det förekom ingen höstavrinning sista året, vilket det däremot gjorde 1980/81 och 81/82. När årsavrinningen koncentreras till vårfloden blir ytavrinningens andel i årsavrinningen stor. Ytvattnet har normalt lägre salthalter och därmed blir de transporterade mängderna mindre.

Transporten av kalcium var mycket större än vad Gustafson & Torstensson (1983) fann i Röbbäcksdalen. Förklaringen ligger i att Vagle har en mycket kalkrikare jord. För magnesium, natrium, klorid och sulfat var transporterna större i Röbbäcksdalen. Jorden där är av sulfidtyp. Då en sådan jord dikas ut och odlas startar en sulfidoxidation med åtföljande svavelsyrebildning, vilket ger mycket låga pH-värden i jorden med ökad vittring som följd. Detta förklarar skillnaderna (värden i kg/(ha·a)):

Lokal	År	Årsavrinning (mm)	Ca	Mg	Na	Cl	SO ₄ -S
Vagle	1980/83	236	286	20	20	36	44
Röbbäcksdalen	1980/81	226	82	26	39	49	118

SAMMANFATTNING

Inverkan av odlingsåtgärder på kvaliteten hos avrinnande vatten från åkermark har undersökts sedan 1977 på Frösön i Jämtland. Försöksfält och mätstation var så utformade att summan av yt- och dräneringsvatten mättes.

Medelnederbörden och medelavrinningen uppgick till 511 respektive 219 mm. Merparten av avrinningen skedde vid snösmältningen. Under två år förekom betydande höstavrinning (111 och 114 mm). Ett år var det ingen alls.

Grödorna var vall, korn och havre. Både handelsgödsel och stallgödsel från kor användes. Handelsgödsel spreds på våren och stallgödsel både höst och vår.

Vid odling av stråsåd var nitratförlusterna mer än tre gånger så stora som vid vallodling.

Stallgödsling på hösten då gödseln ej kunde plöjas ned gav upphov till en stor fosforförlust.

Halterna av nitrat i grundvatten var låga.

Utlakningen av större konstituenten var i vissa fall mycket stora.

REFERENSER

- Bergström, L. 1983. Leaching Measurements in the Kjettslinge Project. In: Rosswall, T. (ed.) *Ecology of Arable Land. Progress Report 1982*, Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences.
- 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.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. *Ekohydrologi nr 13*, 21-33.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. *Ekohydrologi nr 13*, 35-48.

Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. II Metoder för mineralkväveprovtagning och analys. *Rapport nr 137*, 1-79. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER I OFFER

Losses of nutrients at Offer

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

Abstract. Investigations into the influence of normal cropping upon the quality of drainage water have been in progress for eight years (1975-83) at a field site at Offer, close to the town of Sollefteå in northern Sweden.

The field site, 4.5 ha in area, was systematically drained by a subsurface tile drainage system and provided with one ditch and two collect wells for surface water. The surface and tile drainage water was quantified together in a measuring station using a Thomson weir. Drainage runoff was continuously measured and discrete samples of water were taken for chemical analysis.

The analyses included determination of pH, conductivity, nitrogen, phosphorus, and potassium. During the last three years the analyses were expanded to include also the following major constituents: sodium, calcium, magnesium, chloride, and sulphate sulphur. The results can be summarized as follows.

The precipitation was mostly low, with 464 mm as a yearly mean. Consequently, the drainage runoff was also small, averaging 68 mm. Most of the drainage runoff occurred as surface runoff during the spring flood on account of frozen ground (Nov-Apr) and snow accumulation during this period.

The crops used were ley, barley and oats. Both commercial fertilizers and liquid manure were used. The liquid manure was used for all crops and was applied either in the autumn and ploughed down or on the snow-covered and frozen ground during the winter.

When applied during the winter the liquid manure caused substantial increases in nitrogen and phosphorus contents of the water during the spring flood. In contrast, an application and ploughing down of the liquid manure in the autumn decreased the losses of, foremost, ammonia and organic nitrogen, and both phosphate and organic phosphorus. The spreading of liquid manure on frozen ground must therefore be avoided in places where environmental protection is important.

The use of liquid manure also increased the major ions especially calcium, magnesium, and chloride.

INLEDNING

Det rikstäckande stationsnät som avdelningen för vattenvård driver för att utröna storleken av växtnäringssläckaget från åkermark vid ordinär jordbruksdrift har numera inlemmats i PMK (Program för övervakning av miljö kvalitet). Antalet stationer har härvid minskats från sexton till tolv. Vid de övriga har mätningarna upphört i brist på medel. Av den anledningen redovisas successivt resultaten från de nedlagda försöken. Tidigare har resultaten från Öjebyn och Röbbäcksdalen redovisats av Gustafson & Torstensson (1983). Turen har nu kommit till Offer.

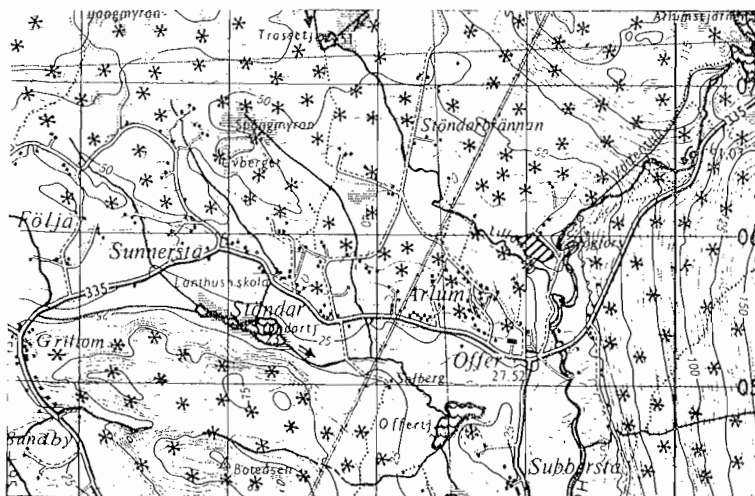


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

MÅL

Målet med undersökningen har varit att fastställa orsaken och storleken av näringsläckaget till yt- och grundvatten.

FÖRSÖKSFÄLTET

Allmänt

En beskrivning av försöksfältet har ursprungligen gjorts av Brink, Gustafson & Persson (1978). Det är beläget 25 km öster om Sollefteå.

"Fältet tillhör Sveriges lantbruksuniversitets försöksgård Offer.

Det ligger på en höjdsträckning i klykan mellan Högforsån och Lillån. Det sluttar mot sydost. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

<i>Areal (ha)</i>	<i>Täckdikning</i>	<i>Mätstation</i>	<i>Grundvattenrör</i>
4,5	1975	1975	1975

En extra ytvattenbrunn anlades 1976 i en svacka i övre delen av fältet. Då grävdes också grunda öppna fångdiken för ledning av ytvatten till mätstationen.

Särskilda rör för mätning av grundvattentryck borrades ned på två lokaler (fig. 1 och 2).

Geologisk beskrivning

Området domineras av de för de norrländska älvdalarna typiska finmo- och mjälajordarna.

Fältet är beläget nära dalsidan och mäktigheten av sedimenten är relativt liten. Moränen som underlagrar dessa går i dagen strax norr om försöksfältet. Likaså har Lillån sydväst om fältet eroderat sig ned genom sedimenten till moränen. Sedimentmäktigheten på fältet ökar från norr mot söder. I de centrala delarna är den ca 2,5 m medan vid fältets sydkant en borrhning nått 4,5 m utan att nå genom sedimenten. Den dominerande jordarten på fältet är mjåla utom i sydöstligaste delen där finmo påträffas i ytan.

Grundvattenförhållanden

I området strömmar grundvattnet från den högre liggande moränterrängen norr om fältet mot Lillån sydväst därom och Högforsån öster om fältet. Grundvattnet torde huvudsakligen röra sig i gränsskikten mellan sedimenten och moränen. Detta djupa grundvatten som påträffas på fältet kan således till stor del härstamma från nederbördsvattnet som infiltrerat norr om fältet.

Vattnet i de övre delarna av sedimenten på fältet torde dock härröra från nederbörd som fallit på detsamma."

MATERIAL OCH METODER

Fältutrustning

Nederbördsräknare, mätstation, grundvattenrör och provtagningsutrustning har beskrivits av Brink *et al.* (1978).

Provtagning

Vatten. Prov på avrinnande vatten från försöksfältet togs i inkommande ledning till mätstationen. Detta skedde minst en gång per månad med tätare provtagning under snösmältningen. Prov på grundvatten togs en gång i månaden. Provtagningsrörerna läns pumpades i regel tre dagar före själva

provtagningen. Dessförinnan hade trycknivåerna avlästs i tryckrören. Detaljer i övrigt i vattenprovtagningen finns beskrivna av Gustafson & Torstensson (1983).

Jord. Provtagning skedde höst och vår under två år med början hösten 1978. Provtagningsmetodiken har beskrivits av Lindén (1981).

Tjäle och snödjup. Uppgifter om tjäle och snödjup erhöles från försöksstationens egna mätningar.

Analysmetoder för vatten

Analysmetoderna överensstämmer i princip med svensk standard för vattenundersökningar (SIS 1976). I några fall har reagensmängder och koncentrationer anpassats till automatisk analys.

Analysen görs antingen i obehandlat eller centrifugerat prov. Centrifugeringen sker i 20 minuter vid en rotationshastighet av minst 3 000 r/min.

Analysmetoderna för ammonium, nitrit, nitrat, totalkväve, fosfat, totalfosfor, kalium, konduktivitet, pH och permanganattal har redovisats av Brink *et al.* (1978). Metoderna för natrium, kalcium, magnesium, klorid och sulfatsvavel beskrivs av Gustafson & Torstensson (1983).

Jordanalys

Analysmetod för kväve i jord har beskrivits av Lindén (1981).

Beräkningsmetoder

Transport. Beräkningen går så till att ett koncentrationvärde för alla

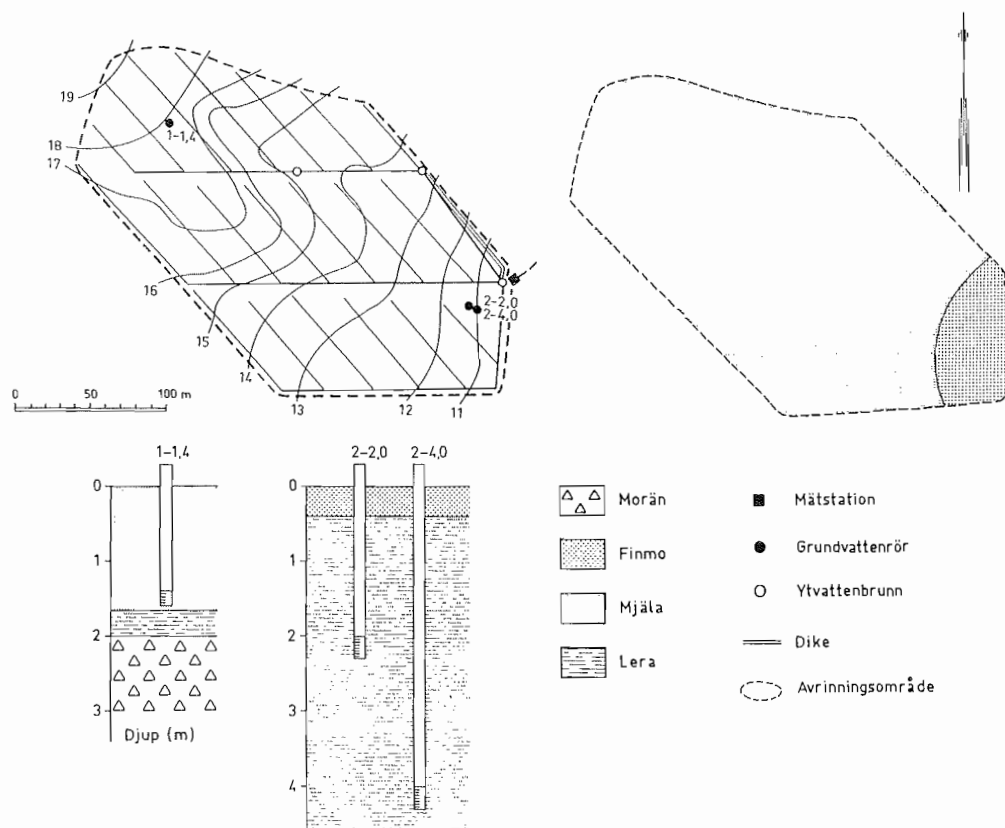


Fig. 2. Försöksfältet i Offer. Täckdikespän, geologisk karta och markprofiler. *Experimental field at Offer. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*

Soil types: till, very fine sand, silt, clay.

Signs: measuring station, ground water pipe, well, open ditch, watershed.

Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, flytgödsel och skörd. *Crop, fertilizers, liquid manure and yield.*

År	Gröda	Handelsg. (kg/ha)			Flytg. (t/ha)			Skörd (t/ha)	Orsak till neds. skörd
		N	P	K	Höst ^a	Vinter	Vår		
1975	Korn	52	0	0	0	0	25 ^b	Låg	Kvickrot
1976	Träda	0	0	0	0	0	0	-	
1977	Havre	40	24	0	20 ^c	0	0	3,0	Frostskador
1978	Korn ^d	20	12	0	0	25 ^b	0	2,8	Liggsäd
1979	Vall 1	100	60	0	0	25 ^b	0	6,3 (ts)	
1980	Vall 2	80	35	65	0	0	25 ^e	6,4 (ts)	
1981	Vall 3	80	35	65	0	0	0	6,8 (ts)	
1982	Korn	48	21	39	0	0	30 ^b	3,0	Kall och torr försommar
1983	Korn	56	36	0	20 ^c	0	0	3,0	

^aHösten föregående kalenderår. ^bPå snön. ^cNedmyllad. ^dInsådd. ^ePå snön efter vårflodens inledning.

dagar med avrinning interpoleras fram. De sålunda erhållna värdena multipliceras med motsvarande dygnsavrinning för erhållande av dygnstransport. Dygnstransporterna summeras sedan till månads- och årstransporter.

Medelvärde. Årskoncentrationsmedelvärde för dräneringsvatten beräknas genom att dividera årstransport med årsavrinning.

Odlingsåtgärder

Växtodling. Försöket inleddes med korn 1975 (tabell 1). Kvickrotsproblemen var emellertid stora. Nästföljande år trädades därför skiftet för att bekämpa kvickroten dels genom harvning och dels genom att spruta med TCA i augusti (25 kg/ha). Harvning genomfördes vid fem tillfällen innan plöjning i oktober. Vissa kvickrotsproblem kvarstod ändå.

Efterföljande år såddes havre och därefter korn med insådd. Vallen låg i tre år. Vallen plöjdes den 20 oktober 1981. Sista året var grödan korn.

Gödsling. Både handelsgödsel och flytgödsel efter nöt användes.

Spridningsmetod för handelsgödseln var radmyllning vid stråsådsodling och centrifugalspridning vid vallodling. Spridningstidpunkten de olika åren varierade mellan 26 april och 1 juni.

Flytgödseln spreds med gödseltrumma försedd med pumpspridare. Både vår-, höst- och vinterspridning förekom. Endast vid höstspridning myllades gödseln. I övrigt spreds den på tjälad och snötäckt mark.

Sammansättningen hos flytgödseln undersöktes vid ett tillfälle våren 1980 (värden i kg/ton).

Ammonium (N)	Totalkväve (N)	Totalfosfor (P)	Totalkalium (K)
1,4	3,0	1,0	4,1

Med dessa tal som riktvärden och en medelgiva av 25 ton/ha tillfördes följande mängder i medeltal vid gödslingstillfällena: Totalkväve 75 N kg, totalfosfor 25 P kg och totalkalium 103 K kg, allt räknat per hektar.

Skörd. Stråsåds-skördarna var låga till strax under normala. Orsakerna till låg skörd finns listade (tabell 1). Vallskördarna var normala.

Tabell 2. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and drainage discharge.*

År	Nederbörd	Avrinning (mm)		
		JUL-JUN	JUL-DEC	JAN-JUN
75/76	333	8	0	8
76/77	475	76	2	74
77/78	450	37	0	37
78/79	474	60	1	59
79/80	591	92	34	58
80/81	510	137	14	123
81/82	412	59	0	59
82/83	467	74	0	74
Medel	464	68	6	62

RESULTAT

Nederbörd, grundvattentryck, snötäcke, tjäle och avrinning

Nederbörd. Årsnederbörden för hela undersökningsperioden blev i medeltal 464 mm. Minst var den första året med 333 mm och störst det femte året med 591 mm (tabell 2). För hela Ångermanland uppger SMHI medelnederbörden för en 30-årsperiod till 580 mm. De flesta åren var det således nederbördsunderskott. Endast en månad översteg nederbörden 100 mm (fig. 3).

Grundvattentryck. Trycken var låga under de fyra år mätningarna skedde. Trycket översteg aldrig 246 cm under markytan i något av rören. Eftersom vatten förekom så sällan så avlägsnades grundvattenrören efter utgången av det agrohydrologiska året 1978/79.

Snötäcke. Bestående snötäcke uppkom någon gång mellan början och mitten av november (fig. 4). De två första åren var marken snöfri i början av maj och övriga år i mitten av april.

Tjäldjup. Tjäldjupet mättes både på bevuxen mark (vall) och plöjd mark. Tjälen började bildas tidigast kring den 20 oktober och senast i början av november. Under fem av åren var tjäldjupet klart djupare på den plöjda marken medan skillnaderna var små de övriga åren. Det maximala tjäldjupet på den plöjda marken varierade mellan 28 och 92 cm och motsvarande tal på bevuxen mark var mellan 28 och 74 cm. När tjälen började släppa på våren skedde detta till största delen i riktning uppifrån och nedåt. Processen startade när marken var nästan eller helt snöfri. Upptingen gick snabbast på den plöjda marken men genom att tjälen i de flesta fall var djupare där så blev profilerna tjälfria ungefär samtidigt och det inträffade tidigast den 4 maj och senast den 30 maj (fig. 4).

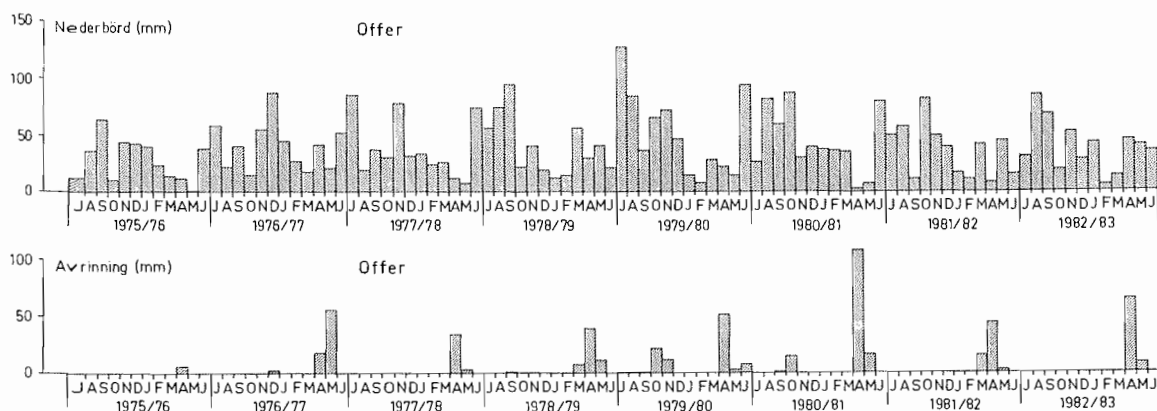


Fig. 3. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and drainage discharge.*

Avrinning. Den ringa nederbörden och det låga grundvattentrycket medförde att avrinningen blev liten (tabell 2). Någon nämnvärd höstavrinning uppkom endast 1979/80 och vissa år uteblev den helt. Våravrinningarna uppgick i medeltal till 62 mm. Tidpunkten för vårflodens start varierade mellan 27 mars och 24 april och inträffade alla år minst fem dygn innan tjälén började tina. Undantaget från detta var 1980/81 då tjälén inte vid något tillfälle var djupare än 28 cm (fig. 4). Förekomsten av tjäle

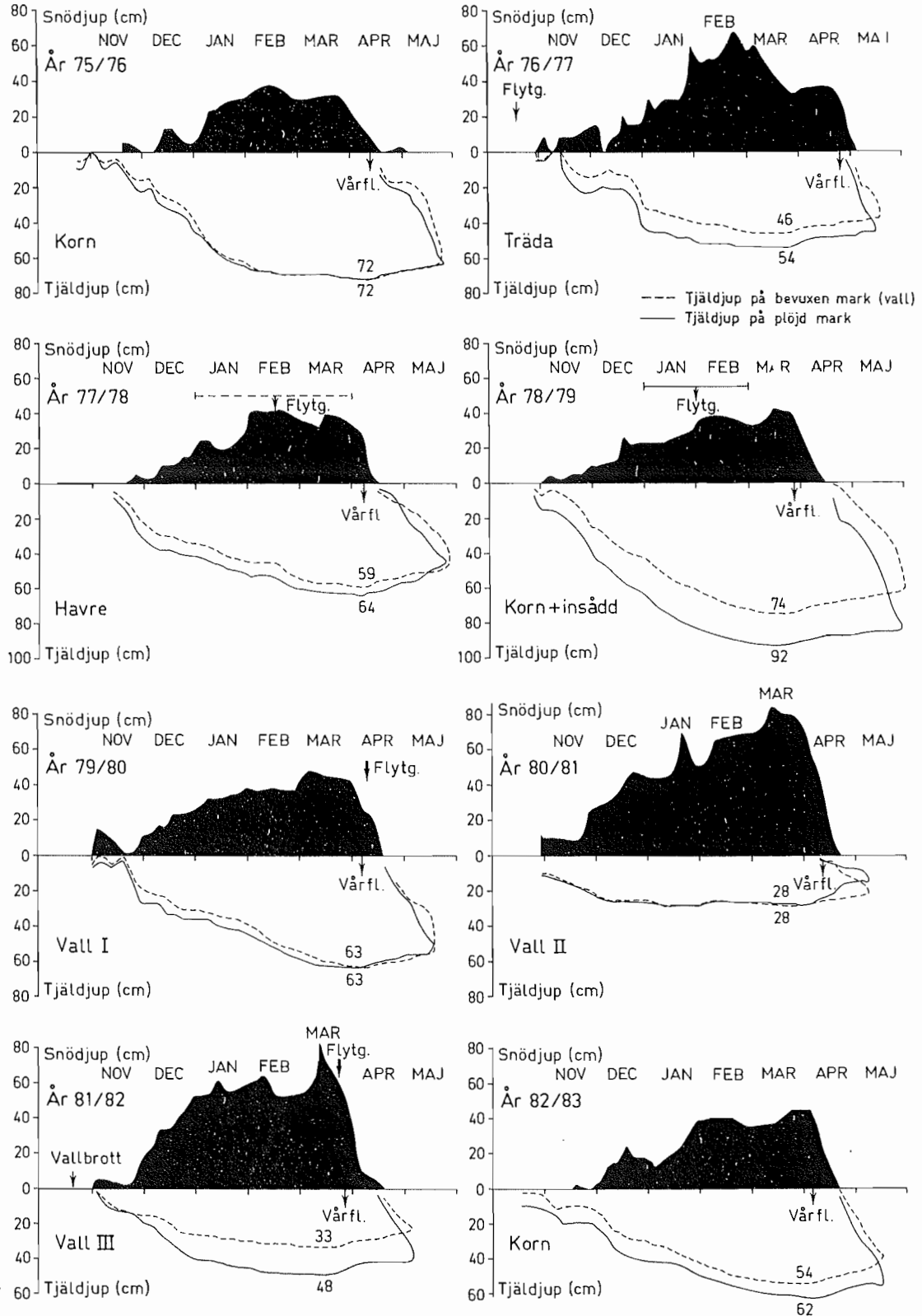


Fig. 4. Snötäcke och tjäldjup. *Covering of snow and frost in the ground.*

under vårflodens mest intensiva del medförde att ytvattenandelen hos avrinningen var stor. En undersökning i Röbbäcksdalen (Gustafson & Torstensson 1983) visade att ytvattenandelen under vårfloden ökade med tjäldjupet och i medeltal uppgick till 82 procent. Ytvattenandelen synes dock ha varit mindre i detta fall. Stor ytvattenandel medförde att mycket höga avrinningsintensiteter förekom (fig. 5).

pH och ledningstal i dräneringsvatten

För hela försöksperioden erhöles följande median- resp. medelvärde för pH och ledningstal:

pH	Ledningstal ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
6,5	255

Värdena visar att ytvatteninflytandet var stort. Som jämförelse kan nämnas att i Röbbäcksdalen, där yt- och dräneringsvatten kunde mätas var för sig, erhöles för motsvarande tal 6,1 respektive 196 för ytvatten.

Variationsbredden för pH blev 6,1-7,7 för ledningstalet 30-740. Det senare visar att saltinnehållet i avrinnande vatten varierade kraftigt.

Kväve i marken

För att få en uppfattning om kvävet i marken höst och vår togs jordprov till 90 cm djup under två år. Prov togs första gången hösten 1978 i insådd och de tre följande provtagningarna skedde sedan i första- och andra-årsvall.

Kvävemängderna var förhållandevis stora (fig. 6). De var störst första året. Sänkning till det andra året berodde sannolikt på vallens goda förmåga att ta hand om kväve.

I likhet med tidigare resultat (Gustafson och Torstensson 1983) var inslaget av ammonium betydande, speciellt i matjorden. Ammonium ökade från höst till vår båda åren. Tillförsel genom flytgödsling är till största delen förklaringen till detta.

Nitratkvävet förändrades inte mycket från höst till vår. Första året blev det en liten minskning och andra året ingen förändring alls. Vinterrarnas långvariga tjäle som gav upphov till hög ytvattenandel i vårfloden verkade uppenbarligen "konserverande" på markkvävet.

Kväve i dräneringsvatten

Ammonium. Höga ammoniumhalter förekom (tabell 3). Främsta orsaken till

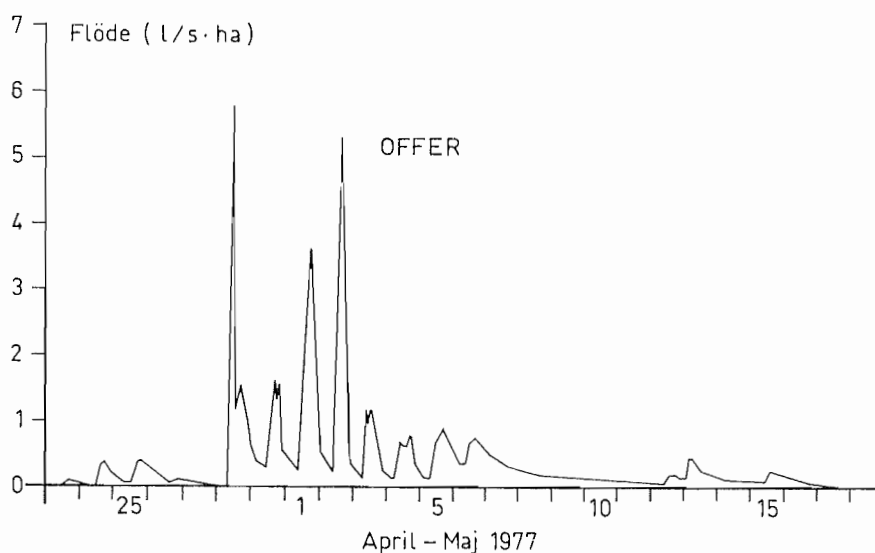


Fig. 5. Vårflod vid Offer. *Spring discharge at Offer.*

Tabell 3. Kväve, fosfor och kalium i dräneringsvatten. *Nitrogen, phosphorus, and potassium in drainage water.*

År	Kväve (N)					Fosfor (P)			Kalium (K)
	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Övr. N	Tot-N	PO ₄	Övr. P	Tot-P	
<i>Halt (mg/l)</i>									
75/76	0,14	0,08	10,1	1,3	11,6	0,04	0,03	0,07	-
76/77	0,06	0,01	16,4	3,9	20,4	0,03	0,10	0,13	2,1
77/78	0,03	0,02	2,7	1,9	4,6	0,02	0,09	0,11	3,0
78/79	8,53	0,08	2,8	1,5	13,0	1,25	5,48	6,73	54,3
79/80	5,98	0,04	2,6	1,6	10,2	2,99	0,27	3,26	26,6
80/81	0,03	0,00	3,0	0,6	3,6	0,07	0,05	0,12	4,1
81/82	2,57	-	3,4	2,5	8,5	0,41	0,40	0,81	10,6
82/83	-	-	12,7	2,2 ^a	14,9	0,12	0,04	0,16	3,6
<i>Transport (kg/(ha·a))</i>									
75/76	0,01	0,01	0,7	0,1	0,8	0,00	0,01	0,01	-
76/77	0,05	0,00	12,5	3,0	15,5	0,02	0,08	0,10	1,6
77/78	0,01	0,01	1,0	0,7	1,7	0,01	0,03	0,04	1,1
78/79	5,12	0,05	1,7	0,9	7,8	0,75	3,29	4,04	32,6
79/80	5,44	0,04	2,4	1,4	9,3	2,72	0,25	2,97	24,5
80/81	0,05	0,00	4,1	0,7	4,9	0,10	0,06	0,16	5,6
81/82	1,52	-	2,0	1,5	5,0	0,24	0,24	0,48	6,3
82/83	-	-	9,4	1,6 ^a	11,0	0,09	0,03	0,12	2,7

^aInkl. ammonium

detta var flytgödselspridningen på tjälad och snötäckt mark. Flytgödseln innehöll mycket ammonium som följde med smältvattnet i vårfloden.

Ammonium immobiliseras lätt när det blandas in i marken. De två år (1976/77 och 1982/83) då flytgödseln spreds på hösten och plöjdes ner blev därför halterna lägre. Visserligen utfördes inga ammoniumanalyser 1982/83 men indirekt ser man att halterna måste ha varit låga, eftersom skillnaden mellan total- och nitratkvävet uppgick till endast 2,2 N mg/l och merparten av denna skillnad måste ha utgjorts av övrigt kväve. År 1977/78 var ammoniumhalterna låga trots flytgödslingen. Det hela kan bero på att provtagningarna låg något fel i tiden så att ammoniumtoppen inte infångades.

Nitrit. Halterna var genomgående låga, vilket är vanligt då nitrit är ett intermediärt ämne.

Nitrat. Särskilt höga nitrathalter förekom i samband med trädesbruket 1976/77. Träda ger upphov till stora mängder mineraliskt kväve i marken. Upp till 150 N kg/ha till en meters djup har uppmätts (Gustafson & Torstensson 1981).

Även sista året förekom höga halter. Det är oklart om dessa orsakades av flytgödsel som mineraliserats efter nedplöjningen under hösten 1982 eller om nitratmängderna i profilen var allmänt stora flytgödseln förutan. Gödseln spreds den 28 september och marken frös i slutet av oktober så en viss mineralisering bör ha kunnat äga rum. Jordprovtagning vid ett par tillfällen under hösten skulle ha kunnat klarlägga detta.

De höga halterna första året berodde sannolikt på en viss ackumulation av kväve den torra sommaren 1975 samtidigt som de avrinnande vattenmängderna var små så att ingen spädnings erhölls.

Övrigt kväve. Detta kväve utgörs främst av organiskt kväve och har således sitt ursprung närmast från växtmaterial. Halterna var något förhöjda i förhållande till vad som uppmättes vid Röbbäcksdalen (Gustafson & Torstensson 1983). Främsta anledningen till detta är användandet av flytgödsel.

Totalkväve. Den totala variationsbredden hos kvävet kunde vara mycket stor. Det gäller såväl inom- som mellanårsvariationerna (fig. 8). Förklaringen ligger i de mycket varierande väderleks- och odlingsmässiga betingelser som rådde.

Transport av kväve. Kvävetransporten varierade kraftigt både totalt och för vissa fraktioner (tabell 3). Två av åren (1976/77 och 1982/83) var transporten särskilt stor och uppgick till 15,5 resp. 11,0 N kg/ha. Det var främst fråga om stora nitratförluster.

Åren 1978/79 och 1979/80 utgjorde ammonium huvuddelen av förlusterna.

För övrigt kväve översteg aldrig transporten 3,0 N kg/ha och för nitrit var den försumbar alla år.

Fosfor i dräneringsvatten

Halt. Både när det gäller fosfatfosfor och övrig fosfor förekom stora haltvariationer (tabell 3). Höga halter kunde i samtliga fall sammankopplas med bruket av flytgödsel. Särskilt höga koncentrationer förekom när gödseln spreds på snön och gödselvatten följde med i det ytligt avrinnande vattnet i vårfloden. Inomårsvariationerna kunde dessa år vara särskilt stora (fig. 8).

Transport. Genom de höga koncentrationerna blev transportererna anmärkningsvärt stora 1978/79 och 1979/80 då de totala fosforförlusterna uppgick till 4,04 resp. 2,97 P kg/ha (tabell 3).

Kalium i dräneringsvatten

Höga kaliumhalter och stora transporter noterades i samband med flytgödsling och ytvattenavrinning. I övrigt var halterna låga och transportererna små (tabell 3).

Större konstituenten i dräneringsvatten

Halter. Större konstituenten bestämdes endast de sista tre åren. Vallåret 1981 då ingen flytgödsel användes var haltvariationerna små jämfört med de två sista åren då flytgödseln kom in i bilden (fig. 7). Särskilt för kalcium, magnesium och klorid var variationerna stora.

Sista året då flytgödseln myllats var halterna allmänt små under ytav-

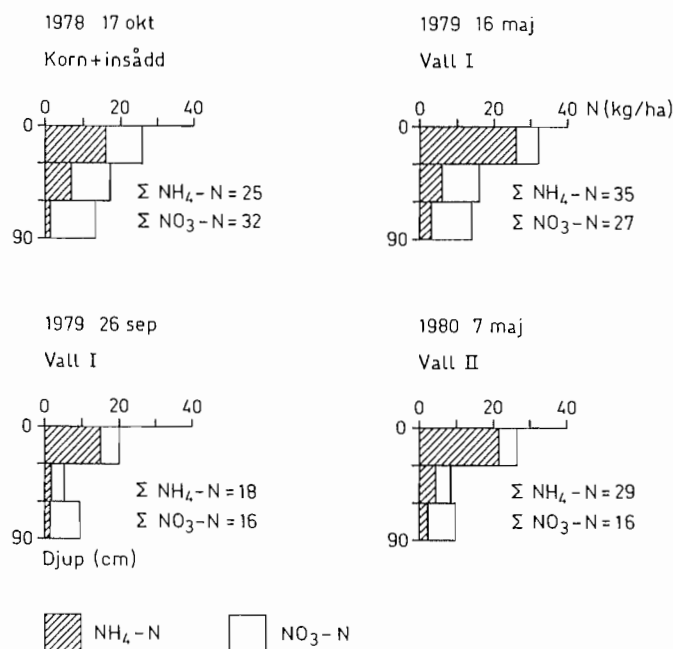


Fig. 6. Mineraliskt kväve i marken. *Mineral nitrogen in the soil.*

Tabell 4. Grundvattnets sammansättning. *Composition of the ground water.*

Djup (m)	pH	Ledningstal ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Kväve (N mg/l)					Kalium (K mg/l)
			NH_4	NO_2	NO_3	Övr. N	Tot-N	
2	7,5	620	0,04	0,01	4,4	0,9	5,3	5,4
4	5,6	998	0,66	0,01	0,2	1,0	1,9	17,2

rinningskedet medan de gav ett klart utslag i ytavrinningen näst sista året då spridningen skedde på snötäckt mark.

De kraftiga uppgångarna för kalcium, magnesium och klorid sista året under perkolationsfasen är anmärkningsvärda. Frågan är om flytgödslingen på hösten ensam kan vara ansvarig för att halterna blev så höga eller om det är fråga om fleråriga minneseffekter.

Transporter. De transporterade mängderna blev i allmänhet små i jämförelse med vad Gustafson & Torstensson (1983) fann i Röbbäcksdalen. En stor del av förklaringen till detta ligger i de låga avrinningstalmen även däri att Röbbäcksdalen har en surare jord med mer omfattande vittring som följd.

Följande mängder transporterades (värden i $\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{a})$):

Lokal	År	Avrinning (mm)	Ca	Mg	Na	Cl	$\text{SO}_4\text{-S}$
Offer	80/83	90	20	9,9	7,6	18	9,8
Röbbäcksdalen	80/81	236	82	26	39	49	118

Grundvatten

Allmänt. Genom att grundvattentrycket var så lågt erhöles aldrig vattenprov på lokalen 1. På lokalen 2 togs sammanlagt två prov i det grunda röret och 20 prov i det djupa.

pH. pH minskade med ökande provtagningsdjup (tabell 4). En förklaring kan vara att en sulfidoxidation med åtföljande svavelsyrabildning fortgick.

Ledningstal och kalium. Ökningen var relativt stor från två till fyra meters djup. Sannolikt kan det lägre pH på det större djupet ha orsakat en förhöjd vittringsintensitet med ökad jonkoncentration som följd. Detta stöds av att kaliumhalten också ökade med provtagningsdjupet.

Kväve. Totalkvävehalten avtog med ökande provtagningsdjup. Orsaken var

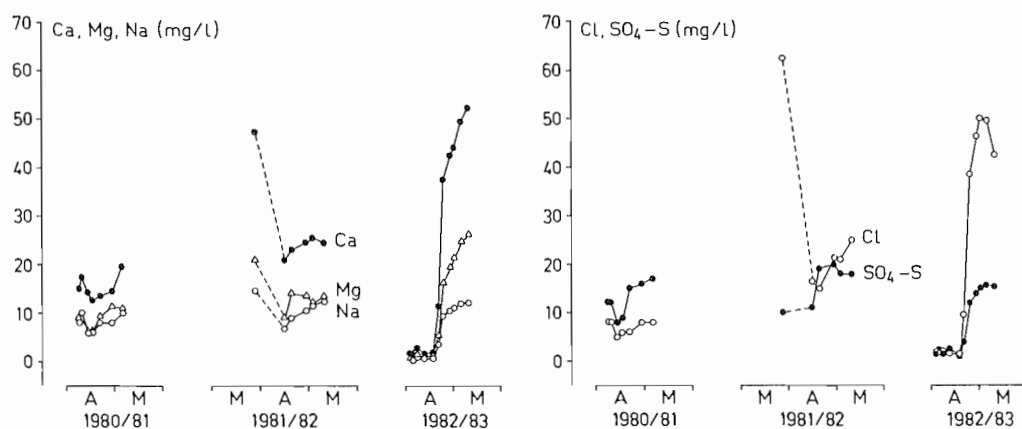


Fig. 7. Större konstituentier i avrinnande vatten. *Concentrations of major ions in the drainage effluent.*

att nitrathalten minskade kraftigt. Nitrathalterna var låga och ammoniumhalterna ökade med djupet troligen till följd av nitratreduktion. För övrigt kväve var skillnaderna små.

DISKUSSION

Tidpunkt för flytgödselspridning och kväve- och fosforförlust

Jämförelse. Intressant är att se vad spridningstidpunkten hade för inverkan på förlusternas storlek under vårflödena. De tre sista åren kan tjäna som jämförelseobjekt.

Som referens används 1980/81 då ingen flytgödsling skedde. Näst sista året spreds gödseln i mars endast några få dagar innan vårflodens början (fig. 4). Sista året spreds gödseln den 28 september, varefter den plöjdes ner två dagar senare.

Kväve. Det blev tydliga skillnader i halternas utveckling de tre åren (fig. 8).

Första året då grödan var vall blev halterna måttliga hela tiden. Totalkvävet översteg aldrig 5 N mg/l och variationerna var små. Detta är naturligt då flerårig vallodling brukar leda till att mängden nitratkväve i marken minskar och då blir det mindre över till utlakning.

Andra året inverkade flytgödslingen kraftigt på halterna. I avrinningens inledningsskede var totalkvävehalterna som högst främst beroende på höga halter av ammonium och övrigt kväve. Vartefter gödselvattnet hade borttransporterats med smältvattnet sjönk halterna och nådde ett minimum i början av april. Därefter steg totalkvävehalterna främst beroende på ökande nitrathalt. Detta berodde på att vatten i ökande utsträckning perkolerade genom profilen som följd av tjälens fortskridande upptining och därvid tvättades nitrat ut från marken. Totalkvävehalterna nådde dock inte samma nivå som i avrinningens början. Mängden mineraliskt kväve i

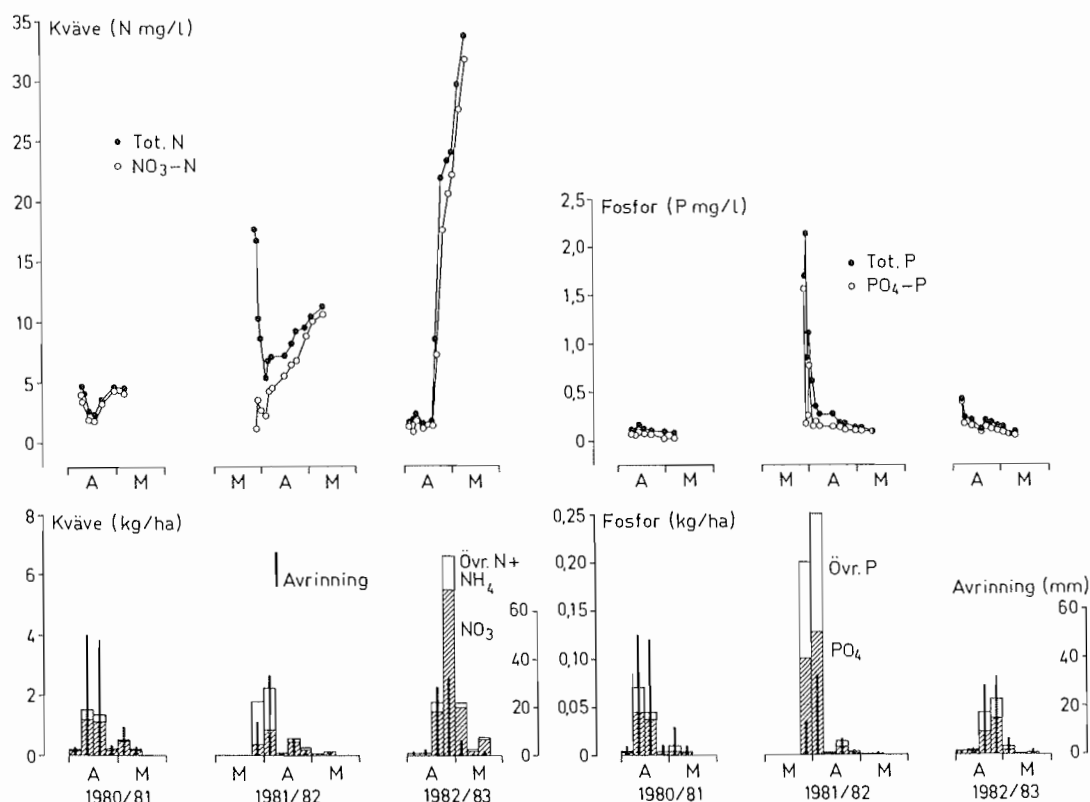


Fig. 8. Kväve och fosfor under tre vårflöden. *Nitrogen and phosphorus during three spring floods.*

Tabell 5. Transport av kväve och fosfor. *Transport of nitrogen and phosphorus.*

År	Kväve (N kg/(ha·a))		Fosfor (P kg/(ha·))		Avrinning (mm)
	NO ₃	Övr. N + NH ₄	PO ₄	Övr. P	
1981	3,3	0,7	0,09	0,05	123
1982	2,0	3,0	0,24	0,24	58
1983	9,4	1,6	0,09	0,03	74

marken var tydligen inte så stor. Sista året då flytgödseln blev nedplöjd på hösten blev det inga höga halter i vårflodens initialskede. Halterna började stiga först i den fas då vatten började perkolera genom profilen och i likhet med året innan var det nitrat som utlakades under detta skede. Halterna blev i slutet av avrinningsperioden mycket höga, vilket tyder på att nitrattillgången var stor i marken. Som tidigare nämnts är det oklart om den stora nitrattillgången berodde på mineralisering efter höstens flytgödsling eller på allmänt god nitrattillgång på hösten i profilen.

Kvävetransport. I absoluta tal var transporten lägst 1981 då ingen flytgödsling skedde (tabell 5). Nedplöjningen av flytgödseln sista året medförde en sänkning av transporten av övrigt kväve och ammonium i förhållande till året innan då gödseln spreds på snön. För nitrat var förhållandet det motsatta.

Avrinningens storlek och fördelning i tiden är också betydelsefull för förlustens storlek. Sista året var avrinningen större än året innan både totalt och särskilt efter det att vatten börjat perkolera genom marken (fig. 8). Det senare medför att nitrat har haft större möjligheter att tvättas ur sista året.

Fosfor. För fosfors del blev utslaget av nedmyllningen mycket entydigt. Halterna var i ytavrinningskedet små även om de inte var så låga som under vallodlingen 1981. I jämförelse med när gödseln lagts på snön var skillnaderna emellertid betydande (fig. 8).

Efter det att ytavrinningen avtagit och det avrinnande vattnet börjat perkolera genom marken avtog fosforhalterna alla år. Detta är naturligt då fosfor lätt fastläggs i marken.

Fosfortransport. I samband med vallodlingen och då flytgödseln myllats dominerade fosfattransporten (tabell 4). Då gödseln spreds på ytan ökade transporten av både fosfat- och övrig fosfor kraftigt under ytavrinningskedet (fig. 8).

SAMMANFATTNING

Inverkan av odlingsåtgärder på kvaliteten hos avrinnande vatten från åkermark har undersökts under åtta år vid försöksstationen Offer öster om Sollefteå. Försöksfält och mätstation var så utformade att summan av yt- och dräneringsvatten mättes.

Medelnederbörden och medelavrinningen var låga, 464 resp. 68 mm. Merparten av avrinningen skedde i vårfloden. Genom att tjälen var relativt djup och långvarig blev ytvattenandelen i avrinningen oftast dominerande.

Grödorna var vall, korn och havre. Både handelsgödsel och flytgödsel användes.

Flytgödsel spreds både i vall och öppen odling och såväl höst- som vinterspridning förekom. Vid höstspridning myllades gödseln, vid vinterspridning hamnade den på snötäckt mark.

Den vinterspridda flytgödseln orsakade kraftigt förhöjda halter av kvä-

ve och fosfor i avrinnande vatten.

Nedmyllningen av gödseln på hösten minskade förlusten av ammonium och organiskt kväve samt såväl fosfat- som organisk fosfor.

För att minska utsläppen av främst fosfor är det därför angeläget att flytgödseln inte sprids på tjälad och snötäckt mark.

Flytgödslingen förhöjde också de större konstituenterna i vattnet, främst kalcium, magnesium och klorid.

REFERENSER

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1981. Measurement of leaching in the large plot experiment. - In: Rosswall, T. (ed.) *Ecology of Arable Land. Progress Report 1980*, 88-96. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. *Ekohydrologi nr 13*, 21-33.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. *Ekohydrologi nr 13*, 35-48.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. II Metoder för mineralkväveprovtagning och analys. *Rapport nr 137*, 1-79. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

- | Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|---|
| 12 | 1982 | Nils Brink och Rikard Jernlås. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. <i>Leaching after spreading of liquid manure in autumn and spring.</i>

Gunnar Fryk och Thord Ohlsson. Infiltration av lakvatten från malda sopor. <i>Leachate migration through soils.</i>

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 stallgödselad åker. <i>Surface transport of plant nutrient from field spread with manure.</i>

Rikard Jernlås. TCA-utlakning på lerjord. <i>Leaching of TCA on a clay soil.</i>

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. <i>Losses of nutrients at Öjebyn.</i>

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. <i>Losses of nutrients at Röbbäcksdalen.</i>

Rikard Jernlås och Per Klingspor. Nitratutlakning och bevattning. <i>Drainage losses of nitrate and irrigation.</i> |
| 14 | 1983 | Arne Gustafson, Lars Bergström, Tomas Rydberg och Gunnar Torstensson. Kvävemineralisering vid plöjningsfri odling. <i>Nitrogen mineralization in connection with non-ploughing practices.</i>

Rikard Jernlås. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat i lerjord. <i>Decomposition and mobility of fenvalerate in a clay soil.</i>

Nils Brink. Jordprov på hösten eller våren för N-prognoser. <i>Soil sampling for nitrogen forecasts.</i>

Nils Brink. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. <i>Nutrients and organic matters from farmland and woodland.</i>

Nils Brink. Gödselanvändningens miljöproblem. |

- | Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|---|
| 6 | 1980 | Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. <i>Losses of Nutrients in Skåne and Halland.</i>
Nils Brink, Sven L. Jansson och Staffan Steineck. Utlakning efter spridning av potatisfruktsaft. <i>Leaching after Spreading of Potato Juice.</i>
Nils Brink och Arne Gustafson. Att spå om gödselkväve. <i>Forecasting the Need of Fertilizer Nitrogen.</i>
Arne Gustafson och Börje Lindén. Lantbruksuniversitetet satsar på exaktare kvävegödsling. |
| 7 | 1980 | Nils Brink och Börje Lindén. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. <i>Where does the Commercial Fertilizer go.</i>
Barbro Ulén och Nils Brink. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbrosjön. <i>The Importance of the Environment for the Primary Production in Lake Vadsbrosjön.</i>
Arne Gustafson. Jordbruket och grundvattnet.
Nils Brink. Utlakningen av växtnäring från åkermark.
Nils Brink. Vart tar gödseln vägen. |
| 8 | 1981 | Nils Brink. Förurning av grundvatten på åker. <i>Acidification of Groundwater on Arable Land.</i>
Rikard Jernlås och Per Klingspor. TCA-utlakning från åker. <i>Leaching of TCA from Arable Land.</i>
Arne Joelsson. Ytavspolning av fosfor från åkermark. <i>Storm Washing of Phosphorus from Arable Land.</i>
Arne Gustafson, Sven-Olof Ryding och Barbro Ulén. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. <i>Control of Losses of Nutrients from Arable Land and Forest.</i> |
| 9 | 1981 | Barbro Ulén och Nils Brink. Miljöeffekter av ureaspridning och glykolanvändning på en flygplats. <i>Environmental effects of spreading of urea and use of glycol at an airport.</i>
Gunnar Fryk. Utlakning från upplag av malda sopor. <i>Leachate from piles of shredded refuse.</i> |
| 10 | 1982 | Arne Gustafson och Arne S. Gustavsson. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. <i>Losses of nutrients in Västergötland and Östergötland.</i>
Barbro Ulén. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. <i>Losses of nutrients from arable land and forests in Södermanland.</i>
Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. <i>Nitrate, nitrite and pH in drinking water in Västergötland, Östergötland and Södermanland.</i>
Lennart Mattsson och Nils Brink. Gödslingsprognoser för kväve. <i>Fertilizer forecasts.</i> |
| 11 | 1982 | Barbro Ulén. Vadsbrosjöns närsaltsbelastning och trofinivå. <i>The nutrient load and trophic level of Lake Vadsbrosjön.</i>
Arne Andersson och Arne Gustafson. Metallhalter i dräneringsvatten från odlad mark. <i>Metal contents in drainage water from cultivated soils.</i>
Arne Gustafson. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige.
Barbro Ulén. Erosion av fosfor från åker. <i>Erosion of phosphorus from arable land.</i>
Rikard Jernlås. Kväveutlakningens förändring vid reducerad gödsling. |

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

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

- | Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|---|
| 1 | 1978 | Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av växtnäring från åker. <i>Losses of nutrients from arable land.</i> |
| 2 | 1978 | Nils Brink och Arne Joelsson. Stallgödsel på villovägar. <i>Manure Gone Astray.</i>

Lars Lingsten och Nils Brink. Åkergödslingens inverkan på miljön i en bäck. <i>The Effect of Agricultural Manuring on the Environment in a Brook.</i>

Nils Brink. Kväveutlakning från odlingsmark. <i>Nitrogen Leaching from Arable Land.</i> |
| 3 | 1979 | Sven-Åke Heinemo och Nils Brink. Utlakning ur kompost av sopor och slam. <i>Leachate from Compost of Refuse and Sludge.</i>

Nils Brink. Self-purification studies of silage juice.

Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsläckage på Kristianstadsslätten. <i>Loss of Nutrients on the Kristianstad Plain.</i>

Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. <i>Pollution of the Groundwater by a Dung Yard.</i> |
| 4 | 1979 | Nils Brink. Vattnet är det yppersta.

Arne Gustafson och Börje Lindén. Kvävebehovet för 1979.

Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. <i>Losses of nitrogen, phosphorus and potassium from arable land.</i> |
| 5 | 1979 | Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo. Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo. <i>Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand.</i>

Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. <i>Losses of Nutrients from Forests.</i>

Nils Brink. Utlakning av kväve från agroecosystem. <i>Leaching of Nitrogen from Agro-Ecosystems.</i>

Nils Brink. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen. |

DISTRIBUTION:

Pris: 20:-

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för vattenvård
750 07 UPPSALA, Sweden

tel 018-17 24 60