



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Arne Gustafson, Lars Bergström, Tomas Rydberg och Gunnar Torstensson
KVÄVEMINERALISERING VID PLÖJNINGSFRI ODLING

Rikard Jernlås

**RÖRLIGHET OCH NEDBRYTNING AV FENVALERAT
I LERJORD**

Nils Brink

**JORDPROV PÅ HÖSTEN ELLER VÅREN FÖR
N-PROGNOSER**

Nils Brink

**NÄRSALTER OCH ORGANISKA ÄMNEN FRÅN
ÅKER OCH SKOG**

Nils Brink

GÖDSELANVÄNDNINGENS MILJÖPROBLEM

Ekohydrologi 14

Uppsala 1983

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

ISBN 91-576-1723-6
ISSN 0347-9307

FÖRORD

Den första uppsatsen i detta nummer av Ekohydrologi är slutrapport över projektet Minskning av kväveutlakning genom plöjningsfri odling, den andra en delrapport över projektet Utlakning och avrinning av bekämpningsmedel. Den första bekostas av Sveriges lantbruksuniversitet och den andra av produktkontrollnämnden.

Den tredje uppsatsen utgjorde stommen till ett föredrag vid ett seminarium om kväveprognoser i Skogs- och lantbruksakademien 17 mars 1983. Den har tidigare publicerats av akademien. Här har den försetts med engelsk text på figurer och tabeller.

Den fjärde uppsatsen utgör ett av många underlag till MONITOR 1983 som utges av naturvårdsverkets Program för övervakning av miljökvalitet (PMK).

Den femte uppsatsen är ett expertutlåtande avgivet 2 febr 1981 till Utredningen om användning av kemiska medel i skogs- och jordbruket. Några kompletteringar har gjorts i en efterskrift. Tryckningen nu görs emedan utredningen refererar till utlåtandet i sitt betänkande (SOU 1983:10).

1983-10-01

Nils Brink

INNEHÅLL

Gustafson, A., Bergström, L., Rydberg, T. & Torstensson, G. 1983. Kvävemineralisering vid plöjningsfri odling. <i>Ekohydrologi</i> nr 14, 3-8.	3
Jernlås, R. 1983. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat i lerjord. <i>Ekohydrologi</i> nr 14, 9-13.	9
Brink, N. 1983. Jordprov på hösten eller våren för N-prognoser. <i>Kungl. skogs- och jordbruksakad. Rapp. nr 6, 22-25, Ekohydrologi</i> nr 14, 15-19.	15
Brink, N. 1983. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. <i>Ekohydrologi</i> nr 14, 21-30.	21
Brink, N. 1983. Gödselanvändningens miljöproblem. <i>Ekohydrologi</i> nr 14, 31-50.	31

KVÄVEMINERALISERING VID PLÖJNINGSFRI ODLING

Nitrogen mineralization in connection with non-ploughing practices

Arne Gustafson, Lars Bergström, Tomas Rydberg och Gunnar Torstensson

Abstract. Danish investigations indicate that non-ploughing practices could be a useful method in reducing the mineralization rate during the autumn after harvest, leading to reduced leaching of nitrogen during the following winter season. In order to study this under Swedish climatic conditions, an introductory survey of mineral nitrogen profiles in connection with non-ploughing practices was conducted. The results show that when using non-ploughing there were only slight or no differences in the amount of nitrogen mineralized during a three-month period compared to ordinary ploughing practices.

In one case the experimental field was sown with winter rye, resulting in a substantial nitrogen uptake by the crop. Thus a winter crop under Swedish conditions seems to be more favourable in minimizing leaching of nitrogen than non-ploughing practices.

INLEDNING

Allmänt

Vid spannmålsodling (vårsäd) är jorden utan gröda under sju av årets månader. Det är vidare under den grödfria perioden som nederbördsöverskott normalt föreligger och utlakning kan ske. En spannmålsgröda har vid skörd under normala förhållanden tagit upp största delen av det växttillgängliga kvävet. Efter skörden startar en nedbrytning av skörderester samtidigt som mineralisering från markens organiska pool fortsätter. Det mineraliska kvävet i marken ökar tämligen raskt. Vid nederbördsöverskott uppkommer därför förlust av främst nitrat till yt- och grundvatten.

Över nederbörden råder inte människan men hon kan påverka mineraliseringsintensiteten och/eller försöka fånga upp det frigjorda kvävet. Mineraliseringsintensiteten kan påverkas med kemiska nitrifikationshämmare eller genom att jordens omblandning på hösten minskas genom reducerad jordbearbetning. Mineraliserat kväve kan uppfångas genom att man sår en höstgröda eller en mellangröda vilken för sin tillväxt nyttjar det mine-



Provplats		Utlakningsförsök	
Ultuna	lera	Sandbro	mo-lera
Lanna	lera	Hälleberg	mo ^a
Tönnersa	sand	Skottorp	sand
Helgegården	sand	Kärrdala	sand
Lönnstorp	moränlera	Näsbygård	moränlera

^aI matjorden. Lera dominerar i alven.

Fig. 1. Provplatsernas läge. *Location of the sampling sites.*

Tabell 1. Kvävenedvaskning till 80 cm djup efter olika behandlingar enligt Hansen 1980. (Värden i N kg/(ha·a).) *Movement of nitrogen down to 80 cm in the soil following different treatments according to Hansen (1980).*

År	Överskotts- nederbörd (mm)	Plöjt	Halm	Oplöjt	Halm och mellangröda
1977-78	400	39	-	17	8
1978-79	200	19	11	6	3

raliska kvävet. Halmnedbrukning kan också vara effektiv genom att halmnedbrytande mikroorganismer kräver kväve för sin omsättning.

Utländska försök. Danska försök (Hansen 1980) har igångsatts för att studera effekten av nämnda åtgärder med sikte på bl.a. minskat kväveläckage. I dessa försök har det visat sig att tillförsel av halm i kombination med mellangröda minskar läckaget effektivast. På andra plats kommer den reducerade jordbearbetningen, allt räknat i förhållande till en konventionell behandling med halmbortförsel och höstplöjning (tabell 1).

Svenska försök. Avdelningen för jordbearbetning vid SLU bedriver försök med plöjningsfri odling. Försöken är spridda över hela landet och omfattar ett brett spektrum av jordarter. Det äldsta försöket startades 1966. Flertalet har startat mellan 1974 och 1977. Att försöken nu pågått en längre tid är värdefullt med tanke på att de ingående alternativa bearbetningsmetoderna måste verka en viss tid för att jorden skall komma i ny jämvikt. En minimitid för detta är 3-4 år.

Värdefull information om verkan av plöjningsfri odling på höstmineraliseringen skulle kunna inhämtas genom bestämmningar av det mineraliska kvävet i marken i dessa försök.

MÅL

Målet med denna undersökning har varit att i orienterande syfte studera det mineraliska markkvävet förändring under hösten i pågående försök med plöjningsfri odling.

MATERIAL OCH METODER

Provplatser

För undersökningen utvaldes fem platser (fig. 1). Samtliga platser ligger i relativt nära anslutning till fasta utlakningsförsök som drivs av avdelningen för vattenvård. Från dessa kunde då erhållas uppgifter om nederbörd, avrinning och utlakning under undersökningsperioden.

Provplatsernas och närliggande utlakningsförsöks dominerande jordarter framgår av fig. 1.

Provtagning och analys

Jordprov togs i två omgångar, en i september och en i december 1982. Proven togs med "Ultunaborr". I matjorden och övre alven (0-30 cm) togs tolv stick per upprepning. Alven indelades sedan i två skikt, 30-60 och 60-90 cm, där sex stick per upprepning togs. Jorden från samtliga upprepningar i varje led blandades sedan skiktvis till ett generalprov, ur vilket ett delprov uttogs för kemisk analys.

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

Tabell 2. Gröda, kvävegödsling och skörd på försöksplatserna 1982. *Crop, nitrogen dressing, and yield 1982.*

Gröda	Gödsling (N kg/ha)	Skörd (t/ha)		Höstsådd	Höstgödsling (N kg/ha)
		Plöjd	Oplöjd		
<i>Ultuna</i>					
Havre	90	4,2	4,7	Höstvete	0
<i>Lanna</i>					
Korn	107	5,9	5,0	Nej	0
<i>Tönnersa</i>					
Korn	98	5,0	5,0	Höstråg	0
<i>Helgegården</i>					
Höstvete	98	5,9	5,6	Nej	0
<i>Lönnstorp</i>					
Korn	85	4,8	4,8	Höstraps	47

Provtagnings- och analysgång vid vattenvårdens fasta utlakningsförsök har beskrivits av Brink, Gustafson och Persson (1978).

Jordbearbetning och skörderester

Av alla de led som ingick i själva jordbearbetningsförsöken utvaldes två att ingå i denna undersökning, nämligen leden med plöjning varje år och utan plöjning. För båda dessa led gällde att halmen hackades och att stubb- bearbetning företogs snarast efter skörden.

Nederbörd, avrinning och utlakning

Utrustning för mätning av nederbörd och avrinning liksom metoder för transportberäkningar finns utförligt beskrivna i Brink *et al.* 1978.

RESULTAT

Gröda, kvävegödsling och skörd

Vårsäd var den dominerande grödan på försöksplatserna (tabell 2). Göds- lingarna låg i intervallet 85-101 N kg/ha. Vid Ultuna blev skörden på det oplöjda ledet större än på det plöjda. Annars var skörden på det oplöjda ledet mindre eller lika med det plöjda. Skördeskillnaderna var inte sär- skilt stora. Största skillnaden förelåg vid Lanna. Kvikrot kan här ha bidragit till att sänka skörden i det oplöjda ledet.

Tre av försöksplatserna kom att besås med höstsäd. Av den anledningen uteslöts Ultuna och Lönnstorp från den sena höstprovtagningen. På Tön- nersa genomfördes den emellertid i full omfattning.

Nederbörd, avrinning och utlakning

För att kunna teckna en bakgrund till hur avrinnings- och utlakningsför- hållandena var under hösten 1982 görs en jämförelse med medelsituationen för perioden 1976-82 vid utlakningsförsöken.

Endast vid Kärrdala översteg nederbörden medelvärdet för den senaste sjuårsperioden (tabell 3).

Avrinningen blev lägre än normalt vid samtliga stationer.

Vid Skottorp och Kärrdala blev utlakningen något över och vid övriga stationer något under det normala.

Den låga och i vissa fall försumbara utlakningen medför att tolkning- arna av förändringar i den mineraliska kväveprofilen underlättas. Viss

Tabell 3. Nederbörd, avrinning och utlakning av nitrat under SEP-NOV vid utlakningsförsöken. *Precipitation, runoff and leaching of nitrate during SEP-NOV at the experimental fields.*

Försök (provplats)	År	Nederbörd (mm)	Avrinning (mm)	Utlakning (NO ₃ -N kg/ha)
Sandbro (Ultuna)	1982	129	0	0,0
Medeltal	1976-82	180	21	1,7
Hälleberg (Lanna)	1982	207	44	0,4
Medeltal	1976-82	208	45	2,0
Skottorp (Tönnersa)	1982	204	66	15,5
Medeltal	1976-82	244	123	14,8
Kärrdala (Helgegården)	1982	188	94	10,2
Medeltal	1976-82	168	107	10,0
Lönnstorp (Näsbygård)	1982	151	4	0,2
Medeltal	1976-82	199	51	8,2

hänsyn till utlakning behöver tas endast vid Tönnersa och Helgegården.

Mineraliskt kväve i marken

Kväve i september. Fördelningen av kväve i profilerna var i september ganska typisk för en tidig höstsituation (fig. 2). Merparten av kvävet befann sig i matjorden. Vid Lönnstorp där höstgödsling skett var naturligt nog kvävemängderna särskilt stora. I alvens djupare delar (30-60 cm) var kvävemängderna i allmänhet små.

På fyra av platserna var det mindre kväve i det oplöjda ledet. Skillnaderna var inte stora, som mest 9,5 N kg/ha vid Ultuna. Den goda skörden och därmed bättre kväueupptagning kan ha ökat på differensen i detta fall. Vid Lanna erhöles mindre kväve i det oplöjda ledet trots en lägre skörd där. Kvikrotsförekomst kan emellertid vara en förklaring till den större upptagningen i detta fall.

Vid Helgegården var det däremot 10 N kg/ha mer kväve i det oplöjda ledet. Visserligen hade detta led mindre skörd men det förklarar inte hela skillnaden.

Kväve i december. I december undersöktes tre av provplatserna. Kvävemängderna hade då ökat på samtliga platser och led utom det plöjda på Tönnersa. Denna provplats var emellertid speciell eftersom fältet var besått med höstråg. Rent okulärt visade rågen en bättre utveckling på det plöjda ledet. Kväueupptagningen måste därför ha varit större där och därför hade mindre lämnats kvar. Allmänt verkade höstgrödan ha fångat upp mycket av det mineraliserade kvävet. Detta märktes speciellt på att kvävet i alven minskat något på det plöjda ledet samtidigt som ökningen var liten i det oplöjda ledet.

Vid Lanna och speciellt vid Helgegården hade det skett en betydande ökning av kvävet i alven. I likhet med förhållandena vid septemberprovtagningen var det mest kväve i det plöjda ledet vid Lanna medan det oplöjda hade mest vid Helgegården.

Ökningarna hos markkvävet var ungefär lika i båda leden på båda platserna. (Värden i NO₃-N kg/ha.)

	Plöjd	Oplöjd
Lanna	6,6	7,3
Helgegården	18,8	15,0

Slutsatsen måste vara att skillnaden i jordbearbetning haft ringa betydelse för utvecklingen av det mineraliska kvävet i marken under hösten.

Uppenbarligen är stubbearbetningen efter skörd en tillräcklig åtgärd för att möjliggöra en "normal" mineralisering av skörderester och humus. Åtminstone när försöken pågått en längre tid och en balans uppkommit i odlingssystemet.

Inverkan av höstsådd. I sammanhanget är det intressant att särskilt jämföra de båda sandjordarna Tönnersa och Helgegården.

Under hösten var avrinnings- och utlakningsförhållandena tämligen likartade och normala på de båda platserna (tabell 3). Möjlighet finns då att direkt se inverkan av höstrågen på det mineraliska kvävet i marken. Profilerna genomgick följande förändringar på de båda platserna. (Värden i N kg/ha.)

	Plöjd	Oplöjd
Tönnersa (höstråg)	- 2,1	+ 8,0
Helgegården (icke sådd)	+ 18,8	+ 15,0

Resultaten visar att den höstsådda grödan hade god förmåga att plocka upp kväve i det plöjda ledet. I det oplöjda ledet var förmågan sämre.

Vidare indikerar resultaten att en höstsådd gröda är effektivare att nyttja för att minska utlakningen på en sandjord än plöjningsfri odling.

SAMMANFATTNING

Den reducerade jordbearbetningens betydelse för utvecklingen av det mineraliska kvävet i marken under hösten studerades på några platser i mel-

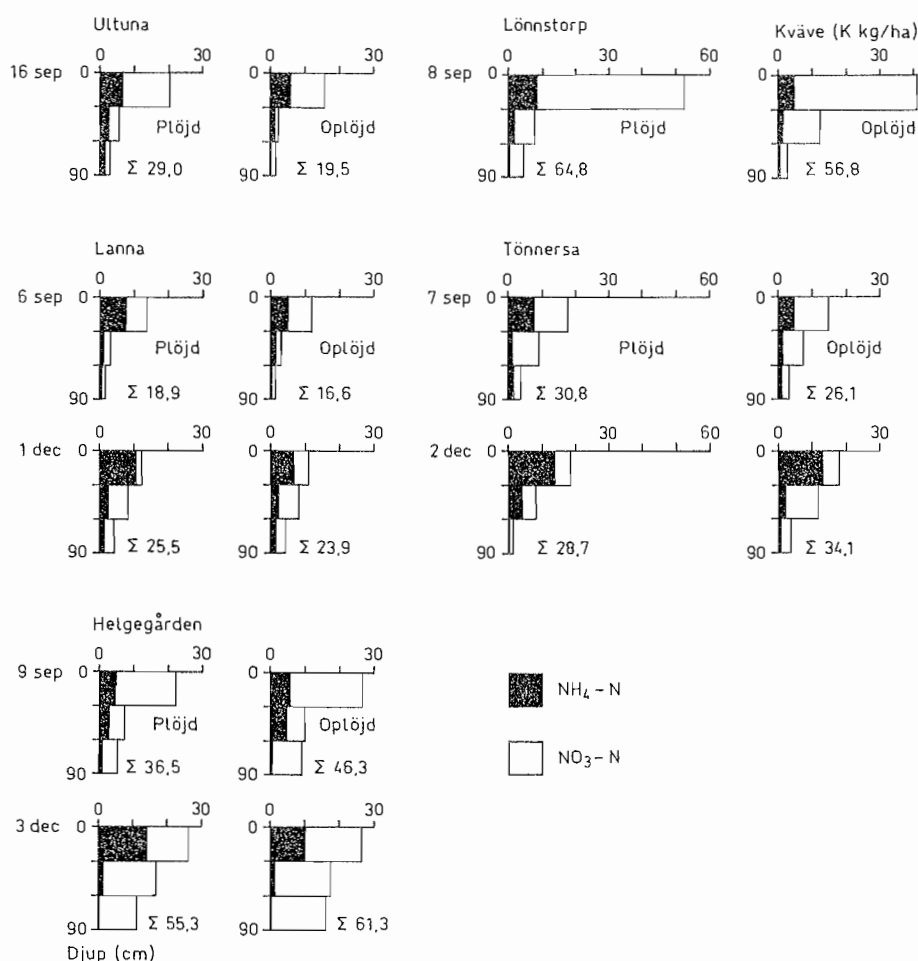


Fig. 2. Mineraliskt kväve i marken. *Mineral nitrogen in the soil.*

lersta och södra Sverige. Provtagning skedde i avdelningens för jordbearbetning fastliggande försök. Plöjda och oplöjda led provtogs. Förändringarna (ökningarna) i det mineraliska markkvävet kunde vara betydande. Någon entydig skillnad beroende på försöksled förelåg ej utan förändringarna var likartade.

I ett fall hade höstråg såtts och då blev det en minskning av mineraliskt kväve i det plöjda ledet samtidigt som ökningen var liten i det oplöjda. Höstgröda syns därför vara effektivare än plöjningsfri odling som verktyg att minska utlakningen.

REFERENSER

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* nr 1, 1-60.
- Hansen, L. 1980. Danske forsøg med pløjefri dyrkning. *Konsulentavdelningens rapporter. Allmänt 23, del 1*, 7:1-7:6. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- 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.

RÖRLIGHET OCH NEDBRYTNING AV FENVALERAT I LERJORD

Decomposition and mobility of fenvalerate in a clay soil

Rikard Jernlås

Abstract. The disappearance and vertical movement of fenvalerate in a clay soil was investigated in an experimental field at Ekenäs in the middle of Sweden. The humus content of the soil was 3,3 %, based on the content of organic coal.

Fenvalerate was applied at a dosage of 100 g/ha on June 1, 1982. The following summer and autumn were dry in the sense that no tile drainage discharge occurred until the end of November. Soil samples from different soil depths were collected on seven occasions and analysed for its fenvalerate content. No fenvalerate was found below 15 cm depth until the field was drilled in the autumn. The half-life of fenvalerate was found to be 6,9 weeks as described by first order kinetics.

BAKGRUND

I slutet på 1970-talet introducerades en ny grupp insekticider. Redan tidigare hade klorerade kolväten, organiska fosforföreningar och karbamater använts. Nu tillkom pyretroiderna (också benämnda syntetiska pyretroider). Dessa är alla syntetiskt framställda och kemiskt besläktade med pyretrin, en substans som utvinns ur växten pyretrum (*Chrysanthemum cinerarie folium*). Pyretrin har låg akut giftighet för däggdjur och bryts snabbt ner under inverkan av solljus. Pyretroiderna utmärks framför allt av att deras motståndskraft mot fotokemisk nedbrytning är betydande. De är dessutom synnerligen giftiga för fisk. I "naturligt smutsiga" vatten anses dock giftigheten reducerad betydligt genom adsorption till organiskt material.

I Sverige har flera pyretroider registrerats för användning. En av dessa är fenvalerat (α -cyano-m-fenoxibensyl- α -isopropyl-p-klor fenylacetat). Fenvalerat har registrerats för användning mot svärbekämpade insekter i oljeväxter, åkerbönor, jordgubbar och frukt innan blomning, samt i stråsäd i samband med axgång liksom till utsädespotatis, kok- och foderärter (SNV produktkontrollbyrå 1981.) Fenvaleratets låga vattenlöslighet, 20-320 ppb, indikerar att den adsorberas starkt (Chiou, Peters & Freed 1979) till organiskt material när den når marken. Undersökningar av Harris, Chapman & Harris (1981) visar att fenvaleratets insekticida aktivitet reduceras om den blandas med jord. Jordar med hög mullhalt har visat sig ge större reduktion av den insekticida aktiviteten än jordar med låg mullhalt. På samma sätt reduceras fenvaleratets verkan mer om det inblandas i lufttorr sandjord (0,5 % vatten) än om det

Tabell 1. Uppmätta halveringstider under aeroba förhållanden. *Half-lives during aerobic conditions.*

$t_{1/2}$ (veckor)	O.m. ^a (%)	pH	Teknik	Antal jordar	Författare
2,1	15,3	5,5	Lab.	1	Ohkawa <i>et al.</i> 1978
12	2,5	6,3	Lab.	1	Ohkawa <i>et al.</i> 1978
≈7	3,0-8,5	5,76-7,90	Miljökommare	6	Williams & Brown, 1979
9	0,5	7,6	Miljökommare	1	Harris <i>et al.</i> 1981
5,2	2,1	7,9	Miljökommare	1	Hill 1981
5,95	2,1	7,9	Mikroplot	1	Hill 1981
7,0	3,3	-	Fältförsök	1	Egct

^a Organiskt material

sker i fuktig sandjord (5 % vatten). Detta är troligen en följd av att adsorptionen ökar med ökande mullhalt och avtagande vattnehalt.

Med fenvaleratets adsorption sammanhänger dess lakningsbenägenhet.

Ohkawa, Nambu, Inui & Miamoto (1978) redovisar lakningsförsök med fyra jordar, vars humusinhåll sträcker sig från < 0,1 % till 15 %. Försöket utfördes på så sätt att fenvaleratberikad jord placerades ovanpå 20 cm fenvaleratfri jord och lakades med ca 600 mm vatten, varpå jorden snittades upp i femcentimetersskikt. Endast 0,2-0,3 % av tillförd fenvaleratmängd påträffades i den ursprungligen fenvaleratfria jorden hos tre av de fyra jordarna. Dessa jordar hade ett humusinhåll av organiskt material från 1,8-15,3 %. Hos den fjärde jorden med ett innehåll av organiskt material på < 0,1 % påträffades 7,3 % av tillförd fenvaleratmängd fördelat till 20 cm djup. Således var lakningsbenägenheten ringa för den extremt mullfattiga sanden och för övriga jordar knappt påvisbar.

Nedbrytningen av fenvalerat i jord har vid undersökningar visats vara huvudsakligen mikrobiellt betingad och förlöper snabbare under aeroba förhållanden än vid anaeroba förhållanden (Ohkawa *et al.* 1978).

Rapporterade tider för 50 %-ig nedbrytning av fenvalerat i jord sträcker sig från 2,1 till 12 veckor. I dessa undersökningar har såväl jordar som mätmetoder varierat (tabell 1).

MÅL

Målet för undersökningen har varit att följa laknings- och nedbrytningsförloppet för fenvalerat efter vårspridning i stråsåd.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfält

Försöksfältet som använts nyttjas normalt för studier av växtnäringsläckage. Det har tidigare beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978).

Till detta skall fogas att lerjordens glödningsförlust är 5,2 %. Humus-

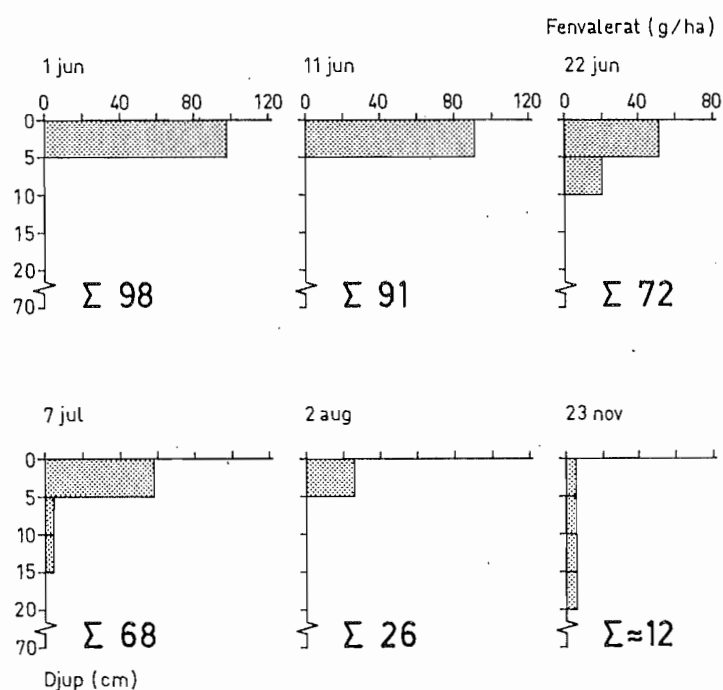


Fig. 1. Fenvaleratinnehåll i jordprofilerna. *Fenvalerate content of the soil profiles.*

innehållet är 3,3 % (efter kolbestämning med antagande om 58 % kolinnehåll).

Fenvaleratet spreds 1 juni 1982 i en dos av 100 g/ha (a.i.). Arbetet utfördes av Vadsbro maskinstation med en bogserad traktorspruta. Mittlinjen för tre drag märktes ut med käppar för att problem med mistor och dubbelspridning skulle kunna undvikas vid den kommande provtagningen.

Jordprofiler uttogs vid sju tillfällen. Dessa var: innan spridningen, strax efter och 11, 22, 37, 63 och 174 dagar efter spridningen. Proven togs från djupen 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 och 20-70 cm. Översta skiktet provtogs med ett "Trekantenborr" (Lindén 1977). Cirka 40 delprov spridda över provtagningsytan slogs ihop till ett generalprov. Övriga skikt provtogs med ett "Ultuna-borr" (Lindén o.c.). Från vart och ett av dessa skikt slogs 10-15 delprov samman till ett generalprov. Proven djupfrystes till -18 °C senast 5 timmar efter att de tagits. Beredskap att ta prov på avrinnande dräneringsvatten fanns under hela försöksperioden. I september uteslöts detta provtagningsmoment eftersom de kvarvarande restmängderna i jorden bedömdes vara så små att det skulle vara analytiskt omöjligt att påvisa några spår i dräneringsvattnet.

Nederbördsuppgifter för försökstiden har tagits från SMHI:s meteorologiska station Öja vid Flen. Avrinningen från fältets dräneringssystem har mätts med ett överfall av Thompson-typ.

Analyserna av fenvalerat i jord har utförts av SLL i Uppsala. Detektionsgränsen har legat kring 0,01 ppm även om spår kunnat påvisas i området 0,005-0,009 ppm. Den använda analysmetoden har beskrivits av Åkerblom (1978).

Beräkningen av fenvaleratinnehållet i jordprofilerna har gjorts med antagandet att torra bulkdensiteten (torra volymvikten) varit 1300 kg/m³ på 0-20 cm djup och 1500 kg/m³ på 20-70 cm djup.

Grödan var havre med ärter.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Jordprofiltagningarna (fig. 1 och 2) visar att varken fenvalerat eller för analysen störande ämnen fanns i marken före spridningstillfället. Efter spridningen kunde 97,5 g/ha fenvalerat påvisas i skiktet 0-5 cm. Jordprofilerna (fig. 1) visar att fenvalerat kan påvisas till 20 cm djup först sedan höstplöjningen blandat om matjorden.

Av följande avrinningsdata framgår att någon egentlig avrinning från dräneringssystemet ej har skett förrän i slutet av november (fig. 2).

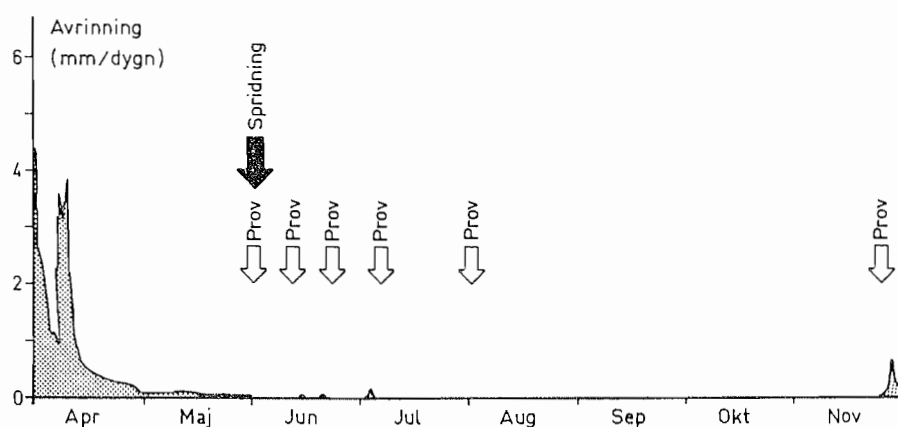


Fig. 2. Avrinning. Tile drainage discharge. Prov, sampling occasion. Spridning, spreading of fenvalerate.

Månad	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
Nederbörd (mm)	35	35	38	52	50	32	100	53
Avrinning (mm)	35	2	0	0	0	0	0	1

Dessa torra förhållanden tillsammans med fenvaleratets kända orörlighet i mark förklarar varför fenvalerat aldrig påvisats djupare än 15 cm (plöjningen oräknad).

Persistensen av fenvalerat har redovisats i fig. 3 tillsammans med tre teoretiska kurvor som förväntats kunna beskriva nedbrytningsförloppet. Passning av kurvorna till försöksdata ger korrelationer från -0,94 till -0,96. Tidpunkten då 50 g/ha fenvalerat återstår ($t_{1/2}$) kan skattas med hjälp av de teoretiska kurvorna och blir beroende av vilken som kommer till användning. Funktion 1 ger tiden 7,1 veckor och funktion 3 ger tiden 7,0 veckor (tabell 1). Används däremot funktion 2 erhålls det något avvikande värdet 4,7 veckor.

SAMMANFATTNING

Fenvalerat har efter spridning på försommaren följts vad gäller nedbrytning och vertikaltransport. Studien utfördes genom att jordprov uttogs vid olika tidpunkter efter spridning och analyserades på sitt fenvalerat-innehåll. Jordproven uttogs skiktvis från 0 till 70 cm djup. Efter spridning 1 juni kunde fenvalerat påvisas till 20 cm djup först sedan matjorden plöjts på hösten. Halveringstiden befanns vara 5-7 veckor beroende på vilken nedbrytningsmodell som användes för att beskriva nedbrytningsförloppet.

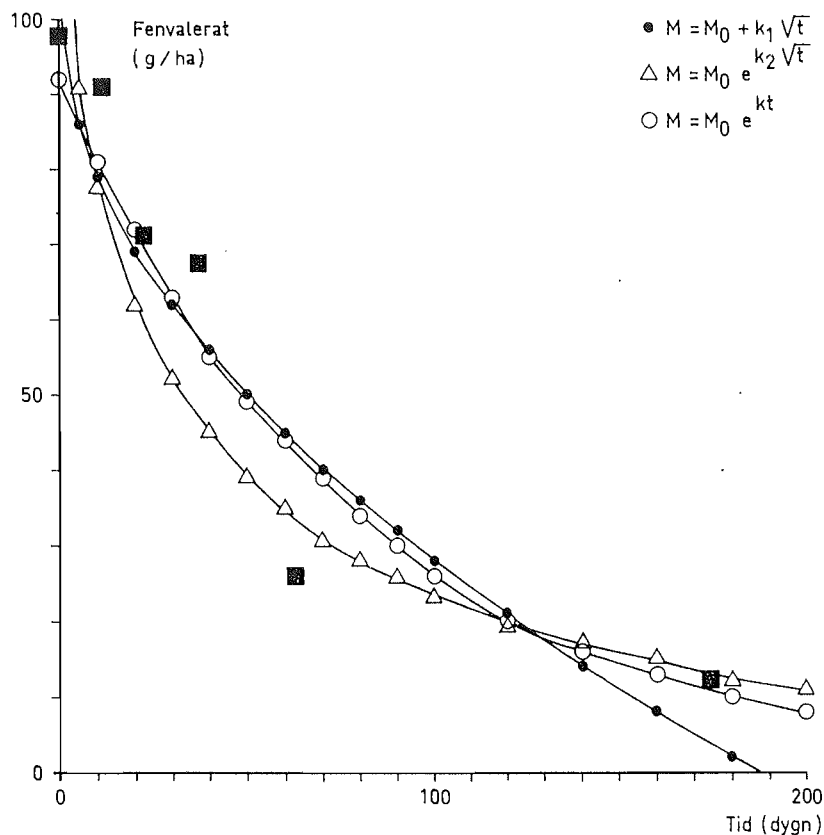


Fig. 3. Restmängder av fenvalerat. *Persistence of fenvalerate.*
 ■, återfunna mängder, *amounts actually found.*

REFERENSER

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* nr 1, 1-60.
- Chiou, T.C., Peters, L.J. & Freed, V.H. 1979. A physical concept of soil-water equilibris for nonionic organic compounds. *Science*, 206, 831-832.
- Harris, C.R., Chapman, R.A. & Harris, C. 1981. Laboratory studies on the persistence and behavior in soil of four pyrethroid insecticides. *Can. Ent.* 113, 685-694.
- Hill, P.B. 1981. Persistence and distribution of fenvalerate residues in soil under field and laboratory conditions. *J. Agric. Food Chem.*, 29, 107-110.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för provtagning i åkermark. *Rapp. Avd. Växt-näringslära, SLU nr 96*, 1-29.
- Ohkawa, H., Nambu, K., Inui, H. & Miamoto, J. 1978. Metabolic fate of fenvalerate (Sumicidin) in soil and by soil microorganisms. *J. Pesticide Sci.*, 3, 129-141.
- SNV, 1981. Produktkontrollnämndens förteckning över bekämpningsmedel m.m. 1981.
- Williams, I.H. & Brown, J.M. 1979. Persistence of permethrin and WL 43775 in soil. *J. Agric. Food Chem.*, 27.
- Åkerblom, M. 1978. Determination of pyrethroid residues in fruit, cereals and oily crops. *Fourth international congress of pesticide chemistry IUPAC 1978*.

JORDPROV PÅ HÖSTEN ELLER VÅREN FÖR N-PROGNOSER

Soil sampling for nitrogen forecasts

Nils Brink

Abstract. It was found that soil sampling in late autumn was as good as sampling in spring for N-forecasts. A nomogram based on autumn N-profiles is proposed for the N-forecasts.

INLEDNING

I tre skrifter (Brink & Gustafson 1980, Mattsson & Brink 1980, Gustafson & Mattsson 1982) har det visats att en höstprovtagning kan ersätta en vårprovtagning som underlag för bestämning av min-N i markprofilen. Man bör härvid korrigera för utlakad mängd kväve under vintern. Den bästa samstämmigheten tycks man få om höstprovtagningen sker i december och vårprovtagningen så tidigt att kvävemineraliseringen inte hunnit bli så omfattande.

Men det är svårt att välja rätt tidpunkt för provtagningen på våren eftersom det då sker så mycket. Frågan är därför om inte våren borde hoppas över alldeles både i tanke och gärning i prognossammanhang.

MATERIAL OCH METODER

Undersökningen har utförts på våra försöksfält som beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1979). Där mäts utlakningen fortlöpande. Jordprov för bestämning av min-N i jordprofilen har tagits på hösten 1978-80 och våren 1979-81. Proven togs i 30 cm skikt till 90 cm djup. Hantering, be-

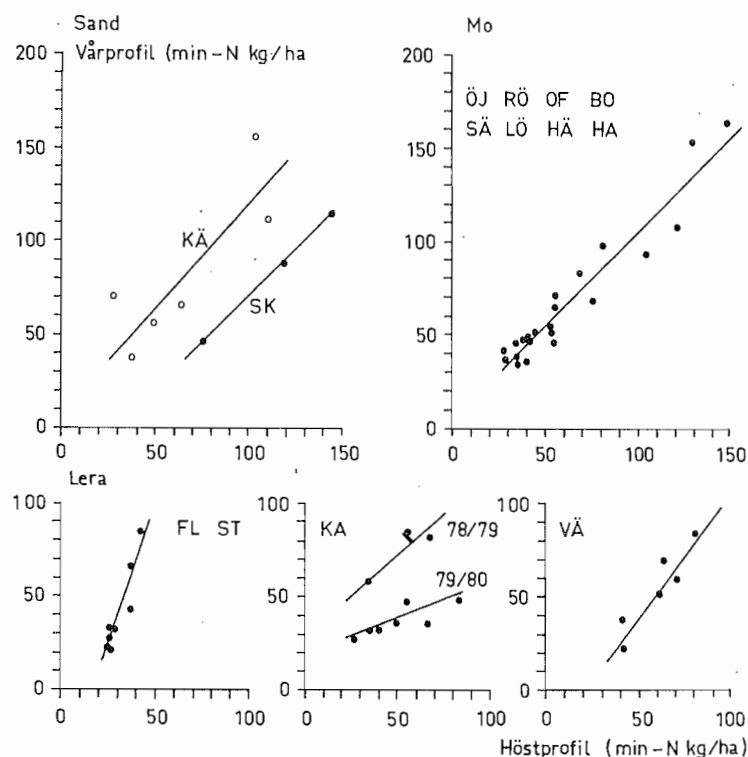


Fig. 1. Sambandet är starkt mellan min-N i höstprofil och vårprofil. KÄ, Kärrdala etc. There was a strong relation between min-N in the autumn N-profile and in that of spring.

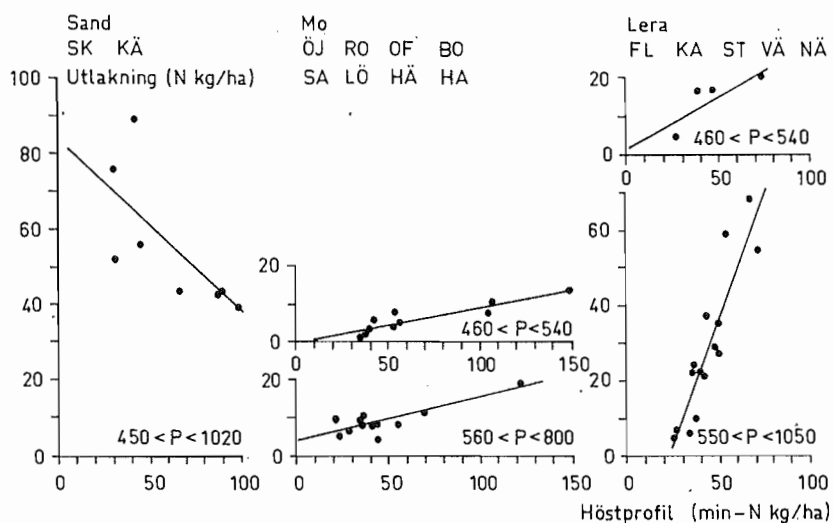


Fig. 2. Utlakningen av kväve beror i hög grad på höstprofilens min-N (90 cm djup). P, årsnederbörd i mm. *Leaching of nitrogen depends strongly on min-N in the autumn soil profile.*

redning och analys av jordprov har beskrivits av Mattsson & Brink (1980).

ÖJ, RÖ ... är beteckningar för de enskilda försöksfälten (Brink *et al.* 1979).

RESULTAT

Sambandet höstprofil-vårprofil

Mellan min-N i höstprofil och vårprofil är sambanden lineära $y = kx + l$ (fig. 1). Värdena på k och l och på korrelationskoefficienten r framgår av tabell 1.

Sambanden var starka men i allmänhet vitt skilda även inom samma jordart. Det går därför inte i det enskilda fallet att utan vidare lita till bara höstprovtagningen innan sambandet med vårprofilen är klarlagt.

Det är intressant att se att vinkelkoefficienten k är omkring 1,0 för både sandjordar och mojordar. Detta innebär att vinst och förlust tog ut varandra ganska precis. För lerjordar däremot varierade k starkt. I fallet FL, ST och VÄ var $k > 1$ vilket betyder att tillskottet genom mineralisering var större än förlusterna till luft och vatten. I fallet KA med $k < 1$ vann förlusterna.

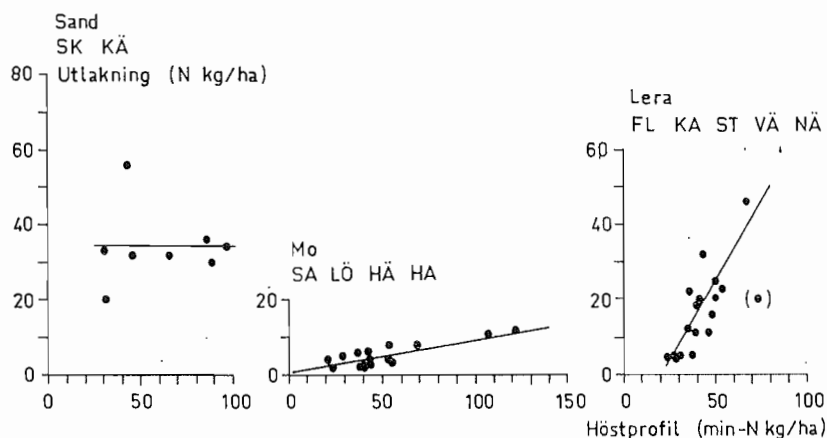


Fig. 3. Samband mellan höstprofil och utlakning, räknad från den dag då jordproven togs till 30 juni. *Relations between autumn N-profile and leaching.*

Tabell 1. Vinkelkoefficienten k , interceptet l och korrelationskoefficienten r i lineära regressioner av min-N i höstprofil på vårprofil, årsutlakning och vinterutlakning. *Slope k , intercept l and correlation coefficient r of the linear regression of min-N of autumn N-profile on spring profile, annual leaching and winter leaching.*

Jord	Station	k	l	r
<i>Höstprofil-vårprofil (fig. 1)</i>				
Sand	SK	1,0	-30	1,00
	KÄ	1,1	5,9	0,83
Mo	ÖJ m.fl.	1,0	4,3	0,96
Lera	FL ST	3,0	-51	0,93
	KA	0,79	33	0,89
	KA	0,35	19	0,82
	VÄ	1,3	-2,7	0,94
<i>Höstprofil-årsutlakning (fig. 2)</i>				
Sand	SK KÄ	-0,46	84	-0,70
Mo	ÖJ m.fl.	0,10	0	0,91
	ÖJ m.fl.	0,12	3	0,84
Lera	FL m.fl.	0,23	1	0,83
	FL m.fl.	1,34	-30	0,91
<i>Höstprofil-vinterutlakning (fig. 3)</i>				
Sand	SK KÄ	0,0	34	0
Mo	SA m.fl.	0,10	0,3	0,84
Lera	FL m.fl.	0,83	-17	0,81

Sambandet höstprofil-utlakning

Det vore naturligt med ett positivt samband mellan höstprofilens min-N och utlakningen. Detta bekräftades också i våra undersökningar för mojordar och lerjordar (fig. 2). För sandjordar blev sambandet negativt. Detta förbryllar men kan förklaras med snabba förlopp. Utlakningen gäller hela det agrohydrologiska året (1 jul-30 jun). När det fanns mycket kväve i marken på sommaren och hösten förlorades detta lätt innan jordprovtagningen som därför gav de lägsta profilvärdena. Under vintern var ju utlakningen i stort sett konstant oavsett mängden min-N i profilen (fig. 3).

Ifråga om nederbördsmängderna kan man inte urskilja något inflytande över utlakningen på sandjordar i det angivna intervallet. Det räcker även med relativt små mängder för att avsevärda mängder kväve skall försvinna (fig. 2). För mojordarna föreligger en ganska klar skillnad mellan liten och stor nederbörd och för lerjordarna är skillnaden avsevärd. Det sistnämnda är sagt med reservation ty den ena linjen baseras på bara fyra punkter.

Om man i stället för att räkna hela årets utlakning tar med bara den som sker efter jordprovtagningen och fram till och med 30 juni får man sambanden i fig. 3. Korrelationerna är här sämre (tabell 1). Någon uppdelning på nederbördsklasser har det inte funnits anledning till här. Sambanden gäller mellersta och södra Sverige.

Vi ser i tabell 1 att k -värdet ökar från sandjordarna till lerjordarna. Den vridningen är ett uttryck för avtagande rörlighet hos kvävet enkanerligen nitraten. På de lätta jordarna rinner mycket bort på hösten med dräneringsvattnet eller tar andra vägar, på lerjordarna finns det kvar längre i profilen och försvinner med dräneringsvattnet på vårkanten.

Sambandet vårprofil-utlakning

Sambandet mellan vårprofil och utlakning var svagt. Utlakningen från den tidpunkt då jordprover togs i mars-maj till 30 juni var i allmänhet mindre än 2 N kg/ha och oberoende av kvävet i profilen. På sandjord kunde den uppgå till 14 N kg/ha.

Sambandet höstprofil-gödslingsbehov

Gödslingsbehovet på våren kan tecknas:

$$y = b - (n + m + f) - (x - u)$$

$$u = kx + l,$$

där b är grödans totala kvävebehov, n är nedfall, m är nettomineralisering, f är kvävefixering, x är min-N på hösten och u är utlakning enligt fig. 3. Allt räknas från höstprovtagningen till skörden och i N kg/ha.

Man får

$$y = (k - 1)x + l + K$$

$$K = b - (n + m + f).$$

För olika värden på K får man nomogrammet i fig 4.

Följande exempel är belysande. Korn skall sås på en lerjord. Antag $b = 160$, $n = 5$, $m = 50$ och $f = 10$. Man får då $K = 95$. För $x = 40$ ger nomogrammet $y = 70$ N kg/ha.

DISKUSSION

Så snart analysresultaten föreligger för jordproven kan prognosen göras. Den största svårigheten ligger i att uppskatta värdet på nettomineraliseringen och på kvävefixeringen som ju beror av gödslingen.

På sand- och mojordar är spelrummet för gödslingen mycket stort. Det rör sig om åtminstone 50-60 kg/ha. På lerjordarna är det inte mer än 10 N kg/ha. Följaktligen borde de lätta jordarna ägnas det största intresset i prognossammanhang.

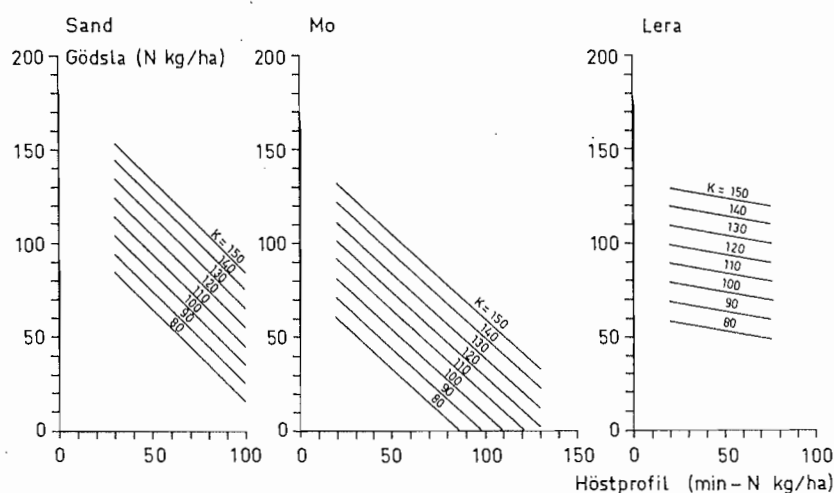


Fig. 4. Nomogram för gödsling baserad på min-N i jordprofilen på hösten. Mellersta och södra Sverige. *Nomograms for fertilizing based on autumn N-profiles. $K = b - (n + m + f)$, where b is total N demand, n is N fallout, m is netto mineralization and f biological fixation.*

REFERENSER

- Brink, N. & Gustafson, A. 1980. Att spå om gödselkväve. *Ekohydrologi* nr 12, 39-44.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi* nr 4, 7-57.
- Gustafson, N. & Mattsson, L. 1982. Tidig gödslingsprognos och grödans kväveförsörjning. *Inst. Markvet. Växtnäring, Rapp.* 139, 1-28.
- Mattsson, L. & Brink, N. 1980. Gödslingsprognoser för kväve. *Inst. Markvet. Växtnäring, Rapp.* 139, 1-30.

NÄRSALTER OCH ORGANISKA ÄMNER FRÅN ÅKER OCH SKOG

Nutrients and organic matters from farmland and woodland

Nils Brink

Abstract. The article is a basis for a chapter in the publication Monitor 1983, issued by the National Swedish Environment Protection Board. Monitor is an organ of The Environmental Monitoring Program (PMK). Monitor 1983 concerns eutrophication problems.

The development of agriculture and forestry is described together with its significance for the losses of plant nutrients and organic matter to natural waters.

Many factors are of significance for the losses of different substances. In the case of nitrogen, climate and fertilization are the most important and perhaps erosion as regards phosphorus. Manure used on sandy soils can result in high losses of organic matter.

The total losses from farmland and woodland in Sweden are about 95 000 tons of nitrogen and 2 300 tons of phosphorus to watercourses, lakes and seas.

The contribution of nitrogen from woodland is not so high as from farmland but the contribution of phosphorus from forests exceeds that from arable land.

The losses of nitrogen have increased in the last 20 years. The same seems to be true of phosphorus.

INLEDNING

Svenskt jordbruk har under de senaste tre decennierna genomgått en omfattande strukturomvandling. Förr baserades boskapsskötseln på gårdens egen produktion av foder och spannmål. Nu talar man om animalieproduktion som ofta är koncentrerad till stora mjölk-, kött-, fläsk- och äggfabriker ofta utan tillräckligt av eget foder. Hästen gick och traktorn kom. Klöver och gräs fick ge plats åt stråsåd. Förr gick bonden och hans son till tjuren med kon, nu kommer inseminösen med ett provrör. Förr kläcktes kycklingarna i små kullar på gården, nu gör en maskin "surhönans" jobb. Hönorna på gödselstacken är borta liksom hushållsgrisen. Istället

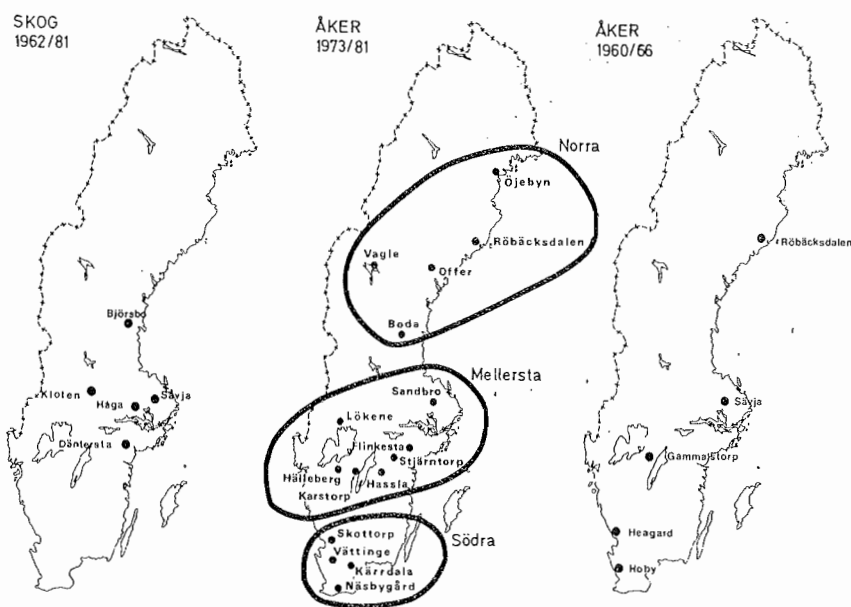


Fig. 1. Undersökningsområden i Sverige under olika perioder. Stationerna i mellersta och södra Sverige ingår i PMK. *Investigation sites during different periods.*

Tabell 1. Medeltal av gödselgivor till olika grödor i södra Halland.
Mean of fertilizer amount for different crops in Halland. (Joelsson & Pettersson 1982.)

Gröda	Kväve (N kg/ha)			Fosfor (P kg/ha)		
	Hg ^a	Sg ^b	Hg+Sg	Hg ^a	Sg ^b	Hg+Sg
Vårsäd <i>Spring grain</i>	72	183	143	21	59	43
Höstsäd <i>Winter grain</i>	87	—	209	26	—	42
Vall <i>Ley</i>	122	—	250	19	—	39
Potatis <i>Potatoe</i>	107	259	249	70	91	105

^aHandelsgödsel. *Fertilizers.* ^bStallgödsel. *Manure.*

har kommit burhöns och svin i tusental på små ytor.

En annan gren på samma träd är växtförädlingen. Den har lett till att gamla stråsvaga spannmålssorter ersatts med stråstyva och samtidigt hög-avkastande sorter som tål högre kvävegivor utan att lägga sig. Oljevaxter och potatis ger likaså högre skördar nu än förr.

I omvandlingens släptåg kom ensidig växtodling och ökad insats av gödsel- och bekämpningsmedel. Den koncentrerade husdjursskötseln utan tillräckligt stora arealer att sprida gödseln på ledde till kraftig överdosering på en del arealer medan andra blev utan. Stallgödseln blev och är ett stort problem ur vattenvårdens synvinkel.

Men också handelsgödseln inger bekymmer. Detta kommer sig av att överdoseringar förekommer, ofta i samband med spridning av stallgödsel vars

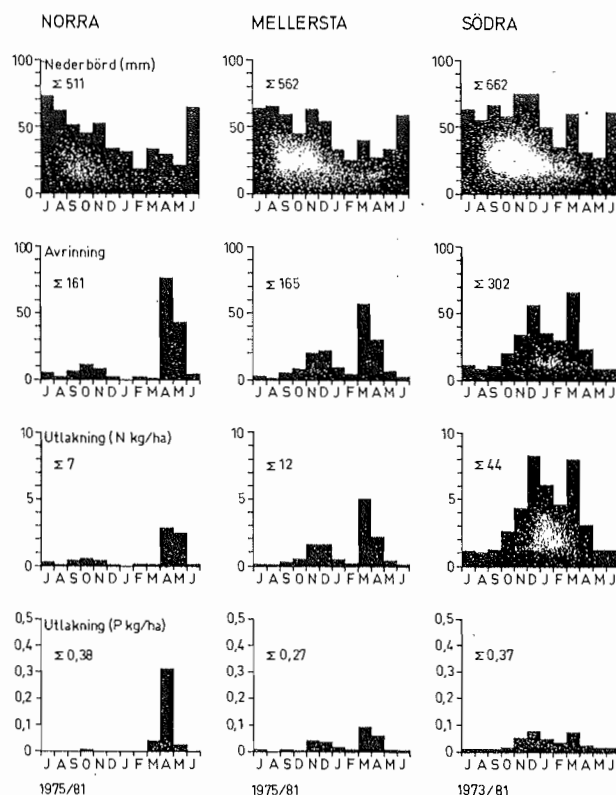


Fig. 2. Nederbörd, avrinning och utlakning av kväve och fosfor i olika delar av Sverige. *Precipitation, water discharge and leaching.* (Brink 1981, kompl. 1982.)

Tabell 2. Utlakning av kväve, fosfor och organiska ämnen från åker och skog i Mellansverige. *Losses of nitrogen, phosphorus, and organic matter from farmland and woodland in central Sweden. (Values in kg/(ha.a).)* (Eget material, Grip 1982, Ulén 1982.)

	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org N	Tot-N	PO ₄ -P	Övr.P	Tot-P	KMnO ₄	År
<i>Åker</i>									
Ogödslad ^a	0,04	1,7	0,5	2,2	0,02	0,03	0,05	10	78/82
Gödslad ^b	0,1	11	0,5	12	0,12	0,15	0,27	26	75/82
<i>Skog</i>									
Ogödslad ^a	0,01	0,5	1,4	1,9	0,05	0,02	0,07	140	77/81
Gödslad ^b	0,2	1,0	1,4	2,6	0,02	0,05	0,07	190	74/77
Kalhuggen ^c	0,4	0,8	3,3	4,5	0,06	0,13	0,19	430	73/77

^aNon-fertilized. ^bFertilized. ^cClear cut.

växtnäringsvärde underskattas eller inte räknas alls (tabell 1). Utlakningen av främst kväve och kalium låter härvid inte vänta på sig.

Den ökade andelen av stråsäd och oljeväxter på bekostnad av grovfoder i långvariga vallar medförde tätare plöjning och harvning. Härigenom kan mineraliseringen av organiska ämnen och erosion förutsättas ha ökat och därmed utlakningen. Erosionen träffar fosfor mest.

Bevattning av jordbruksgrödor är en annan odlingsåtgärd som ökat kraftigt, särskilt sedan bevattningsmaskinerna infördes i början av 70-talet. Det är mest vall, oljeväxter och potatis som kommer ifråga men också vårsäd kan ge bra ekonomiskt utbyte vid bevattning. I förstone framhölls det starkt att bevattning skulle minska kväveutlakningen. Detta genom att nederbörden blivit en begränsande faktor i produktionen sedan insatsen av gödselmedel närmat sig eller uppnått optimal nivå. Det blev sedermera uppenbart att detta var en sanning med frågetecken. Överdriven bevattning eller regn i anslutning härtill vänder lätt fördelar till nackdelen av ökat läckage. Det hela blir en besvärlig balansakt, vari gödsling, nederbörd och bevattning är inblandade.

De frågor som här berörts skall nedan belysas med resultat från undersökningar vid avdelningen för vattenvård vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Undersökningarna har bedrivits i sexton skiftesförsök i olika delar av landet och i särskilda rutförsök (fig. 1). Skiftesförsöken i mellersta och södra Sverige ingår i PMK. Skiftena brukas på normalt sätt utan särskilda direktiv till brukaren. Rutförsöken styrs av SLU.

Svenskt skogsbruk har också genomgått en genomgripande omvandling. Förutsättningarna härtill kan härledas till intåget av de stora skogsmaskinerna och till bruket av kvävegödselmedel. En kraftig utbyggnad av massafabriker har medfört stort avverkningstryck på skogarna t.o.m. högt upp i fjällvärlden. Sågverk och massafabriker har dessutom fått en svår konkurrens i förbrukare av ved och flis för eldning.

De miljömässiga konsekvenserna av det moderna skogsbruket knyts främst till kvävegödsling och kalhuggning. Dessa bruksåtgärder leder till ökad utlakning av kväve, fosfor och organiska ämnen för kortare eller längre tid. Dikning och kalkning är andra åtgärder som torde främja utlakning, dikningen genom ökad genomluftning och därmed oxidation av organisk substans, kalkningen genom snabbare nitrifikation efter kalhuggning.

Tabell 2 ger en klar bild av vad de moderna jord- och skogsbruksmetoderna betyder för förlusterna av kväve, fosfor och organiska ämnen. I tabellen gäller ogödslad skog ett skogsskifte i Södermanland, gödslad (ammoniumnitrat) och kalhuggen skog mätningar i Klotenområdet i Västmanland och ogödslad åker mätningar i försök med stråsäd i Västergötland.

Gödslad åker ger medeltal för sju skiften (PMK) på olika gårdar i Mellansverige. Alla jordarter förekommer där utom ren mulljord. Jordbruken är högt mekaniserade. Husdjursskötsel bedrivs på tre av gårdarna. Gödsel användningen är normal. Alla tänkbara grödor ingår.

Som synes av tabellen är förlusterna av kväve och fosfor i särklass högst från gödslad åker, därefter kommer kalhuggen skog och gödslad skog, allt räknat på arealenhet. Ogödslad åker och ogödslad skog släpper ifrån sig lika stora mängder kväve och fosfor. Skogsmark bidrar däremot genomgående med mångfalt större mängder organiska ämnen (humus) än åkermark.

I det korta perspektivet är väl skogsgödslingen och kalhuggningen inte alldeles harmlösa ur den här synvinkeln. I det långa loppet är det emellertid fråga om krusningar på ytan eftersom ingreppen sker så sällan på samma areal.

Det kan tilläggas att nitrat dominerar kväveförlusterna från all åker och gödslad skog och organiskt kväve förlusterna från ogödslad och kalhuggen skog. I allmänhet är mer än hälften av fosfor bunden till partiklar eller i organisk substans.

UTLAKNINGENS FRÄMSTA ORSAKER

Kväve

Klimatet har en avgörande betydelse för kväveutlakningen (fig. 2). Den långa vintern i norr begränsar effektivt. Ty det mesta av vattnet rinner av på ytan utan att dra med sig så mycket kväve. Huvuddelen härav rinner nämligen bort med dräneringsvattnet efter tjällossningen (fig. 3). I söder sker förlusterna mera jämnt fördelat under hela vintern med toppar i samband med höstregn och vårflo den. Mellansverige intar naturligt nog en mellanställning: Mellan avrinning och utlakning är sambandet starkt. Men avrinningen beror av nederbörden som ytterst bestämmer dess storlek. Vid liten vinternederbörd kan utlakningen avstanna helt också vid låga gödselgivor (fig. 4).

Gödslingen är betydelsefull (fig. 4). Ökningen var måttlig till och med 100-kilosnivån men steg därefter kraftigt sedan systemen väl ställt in sig efter den nya gödslingssituationen. Det tog tre år innan en ändrad växtnäringssituation på ytan slog igenom fullt ut på dräneringsdjup.

Också mängden mineralkväve i marken ökar med stigande gödselgivor. Fig. 5 ger en klar bild av mineralkvävet's öden i markprofilen. Det på hösten vanligen återkommande minimet på 0,5-1 m djup återspeglar grödans kväveupptagning. De luckorna utfylls under vintern genom lakning från de

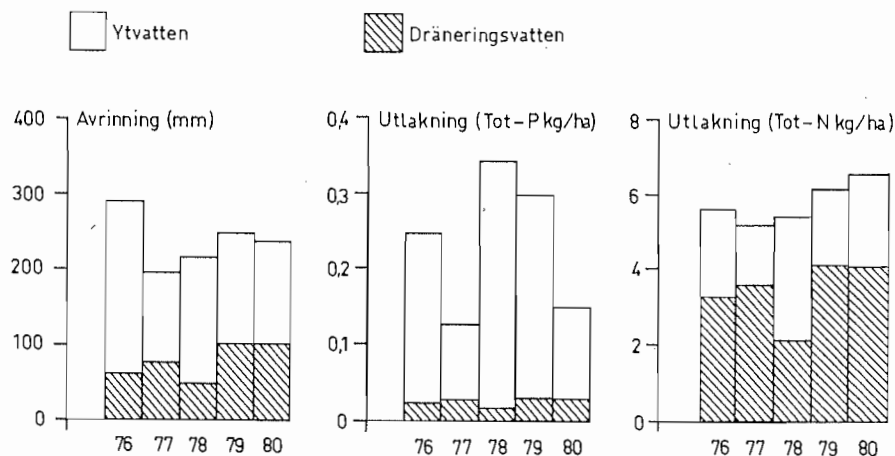


Fig. 3. Avrinning och utlakning av kväve och fosfor på ytan och genom dräneringssystemet. Röbbäcksdalen. *Water discharge and leaching of nitrogen and phosphorus on the surface and through the drainage system.*

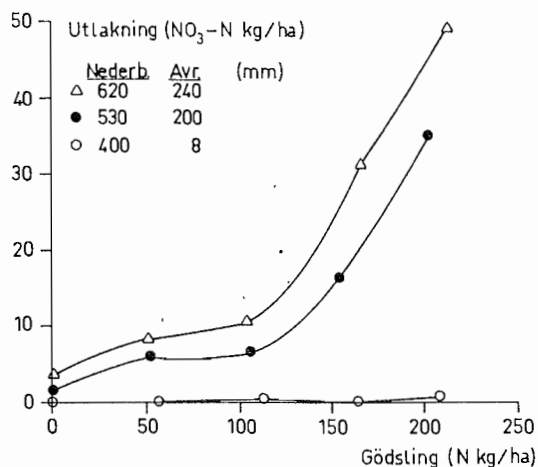


Fig. 4. Utlakningens beroende av gödselgiva, nederbörd och avrinning. The leaching depends on fertilizer amount, precipitation and discharge.

övre horisonterna av mineraliserat eller outnyttjat kväve. Samtidigt vandrar kvävet mot djupare skikt och förorenar grundvattnet där.

Jordarten har stor betydelse för kvävebalansen i jorden. Det kan vara fråga om stora skillnader mellan lätta och styva jordar. I en specialstudie för Kristianstads-slätten (Gustafson & Hansson 1979) blev läckaget av kväve på olika jordar ($\text{NO}_3\text{-N}$ kg/(ha.a)).

År	Mull	Morän	Sand	Mo	Lera
76/77	56	34	32	36	15
77/78	54	26	24	26	14

Rotdjupet på en lätt jord överstiger knappast 40-60 cm, vilket är en förklaring till de stora förlusterna. I en lerjord kan rötterna lätt tränga ner 1 m och mer vilket resulterar i en säkrare kväveupptagning.

Dessutom är en del av kvävet i en välaggregerad lerjord skyddat mot utlakning genom att det befinner sig inuti aggregat och mikroporer. Största delen av det perkolerande vattnet rör sig nämligen i rotkanaler och makroporer. I en lätt jord perkolerar däremot vattnet genom nästan hela porsystemet.

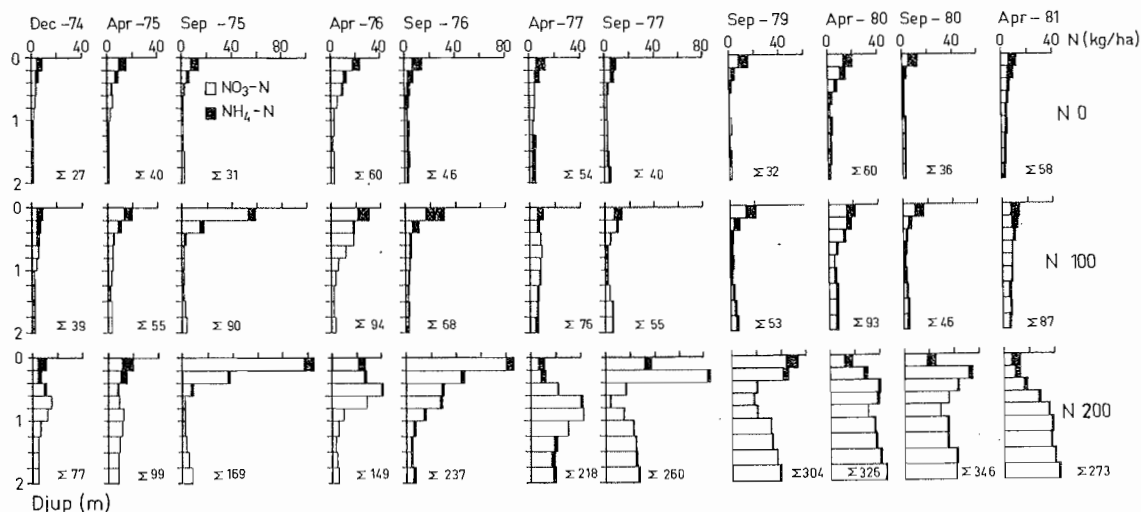


Fig. 5. Mineraliskt kväve i markprofilen vid en årlig gödsling av 0, 100 och 200 N kg/ha. Lanna. Mineral nitrogen in the soil profile when fertilizing 0, 100, and 200 N kg/ha. (Brink & Lindén 1980, kompl. 1982.)

Grödan betyder också en hel del för läckagets storlek. Vallväxter och sockerbetor är sålunda bra grödor ur vattenvårdssynpunkt jämfört med stråsäd och oljeväxter (fig. 6). De förstnämnda grödorna växer nämligen och tar upp näring långt in på hösten. Men när vallen plöjs ökar mineraliseringen och därmed också utlakningen. Sen plöjning är därför bra genom att mineraliseringen dämpas av kylan.

Bevattning i måttliga mängder (25–30 mm) minskar utlakningen medan klara överdoser (50 mm) ökar densamma. Den bortrunna mängden kväve behöver inte vara särdeles stor i jämförelse med vad som eljest förloras under vårmånaderna. Det verkar vara en sinkadus hur utfallet blir. Danska undersökningar (Bennetzen 1978) med vallväxter visade sålunda att utlakningen sjönk genom bevattning, och det med en faktor sju. Försök med stråsäd visade ingen skillnad. Ökad mineralisering i det bevattnade ledet anges som förklaring.

Gödselslagets betydelse för utlakningen är oklar. Vad det gäller kvävet finns det i vart fall ingen skillnad mellan fast och flytande stallgödsel (fig. 4). Försöksunderlag för jämförelse mellan handelsgödsel och stallgödsel saknas ännu. Någon väsentlig skillnad bör emellertid inte föreligga annat än vad som kan tillskrivas ovarsamhet, svårighet med dosering och jämn spridning av stallgödsel.

Spridningstidpunkten berör främst stallgödseln. Begränsade lagringsutrymmen gör att det oftast är nödvändigt att sprida ett par gånger på året. Hösten och senvintern kan då inte undvikas. Så länge det rör sig om måttliga mängder (<100 N kg/(ha·a)) blir det inte så stor skillnad i utlakning mellan höst- och vårspridning (fig. 7). För att undvika stora förluster är det viktigt att starkt begränsa gödselmängderna, att snabbt mylla gödseln och att inte sprida den i snön.

Fosfor

De skilda klimatiska förhållandena i olika landsändar återspeglas också i hur fosfor förloras under året (fig. 2). Men de totala årliga mängderna skiljer sig inte mycket från varandra. Detta kan förklaras med att fosfor långt mer än kvävet rinner av på ytan med smältvattnet. Detta är speciellt tydligt i Norrland med lång period av tjäle. Nederbörden är be-

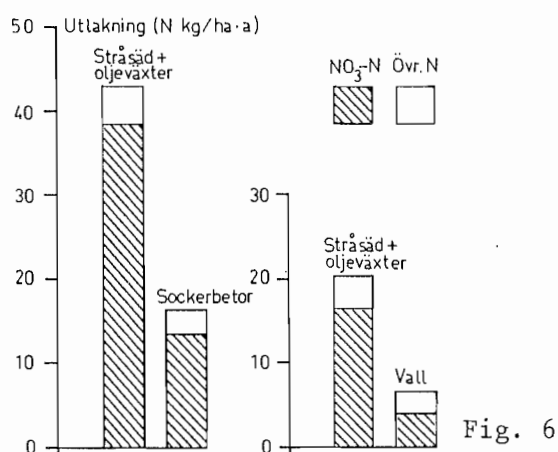


Fig. 6

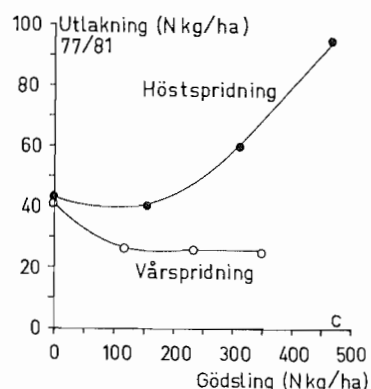


Fig. 7

Fig. 6. Grödans betydelse för utlakningen. Vänster Näsbygård, höger Flinkesta. The leaching of nitrogen depends on the cultivated crop. Stråsäd, cereals. Oljeväxter, oil plants. Sockerbetor, sugar beats. Vall, ley.

Fig. 7. Utlakning efter spridning höst och vår av flytgödsel. Leaching after spreading of manure in autumn and spring. (Brink & Jernlås 1982.)

tydelsefull för förlusternas storlek. Sett ur jordbrukets synvinkel är fosforförlusterna små. Genomsnittligt rör det sig om 2 % av gödselgivan.

Erosionen är måhända en viktig orsak till fosforförlusterna. Detta sammanhänger med fosfors starka bindning till jordpartiklarna. Fosforförlusterna med ytligt avrinnande vatten kan i mellersta Sverige vara i medeltal 0,15 kg/(ha·a) beräknade från rutförsök på 5-6 % sluttning. Med dräneringsvatten har där uppmätts fosforförluster på i medeltal 0,27 kg/(ha·a). Erosionen är förutom till nederbörden starkt kopplad till jordarten och gödslingen. Lerjordar ger betydligt större förluster än lätta jordar. Från stallgödslad åker har uppmätts de hittills största fosforförlusterna, 2,6 kg/(ha·a).

Det har visat sig att stallgödseln även på slät mark kan ge upphov till fosforförluster i 1-kilosklassen. Sådant inträffar på rena sandjordar och då är det inte längre fråga om erosion utan om lakning till dräneringsdjup. Det kan också förekomma skillnader mellan olika slags stallgödsel. Sålunda medförde fastgödsel större fosforförluster än flytgödsel i ett försök, särskilt vid höga givor. Den större mängden fri fosfor i den fasta gödseln ger förklaringen. Gödslingsintensiteten tycks eljest inte betyda särskilt mycket för fosforförlusterna

Gödslings tidpunkten betydelse är ganska oklar om man bortser från spridning i snön. Visserligen tycks höstspridning medföra något större förluster än vårspridning men till bilden hör att helt ogödslade försöksled samtidigt kan ge störst förluster.

Från ogödslade skiftesförsök i hela landet varierade fosforförlusterna mellan 0,01 och 0,97 kg/(ha·a). I genomsnitt var förlusterna lika stora som från gödslade skiftesförsök, nämligen 0,3 kg/(ha·a). I Mellansverige låg det annorlunda till. Där dominerade förlusterna helt från gödslade skiften (tabell 2).

Organiska ämnen

Halten av organiska ämnen i åkervatten är i allmänhet förhållandevis låg. Mätt som permanganattal (KMnO_4 mg/l) ligger halterna oftast under 20 i dräneringsvatten och lägre i det djupare grundvattnet. I utströmningsområden som står under starkt inflytande av vatten från skogsmark kan värdena stiga till 80 å 90 mg/l. På sandjord som gödslats med stallgödsel har så höga värden som 40-120 mg/l noterats en lång följd av år på dräne-

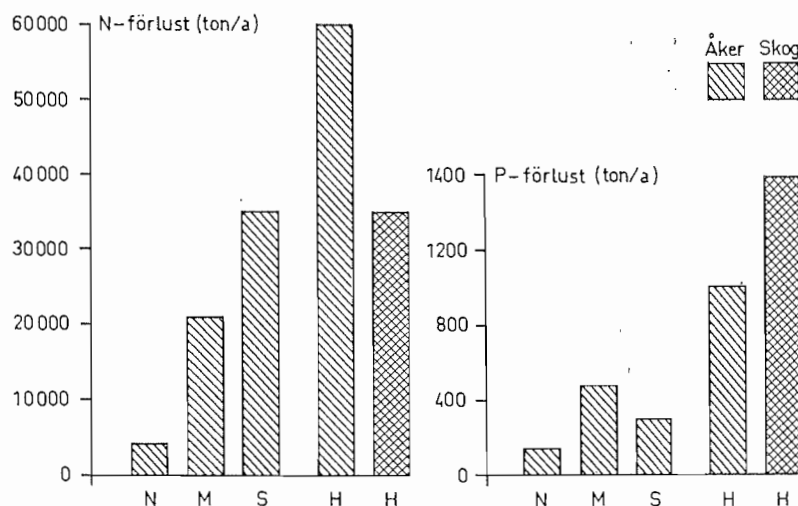


Fig. 8. Kväve- och fosforförluster från åker och skog i norra (N), mellersta (M), södra (S) och hela (H) Sverige. *Losses of nitrogen and phosphorus from farmland and woodland in northern (N), middle (M), southern (S), and all (H) Sweden.*

ringsdjup och i dräneringsvatten. Några utslag för gödselgivans storlek har inte konstaterats. Det kan tilläggas att det hygieniska gränsvärdet är 40 mg/l.

DEN TOTALA UTLAKNINGEN I SVERIGE

I Sverige finns 2,93 milj. ha brukad åker och 23,6 milj. ha produktiv skogsmark. Dessa arealer förlorar årligen tillhoppa 95 000 ton N och 2 300 ton P till floder, sjöar och hav. Som jämförelse kan nämnas att 256 000 ton N och 56 400 ton P handelsgödsel förbrukades i Sverige 1979/80 till jord- och skogsgödsling, varav den alldeles övervägande delen gick till jordbruket.

Men de nämnda förlusterna fördelar sig helt olika på olika landsändar (fig. 8). Sålunda är bidraget från det norrländska jordbruket obetydligt i förhållande till de stora kvantiteterna i mellersta och södra Sverige. Skogens bidrag, som dragits över en kam, når inte upp till åkerns ifråga om kväve men överskrider åkerns ifråga om fosfor.

FÖRÄNDRING AV UTLAKNINGEN

Användningen av gödselmedel i Sveriges jordbruk har ökat sedan 1950-talet (fig. 9), allt räknat på arealenhet. Hela den ökningen inträffade under 60-talet. Den beror på växande förbrukning av handelsgödsel. Stallgödselmängderna minskade å andra sidan en del under 70-talet vilket gjorde att den totala mängden stagnerade. Det bör tilläggas att tillgången på stallgödsel är mycket olika i olika delar av landet och att handelsgödsel förbrukningen ökar från norr till söder. Det skall också tilläggas att den omedelbart tillgängliga andelen kväve i stallgödsel utgör ungefär 30 % av den totala som angivits i figuren.

Den ökade användningen av gödselmedel tycks ha slagit igenom i utlakningen från åker (tabell 3). De tidiga värdena är medeltal av fem mätserier från olika delar av landet. De omfattar tillhoppa 10 mätår. De sena värdena kommer från PMK-nätet m.fl. stationer. De omfattar sexton stationer och 89 mätår i hela landet (fig. 1).

Även om jämförelsen haltar är utslaget för den ökade kvävegödslingen ganska säker. Däremot är bilden oklar ifråga om fosfor. I det tidiga materialet förekommer nämligen ovanligt hög fosforgödsling i förening med både stor och liten förlust. Tidsserierna är helt enkelt för korta för att en utjämning skall ha hunnit äga rum.

I skogsbruket har inga generella förändringar ägt rum ifråga om förlusterna av kväve, fosfor och organiska ämnen. Variationerna i Mellansverige

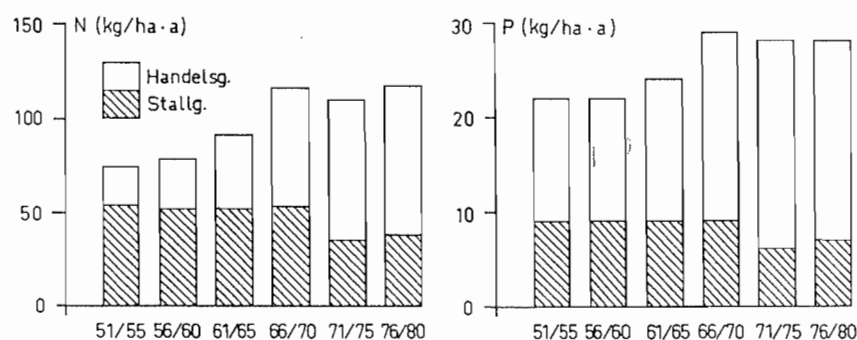


Fig. 9. Förbrukning av kväve och fosfor i svenskt jordbruk från 1951 till 1980. Femårsmedeltal. *Use of nitrogen and phosphorus in Swedish agriculture from 1951 to 1980. Handelsg., commercial fertilizer. Stallg., manure.* (Brink 1973, kompl. 1983.)

Tabell 3. Utlakningens förändring och variation i hela landet. *Change and variation of leaching in Sweden.* (Brink 1965, 1967, 1979, 1982, Brink & Gustafson 1972, Grip 1982, Wiklander & Hallgren 1971.)

År	Åker <i>Farmland</i>		Skog <i>Woodland</i>
	60/66	75/81	62/81
Nederbörd <i>Precipitation</i> (mm)	653	591	350-927
Avrinning <i>Discharge</i> (mm)	206	199	64-443
Gödsling <i>Fertilizing</i> (N kg/ha)	65	117	-
Gödsling <i>Fertilizing</i> (P kg/ha)	26	30	-
Utlakning <i>Loss</i> (N kg/ha)	11 ^a	18 ^a	0,9-2,1 ^c
Utlakning <i>Loss</i> (P kg/ha)	0,14 ^b	0,20 ^b	0,03-0,08 ^d
Utlakning <i>Loss</i> (KMnO ₄ kg/ha)	-	-	53-168

^aNO₃-N. ^bPO₄-P. ^cTot-N. ^dTot-P.

är måttliga (tabell 3). Bonitet och nederbörd har stor betydelse. Gödsling och kalhuggning ger under korta perioder lokalt större förluster.

SAMMANFATTNING

Artikeln utgör underlag för ett kapitel i naturvårdsverkets skrift Monitor 1983. Monitor är ett organ för PMK (Programmet för övervakning av miljö-kvalitet) och utkommer en gång per år. Olika teman behandlas. Monitor 1983 gäller eutrofieringsfrågor.

I artikeln beskrivs översiktligt jordbrukets och skogsbrukets utveckling och betydelsen härav för förlusterna av växtnäring och organiska ämnen till ytvatten.

Många faktorer griper in i omsättningen och förlusterna av olika ämnen. För kvävet del är klimatet och gödslingen betydelsefullast och för fosfor måhända erosionen. Stallgödsel på sandjord kan ge höga värden på organisk substans.

De totala förlusterna av kväve och fosfor från åker och skog rör sig om 95 000 ton och 2 300 ton till floder, sjöar och hav. Skogens bidrag når inte upp till åkerns ifråga om kväve men överskrider åkerns vad det gäller fosfor.

Kväveförlusterna från åkerjorden har ökat de senaste tjugo åren. Dessamma tycks gälla även fosfor.

REFERENSER

- Bennetzen, F. 1978. Vandbalance of kvaestofbalance ved optimal plante-produktion. *Tidskr. Planteavl*, 191-220.
- Brink, N. 1965. Jordbrukets roll i naturvattnens eutrofiering. *Nord. Jordbrugsforsk.* 47, 197-207.
- Brink, N. 1967. Eutrophication in a small stream in central Sweden. *Schw. Z. Hydrobiol.*, 29, 333-360.
- Brink, N. 1973. Influence of increased use of fertilizers on the pollution of water bodies. ECE Seminar in Vienna.
- Brink, N. 1982. Measurement of mass transport from arable land in Sweden. *Ekohydrologi* nr 12, 29-36.
- Brink, N. & Gustafson, A. 1972. Hågaåns vatten. *Vattenvård* nr 10, Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Brink, N. & Lindén, B. 1980. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. *Ekohydrologi* nr 7, 3-20.

- Brink, N. & Jernlås, R. 1982. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. *Ekohydrologi* nr 12, 3-14.
- Grip, H. 1982. Water chemistry and runoff in forest streams at Kloten. *UNGI Rapport Nr 58*.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1979. Växtnäringsläckage på Kristianstads-slätten. *Ekohydrologi* nr 3, 1-12.
- Joelsson, A. & Pettersson, O. 1982. Jordbruksdriften i södra Halland. *SNV PM 1597*.
- Ulén, B. 1982. Vadsbrosjöns närsaltsbelastning och trofinivå. *Ekohydrologi* nr 11, 3-11.
- Wiklander, G. Utlakning av kväve från skogsekosystem. *SNV PM 1213*, 226-233.
- Wiklander, L. & Hallgren G. 1971. Utlakning av näringsämnen. *Grundförbättring*, 24, 95-111.

GÖDSELANVÄNDNINGENS MILJÖPROBLEM

Nils Brink

INLEDNING

På avdelningen för vattenvård vid Sveriges lantbruksuniversitet pågår sedan 1972 undersökningar om växtnäringsläckage från åker. Studierna gäller dels registrering av utlakningen i ordinärt jordbruk dels åtgärder mot läckaget. Försöken utförs i hela skiften och i rutor.

Jämsides härmed utförs också mätningar i skog. Härigenom kan bakgrundsnivåer bestämmas.

Föreliggande skrift utgör en sammanställning av de viktigaste resultaten från våra undersökningar. Mycket härav har publicerats (se litteraturlistan). Skriften är föranledd av att den statliga utredningen om användningen av kemiska medel i jord- och skogsbruket m.m. har begärt ett expertutlåtande i saken.

I texten används understundom beteckningen agrohydrologiskt år. Därmed menas tiden från 1 juli ett år till 30 juni året därpå. Beteckningen är exempelvis 79/80.

FÖRSÖKEN

Skiftesförsök på skogsmark

Utlakningen av växtnäring från skogsmark registreras fortlöpande sedan 1976 vid en station i Södermanland (fig. 1). Skogsskiftet ligger i högre belägna delar på moränjord och i lägre delar på lerjord. Skiftet är 31 ha och består huvudsakligen av barrskog. I nedre delen finns ett litet alkärr (*Alnus glutinosa*). Avrinnande vatten samlas i ett öppet dike och registreras kontinuerligt i en underjordisk betongbehållare.

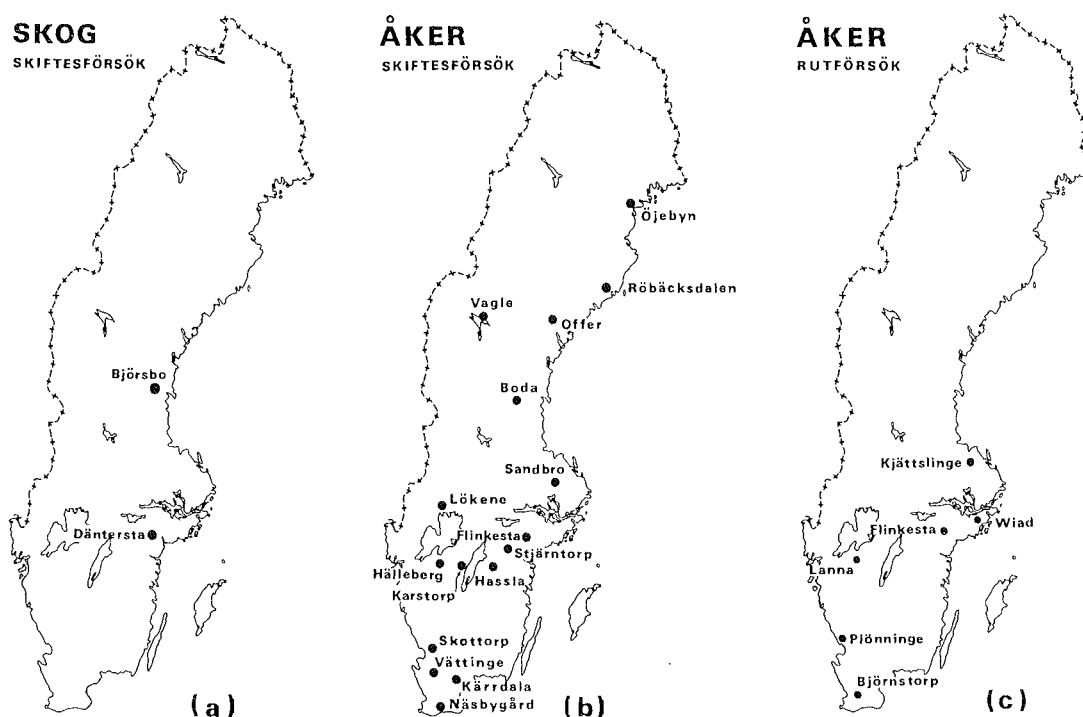


Fig. 1 Försöksfältens benämning och läge.

Ett avslutat skiftesförsök i södra Norrland (fig. 1) finns med i bilden. Det pågick åren 1972-78. Avrinningsområdet mäter 1056 ha och består huvudsakligen av barrskog. På och nära vattendelarna finns några myrområden. Avrinningen har skattats.

Ingen gödsling har förekommit på något av skiftena.

Försöksrutinerna är i tillämpliga delar lika dem för skiftesförsöken på åkermark.

Försöken beskrivs av Brink (1979).

Skiftesförsök på åkermark

Utlakningen av växtnäring och andra ämnen registreras fortlöpande i ett stationsnät som täcker hela landet (fig. 1), som representerar alla jordarter utom ren mulljord och som nu omfattar sexton försöksfält. Mätningarna gäller yt- och dräneringsvatten. Grundvattnet kontrolleras kvalitativt.

Skiftenas storlek varierar mellan 4,5 och 36 ha. Alla utom ett är systemdikade. Avrinnande vatten samlas i en underjordisk betongbehållare, där flödet registreras kontinuerligt. På en eller flera lokaler på försöksfälten finns grundvattenrör till olika djup.

Nederbörden registreras. Uppgiften om gödsling, gröda och bruksningsåtgärder inhämtas. Vattenprov insamlas två till fyra gånger i månaden och sänds som ilpaket till eget laboratorium.

Försöken beskrivs utförligt av Brink, Gustafsson & Persson (1978, 1979).

Rutförsök på åkermark

För jämförande studier av olika faktorer och för åtgärdsinriktade undersökningar har anlagts särskilda försök på sex platser (fig. 1). I sådana försök jämförs utlakningen från åker som gödslats med stigande givor handelsgödsel till olika grödor, med flytgödsel och fast gödsel, och med flytgödsel vid olika tidpunkter. Vidare studeras den ytledes borttransporterade växtnäringen efter spridning av stallgödsel på tjälad mark. Slutligen har nyligen anlagts ett rutförsök med sikte på att kunna minska kväveutlakningen vid potatisodling.

Ett av försöken har nyttjats för mätning av pesticidläckage.

Antalet rutor i varje försök är vanligen sju till åtta. Rutorna varierar mellan 0,25 och 0,40 ha. Från varje ruta leder ett separat avvattningsystem (dräneringssystem) till en underjordisk flödesmätare för kontinuerlig registrering av avrinningen. Grundvattnet har kontrollerats.

Odlingsåtgärderna utförs efter särskilda planer. Försöksrutinerna är eljest ungefär desamma som för skiftesförsöken.

Två av försöken beskrivs av Brink & Joelsson (1978) och Brink & Lindén (1980).

Regionala undersökningar

De enskilda stationernas representativitet klaras ut genom regionala undersökningar. Dessa gäller

År	Region	Antal provpunkter
1976/78	Kristianstadsslätten	35
1977/79	Skåne och Halland	78
1979/81	Västergötland	56
1980/81	Östergötland	62
1979/81	Södermanland	44

Prov på dräneringsvatten tas från väl definierade täckdikessystem. Provtagningen sker tre till fyra gånger per år under avrinningsperioderna på hösten och våren.

Undersökningarna har beskrivits av Gustafson & Hansson (1979, 1980) och Gustafson & Gustavsson (1981).

VÄXTNÄRINGSLÄCKAGE FRÅN SKOG

Ämnestransporten från ogödslad skogsmark utgör jämförelsegrund till den utlakning som sker från åker.

Växtnäringsförlusterna har bestämts från de två barrskogsområdena, ett litet i Södermanland och ett stort i Hälsingland. Alkärret med *Alnus glutinosa* höjde värdet från skogsskiftet i Södermanland med upp till 100%. Genomsnittet för ren skogsmark blev följande, vilket kan ställas

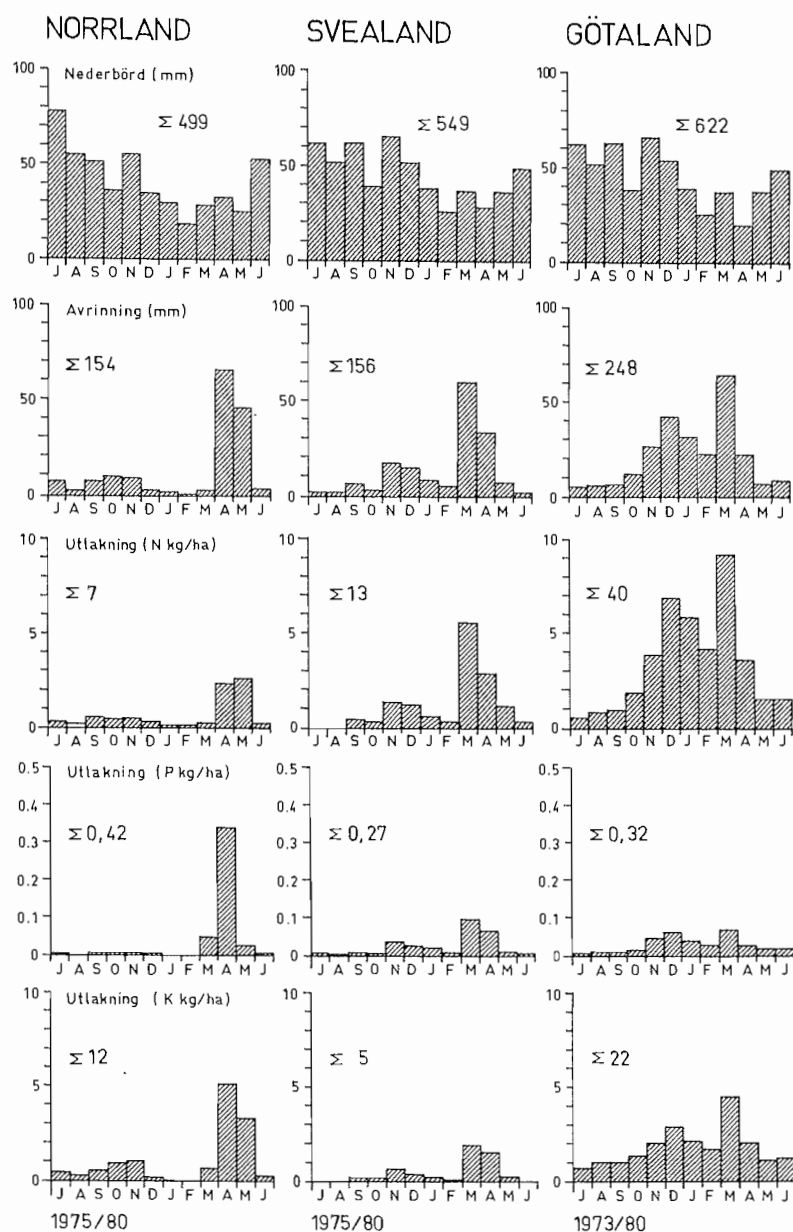


Fig. 2 Nederbörd, avrinning och utlakning av totalkväve, totalfosfor och kalium i olika delar av Sverige.

i relation till vad Ahl & Odén (1975) uppger för hela riket. (Värden i kg/(ha·år).)

	NO ₃ -N	Org.N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	K
Södermanland	0,5	1,5	2,1	0,02	0,08	1,8
Hälsingland	0,1	0,7	0,9	0,02	0,03	1,2
Sverige	0,3	1,0	1,3	0,02	0,06	-

Det är tydligt att de lokala variationerna är rätt stora. Frågan är emellertid om inte stora områden ger för låga värden eftersom det under den långa vägen till sjö och hav kan förlora substans till luften och till bottensediment. Mätningarna bör göras nära källan.

Som synes utgör det organiskt bundna kvävet en stor del av totalkvävet till skillnad från vad som är fallet på åker. Där dominerar nämligen nitraten.

VÄXTNÄRINGSLÄCKAGE FRÅN ÅKER

Klimatet, gödslingen, jordarten, grödan och det hydrodynamiska trycket är fem viktiga faktorer som påverkar utlakningen. Andra faktorerers betydelse härutinnan är mera oviss. Hit hör gödselslaget, erosionen och bevattningen.

Klimatet

Kväve. Klimatet har en avgörande betydelse för kväveutlakningen (fig. 2). Den långa vintern i Norrland begränsar effektivt läckaget. Ty det mesta

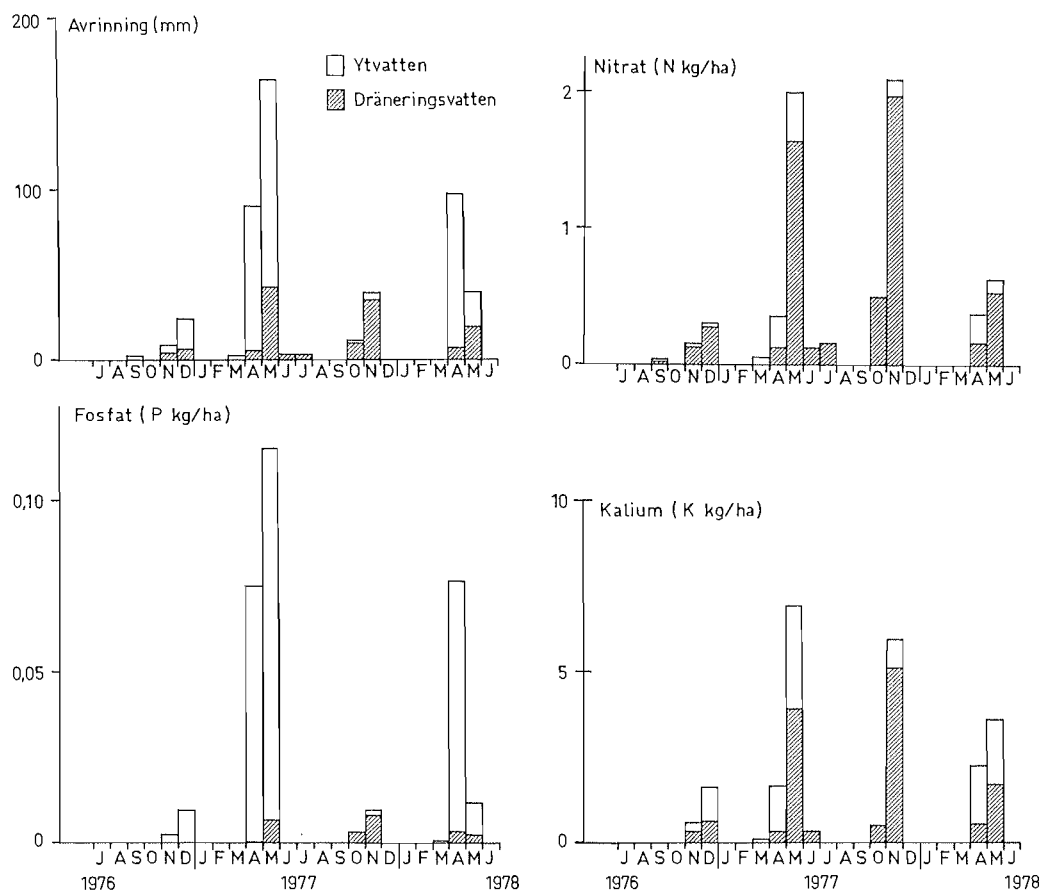


Fig. 3 Avrinning och läckage av nitrat, fosfat och kalium på ytan och genom dräneringssystemet. Röbacksdalen. (Brink, Gustafson & Persson 1979.)

av vattnet rinner av på ytan utan att dra med sig så mycket kväve. Huvuddelen härav rinner nämligen bort med dräneringsvattnet efter tjällossningen (fig. 3). I Götaland sker utlakningen mera jämnt fördelat under hela vintern med toppar i samband med höstregnen och vårfloden. Svealand intar naturligt nog en mellanställning. Mellan avrinning och utlakning är sambandet starkt.

Det skall tilläggas att huvuddelen av det utlakade kvävet utgörs av nitrat. Medeltal för hela landet är 85%. Återstående 15% är nästan uteslutande organiskt bundet.

Fosfor. Fosfor uppvisar en annan bild än kvävet. Norrland ligger här högst medan Svealand och Götaland inte skiljer sig mycket i utlakad mängd. Tidsfördelningen under året är lik den för kvävet. Den relativt stora fosfortransporten från åker i Norrland hänger samman med yterosion vilket tydligt demonstreras i fig. 3. Sett ur jordbrukets synvinkel är fosforförlusterna små.

Kalium. Också kaliumtransporten är förvånansvärt hög i Norrland. Erosionen spelar givetvis sin roll (fig. 3). Genom bruket av stallgödsel, som är rik på kalium, har effekten av erosionen förstärkts. För landet i övrigt är relationerna ungefär desamma som för kvävet.

Ur miljösynpunkt är kalium harmlöst. Jordbrukets bidrag till vatten-systemen betyder föga i jämförelse med vad som redan finns naturligt.

Gödslingen

Kväve. I ruttförsök har studerats sambandet mellan gödselgiva och kväveutlakning (Brink & Joelsson 1978, Brink & Lindén 1980). Gödslingen är betydelsefull (fig. 4). Nederbörden har haft stor genomslagskraft. Såvitt det nu går att bedöma tar det 5-6 år innan en ändrad växtnäring-försörjning på ytan slår igenom fullt ut på dräneringsdjup. Det ser man i försöket med handelsgödsel. Ökningen var där måttlig till och med 100-kilosnivån men steg därefter kraftigt sedan systemen väl ställt in sig efter den nya gödslingssituationen. Omvänt kom utlakningen på 0-kilosnivån att efter hand minska till något enstaka kilo.

De stora givorna N150 och N200 i nämnda försök och ett trots allt måttligt merutbyte av kärnskörd ger anledning till frågan vart resten tar vägen.

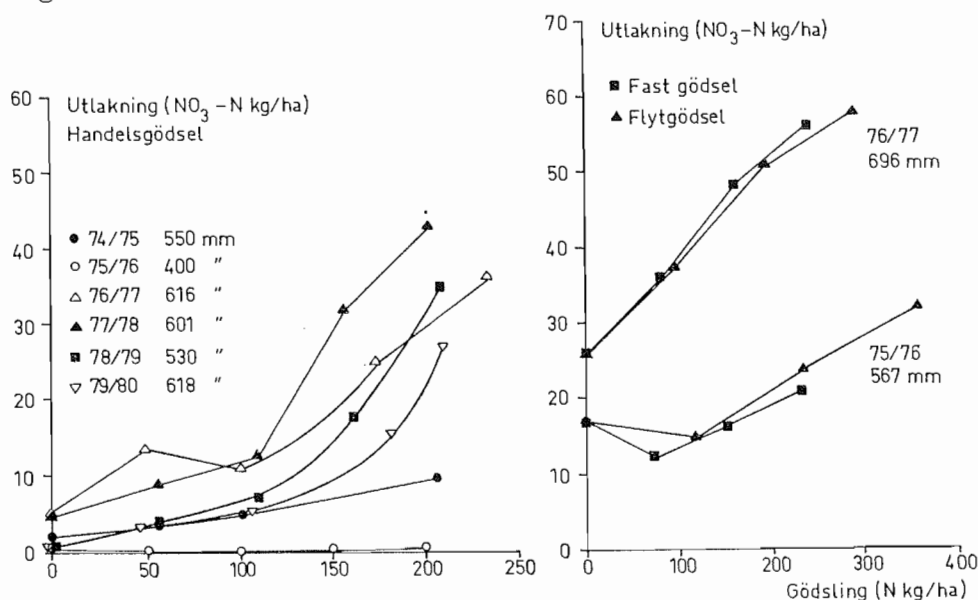


Fig. 4 Nitratutlakningens beroende av kvävegivan. Lanna och Plöning. (Brink & Lindén 1980, Brink & Joelsson 1978.)

Tabell 1. Jordartens betydelse för nitratutlakningen.
(Värden i $\text{NO}_3\text{-N kg}/(\text{ha}\cdot\text{år})$.)

År	Mull	Morän	Sand	Mo	Moränlera	Lera
<i>Kristianstadsslätten</i>						
76/77	56	34	32	36	—	15
77/78	54	26	24	26	—	14
<i>Södra och västra Skåne</i>						
77/78	66	—	—	48	28	16
78/79	39	—	—	30	17	17
<i>Södra Halland</i>						
78/79	—	—	36	25	—	15

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

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

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

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

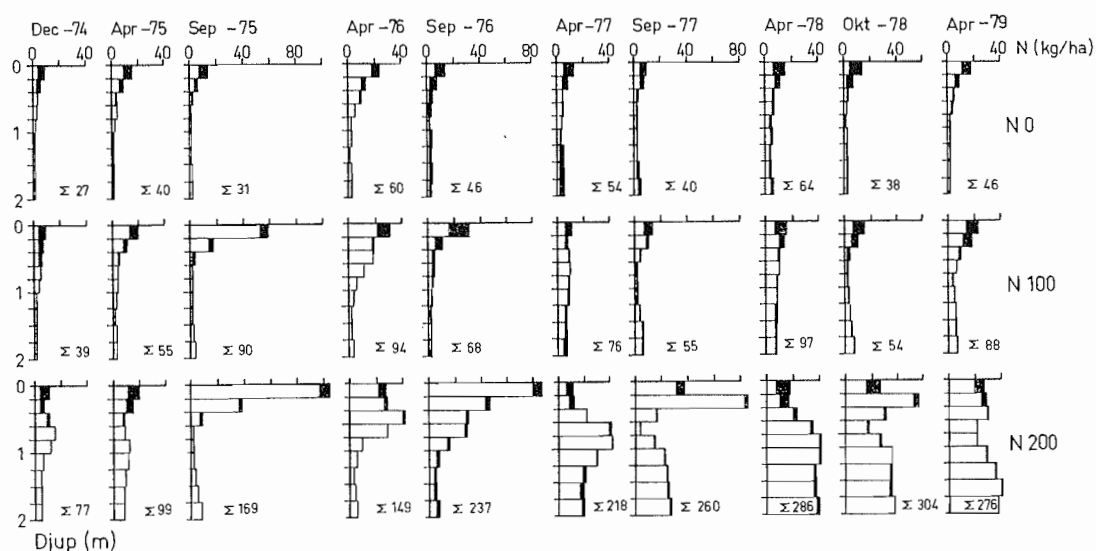


Fig. 5 Mineraliskt kväve i jordprofilen. Lanna. (Brink & Lindén 1980.)

Kväve. Av det utlakade kvävet utgörs det allra mesta av nitrat (fig. 6). Vägt medeltal för hela riket är 24 N kg/(ha·år) med betydande variationer mellan åren och mellan jordarterna. Det största läckaget har uppmätts på sandjordar på lerbotten. Därefter kommer lerorna. Specialstudier i Skåne och Halland (Gustafson & Hansson 1979, 1980) gav de resultat som återfinns i tabell 1.

Det kan synas egendomligt med de låga värdena på mojordarna i fig. 6. En första anledning är att nitratet på dessa jordar vandrar mot djupet eftersom där inte finns någon lera i botten, en andra att leran ligger djupare än dräneringsledningarna. Därmed är det klart att de ovan angivna värdena är för låga. Det må tilläggas att inte heller lerorna är täta. Förhöjda nitrathalter kan nämligen uppträda på större djup (3,5-6 m, fig. 7) till följd av tidigare händelser på eller nära ytan.

Storleken av läckaget till grundvattnet är svår att komma åt. Ett begrepp om saken kan man få genom profilstudier till två meters djup eller mera (cf. Lindén 1978).

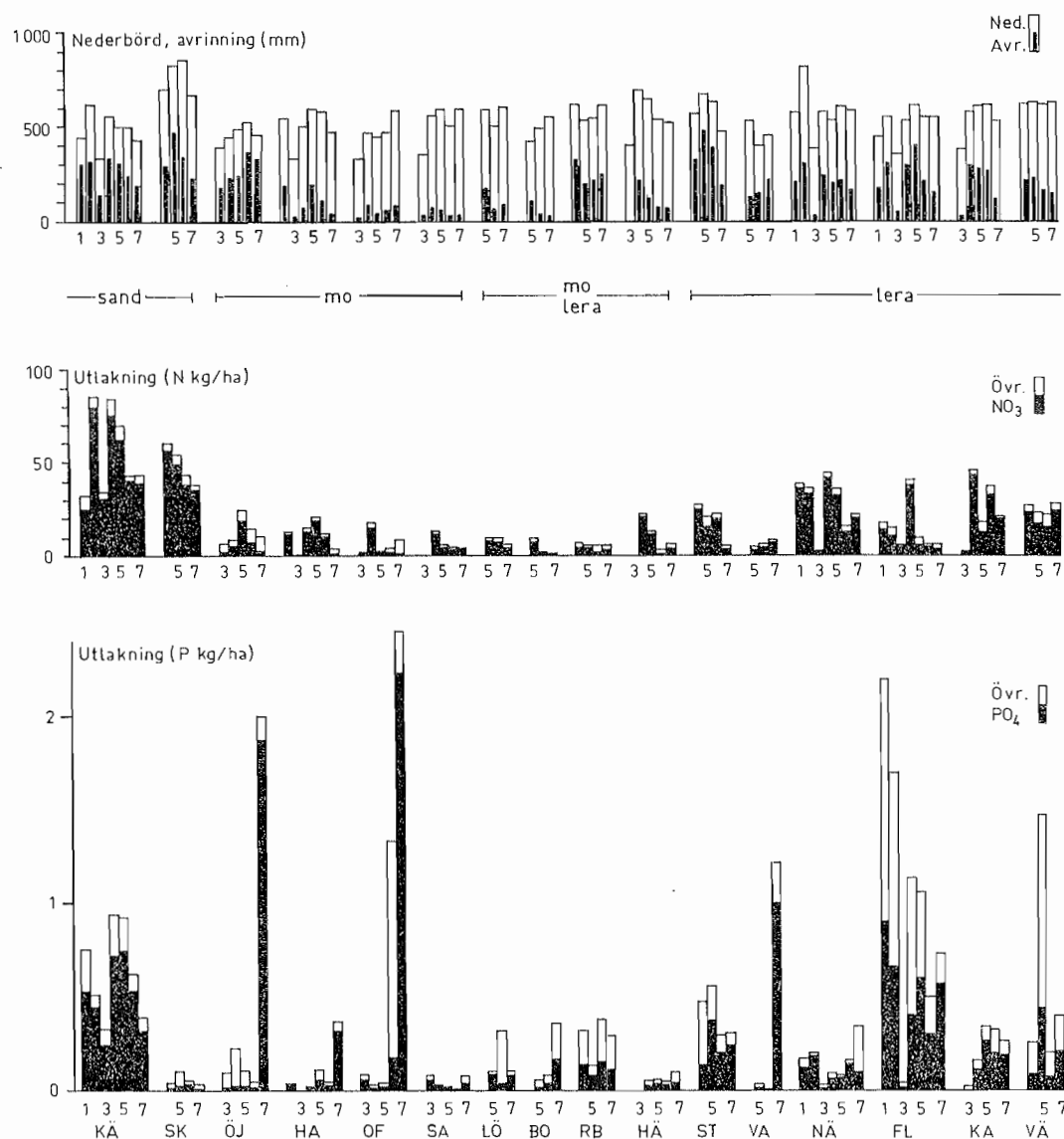


Fig. 6 Nederbörd, avrinning och utlakning av kväve och fosfor från skiftesförsöken. År 1 73/74, År 2 74/75, År 3 75/76, År 4 76/77, År 5 77/78, År 6 78/79, År 7 79/80. (Brink, Gustafson & Persson 1979, kompl. 1981.)

tveksamt med halm. Ty nedbrukad halm binder nitrat. Och tar man bort den så kan man utgå från att kväveutlakningen ökar.

Potatis borde inte nyttjas som energigröda innan en odlingsteknik tagits fram för ett betydligt bättre kväveutnyttjande. Gödselgivor i små portioner och helst direkt destinerade till rötterna kan vara en framkomlig väg.

Hydrodynamiska trycket

På jordar med nedtryck (inströmningsområden) härstammar vattnet från nederbörd som fallit på fältet. Nitratet kommer då också närmast från ytan. Det kan nå det djupa grundvattnet med flera års fasförskjutning. Tryckvariationerna är stora (fig. 8).

På jordar med upptryck (utströmningsområden) tillkommer vatten från annat håll. Därmed kan nitratet ha annat ursprung än från fältet. Det djupa grundvattnet påverkas inte alls. Tryckvariationerna är små (fig. 9).

Gödselslaget

Det råder olika uppfattningar om vad gödselslaget betyder ur miljösynpunkt. En vanlig föreställning är att naturgödsel skulle vara bättre än

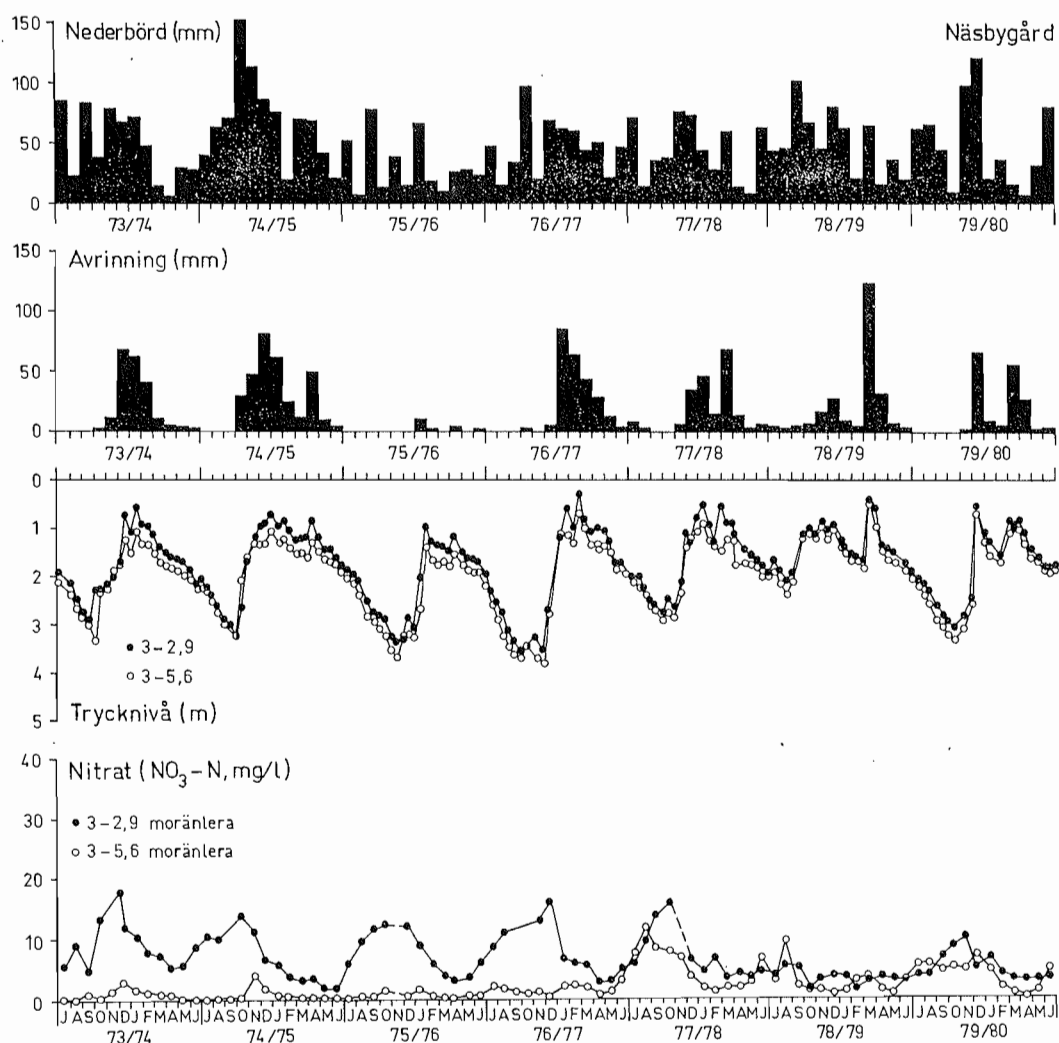


Fig. 8 Sambandet mellan nederbörd, avrinning, hydrodynamiskt tryck och nitrathalt i ett inströmningsområde.

Det förekommer att 10-15 N kg/(ha·år) passerar 1-metersdjupet. I praktiken är detta kväve i allmänhet förlorat för växten. En försiktig bedömning är att åtminstone 5 N kg/(ha·år) går till grundvattnet. Den totala förlusten till yt- och grundvatten skulle då röra sig om 25-30 N kg/(ha·år).

Fosfor. Ifråga om fosfor är bilden oenhetlig. Stora som små mängder förekommer inom alla jordarter (fig. 6). Bruket av stallgödsel kan emellertid förklara de höga värden på Kärrdala (KÄ), Offer (OF) och Vagle (VA). Andra höga tal har med erosion att göra. Kvar blir då att lerjordarna ger högre tal än de lätta jordarna. Det är ju också naturligt eftersom fosforen i stor utsträckning är knuten till eroderande lerpartiklar.

Grödan

Grödan tycks betyda en hel del för läckagets storlek. Korn med insådd fungerar bättre ur vattenvårdssynpunkt än en ren korngröda. Sedan kornet skördats fortsätter vallgrödan att växa och ta upp kväve långt in på hösten. Samma sak bör gälla höstsådda grödor såsom höstvet, höstråg och höstraps. Mindre kväve blir då tillgängligt för utlakning. Sockerbetor tycks vara bäst ur denna synpunkt. Detta framgår av fig. 6 (Näsbygård, NÄ). Åren 1, 4 och 7 odlades vårvete, 2 och 5 korn och 3 och 6 sockerbetor. De sist nämnda åren var kväveutlakningen minst.

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

Vallen är sålunda en bra gröda ur miljösynpunkt så länge den ligger kvar. När den plöjs upp (vallbrott) frigörs mycket kväve genom mineralisering. Tydliga tecken på vallens förträfflighet finner vi på Flinkesta (FL i fig. 6). Den absolut lägsta uttransporten uppmättes åren 6 och 7 då grödan var vall.

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

Det talas mycket om energigrödor. Jordbruket torde på allvar komma in i bilden vad det lider. Den ur energisynpunkt kanske bästa grödan är sockerbetan som samtidigt är bra ur vattenvårdssynpunkt. Däremot är det

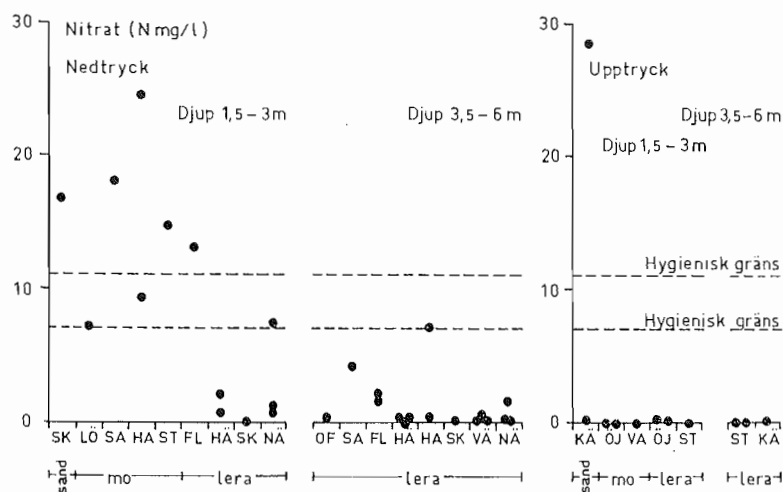


Fig. 7 Jordartens och det hydrodynamiska tryckets betydelse för nitrathalten i grundvattnet. Medeltal från skiftesförsöken 73/78. (Brink 1978.)

handelsgödsel härutinnan. En del tecken tyder tvärtom på att stallgödsel är ofördelaktigare än handelsgödsel.

Detta har redan framgått av diskussionen om jordartens betydelse för fosfortransporten. Detta framgår också av fig. 10 som gäller en regional studie från Västergötland (Gustafson & Gustavsson 1981). I alla de fall där fosforvärdena varit höga har stallgödsel spritts på frusen mark. Fosfor har följt med det ytligt avrinnande vattnet.

Ser man enbart till stallgödsel finner vi ingen skillnad mellan flytgödsel och fast gödsel ur utlakningssynpunkt vad det gäller kvävet. Detta framgår av fig. 4. Däremot var utlakningen av fosfor betydligt större efter spridning av fast gödsel än efter flytgödsel. Det finns tydligen mer fri fosfor i det förra än i det senare gödselslaget (Brink & Joelsson 1978).

Erosionen

Som det förut sagts är det främst fosfor bland de tre växtnäringsämnen NPK som är knuten till erosionen. Detta beror på fosfors ringa rörlighet genom stark bindning till jordpartiklarna. Erosionens omfattning är inte särskilt väl dokumenterad. Inte heller betydelsen för mottagande vatten av den partikelbundna fosfor.

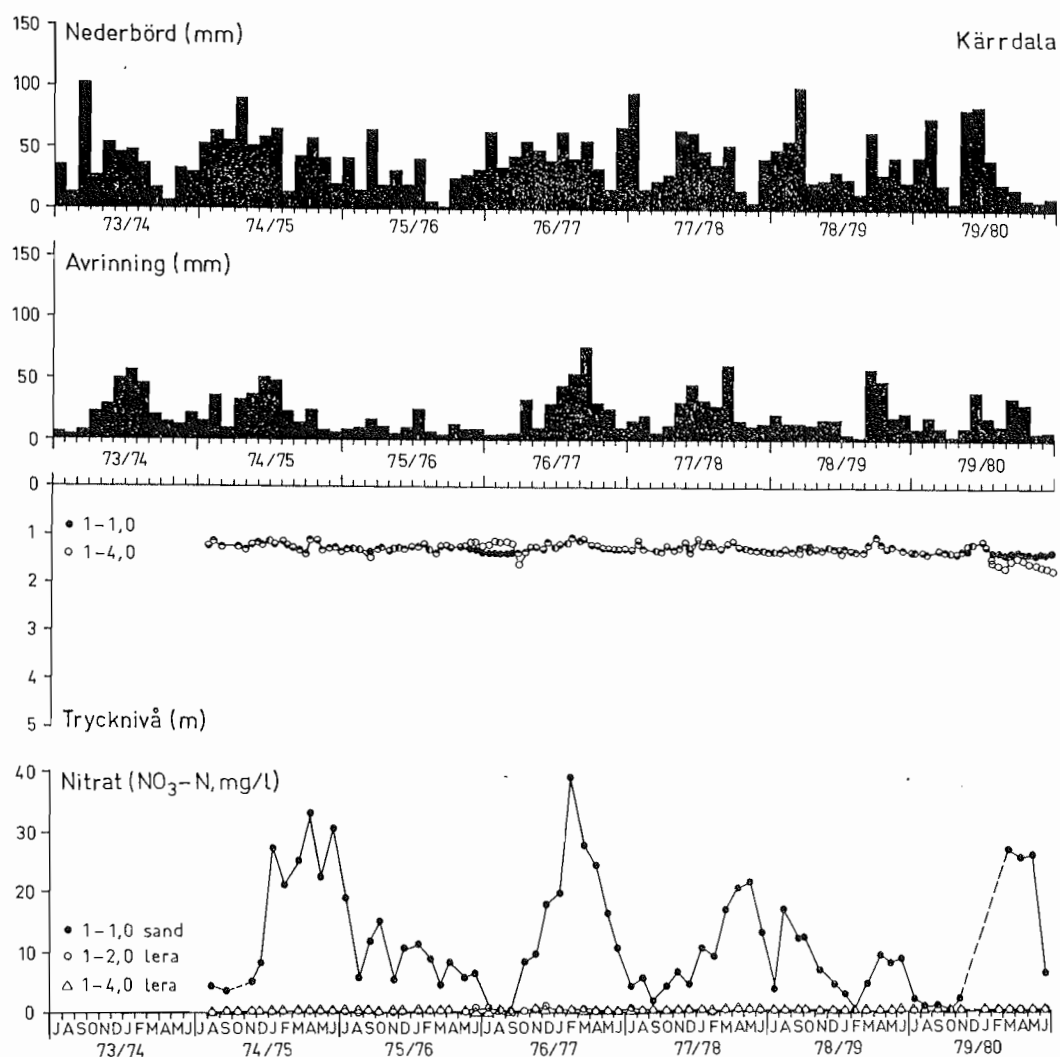


Fig. 9 Sambandet mellan nederbörd, avrinning, hydrodynamiskt tryck och nitrathalt i ett utströmningsområde.

Bevattningen

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

Övermått av vatten ger ökat läckage av nitrat (fig. 11). Bevattningsgivorna i juni och juli 1974 gav utslag i utlakningen i augusti och givorna i juli, augusti och september 1975 gav ett kraftigt utslag i september samma år. Några liknande effekter ser man inte de båda inramande åren då fältet inte bevattnades alls eller bara litet.

FÖRSURNING AV GRUNDVATTEN

Försurningen av land och vatten är ett aktuellt problem. Dess betydelse för grundvattnet kan belysas med resultat från våra skiftesförsök (Brink 1981).

Från 1979 steg pH i både dräneringsvatten och grundvatten (fig. 12). Maximum omkring pH 8 nåddes under de agrohydrologiska åren 75/76 och 76/77. Ett kraftigt pH-fall på 2 enheter och mera inträffade på våren eller sommaren 1977 över hela landet. Därefter steg pH eller fluktuerade kring en konstant lägre nivå.

Orsaken till att pH steg i grundvattnet är att vätejoner förträngt baskatjoner från jordmaterialet till markvätskan. Det kraftiga pH-fallet har att göra med det torra året 75/76 då mineraliseringsprodukter anhopades i jorden och extra mycket härav rann ut det påföljande våta året. Väderleken har sålunda bedömts vara den viktigaste orsaken till pH-fallet. Sur nederbörd har synbarligen betytt mindre.

Andra och lokala faktorer som kan ha bidragit är hydrologien, jordarten, växttäcket och gödslingen. Hydrologien griper in på flera sätt. Jordartens betydelse är oklar utom vad det gäller sandjord där grundvattnet är mycket känsligt för försurning. Växttäcket har sällan givit tydliga utslag. Försurande gödselmedel tycks ha bidragit till stora pH-sänkningar och kalkverkande motverkat sådana.

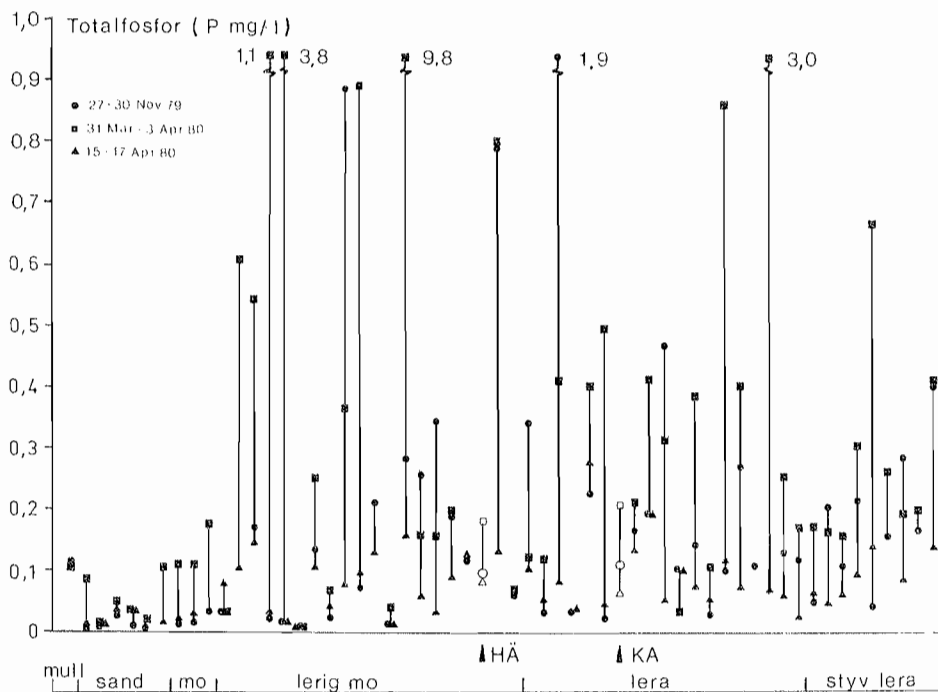


Fig. 10 Totalfosforhaltens beroende av jordarten. Regionala undersökningar i Västergötland 79/80. (Gustafson & Gustavsson 1981.)

Allmänt kan sägas att den av försmurningen orsakade utlakningen av metallkationer inger farhågor på lång sikt.

KONSEKVENSER

Sjöar och vattendrag

Konsekvenserna av växtnäringstillförseln till sjöar och vattendrag är väl kända. Som ett exempel skall här anföras omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbrosjön i Södermanland (Ulén & Brink 1980).

I anslutning till Vadsbrosjön finns fyra avrinningsområden med olika andel åker. Områdena är

Område	Däntersta	Hedenlundaån	Örbäcka	Flinkesta
Areal (ha)	31	39 880	1 120	6,6
Åker (%)	0	18	44	100

Åkerns betydelse för växtnäringstransporten framgår klart av fig. 13. Med stigande åkerareal ökar transporten åtminstone till en viss gräns, som för kväve och kalium nåtts vid 50% åker. Bebyggelsens tillskott är försumbar i sammanhanget.

Konsekvensen för Vadsbrosjön ses i fig. 14. Klorofyllmängden och kolassimilationen var betydande från maj till augusti. Under tiden avtog både nitrat och fosfat kraftigt. Nitratet blev till slut den begränsande faktorn.

Det kan tilläggas att fosforbelastningen på Vadsbrosjön enligt gängse beräkningar (Vollenweider 1975) ligger över "icke tolererbar nivå". För att denna belastning skulle minska till "tolererbar nivå" borde totalfosforhalten i Hedenlundaån behöva begränsas till 0,02 mg/l mot nuvarande 0,06 mg/l. En så kraftig minskning förefaller helt omöjlig att åstadkomma. Vatten från ren skog i trakten har redan för höga halter.

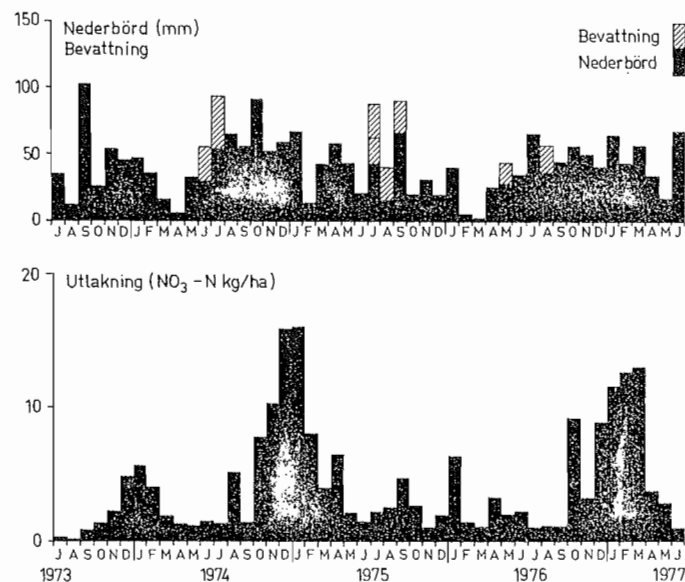


Fig. 11 Bevattning på sandjord kan ge ökat utlakning av nitrat. Kärrdala. (Brink 1978.)

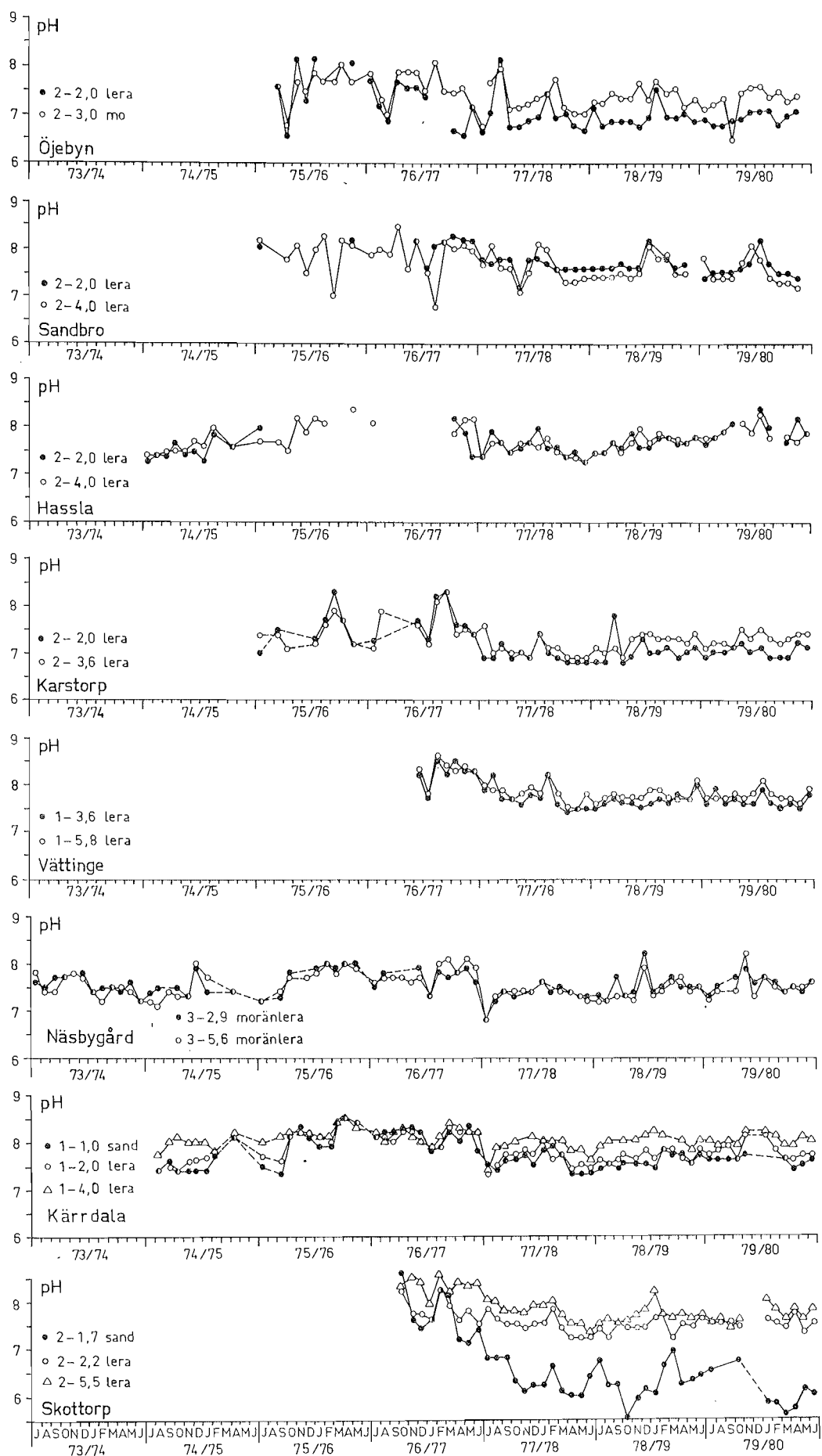


Fig. 12 pH i grundvattnet på några av skiftesförsöken. (Brink 1981.)

Konsekvenserna av ämnestransporten till grundvattnet gäller i första hand dricksvattnet. Aktuella ämnen är nitrit och nitrat samt kadmium och andra tungmetaller, alla kända att vara indirekta eller direkta hälsorisker för människor och djur. Lakningen av de båda kväveföreningarna beror föga av pH, vilket ju däremot tungmetallerna gör. Det sistnämnda kan belysas med resultat (fig. 15) från undersökningen vid avfallsupplag (Heinemo & Brink 1979).

Den dominerande kvävefraktionen i grundvatten på åkermark är nitrat liksom i dräneringsvatten. Nitrithalterna är merendels mindre än 0,01 N mg/l. Anmärkningsvärt höga ammoniumhalter kan förekomma om inslaget av organogen jord är starkt.

Bedömt som dricksvatten enligt socialstyrelsens normer är grundvattnet på åker ofta hygieniskt anmärkningsvärt (cf. fig. 7). Vanligen är det djupare vattnet bättre skyddat än det grundare beroende på en förlöpande självrening. Men låga värden kan också bero på utspädning med rent vatten från omgivningen. Så är allmänt fallet i utströmningsområden d.v.s. där det råder upptryck.

Riktningen av det hydrodynamiska trycket är viktigt. Under nedtryck strömmar vatten från ytan mot djupet varvid rörliga ämnen lätt lakas ned till grundvattnet, som då förorenas. Djupet och jordarten betyder mycket för hur stor påverkan blir (fig. 7). Sand och mo skyddar dåligt och lera betydligt bättre. Under upptryck å andra sidan strömmar vattnet uppåt från djupet och hindrar då utlakningen till grundvattnet. I grunda rör kan emellertid nitratrikt vatten komma in från ytan. I det långa loppet kan också det djupare vattnet påverkas på lerjordar.

Det kan vara på sin plats att här redogöra för två brunnundersökningar.

Den första gjordes 1972 i ett 15 km brett stråk norr om Uppsala (Nilsson 1973). Den västra delen utgörs av slättland med upp till 30 m mäktiga sediment. I norr och öster är mäktigheten avsevärt mindre och i allmänhet inte mer än 6-7 m. Moränen bryter här igenom lertäcket på många ställen.

Inventeringen omfattade 116 brunnar. Den allmänna bilden var att grunda brunnar på åker klarade sig dåligt från nitratförorening också om de i allmänhet låg under den hygieniska gränsen 6,7 NO₃-N (50 NO₃) mg/l (fig. 16). Nästan alla djupa brunnar på åker och nästan alla på skogsmark klarade sig bra. Närheten till ladugårdar, hushållsavlopp eller upplag störde bilden. De mer eller mindre förorenade brunnarna är belägna kring moränbackarna i norr och öster och de rena på slätten i väster. Det hela är en geologisk fråga. De djupa lerorna på slätten

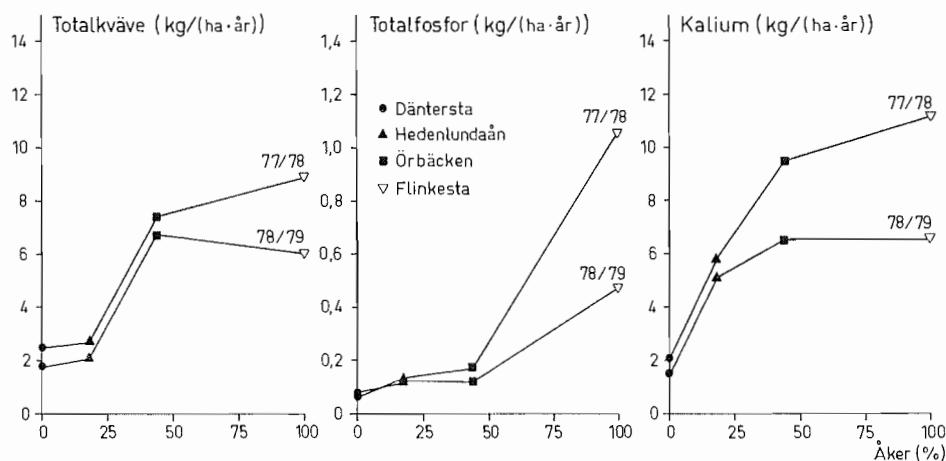


Fig. 13 Transport av totalkväve, totalfosfor och kalium som funktion av åkerprocenten. (Ulén & Brink 1980.)

skyddar grundvattnet väl, de grunda avlagringarna på moränen skyddar sämre eller dåligt.

Den andra undersökningen pågår. Den gäller 49 brunnar spridda över hela Västergötland. Alla ligger på åkermark. Efter tre observationer har erhållits resultaten i fig. 16. De flesta brunnarna hade godtagbart vatten om också några låg nära eller strax över den hygieniska gränsen 6,7 $\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l. Alla utom två av de brunnarna är grävda och grundare än 10 m. De ligger både på sandjord och lerjord. Två djupa brunnar hade förorenats från stallgödselupplag.

KVÄVEBALANSEN

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

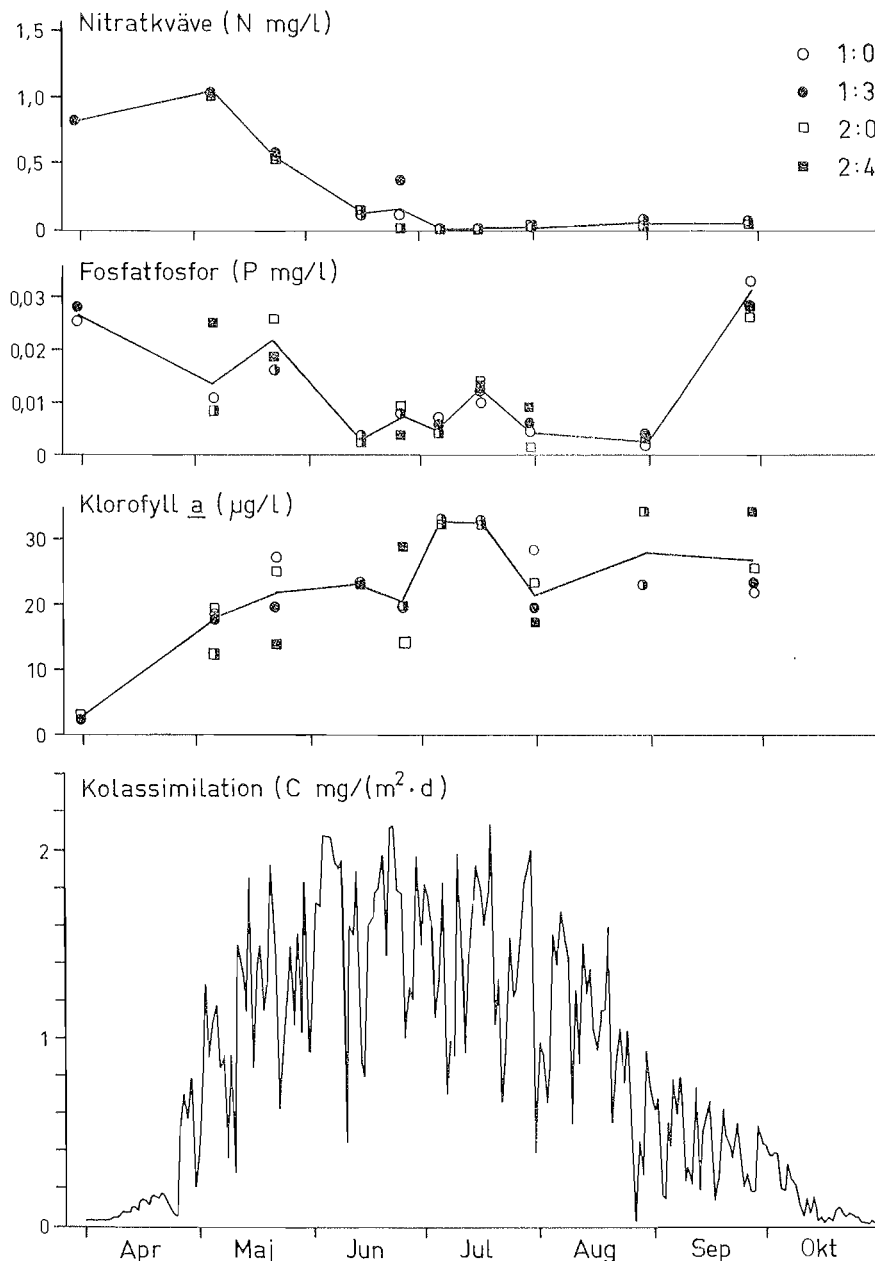


Fig. 14 Nitratkväve, fosfatfosfor, klorofyll *a*, och primärproduktionen i Vadsbrosjön 1979. (Ulén & Brink 1980.)

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

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

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

GÖDSLINGSPROGNOSE

Det är mycket kväve på drift till och från svenskt jordbruk. Kvävet bör kunna utnyttjas bättre. Därmed skulle följderna för den yttre miljön begränsas. En väg är att anpassa gödselgivorna på våren till det i marken växttillgängliga kvävet. Av tidsskäl bör jordprovtagningar och analyser ske tidigt så att en gödslingsprognos kan föreligga i början på året.

Av nu tillgängligt datamaterial framgår att följsamheten mellan jordprovtagningen på hösten och våren är god (Brink & Gustafson 1980, Mattsson & Brink 1981). De avvikelser som finns i materialet beror på att provtagningstidpunkten inträffat före eller efter det att en mineralisering ägt rum. Utsikterna är emellertid goda att basera gödslingsprognoser på en sen höstprovtagning. Vårvärdena erhålls härvid genom avdrag för utlakad mängd under vintern. Den utlakade mängden kan mycket väl uppskattas med hjälp av nederbördsmängder i mellantiden.

Utlakningens betydelse är helt olika i norr och söder. I norrland behöver man knappast ta hänsyn härtill medan den kan spela en stor roll i Svealand och framför allt i Götaland.

Mineraliseringen är viktig. Den på våren kommer att vara betydelsefull i prognossammanhang. Hur den saken skall infogas måste klarläggas.

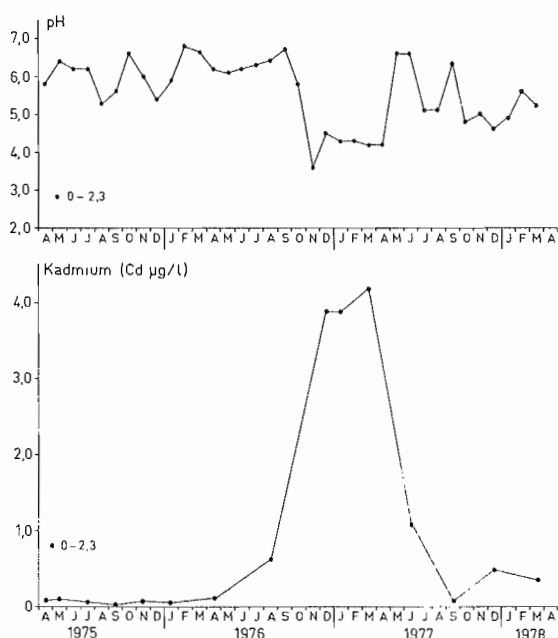


Fig. 15 pH och kadmium i grundvatten under ett kompostupplag på sandjord. (Heinemo & Brink 1979.)

MOTÅTGÄRDER

Åtgärder mot nitratutlakning bör inriktas på de mest betydelsefulla faktorerna.

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

Gödslingsintensiteten är den faktor som ligger närmast till hands att manipulera. Det gäller härvid att bättre än nu utnyttja det tillgängliga kvävet och avpassa gödselgivorna efter vad som finns i marken på våren. Ett led häri är arbetet med att ta fram bra system för gödslingsprognoser. Gäller det att snabbast möjligt minska läckaget till grundvattnet, vilket är högaktuellt i Södra Sverige särskilt inom sandjordsområdena, är en nedskärning av gödselgivorna den snabbaste vägen.

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

Odlingssystemet liksom grödan kan manipuleras. Långsiktigt kan bättre kvävehushållning vara möjlig men icke kortsiktigt. Här behövs betydande forskningsinsatser.

Gödselslaget är inte särskilt aktuellt i sammanhanget. Långsamverkande gödselmedel diskuteras i sammanhanget.

UNDERSÖKNINGAR

Vid avdelningen för vattenvård pågår eller skall startas följande projekt. Projekten är samlade under program som antagits av styrelsen för Sveriges lantbruksuniversitet.

Finansierande organ är Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Forskningsnämnden vid statens naturvårdsverk (SNV), Programmet för övervakning av

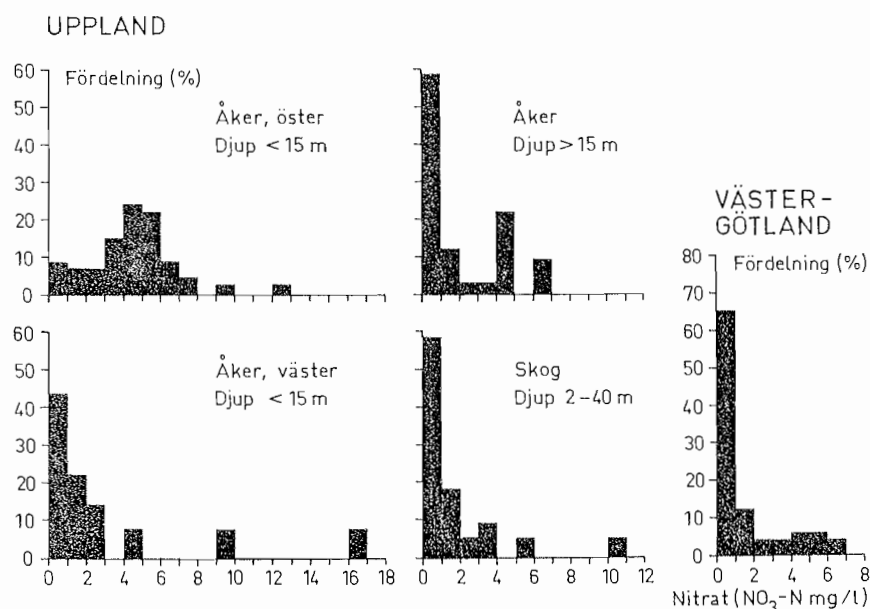


Fig. 16 Procentuell fördelning av brunnar efter nitrathalt. Vänster, Uppsalatrakten 1972. Höger, Västergötland 79/80. (Nilsson 1973, Gustavsson 1981 opubl.)

miljökvalitet inom statens naturvårdsverk (PMK), Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne (Lamm), Forskningsrådsnämnden (FRN), Statens råd för skogs- och jordbruksforskning (SJFR) och Naturvetenskapliga forskningsrådet (NFR).

PROGRAM 1. *Referensfält för miljöövervakning*

P01	Läckage av växtnäring till yt- och grundvatten	SLU
P02	Odlingsåtgärders inverkan på vattnets kvalitet	PMK
P24	Regional fördelning av växtnäringsförluster från åker	SNV
P81	Gödslingsprognos för kväve	SLU
P26	Åkermarkens erosion	SNV

PROGRAM 2. *Rutförsök - Utlakning av växtnäring och pesticider*

P04	Utlakning av kväve vid stigande handelsgödselgiva	SLU
P06	Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel	SLU
P07	Nitratets rörelse i marken vid bevattning	SLU
P13	Minskning av kväveutlakning på sandjord	SLU
P16	Åkermarkens ekologi (utlakning av kväve)	FRN ^a
P10	Utlakning av pesticider	SLU
P17	Studie av herbiciden TBA:s utlakning	SLU
P27	Odlingsåtgärder för minskning av nitratutlakning på sandjord	SNV
P15	Utlakning vid stigande givor av stallgödsel och handelsgödsel	SLU

PROGRAM 3. *Jordbruket och dricksvattnet*

P11	Nitrat och nitrit i dricksvatten i jordbruksområden	SLU
-----	---	-----

PROGRAM 4. *Utlakning av materia ur fast avfall*

P25	Utlakning av materia från upplag av malda sopor	SNV
-----	---	-----

PROGRAM 5. *Ekenäsprojektet*

P23	Omgivningens betydelse för produktionen i Vadsbrosjön	Lamm
	Delmoment:	
	Transport av växtnäring från åker	
	Transport av växtnäring från skog	
	Yttransport av växtnäring från stallgödslad åker	
	Transport av växtnäring i Hedelundaån och Örbäcken	
	Primärproduktionen i Vadsbrosjön	

^a FRN, SJFR, SNV, NRF

REFERENSER

- Ahl, T. & Odén, S. 1975. Närsaltskällor - en översikt. *Nordforsk publ.* 1975:1, 99-128.
- Brink, N. 1979. Växtnäringsförluster från skogsmark. *Ekohydrologi* nr 5, 29-34.
- Brink, N. 1981. Förurning av grundvatten på åker. *Ekohydrologi* nr 8, 3-13.

- Brink, N. & Joelsson, A. 1978. Stallgödsel på villovägar. *Ekohydrologi* nr 2, 1-15.
- Brink, N. & Gustafson, A. 1980. Att spå om gödselkväve. *Ekohydrologi* nr 7, 39-44.
- Brink, N. & Lindén, B. 1980. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. *Ekohydrologi* nr 7, 3-20.
- 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. & Hansson, M. 1979. Växtnäringsförluster på Kristianstadsslätten. *Ekohydrologi* nr 3, 1-12.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1980. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. *Ekohydrologi* nr 6, 3-20.
- Gustafson, A. & Gustavsson, A.S. 1981. Regional fördelning av växtnäringsförluster från åker. Forskningsredogörelse 79/80 till SNV.
- Heinemo, S.Å. & Brink, N. 1978. Utlakning ur kompost av sopor och slam. *Rapp. Stat. Natverk*, 1095, 1-28.
- Lindén, B. 1978. Kvävet i markprofilen. *Konsulentavdelningens rapporter. Allmänt* 10, 2:1-2:8. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Mattsson, L. & Brink, N. 1981. Gödslingsprognoser för kväve. *Avd. Växtnär. Sv. lantbruksuniv. Rapp.* 130, 1-31.
- Nilsson, A. 1973. Nitrat och nitrit i dricksvatten. *Vattenvård* nr 14, 1-13.
- Ulén, B. & Brink, N. 1980. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbrosjön. *Ekohydrologi* nr 7, 21-37.

1981-02-26

EFTERSKRIFT

Som framgår av inledningen skrevs artikeln för utredningen om användningen av kemiska medel i jord- och skogsbruket. Utredningen har nu avlämnat betänkandet Användning av växtnäring (SOU 1983:10). Däri ingår delar av materialet. Denna artikel utgör hela utlåtandet.

Sedan artikeln skrevs har nya data tillkommit och delvis publicerats. De styrker och förstärker i allt väsentligt tidigare datamaterial. På en punkt avviker de nya resultaten från de gamla, nämligen ifråga om fig. 13. I nedanstående kompletterande referenslista återfinns figurerna 2, 4, 5 och 6 i ny skepelse.

Avdelningens verksamhet omfattar nu följande program och projekt:

PROGRAM 1. Program för övervakning av miljökvalitet

P02 Odlingsåtgärders inverkan på kvalitén hos yt- och grundvatten PMK

PROGRAM 2. Utlakning av växtnäring och motåtgärder

P04	Utlakning vid stigande givor av handelsgödsel	SLU
P13	Minskning av kväveutlakning på sandjord	SLU
P15	Utlakning vid stigande givor av stallgödsel och handelsgödsel	SLU
P19	Vallbrottets betydelse för kväveutlakningen	SLU
P29	Minskning av kväveutlakning genom plöjningsfri odling	SLU
P30	Kausalanalys av kväveutlakningens årsvariation	SLU
P31	Nitrifikationshämmare för minskning av nitratutlakning	SLU

P32 Kväveutlakning på sandjord

Hush^a

PROGRAM 3. *Utlakning av pesticider*

P17 Studie av herbiciden TBA:s utlakning

SLU

P20 Lakningsbenägenheten hos pesticider

SLU^b

P33 Utlakning och avrinning av bekämpningsmedel

PKN

PROGRAM 4. *Ekohydrologiska studier*

P16 Åkermarkens ekologi

FRN^c

P26 Åkermarkens erosion

SNV

P27 Odlingsåtgärder för minskning av nitratutlakning

SNV

P28 Intensitet och varaktighet hos avrinning från åkermark

SJN^d

P34 Närsaltförluster från åker runt Ringsjön

Länst^e

PROGRAM 5. *Ekenäsprojektet*

P23 Omgivningens betydelse för produktionen i Vadsbrosjön

Lamm

^aHushållningssällskapet i Hallands län. ^bProduktkontrollnämnden. ^cFRN, SJFR, SNV, NFR. ^dStatens jordbruksnämnd. ^eLänsstyrelsen i Malmöhus län.

NYA REFERENSER

Brink, N. 1982. Measurements of mass transport from arable land in Sweden. *Ekohydrologi* nr 12, 29-36.

Ulén, B. 1982. Vadsbrosjöns närsaltsbelastning och trofinivå. *Ekohydrologi* nr 11, 3-11.

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 stallgödslad 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>

- | 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 exakta-
re 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 Ground-water 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 växtnärings-
läckage 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 glykolan-
vändning 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 Västergöt-
land och Östergötland. <i>Losses of nutrients in Västergötland and Östergöt-land.</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 Kristianstads-slätten. <i>Loss of Nutrients on the Kristianstad Plain.</i> Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. <i>Pollution of the Groundwater by a Dung Yard.</i>
4	1979	Nils Brink. Vattnet är det yppersta. Arne Gustafson och Börje Lindén. Kvävebehovet för 1979. Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. <i>Losses of nitrogen, phosphorus and potassium from arable land.</i>
5	1979	Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo. Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo. <i>Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand.</i> Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. <i>Losses of Nutrients from Forests.</i> Nils Brink. Utlakning av kväve från agroekosystem. <i>Leaching of Nitrogen from Agro-Ecosystems.</i> Nils Brink. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen.

DISTRIBUTION:

Pris: 20:-

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för vattenvård
750 07 UPPSALA, Sweden

tel 018-17 24 60