

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Arne Gustafson och Arne S. Gustavsson

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER I VÄSTERGÖTLAND OCH ÖSTERGÖTLAND

Barbro Ulén

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER FRÅN ÅKER OCH SKOG I SÖDERMANLAND

Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén

NITRAT, NITRIT OCH pH I DRICKSVATTEN I VÄSTER- GÖTLAND, ÖSTERGÖTLAND OCH SÖDERMANLAND

Lennart Mattsson och Nils Brink

GÖDSLINGSPROGNOSER FÖR KVÄVE

Ekohydrologi 10

Uppsala 1982

Avdelningen för vattenvård

The Swedish University of Agricultural Sciences

Division of Water Management

ISBN 91-576-1091-6

ISSN 0347-9307

FÖRORD

I detta nummer av Ekohydrologi behandlas i två rapporter regionala undersökningar om växtnäringsförluster från åker. Studierna utgör ett komplement till våra fortlöpande mätningar i det riksomfattande stationsnät som ingår i Programmet för övervakning av miljökvalitet (PMK). Forskningsnämnden vid Statens naturvårdsverk betalade den första undersökningen och Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne den andra.

I anslutning till nämnda studier har tagits prov på dricksvatten i enskilda hushåll. Saken behandlas i en särskild uppsats. Sveriges lantbruksuniversitet betalade.

Den fjärde uppsatsen har tidigare publicerats. Där behandlas gödslingsprognoser för kväve. Sveriges lantbruksuniversitet betalade.

1982-01-15

INNEHÅLL

Gustafson, A. & Gustavsson, A.S. 1982. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. <i>Ekohydrologi nr 10</i> , 3-26.	3
Ulén, B. 1982. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. <i>Ekohydrologi nr 10</i> , 27-37.	27
Gustavsson, A.S. & Ulén, B. 1982. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. <i>Ekohydrologi nr 10</i> , 39-45.	39
Mattsson, L. & Brink, N. 1980, 1982. Gödslingsprognoser för kväve. <i>Inst. Markvet. Rapp. 130</i> , p. 31. <i>Ekohydrologi nr 10</i> , 47-70.	47

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER I VÄSTERGÖTLAND OCH ÖSTERGÖTLAND

Losses of nutrients in Västergötland and Östergötland

Arne Gustafson och Arne S. Gustavsson

Abstract. Investigations of the leakage of nutrients from arable land have been in progress since 1972 under the auspices of the Division of Water Management at the Swedish University of Agricultural Sciences. For this purpose, a network of experimental fields was established, covering the entire country. Each field represents the nutrient loss in a certain agricultural region. The regional representativity is therefore of vital significance. This investigation deals with the representativity of four experimental fields, namely Helleberg, Karstorp, Hassla, and Stjärntorp, situated in central Sweden. The first two represent the county of Västergötland and the following two Östergötland.

Water samples were taken three and four times a year respectively during two years in Västergötland. In Östergötland sampling took place only the second year. The number of sampling stations was at most 57 and 60 respectively. The soil types represented were mull, sand, fine sand, fine sand with clay, clay, heavy clay. Analyses were performed to determine total nitrogen, nitrate, total phosphorus and potassium.

The predominant form of nitrogen was unquestionably nitrate. In many cases the nitrate content varied widely during the year, mostly depending on whether or not the ground was frozen. The nitrate content varied to some extent depending on the soil type, with higher values from soils dominated by fine sand and lower values in water from clay soils. Analyses from the experimental fields also showed that the nitrate content in the water was positively related to the nitrate content of the soil profile in the autumn. The nitrate in the soil in the autumn was affected by the crop type, consequently the concentration in the water was also dependent on this factor.

The phosphorus content was positively related to soil erosion, so that the values increased in the event of storm runoff and during the spring flood. Phosphorus connected to organic and inorganic particles was then transported from the fields with the water. This transport was most important on the clay soils which, therefore, had higher mean losses of phosphorus than the sandy soils.

The potassium content in the water showed no general dependence on soil type. High values could in some cases be explained by the high potassium content in the soil in connection with high potassium delivering capacity, and in others by heavy potassium dressing in connection with low potassium adsorption capacity.

The experimental fields at Helleberg, Hassla, and Stjärntorp had concentrations of nitrogen, total phosphorus, and potassium at nearly the same level as fields in the region with corresponding soil type. These three experimental fields consequently had a good regional representativity. In the case of the experimental field at Karstorp the conformity was good in both years for total phosphorus and potassium but not for nitrogen. The nitrogen content was too high and no obvious reason for this could be found.

INLEDNING

Vid avdelningen för vattenvård vid Sveriges lantbruksuniversitet pågår försök för att klarlägga storleken av växtnäring förlusterna till yt- och grundvatten från åkermark under ordinär jordbruksdrift. För detta ändamål har 16 försöksfält etablerats spridda över hela riket. Växtnäring förlusterna mäts fortlöpande vid dessa fält. Tillvägagångssättet har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978).

Grundläggande är frågan om fältens representativitet. Undersökningar har därför påbörjats för att studera denna aspekt. I Skåne och Halland är undersökningarna redan klara och finns publicerade i två skrifter av Gustafson & Hansson (1979) och Gustafson & Hansson (1980). Denna rapport handlar om försöksfälten Helleberg och Karstorp i Västergötland samt Hassla och Stjärntorp i Östergötland. Helleberg ligger 6 km NO om Vara, Karstorp 10 km V om Hjo, Hassla 6 km NO om Skänninge och Stjärntorp 7 km NV om Skärblacka.

Försöken igångsattes 1975 vid Helleberg och Karstorp, 1974 vid Hassla och 1976 vid Stjärntorp.

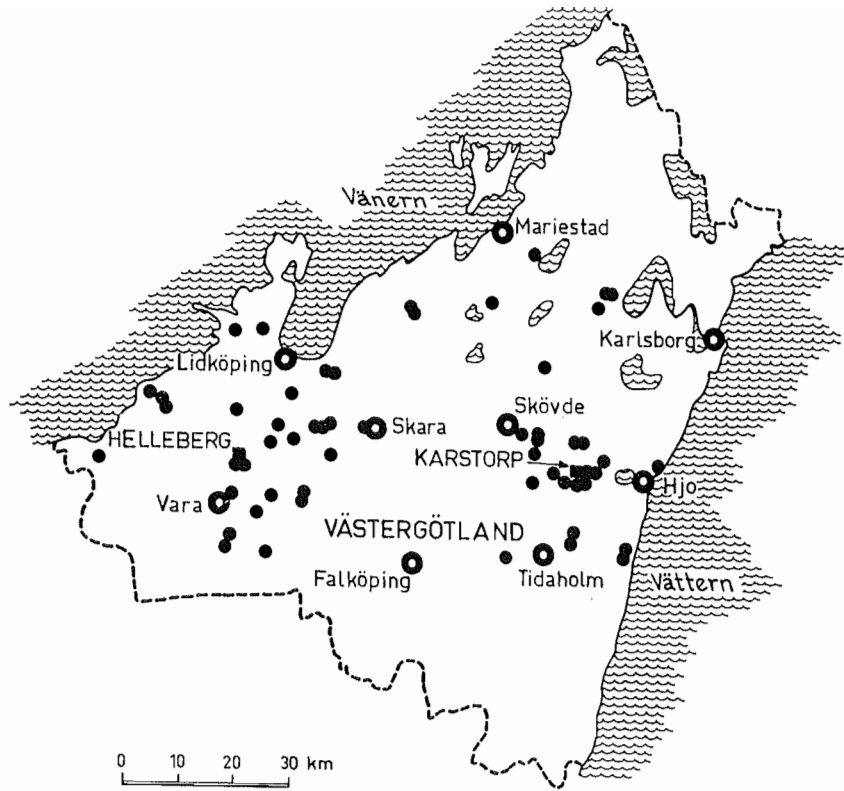


Fig. 1. Provpunkter i Västergötland. *Sampling stations in Västergötland.*

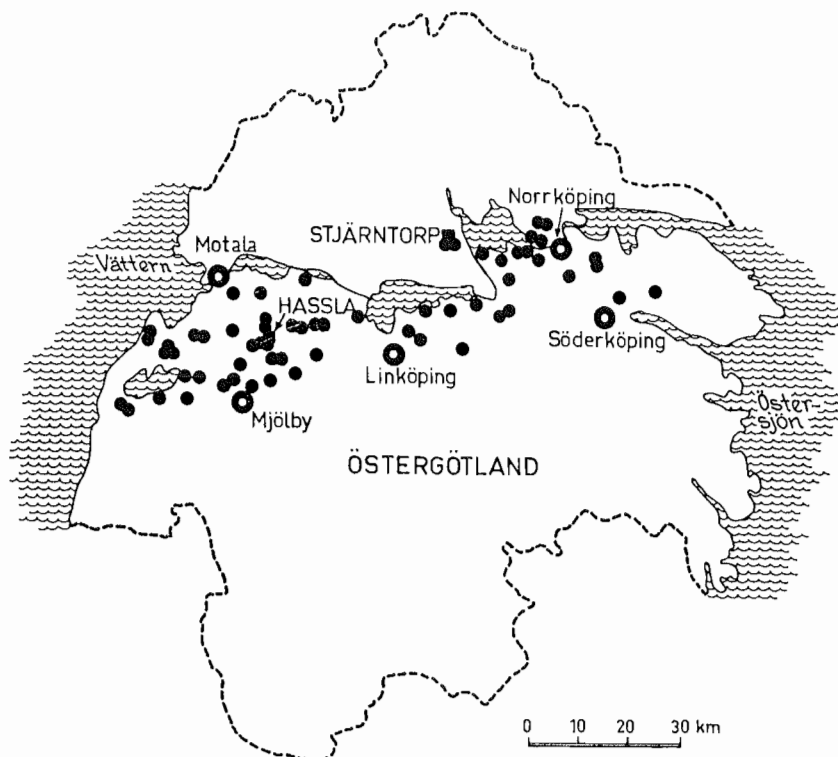


Fig. 2. Provpunkter i Östergötland. *Sampling stations in Östergötland.*

MÅL

Undersökningen skall ge underlag för bedömning av försöksfältens representativitet vad avser växtnäringsförluster till ytvatten.

PROVPLATSER

I samråd med lantbruksnämnderna i Skaraborgs och Östergötlands län utvaldes sammanlagt 57 respektive 60 täckdikade åkerskiftet (fig. 1 och 2).

Följande krav har ställts på skiftena. Täckdikensplan skall finnas. Av denna skall klart framgå att endast åkervatten avleds i systemet. Avloppsvatten från gödselupplag, stall eller boningshus får inte beröra systemet. Vattenprov skall kunna tas i en brunn eller i ett täckdikensöga.

Jordarterna på försöksfälten har i detalj beskrivits av Brink, Gustafsson & Persson (1979). Den dominerande jordarten på varje fält är:

<i>Försöksfält</i>	Helleberg	Karstorp	Hassla	Stjärntorp
<i>Jordart</i>	lerig mo	lera	lerig mo	lera

Jordarterna på de 117 åkerskiftena har bestämts okulärt i samband med rekognoseringen.

MATERIAL OCH METODER

Provtagning och analys

Vattenprovtagningen pågick de båda agrohydrologiska åren (juli-juni) 79/80 och 80/81. Brunnarna i Västergötland provtogs båda åren medan brunnarna i Östergötland endast provtogs andra året.

Första året togs ett prov i november och två prov i april, andra året ett prov i månaden under november, februari, mars och april. Den olika tidsfördelningen för provtagningen de två åren orsakades av anpassningen till den skilda avrinningsbilden under de båda vintrarna.

Efter konservering sändes proven omedelbart till eget laboratorium för analys. Analyserna omfattade nitratkväve, totalkväve, totalfosfor och kalium. Analysmetoderna har beskrivits av Brink et al. (1978).

Jordprovtagningen på försöksfälten för bestämning av kväve, fosfor och kalium i marken till 1 m djup ägde rum i oktober 1979 och december 1980. Fosfor och kalium analyserades endast på den sista provomgången. Provtagningsmetodiken har beskrivits av Lindén (1977). Analysmetoderna för kväve i jorden har beskrivits av Lindén (1979). Metoderna för analys av förrådskalium och förrådsfosfor (K-HCl, P-HCl) samt för lösligt kalium och fosfor (K-AL, P-AL) har beskrivits av Egnér, Riehm & Domingo (1960).

Nederbörd, avrinning och växtnäringstransport

Nederbörd, avrinning och växtnäringstransport bestämdes fortlöpande vid försöksfälten. Från och med 1 juli 1980 erhålles nederbördsuppgifter från SMHI. Då mätningarna vid försöksfälten startade redan tidigare (Helleberg 1975, Karstorp 1975, Hassla 1974 och Stjärntorp 1976) kan det regionala materialet sättas i relation till förhållandena under en längre tidsperiod.

Beräkningsmetoder

Vid beräkning av kväveinnehållet i fastgödsel och flytgödsel har följande värden använts: fastgödsel från nöt och svin 5 N kg/ton, flytgödsel från nöt och svin 3,5 N kg/ton.

Medelvärde för en enskild provlokal har beräknats som vägt aritmetiskt medeltal med försöksfältets månadsavrinning som vägfaktor. Då prov tagits två gånger per månad har månadsavrinningen delats i två avrinningsperioder.

För att den hydrologiska bilden mellan skiften och försök skall vara likartad har västgötamaterialet indelats i två grupper, en västlig och en östlig. En nord-sydlig linje genom Billingen utgör den geografiska gränsen för de båda grupperna. De benämnes västra respektive östra regionen. För Östergötlands del har någon motsvarande indelning ej bedömts vara nödvändig.

Medianvärde för en grupp provlokaler är beräknat på de enskilda provlokalernas vägda medeltal.

Transportvärden är beräknade som produkten av vägda koncentrationsmedeltalet och avrinningen.

Jordartsklasser

För att kunna ordna skiftena efter den på dessa dominerande jordarten har följande sex jordartsklasser från lätta till styva jordar använts:

(1) mull, (2) sand, (3) mo, (4) lerig mo, (5) lera, (6) styv lera.

RESULTAT

Odlingsåtgärder

Allmänt. Uppgifterna insamlades genom frågeformulär till berörda markägare.

Försöksfälten. Förhållandena på försöksfälten sedan starten av respektive försök framgår av tabell 1. Den tillämpade kvävegödslingen låg från mitten av det normalt tillämpade rekommendationsintervallet upp till övre gränsen för detta. Vid Hassla överskreds den övre gränsen vid flera tillfällen. Höstgödsling med kväve förekom främst till höstvete, höstråg och höstoljeväxter. Fosfor- och kaliumgödsling på hösten var också vanligt förekommande.

Skördarna varierade i allmänhet från normala till goda. Försöksfältet vid Karstorp var vissa år indelat i upp till sju olika skiften. Detta medför att enskilda gröders inverkan på vattenkvaliteten är omöjlig att få fram därstädes.

Åkerskiftena. På åkerskiftena varierade gödslingen kraftigt. Gödslingsintensiteten var i stort sett likartad båda undersökningsåren. Variationsbredden illustreras i tabell 2. Till höstvete, höstråg och höstoljeväxter förekom höstgödsling med kväve.

Fosfor- och kaliumgödslingens variation var stor. Här var det dock ofta fråga om en förrådsgödsling ämnad för flera års behov.

Fast- och flytgödsling skedde antingen på hösten eller våren. Vid kompletteringsgödsling med handelsgödsel efter fast- eller flytgödselspridning togs hänsyn till växtnäringsinnehållet i den organiska gödseln. Undantag förekom dock varvid den totala gödselmängden kunde bli mycket hög.

Bevattning förekom till vall, havre, våroljeväxter och potatis. Totalgivorna varierade mellan 25 och 70 mm uppdelade på en till två bevattningstillfällen. Högsta enskilda bevattningsgiva var 50 mm.

Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel, bevattning och skörd på försöksfälten. Kursiva tal betyder gödsling hösten innan. *Crops, fertilizers, manure, irrigation and yield. Figures in italics refer to fertilization last autumn.*

År	Gröda	Handelsg. (kg/ha)			Stallg. (t/ha)		Bevattn. (mm)	Skörd (t/ha)
		N	P	K	Fast	Flyt		
<i>Helleberg</i>								
1975	vårvete	117	21	39	0	0	0	3,0
1976	havre	104	21	39	0	0	0	6,5
1977	höstvet	109	28	52	0	0	0	4,4
1978	havre	104	14	26	0	0	0	4,8
1979	höstvet	109	14	26	0	0	0	5,0
1980	havre	101	14	26	0	0	0	4,8
<i>Karstorp</i>								
1975	korn, insådd	78	18	0	0	0	0	2,5
	vall I	52	18	0	0	0	0	låg
	vall III	78	18	0	0	0	0	normal
	höstvet	109	20	0	10	0	0	4,4
1976	vall I	50	20	0	0	0	0	låg
	vall II	78	20	0	0	0	0	normal
	höstrybs	31+104	18	33	10	0	0	2,7
	havre	91	20	0	0	0	0	1,5
1977	vall II	62+62	20	0	0	0	35	normal
	gräsfrövall	62	20	0	0	0	20	0,3
	höstvet	81	20	0	0	0	35	4,0
1978	vall III	100	25	45	0	0	30	normal
	höstrybs	124	28	52	0	0	20+35	3,0
	gräsfrövall	31+78	24	24	0	0	35	1,0
	ärtor+havre	54	24	24	0	0	35	4,0
	havre	60	15	27	20	0	0	4,4
1979	vall IV	60	0	0	0	25	0	normal
	höstraps	140	0	0	20	0	0	2,4
	höstvet	78	0	0	0	0	0	3,5
	gräsfrövall	78	0	0	0	0	0	0,9
	korn	78	0	0	0	15	30	4,0
	havre	93	0	0	0	0	30	4,0
	ärtor+havre	47	21	39	0	0	0	3,0
1980	höstraps	124	21	39	0	25	0	2,2
	höstvet	93	27	0	0	0	0	4,0
	höstvet	36+93	27	48	0	0	0	4,0
	gräsfrövall	36+62	27	48	0	0	0	0,9
	vårrybs	109	21	39	0	0	0	2,4
	korn	78	27	0	0	0	0	4,5
	höstvet	93	27	0	0	0	0	4,0
<i>Hassla</i>								
1974	korn	101	0	0	0	0	0	4,6
1975	höstraps	54+171	40	40	0	0	0	3,2
1976	höstvet	112	32	32	0	0	0	5,3
1977	korn	101	0	0	0	0	0	5,4
1978	höstråg	31+93	32	32	0	0	0	5,8
1979	korn	99	0	0	0	0	0	5,2
1980	höstraps	40+164	10+20	18+36	0	0	0	2,0

Tabell 1, forts., *continued.*

År	Gröda	Handelsg. (kg/ha)			Stallg. (t/ha)		Bevattn. (mm)	Skörd (t/ha)
		N	P	K	Fast	Flyt		
<i>Stjärmtorp</i>								
1976	havre	80	36	0	0	0	0	4,5
	höstvetete	65+100	36	36	0	0	0	5,8
1977	höstvetete	96	32	32	0	0	0	5,8
	havre	104	36	0	0	0	0	3,8
1978	höstvetete	56+101	32	32	0	0	0	4,8
	ärtor	15	32	0	0	0	0	3,5
1979	havre	101	0	0	0	0	0	4,2
	korn	101	0	0	0	0	0	5,2
1980	träda	0	0	0	0	0	0	-
	vårrybs	126	36	36	0	0	0	0,8

Crops: vårvete *spring wheat*, havre *oats*, höstvetete *winter wheat*, korn *barley*, insådd *re-seed*, vall *ley*, höstrybs *winter turnip rape*, gräsfrövall *grass-seed*, ärtor *peas*, höstraps *winter rape*, höstråg *winter rye*, Fast *solid manure*, Flyt *liquid manure*, Bevattn. *irrigation*, Skörd *harvest*.

Tabell 2. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel och bevattning i Västergötland och Östergötland. *Crops, fertilizers, manure, and irrigation in Västergötland and Östergötland.*

Gröda	Handelsgödsel (kg/ha)				Stallg. (t/ha)		Bev. (mm)
	N höst	N vår	P	K	Fast	Flyt	
<i>Enbart handelsgödsel</i>							
Slåttervall	0	0-171	0-56	0-104	0	0	0-2x35
Gräsfrövall	0	109	18-64	0	0	0	0
Höstvetete	0-124	0-128	0-44	0-46	0	0	0
Höstråg	0-40	78-94	0-44	0-44	0	0	0
Korn	0	0-124	0-32	0-56	0	0	0
Havre	0	58-124	0-45	0-56	0	0	0-40
Havre + insådd	0	78-95	0-72	0-41	0	0	0-30
Trindsäd	0	0-31	0-40	0-128	0	0	0
Våroljeväxter	0	0-193	0-62	0-113	0	0	0-25
Höstoljeväxter	0-36	155-171	0-32	0-59	0	0	0
Potatis	0	56-121	0-98	0-208	0	0	0-50
<i>Handelsgödsel och stallgödsel</i>							
Slåttervall	0	77-155	0-36	0-102	0	30-70	0
Korn	0	80-109	0-20	0-36	0	20-32	0
Havre	0	0-105	0-18	0-51	15-45	0-20	0
Våroljeväxter	0	78-116	0	0	0-20	0-40	0
Potatis	0	70-72	0-63	0-144	0-30	0-40	0-30
Helträda	0	0	90	0	0	20	0

Crops: slåttervall *ley*, gräsfrövall *grass-seed*, höstvetete *winter wheat*, höstråg *winter rye*, korn *barley*, havre *oats*, havre + insådd *oats and re-seed*, trindsäd *legumes*, våroljeväxter *spring oil plants*, höstoljeväxter *winter oil plants*, potatis *potatoes*.

Tabell 3. Bärgad skörd i t/ha enligt officiell statistik. *Harvest in t/ha according to official statistics.*

Gröda	Crop	Västergötland		Östergötland
		1979	1980	1980
Vall	Ley	7,3	6,8	6,6
Höstvete	Winter wheat	4,4	3,8	4,7
Vårvete	Spring wheat	3,5	3,9	3,7
Höstråg	Winter rye	3,2	3,3	4,0
Korn	Barley	3,3	3,4	3,6
Havre	Oats	3,6	3,9	3,5
Höstraps	Winter rape	1,7	0,9	1,8
Höstrybs	Winter turnip rape	1,3	0,2	0,3
Vårrops	Summer rape	2,0	1,8	1,5
Vårtrybs	Summer turnip rape	1,8	1,7	1,6
Potatis	Potatoes	29,2	30,1	31,0

Gräsfrövall, trindsäd och helträda förekom inte i det östgötska materialet. I övrigt fanns motsvarande grödor. Stallgödsel var mer representerad i Västergötland än i Östergötland. Den procentuella fördelningen mellan de vanligast förekommande grödgrupperna i materialet var följande:

Landskap	År	Vall	Höst-säd	Vår-säd	Olje-växter	Potatis	Övrigt
Västergötland	1979	12	23	38	18	7	2
	1980	18	27	37	11	4	3
Östergötland	1980	8	32	35	15	5	5

Stråsäd odlades således i över 60 procent av fallen. Mest i Östergötland med 67 procent. Vall och oljeväxter kom näst i storlek. Vall förekom mer i Västergötland. Totalt blev därför andelen öppen växtodling något större i Östergötland.

Skördenivå. Enligt officiell statistik var skördenivån tämligen likartad de båda åren (tabell 3). Några större skillnader förelåg ej heller mellan de båda landskapen. Anmärkningsvärd är dock den låga höstrybs-skörden 1980.

Nederbörd och avrinning

Årsnederbörden var större andra undersökningsåret (tabell 4). Detsamma gäller vinternederbörden (NOV-APR). Nederbördsskillnaderna slog igenom kraftigt på avrinningen, som blev ganska måttlig första året och mer "normal" andra året. Anmärkningsvärda var de relativt kraftiga höstfloderna (NOV-DEC) båda åren. Andra året översteg den till och med vårfloden (JAN-APR).

Karaktären på avrinningen blev mer nordsvensk (toppar höst och vår med frusen period emellan) än vad som varit fallet tidigare. Förhållandena framgår av fig. 3, där den månadsvisa avrinningen för hela observationsperioden för respektive försöksfält är redovisad.

En speciell kommentar fordrar den stora avrinningen vid Stjärntorp. Det är här fråga om upptryckande grundvatten genom att fältet ligger i

ett utströmningsområde för grundvatten. Grundvattnet har mycket låga koncentrationer av växtnäringsämnen kväve, fosfor och kalium och påverkar därför inte växtnäringstransporten från fältet. Avrinningsvärdena påverkas dock och mängden upptryckande vatten kan med hittills tillgängliga data uppskattas till 125 mm per år. Skall avrinningen vid Stjärntorp nyttjas för beräkning av transporten från åkerskiftet där endast koncentrationssuppgifter finns måste den därför först minskas med 125 mm, vilket också har skett i detta arbete.

Nitrat

Andel av totalkvävet. Nitratkvävet utgjorde överslagsmässigt nära 90 % av totalkvävet. Jordarten hade inget systematiskt inflytande härpå utom i ett fall på en mulljord, där nitraten endast uppgick till 26 % av totalkvävet.

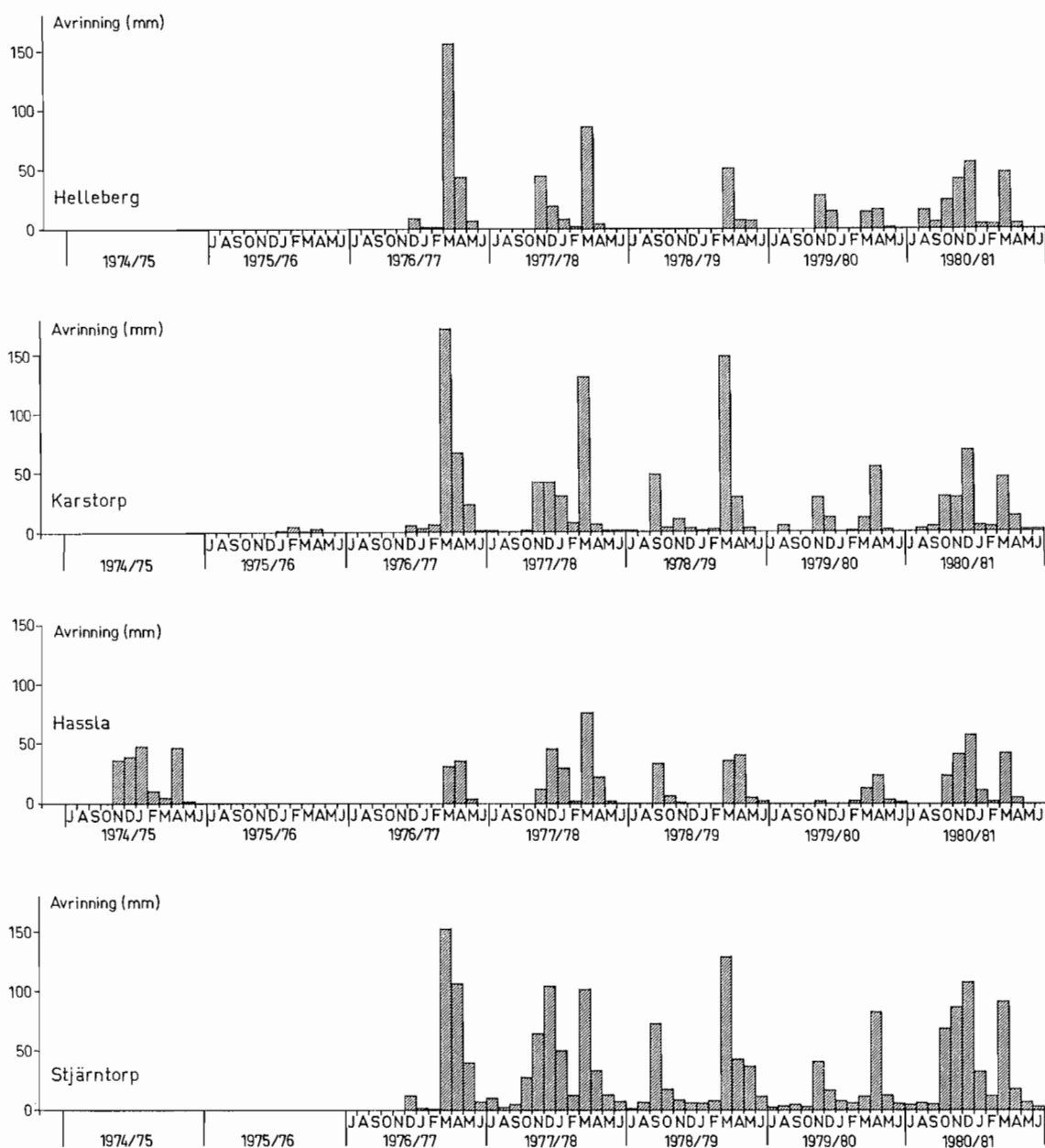


Fig. 3. Avrinning vid försöksfälten. *Runoff at the experimental fields.*

Tabell 4. Nederbörd och avrinning vid försöksfälten. *Precipitation and runoff at the experimental fields.*

År	Nederbörd (mm)		Avrinning (mm)		
	NOV-APR	HELÅR	NOV-DEC	JAN-APR	HELÅR
<i>Helleberg</i>					
75/76	137	392	0	0	0
76/77	416	694	8	200	214
77/78	328	646	62	97	159
78/79	219	538	0	58	65
79/80	207	531	43	30	74
80/81	253	720	98	63	207
<i>Karstorp</i>					
75/76	114	367	0	8	8
76/77	394	564	5	247	276
77/78	330	600	85	174	262
78/79	238	611	13	182	250
79/80	191	513	40	66	113
80/81	285	771	98	68	204
<i>Hassla</i>					
74/75	232	561	74	107	182
75/76	113	326	0	16	16
76/77	301	502	0	65	67
77/78	234	593	57	127	185
78/79	189	589	0	76	120
79/80	159	458	1	37	40
80/81	213	630	100	61	185
<i>Stjärntorp</i>					
76/77	372	564	11	260	317
77/78	283	671	168	236	465
78/79	201	634	13	226	382
79/80	183	466	56	105	187
80/81	227	626	147	114	335

Variationsbredd och tidsfördelning

Västergötland. I många fall var variationsbredden stor (fig. 4). Den var störst första undersökningsåret. Det är således nödvändigt med flera provtagningar under en avrinningssäsong för att få en rättvisande bild av utlakningsförlusterna.

I de flesta provpunkterna var nitrathalten högst vid den första provomgången. Det gäller båda åren. En förklaring till detta kan vara den relativt kraftiga höstfloden i kombination med ofrusen mark. Utvättningen blev effektiv. Att vårvintervärderna (FEB-MARS) blev relativt sett lägre var en följd av de förhållandevis kalla vintrarna med frusen mark. Mineraliseringen blev då minimal och en stor del av avrinningen utgjordes under dessa månader av ytvatten som normalt har förhållandevis låg nitrathalt.

Östergötland. Variationsbredden blev något större än i Västergötland. Även här gav höstutlakningen upphov till höga nitrathalter och då väderförhållandena var likartade blev utlakningsförloppet i övrigt likt det i Västergötland.

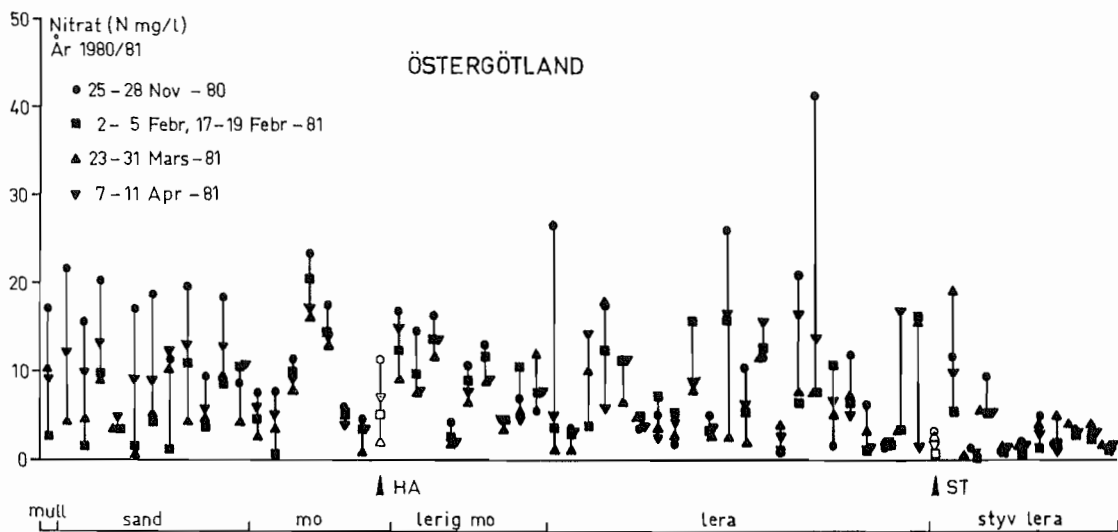
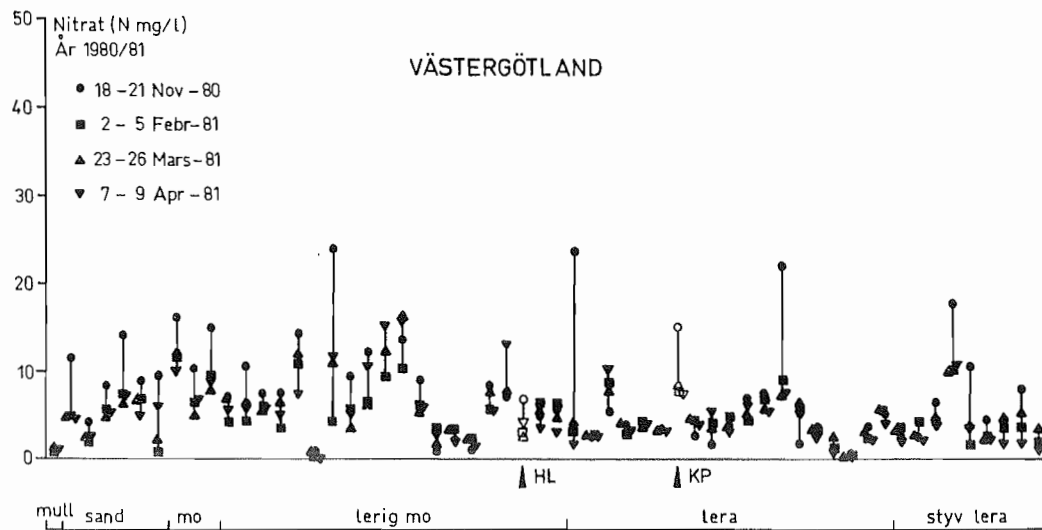
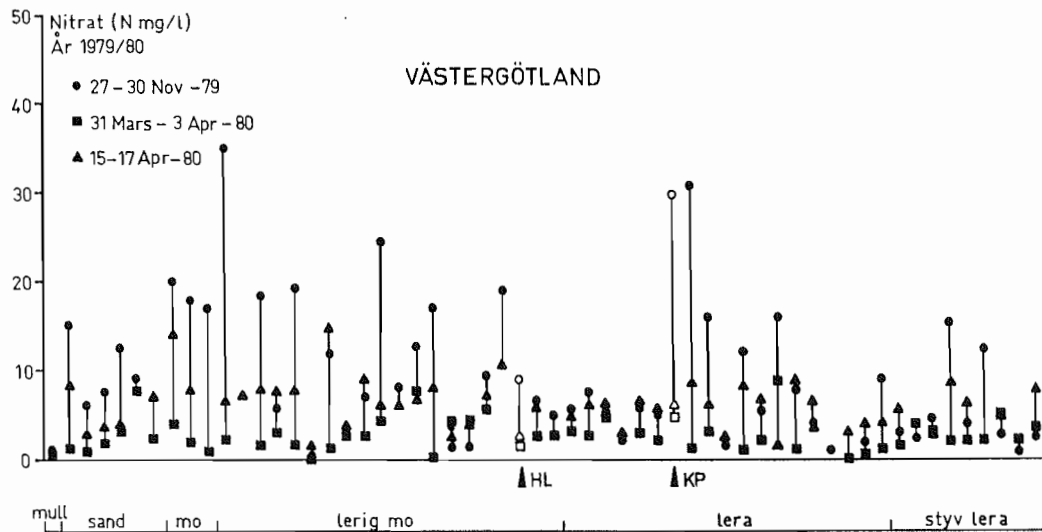


Fig. 4. Nitratens variationsbredd, tidsfördelning och beroende av jordarten. Content of nitrate depending on the soil type, its range and distribution in time. Soil types: mull, sand, fine sand, fine sand with clay, clay, heavy clay.

Tabell 5. Median för nitratmedelvärden för varje jordartsklass. *Median of nitrate for every soil type.* ($\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l).

Distrikt	År	Mull	Sand	Mo	Lerig mo	Lera	Styv lera
<i>Västergötland</i>							
Västra regionen	79/80	-	4,7	11,3	3,9	4,6	3,8
	80/81	-	5,4	9,1	5,1	3,8	3,1
Östra regionen	79/80	0,9 ^a	6,5	14,6 ^a	7,5	8,6	4,7
	80/81	1,1 ^a	7,2	11,1 ^a	7,1	3,5	4,9
<i>Östergötland</i>							
	80/81	13,1 ^a	10,6	5,4	10,7	7,9	3,1

^a Endast en provlokal. *Only one sampling station.*

Jordartsberoende. Nitrathalten var mindre beroende av jordarten än vad som funnits i Skåne och Halland (Gustafson & Hansson 1979, 1980). Det kanske mest förvånande är de relativt låga halterna på sandjordar. Detta kan vara en följd av ett snabbt utlakningsförlopp på dessa jordar. Nitrattoppen kanske redan passerat innan novemberprovtagningen ägde rum de båda åren. Den enda jordarten med genomgående låga nitrathalter var de styva lerorna i Östergötland.

Regionalt beroende. Det förelåg en klar skillnad i nitratnivåer mellan västra och östra delarna av Västergötland. Detta gällde för alla jordartsklasser utom för lerjordar andra året, vilket tydligt framgår av tabell 5 där medianvärdet för varje jordartsklass finns redovisat.

Någon motsvarande skillnad för Östergötland förelåg ej varför någon uppdelning ej gjorts där.

Orsaken till den regionala skillnaden i Västergötland är oklar.

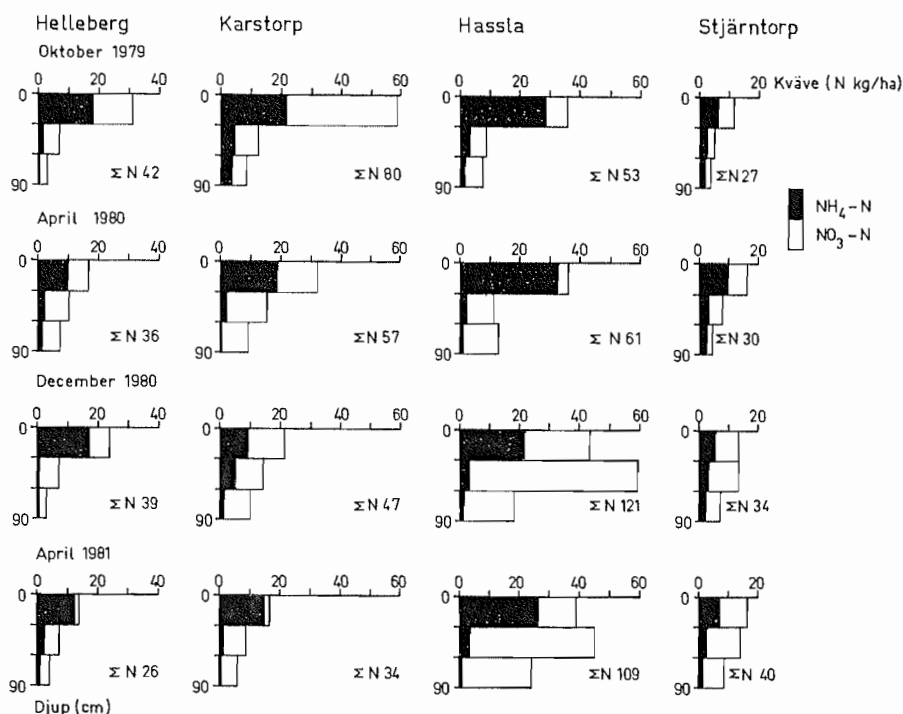


Fig. 5. Kväve i marken på försöksfälten. *Nitrogen in the soil on the experimental fields.*

Nitrat och ammonium i marken på försöksfälten. De mineraliska kvävemängderna i marken på hösten var båda åren måttliga på Helleberg och Stjärntorp (fig. 5). På Karstorp 1979 och särskilt på Hassla 1980 var kvävemängderna förhöjda. Orsaken står att finna i höstgödsling med kväve. Kvävet låg första året mera ytligt i profilen på hösten medan det andra året var något djupare fördelat. Förklaringen till detta ligger i den tidigare och kraftigare höstfloden andra året varvid kvävet hunnit vandra djupare nedåt i profilen innan provtagningen. Dessutom låg höstprovtagningen en månad senare i tiden andra året.

På vårarna var i allmänhet kvävemängderna större i det undre skiktet (60-90 cm) än på hösten. Störst blev anhopningarna på Hassla. Kvävet synes ha lätt för att vandra nedåt i djupare delar av profilen just på Hassla till skillnad mot vad som är fallet på t.ex. Karstorp. En tidigare djupprofiltagning på dessa två ställen styrker detta förhållande (fig. 6). Som konsekvens av detta torde kvävebidraget till grundvattnet vara större på Hassla än på Karstorp. På det senare stället kan därför ytvattnet förväntas få större bidrag än vad som är fallet på Hassla.

Nitralthalterna på försöksfälten. Halterna de båda undersökningsåren var tämligen representativa i jämförelse med vad som rått tidigare på respektive försöksfält (fig. 7). De hittills högsta halterna noterades det agrohydrologiska året 1976/77. Orsaken var att året 1975/76 var torrt. Nitrat ackumulerades i profilen med påföljd att mycket fanns tillgängligt för utlakning 1976/77.

De båda undersökningsåren karaktäriserades av att det förekom en nitrattopp på hösten och en på våren. Vid dessa tillfällen var marken otjälad så att hela profilen kunde lakas.

De stora kvävemängderna i jordprofilen på Karstorp 1979/80 och på Hassla 1980/81 gav högre nitrattoppar jämfört med efterföljande resp. föregående år.

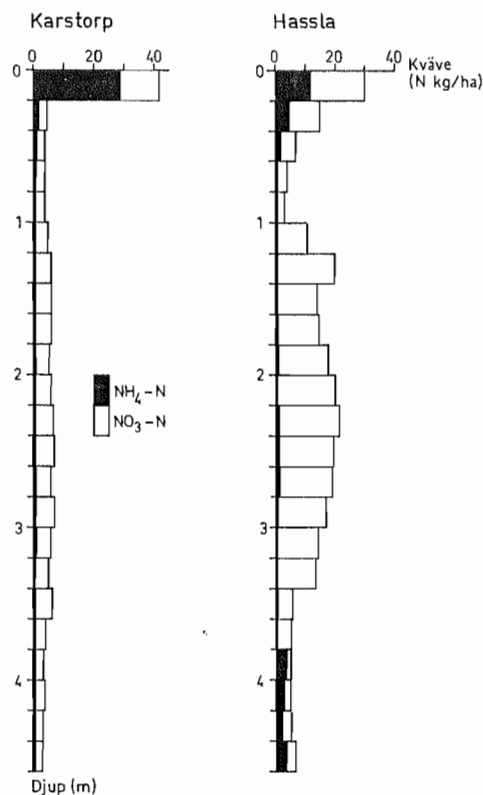


Fig. 6. Kväve i marken till 4,6 m djup. Nitrogen in the soil to a depth of 4.6 m.

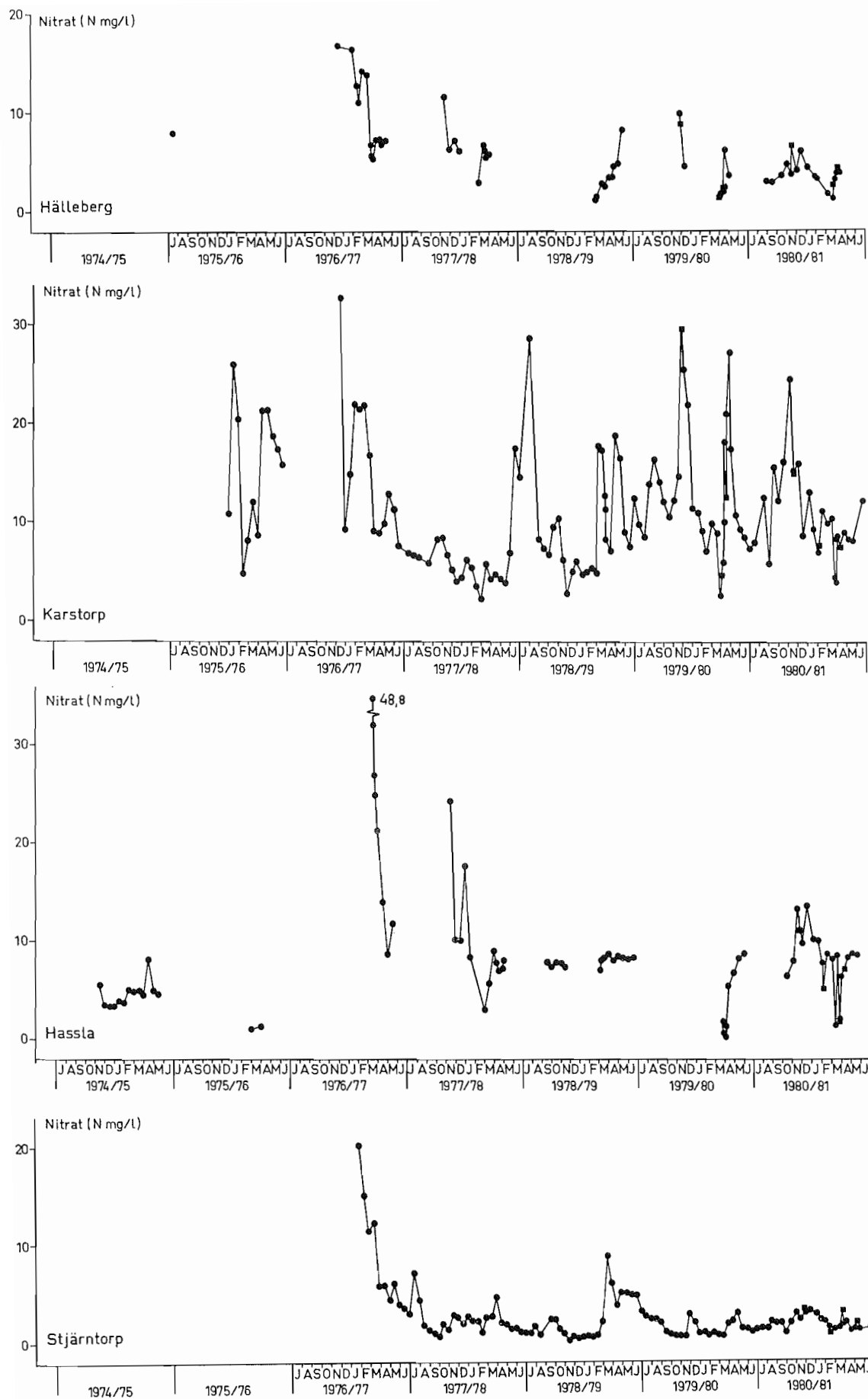


Fig. 7. Nitrat i dräneringsvatten vid försöksfälten. *Nitrate in drainage water from the experimental fields.*

Tabell 6. Transport av nitratkväve från försöksfälten. *Transport of nitrate-nitrogen from the experimental fields.*

Lokal	År	JUL-JUN	NOV-APR	%
		(kg/ha)	(kg/ha)	
Helleberg	79/80	4,7	4,7	100
	80/81	7,8	5,9	76
Karstorp	79/80	19,5	18,4	94
	80/81	25,5	18,0	71
Hassla	80/81	17,0	15,2	89
Stjärntorp	80/81	7,3	5,9	80

Representativitet. Vilket redan konstaterats visade inte utlakningen samma starka jordartsberoende som i de tidigare undersökningarna i Skåne och Halland. Jordartsinflytandet var dock så starkt att försöksfälten även här jämförs med skiften med motsvarande jordart. Skillnaden i halt mellan medelvärde för försöksfält och medianvärde för fält med motsvarande jordart i det regionala materialet blev följande (värden i NO₃-N mg/l):

Västergötland

Lerig mo	79/80	80/81	Lera	79/80	80/81
<i>Helleberg</i>	5,3	4,2	<i>Karstorp</i>	13,0	10,5
<i>Regionen</i>	3,9	5,1	<i>Regionen</i>	8,6	3,5
<i>Skillnad</i>	+1,4	-0,9	<i>Skillnad</i>	+4,4	+7,0

Östergötland

Mo	79/80	80/81	Styv lera	79/80	80/81
<i>Hassla</i>	-	6,5	<i>Stjärntorp</i>	-	2,7
<i>Regionen</i>	-	5,4	<i>Regionen</i>	-	3,1
<i>Skillnad</i>	-	+1,1	<i>Skillnad</i>	-	-0,4

Vid Helleberg, Hassla och Stjärntorp var skillnaderna små. Vid Karstorp däremot var avvikelserna särskilt andra året stor.

Någon uppenbar förklaring finns ej. Odlingsåtgärderna vad avser grödor avviker ej mot jämförelsegruppen de båda åren. Höstgödsling med kväve har dock varit vanligare på Karstorp och grödorna har kanske ej kunnat utnyttja allt kväve då höstarna varit så fuktiga.

Slutsatsen måste bli att försöksfälten Helleberg, Hassla och Stjärntorp väl representerar kväveförlusterna för fält med motsvarande jordart i regionerna. Kväveförlusterna på Karstorp är däremot för höga för motsvarande jordart (lera) och liknar istället storleksmässigt mojordarna.

Transport. Kvävetransportens tidsfördelning (fig. 8) var en återspeglning av avrinningens tidsfördelning. Hösttransporten andra året var större och började tidigare än vad som normalt varit fallet tidigare. Den var även större än vårtransporten.

Av intresse är hur stor del av den totala årstransporten som skedde under undersökningsperioden november-april de båda åren (tabell 6).

Då en så stor andel av kvävetransporten skedde under november-april kan det regionala materialet nyttjas för att skatta årstransporten för de olika jordartsklasserna i det regionala materialet (tabell 7).

Tabell 7. Medianvärden för nitrattransport (N kg/(ha·år)). *Median values for transport of nitrate.*

År	Mull	Sand	Mo	Lerig mo	Lera	Styv lera
<i>V. Västergötland</i>						
79/80	-	3	8	3	3	3
80/81	-	11	19	11	8	6
<i>Ö. Västergötland</i>						
79/80	1 ^a	7	16 ^a	8	10	5
80/81	2 ^a	15	23 ^a	14	7	10
<i>Östergötland</i>						
80/81	26 ^a	21	11	21	16	6

^a Endast en provlokal. *Only one sampling station.*

Transporterna var i allmänhet lägre än vad Gustafson & Hansson 1980 fann i Skåne och Halland. Endast gruppen lera i Östergötland hade motsvarande mängder. Förklaringen ligger sannolikt i det kallare vinterklimatet vilket dämpar mineralisering och utlakningsmöjligheterna under högvintern.

Transporterna var nästan genomgående högre andra året. Det var den kraftigare höstfloden detta år som var den starkast bidragande orsaken till detta. Vidare förelåg en tendens till högre transporter i Östergötland än Västergötland. Någon omedelbar förklaring till detta står ej att finna.

De relativt låga transporterna på sand- och mojordarna kan vara en följd av ett snabbt utlakningsförlopp på dessa jordar. Mycket nitrat kanske redan hade passerat innan den första provtagningen ägde rum de båda åren.

Gödslingsnivå och nitrathalt. Vid användning av både handelsgödsel och stallgödsel var kvävegivorna i allmänhet högre än vid användning av enbart handelsgödsel. Den högre gödselgivan slog emellertid inte igenom i motsvarande grad på nitrathalterna (fig. 9).

Att nitrathalterna inte blev större vid de kombinerade givorna kan delvis förklaras med ammoniakavgång till atmosfären i samband med gödselhanteringen.

Gröda, gödslingsnivå och utlakning. För skiften där endast en gröda odlats inom avrinningsområdet kan sambandet mellan gödslingsnivå och utlakning studeras för enskilda grödor. Med medianvärde för skiften med samma gröda och indelning efter jordart erhöles resultat enligt fig. 10.

Utlakningen var högre andra året för samtliga grödor utom för oljevaxter på mo och lerjordar.

Oljevaxterna hade en i förhållande till gödslingsintensiteten låg utlakning. Speciellt på lerjordarna i Västergötland var den mycket låg. I de flesta fallen odlades våroljevaxter, vilka i allmänhet mognade och skördades relativt sent. Detta förhållande bidrog till att höstmineraliseringen ej kunde verka under så lång tid. Mängden utlakningsbart nitrat som bildades blev mindre än som annars skulle varit fallet.

I samband med potatisodling blev utlakningen måttlig i jämförelse med vad som uppmätts i Skåne och Halland (Gustafson & Hansson 1980).

Efter höstsäd var läckaget i de flesta fallen större än efter vårsäd. Högsta värdet erhöles dock efter vårsäd på sandjord i Östergötland.

Något jämförbart höstsädsvärde fanns emellertid ej här. Det lägre läckaget efter vårsäd kan delvis förklaras av att den dominerande grödan i materialet var havre, vilken skördas senare än höstsäden. Den senare skörden ledde till mindre höstmineralisering och därmed lägre utlakning i likhet med vad som var fallet för oljeväxterna.

Frånvaron av eller sen jordbearbetning på hösten och (eller) närvaron av en växande gröda dämpade således utlakningen. Vallodling erbjuder härvid optimala betingelser. Vallarna hade också relativt lågt läckage.

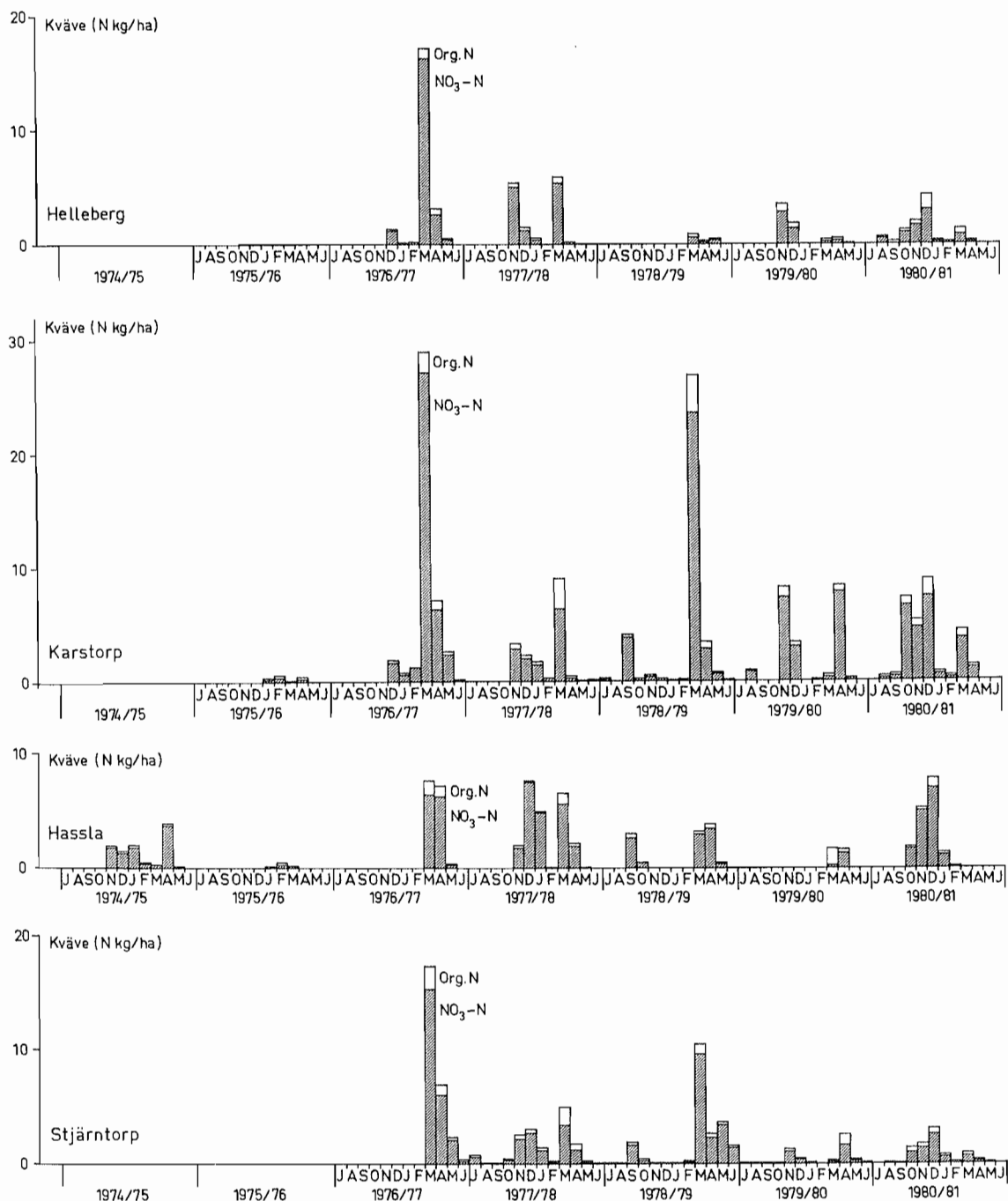


Fig. 8. Transport av kväve från försöksfälten. *Transport of nitrogen from the experimental fields.*

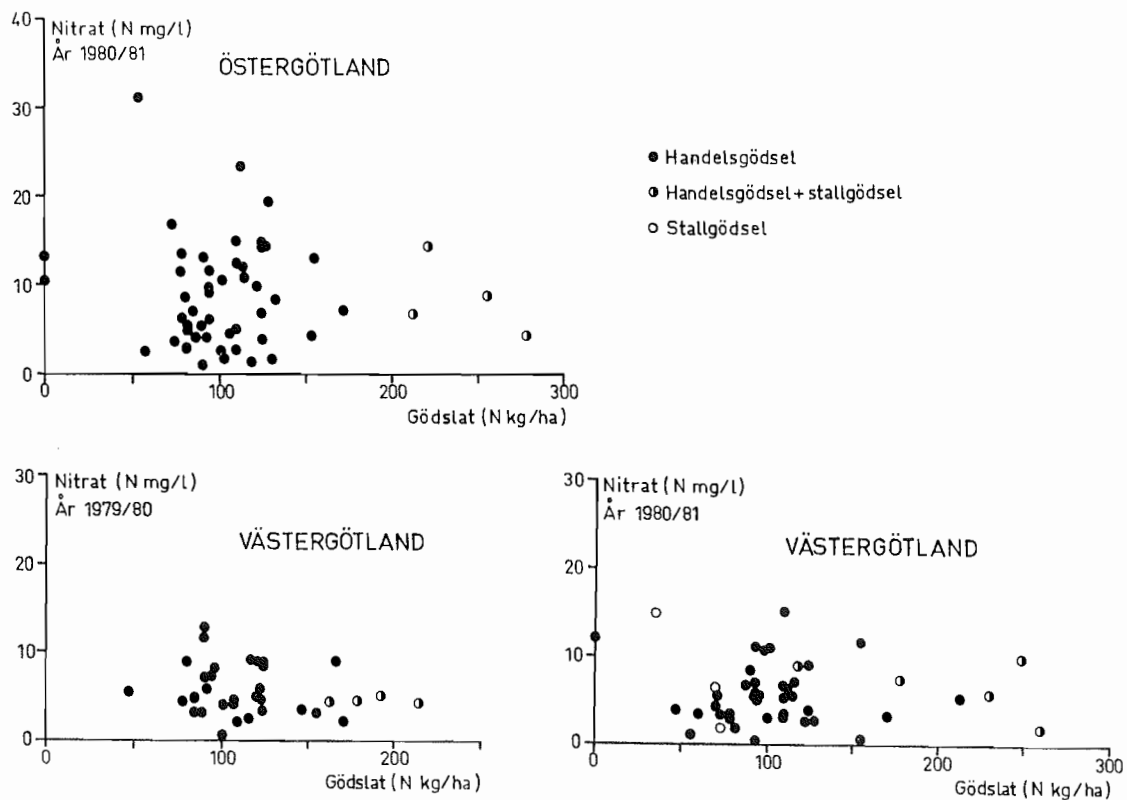


Fig. 9. Gödsling och nitrathalt. *Fertilization and content of nitrate, Commercial fertilizer, manure, commercial fertilizer and manure.*

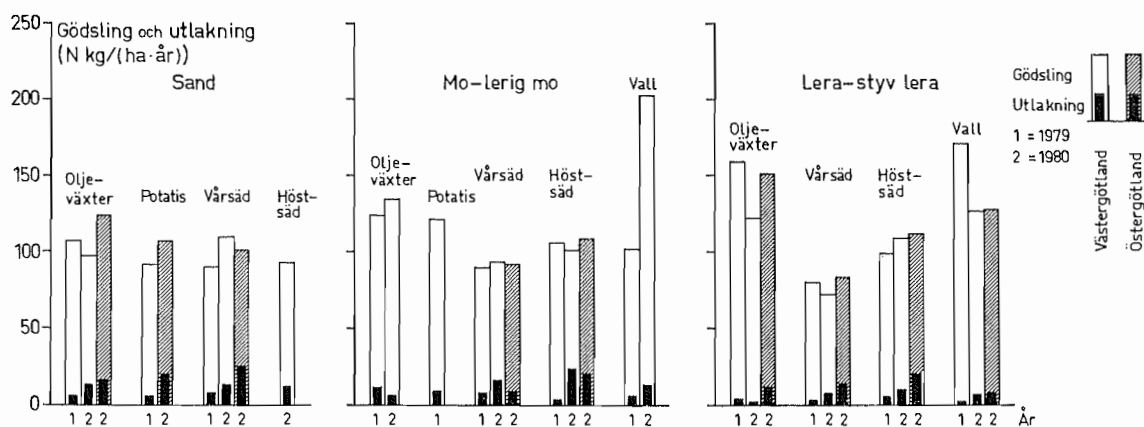


Fig. 10. Utlakning beroende på jordart, gröda och kvävegödslingsnivå. *Leaching depending on soil type, crop type and level of nitrogen dressing.*

Tabell 8. Medianvärden för totalfosfor för varje jordartsklass. *Median values for total phosphorus for every soil type.*

Region	År	Mull	Sand	Mo	Lerig mo	Lera	Styv lera
<i>Halt (P mg/l)</i>							
V. Västergötland	79/80	-	0,027	0,062	0,178	0,144	0,150
	80/81	-	0,050	0,022	0,140	0,122	0,085
Ö. Västergötland	79/80	0,113 ^a	0,025	0,029	0,156	0,178	0,158
	80/81	0,045 ^a	0,095	0,024	0,102	0,251	0,239
Östergötland	80/81	0,140 ^a	0,067	0,031	0,050	0,173	0,121
<i>Transport (P kg/(ha·år))</i>							
V. Västergötland	79/80	-	0,02	0,05	0,13	0,11	0,11
	80/81	-	0,10	0,05	0,29	0,25	0,18
Ö. Västergötland	79/80	0,13 ^a	0,03	0,03	0,18	0,20	0,18
	80/81	0,09 ^a	0,19	0,05	0,21	0,51	0,49
Östergötland	80/81	0,28 ^a	0,13	0,06	0,10	0,35	0,24

^a Endast en provlokal. *Only one sampling station.*

Totalfosfor

Jordartsberoende. Höga halter noterades främst på leriga jordar medan sand- och mojordar hade relativt måttliga halter (tabell 8).

Regionalt beroende. Någon entydig utpräglad skillnad i fosforhalter förelåg inte mellan de olika regionerna. Högsta medianvärdet erhöles i gruppen leror i västra Västergötland.

Variationsbredd och flödesberoende. Halterna varierade vid många punkter kraftigt under året (fig. 11 och 12). Speciellt i samband med hög avrinning var fosforhalten hög. Partikelbunden fosfor kunde då transporteras ut. Den stora variationsbredden visar nödvändigheten av täta provtagningar om fosforförlusten skall kunna beskrivas korrekt.

Beroende av gödsling. I några punkter var halterna mycket höga. Det gäller främst Västergötland 79/80. I de flesta av dessa fall hade organisk gödsel spridits på frusen mark och fosfor från gödseln följde med ytavrinningen.

Representativitet. Skillnaden i fosforhalt mellan medelvärde för försöksfält och medianvärde för skiften med motsvarande jordart i det regionala materialet blev följande (värden i P mg/l):

Västergötland

Lerig mo	79/80	80/81	Lera	79/80	80/81
<i>Helleberg</i>	0,112	0,098	<i>Karstorp</i>	0,095	0,161
<i>Regionen</i>	0,172	0,140	<i>Regionen</i>	0,178	0,251
<i>Skillnad</i>	-0,060	-0,042	<i>Skillnad</i>	-0,083	-0,090

Östergötland

Mo	79/80	80/81	Styv lera	79/80	80/81
<i>Hassla</i>	-	0,083	<i>Stjärntorp</i>	-	0,122
<i>Regionen</i>	-	0,031	<i>Regionen</i>	-	0,121
<i>Skillnad</i>	-	+0,052	<i>Skillnad</i>	-	+0,001

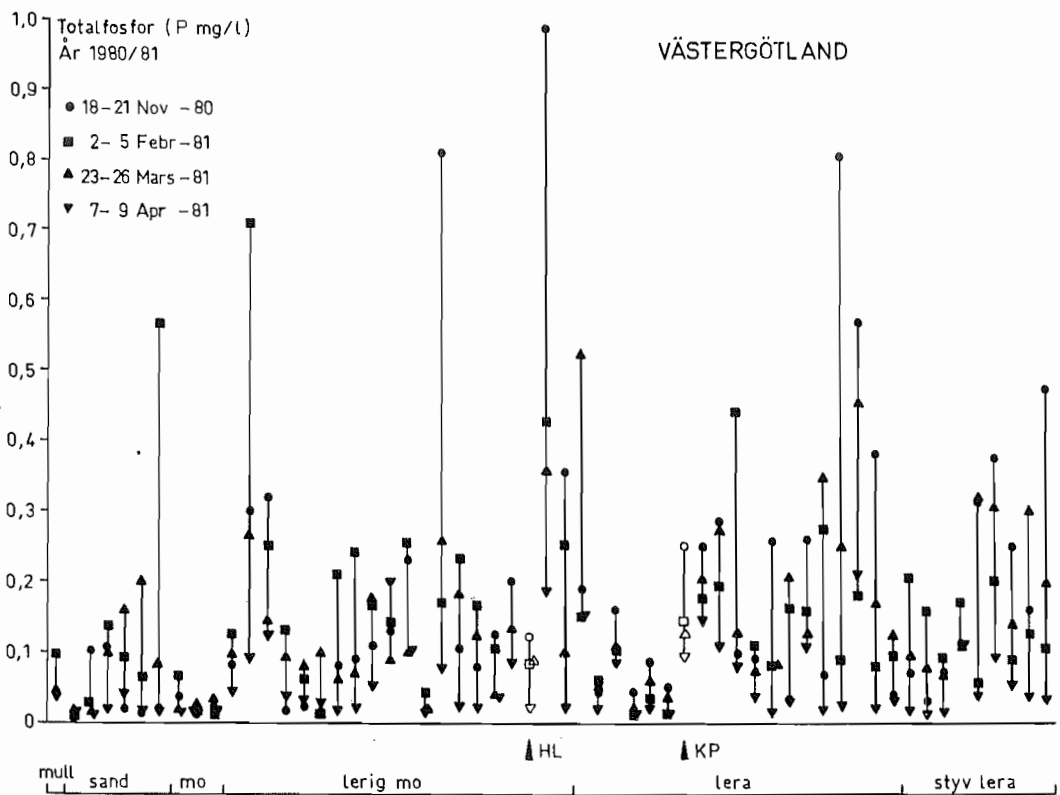
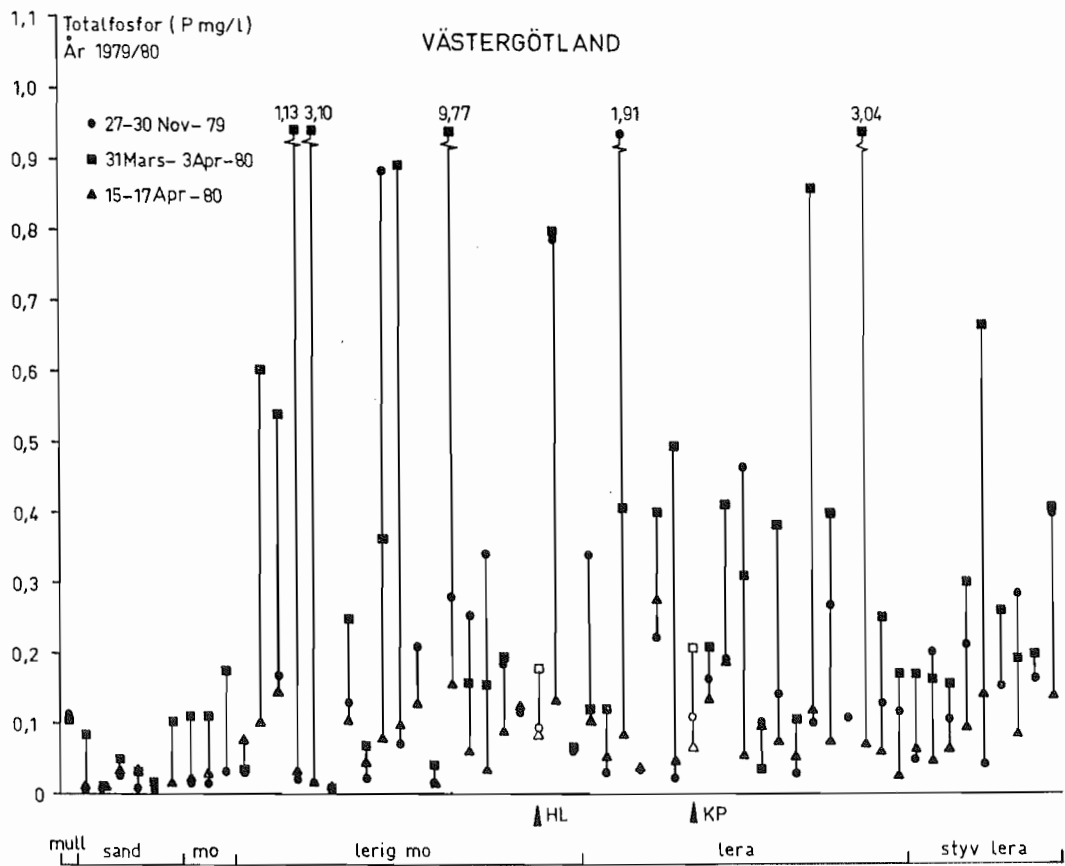


Fig. 11. Totalfosforhaltens variationsbredd och beroende av jordarten.
Content of total phosphorus and its range depending on the soil type.

För Stjärntorp var överensstämmelsen nära nog exakt. Vid de övriga var avvikelserna mycket större. Den får ändå anses acceptabel med tanke på de stora variationer som fosforhalten var underkastad. Rent storleksmässigt var därför fosforhalten vid försöksfälten representativa för fält med motsvarande jordarter.

Transport från skiftena. Det förhållandevis kraftiga beroendet mellan avrinning och fosforhalt på många fält innebär att den tillämpade provtagningsfrekvensen i många fall är otillräcklig för att rättvisande beskriva fosforförlusterna. Transportvärden beräknade på samma sätt som för nitrat bör dock ge en bra fingervisning om transportens storleksordning (tabell 8).

Transport från försöksfälten. Beräknad på årsbasis blev totalfosfortransporten från försöksfälten (värden i P kg/(ha·år)):

År	Helleberg	Karstorp	Hassla	Stjärntorp
80/81	0,15	0,34	0,07	0,35

Skillnaderna i de transporterade mängderna mellan försöksfälten motsvarades ej på samma sätt av skillnader i fosformängderna i jorden på lera, ty de var tämligen likartade (fig. 13).

Jordarten och topografin orsakade istället skillnaderna. Helleberg och Hassla med mojordar och flacka fält gav lägre förluster än Karstorp och Stjärntorp med lerjordar och större kuperingsgrad.

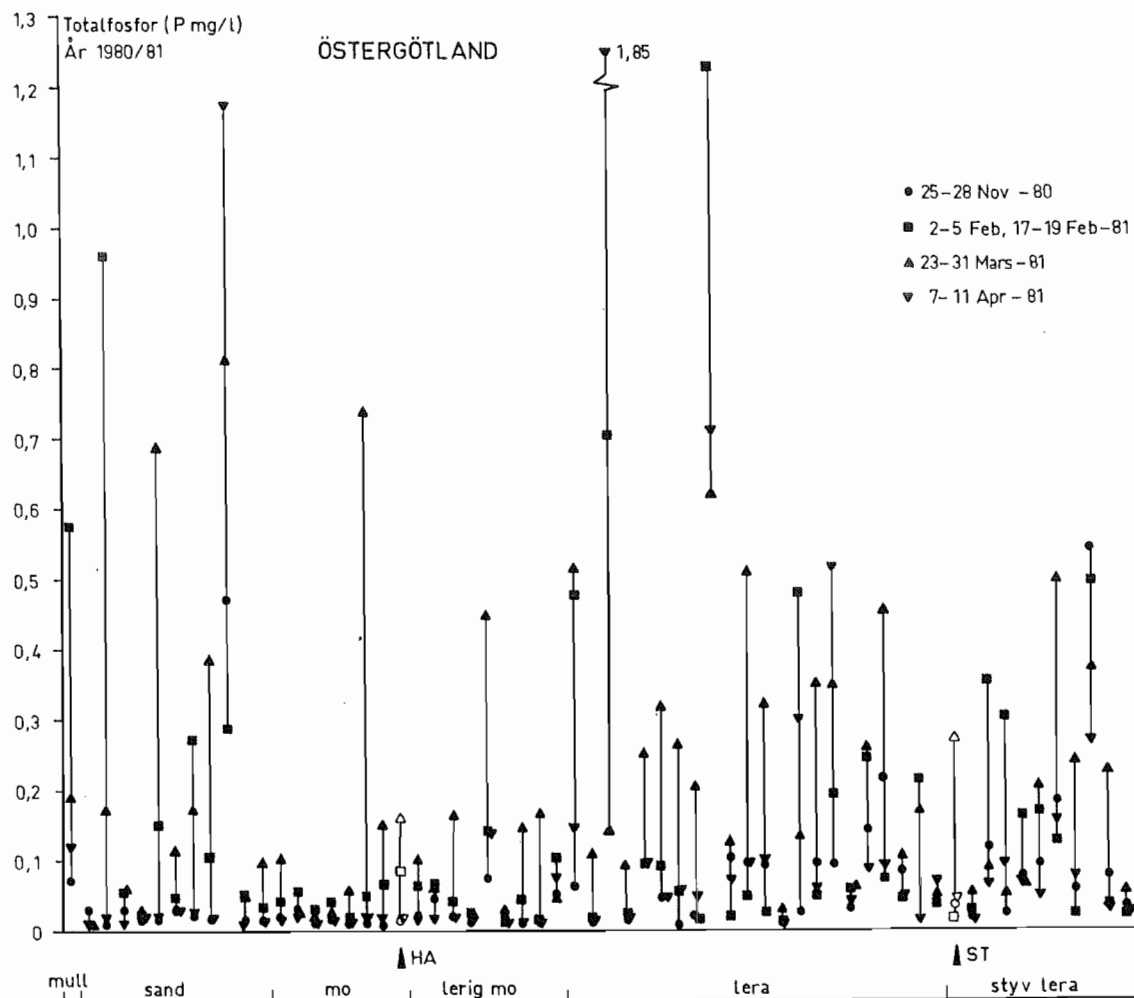


Fig. 12. Totalfosforhaltens variationsbredd och beroende av jordarten. Content of total phosphorus and its range depending on the soil type.

Tabell 9. Medianvärden för kalium för varje jordartsklass. *Median values for potassium for every soil type.*

Region	År	Mull	Sand	Mo	Lerig mo	Lera	Styv lera
<i>Halt (K mg/l)</i>							
V. Västergötland	79/80	-	5,0	2,8	1,6	3,0	2,3
	80/81	-	6,4	1,5	2,7	2,4	1,5
Ö. Västergötland	79/80	16,2 ^a	3,9	13,6 ^a	2,7	2,0	2,3
	80/81	2,9 ^a	2,8	5,6 ^a	2,8	3,5	2,8
Östergötland	80/81	3,9 ^a	2,0	0,8	0,9	2,5	2,7
<i>Transport (K kg/(ha·år))</i>							
V. Västergötland	79/80	-	3,7	2,1	1,2	2,2	1,7
	80/81	-	13,3	3,1	5,6	5,0	3,1
Ö. Västergötland	79/80	18,3 ^a	4,4	15,4 ^a	3,1	2,3	2,6
	80/81	5,9 ^a	5,7	11,4 ^a	5,7	7,1	5,7
Östergötland	80/81	7,8 ^a	4,0	1,6	1,8	5,0	5,4

^a Endast en provlokal. *Only one sampling station.*

Kalium

Jordartsberoende och variationsbredd. Någon genomgående tendens till visst jordartsberoende förelåg ej (tabell 9). Dock uppvisade sandjordarna i västra Västergötland högre läckage än övriga jordar i denna region. Orsaken till detta kan troligen sökas i en svagare kaliumadsorption beroende på låg lerhalt kombinerat med god kaliumgödsling. Särskilt lågt kaliumläckage uppvisade mojordarna i Östergötland. Låg kaliumtillgång i dessa jordar kan vara en förklaring till detta.

Variationsbredden var i de flesta fall liten och klart mindre än vad som var fallet för nitrat och totalfosfor (fig. 14).

Beroende av gödsling. I de fall då kaliumhalten översteg 10 K mg/l kunde dessa relativt höga halter knytas till kraftig gödsling antingen med handelsgödsel eller stallgödsel.

Transport från skiftena. På motsvarande sätt som för nitrat och totalfosfor kan en skattning av transporten göras (tabell 9).

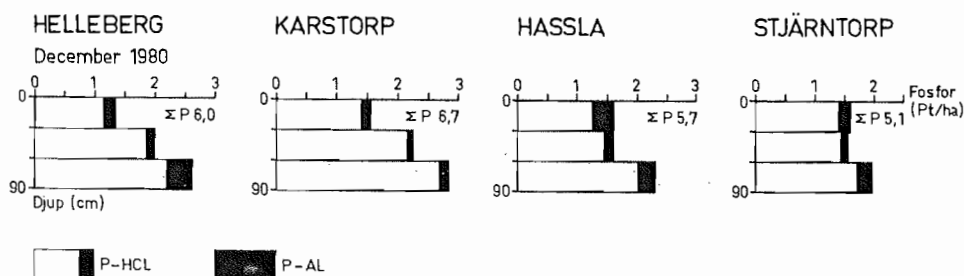


Fig. 13. Fosfor i marken hösten 1980. *Phosphorus in the soil in the autumn 1980.*

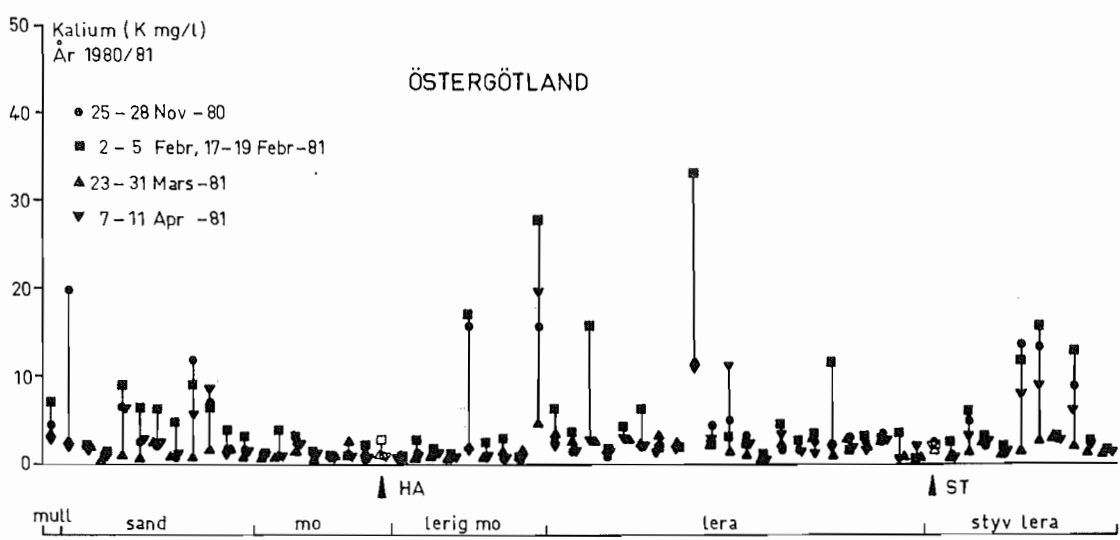
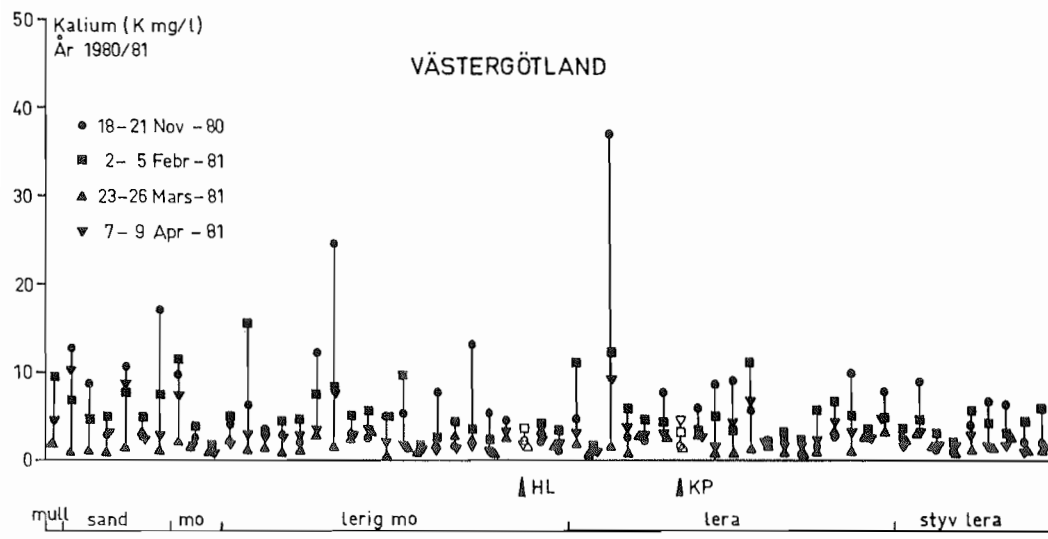
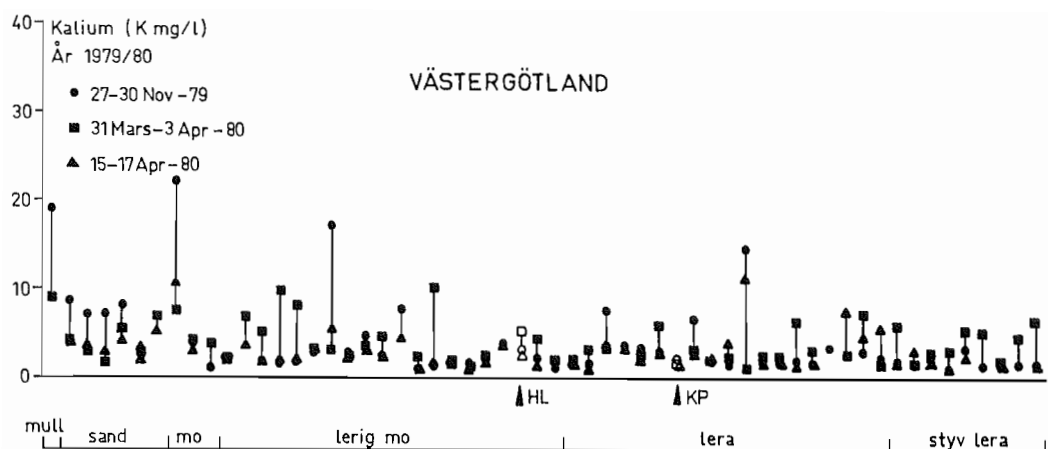


Fig. 14. Kaliumhaltens variationsbredd och beroende av jordarten.
Content of potassium and its range depending on the soil type.

Transport från försöksfälten. Beräknad på årsbasis blev kaliumtransporten från försöksfälten (värden i K kg/(ha·år)):

År	Helleberg	Karstorp	Hassla	Stjärntorp
80/81	5,1	4,9	3,5	8,2

Transporten var således störst från Stjärntorp och minst från Hassla. Detta är en återspeglning av kaliumsituationen i jorden på försöksfälten (fig. 15). Stjärntorp hade största mängden förrådskalium av alla och Hassla minst. Dessutom hade Stjärntorp största mängden lättlösligt kalium medan de övriga var ganska lika i detta avseende. Jordartens betydelse för mängden förrådskalium framgår likaledes entydigt. De båda lerjordarna Karstorp och Stjärntorp har större förråd än mojordarna Helleberg och Hassla. Om de båda mojordarna skall kunna lämna kalium till grödan i tillräcklig mängd krävs årliga kaliumgödslingar, vilket skedde i fallet Helleberg. Vid Hassla gödslades fyra gånger på sju år.

Representativitet. Skillnaden i kaliumhalt mellan medelvärde för försöksfält och medianvärde för fält med motsvarande jordarter i det regionala materialet blev följande (värden i K mg/l):

Lerig mo	79/80	80/81	Lera	79/80	80/81
Helleberg	3,3	1,9	Karstorp	1,6	1,9
V. regionen	1,6	2,7	Ö. regionen	2,0	3,5
Skillnad	+1,7	-0,8	Skillnad	-0,4	-1,6
Mo	79/80	80/81	Styv lera	79/80	80/81
Hassla	-	1,0	Stjärntorp	-	2,0
Regionen	-	0,8	Regionen	-	2,7
Skillnad	-	+0,2	Skillnad	-	-0,7

Skillnaderna var inte större än att försöksfälten måste anses ha god regional representativitet.

REPRESENTATIVITET

Försöksfälten Helleberg, Hassla och Stjärntorp hade halter av kväve, totalfosfor och kalium som låg i närheten av halterna i vatten från fält med motsvarande jordarter i det regionala materialet. Dessa försöksfält hade således god regional representativitet.

För Karstorps del var överensstämmelsen god båda åren för fosfor och kalium medan för kväve halterna var högre än i det regionala jämförelsematerialet. Istället för att representera en lerjord så låg mojordarna bättre till. Någon uppenbar orsak till förhållandet förelåg inte.

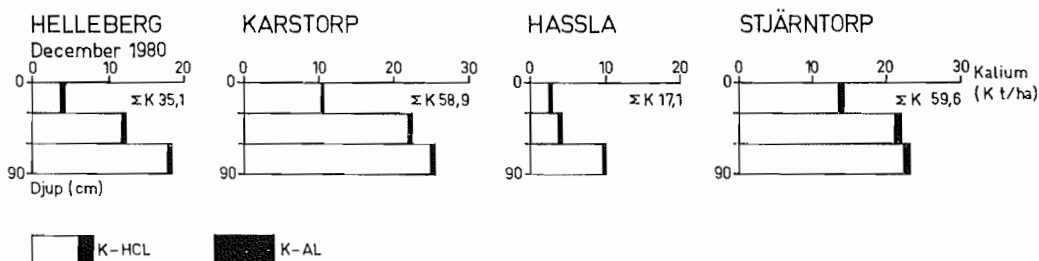


Fig. 15. Kalium i marken hösten 1980. Potassium in the soil in the autumn 1980.

LITTERATUR

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die Chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes die Böden. II Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*, 199-215.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1979. Växtnäringsläckage på Kristianstadsslätten. *Ekohydrologi nr 3*, 1-19.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1980. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. *Ekohydrologi nr 6*, 3-20.
- Lindén, B. 1979. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. *Rapport nr 112*, 1-29. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med "Ultunaborren" - för markkartering och framtida N-prognoser. *Rapport nr 119, 120*, 1-29. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER FRÅN ÅKER OCH SKOG I SÖDERMANLAND

Losses of nutrients from arable land and forests in Södermanland

Barbro Ulén

Abstract. Investigations of leakage of nutrients from arable land have been in progress since 1972 under the auspices of the Division of Water Management at the Swedish University of Agricultural Sciences. For this purpose a network of experimental fields was established covering the entire country. Each field represents the nutrient loss in a certain agricultural region. The regional representativity is, therefore, of vital significance. Investigations of leakage of nutrients from forests have also been made. These investigations deal with the representativity of the experimental field at Flinkesta and the experimental forest at Däntersta in the county of Södermanland in central Sweden.

Water samples were taken three and four times a year respectively for two years from forty fields and forty forest localities.

The soil type in the fields was usually clay.

The nitrate concentration did not show any clear dependence on soil type, nor the nitrate concentration any connection with nitrogen dressing.

The highest phosphorus and potassium concentrations were measured on stiff clay.

Among the forests higher nutrient concentrations were found in dry than in acid areas.

The experimental field was representative for the region as regards potassium but the phosphorus concentrations were high. The nitrate was rather low, which may depend on the crop.

The representativity of the experimental forest was fairly good but discrepancies with the region may occur.

INLEDNING

Vid avdelningen för vattenvård vid Sveriges Lantbruksuniversitet undersöks växtnäringsförluster till yt- och grundvatten från åkermark under ordinär jordbruksdrift. För detta ändamål mäts växtnäringsförlusterna från sexton försöksfält spridda över hela riket. För att undersöka fältens representativitet har regionala undersökningar utförts på Kristianstads-slätten (Gustafson & Hansson, 1979), i Skåne och Halland (Gustafson & Hansson, 1980), i Västergötland och Östergötland (Gustafson & Gustavsson, 1981).

I Södermanland mäts växtnäringsförlusterna från åkerskiftet Flinkesta och från ett närbeläget skogsskifte Däntersta, båda belägna vid Ekenäs 15 km söder om Flen. Dessa mätningar har pågått sedan 1973 respektive 1976. De har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978) och Brink (1979).

MÅL

Den regionala undersökningen skall ge underlag för bedömning av åkerskiftets och skogsskiftets representativitet vad avser växtnäringsförluster till ytvatten.

PROVPLATSER

I samråd med Lantbruksnämnden i Södermanlands län utvaldes 40 täckdikade åkerskiften (fig. 1). Samtidigt utvaldes 40 skogsbäckar i regionen. Provplatserna valdes så att vattenprov kunde tas som härstammade enbart från åker respektive skog.

MATERIAL OCH METODER

Provtagning och analys

Vattenprovtagning pågick de båda agrohydrologiska åren (juli-juni) 1979/80 och 1980/81. Sammanlagt skedde provtagning sju gånger under några typiska avrinningsssituationer (fig. 2). Efter konservering sändes proven omedelbart till eget laboratorium för analys.

Analyserna omfattade nitritkväve, nitratkväve, fosfatfosfor, totalfosfor och kalium. Prov från skog analyserades dessutom vid ett par tillfällen (november 1979 och januari 1980) på pH. Analysmetoderna har beskrivits av Brink *et al.* (1978).

Beräkningsmetoder för växtnäringstransport

Medelvärdet under det agrohydrologiska året för varje enskild provlokal har beräknats som vägt aritmetiskt medeltal med försöksfältets och försöksskogens avrinning som vägfaktor. Transportvärden är beräknade som produkten av det vägda koncentrationsmedeltalet och avrinningen.

Jordartsklasser

Bedömningen av jordarterna på åkerskiftena grundar sig på uppgifter på täckdikeshöjningar, på kartering av Sveriges Geologiska Undersökning och på okulärbesiktning vid provtagning. Den dominerande jordarten är lera. Följande klassindelning har gjorts: (1) Organogena jordar som omfattar kärrtorv och gyttja, (2) sand och mo, (3) lättlera, (4) mellanlera och (5) styv lera.

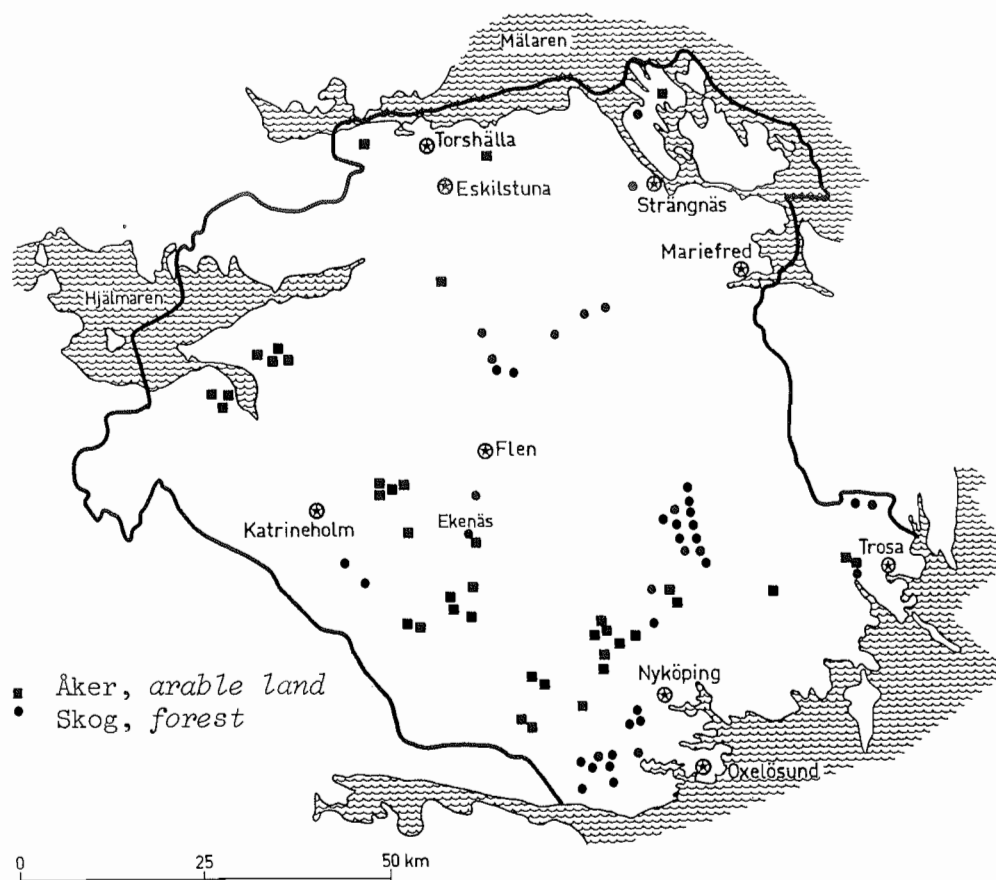


Fig. 1. Provpunkter på åker. *Sampling stations on arable land.*
Provpunkter i skog. *Sampling stations in forests.*

Tabell 1. Gröda och gödsel på Flinkesta. *Crop and fertilizer at Flinkesta.*

År	Gröda	Crop	Handelsg. (kg/ha)			Stallg. (ton/ha)	
			N vår	P	K	Fast	Flyt
1973	Höstvete	Winter wheat	62	0	0	20 ^a	0
1974	Vårraps	Summer rape	104	24 ^b	30 ^b	0	0
1975	Höstvete	Winter wheat	78	28 ^c	0	0	0
1976	Korn	Barley	78	18	0	0	0
1977	Havre+insädd	Oats+re-seed	65	15	0	0	0
1978	Vall I	Ley I	64+42	28	52	0	0
1979	Vall II	Ley II	104+42	24	0	0	0
1980	Vall III ^d	Ley III	91+28	28	0	0	0

^aTill träda juli 72. *To fallow July 72.* ^bBehovsgödsel på 1/3 av arealen. *Fertilized on 1/3 of the area.* ^cGödsel hösten 74. *Fertilized autumn 74.* ^dVallbrott hösten 80. *Ploughing up autumn 80.*

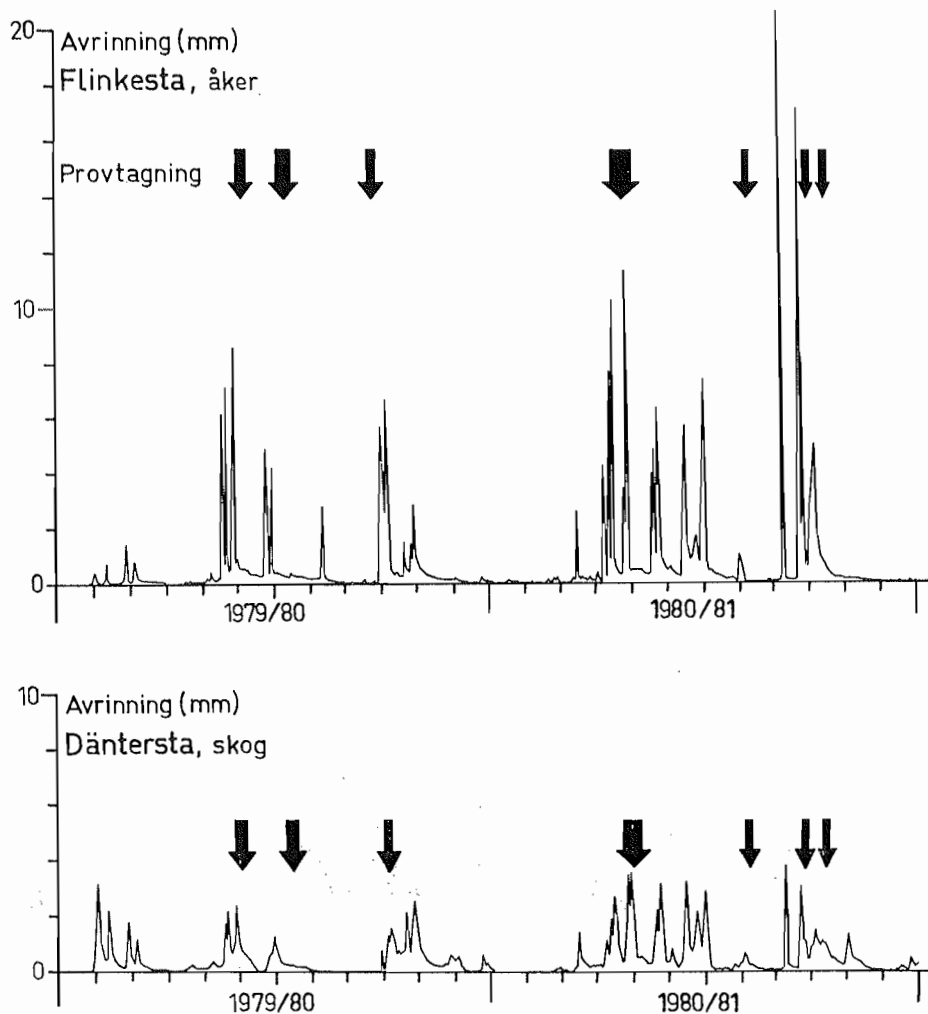


Fig. 2. Avrinning från försöksåker och försöksskog. Pilar indikerar provtagningstid för regionala prov. *Runoff at experimental field and forest. Arrows show sampling times for regional samples.*

Tabell 2. Gröda och gödsel på provfält i regionen 1979 och 1980. *Crop and fertilizer at sampling fields in the region 1979 and 1980.*

Gröda	Crop	Handelsgödsel (kg/ha)				Stallg. (t/ha)	
		N höst	N vår	P	K	Fast	Flyt
<i>Enbart handelsgödsel</i>							
Höstvete	Winter wheat	0-70	0-119	0-32	0-48	0	0
Våroljev.	Spring oil plant	0	30-126	0-26	0-40	0	0
Korn	Barley	0	42-104	0-30	0-41	0	0
Havre	Oats	0	0-104	0-30	0-52	0	0
Vall	Ley	0	42-96	0-42	0-78	0	0
Vårvete	Spring wheat	0	100-104	0-24	0	0	0
<i>Handelsgödsel och stallgödsel</i>							
Höstvete	Winter wheat	0	0	0	0	10-20	0
Våroljev.	Spring oil plant	0	100-131	0-25	0-40	0-20	0-50
Korn	Barley	0	47-60	0	0	20-30	0
Höstoljev.	Winter oil plant	0-28	0-150	0	0	10-20	0

RESULTAT

Odlingsåtgärder

Odlingsåtgärder på försöksfältet under perioden 1973/80 visas i tabell 1. Växtodlingen har varit allsidig och är representativ för en kreatursgård. Avkastningen har varit tillfredsställande (Gustafson, Ryding & Ulén 1981). På åkerskiftena i regionen var de vanligaste grödorna havre, korn, höstvetete och vall. Gödslingen varierade kraftigt (tabell 2). Vad gäller fosfor- och kaliumgödslingen var det oftast fråga om en

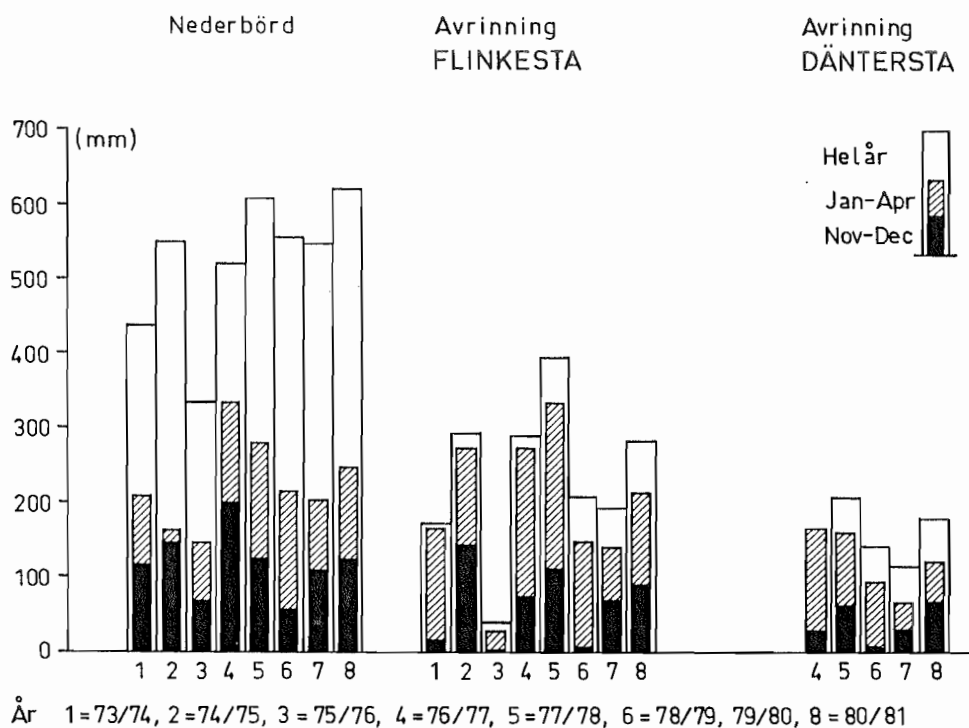


Fig. 3. Nederbörd och avrinning vid försöksåker och försöksskog. *Precipitation and runoff at experimental field and forest.*

Tabell 3. Bärgad skörd i Södermanlands län (t/ha) enligt officiell statistik. *Harvest in the county of Södermanland (t/ha) according to official statistics.*

Gröda	Crop	1979	1980
Vall	<i>Ley</i>	5,6	6,2
Höstvete	<i>Winter wheat</i>	4,5	4,4
Vårvete	<i>Spring wheat</i>	3,5	3,8
Höstråg	<i>Winter rye</i>	3,3	3,8
Korn	<i>Barley</i>	3,6	3,7
Havre	<i>Oats</i>	3,8	3,7
Höstoljeväxter	<i>Winter rape</i>	2,0	1,2
Våroljeväxter	<i>Summer rape</i>	1,5	1,6

förrådsgödsling. Eftersom lerjordar dominerade var dessa gödselgivor måttliga. Fast- och flytgödselspridning skedde antingen på hösten eller våren. Vid beräkningen har N:P:K-sammansättningen antagits till 5:1:2,5 för fastgödsel och 3,5:1:3 kg/ton för flytgödsel. På ett ställe har även rötslam använts.

Enligt officiell statistik (tabell 3) var skörden av normal storlek. Avkastningen av de vanligaste grödorna var snarlik de båda åren.

Vad beträffar skogen förekommer skogsgödsling knappast alls i Södermanland.

Nederbörd och avrinning

Årsnederbörden för Södermanland under 1931-1960 var enligt SMHI 550-600 mm/år. Åren i mitten på 70-talet hade låg årsnederbörd (fig. 3). Det första året då regionalundersökningen gjordes hade en ganska normal nederbörd (550 mm) medan nederbörden det andra året var hög (666 mm).

Avrinningen från Flinkesta har varierat mer än årsnederbörden. Mellan 72 och 98 procent har runnit av under november-april. Snösmältningen har vissa år svarat för knappt hälften men vissa år för 80-90 % av årsavrinningen. Under de båda sista åren var snösmältningen ganska liten till följd av den ringa snötillgången. Däremot var avrinningen vissa enskilda dygn stor (fig. 2).

Avrinningen från Däntersta var mindre och betydligt mer utjämnad.

Nitrat

Variationsbredd och tidsfördelning. Variationen i nitrathalten i enskilda provpunkter var i många fall stor. Genomgående uppmättes de högsta värdena under oktober 1980 (tabell 4). Höstfloden som var kraftig detta år gjorde att uttvättningen blev effektiv från åkermarken. Eftersom marken var frusen under vintern var nitratvärdena låga. Den effektiva avspolningen under hösten 1980 kan ha bidragit till att haltena under den efterföljande våren också var ganska låga.

Jordartsberoende. Nitrathalten var mindre beroende av jordarten (fig. 4) än vad som funnits i Skåne och Halland (Gustafson & Hansson 1980) och i Västergötland (Gustafson & Gustavsson 1981). De undersökta åkerskiftena i Södermanland hade emellertid ganska enhetliga jordarter. Sand och mojordar var få. Liksom i Västergötland och Östergötland var nitrathaltena från organogena jordar låga.

Från sura skogsmarker (bäckar med pH mindre än 5,5) var nitrathaltena lägre än från mindre sura. Medianvärdet var 0,04 respektive 0,09 NO₃-N mg/l för sura respektive mindre sura skogsbäckar.

Tabell 4. Medianvärden för varje provomgång. *Median of each sampling occasion.*

	Nov 79	Jan 80	Apr 80	Okt 80	Feb 81	Mar 81	Apr 81
<i>Nitrat (NO₃-N mg/l)</i>							
Åker <i>Field</i>	4,9	1,9	5,6	5,9	1,9	2,6	2,6
Skog <i>Forest</i>	0,11	0,07	0,13	0,07	0,08	0,09	0,02
<i>Fosfat (PO₄-P mg/l)</i>							
Åker <i>Field</i>	0,050	0,013	0,055	0,066	0,075	0,080	0,038
Skog <i>Forest</i>	0,007	0,005	0,008	0,003	0,004	0,003	0,005
<i>Totalfosfor (Tot-P mg/l)</i>							
Åker <i>Field</i>	0,111	0,035	0,108	0,219	0,261	0,319	0,102
Skog <i>Forest</i>	0,022	0,014	0,023	0,015	0,015	0,021	0,021
<i>Kalium (K mg/l)</i>							
Åker <i>Field</i>	2,7	3,0	2,7	3,2	5,1	3,4	2,8
Skog <i>Forest</i>	1,0	0,7	0,8	0,7	1,1	0,5	1,0

Representativitet. Försöksfältets och försöksskogens nitrathalter skilde sig från regionen som helhet. Medianvärdet för dessa och för hela regionen var (värden i NO₃-N mg/l):

	79/80	80/81		79/80	80/81
Flinkesta	1,1	0,8	Däntersta	0,12	0,12
Regionen, åker	4,1	2,6	Regionen, skog	0,13	0,06

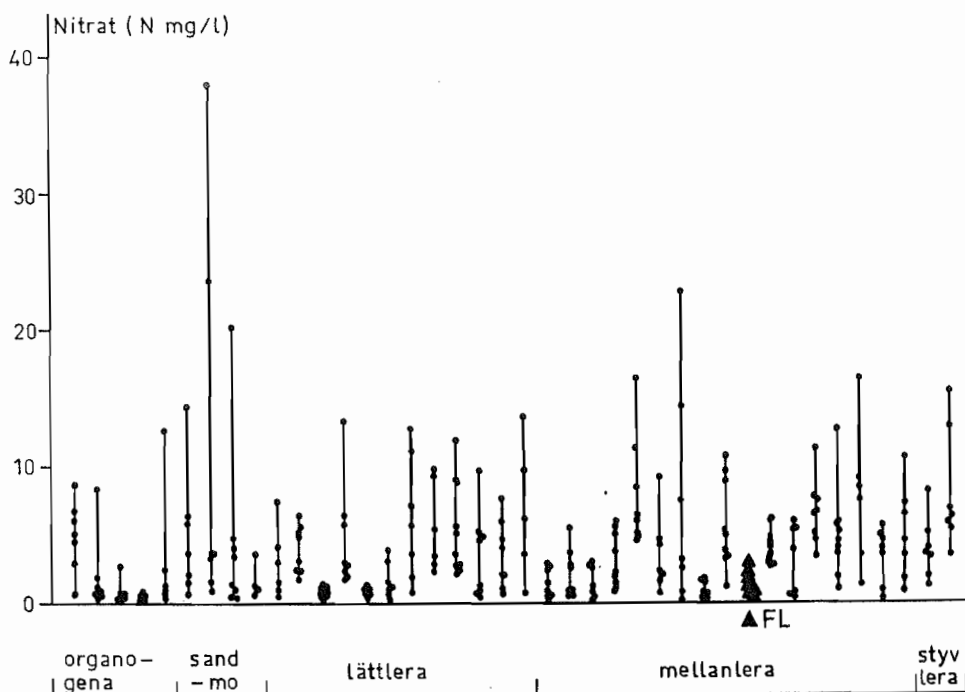


Fig. 4. Nitrathaltens beroende av jordarten och dess variationsbredd. FL, Flinkesta. *Concentration of nitrate depending on the soil type and its range. Soil types: organogenic soils, sand and fine sand, clay, mean clay and stiff clay.*

Flinkesta hade lägre nitratvärden än regionen som helhet. Detta kan emellertid ha orsakats av att försöksåker t.o.m. hösten 1980 var vallbevuxen vilket dämpat kväveläckaget. På åkerskiftena i regionen dominerade stråsäd.

Nitratvärden från 1979/80 var representativa för regionen men nästföljande år högre än i regionen.

Transport. Eftersom avrinningen under 1980/81 var större än föregående år var kväveläckaget också något större. I medeltal förlorades 7,5 kg/ha kväve jämfört med 6,7 kg/ha föregående år. Det fanns inget direkt samband mellan läckagets storlek och gödningen (fig. 5). Andra faktorer som olika jordart och gröda har emellertid samtidigt spelat en roll, vilket komplicerar bilden.

Den kraftigaste gödningen skedde på höstoljeväxter (fig. 6). Läckaget därifrån var måttligt. En bidragande orsak kan vara att det efter denna gröda ofta såtts höstvetete, varvid en lång vegetationsperiod erhöles. Typiskt är också det ringa läckaget från vall. Möjligen kan den ringare gödselgivan på våroljeväxter 1980/81 gjort att läckaget detta år inte varit större än föregående år, vilket annars varit fallet för grödor med stråsäd.

Nitrit

Nitritvärdena i åkervattnet varierade mellan 0 och 0,25 mg/l. De högsta värdena uppmättes i början av snösmältningsperioden då ytavrinningen var kraftigast.

Vattnet från skogen hade genomgående låga nitrithalter. Den översteg aldrig 0,05 mg/l.

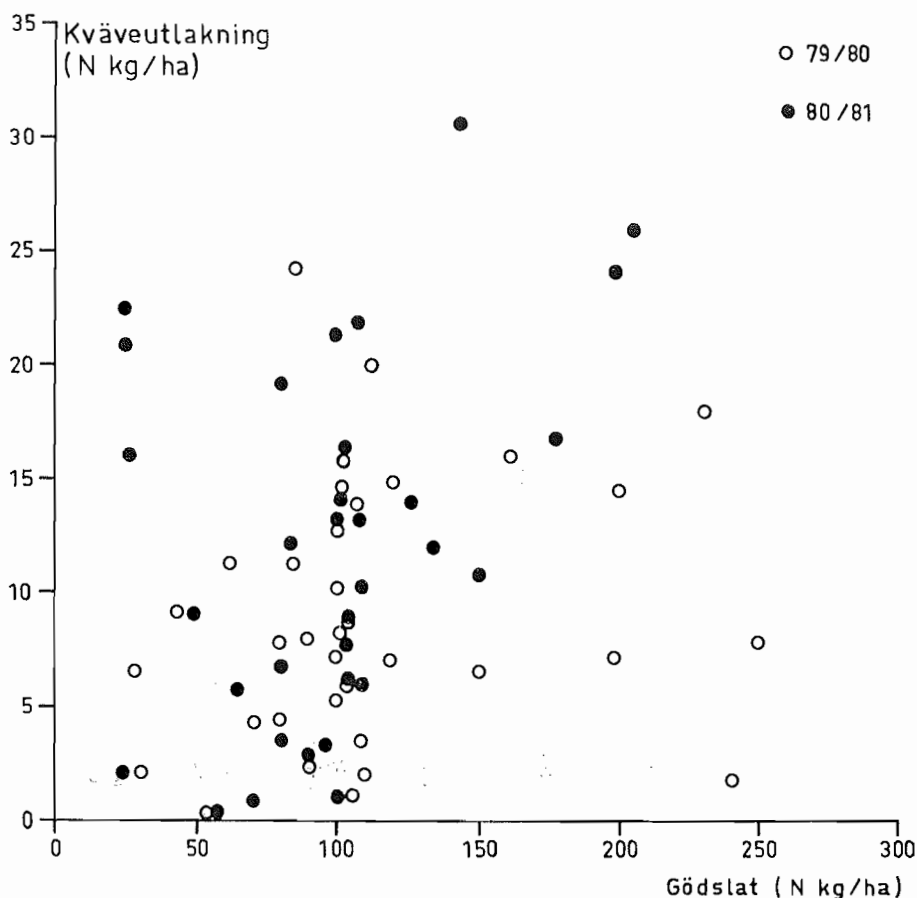


Fig. 5. Kvävegödning och kväveutlakning. *Nitrogen dressing and leaching.*

Fosfor

Variationsbredd och tidsfördelning. Liksom för nitraten var variationen i fosfat- och totalfosforhalt i enskilda provpunkter i många fall stor. De högsta värdena i åkervattnet uppmättes under februari och mars 1981 (tabell 4). En stor del av vattnet i åkerbrunnarna bestod vid denna tidpunkt av ytvatten. Senare under snösmältningsperioden då vattnet framför allt bestod av dräneringsvatten sjönk fosforhalterna. Även i samband med kraftiga höstregn var fosforhalterna höga.

I vattnet från skog var fosforhalterna låga och utan någon markerad variation under året.

Jordarts- och årsmånsberoende. De högsta fosforhalterna uppmättes i vatten från de styva lerjordarna (fig. 7). De lägsta värdena gäller organogena jordar (kärrtorv, gyttja). Genomgående var fosforhalterna från åker högre under det nederbördsrikare året 1980/81 än året innan. Detta gäller däremot inte för skogen där fosforhalterna var något lägre det senare året. Den kraftigare nederbörden det senare året har antagligen gjort att mera erosionsbunden fosfor transporterats bort från åkermark. I skogsmark är däremot fosfor mera organiskt bunden och därför antagligen inte så direkt påverkad av nederbörden.

Liksom för nitraten var halterna högre i vatten från torra skogsmarker än i vatten från våtare marker. Medianvärdet för totalfosforhalten i vatten med pH > 5,5 var 0,022 mg/l jämfört med 0,013 i surare vatten.

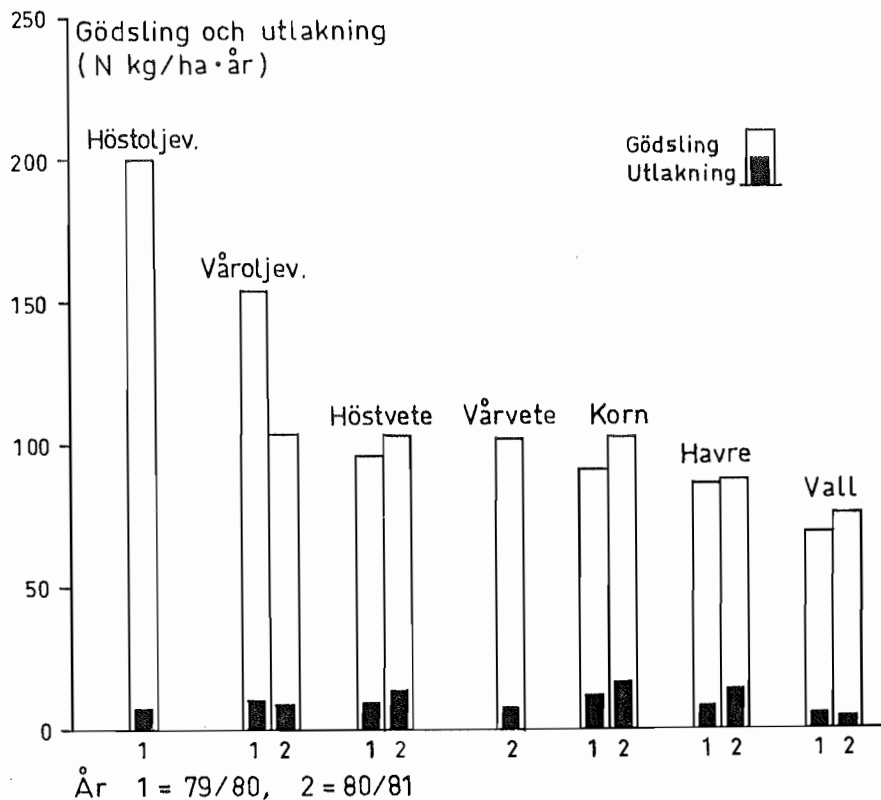


Fig. 6. Kväveutlakningens beroende av gröda och kvävegödslingsnivå.
Nitrogen leaching as depending on crop type and level of nitrogen dressing.

Representativitet. Medianvärden för fosfor från försöksfält, försöksskog och regionen var:

År	79/80	80/81		79/80	80/81
PO_4 -P (mg/l)					
Flinkesta	0,065	0,108	Däntersta	0,006	0,011
Regionen, åker	0,036	0,065	Regionen, skog	0,006	0,004
Tot-P (mg/l)					
Flinkesta	0,092	0,168	Däntersta	0,041	0,027
Regionen, åker	0,087	0,205	Regionen, skog	0,023	0,018

Flinkesta hade högre fosforhalter än regionen 1979/80. Detta trots att försöksfältet var vallbevuxet vilket borde ha dämpat utlakningen av fosfor. Året därpå var skillnaden mellan Flinkesta och regionen mindre.

Vad gäller Däntersta var fosfathalten lika som regionen 1979/80 men högre än regionen 1980/81. Skillnaden i totalfosforvärden var ganska måttlig.

Transport. Transporten av fosfatfosfor från åker var 0,06 kg/ha år 1979/80 och nästföljande år 0,19 kg/ha. Motsvarande värden för totalfosfor var 0,14 och 0,59 kg/ha. Jämfört med den mängd som tillfördes med gödsel, i genomsnitt 20 kg/ha, var utlakningen liten. Utlakningen från vallar (utom Flinkesta) var mycket liten. Skillnaden mellan övriga grödor var liten.

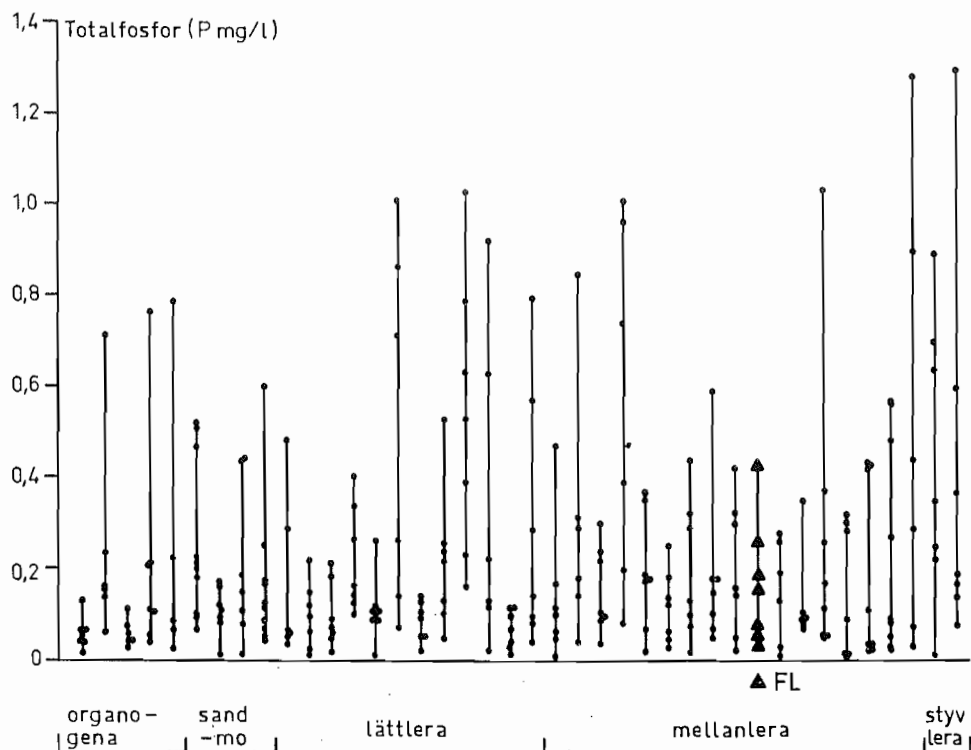


Fig. 7. Totalfosforhaltens beroende av jordarten och dess variationsbredd. FL, Flinkesta. Concentration of total phosphorus depending on the soil type and its range. Soil types: organogenic soils, sand and fine sand, clay, mean clay and stiff clay.

Kalium

Variationsbredd och tidsfördelning. Kalium var det ämne som varierade minst i enskilda provpunkter. Till skillnad från de övriga ämnena uppmättes de högsta halterna mitt i vintern. Detta kan bero på att en del av det kalium som ansamlats i snön frusit ut under den första avsmältningssperioden under vintern.

Jordarts- och årsmånsberoende. De styvare lerjordarna liksom i någon mån de organogena jordarna hade högre halter än övriga jordarter. Från åkermark var kaliumhalterna i likhet med fosforhalterna högre det andra än det första året. Kaliumhalterna från skogsmark var lika de båda åren.

Representativitet. Kaliums medianvärde från försöksfältet och försöks-skogen jämfört med medianvärdet för hela regionen var:

	79/80	80/81		79/80	80/81
Flinkesta	2,3	2,5	Däntersta	1,5	0,9
Regionen, åker	2,8	3,3	Regionen, skog	0,9	0,9

Kaliumhalterna från Flinkesta var något lägre än från regionen. De får dock anses som i stort sett representativa. Kaliuminnehållet från Däntersta var något högt jämfört med regionen 1979/80 men lika som i regionen 1980/81.

Transport. En ganska betydande mängd kalium lakas ut i förhållande till den mängd som tillförs med gödsling. I genomsnitt var kaliumgödselgivan 24 kg/ha. De årliga förlusterna var 5 respektive 10 kg/ha.

Från skogen var de årliga förlusterna 1,0 respektive 1,6 kg/(ha·år). Detta är typiska värden för mindre skogsområden i Sverige. Grip & Ram-

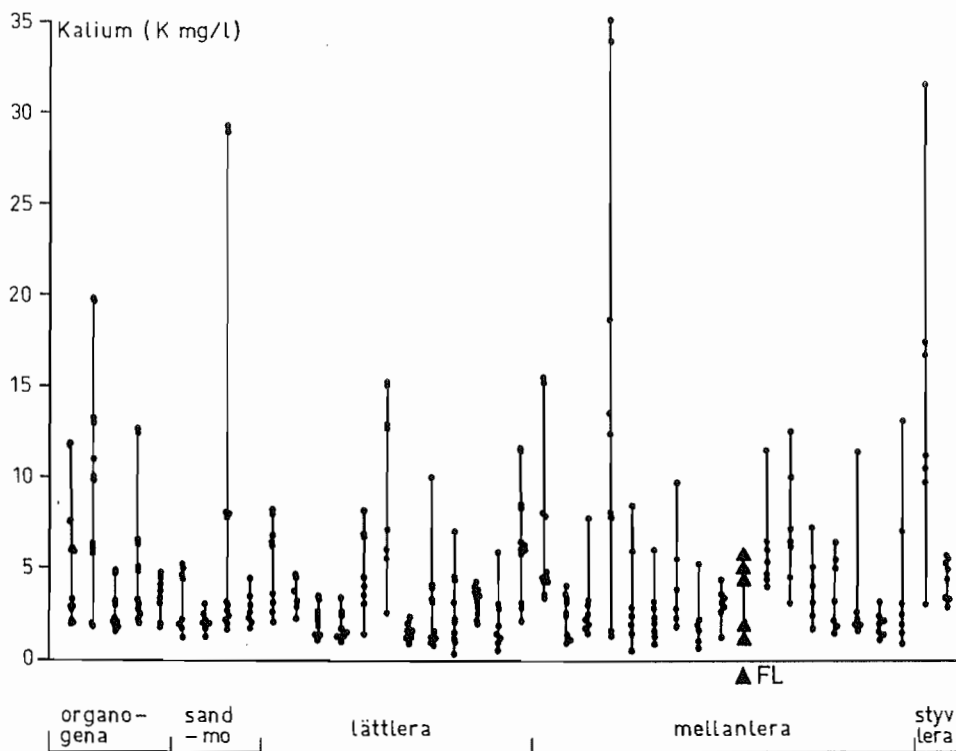


Fig. 8. Kaliumhaltens beroende av jordarten och dess variationsbredd. FL, Flinkesta. Concentration of potassium depending on the soil type and its range. Soil types: organogenic soils, sand and fine sand, clay, mean clay and stiff clay.

berg (1981) anger sålunda årliga kaliumförluster på mellan 1,1 och 3,9 kg/(ha·år) under detta år från ett mindre skogsområde i Kloten.

Sammanfattning. Regionala växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland uppmättes under de agrohydrologiska åren 1979/80 och 1980/81. Det första året hade normal nederbörd medan det följande hade kraftig nederbörd som framför allt föll under hösten. Denna kraftiga nederbörd gjorde att kalium och framför allt fosforförlusterna blev större det senare året medan kväveförlusterna bara ökade i liten grad. Från skogsskiftet var växtnäringsförlusterna ganska lika de båda åren.

Försöksfältet vid Flinkesta hade kaliumhalter som var representativa för regionen. Nitrathalterna var låga, vilket kan förklaras med att fältet större delen av undersökningsperioden var vallbevuxet. Fosforhalterna var ganska höga.

Försöksskogen vid Däntersta hade något höga nitrat- och fosforhalter det andra året. Genomgående var halterna från skogsskiftet emellertid låga och Däntersta får anses som ganska representativt.

LITTERATUR

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi nr 4*, 7-57.
- Brink, N. 1979. Växtnäringsförluster från skogsmark. *Ekohydrologi nr 5*, 29-34.
- Grip, H. & Ramberg, L. 1981. Impacts on forest fertilization and clear cutting on water quality in Kloten. *In prep.*
- Gustafson, A. & Gustavsson, A. 1981. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. *Ekohydrologi nr 10*,
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1979. Växtnäringsläckage på Kristianstadsslätten. *Ekohydrologi nr 3*, 1-12.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1980. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. *Ekohydrologi nr 6*, 3-20.
- Gustafson, A., Ryding, S.-O. & Ulén, B. 1981. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. *Ekohydrologi nr 8*, 31-43.
- Jordbruksstatistisk årsbok 1980, 1981. Statistiska centralbyrån, Stockholm.

NITRAT, NITRIT OCH pH I DRICKSVATTEN I VÄSTERGÖTLAND, ÖSTERGÖTLAND OCH SÖDERMANLAND

Nitrate, nitrite and pH in drinking water in Västergötland, Östergötland, and Södermanland

Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén

Abstract. Nitrate and nitrite concentrations in the ground water may represent a serious problem in many agricultural areas. In this study the ground water in the regions of Västergötland, Östergötland, and Södermanland in central Sweden was investigated by sampling water in drinking water wells. The depth of the well was found to be the most important factor for the nitrogen quality but the direction of the ground water pressure also exerts influence. The soil type and close proximity of dung yards were also significant. In most cases the concentrations were lower than the hygienic limits stipulated by the health authorities. The quality was slightly worse in Östergötland than in the other two regions.

The pH of the ground water was investigated as well and proved sufficiently high in all three regions.

INLEDNING

Inom åtskilliga jordbruksområden förekommer nitrat- och nitritföroreningar i grundvattnet (Ståhl & Sjöstrand 1972, Nilsson 1973, Andersson 1977, Joelsson 1980). Avsikten med föreliggande undersökning är att få en uppfattning om vattenkvaliteten i enskilda grundvattentäkter i Västergötland, Östergötland och Södermanland.

Regionala växtnäringsförluster från 156 åkerskiften från dessa områden har undersökts av Gustafson & Gustavsson (1981) och Ulén (1981). Från 113 av dessa gårdar undersöktes nitrat- och nitrithalten samt pH i dricksvattnet.

Den hälsorisk som är förenad med nitratintag gäller speciellt sjukdomen methemoglobinemi som i första hand drabbar spädbarn. Under reducerande betingelser och i alkalisk miljö kan nitrit bildas i mun och magsäck ur nitrathaltigt vatten. Tillsammans med hemoglobin bildar nitriten methemoglobin, en stabil förening som blockerar syretransporten i blodet. Nitrit kan också tillsammans med aminer bilda cancerframkallande nitrosaminer.

Till utgångspunkt vid en kvalitetsbedömning av dricksvatten kan Socialstyrelsens hygieniska gränsvärden användas. Gränsvärdet för nitrit är 0,007 och för nitrat finns två gränsvärden, nämligen 6,8 och 10,8 N mg/l.

METODER

Provplatser

Provpunkternas geografiska lägen framgår av fig. 1. Med några få undantag var brunnarna placerade på eller i anslutning till åkermark. Uppgifter om brunnstyp, djup och brunnsplatsernas jordart har inhämtats.

Jordarterna på brunnsplatserna fördelade sig på följande sätt:

Landskap	Mull	Sand	Mo	Lerig mo	Lera	Styv lera	Summa
Västergötland	-	13	2	2	31	-	48
Östergötland	-	5	11	1	22	5	44
Södermanland	-	-	-	3	15	3	21

Provtagning och analys

Dricksvattenprovtagning skedde enligt följande tabell:

År	Västergötland	Östergötland	Södermanland
1979			Nov, dec
1980	Jan, feb, maj		
1981	Feb, mar, apr	Feb, mar, apr	Feb, apr

I Västergötland och Östergötland togs proven av markägarna själva och sändes okonserverade till eget laboratorium för analys. I Södermanland togs proven genom egen försorg och konserverades för nitrit- och nitratanalys med kloroform respektive svavelsyra. Dricksvattnets pH mättes i okonserverat vatten från provtagningarna 1981. Analysmetoderna har beskrivits av Brink, Gustafson och Persson (1978).

Beräkningsmetoder

För varje provlokal har ett aritmetiskt årsmedelvärde uträknats för nitrat och nitrit. Vid uppdelningen av brunnarna efter typ och djup har sedan uträknats medianen för årsmedelvärden.

För varje provlokal är pH-värdet angivet som medianen för provomgångarna.

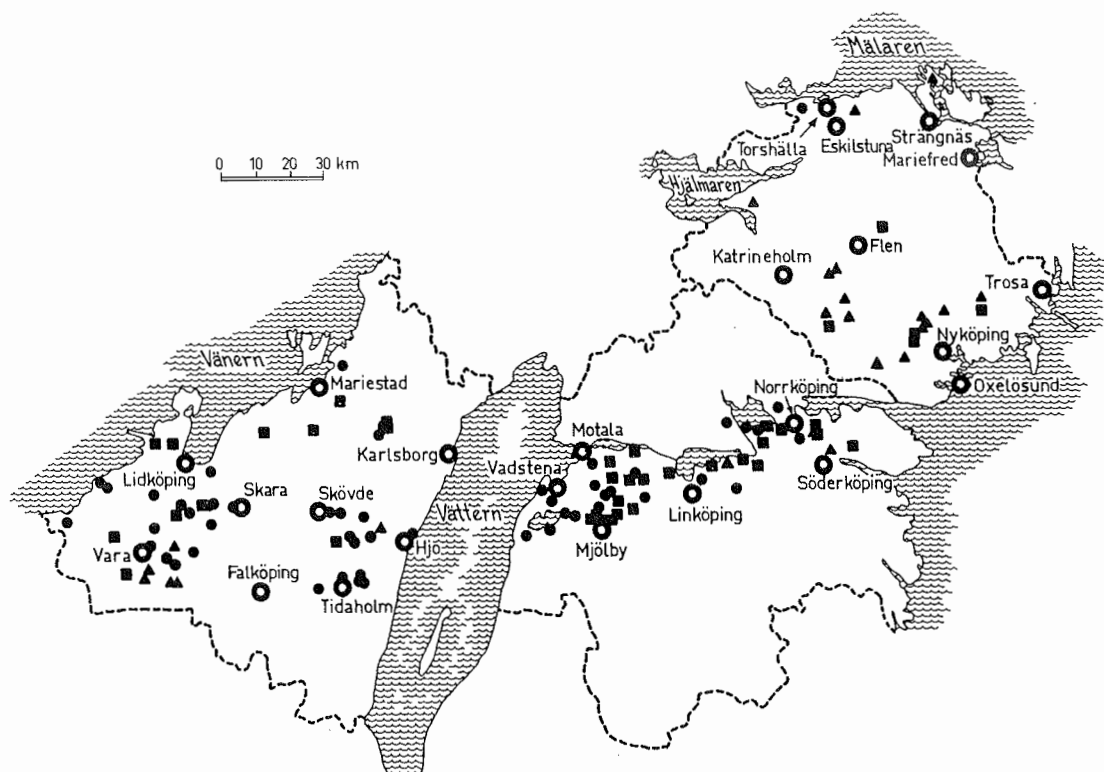


Fig. 1. Dricksvattenbrunnarnas geografiska lägen i Västergötland, Östergötland och Södermanland. *The geographic location of the drinking water wells in Västergötland, Östergötland and Södermanland.* ■ grävd dug, ▲ grävd + nedslaget rör dug + downdriven pipe, ● borrad bored.

Tabell 1. Nederbörd vid försöksfälten (mm). *Precipitation at the experimental fields (mm)*

Region	Försöksfält	79/80	80/81
V. Västergötland	Hälleberg	531	639
Ö. Västergötland	Karstorp	513	765
V. Östergötland	Hassla	458	630
Ö. Östergötland	Stjärntorp	466	626
Södermanland	Flinkesta	550	666

Tabell 2. Nitrat, nitrit och pH vid olika brunnstyper. Värden i N mg/l. *Nitrate, nitrite and pH in different types of wells. Values in N mg/l.*

Brunnstyp	Djup	Antal	Nitrat	Nitrit	pH
<i>Västergötland</i>					
Grävd	3-10 m	12	3,69	0,003	6,2-7,8
Grävd + nedslaget rör	13-20 m	6	0,08	0,002	7,1-8,5
Borrad	10-116 m	30	0,07	0,002	6,8-8,3
<i>Östergötland</i>					
Grävd	3-12 m	21	6,42	0,002	6,2-7,7
Grävd + nedslaget rör	13-19 m	3	0,59	0,001	7,5-7,8
Borrad	24-125 m	20	0,09	0,002	7,5-8,3
<i>Södermanland</i>					
Grävd	3-7 m	15	4,18	0,004	6,3-8,3
Grävd + nedslaget rör	5-13 m	5	0,16	0,004	6,4-7,7
Borrad	15 m	1	0,05	0,002	7,6

Well types: grävd dug, grävd + nedslaget rör dug + downdriven pipe, borrad bored.

RESULTAT

Nederbörd och grundvattenförhållanden

Årsnederbörden under de två aktuella åren redovisas i tabell 1.

Det agrohydrologiska året 1980/81 var nederbördsrikare än det föregående främst på grund av de kraftiga höstregnen 1980. Detta gav allmänt en högre grundvattenyta vilket medförde en ökad risk att grundvattnet skulle bli påverkat.

Nitrat

Regionalt beroende. Nitrathalterna var lägst i Västergötland och högst i Östergötland. Medianvärdet för samtliga dricksvattenprov fördelade sig enligt följande:

Västergötland 0,24, Östergötland 0,84, Södermanland 0,77 NO₃-N mg/l

Även Arrhenius (1954) fann de högsta nitratvärdena från Östergötland och de lägsta värdena från Västergötland i jämförelse mellan de tre regionerna. De regionala skillnaderna gäller framför allt grävda brunnar vilket framgår av tabell 2.

Beroende av brunnstyp och djup. Djupa borrade brunnar hade klart lägre nitrathalter än grävda brunnar (tabell 2). Även grävda brunnar med nedslaget rör hade lägre halter än enbart grävda. Nitrathaltens beroende av brunnsdjupet framgår av fig. 2.

Beroende av gröda och gödsling. Två djupborrade brunnar med höga nitrathalter (fig. 2) har troligen påverkats av närliggande gödselstäder. Hur en gödselstad kan förorena grundvattnet har undersökts av Sundqvist & Brink (1979). Enligt denna undersökning kan förorenat grundvatten sprida sig till en dricksvattenbrunn ett hundratal meter bort.

Även flera av de grävda brunnarna i föreliggande undersökning har en sådan placering att påverkan från gödselstäder är trolig.

Något samband mellan nitrathalten i dricksvattnet och gröda respektive gödsling på de aktuella gårdarna kan inte påvisas.

Beroende av jordarten. Medianvärden för nitrathalten under 1980/81 för grävda brunnar med olika jordarter fördelade sig enligt följande:

	Sand	Mo	Lerig mo	Lera	Styv lera
NO ₃ -N mg/l	7,15	5,13	0,08	3,08	4,48
Antal	9	4	3	25	7

Brunnar i sand- och mojordar hade högre nitrathalter än brunnar i lerjordar. Värdet från lerig mojord grundar sig på värden från endast tre brunnar och kan därför vara missvisande.

I djupa brunnar spelade jordarten inte någon roll.

Beroende av tidpunkten på året och årsmånsberoende. Under den relativt korta provtagningstiden (nov 79-maj 80, feb-apr 81) var skillnaderna små i nitrathalt mellan provtagningarna.

I de fåtal fall där halterna varierade var det nästan uteslutande fråga om grunda brunnar. Deras större känslighet för infiltrerande ytvatten speciellt under snösmältningsperioden är en trolig orsak. Dricksvattenbrunnarnas läge i inströmnings- eller utströmningsområden är nämligen av stor vikt. I det förra fallet råder nedtrycksförhållanden med en möjlig påverkan från infiltrerande ytvatten. I det senare fallet råder upptrycksförhållanden med ett bättre skydd för grundvattnet.

Även skillnaden mellan de båda undersökningsåren var ringa (fig. 3).

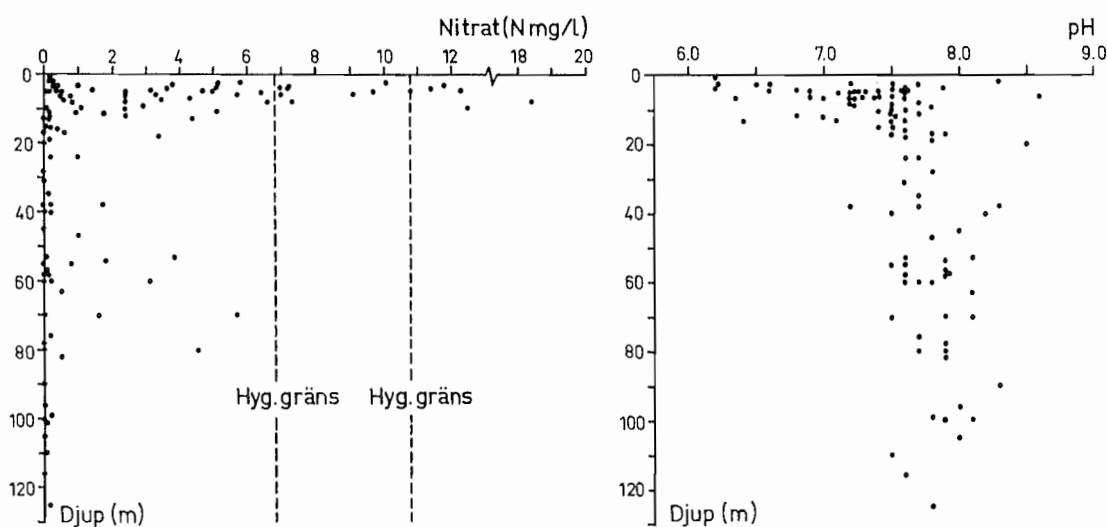


Fig. 2. Nitrat och pH i relation till brunnsdjup. *Nitrate and pH in relation to well depth.*

Tabell 3. Procentuell andel av brunnarna med halter över de hygieniska gränsvärdena. *Percentile share of the wells with contents above the hygienic values.*

	Västergötland	Östergötland	Södermanland
> 6,8 NO ₃ -N mg/l	1	22	6
> 10,8 "	0	13	3
> 0,007 NO ₂ -N mg/l	8	20	39

Hygieniska gränsvärden. Den procentuella andelen av brunnarna med halter som översteg de hygieniska gränsvärdena framgår av tabell 3. Det lägre gränsvärdet på 6,8 mg/l motsvarar övre gränsen för vatten som enligt hälsovårdsstadgan är hygieniskt anmärkningsvärt. Vatten med nitrathalten över 10,8 mg/l bör ej ges till småbarn under 1 års ålder.

Utom i Östergötland var dricksvattnet övervägande av god hygienisk kvalitet.

Nitrit

Nitrithalten fördelade sig i de olika regionerna på likartat sätt som nitraten men med ca tusen gånger lägre koncentrationer. Södermanland hade aningen högre halter genomsnittligt än Västergötland och Östergötland. Någon större skillnad förelåg inte mellan de båda undersökningsåren.

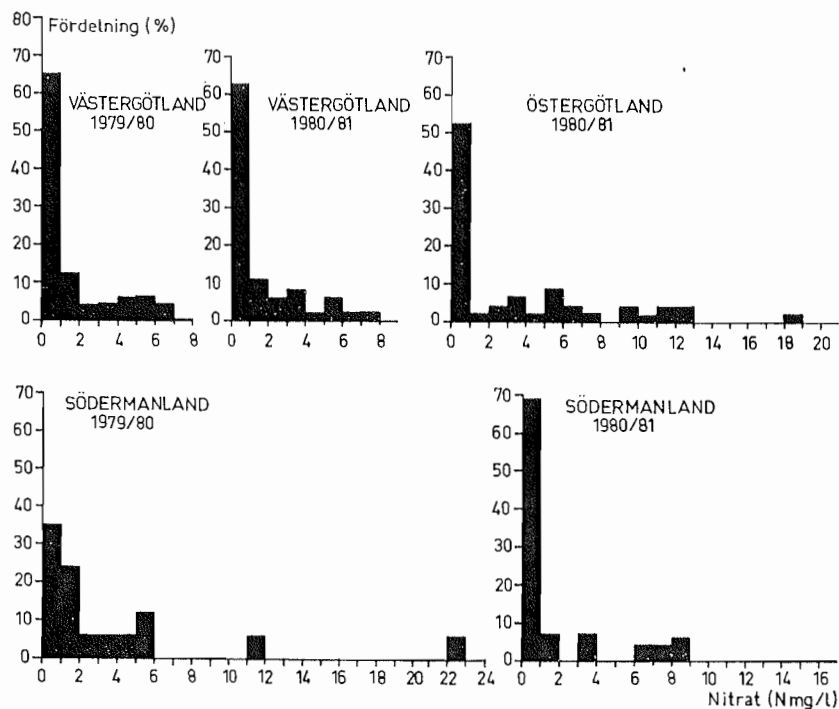


Fig. 3. Procentuell fördelning av brunnar efter nitrathalt i de tre regionerna. *Percentile distribution of wells according to nitrate content in the three regions.*

Medianvärdet för samtliga prov fördelade sig enligt följande:

Västergötland 0,002, Östergötland 0,002 och Södermanland 0,004 NO₂-N mg/l

Den procentuella andelen av brunnarna med halter över det hygieniska gränsvärdet framgår av tabell 3. Vid de tillfällen då gränsvärdet överskreds skedde detta i både grunda och djupborrade brunnar. I det förra fallet kan orsaken vara förorening från kloakutsläpp, gödselupplag eller liknande. Oftast var dock nitrithalterna låga i grävda brunnar och endast obetydligt högre än i djupare (tabell 2).

pH

Fördelningen av de undersökta dricksvattenbrunnarnas pH framgår av fig. 4.

I alla tre regionerna låg pH-värdena inom i stort sett samma intervall. Dessa var för Västergötland 6,2-8,5, Östergötland 6,2-8,3 och Södermanland 6,3-8,6. I de fall då pH låg under 7 var det fråga om grävda brunnar. De lägsta uppmätta värdena gällde en grävd brunn i skogsmark och två på sandjord.

De högsta uppmätta värdena förekom nästan uteslutande i borrade brunnar (fig. 2). Ett undantag var en grävd brunn i Södermanland med upptryckande grundvatten. I en undersökning av Hultberg och Johansson (1981) från sex län i södra Sverige har också påvisats att grunda brunnar har lägre pH-värden än djupborrade.

Den för samtliga regioner sammantagna pH-fördelningen hos grävda respektive borrade brunnar på åkermark redovisas i fig. 5.

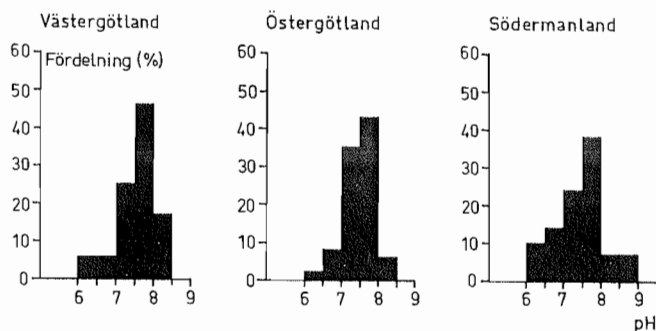


Fig. 4. Procentuell fördelning av brunnar efter pH i de tre regionerna. *Percentile distribution of wells according to pH in the three regions.*

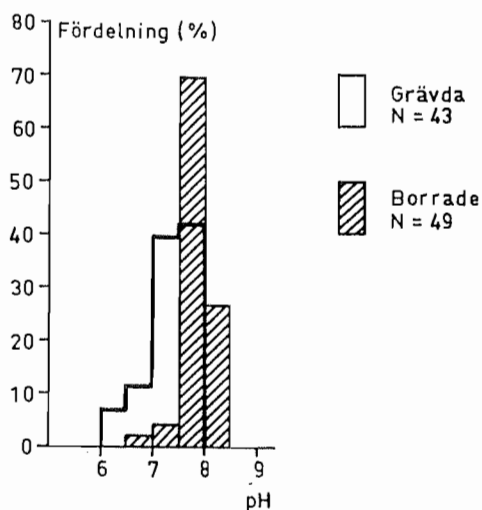


Fig. 5. Procentuell fördelning av grävda resp. borrade brunnar efter pH. *Percentile distribution of dug and bored wells resp. according to pH.*

SAMMANFATTNING

Nitrat, nitrit och pH i grundvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland undersöktes genom upprepad provtagning i sammanlagt 113 dricksvattenbrunnar. Dessa områden kännetecknas av en ganska enhetlig jordbruksdrift. Jordarten varierade dock mer i Västergötland och Östergötland än i Södermanland som domineras av lerjordar. I Västergötland och Östergötland är inslaget av sand- och mojordar större vilket också avspeglade sig i de undersökta provplatserna.

De högsta nitratvärdena återfanns sålunda i Östergötland och de lägsta i Västergötland i likhet med en undersökning från 1954. Brunnar med så hög nitrathalt att vattnet var hygieniskt anmärkningsvärt var få utom i Östergötland.

Djupa brunnar hade lägre nitrathalt än grunda.

Nitrithalten var i allmänhet låg och likartat fördelad i samtliga regioner.

Brunnarnas pH-värden var tillfredsställande och låg i de flesta fall mellan 7 och 8.

REFERENSER

- Arrhenius, O. 1954. Chemical denudation in Sweden. *Tellus* 6, 326-341.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* nr 1, 1-60.
- Brink, N. 1981. Försurning av grundvatten på åker. *Ekohydrologi* nr 8, 3-13.
- Gustafson, A. & Gustavsson, A. 1981. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. *Ekohydrologi* nr 10.
- Hultberg, H. & Johansson, S. 1981. Acid Groundwater. *Nordic Hydrology* 12, 51-64.
- Joelsson, A. 1977. Nitrat i brunsvatten i jordbruksområden. *SNV, PM* 927.
- Nilsson, A. 1973. Nitrat och nitrit i dricksvatten. *Vattenvård* nr 14.
- Ståhl, R. & Sjöstrand, S. 1975. Undersökning rörande säsongmässiga variationer i nitrathalten hos vatten från enskilda brunnar inom ett intensivodlat jordbruksområde. *Stencil, Länsstyrelsen i Östergötlands län*.
- Sundqvist, P.-G. & Brink, N. 1979. En gödselstad förorenar dricksvatten. *Ekohydrologi* nr 3, 13-19.
- Ulén, B. 1981. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. *Ekohydrologi* nr 10.

GÖDSLINGSPROGNOSE R FÖR KVÄVE

Fertilizer Forecasts

Lennart Mattsson och Nils Brink

Abstract. At present nitrogen fertilization is adjusted to the crop last year, to the soil type and to the use of organic fertilizer that may possibly occur and finally of course to the crop itself. The effect of a certain amount of fertilizer changes however from one year to another and to reduce these changes efforts are being made to measure or to estimate the mineral nitrogen content in the soil (min-N) in the spring before the vegetation period starts. Based on that it might be possible to make fertilizer forecasts.

Two different ways of solving this problem are reported. One of them is to take soil samples in early spring and to analyse them for min-N. The other is to do the same soil sampling in the autumn and then adjust the values due to the nitrogen losses by leaching during the winter and thus receive an estimate of min-N in the spring.

The results showed that min-N varies between years. They also showed that there could be established a connection between min-N and the nitrogen fertilizer effect. High values of min-N were found after fallow last year and low values after sugar beets and spring oil plants.

Nitrogen leaching was registered on 16 reference fields spread all over the country. The first of them were started in 1973. The leaching of nitrogen increased from north to the south. In average it was 7 kg/ha N in the north and 40 in the south. It was shown that min-N in the spring could be estimated using the values of min-N in the autumn and adjusting them for winter leaching of nitrogen estimated from precipitation data.

Questions about number of soil samples necessary to give representative values and whether ammonium nitrogen must be analysed or not were discussed.

It was found that soil samples from 50 places within a region homogenous with respect to climate and soil conditions is necessary. Ammonium nitrogen varied considerably less than did nitrate nitrogen. Therefore it was concluded that if the analyses will be used in a practical scale the analysis of ammonium nitrogen could be omitted.

INLEDNING

De odlade grödornas kvävebehov täcks dels genom gödsling, dels genom mineralisering av markens organiska substans. Att i det enskilda fallet bestämma den mest lönsamma, den optimala kvävegivan är mycket svårt. Det beror på att effekten av en viss mängd kväve tillförd genom gödsling med handelsgödsel växlar med jordart, gröda, tidigare gödsling etc. Det beror också på att den del av kvävebehovet som täcks genom mineraliserat kväve inte heller är konstant utan är beroende av temperatur- och fuktighetsförhållanden, skörderesttillgång, mullhalt och markens kvävestatus. Till detta kommer dessutom att vädret under vegetationsperioden har ett mycket starkt inflytande på grödornas kvävebehov och kväveutnyttjande. Följden blir en icke önskvärd osäkerhet i kvävegödslingen. För låga kvävegivor medför att inte produktionsresurserna utnyttjas optimalt. För höga givor innebär bortkastade pengar och kan medföra utlakning och därmed sammanhörande problem.

Det finns därför all anledning att ägna uppmärksamhet åt frågan om en mera anpassad och nyanserad kvävegödsling. Ökad kunskap om det mineraliska kväveförrådets (min-N) storlek och variation i marken liksom om mineraliseringens förlopp är här av grundläggande betydelse. Att få grepp om dessa faktorer skulle innebära, att de kunskaper och erfarenheter som för närvarande finns kunde bättre utnyttjas.

I föreliggande rapport görs en summering av vunna svenska erfarenheter rörande bestämning av min-N, variation, förekomst och betydelse för grödan. Vidare görs en genomgång av möjligheterna att omsätta erfarenheterna i praktiken.

Opublicerat material som ingår i sammanställningen har ställts till förfogande av SUPRA AB och Norsk Hydro Sverige AB. Vidare redovisas material från olika lokala försöksserier.

UTLÄNDSKA UNDERSÖKNINGAR

Lindén (1979) har ingående behandlat utländska undersökningar av min-N, dess storlek och variation och möjligheterna att tillämpa de funna resultaten som underlag för kvävegödslingsrådgivningen.

Här återges ett utdrag ur sammanfattningen av nämnda rapport. Det ger en god uppfattning om det aktuella läget beträffande N-prognos verksamhet i några europeiska länder och i Nordamerika.

Östtyskland

I Östtyskland uppställs generella N-gödslingsrekommendationer baserade på bestämning under tidig vår av mängden nitrat- och ammoniumkväve. Jordprov tas till 60 cm eller i vissa fall 100 cm djup på totalt ca 1300 representativa observationsfält (testytor) som är fördelade över hela landet. Dessa N-prognoser har i första hand avsett höstsädens N-behov (första N-giva) fram till stråskjutningsstadiet. Under detta skede sprids sedan en andra delgiva, vars storlek alltmer kommit att fastställas genom växtanalys.

I N-prognoserna tas hänsyn till regionala skillnader med beaktande av nederbörden under vintern. Med utgångspunkt från mineralkväveförrådets avvikelser från de normala värdena uppställs N-rekommendationer i form av tillägg till eller avdrag från de annars använda gödselkvävemängderna. Ändringarna har uppgått till högst $\pm 20-30$ kg/ha N.

Västtyskland

Den västtyska N min-metoden har utvecklats inom lössjordsområdet i Südniedersachsen. Då det här fastställts att mineralkvävemängderna kan variera högst avsevärt från fält till fält, har det icke ansetts möjligt att uppställa generella N-prognoser. I stället provtas enskilda fält (kvävekartering) på uppdrag av jordbrukarna. Jordprovtagningen sker tidigt på våren. Den görs till 90 cm djup.

N-gödslingsrekommendationerna för höstvetete avser gödselkvävemängden för den första av normalt tre delgivor. I Südniedersachsen anbefalls härvid att det i marken funna mineralkväveförrådet kompletteras med gödsel-N upp till ett "riktvärde" på 120 kg/ha N. De herefter följande två delgivorna påverkas endast om det ursprungliga N-förrådet varit mycket stort. För höstvetets samlade N-behov synes här ett riktvärde på omkring 200 kg/ha N gälla (mineralkväveförråd + gödsel-N).

Vid användning av N min-metoden inom områden med andra jordar och klimatförhållanden och där andra N-gödslingssystem tillämpas kan det vara nödvändigt att ändra riktvärdena. Sådan prövning äger nu rum i skilda delar av Västtyskland. Vidare har det pågått en anpassning av metoden med avseende på N-gödslingen till andra stråsådesslag, sockerbeter, grönsaker, växthuskulturer och vid frukt- och bärodling.

Holland

I Holland förekommer två N-prognossystem. Det ena liknar det östtyska och avser generella N-rekommendationer. Dessa baseras på provtagning tidig vår på ca 25 s.k. standardgårdar ("standaardbedrijven"). Normalt undersöks fyra skiften med avseende på summan av $\text{NH}_4\text{-N}$ och $\text{NO}_3\text{-N}$ ned till i de flesta fall 100 cm djup.

De holländska jordbrukarna har liksom de västtyska också möjlighet att låta kvävekartera åkerfält där de avser att odla stråså eller

sockerbetor. Provtagning sker även här till 100 cm djup men en övergång till 60 cm synes pågå. N-prognoserna till stråsäd avser det totala gödselkvävebehovet med en uppdelning av rekommendationerna på två delgivor (dock endast en till vårkorn).

Danmark

I Danmark har man byggt upp en N-prognosverksamhet liknande både det östtyska systemet och det holländska standardgårdssystemet. Jordprov (0-50 cm djup) uttas tidigt på våren på i allt 100 utvalda s.k. observationsegendomar. Provtagningen görs på skiften med i huvudsak stråsäd som förfrukt och med beaktande av att inte stallgödsel spritts eller baljväxter odlats under de senaste åren.

På basis av mineralkvävemängdernas avvikelser från de normala värdena och med beaktande av vinternederbörden utarbetas regionala N-rekommendationer i form av avdrag från eller tillägg till de av jordbrukarna annars använda gödselkvävemängderna. N-prognoserna avser i första hand fält där vårstråsäd skall odlas.

Kanada

I Kanada synes N-prognosverksamheten vara begränsad till de nederbördsfattiga inre f.d. prärieområdena. Mineralkvävemängderna i jorden kan här variera i hög grad bl.a. beroende på att en ansevärd del av åkerjorden trädas i syfte att samla och spara nederbördsvattnen till en efterföljande gröda. Det har visat sig vara angeläget att beakta denna anhopning av mineraliserat kväve vid nästföljande gödslingsstillfälle. I provinsen Manitoba förekommer endast kvävekartering på grund av de varierande mineralkvävemängderna.

N-gödslingsrekommendationerna baseras på NO_3 -N-bestämning ned till 60 cm djup i marken. Det anbefalls att provtagningen sker på hösten. Det är vanligt att jordbrukarna själva utför detta arbete. Nitratanalysen kombineras ofta med bestämning av andra växtnäringsämnen.

N-prognoserna är anpassade till varierande N-behov med hänsyn till den förväntade avkastningsnivån (s.k. target yield fertilizer recommendations). Vid låg skörd anbefalls sålunda mindre kvävegödsling än om avkastningsförmågan är god.

USA

I Förenta Staterna har N-prognosverksamheten (i form av kvävekartering) sin viktigaste utbredning i de nederbördsfattigare delstaterna där N-utlakningsförlusterna normalt är små. Jorden trädas på många håll liksom i Kanadas torrområden.

Jordprovtagningen som normalt görs till 60 cm djup sker i stor utsträckning under hösten och utföres ofta av jordbrukarna själva. Det är också vanligt att provtagningen sker i gödselmedelsfirmornas regi som brukar använda maskinell, fordonsburen utrustning. Med något undantag analyseras endast nitratkväve.

Liksom i Kanada baseras vanligen N-prognoserna på grödornas totala N-behov med hänsyn till den förväntade avkastningsnivån (yield goal) som inte minst styrs av vattentillgången i jorden och möjligheterna att reglera denna.

SVENSKA UNDERSÖKNINGAR

Min-N i marken

För att följa min-N, dess variation och förekomst i våra odlingsmarker startades hösten 1974 ett projekt vid forskningsavdelningen för växtnä-

ringslära vid Sveriges lantbruksuniversitet (Lindén 1980). På åkermark bestämdes min-N ner till 2 m djup dels i Halland, dels i Uppland. Härtill kom motsvarande studier i ett fältförsök på Lanna i Västergötland. Ett försök som primärt har till uppgift att belysa utlakningen vid olika kvävegödslingsnivåer. Försöket drivs av försöksavdelningen för vattenvård (Brink & Lindén 1980). I en försöksserie, där potatisfruktsaft som gödselmedel studerades, bestämdes också min-N i marken (Brink, Jansson & Steineck 1980).

Detta är veterligt de första mer omfattande svenska undersökningarna inom problemområdet. Efterhand har verksamheten utvidgats och för närvarande pågår undersökningar vid många olika organisationer, företag och myndigheter.

Min-N och fältförsök

I början inriktades verksamheten mest på att registrera min-N och kartlägga dess storlek, förekomst och variation i marken. Efterhand har frågan mer och mer kommit att gälla vilken betydelse min-N har för kvävegödslingsbehovet. Därför har det blivit allt vanligare att bestämma min-N i samband med regelrätta fältförsök.

Sådana undersökningar har pågått sedan våren 1977 vid försöksavdelningen för växtnäringslära (Mattsson 1978, 1980b). Våren 1979 bestämdes min-N på 52 platser. På samtliga utfördes vidare försök med stigande mängder kväve.

I Skåne startades hösten 1977 en länsförsöksserie med stigande kvävegivor till korn respektive sockerbeter. Försöksplanen omfattade bestämning av min-N vid tre tillfällen under vegetationsperioden. Första gången på hösten då försöket anlades, andra gången på våren före gödslingen och tredje gången omedelbart efter skörden. Försöksserien har hittills omfattat 15 till 20 försök per år.

SUPRA, Norsk Hydro och Svenska Lantmännens Riksförbund (SLR) har alla i varierande omfattning sedan våren 1977 kompletterat vissa av sina fältförsök med bestämning av min-N.

Det anförda visar att verksamheten inom landet är omfattande och att en summering av vad som hittills framkommit är angelägen.

I den verksamhet som beskrivits ovan har bestämningen av min-N skett på jordprov uttagna på våren före eller i samband med vårbruket. Skall de erhållna analysresultaten emellertid kunna ligga till grund för gödslingsrådgivningen blir tiden för provtagning, analys och utvärdering mycket knapp med detta förfarande.

Min-N och kväveläckage

Vid försöksavdelningen för vattenvård vid Sveriges lantbruksuniversitet prövas en annan metod (Brink, Gustafson & Persson 1978). Avrinning och växtnäringsläckage från åkermark registreras på ett antal fasta stationer (för närvarande 16) i landet. De äldsta har varit i drift sedan 1972. Härigenom erhålls ett mått på förändringar i bl.a. markens kvävestatus. Kompletteras dessa undersökningar med en bestämning av min-N genom provtagning sent på hösten kan en uppfattning av min-N:s storlek på våren erhållas. Undersökningar med den inriktningen har varit igång sedan 1977.

Min-N och vinterklimatet

En annan tänkbar metod att indirekt skatta min-N:s storlek är att registrera höst/vinterklimatet och ställa markens kväveinnehåll i relation därtill. Metoden har prövats i praktisk skala i Nederländerna (van der Paauw 1963). Efter nederbördsrika höstar/vintrar bör min-N vara lägre än genomsnittligt på grund av utlakning. Problemet har studerats i detalj

under svenska förhållanden och har redovisats av Mattsson (1980).

Undersökningen siktade på att förklara variationerna i kväveeffekt mellan olika försöksplatser med hjälp av nederbörd och temperatur under vinterhalvåret. Materialet utgjordes av 360 ettåriga intensitetsförsök med kväve till vårstråsäd utförda under åren 1966-1977.

Undersökningen lades upp så att den tidsperiod som bäst beskrev variationerna i kväveeffekt skulle kunna bestämmas. Något entydigt svar på den frågan erhöles dock inte. Perioden oktober till mars bedömdes slutligen som den bästa kompromissen.

Ett svagt positivt samband mellan nederbörd och temperatur under oktober till mars och kväveeffekten året därpå kunde påvisas. Det innebär att efter milda och/eller fuktiga vintrar är kvävebehovet större än efter kalla och/eller torra.

METODER FÖR JORDPROVTAGNING OCH ANALYS

Utrustning

Jordprov har tagits med olika typer av jordborrar. De använda borrarerna måste medge att provtagningsdjupet blir väldefinierat så att ingen inblandning från andra skikt i profilen kan störa.

För provtagning av matjorden användes vanlig markkarteringsborr, s.k. "trekantenborr". Den resterande delen av profilen har mestadels provtagits med den i fig. 1 avbildade "Näasborren" eller "Ultunaborren" (Lindén 1977). Näasborren består av ett stålrör med en löstagbar spets. Den utstansade jordcylindern tömms ut ur borrens övre ände. Konstruktionen är robust med ringa stenkänslighet och borren ger väldefinierade jordprov. Bland nackdelarna märks att jordcylindern under vissa omständigheter kan vara svår att få ut och att man oftast behöver en stor och skrymmande hävstångskraft för att kunna dra upp borren ur marken.

Ultunaborren har en urfräsning längs nederdelen vilket gör att jorden lätt kan tas ur. En nackdel är att borren i sin hittillsvarande utformning varit för vek. En kraftigare variant finns emellertid tillgänglig från och med våren 1980.

Provtagningsmetodik

Generalprov av försöksplatserna har tagits genom att sex borrstick slumpmässigt fördelats inom försöksplatsen. I en cirkel med två meters radie runt varje sådant stick har ytterligare sex stick gjorts i matjorden där variationerna är större än i alven.

Vid ledvis provtagning har vanligtvis tre stick gjorts i varje parcell. Ytterligare fyra har gjorts i matjorden. Proven från samrutorna har där-
efter slagits samman.

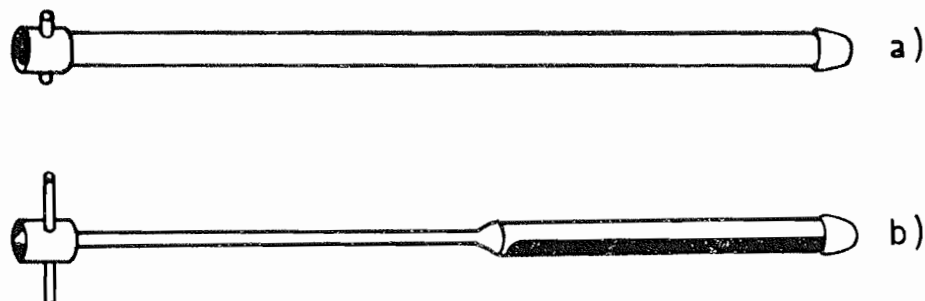


Fig 1. Olika borrar typer för provtagning av jord till 1 m djup. a) Näasborr, b) Ultunaborr. *Different kinds of drills used in soil sampling to a depth of 1 m. a) "Näasborr", b) "Ultunaborr".*

Provtagningsdjup och skiktindelningen har varierat. Det dominerande djupet har varit 1 meter med variationer från 80 cm till 2 meter. De vanligaste skiktindelningarna har varit 20 och 30 cm.

Hantering och analys

Eftersom mineralisering i de uttagna proven inte får ske har de efter provtagningen hanterats i kyla fram till dess att de antingen kunnat analyseras eller djupfrysas. Detta har skett senast ett dygn efter provtagningen. Kylförvaringen i fält har lösts genom användning av vanliga s.k. pick-nickväskor. Vid de allra flesta provtagningstillfällena har yttemperaturen dessutom varit så låg (höst och vår) att det har underlättat provhanteringen. Som provemballage har plastpåsar använts.

Både ammonium- och nitratkväve har bestämts i många fall, men även andra rutiner har förekommit. Om ammoniumbestämning ingår utesluter det möjligheterna att torka proven. Man riskerar annars en ytfixering av ammoniumkvävet med missvisande analysresultat som följd. Hanteringsmässigt skulle dock en torkning av proven vara fördelaktigt. Dels skulle transporterna underlättas, dels skulle homogeniseringen av proven före analys underlättas. Det är besvärligt att homogenisera fuktiga prov i synnerhet lerjordsprov.

METODER FÖR AVRINNINGSMÄTNING OCH VATTENANALYS

Utrustning

Avrinnande vatten från de sexton täckdikade försöksfälten mäts med skibord. Det är inbyggt i en underjordisk betongkasun med utjämningsbassäng. Skibordet består av rostfri plåt med ett skarpkantat triangulärt urtag som har öppningsvinkeln 90° . Vattennivån i bassängen registreras kontinuerligt med en flottörpegel (Ott R 16). Mätbassängens storlek har anpassats efter arealen.

Registreringspapperen insamlas en gång i månaden och utvärderas fortlöpande. Avrinningen, som är en funktion av vattenytans höjd över triangelspetsen, beräknas med dator. Nederbörden mäts på platsen. (Brink *et al.* 1978).

Provtagning

Prov på avrinnande vatten tas i inkommande ledning till mätstationerna. Det sker två gånger i månaden. Proven samlas i plastflaskor och konserveras med kloroform (1 ml/l). De sänds med post och når laboratoriet inom två dygn. Där förvaras de vid $2-4^{\circ}\text{C}$. Analysen utförs inom 14 dagar.

Analys

Allmänt. Analysmetoderna överensstämmer i princip med svensk standard för vattenundersökningar (SIS 1976). Reagensmängder och koncentrationer har anpassats till automatisk analys. Analysen görs antingen i obehandlat eller centrifugerat prov. Centrifugeringen sker i 20 minuter, vid en rotorhastighet om minst 3000 r per minut.

Ammonium. Ammonium bestäms i centrifugerat prov genom oxidation till indofenolblått med natriumhypoklorit i närvaro av fenol och katalytiska mängder av nitroprussid. Spektrofotometrisk mätning vid 630 nm.

Nitrit. Nitrit bestäms i centrifugerat prov genom diazotering av sulfanilamid och koppling med N-(1-naftyl)-etylendiamin till ett azofärgämne. Automatisk analys med mätning av absorbansen vid 545 nm.

Nitrat. Nitrat+nitrit bestäms i centrifugerat prov efter reduktion av nitrat till nitrit med kadmiumamalgam i närvaro av ammoniumklorid. Nit-

ritbestämning enligt ovan. Nitrat utgör skillnaden mellan nitrit+nitrat och nitrit.

Totalkväve. Totalkväve bestäms i obehandlat prov. Organiska och oorganiska kväveföreningar oxideras i alkalisk miljö med kaliumperoxodisulfat till nitrat. Bestämning enligt ovan.

Beräkningsmetoder

Mängden utlakat kväve (transporten) beräknas som produkten av avrinningen och ett vägt medeltal av kvävehalterna i vattnet under den aktuella tiden.

$$T = A100^{-2}(q_1 c_1 + q_2 c_2 + \dots + q_n c_n)/(q_1 + q_2 + \dots + q_n), \quad (1)$$

där T är transporten i N kg/ha, A är avrinningen i mm under den aktuella tiden, n är antalet observationer, c är koncentrationen i N mg/l och q är vattenföringen i l/s vid det enskilda provtagningstillfället.

PROGNOSUNDERLAG VID JORDPROVTAGNING HÖST ELLER VÅR

Allmänt

Jordprov kan antingen tas så sent som möjligt på hösten då mineraliseringen kan förmodas ha avstannat eller så snart tjälen gått ur marken på våren innan mineraliseringen åter har kommit igång. Den dominerande delen av de arbeten som hittills utförts vad gäller jordprovtagning med bestämning av min-N som underlag för kvävegödslingen har i första hand inriktats på det senare alternativet, dvs vårprovtagning.

Som allmänt riktmärke ifråga om tidpunkt för vårprovtagning har gällt att vattenrörelserna i marken skall ha avstannat och ytan skall ha torkat upp så pass att trampskadorna inte blir besvärande. I många fall har denna tidpunkt sammanfallit med att vårbruket startat. Men vanligtvis har det förflutit ca 14 dagar mellan provtagning och sådd. I undantagsfall har det rört sig om en period på drygt en månad. Det har vid dessa tillfällen huvudsakligen rört sig om de sydligaste länen där fälten först har torkat upp men där det omedelbart därefter har kommit en kall och nederbördsrik period som har försenat sådden.

Höstprovtagningen har utförts antingen omedelbart efter skörden eller så nära vintern som möjligt beroende på syftet. Det förra belyser grödans kväveutnyttjande, den senare ger en uppfattning om övervintrande min-N.

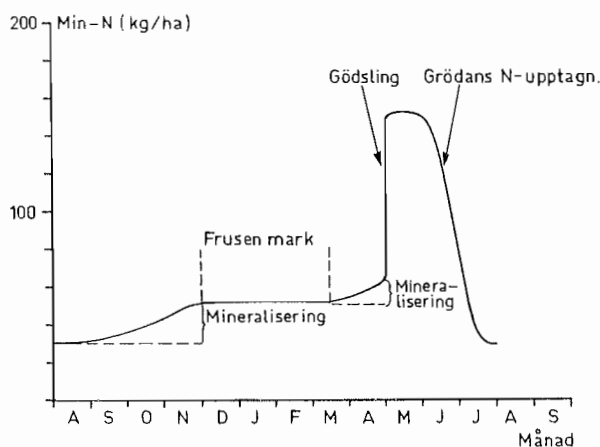


Fig. 2. Min-N:s principiella förändringar under ett år med stråsäd i Mellansverige (Lindén, muntligt). *Principal changes for mineral-N in a soil profile during a year with cereals in Central Sweden.* Gödsling, fertilization. Grödans N-upptagn., N-uptake by the crop. Frusen mark, frozen soil. Mineralisering, mineralization.

Oavsett om det gäller höst- eller vårprovtagningen är det viktigt att provtagningen är från år upprepas vid jämförbara tidpunkter i kväveförrådets årscykel. Eventuella skillnader mellan åren blir då belysta på bästa sätt. Fig. 2 visar schematiskt hur min-N kan variera under året vid stråsädesodling (Lindén, muntligt). Stallgödsel eller annan organisk gödsling liksom höstgödsling med kväve antas icke förekomma. Någon skillnad mellan sand- och lerjordar synes icke föreligga i detta fall.

Efter skörd ökar min-N mer eller mindre beroende på mineraliseringen. Mullhalt, temperatur, fuktighetsförhållanden och skörderester har stor betydelse. Tillskottet torde som mest kunna uppgå till ca 40 kg/ha fram till vinterns inträde. Det är här höstprovtagningen bör sättas in. Under den tid marken är tjälad förändras min-N obetydligt. Men under vintrar då tjäle saknas eller förekommer endast i liten omfattning kan min-N både öka och minska (Lindén 1978). Det är en fråga om vilket som dominerar; mineralisering eller utlakning.

På våren då tjälen släpper och temperaturen i marken stiger kommer mineraliseringen åter igång och min-N ökar. Vårprovtagningen bör sättas in innan mineraliseringen kommit igång. Fig. 3 visar förändringen i min-N under vegetationsperioden på två trädor i Skåne. Mineraliseringen kan som synes dels variera kraftigt mellan olika fält dels snabbt leda till ansenlig ökning av min-N på våren. Det senare understryker vikten av att provtagningen sker innan mineraliseringen börjar.

I samband med kvävegödsling på våren ökar min-N drastiskt men grödans kväveupptagning under försommaren är snabb. Min-N avtar därför och når sitt lägsta värde i månadsskiftet juli/augusti då kväveupptagningen i stort sett har upphört (fig. 2).

Höstprovtagning

Provtagning och bestämning av min-N på hösten har haft två syften, nämligen att få kunskap om vilka kvävemängder som finns kvar i profilen då grödan tagit sitt och att få en uppfattning om min-N:s storlek i början av vintern. Det har därför varit naturligt att provtagningen skett vid två helt skilda tidpunkter. Den första omedelbart efter skörd och den andra så nära vintern som möjligt. Det är strängt taget bara resultat från den senare provtagningen som kan användas som prognosunderlag.

En viss vägledning av analysresultaten efter skörd kan visserligen erhållas men tillskott och förluster varierar starkt och medför risk för feltolkningar. Utsikterna att finna något samband mellan dessa analysresultat och kvävegödslingsbehovet efterföljande år får därför bedömas som små. Framställningen har därför begränsats till en diskussion utifrån

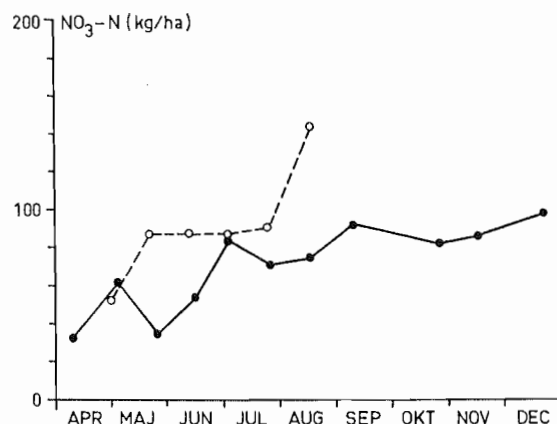


Fig. 3. Min-N:s variation med tiden på trädor. Två länsförsök i Skåne 1979. The variation of mineral-N in the soil on two fallows in South Sweden 1979.

Tabell 1. Mineralkväve (min-N) på senhösten och kvävegiva för maximal skörd året därpå. (Värden i kg/ha.) *Mineral-N late in the autumn and N-rate for maximum yield next year. (Values in kg/ha.)*

År	Min-N ^a (kg/ha)			N-max
	\bar{x}	SD	n	
1974	43	21	28	193
1975	39	20	34	183
1976	58	33	11	150
1977	51	36	20	169
1978	60	22	19	163

^aSumman av NH₄-N och NO₃-N till 1 m djup. *Sum of NH₄-N and NO₃-N down to 1 m.*

analysresultat från sent uttagna höstprov. Tillgängligt material består då av resultat från en länsförsöksserie (L3-2113) i Skåne startad hösten 1977 samt Lindéns (1978, 1980) undersökningar påbörjade hösten 1974 i Halland och Uppland.

I tabell 1 visas hur min-N har varierat mellan olika år vid höstprovtagning strax före vintern. Årsmedeltalen varierar mellan 39 och 60 kg/ha. Som jämförelse redovisas också årsvisa medeltal för den kvävegiva som gav maximal skörd (N-max) året därpå.

Om det är möjligt att utifrån analysresultat på sent uttagna höstprov få en fingervisning om kvävegödslingsbehovet nästkommande vegetationsperiod måste det finnas ett samband mellan min-N och N-max. Tabell 1 antyder att ett sådant samband finns. En korrelationsberäkning baserad på årsmedeltalen ger $r = -0,85^*$. Det innebär att vid ökande min-N avtar N-max. De försök som ligger till grund för bestämning av N-max ligger inte på de platser där min-N bestämts. Detta begränsar tolkningen av resultaten.

Vårprovtagning

Som tidigare omtalats har provtagningar i syfte att bestämma min-N utförts på många håll under senare år. Men då såväl provtagningsförfarandet som analyserna inte har varit enhetliga bjuder det vissa svårigheter att sammanställa resultaten. Alla värden på min-N som återges i fortsättningen hänförs till ett profildjup på en meter. Såväl ammonium- som nitratkväve ingår. Om analyserna inte har utförts i denna omfattning har resultaten justerats. Ammoniuminnehållet har härvid satts till 20 kg/ha och profildjupet har räknats om till en meter. I det redovisade materialet ingår resultat från min-N-bestämningar i växtnäringsavdelningens försök (s.k. riksförsök), länsförsök i Skåne, vissa av SUPRA:s och Norsk Hydros försök, SLR:s försök med olika odlingsystem i höstvetete och Skånska Lantmännens försök med optimerad höstveteadling.

I tabell 2 ges en totalbild av hur min-N på våren har varierat under åren 1977-1979. Som jämförelse återges även min-N från riksförsöken som representerar ett enhetligare material beträffande provtagning och analys.

Överensstämmelsen är som synes god mellan de båda sätten att bilda medeltal, vilket kan tolkas som att resultaten från riksförsöken är representativa för totalmaterialet. Standardavvikelsen var högre 1977 än de två efterföljande åren.

Som ett medeltal för svenska jordar beträffande min-N torde följaktligen ca 70 kg kunna anges med en variation av ± 35 kg/ha. Det lägsta registrerade värdet ligger strax över 20 kg/ha. Det högsta är mera diskutabelt. Stallgödsel eller annan organisk gödsel kan förorsaka tillfälligt

Tabell 2. Min-N (vår) kg/ha för olika år. *Mineral-N (spring) kg/ha for different years (\bar{x} and SD kg/ha.)*

År	Alla försök ^a			Riksförsök ^b		
	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n
1977	75	59	36	78	64	25
1978	66	35	74	66	40	56
1979	72	38	88	70	38	53

^aAll available experiments. ^bOfficial experiments.

mycket höga min-N-värden. En viss återhållsamhet i redovisning av höga värden måste därför iakttagas. Om stallgödsel säkert har förekommit har sådana resultat sorterats bort. Enstaka värden uppemot 250 kg/ha förekommer emellertid.

Betydelsefulla faktorer

I följande avsnitt görs ett försök att dela materialet beroende på ett antal faktorer som kan antas ha betydelse för min-N:s storlek. Det är endast resultat från vårbestämning av min-N som har använts.

Jordarten. I tabell 3 visas hur min-N varierar då materialet sorteras på olika jordartsgrupper, sand- och mojordar respektive lerjordar. Skillnaden i min-N mellan de två grupperna är oväntat liten. Den är av samma storleksordning eller t.o.m. mindre än skillnaden mellan åren. Standardavvikelserna är för sand- och mojordgruppen något lägre än för totalmaterialet medan motsatsen gäller för lerjordgruppen. De provtagna lätta jordarna kan därför antas vara något enhetligare än lerjordarna.

Förfrukten. Min-N bör variera med föregående års gröda. I tabell 4 visas min-N efter några vanliga grupper av grödor. Bilden blir splittrad eftersom antalet analyser i varje grupp varierar så starkt såväl inom som mellan år. Ett vägt medeltal snedbelastas i för hög grad om ett enstaka år med exempelvis många analyser ingår. Medeltalen för hela perioden 1977-1979 redovisas därför som icke vägda medeltal.

Resultaten tyder på att min-N antar lägre värden efter grödor med lång vegetationsperiod såsom sockerbetor och i viss mån våroljeväxter än efter t.ex. höstoljeväxter som avslutar sin kväveupptagning tidigt. Sensommarens och höstens mineraliserade kväve tas i det senare fallet inte om hand av någon gröda såvitt inte fältet höstsås. På bara ett fåtal platser har förfrukten utgjorts av träda. En klar bekräftelse på tidigare praktiska erfarenheter erhålles likväl i det att höga min-N-värden registreras. Trädans goda förfruktsvärde kan därmed sägas vara siffermässigt belagt.

Tabell 3. Min-N (vår) två jordartsgrupper. *Mineral-N (spring) for two different soil types. (\bar{x} and SD kg/ha.)*

År	Sand- och mojordar ^a			Lerjordar ^b		
	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n
1977	81	61	8	70	61	28
1978	60	22	20	66	37	54
1979	72	31	23	73	41	65

^aSand soils. ^bClay soils.

Tabell 4. Min-N (vår) för olika förfrukter. *Mineral-N (spring) for different years after different preceeding crops (\bar{x} kg/ha.)*

Förfrukt ^a	1977		1978		1979		1977-79 \bar{x}^g
	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	
Stråsåd ^b	65	31	64	54	75	59	68
Höstoljevaxter ^c	-	-	-	-	86	7	86
Våroljevaxter ^d	37	1	-	-	53	7	45
Sockerbetor ^e	56	2	57	5	69	11	61
Träda ^f	218	1	121	2	243	1	194

^aPreceeding crop. ^bCereals. ^cWinter oil plants. ^dSpring oil plants.
^fFallow. ^gEj vägt medeltal. Not weighted average.

Geografiska läget. I tabell 5 visas hur min-N varierar med hänsyn till det geografiska läget. Materialet har delats upp på sex områden.

Område Län

- 1 Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens, Norrbottens
- 2 Kopparbergs, Gävleborgs
- 3 Stockholms, Uppsala, Södermanlands, Östergötlands, Örebro, Västmanlands
- 4 Hallands, Göteborgs- och Bohus
- 6 Jönköpings, Kronobergs
- 7 Kalmar, Gotlands, Blekinge, Kristianstads, Malmöhus

Utgångspunkten för indelningen har varit att få någorlunda enhetliga områden ur klimat- och jordartssynpunkt utan att splittra materialet för mycket.

Av tabellen framgår att skillnaderna i min-N mellan olika områden kan vara betydande. Variationen mellan år inom ett och samma område skiftar. Inom Mälardalen-regionen (område 3) är den stor medan den inom södra och sydöstra Götaland (område 7) är obetydlig. Det är svårt att ur materialet urskilja några generella tendenser. De fyra nordligaste länen (område 1) uppvisar dock markant högre min-N-värden än de övriga. Ammoniumandelen i min-N är också högre inom detta område.

Tabell 5. Min-N (vår) olika områden. *Mineral-N (spring) in different regions. (\bar{x} and SD kg/ha.)*

Område ^a	1977			1978			1979		
	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n
1	155	124	4	128	66	5	115	46	2
2	41	17	2	74	8	2	74	0	2
3	100	74	6	46	15	17	74	44	35
4	61	22	5	60	28	17	51	13	14
5	59	34	5	58	15	5	82	67	4
6	40	4	2	53	11	2	49	9	2
7	59	17	12	67	22	22	68	19	28

^aRegion.

Tabell 6. Förklaringsgrader (r^2 -värden) erhållna vid anpassning av observerade värden på grundskörd av korn och min-N (vår). *Coefficients of determination (r^2 -values) derived from the adaptation of observed values of zero N harvests and mineral-N (spring) to the equation $y = a + bx + cx^2$.*

Skikt ^a	0-20	0-40	0-60	0-80	0-100	Antal ^b
1977	0,03	0,07	0,11	0,16	0,20	23
1978	0,05	0,11	0,16	0,18	0,18	22
1979	0,16	0,27	0,21	0,19	0,13	24

^aLayer. ^bNumber of experiments.

Provtagningsdjupet. Provtagningsdjupet i de av Lindén (1979) redovisade länderna (Östtyskland och Västtyskland, Holland, Danmark, USA och Kanada) varierar mellan 60 och 100 cm. Svenska undersökningar har hittills mestadels utförts till 100, i vissa fall till 200 cm. I nystartad verksamhet har sedan 1979 provtagningsdjupet begränsats till 90 cm.

Det är svårt att kartlägga från vilket djup det kväve som grödan tagit upp har hämtats. En metod att belysa den frågan är att använda de analysvärden för min-N som finns och korrelera dem med skördarna. Härvid kan varje skikt betraktas för sig, två skikt tillsammans osv. Man kan sålunda få en bild av sambandet mellan skördens storlek och kväveförekomsten på olika djup. I tabell 6 visas förklaringsgrader (r^2 -värden) erhållna vid anpassning av grundskördarna i växtnäringsavdelningens intensitetsförsök med kväve (ett försök per län och år) till en funktion av typen

$$y = a + bx + cx^2 \quad (2)$$

Ju närmare 1,0 förklaringsgraden ligger desto bättre samband föreligger, dvs. i detta fall sambandet grundskörd - min-N på olika djup. Tabellen visar att sambandet växlar en del mellan åren. För 1978 och 1979 förefaller 60 cm ha varit ett tillräckligt provtagningsdjup medan 100 cm synes ha varit nödvändigt 1977. Värdena är genomgående låga och försiktighet vid tolkningen måste därför iakttagas.

I fig. 4 har de beräknade ekvationerna lagts in tillsammans med de observerade värdena av grundskörd och min-N till 60 cm djup (Serie R3-2104/2106). Spridningen omkring linjerna är stor men tendensen till stigande grundskörd vid tilltagande min-N framträder. En del platser med mycket höga min-N-värden har inte gett motsvarande höga grundskördar. I åtminstone några av dessa fall har det kunnat klarläggas att stallgödsel tillförts under tidigare år.

Ammoniumbestämningen. I Holland och Östtyskland bestäms summan av ammonium- och nitratkväve efter reduktion av nitratkvävet till ammoniumkväve. I Danmark bestäms ammonium och nitrat var för sig medan man i Västtyskland endast gör ammoniumbestämning vid förväntat höga ammoniumvärden t.ex. efter stallgödselanvändning. (Lindén 1979.)

Metodiken skiftar således. I svenska undersökningar med bestämning av både ammonium och nitrat har det visat sig att båda fraktionerna uppvisar en variation mellan platser som relativt sett är av samma storleksordning. I absoluta mått varierar emellertid ammoniumkvävet avsevärt mindre än nitratkvävet. Det är av betydelse därför att variationerna i kväveeffekt mellan två platser måste förklaras av reella skillnader i min-N räknat i kg/ha och ej av relativa variationer. I tabell 7 har ammonium- respektive nitratanalyserna sammanförts var för sig (Mattsson 1980). Standardavvikelsen för ammoniumkvävet del varierar mellan 8 och 16 kg/ha mot 31 till 64 kg för nitratkvävet.

Detta visar att enbart nitratkvävebestämning i allmänhet bör vara till-

Tabell 7. Min-N (vår) uppdelat på ammoniumkväve och nitratkväve.
Mineral-N (spring) partitioned on ammonium-N and nitrate-N. (\bar{x} and SD kg/ha.)

År	NH ₄ -N		NO ₃ -N		
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	n
1977	19	8	62	64	27
1978	21	16	46	31	56
1979	23	12	47	31	53

fyllest. Dock föreligger två fall då ammoniumkvävet kan behöva bestämmas. Det ena är då särskilt höga ammoniumkvävemängder kan förväntas t.ex. vid stallgödselanvändning och det andra vid min-N-bestämningar i de fyra nordligaste länen.

Mineraliseringen från organiskt bundet kväve till nitratkväve går via ammoniumkväve. Mycket ammoniumkväve indikerar stor mineraliseringskapacitet. Ett förhållande som kan förväntas efter stallgödelspridning. Det finns vidare uppgifter (Tretyakova 1977) som tyder på att steget i mineraliseringsförloppet från organiskt bundet kväve till ammoniumkväve kan fortgå vid lägre temperaturer än steget ammoniumkväve - nitratkväve. Följden skulle bli en anrikning av ammoniumkväve i marken vid kyligare väderlek. En sammanställning regionalt (ej särredovisat) visar också att ammoniumvärdena tenderar att ligga högre i de fyra nordligaste länen.

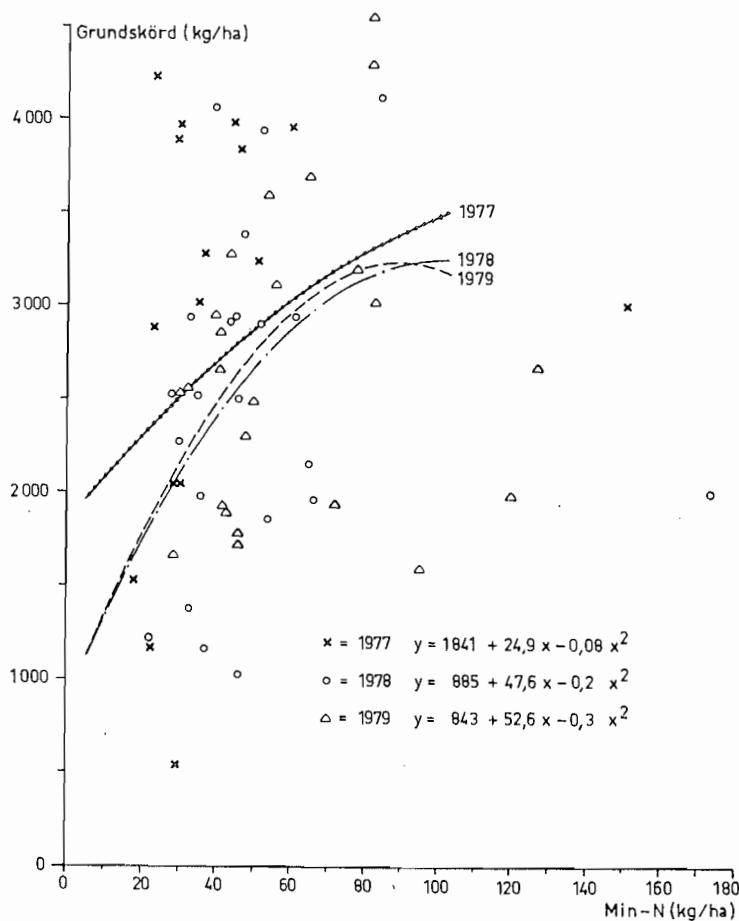


Fig. 4. Observerade värden på grundskörd i kväveförsök och min-N (vår) för olika år. *Observed values of basic yields in nitrogen trials and mineral-N (spring) for different years. Grundskörd, basic yield.*

Tabell 8. Min-N (vår). Kvävegiva för maximal skörd (N-max) och summan därav (ΣN) för olika grödor. *Mineral-N (spring), N-rate for maximum yield (N-max) and the sum of min-N + N-max (ΣN) in different crops. (\bar{x} and SD kg/ha.)*

År	Min-N ^a		N-max		ΣN	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Korn <i>Barley</i>						
1977	69	±49	140	±42	209	±35
1978	64	±23	161	±45	225	±35
1979	78	±30	150	±50	227	±33
Sockerbetor <i>Sugar beets</i>						
1978	66	±37	164	±69	230	±82
1979	54	±26	145	±25	199	±3
Höstvete <i>Winter wheat</i>						
1979	72	±28	140	±28	212	±28

^aNH₄-N + NO₃-N, för sockerbetor endast NO₃-N. NH₄-N + NO₃-N, concerning *sugar beets* NO₃-N only.

Sambandet mellan min-N och kväveeffekt

Korn. Det mest omfattande försöksmaterialet finns i korn. Här skall diskuteras växtnäringsavdelningens intensitetsförsök med kväve.

I tabell 8 återges (1) medeltal och standardavvikelser för min-N (vår) för de tre år som försöksserien pågått i nuvarande omfattning, (2) den kvävegiva som gav den högsta skörden (N-max) och (3) summan av de båda (ΣN). Tabellen visar att det behövs en större kvävegiva för att få maximal skörd de år då min-N är lågt än då det är högt. Detta framgår också av att summan av min-N + N-max dvs. ΣN ligger förhållandevis konstant på 210-230 kg/ha. En viktig synpunkt slutligen är att standardavvikelsen för ΣN är mindre än för N-max. Det innebär att bättre precision kan erhållas genom att anpassa gödslingen efter min-N på våren.

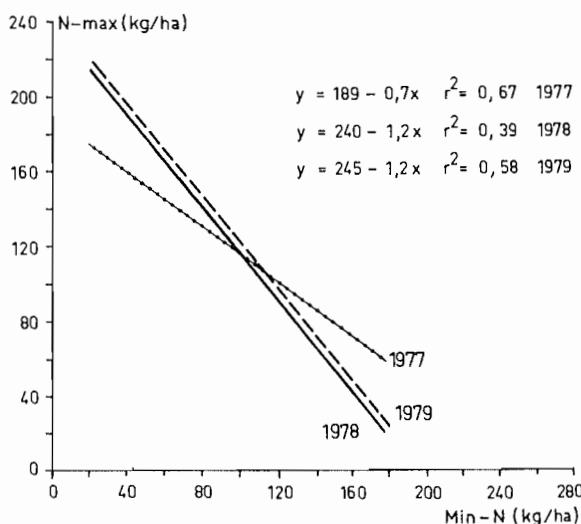


Fig. 5. N-max som funktion av min-N för olika år. *N-rates for maximum yield as a function of the mineral nitrogen in the soil.*

I fig. 5 visas hur N-max avtar då min-N ökar (Serie R3-2104/2106). Linjerna har olika lutning, vilket får ses som ett utslag av den årsmånsvariation som trots allt finns kvar. Vi har fortfarande ej kontroll över väderleken under vegetationsperioden.

Sockerbetor. Från en länsförsöksserie i Skåne (L3-2113) föreligger resultat med stigande kvävegivor till sockerbetor och bestämning av min-N på våren (tabell 8). Sockerskörden har använts som avkastningsvariabel. Min-N avser här endast nitratkväve. Bilden är mera splittrad än för kornets del men tendenserna är desamma. I två av 1978 års försök erhöles resultat som starkt avviker från de övriga. Anledningen härtill är ej klarlagd.

Med beaktande av att ammoniumkväve ej ingår i de redovisade värdena samt den stora spridningen i 1978 års försök torde $\Sigma N \sim 220$ kg/ha kunna anges som riktvärde för maximal sockerskörd. Detta överensstämmer med tyska och holländska erfarenheter (cf. Lindén 1979). Resultatets allmängiltighet i detta fall begränsas av att de beräknade kvävegivorna för maximal sockerskörd i flera fall ligger högre än de i försöken använda högsta kvävegivorna.

Höstvete. I ett antal länsförsök i höstvete i södra och mellersta Sverige har min-N på våren bestämts. Försöken startades 1979 varför endast ett års resultat föreligger (tabell 8). Totalt ingår 16 försök. ΣN antar ett värde, vars storlek står i överensstämmelse med utländska erfarenheter (cf. Lindén 1979). Standardavvikelsen är lika stor, ± 28 kg/ha, för samtliga parametrar. Någon ökad precision vid bestämning av gödslingsbehovet kunde med andra ord inte nås i detta fall.

PROGNOSUNDERLAG VID JORDPROVTAGNING OCH REGISTRERING AV N-LÄCKAGE

Allmänt

Såsom förut framhållits är det ont om tid för en kväveprognos baserad på vårprovtagningar. Dessutom bör prognosen komma tidigt om den skall göra skäl för namnet. Ett mål bör vara att kunna ge den första förutsägelsen i februari. Den bör då grundas på min-N i jorden och N-läckaget därefter.

Utlakningsförlusterna varierar mycket beroende främst på klimat, gödslingsintensitet och jordart. Men också de hydrologiska förhållandena liksom grödan är betydelsefulla (Brink 1978). Det är därför nödvändigt att klara ut hur utlakningen skall inpassas i prognosunderlaget. Men först en formell analys.

Formel

Markens innehåll av min-N på våren ($N_{vår}$) kan uppskattas med formeln

$$N_{vår} = N_{hös} + N_{ned} - N_{lak} \quad (3)$$

där $N_{hös}$ är markens innehåll av min-N på hösten. N_{ned} är tillfört med regn och snö och N_{lak} är utlakat totalkväve. Förlusterna till atmosfären under vinterhalvåret har försumrats.

Nedfallet av mineraliskt kväve under vintern kan uppskattas till mellan 1 och 5 N kg/(ha.år) (Söderlund 1977). Det lägsta värdet gäller norra Norrland och det högsta Skåne. Vanligtvis torde nedfallet kunna kvittas mot lakningen till grundvattnet under vintern. Man får då

$$N_{vår} = N_{hös} - N_{lak} \quad (4)$$

där N_{lak} här betyder förlusterna med dräneringsvattnet.

Provtagnings tidpunkt

Metoden förutsätter bestämning av kväveprofilen på hösten och utlakningen under vintern. Detta sker vid våra sexton referensfält (Brink, Gustafson & Persson 1979).

Höstprovtagningen bör ske på senhösten eller förvintern då mineraliseringen avklingat. Följande tidpunkter kan vara normgivande: Norrland omkring 1 november, Svealand omkring 25 november och Götaland omkring 10 december.

För kontroll av prognosunderlaget tas också prov på våren. Provtagningen bör ske innan mineraliseringen ånyo satt igång. En svårighet här är att finna rätt tidpunkt (Brink & Gustafson 1980).

Prognostidpunkt

Gödslingsprognosen måste komma innan vårbruket. I Norrland bör den därför ges i slutet av april, i Svealand i slutet av mars och i Götaland i slutet av februari.

Klimatets betydelse för utlakningen

Klimatet har en avgörande betydelse för kväveutlakningen (fig. 6). Den långa vintern i Norrland begränsar effektivt läckaget. 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 (Brink, Gustafson & Persson 1979). I Götaland sker utlakningen mera jämnt fördelat under hela vintern med toppar i samband med höstregn och vårfloden. Svealand intar naturligt nog en mellanställning. Mellan avrinning och utlakning är sambandet starkt.

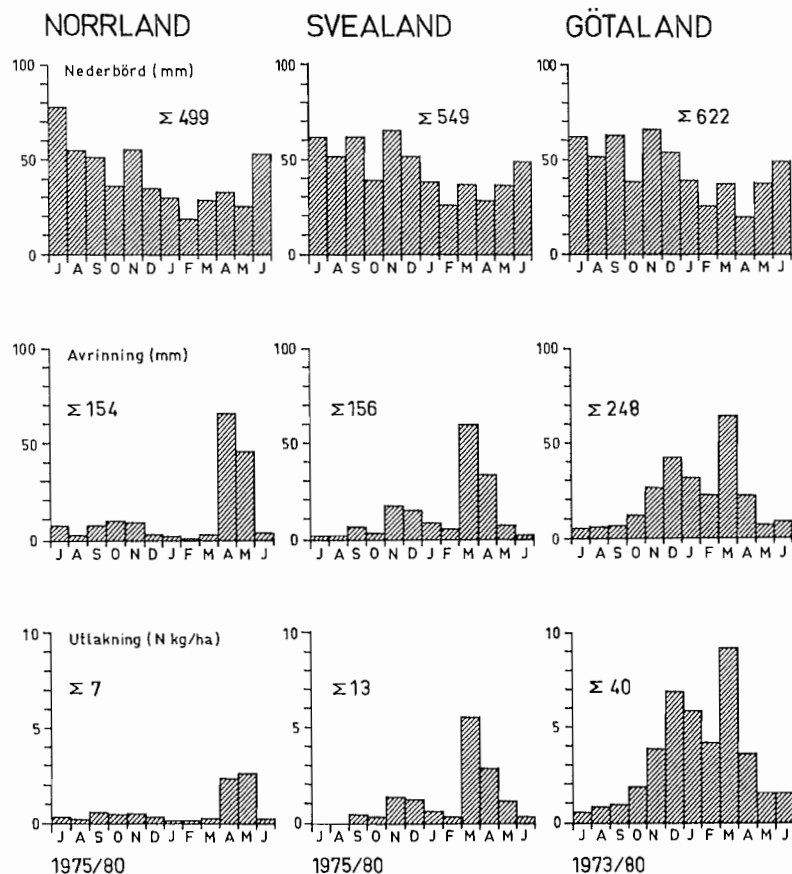


Fig. 6. Nederbörd, avrinning och utlakning av kväve (tot-N) i olika delar av Sverige. *Precipitation, run-off and leaching of nitrogen (total-N) in different parts of Sweden.*

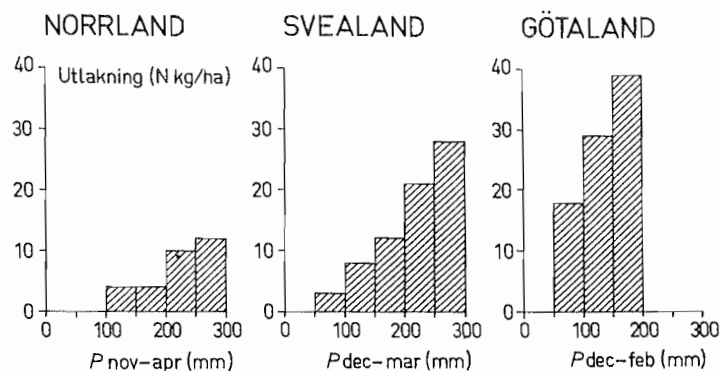


Fig. 7. Kväveutlakningens beroende av vinternederbörden (P) i olika delar av Sverige. *The leaching of nitrogen depends on the precipitation (P) during winter months.*

Prognos baserad på jordprov och nederbörd

I prognossammanhang blir läckaget under vintern och våren intressant. Avrinningen är avgörande men kan inte nyttjas eftersom den delvis är okänd när prognosen skall göras. Men avrinningen under våren bestäms av vinternederbörden som ju kan mätas relativt lätt. Räknar man med den nederbörd som faller mellan jordprovtagningen på hösten och prognostidpunkten får man sambanden i fig. 7. Här skall räknas nederbörden under följande perioder och utlakningen till 30 juni.

Norrland: nov-apr. Svealand: dec-mar. Götaland: dec-feb.

Faller det exempelvis 100-150 mm snö eller regn mellan 1 dec och 28 feb i Götaland blir utlakningen i medeltal 28 N kg/ha från 1 dec till 30 jun.

Figuren visar att det kan bli fråga om relativt små korrektioner i Norrland. Praktiskt sett kan gödslingsprognoser där baseras direkt på höstens jordprovtagning. I Svealand och Götaland varierar kväveutlakningen så mycket att det är nödvändigt att ta hänsyn till den.

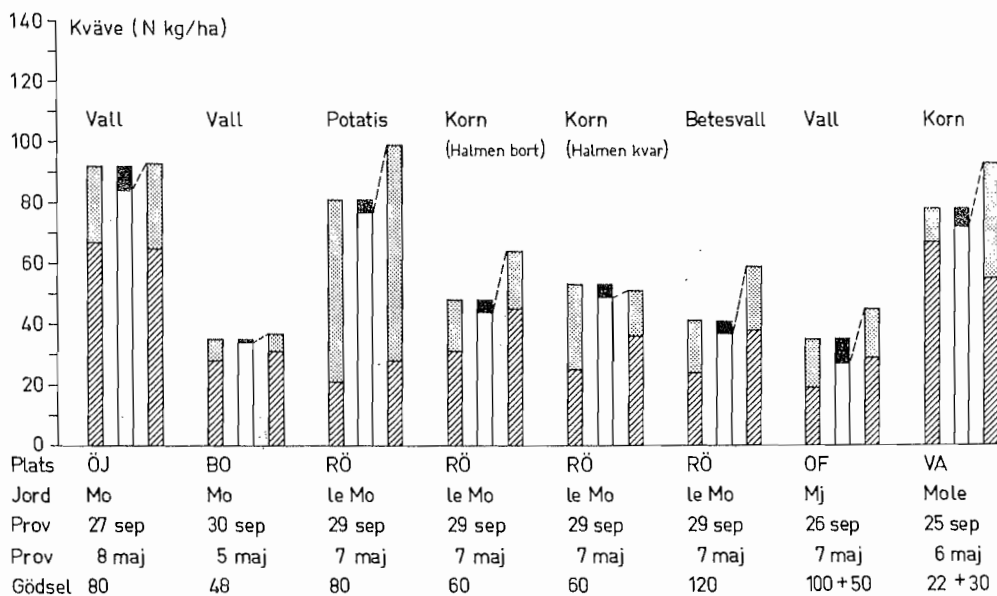


Fig. 8. Prognosunderlag 1979/80 för Norrland. Teckenförklaring se fig. 9. *Basic data of forecast in 1979/80 for Norrland. Vall, ley. Potatis, potatoes. Korn, barley. Betesvall, pasture. Halmen bort, straw taken away. Halmen kvar, straw left. Symbols see fig. 9.*

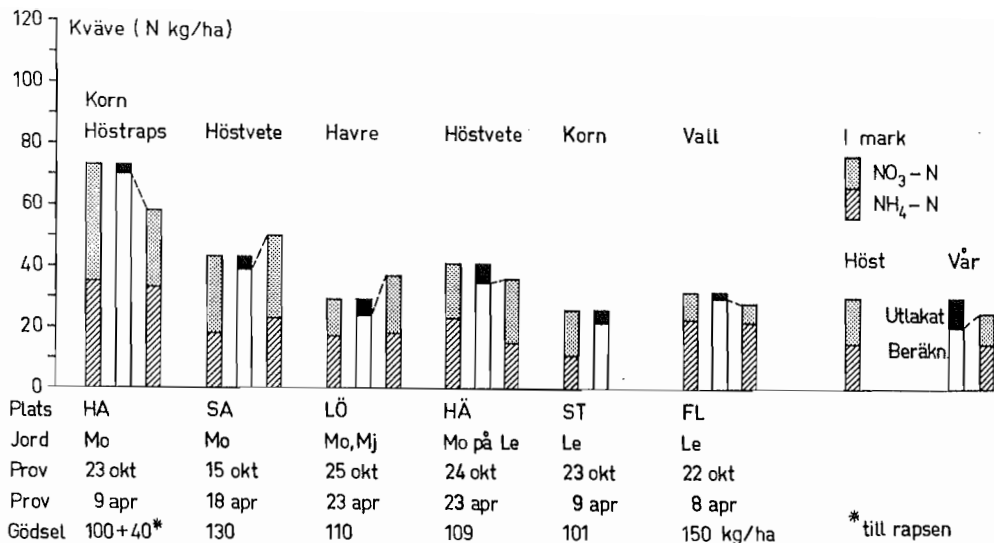


Fig. 9. Prognosunderlag 1979/80 för Svealand. *Basic data of forecast in 1979/80 for Svealand. Korn, barley. Höstraps, winter rape. Höstvete, winter wheat. Havre, oats. Vall, ley. I mark, found in soil. Höst, autumn. Vår, spring. Utlakat, leached. Beräkn., estimated.*

Kontroll av prognosunderlaget

I en tidigare skrift (Brink & Gustafson 1980) har behandlats gödslingsprognoser och kontrollen av prognosunderlaget 1978/79. Sammanfattningsvis konstaterades att följsamheten mellan höst- och vårprovtagningarna var god. Förekommande avvikelser berodde på sådan mineralisering i marken som ägt rum mellan jordprovtagningarna. Bilden var i huvudsak densamma också 1979/80 vilket framgår av fig. 8-10 där den direkt uppmätta utlakningen nyttjats.

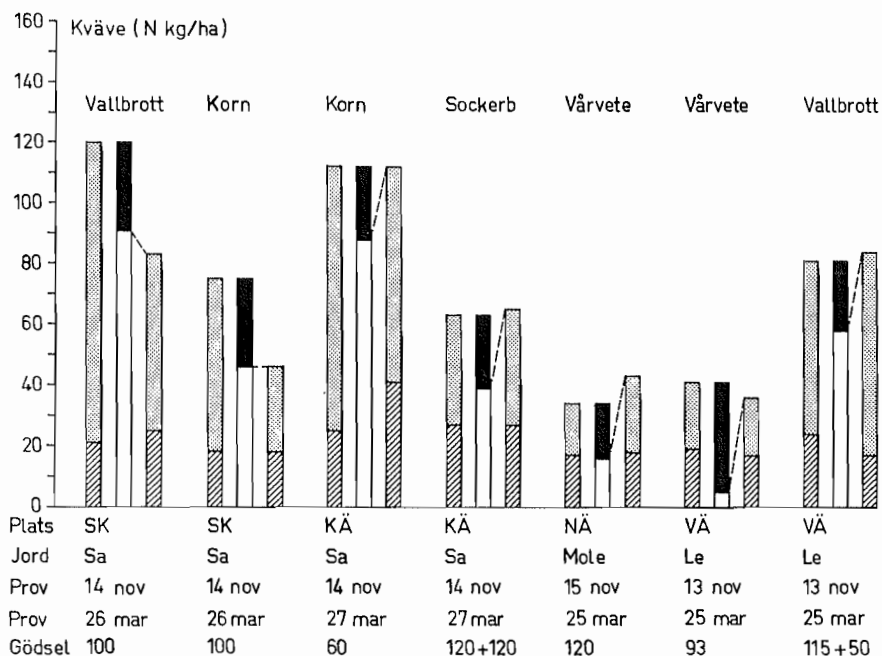


Fig. 10. Prognosunderlag 1979/80 för Götaland. *Basic data of forecast in 1979/80 for Götaland. Vallbrott, ploughing up. Korn, barley. Sockerb., sugar beets. Vårvete, spring wheat.*

I Norrland betyder utlakningen mycket litet såsom framhållits tidigare. Det räcker därför mycket väl med sena höstprovtagningar för en prognos. Av fig. 7 framgår jämväl att nedbrukningen av halm minskat förrådet av mineraliskt kväve och att vallgrödor vanligtvis utnyttjat kvävet bättre än korn och potatis. Men en vallgröda tillgodogör sig inte alltid det mineraliska kvävet så väl. Ammoniumhalten i marken var på flera försöksfält anmärkningsvärt stor.

I Svealand följde i allmänhet de beräknade och funna vårvärdena varandra väl (fig. 9). Avvikelse berodde mest på mineralisering mellan provtagningarna. Förrådet av mineraliskt kväve var allmänt ganska lågt. Här avvek Hassla (HA) markant. Orsaken är en allmänt hög gödslingsnivå.

I Götaland liksom i Norrland och Svealand stämde höstvärden och vårvärden väl överens, i det att höga höstvärden gav höga vårvärden och låga höstvärden låga vårvärden (fig. 10). Beräknade och funna vårvärden sammanföll emellertid bara på Skottorp (SK). Kväveläckaget på de andra fälten hade kompenseras genom mineralisering mellan provtagningstillfällena. Sannolikt skedde det mesta härav på hösten vilket betyder att jordprovtagningen då borde ha uppskjutits, kanske en hel månad. För övrigt skall framhållas att mycket nitrat frigjordes efter vallbrott både på sandjord och lerjord.

Om man i stället för att nyttja den direkt uppmätta utlakningen 1979/80 använder en på vinternederbörden baserad sannolik mängd blir resultatet oförändrat. Med SMHI:s nederbördsdata får man nämligen ur fig. 7

Landsdel	Nederbörd (mm)	Utlakning (kg/ha)	
		Beräknad	Uppmätt
Norrland	201	7	6
Svealand	100	5	6
Götaland	123	28	25

PROGNOSVERKSAMHET I PRAKTISK SKALA

I följande avsnitt skisseras tänkbar utveckling beträffande prognosverksamheten. Problemen gäller härvid provtagningen och insamlandet av nederbördsdata för uppskattning av kväveläckaget.

Borrutrustning

Den borrarutrustning som för närvarande finns fungerar och kan förmodas fungera även vid en väsentligt ökad verksamhet. En fortlöpande vidareutveckling och en strävan mot en mekanisering av provtagningen måste dock pågå.

Provmängd, djup och tidpunkt

Utgår man från funna resultat finner man att medelfelet per observation (per provtaget fält) för hela landet ligger omkring ± 40 kg/ha. Det kan antas att spridningen är mindre inom begränsade områden av likartad beskaffenhet avseende jordart, klimat och driftsinriktning. Låter man emellertid den nämnda spridningen för hela landet gälla även för begränsade regioner och beräknar antalet provpunkter som erfordras för att få ett medeltal vars medelfel ej är större än ± 10 kg/ha bör man sålunda hamna på den säkra sidan. Förutsätts konfidensnivån 95 % uppnås den sökta precisionen vid ca 50 provpunkter, dvs. jordprov från minst 50 platser inom en region ger den sökta precisionen.

Beroende på det aktuella områdets storlek erhålles följande:

Alt. 1	100 000 ha	1 prov/2 000 ha
Alt. 2	200 000 ha	1 prov/4 000 ha
Alt. 3	300 000 ha	1 prov/6 000 ha

Om man antar att totalt 2 milj. ha skall karteras innebär de tre alternativen att 1 000, 500 respektive 330 platser skall provtas och analyseras. Antar vi vidare att varje plats representeras av tre skikt erhålls tre gånger så många prov.

Man kommer med denna räknemetod fram till att det antal prov som krävs för att ge en generell anvisning för ett områdes kvävegödsling är rimligt med hänsyn till tidsåtgång och analyskapacitet. Regioner som är avsevärt mindre än 100 000 ha är dock knappast realistiskt att tänka sig. Totala antalet prov blir då för stort. En regionstorlek på 10 000 ha skulle t.ex. innebära 30 000 prov.

Om kostnaden per prov sätts till 200 kr inklusive provtagning och analys fås en totalkostnad på 600 000 kr vid en regionstorlek på 100 000 ha. Utslaget på 2 milj. ha betyder detta 0,30 kr per ha. I räkneexemplet har inga kostnader beaktats för nyinvesteringar i laboratorieutrustning, utvärdering av analysresultaten och utformning av prognosen.

Provdjupet bör mot bakgrund av vad som sagts tidigare kunna minskas till 60 cm. Här bör dock ytterligare erfarenheter tas fram innan det kan fastslås med säkerhet. En differentiering av provdjupet beroende på gröda och jordart är sannolik. Djuprotade grödor och jordar med god struktur och därmed stort rotdjup bör föranleda provtagning till 90 cm djup. Sockerbetor och höstvetete och välstrukturerade lerjordar är faktorer som gör att detta kan bli aktuellt. Lindén (1980) har vidare visat att det finns möjligheter att skatta min-N till ett djup på 100 cm på grundval av kväveinnehållet i skiktet 0-60 cm under förutsättning att kvävet djupfördelning är likartad från plats till plats vilket i stort sett också gäller.

Det är viktigt att provtagningen sker vid rätt tidpunkt. På hösten skall den sålunda ske så sent att mineraliseringen avstannat och på våren innan den kommit igång.

Analys av jord

Erfarenheter från försöksverksamheten tyder på att det går att hantera jordprov i kyla utan kostsamma arrangemang. Det är nödvändigt om såväl ammonium- som nitratkväve skall bestämmas. I större skala kan det emellertid tänkas medföra ansevära bekymmer. En begränsning av analyserna till enbart nitratkväve vore därför önskvärd. Homogenisering och analysförfarandet och även transporter från provtagare till laboratorium skulle underlättas avsevärt. Proven skulle då kunna torkas så snart de är uttagna. Härför lämpade torkskåp finns redan i stor utsträckning inom de organisationer som kan tänkas komma att utföra provtagningen. Om inte, så är det fråga om en förhållandevis liten investering.

Liksom för provtagningsdjupet är en differentiering av analysomfattningen lämplig. I de nordligare delarna av landet bör ammoniumkvävet också bestämmas. Detsamma gäller vid analys av jordar där regelbunden tillförsel av stallgödsel eller annan organisk gödsling förekommer. Gäller det kartering av större områden måste därför en bedömning av områdets djurtäthet göras. Var gränsen skall sättas för att ammoniumkvävebestämning skall bli aktuell är emellertid ännu oklart.

Utförande

Provtagningen bör ske i samverkan mellan lantbruksnämnd, hushållningssällskap och lantbrukets egna organisationer. Där finns nödvändig kunskap och översikt avseende driftsinriktning och jordartsvariation inom en viss region.

Valet av provtagningsplatser bör varje år ske slumpmässigt i likhet med

vad som sker inom den objektiva skördeuppskattningen. Förfrukten bör vara enhetlig, lämpligen stråsåd. Förutom de slumpmässigt valda platserna bör emellertid inom varje område finnas ett antal i princip fasta platser. Den danska modellen där provtagningsplatsen får följa en viss gröda inom en gårds växtföljd är härvid att föredraga. På så sätt elimineras så långt möjligt effekten av olika förfrukters inverkan samtidigt som klimatets samspel med provtagningsplatsen begränsas. Tre brukningsenheter per område bör vara tillräckligt för att täcka in de typiska driftsformerna.

Lantbrukskemiska laboratorier svarar för analyserna.

Kväveutlakning

Skall prognoserna baseras på höstprovtagningar måste kväveutlakningen uppskattas. Kända samband mellan vinternederbörden och utlakningen kan härvid utnyttjas.

Aktuella regioner är Svealand och Götaland. I Norrland är utlakningen så pass liten att den kan försummas. Nederbördsdata kan hämtas från SMHI:s ordinarie stationsnät. För Svealand gäller det tiden december-mars och för Götaland december-februari.

Organisation

Lantbruksnämnderna ligger nära till hands att ta hand om prognosverksamheten. Möjligen kan det finnas skäl att värderingen av insamlat prognosunderlag sköts mera centralt.

DISKUSSION

För närvarande anpassas kvävegödslingen efter förfrukt, jordart, organisk gödsling och naturligtvis efter gröda. Anpassningen bygger på erfarenheter från forsknings- och försöksverksamhet. Variationerna mellan år är dock stora och målet är att dämpa dessa.

Den erfarenhetsmässiga anpassningen bygger indirekt på vetenskapen om olikheter i markens egen kvävelevererande förmåga. Med detta menas både det mineraliska kväveförrådet (min-N) och kväveleveransen genom mineralisering av organisk substans. Att bestämma storleken av dessa storheter och låta den kunskapen utgöra en del i underlaget för bedömning av gödslingsbehovet är det nya, det som kommit att kallas gödslingsprognoser för kväve.

I föregående avsnitt har de arbeten som lagts ned på att bestämma min-N sammanfattats. Två vägar har diskuterats. Den ena genom jordprovtagning och analys tidigt på våren, den andra genom en motsvarande provtagning och analys sent på hösten kombinerat med en mätning av kväveläckaget under vintern eller med en skattning av detsamma med hjälp av vinternederbörden.

Jordprovtagningen och frågorna avseende provtäthet, utrustning, provhantering och analys som är förknippade med denna är gemensam för båda metoderna. Det har visats att inom ett enhetligt område (klimat- och jordartsmässigt) behöver ca 50 slumpmässigt valda platser provtas för nöjaktig precision.

Eftersom arbetsåtgången vid provtagningen är starkt beroende av provtagningsdjupet är det önskvärt och även möjligt att begränsa detta till 60 cm djup.

Andelen ammoniumkväve i min-N varierar obetydligt såväl från plats till plats som från år till år. Det finns därför skäl som talar för att ej analysera denna fraktion med två undantag. Det ena då höga ammoniumvärden kan förväntas efter t.ex. stallgödselspridning och det andra vid min-N-bestämningar i de fyra nordligaste länen där ammoniumhalten synes ligga generellt högre och även tenderar att variera mera mellan platser.

Resultaten från avrinningsmätningarna visar på en hoppigivande samstämmighet mellan beräknade och uppmätta min-N-värden. Det har också visat sig att utlakningen fram till 30 juni kan skattas med hjälp av vinternederbör-

den. Det är det senare som bör bli aktuellt i prognossammanhang. Avrinningsmätningar och beräkning av läckaget med hjälp av dem finns med för kontroll av riktigheten i skattningarna och för eventuella korrigeringar. Vid de tidigaste förutsägelseerna på året är avrinningen fortfarande okänd och är därför inte användbar.

Studierna av utlakningen har visat att denna ökar från norr till söder. Det förklaras av varierande omfattning av tjäle. Den utgör av förklarliga skäl en effektiv spärr mot läckage. Att ta hänsyn till läckaget i prognosarbetet blir därför aktuellare ju längre söderut i landet man befinner sig.

Provtagning på våren som skall ske innan mineraliseringen börjat har den stora fördelen att det ger den aktuellaste informationen beträffande kvävetillgången. Den största nackdelen ligger i att tiden för provtagning, analys och utvärdering blir så knapp. Erfarenheterna från ett projekt i halvstor skala påbörjat våren 1980 i samarbete mellan Svenska Lantmännen och avdelningen för växtnäringslära pekar dock på att regionsvisa prognoser baserade på vårprovtagning är genomförbara.

Höstprovtagning med korrigering för läckaget under vintern har nackdelen att det skattade kväveinnehållet kan bli osäkert. En given fördel med metoden är å andra sidan tidsfaktorn. Den medger gott om tid för provtagning, analys och utvärdering. Organisatoriskt ter detta sig enklare. En anpassning till lämpliga regioner ur prognossynpunkt kan göras under förutsättning att sambanden mellan nederbörd och läckage för regionerna ifråga kan fastställas.

Att basera förutsägelser om kvävebehovet på min-N förutsätter att det finns ett samband mellan detta och kvävegödslingseffekten. Hittills vunna och i föreliggande rapport redovisade resultat visar att så tycks vara fallet. Vidare måste min-N verkligen variera mellan olika år för att prognosarbetet skall vara meningsfullt. Det är ju den variationen som förmodas orsaka åtminstone en del av kväveeffekternas årsmånsvariation. Erfarenheterna har visat att även detta villkor uppfylls.

Till sist en viktig faktor som ännu ej är klarlagd. Kommer gödslingsprognoser i jämförelse med nuvarande gödslingsrådgivning att medföra en förbättring som betalar prognoskostnaderna?

SAMMANFATTNING

I föreliggande rapport sammanfattas svenska undersökningar med syfte att förbättra säkerheten i kvävegödslingen genom att upprätta gödslingsprognoser.

Målet har varit att bestämma markens mineraliska kväveförråd (min-N) på våren vid vegetationsperiodens början. Det kan nås genom provtagning och analys på våren av marken ner till ett visst bestämt djup, vanligtvis 90 eller 100 cm. Det kan också nås genom en likadan provtagning på hösten vid vinterns inträde och korrigering av värdena med hänsyn till vinterns kväveförluster.

Resultaten visade att min-N varierar från år till år. Vidare förelåg ett samband mellan min-N och kvävegödslingseffekten. Detta är viktiga förutsättningar för fortsatt arbete på området. Höga värden på min-N erhöles efter träda, låga efter sockerbeter och våroljevaxter.

Utlakningen av kväve varierar från år till år. Den är lägst i landets norra del och ökar mot söder beroende på mindre tjäle.

Den uppmätta utlakningen kunde skattas med god precision med hjälp av vinternederbörden. Resultaten tydde också på att min-N på våren kan skattas på basis av höstvärdena korrigerade med kväveförlusterna under vintern.

För att få representativa värden för en region som är någorlunda enhetlig beträffande klimat, jordar och växtodlingsinriktning fordras prov från ca 50 platser.

Ammoniumkvävet i marken varierade så pass lite att analys av ammoniumkvävet kan utslutas vid en tillämpning i praktisk skala. Detta gäller dock

inte i landets nordligare delar. Ej heller om organiska gödselmedel använts de närmaste åren före provtagningen.

Hur en prognosverksamhet i praktisk skala kan tänkas se ut skisseras i ett särskilt avsnitt.

SLUTORD

För budgetåret 1979/80 tilldelades försöksavdelningen för växtnäringslära ett särskilt anslag på 100 000 kr för utvecklingsarbeten i syfte att utarbeta metoder för praktisk tillämpning av kvävegödslingsprognoser. Av de 100 000 tillförl sederrnara 10 000 kr till vardera avdelningen för vattenvård och växtnäringsläras forskningsavdelning. Till den förra för sammanställning av erfarenheterna från avrinnings- och utlakningsstudierna bedrivna vid den avdelningen och till den senare för summering och redovisning av utländska erfarenheter inom ämnesområdet kvävegödslingsprognoser.

Arbetena har dels resulterat i rapport nr 122 i växtnäringsläras rapportserie (Lindén 1979), dels i föreliggande rapport som gjorts i samarbete mellan försöksavdelningarna för växtnäringslära och vattenvård. Avsnitten rörande prognoser baserade på utlaknings- och avrinningsmätningar har skrivits av Nils Brink vid försöksavdelningen för vattenvård. Lennart Mattsson vid försöksavdelningen för växtnäringslära svarar för resterande delar.

LITTERATUR

- Brink, N. 1978. Kväveutlakning från odlingsmark. *Ekohydrologi nr 2*, 31-39.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi nr 4*, 7-57.
- Brink, N., Jansson, S.L. & Steineck, S. 1980. Utlakning efter spridning av potatisfruktsaft. *Ekohydrologi nr 6*, 21-38.
- 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.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. *Rapp., Avdeln. Växtnäring, Sveriges Lantbruksuniv. nr 112*.
- Lindén, B. 1978. Kan bestämning av rotzonens N-förråd ge vägledning om behovet av N-tillförsel? *Kungl. Skogs- och Lantbruksakad. Tidskr., Supplement 12*, 25-49.
- Lindén, B. 1979. Kvävegödsling baserad på bestämning av mineralkväveförrådet i marken. Lägesrapport om N-prognosverksamhet i några europeiska länder och i Nordamerika. *Rapp., Avdeln. Växtnäring, Sveriges Lantbruksuniv. nr 122*.
- Lindén, B. 1980. Mineralkväve i åkerjordar i Halland och Uppland. *Rapp., Avdeln. Växtnäring, Sveriges Lantbruksuniv. nr 125*.
- Mattsson, L. 1978. Ekonomiskt optimal kvävegödsling. Försöksledarmötet 1978. *Konsulentavdelningens rapporter nr 10*, 1-8.
- Mattsson, L. 1980 a. Vinterklimatets betydelse för kväveeffekten i vårstråsäd nästkommande vegetationsperiod. *Rapp. Avdeln. Växtnäring, Sveriges Lantbruksuniv. nr 123*.
- Mattsson, L. 1980 b. Markens mineraliska kväveförråd som prognosunderlag för kvävegödsling. *Konsulentavdelningens Rapp. Allmänt nr 23*, 8:17-23.
- Paauw, van der, F. 1963. Invloed van de regenval in de winter op de

- behoefte aan stikstof op verschillende grondsoorten. *Landbouwvoorlichting*, 20, 102-107.
- Söderlund, R. 1977. NO_x pollutants and ammonia emission. *Ambio*, 6, 118-122.
- Tretyakova, E.P. 1977. Effect of temperature on ammonification and nitrification processes in podzolic soils of extreme north. *Pochvovedenie nr 6*, 158-162 (engelsk sammanfattning).

- | Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|---|
| 6 | 1980 | Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. <i>Losses of Nutrients in Skåne and Halland.</i> |
| | | Nils Brink, Sven L. Jansson och Staffan Steineck. Utlakning efter spridning av potatisfruktsaft. <i>Leaching after Spreading of Potato Juice.</i> |
| | | Nils Brink och Arne Gustafson. Att spå om gödselkväve. <i>Forecasting the Need of Fertilizer Nitrogen.</i> |
| | | Arne Gustafson och Börje Lindén. Lantbruksuniversitetet satsar på exaktare kvävegödsling. |
| 7 | 1980 | Nils Brink och Börje Lindén. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. <i>Where Does the Commercial Fertilizer Go.</i> |
| | | Barbro Ulén och Nils Brink. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbrosjön. <i>The Importance of the Environment for the Primary Production in Lake Vadsbrosjön.</i> |
| | | Arne Gustafson. Jordbruket och grundvattnet. |
| | | Nils Brink. Utlakningen av växtnäring från åkermark. |
| | | Nils Brink. Vart tar gödseln vägen. |
| 8 | 1981 | Nils Brink. Försurning av grundvatten på åker. <i>Acidification of Groundwater on Arable Land.</i> |
| | | Rikard Jernlås och Per Klingspor. TCA-utlakning från åker. <i>Leaching of TCA from Arable Land.</i> |
| | | Arne Joelsson. Ytavspolning av fosfor från åkermark. <i>Storm Washing of Phosphorus from Arable Land.</i> |
| | | Arne Gustafson, Sven-Olof Ryding och Barbro Ulén. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. <i>Control of Losses of Nutrients from Arable Land and Forest.</i> |
| 9 | 1981 | Barbro Ulén och Nils Brink. Miljöeffekter av ureaspridning och glykolanvändning på en flygplats. <i>Environmental effects of spreading of urea and use of glycol at an airport.</i> |
| | | Gunnar Fryk. Utlakning från upplag av malda sopor. <i>Leachate from piles of shredded refuse.</i> |

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

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

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

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

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

Nils Brink. Self-purification studies of silage juice.

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

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

Arne Gustafson och Börje Lindén. Kvävebehovet för 1979.

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

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

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

Nils Brink. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen. |

DISTRIBUTION:

Pris: 15:-

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för vattenvård
750 07 UPPSALA, Sweden

tel 018-10 20 00 ankn 2460
