



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Börje Lindén, Helena Aronsson, Arne Gustafson och
Gunnar Torstensson

Fånggrödor, direktsådd och delad kväve- giva - studier av kväveverkan och utlak- ning i olika odlingssystem i ett lerjords- försök i Västergötland

Ekohydrologi 33

Uppsala 1993

Avdelningen för vattenvårdslära

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

ISRN SLU-VV-EKOHYD--33--SE
ISSN 0347-9307

Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingsystem i ett lerjordförsök i Västergötland

Catch crops, direct drilling and split nitrogen fertilization - studies of nitrogen turnover and leaching in crop production systems on a clay soil in Västergötland

Börje Lindén, avd. för växtnäringslära, SLU, Uppsala

Helena Aronsson, Arne Gustafson och Gunnar Torstensson, avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala

Abstract. During a five-year period, studies were made of soil nitrogen dynamics, the utilization ratio of nitrogen and phosphorus by crops and the leaching of nitrogen and phosphorus by tile drainage water. The studies were made in a clay soil in western Sweden. The field was divided into six separate tile-drained plots, each with an area of 0.40 hectare. The amount of drainage water from each plot was measured and water samples were normally collected twice a month, but weekly during flood periods. The water samples were analyzed for pH, electrical conductivity, nitrogen, phosphorus and potassium. Soil samples were taken periodically from the 0-90 cm soil layer for analysis of mineral-N. Plant material was sampled in late summer and late autumn for determination of crop uptake of nitrogen, and in grain also phosphorus.

Five plots were conventionally tilled, while one was direct drilled in the spring. Three treatments with catch crops were included, one with perennial ryegrass and two with red clover. In one treatment with clover, the nitrogen dose was reduced to 75%. Otherwise the nitrogen fertilization was normal for the region in question and same in all treatments during the first four years. In one treatment without catch crop, however, the N-dose was split. In 1992, ryegrass was undersown in all treatments with catch crops. In this year the fertilizer regime was also changed to study the effects of increasing N-doses in treatments with and without ryegrass. The crop rotation was spring barley in 1988-1989, summer rape in 1990, oats in 1991 and spring barley in 1992.

The yields and utilization ratios of nitrogen and phosphorus were highest in the treatment without catch crop and with all nitrogen applied at the same time. In the treatments with catch crops, the yields were lowered due to competition between the catch crops and the main crops and reduced amounts of plant-available soil nitrogen where catch crops had been grown during the preceding years.

The yearly N-mineralization in treatments without catch crop was 92-102 N kg/ha in treatments with conventional tillage and 74 N kg/ha in the treatment with direct drilling. One third of the nitrogen was mineralized during the period without vegetation (Sept. - March).

Generally the NO₃-N concentrations in drainage water were lower than 5 mg/l, resulting in small to moderate N losses (2-13 kg/ha). There were no significant differences between the treatments. Thus, the cropping systems seemed to have a minor influence on the leaching losses. However, ryegrass was more efficient than clover as a catch crop, with a maximum uptake of 70 N kg/ha (measured in late autumn). The results indicate that perennial ryegrass can reduce nitrogen losses during years when N-fertilization has become over-optimal.

BAKGRUND

Kväveutlakning från åkermark är en av flera bidragande orsaker till eutrofiering och nitratförorening av yt- och grundvatten. Uppmärksamheten har till stor del riktats mot områden med lätta jordar, där lätttrörliga näringsämnen löper stor risk att utlakas när vatten passerar genom marken. Ett tydligt exempel på detta är sydvästra Hallands sandjordar, där kväveläckaget från åkermarken är en av orsakerna till övergödningen av Laholmsbukten (Fleischer et al., 1989).

På dessa lätta jordar har emellertid såväl ändrade rutiner för stallgödselspridning som odling av fånggrödor visat sig vara effektiva metoder för att minska kväveläckaget under vinterhalvåret (Lindén et al., 1993). Rajgräs som växer under hösten fångar dels upp kväve som ej utnyttjats av huvudgrödan under sommaren och dels kväve som frigjorts genom mineralisering under hösten.

Styvare jordar är i regel mindre benägna att läcka kväve. Studier av kväveläckaget från en lerjord i Västergötland visade att detta var lågt vid normala gödselgivor (Bergström & Brink, 1986). Vid tillförsel av kväve i mängder som översteg grödans behov ökade dock kväveutlakningen.

Att anpassa gödslingen till grödans behov är inte alltid enkelt. Ett misslyckande i odlingen, t. ex. på grund av torra, kan ge svagare gröda och mindre kväveupptag än väntat. Förhöjt kväveläckage kan därmed bli oundvikligt. Det är därför i hög grad motiverat att även på styva jordar utforska möjligheter att hålla kväveläckaget på en låg nivå.

För att minska kväveutlakningen har bestämmelser införts med krav att åkermarken till 50% utgörs av höst- och vinterbevuxen mark i mellersta och norra Götaland (E-, F-, G-, H-, I-, O-, P- och R-

län) och till 60% i södra Götaland. I den mån detta ej kan uppnås med ordinarie grödor såsom vall, höstsäd och höstoljeväxter fordras fånggrödor. Då undersökningar av fånggrödornas förmåga att minska kväveutlakningen främst utförts i Sydsverige (se bl.a. Lewan, 1990; Lewan & Johnsson, 1990; Beck-Friis et al., 1993; Lindén et al., 1993; Wallgren & Lindén, 1993), finns ett behov av att bättre pröva deras effektivitet i de nordligare delarna av det område där krav på höst- och vinterbevuxen mark införts och då även på lerjordar, som är den dominerande jordarten.

Eftersom kravet på höst- och vinterbevuxen mark bara gäller en del av åkerarealen, finns också behov att belysa, i hur hög grad andra odlingsåtgärder kan minska kväveutlakningen. Sådana möjligheter kan avse dels metoder för effektivare gödselkväveutnyttjande och dels jordbearbetningsförfaranden som håller kvävemineralsningen på en låg nivå under hösten och vintern.

För att studera olika utlakningsbegränsande metoder genomfördes undersökningar i ett försök på en lerjord vid Lanna i Västergötland. I försöket jämfördes odling med och utan fånggröda, olika gödslingsstrategier och direktsådd i jämförelse med konventionell jordbearbetning. Förutom utlakningsförhållandena lades stor vikt vid att studera kväveomsättning i de olika odlingssystemen. På sikt kan t. ex. fånggrödeodling leda till en ökning av markens kvävelevererande förmåga. På så sätt kan fånggrödeodling minska kvävegödslingsbehovet, förutsatt att kväveleveransen sker vid önskvärd tidpunkt. Dessa typer av studier kräver långsiktighet men är nödvändiga för att utreda de olika odlingssystemens verkliga inverkan på vår vattenmiljö.

Mål

Projektets mål var att klarlägga hur kväveläckaget och markkväveförhållandena påverkas genom fånggrödeodling, direktsådd, delad gödselgiva och reducerad gödsling i samband med fånggrödeodling.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplan

I försöksplanen ingick sex led med behandlingar enligt tabell 1.

Följande växtföljd tillämpades: 1988 vårkorn, 1989 vårkorn, 1990 vårraps, 1991 havre och 1992 vårkorn.

Tabell 1. Försöks- och gödslingsplan vad gäller jordbearbetning, fånggrödor och kvävegödsling. Gräs = engelskt rajgräs. Klöver = rödklöver.

Led	Jordbearbetning	Fånggrödor					N-gödsling (1N = normal N-giva ^a)				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
A	Konventionell	-	-	-	-	-	1N	1N	1N	1N	1N
B	Konventionell	-	-	-	-	-	1N ^b	1N ^b	1N ^b	1N ^b	1,25N
C	Konventionell	Gräs	Gräs	Gräs	Gräs	Gräs	1N	1N	1N	1N	1N
D	Konventionell	-	Klöver	Klöver	Klöver	Gräs	1N	0,75N	0,75N	0,75N	1,25N
E	Konventionell	Klöver	Klöver	Klöver	Klöver	Gräs	1N	1N	1N	1N	1,50N
F	Direktsådd	-	-	-	-	-	1N	1N	1N	1N	1N

a) 1N motsvarar:

100 N kg/ha till vårkorn 1988
 110 N kg/ha till vårkorn 1989
 140 N kg/ha till vårraps 1990
 106 N kg/ha till havre 1991
 110 N kg/ha till vårkorn 1992

b) Delad kvävegiva. Åren 1988, 1989 och 1991 gavs 0,75+0,25 N. År 1990 gavs 0,60+0,40 N.

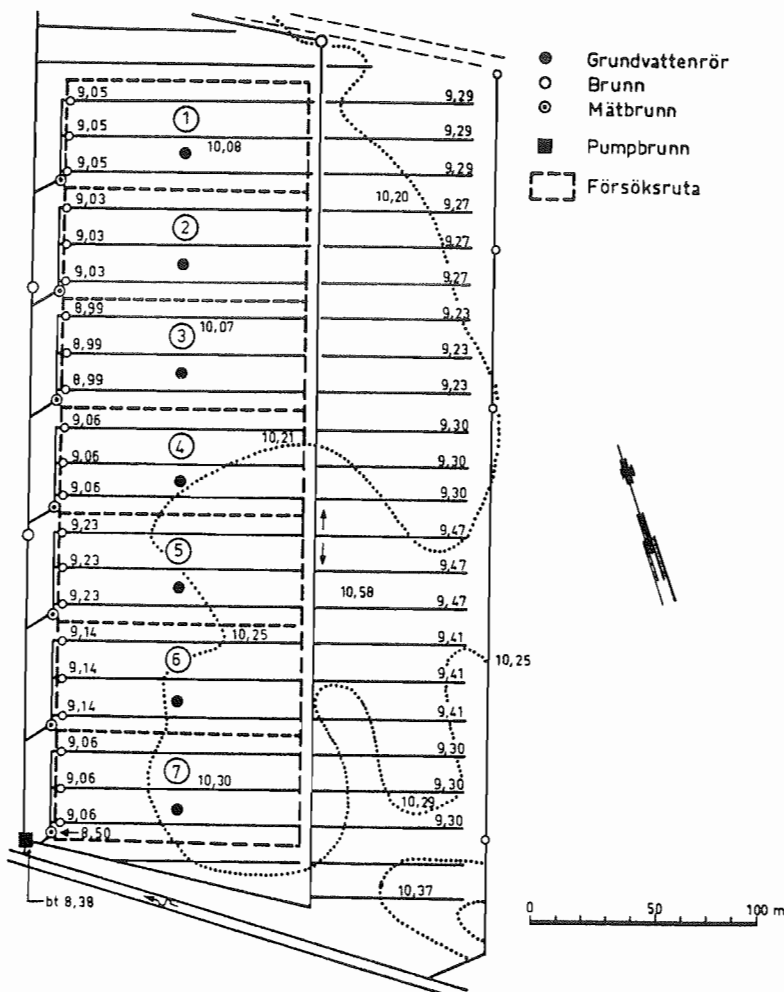
Den fullständiga försöksplanen började tillämpas i samband med vårbruket 1989. År 1988 får därför ses som ett inledningsår då effekter av tidigare brukningsskillnader mellan rutorna utjämnades. År 1992 ersattes rödklövern i led D och E med engelskt rajgräs. Vidare ändrades även gödslingsnivåerna så att effekterna av stigande kvävegivor med och utan insädd av rajgräs kunde studeras.

Försöksfält

Lanna försöksstation ligger på Västgötaslätten ca 20 km väster om Skara. Försöksfältet iordningsställdes 1935 med separata ledningssystem (figur 1). Sedan 1961 har fältet nyttjats för utlakningsstudier. Rutornas storlek minskades då med en avskärande ledning från 0,70 till 0,40 ha. Försöksrutornas antal är sju. Ruta nr 7 har inte använts i denna studie.

Jordprofilen

Matjorden är en måttligt mullhaltig styv lera (tabell 2a). Alven utgörs av styv lera till 0,5 m djup och därunder av mycket styv lera. Leran är sedimentär och dess mäktighet ca 11 m. Därunder finns ett 0,2 m tjockt skikt med sandig, moig morän på berg. Under 2,2 m djup är leran vattenmättad och flytande. Matjordslagret hade ett neutralt pH och ett fosfor- och kaliumtillstånd som vid undersökningsperiodens slut motsvarade P-AL- och K-AL-klass III (tabell 2b). Matjordens innehåll av förrädsfosfor och -kalium, som inkluderar de mer svårtillgängliga fraktionerna av fosfor och kalium, motsvarade P-HCl-klass III och K-HCl-klass IV, d.v.s. medelmåttigt respektive gott tillstånd.



Figur 1. Försöksrutor med dräneringssystem.

Tabell 2a. Jordprofilens sammansättning.

Djup (m)	Textur (%)				Mull (%)
	Ler	Mjäla	Mo	Sand	
0,00-0,20	45,2	27,5	20,2	7,1	4,0
0,20-0,40	54,5	28,3	13,4	3,8	2,1
0,40-0,60	59,5	26,1	13,0	1,2	0,8
0,60-0,80	61,5	24,7	12,7	1,0	0,6
0,80-1,00	64,1	25,3	10,0	0,6	0,4

Tabell 2b. Matjordslagrets pH-värden, fosfor-, kalium- och magnesiumtillstånd samt innehåll av totalkol och totalkväve under undersökningens slutår (1992/93). Provtagning utfördes till 20 cm djup efter skörden 1992.

Led	pH (H ₂ O)	mg/100 g jord					Totalkol, % av ts	Totalkväve, % av ts
		P-AL	K-AL	MG-AL	P-HCl	K-HCl		
A	7,4	5,5	8,0	25,6	52	235	1,86	0,19
B	7,3	6,8	9,0	27,1	50	260	1,95	0,20
C	7,1	5,0	9,5	27,6	44	270	1,81	0,17
D	7,1	5,0	9,5	25,0	44	285	2,03	0,19
E	6,9	5,7	12,8	22,4	46	320	1,98	0,18
F	7,0	4,6	12,0	27,7	40	345	1,85	0,17

Avrinning

Avrinningen från varje ruta mättes på så sätt att allt vatten pumpades genom en elektrisk dräneringspump som på trycksidan var försedd med ett vattenur. Uret avlästes i samband med vattenprovtagningarna. Även ett loggerdatasystem, som blev färdiginstallerat 1991, användes för att registrera avrinningen.

Klimat

Nederbörden mättes med SMHI:s standardmätare och med en automatiskt registrerande nederbördsräknare. Likaledes följdes insolation samt luft- och marktemperatur kontinuerligt. För att klara insamlingen var all automatisk utrustning kopplad till loggerdatasystemet.

Odlingsåtgärder, växtföljd och gödning

I tabell 3 redovisas växtföljd, grödutveckling och tidpunkter för olika odlingsåtgärder. Kväve tillfördes med kalksalpeter, som övergödslades ca en vecka efter uppkomsten (tabell 4). I led D med delade N-givor tillfördes den andra N-givan i bestockningens slutfas-begynnande stråskjutning (stadium 29-30 enligt decimalskalan, se Tottman, 1987). Till vårrapsen gavs den andra N-givan i knoppstadiets början (ungefär stadium 3.10 enligt Sylvester-Bradley & Makepeace, 1984). Fältet grundgöddes med fosfor hösten 1987. Ytterligare en grundgödning gjordes hösten 1990. Givan var vid bägge tillfällena 80 kg P/ha. Fosfor gavs i form av superfosfat P9. Inget kalium tillfördes under försökets gång.

Tabell 3. Grödor, datum för gödsling och andra odlingsåtgärder samt tidpunkter för olika utvecklingsstadier hos grödorna.

Åtgärd, utv. stadier m.m.	År Huvud- gröda:	1988	1989	1990	1991	1992
		Korn	Korn	Vårraps	Havre	Korn
Handelsgödsel:						
Giva 1		11/5	8/5	2/5	17/5	27/5
Giva 2 Led B		21/6	20/6	5/6	17/6	-
Huvudgröda:						
Sort		Golf	Golf	Puma	Vital	Golf
Sådd		16/4	12/4	28/3	19/4	12/5
Uppkomst		3/5	2/5	20/4	9/5	21/5
Gulmognad		15/8	14/8	5/9	24/8	14/8
Skörd		20/9	19/8	7/9	4/9	10/9
Fånggröda (eng. rajgräs):						
Sort		Viris	Viris	Tove	Tove	Tove
Utsädesmängd (kg/ha)		15	12	10	10	10
Sådatum		25/4	17/4	12/4	26/4	19/5
Fånggröda (rödklöver):						
Sort		Essi II	Essi II	Molly	Molly+ Hermes	-
Utsädesmängd (kg/ha)		12	10	10	10	-
Sådatum		25/4	17/4	12/4	26/4	-
Stubbearbetning:						
Led A, B och F		a	-	24/9 ^b	-	19/9 ^c
Höstplöjning:						
Led A, B, C, D och E		7/11	30/11	8/11	24/10	4/11

^{a)} Kvikrotsbekämpning med Round-up i led F 17/10 1988.

^{b)} Led F även 24/10.

^{c)} Led A och B.

Tabell 4. Kväve (N, kg/ha) tillfört som kalksalpeter.

Led		A	B	C	D	E	F
Gödslingstillfällen		1	2 ^a	1	1	1	1
Fånggröda		utan	utan	med	med ^b	med	utan
1988	Korn	100	75+25	100	100	100	100
1989	Korn	110	80+30	110	80	110	110
1990	Vårraps	140	80+60	140	105	140	140
1991	Havre	106	77+30	110	80	110	110
1992	Korn	110	138	110	140	170	110

^{a)} Endast en giva 1992.

^{b)} Ingen klöverinsådd 1988.

Provtagningar och analyser

Vattenprov

Prov på dräneringsvatten togs två gånger i månaden i mån av avrinning. Proven nådde eget laboratorium inom ett dygn. Dräneringsvattnet analyserades med avseende på ammonium, nitrat, totalkväve, fosfat, totalfosfor, kalium, konduktivitet och pH. Analysmetoderna finns beskrivna av Ulén (1984).

Kväve upptaget i huvud- och fånggrödor

Ovanjordiskt växtmaterial klipptes på en total yta av 2,25 m²/ruta, uppdelat på 3 delprov vardera innehållande gröda från 3 slumpmässigt fördelade, kvadratiska ytor om 0,25 m². Prov av huvudgrödorna togs då deras kväveupptagning kan anses ha varit avslutad: vid stråsådens gulmognad (ungefärligen stadium 87 enligt decimalskalan, se Tottman, 1987) och motsvarande för vårraps (under fröutvecklingen, ungefärligen stadium 6.5 enligt Sylvester-Bradley & Makepeace,

1984). Fånggrödorna provtogs på motsvarande sätt vid dessa tidpunkter (medeldatum: 21/8) samt i samband med jordprovtagningarna omedelbart före plöjningen på senhösten (medeldatum: 8/11). Proverna torkades och vägdes, varefter totalkväveinnehållet bestämdes genom reguljär Kjeldahlanalys. Kväveinnehållet i rötterna antogs utgöra 25 % av huvudgrödans totala kväveinnehåll (jmf. Jansson, 1966; Hansson et al., 1987). Samma har antagits för rajgräsets och rödklövernens rötter.

Skördar, skörderester och kvävebortförel med huvudgrödan

Kärn- och fröskördarnas storlek bestämdes rutvis. Härvid kördes tio tröskdrag med försökströska tvärs över dräneringsledningarna. Skördeprodukterna vägdes och provtogs ledvis för analys. Utöver vattenhalt och renhet vid skörden bestämdes totalkväveinnehållet med reguljär Kjeldahlanalys och fosforinnehållet med ICP-teknik efter uppslutning i koncentrerad svavelsyra.

Alla skörderester nedbrukades i led A-E, men i led F bortfördes halmen. I led A-E hackades halmen och fördelades så jämnt som möjligt på marken.

Mineraliskt kväve i marken

För bestämning av markprofilens innehåll av mineraliskt kväve (ammonium- och nitrat-N) togs i alla led jordprov vid följande tillfällen under året: tidigt på våren efter viss upptorkning (medeldatum: 2/4), vid avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten, se ovan (medeldatum: 21/8) och omedelbart före plöjningen på senhösten (medeldatum: 7/11). Proverna togs till 90 cm djup och indelades i tre skikt (0-30, 30-60 och 60-90 cm). I matjorden uttogs 24 delprov per led med Trekanten-borr (Lindén, 1977) och i alven 10 delprover med Ultuna-borr (Lindén, 1979). Borrsticken slogs samman till skiktvisa samlingsprov. Jordproverna djupfrysades och extraherades med 2 M KCl för bestämning av ammonium- och nitratkväve. Analysvärdena omräknades till kilogram kväve per hektar med beaktande av aktuella vattenhalter.

Växttillgängligt jordkväve samt kvävemineralisering

I syfte att bestämma odlingsystemets fleråriga inverkan på huvudgrödans kväveförsörjning utlades i alla led ettåriga smårutor, "ON-parceller", som ej tillfördes gödselkväve under året i fråga. Grödornas N-upptag i ON-parcellerna utgör den samlade effekten dels av N-efterverkan av fånggrödorna och tidigare års gödslingar samt dels av jordbearbetningsåtgärdernas inverkan på kvävetillgången i marken, utan att effekterna överskuggas av årets kvävegivor.

Tre ON-parceller om vardera ca 40 m² utlades på våren i varje "ordinarie" ruta. Fånggrödor såddes ej in i ON-parcellerna. De flyttades varje år. Härigenom kom de alltid att ha samma odlingsbakgrund som de ordinarie rutorna. Huvudgrödorna i ON-parcellerna provtogs vid avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten för bestämning av N-upptaget, enligt beskrivningen ovan. Omedelbart därefter uttogs jordprover enligt ovan för bestämning av mineralkväve. Samtidigt härmed uttogs gröd- och jordprover på motsvarande sätt i de ordinarie rutorna. Provtagningarna i ON-parcellerna utnyttjades bl.a. för beräkning av kvävemineraliseringen under växtsäsongen enligt följande formel:

$$N_{\text{net}} = N_g + N_{\text{mg}} - N_m + N_u$$

där N_{net} = Beräknad nettomineralisering av kväve under perioden,
 N_g = Kväve upptaget i gröda vid periodens slut (när gröda funnits),
 N_{mg} = Mineral-N i marken vid periodens slut,
 N_m = Mineral-N i marken vid periodens början,
 N_u = Beräknad nitratkväveutlakning under perioden.

Formeln användes även för beräkning av kvävemineraliseringen under andra årstider, då motsvarande provtagningar i de ordinarie rutorna utnyttjades.

Beräkning av periodvisa medelkoncentrationer och utlakningsförluster

Utlakningsförluster

Genom linjär interpolation av analyserade koncentrationer beräknades först dygnsmedelkoncentrationer rutvis av aktuellt ämne. Dessa koncentrationer multiplicerades sedan med framräknad dygnsavrinning. Därvid erhöles dygnstransporter. De så erhållna dygnstransporterna summerades till månads- eller årstransporter avseende agrohydrologiska år, 1/7-30/6.

Periodvisa medelkoncentrationer

För periodvis jämförelse av avrinnande vattens koncentration av olika ämnen användes s.k. integrerad medelkoncentration. Den beräknades på följande sätt: avrinning och beräknad transport summerades var för sig under perioden i fråga varefter den summerade transporten dividerades med summerad avrinning. Därvid erhöles ett mått på den under perioden avrunna vattenmassans medelkoncentration. För pH och ledningstal framräknades aritmetiska medelvärden. Oftast var den tillämpade integreringsperioden ett agrohydrologiskt år.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Nederbörd och temperatur

I figur 2 redovisas månadsmedeltemperaturer och månadsvis nederbörd under försöksåren. Vintrarna var milda under hela perioden, särskilt under åren 1991/92 och 1992/93.

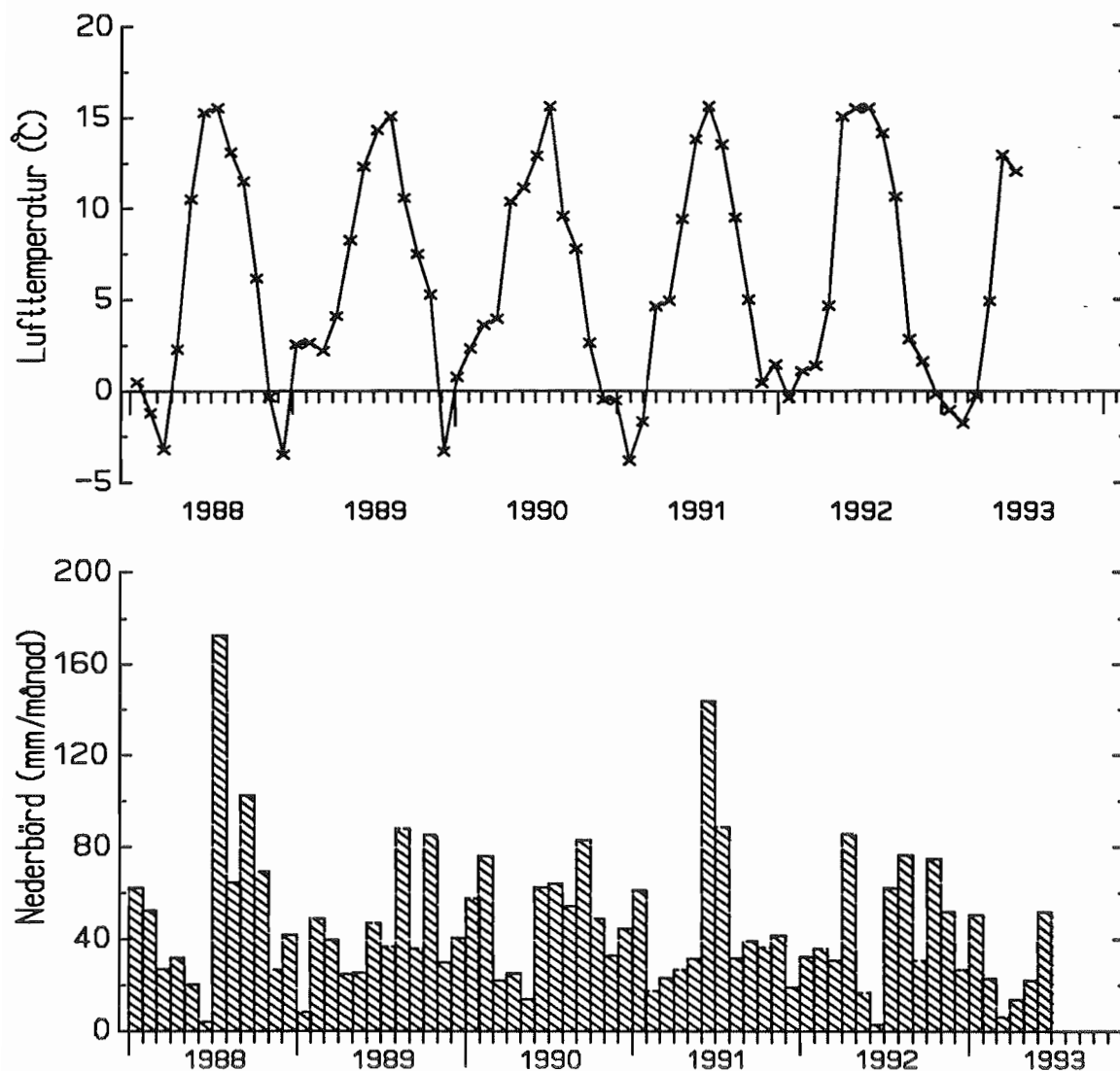
Somrarna 1988 och 1991 var nederbördsrika. Sommaren 1988 inleddes dock med torka. Försommartorka rådde även under 1990, 1992 och 1993.

Skördar

Som medeltal för åren 1988-92 gav led C med engelskt rajgräs som insädd fånggröda 6 % lägre skörd än led A med samma kvävegödsling (engångsgiva, 1 N) men utan fånggröda (tabell 5). Likaså ledde insädd av rödklöver till sämre skörd vid samma kvävegödslingsnivå (led E). Reducering av N-tillförseln till 75 % av denna nivå i kombination med klöver som fånggröda under åren 1989-91 (led D) medförde ännu lägre avkastning. Även i led B, utan fånggröda men med delad N-giva, blev skördeutbytet sämre än med engångsgiva. I jämförelse med konventionell jordbearbetning, som tillämpades i led A-E, medförde direktsädd fr.o.m. 1989 i led F de lägsta skördarna, i medeltal bara 68 % av avkastningsnivån i led A under åren 1989-92.

Sommaren 1988 var torr till att börja med (figur 2). Såväl huvudgrödan (korn) som insädderna utvecklades därför svagt under detta skede. Stor nederbörd föll dock i juli med betydande grönskottsbildning som följde. Tillsammans med kraftig tillväxt av rödklövern i led E ledde detta till sämre urtröskning, vilket bidrar till att förklara den låga skörden i detta led. I led F, med direktsädd, hade marken plöjts hösten 1987, varför odlingsbakgrunden 1988 var densamma som i led A och D, samtliga utan fånggröda och med en engångsgiva av kväve.

År 1989 utvecklades huvudgrödan (korn) bra, dock något sämre efter direktsädd än efter konventionell bearbetning. I led D, med reducerad N-giva, blev rödklöverns tillväxt betydligt större under sommaren än i led E med normal N-giva. Det kraftigare kornet i led E synes ha hämmat klöverns utveckling.



Figur 2. Månadsmedeltemperaturer och månadsvis nederbörd vid Lanna.

Försommartorka medförde 1990 svag etablering av grödan (våraps). Även de insådda fånggrödorna blev till en början svagt utvecklade. Senare regn förbättrade tillväxten med normal skörd som följde utom i led D (med rödklöver och med reducerad N-giva) och led F (direktsådd). Förutsättningarna för direktsådd av våraps var ej goda, bl.a. beroende på halmrester och utveckling av sådana ogrässlager som är svåra att bekämpa i raps, i synnerhet mjölkdistel. De insådda fånggrödorna utvecklades bra vid tiden för rapsskörden. Det fanns en tendens till kraftigare klöver efter reducerad N-giva (led D) än efter normalgiva (led E). Rödklövern växte generellt sett bättre än rajgräset, troligen beroende på att det senare måste konkurrera med vårapsen om kvävet i marken.

Grödan år 1991 (havre) blev p.g.a. den nederbördsrika sommaren, med tidig liggsädesbildning och utdraget mognadsförlopp mycket kraftig. Detta medförde att fånggrödorna utvecklades svagt. Särskilt klöver blev gles och tanig och var i det närmaste obefintlig på senhösten.

År 1992 utvecklades insädderna (rajgräs i samtliga fånggrödeled, C-E) mycket svagt p.g.a. den torra sommaren. De bör därför knappast ha inverkat på tillväxten av huvudgrödan (korn). Regn under sensommaren och förhösten ledde till kraftig grönskottsbildning. Vid skörden den 10 september hade dessa grönskott dock bara nått mjölkmodningsstadiet och påverkade därför ej kärnskörderna.

Direktsådd ledde till fullkomlig missväxt under tordsommaren 1992 till följd av starkt nedsatt uppkomst med fläckvis helt bar mark. Kraftig ogrästtillväxt blev följden.

Tabell 5. Skördar och stråstyrka.

Led		A	B	C	D	E	F
Gödslingsstillfällen		1	2 ^a	1	1	1	1
Fånggröda		utan	utan	med	med ^b	med	utan
Skördar (kärna, kg/ha, 15 % vattenhalt) och relativtal (led A = 100).							
1988	Korn	3460	3160	2860	3110	2240	3370
1989	Korn	6640	5850	6470	6010	6300	5390
1990	Vårraps	2780	2580	2780	1880	2080	1530
1991	Havre	5920	5700	5350	5240	5440	5740
1992	Korn	4610	4090	4530	4190	3360	890
Medeltal, 1988-92 i form av relativtal							
		100	91	94	86	80	70
Stråstyrka, 100 = helt upprättstående gröda, 0 = fullständig liggsäd.							
1988	Korn	100	100	100	100	100	100
1989	Korn	100	100	100	100	100	100
1990	Vårraps	90	95	100	100	90	100
1991	Havre	25	30	35	35	35	30
1992	Korn	100	100	95	95	95	95
Medeltal, 1988-92							
		83	85	86	86	84	85

a) År 1992 endast ett gödslingsstillfälle.

b) Ingen klöverinsädd 1988.

År 1992 infördes stigande kvävegivor (tabell 4). Den större N-tillförseln i led B och D (1,25 N) samt led E (1,50 N) än i led A och C (1 N) ledde dock ej till ökade kärnskördar. Förklaringen kan delvis vara att torkan försämrade kornets möjligheter att ta upp gödselkvävet (jmf. Lindén, 1981), vilket tillförts i form av kalksalpeter som övergödlades en vecka efter grödans uppkomst. Det kan ej heller uteslutas, att det fanns bördighetsskillnader i försöket, som kom till uttryck genom torkan. Sådana skillnader kan också ha bidragit till att led A under samtliga år gav bäst avkastning.

Kvävegödslingen och fånggrödorna tycktes inte påverka liggsädesbildningen (tabell 5). Ligg-sädesförekomsten varierade mycket lite leden emellan. Den liggsäd som uppkom synes nästan uteslutande ha varit årsmånsberoende och orsakad av nederbördsförhållandena i relation till allmän tillväxt. Störst blev liggsäden i den mycket kraftigt utvecklade havren 1991, då en tendens till ökad liggsädesbildning i relation till stigande avkastning kan skönjas.

Kväve i kärn- och fröskördarna samt kväveutbyte av gödslingen

Den högsta genomsnittliga totalkvävehalten i skördeprodukterna fastställdes i led A med engångsgiva av kväve och utan fånggröda (tabell 6). Delade kvävegivor, som vanligen tillskrivs proteinhöjande effekter (se t.ex. Mattsson, 1984), användes 1988-91 i led B men gav jämfört med led A lika höga eller högre totalkvävehalter bara under två av åren och i övrigt lägre koncentrationer. I led C med engelskt rajgräs fastställdes lägre kvävehalter i kärna och frö än i led A under nästan alla år trots samma N-gödsling. Däremot synes rödklövern i led E genom kväveefferverkan (jmf. tabell 13) ha gett lika eller större kväveinnehåll i skördeprodukterna år 1989-91, medan de reducerade N-givorna 1989-91 i led D sänkte totalkvävehalterna trots sådd av klöver. I led F med direktsädd fr.o.m. 1989 blev inte bara skördarna utan även kvävehalterna lägre än i led A utom 1989 och 1992. De stigande kvävemängder som tillfördes kornet 1992 gav som nämnts inte ökade skördar men medförde något tilltagande totalkvävehalter i kärnan.

I led A med en engångsgiva av kväve och utan fånggröda bortfördes genom goda skördar och jämförelsevis höga totalkvävehalter de största kvävemängderna med skördeprodukterna, 97 N kg/ha som medeltal för åren 1989-92 (tabell 6). Detta medförde också det bästa kväveutbytet (86 %), beräknat som det procentuella förhållandet mellan kväve i skördeprodukterna och kväve tillfört med handelsgödsel (tabell 7a). Delade kvävegivor (led B) gav både mindre kvävebortförelse och sämre kväveutbyte. Likaså minskade fånggrödorna 1988-91 i de flesta fall kväveskörd och kväveutbytet.

Tabell 6. Halter i och bortförel med kärn- och fröskördarna av total-N och total-P.

Led		A	B	C	D	E	F
Gödslingstillfällen		1	2 ^a	1	1	1	1
Fånggröda		utan	utan	med	med ^b	med	utan
Halter av total-N i kärn- och fröskördarna (% av ts)							
1988	Korn	2,47	2,49	2,35	2,42	2,47	2,41
1989	Korn	1,99	2,19	1,77	1,90	2,00	2,12
1990	Vårraps	4,53	4,14	4,26	3,81	4,56	4,41
1991	Havre	1,96	1,87	1,74	1,79	2,15	1,69
1992	Korn	2,38	2,48	2,40	2,42	2,45	2,45
Medeltal, 1988-92		2,67	2,63	2,50	2,47	2,73	2,62
Kväve bortfört med kärn- och fröskördarna (N, kg/ha)							
1988	Korn	73	67	57	64	47	69
1989	Korn	112	109	98	97	107	79
1990	Vårraps	107	91	101	61	81	57
1991	Havre	99	91	79	78	99	82
1992	Korn	93	86	92	86	70	19
Medeltal, 1988-92		97	89	85	77	81	61
Halter av total-P i kärn- och fröskördarna (% av ts)							
1988	Korn	-	-	-	-	-	-
1989	Korn	0,41	0,38	0,35	0,42	0,41	0,38
1990	Vårraps	0,92	0,89	0,94	0,93	0,91	0,94
1991	Havre	0,41	0,39	0,39	0,38	0,43	0,39
1992	Korn	0,40	0,44	0,41	0,40	0,37	0,42
Medeltal, 1988-92		0,54	0,53	0,52	0,53	0,53	0,53
Fosfor bortförd med kärn- och fröskördarna (P, kg/ha)							
1988	Korn	-	-	-	-	-	-
1989	Korn	23	19	19	21	22	17
1990	Vårraps	22	20	22	15	16	12
1991	Havre	21	19	18	17	20	19
1992	Korn	16	15	16	14	11	3
Medeltal, 1988-92		20	18	19	17	17	13

^a) År 1992 ett gödslingstillfälle.

^b) Ingen klöverinsådd 1988.

I led D med rödklöver och med reducerad N-giva 1989-1991 blev dock kväveutbytet bättre än i led A under ett par av åren. I led F med direktsådd var de med skördeprodukterna bortförda N-mängderna generellt sett minst, i medeltal 61 N kg/ha, vilket innebar det sämsta kväveutbytet, 55 % av tillförd N-mängd. År 1988, då direktsådd ännu ej införts, var värdena dock av samma storlek som i led A. De ökade N-givorna till kornet torrsommaren 1992 i led B, D och E gav trots något stigande totalkvävehalter minskat kväveutbyte delvis till följd av avtagande skördar.

Fosfor i kärn- och fröskördarna samt fosforutbyte av gödslingen

Fosfor spreds i form av superfosfat P₉ som förrådsgödsling med treårsintervall. Hösten 1987, dvs. under året före undersökningens början, tillfördes 80 P kg/ha och hösten 1990 lika mycket. Den genomsnittliga årstillförelsen blev därmed 27 P kg/ha. Av tabell 6 framgår, att i storleksordningen 17-20 P kg/ha och år vanligen bortfördes med kärn- och fröskördarna 1989-92 utom i led F med direktsådd, där nedsatt avkastning ledde till mindre P-bortförel under ett par av åren. Då fosforhalterna i skördeprodukterna var relativt lika leden emellan (tabell 6), berodde variationen i P-skördarna på att fosforupptaget i hög grad var korrelerat med tillväxten och avkastningen (jmf. Lindén et al., 1993).

Tabell 7a. Kväve- och fosforutbyte beräknat som det procentuella förhållandet mellan kväve respektive fosfor bortfört med skördeprodukterna (kärna av stråsäd och frö av vårraps, tabell 6) och kväve (tabell 4) respektive fosfor (se texten) tillfört med handelsgödsel.

Led	A	B	C	D	E	F
Gödslingstillfällena Fånggröda	1 utan	2 ^a utan	1 med	1 med ^b	1 med	1 utan
Kväveutbyte (%)						
1988 Korn	73	67	57	64	47	69
1989 Korn	102	99	89	121	97	72
1990 Vårraps	76	65	72	58	58	41
1991 Havre	93	85	75	98	93	77
1992 Korn	85	62	84	62	42	17
Medeltal, 1988-92	86	76	75	81	67	55
Fosforutbyte (%)						
1988 Korn	-	-	-	-	-	-
1989 Korn	85	70	70	78	81	63
1990 Vårraps	81	74	81	56	59	44
1991 Havre	78	70	67	63	74	70
1992 Korn	59	56	59	52	41	11
Medeltal, 1988-92	76	68	69	62	64	47

a) År 1992 ett gödslingstillfälle.

b) Ingen klöverinsädd 1988.

I led A, utan fånggröda samt med en engångsgiva av kväve och de högsta skördarna, bortfördes med dessa de största P-mängderna, i genomsnitt 20 kg per ha och år.

Liksom för kväve blev fosforutbytet bäst i led A, i medeltal 76 % av genomsnittlig årlig P-giva. Sämst blev det i led F med direktsädd, där P-bortförslin i medeltal endast motsvarade 47 % av gödselfosformängden. Den låga skördenivån torrsommaren 1992 medförde i samtliga led det lägsta fosforutbytet under de fyra undersökta åren.

Matjordens fosfortillstånd motsvarade vid provtagning efter skörden 1992 P-AL-klass III med i medeltal 5,4 mg P per 100 g lufttorr jord (tabell 2b). Närmast föregående bestämning av fosfortillståndet utfördes hösten 1985, dvs. två år före gödslingen 1987. Utöver höstgödslingen 1987 tillfördes ingen fosfor under åren 1986 och 1987. Vid provtagningarna 1985 och 1992 erhöles följande P-AL-värden:

Led	A	B	C	D	E	F	Medeltal
P-AL hösten 1985	6,3	7,7	7,3	5,8	6,5	5,4	6,5
P-AL hösten 1992	5,5	6,8	5,0	5,0	5,7	4,6	5,4

År 1985 uppgick P-AL-värdena till i medeltal 6,5 mg P per 100 g lufttorr jord, alltså högre halter än 1992. Mängderna lättlöslig fosfor minskade således under tidsperioden, trots mindre bortförslin med skördeprodukterna än tillförslin genom gödslingen under försöksåren. Åren 1986 och 1987 odlades korn resp. havre, varför bortförslin under dessa år inte på något avgörande sätt kunnat avvika från mängderna under de efterföljande åren. Detta tyder på att fosfor fastlagts i marken i icke växttillgänglig form.

Grödornas samlade kväveupptag

Gödslingen, jordbearbetningens och fånggrödornas inverkan på huvudgrödornas samlade kväveupptag bestämdes genom grödprovtagning i de "ordinarie" rutorna vid avslutad N-upptagning under sensommaren eller förhösten (tabell 7b). I beräkningarna ingår skattade N-mängder i rötterna (se ovan).

Tabell 7b. Huvudgrödornas totala kväveinnehåll (N, kg/ha) i de gödslade ordinarie rutorna vid avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten, samt gödselkvävet utnyttjandegrad (% av tillförd kvävemängd). I grödornas kväveinnehåll ingår beräknad kvävemängd i rötterna. Förekomst av engelskt rajgräs som fånggröda anges kursivt och rödklöver med fetstil.

Led		A	B	C	D	E	F	Medeltal (årsvis)
Grödornas N-innehåll (N, kg/ha)								
1988	Korn	162	136 ^a	<i>120</i>	122	114	134	131
1989	Korn	202	173 ^a	<i>156</i>	133	234	179	180
1990	Vårraps	219	195 ^a	<i>181</i>	128	185	106	169
1991	Havre	214	179 ^a	<i>174</i>	182	192	183	187
1992	Korn	124	140	<i>139</i>	<i>135</i>	<i>109</i>	96	124
Medeltal, 1988-92		184	165	154	140	167	140	158
Gödselkvävet utnyttjandegrad (%)								
1988	Korn	90	74 ^a	65	56	56	85	71
1989	Korn	82	68 ^a	76	54	98	90	78
1990	Vårraps	94	85 ^a	67	59	59	24	65
1991	Havre	97	72 ^a	86	74	59	99	81
1992	Korn	16	38	<i>31</i>	30	8	21	24
Medeltal, 1988-92		76	67	65	55	56	64	64

a) Delad gödselgiva.

Som framgår av tabell 7b, krävdes det ett totalt kväveupptag på 160-230 N kg/ha för att uppnå kärnskördar av korn och havre på i storleksordningen 6000 kg/ha (tabell 5). För 2600-2800 kg rapsfrö per ha syntes 180-220 N kg/ha fordras. Vid kärnskördnivåer på 3000-4000 kg/ha räckte det med ett kväveupptag på 100-150 kg/ha fram till gulmognad. Variationerna i N-upptag vid en och samma avkastningsnivå förefaller bl.a. bero på varierande vegetativ utveckling.

Det största samlade N-innehållet i grödorna fastställdes i led A med en engångsgiva av kväve och utan fånggröda, där N-upptaget i medeltal blev 184 N kg/ha under åren 1988-92. Med rajgräs som fånggröda (led C) och samma N-tillförsel som i led A innehöll huvudgrödorna i genomsnitt 154 kg och i led F med direktsådd fr.o.m. 1989 140 kg. Även med rödklöver som fånggröda blev huvudgrödans kväveinnehåll nedsatt genom sämre tillväxt än i led A.

Gödselkvävet utnyttjandegrad

Det kväveutbyte som redovisats i tabell 7a avser de N-mängder som bortfördes med kärn- och fröskördarna i relation till gödselgivornas storlek. Frågan är emellertid även, i hur hög grad gödselkvävet bidragit till grödornas kväveförsörjning. Detta kan uttryckas med hjälp av gödselkvävet del av grödornas samlade N-upptag. Det senare har i tabell 7b redovisats på basis av bestämmingar av grödornas totalkväveinnehåll i de ordinarie rutorna vid avslutad N-upptagning under sensommaren eller förhösten. Samtidigt fastställdes grödornas tillgång på utnyttjbart jordkväve genom grödprovtagningar i ON-parcellerna. Med hjälp härav beräknades på följande sätt gödselkvävet utnyttjandegrad som gödselkvävet del av grödans totala N-upptag i relation till kvävegivans storlek (jmf. Lindén et al., 1993):

$$U = \frac{100(N_{cg} - N_{co})}{N_g}$$

där

U = gödselkvävet utnyttjandegrad (%)

N_{cg} = totalkväve i grödan i ordinarie ruta (med gödselkväve)

N_{co} = totalkväve i grödan i ON-parcellerna (utan gödselkväve under året i fråga)

N_g = tillförd gödselkväve.

Som framgår av tabell 7b uppgick gödselkväveutnyttjandegraden i led A, med en engångsgiva av kväve och utan fånggröda, till 76 % som medeltal för åren 1988-92. Under åren 1988-91, då nederbördsförhållandena var mer normala än 1992, blev utnyttjandegraden så hög som 82-97 %, men under torrsummarens 1992 försämrades utnyttjandet mycket påtagligt. Detta avspeglade sig också som ovanligt stora mineralkväverester i marken vid kornets gulmognad (jmf. tabell 9a och 9b), då grödans N-upptagning kan anses ha upphört. Utnyttjandegraden blev mycket låg i samtliga led 1992, i medeltal 24 % (tabell 7b), medan de årliga medeltalen i övrigt varierade från 65 % för vårrapsen 1990 till ca 80 % för kornet 1989 och havren 1991, då skördarna var mycket goda.

De delade N-givorna i led B under åren 1988-91 satte ned utnyttjandegraden i jämförelse med engångsgivorna i led A. Likaså reducerade fånggrödorna under åren 1988-91 i led C, D och E generellt gödselkvävet utnyttjandegrad i jämförelse med led A. Detta gäller även direktsådden i led F under de år då denna ledde till försämrade grödutveckling.

Resultaten tyder på att de odlingsförhållanden som medförde bäst skörd också gav det bästa kväveutbytet (tabell 7a) och likaså den högsta gödselkväveutnyttjandegraden (tabell 7b). Med sämre skörd måste en större andel av gödselkvävet ha blivit kvar i marken i en eller annan form. Vare sig sådant kväve binds i organiskt material eller finns kvar som oorganiskt kväve vid avslutad N-upptagning (tabell 9a och 9b), innebär den sämre kväveutnyttjandegraden ökade förlustrisker. Föreligger en del av det outnyttjade kvävet i oorganisk form, kan naturligtvis förluster lätt uppkomma genom ökad NO₃-N-utlakning (jmf. Bergström & Brink, 1986) eller genom denitrifikation (jmf. litteraturöversikt hos Schloemer, 1989). Har kvävet bundits organiskt, kan N-mineralisering under de kalla årstiderna, då kväveupptagande vegetation saknas, leda till kväveförluster (Lindén et al., 1993). Bindning i organisk form i marken av en del av det kväve, som i leden med ökade N-givor (D och E) ej tagits upp av grödan under torrsummarens 1992, och efterföljande förstörd N-frigörelse under hösten kan förklara det tillskott av mineralkväve som då uppkom och som ej kunde tas tillvara av fånggrödan (jmf. tabell 9a och 9b).

Fånggrödornas tillväxt och kväveupptag

I tabell 8a och 8b redovisas fånggrödornas ovanjordiska växtmassa (ts, kg/ha) och totalkväveinnehåll dels vid den tidpunkt under sensommaren eller förhösten, då huvudgrödornas N-upptagning kan anses vara avslutad (provtagning av stråsåden vid gulmognad och vårrapsen under frötvecklingen, se ovan) och dels under senhösten. Fånggrödorna provtogs dock ej 1988. Vidare saknas värden från senhösten 1990, då uttagna fånggrödeprover av misstag blev felaktigt preparerade. Märk vidare att rödklöver som fånggröda i led D och E ersattes med engelskt rajgräs 1992.

Fram till dess att huvudgrödornas N-upptagning upphört (medeldatum för provtagning: 21/8) hade rajgräset i led C nått en tillväxt på i medeltal 430 kg ts/ha, med variationer från ca 50 kg ts/ha 1991 till 1100 kg 1989 (tabell 8a). Rajgräsets ovanjordiska delar innehöll i genomsnitt 8 N kg/ha med variationer från 1 till 15 kg (tabell 8b). Medelmängden kan antas motsvara ca 11 N kg/ha i hela grödan inkl. rötterna.

Rajgräsets tillväxt och kväveupptag var svaga under somrarna 1991 (led C) och 1992 (led C, D och E). Detta förklaras under det förra året av havrens mycket kraftiga utveckling och under det senare av den mycket torra sommaren.

Vid provtagningarna under sensommaren eller förhösten varierade rödklöverns tillväxt från i det närmaste ingen år 1991 till drygt 1400 kg ts/ha 1989 och 1990 i led D med reducerad N-giva (0,75 N). Till följd av kraftigare huvudgröda genom större kvävegödning (1 N) i led E hämmades rödklöverns utveckling under åren med stråså, medan tillväxten blev lika kraftig som i led D (drygt 1400 kg ts/ha) 1990, då vårraps odlades som huvudgröda.

Klövern i led D innehöll i genomsnitt 19 N kg/ha i de ovanjordiska delarna med variationer från i det närmaste 0 till och 39 kg (tabell 8b). I led E uppgick medelmängden till 14 N kg/ha med i det närmaste 0 som lägsta och 36 kg som högsta värde.

Tabell 8a. Fånggrödornas tillväxt mätt som torrsubstans i ovanjordiskt växtmaterial (kg/ha) vid två tidpunkter: (I) då huvudgrödans kväueupptag avslutats under sensommaren eller förhösten samt (II) under senhösten därefter. Ogräs ingår i växtmaterialet. I led A, B och F anges ogräsmängderna vid avslutad kväueupptagning 1989 och 1992 samt i led F även på senhösten 1992.

Led	A	B	C	D	E	F
Fånggröda:	-	-	Rajgräs	Klöver	Klöver	-
Kvävegiva:	1N	1N ^a	1N	0,75N	1N	1N
1989						
Huvudgröda: korn						
I 11/8	230 ^b	500 ^b	1100	1440	260	70 ^b
II 30/11	-	-	420	540	90	-
1990						
Huvudgröda: vårraps						
I 3/9	-	-	410	1420	1430	-
II Prover saknas						
1991						
Huvudgröda: havre						
I 26/8	-	-	50 ^c	0 ^c	0 ^c	-
II 23/10	-	-	160	0 ^c	0 ^c	-
Fånggröda:	-	-	Rajgräs	Rajgräs	Rajgräs	-
Kvävegiva:	1N	1,25N	1N	1,25N	1,50N	1N
1992						
Huvudgröda: korn						
I 14/8	30 ^b	30 ^b	160	110	60	240 ^b
II 3/11	-	-	980	1201	1660	1830 ^b
Medeltal						
I 21/8	130	260	430	950 ^d	560 ^d	160
II 8/11			520			

a) Delad gödselgiva.

b) Avser ogräs.

c) Skattat värde på basis av gradering. Då fånggrödorna var mycket svagt utvecklade provtogs de ej.

d) Endast klöveråren 1989-91.

Från sensommaren till plöjningen på senhösten (medeldatum för provtagning: 8/11) blev rajgräsets nettotillväxt jämförelsevis liten. En av orsakerna var att rajgräset kapades vid tröskningen 1989 och sedan endast växte svagt under hösten, varför mindre växtmassa uppmättes på senhösten än vid kornets gulmognad. År 1991, då havren starkt konkurrerade med rajgräset, blev rajgräsbeståndet för tunt och svagt för större tillväxt under hösten. Rajgräsets kväueupptag var av dessa skäl litet under två av de tre senhöstar då sådana kväuebestämningar utfördes (1989 och 1991).

Däremot blev tillväxten och kväueupptaget bra hösten 1992, då rajgräsets tillväxt troligen gynnades av god kväuetillgång till följd av de stora mineralkväveresterna i marken efter den torra sommaren (jmf. tabell 9a och 9b). Kväueinnehållet i de ovanjordiska växtdelarna varierade detta år från 26 N kg/ha i led C med normal N-giva (1 N) till 53 kg i led E med störst kväuegödsling (1,50 N). Beaktas rötternas kväueinnehåll, kan man räkna med att dessa värden motsvarade ett samlat kväueupptag på 41 resp. 69 N kg/ha sedan kornets gulmognad.

Vad gäller rödklöverns kväueinnehåll vid provtagningarna på senhösten föreligger data endast från 1989 och 1991. Liksom rajgräset kapades klöveren vid skördetröskningen 1989. Genom begränsad tillväxt under hösten uppmättes därför även för klöveren mindre växtmassa på senhösten än vid gulmognad. Vid skörden av den frodiga havren 1991 fanns endast spridda, taniga plantor, som inte tillät nämnvärt kväueupptag under hösten därefter.

Tabell 8b. Fånggrödornas kväveupptag mätt som totalkväve i ovanjordiskt växtmaterial (kg/ha) vid två tidpunkter: (I) då huvudgrödornas kväveupptagning avslutats under sensommaren eller förhösten samt (II) under senhösten därefter. Ogräs ingår i växtmaterialet. I led A, B och F anges ogräsmängderna vid avslutad kväveupptagning 1989 och 1992 samt i led F även på senhösten 1992.

Led	A	B	C	D	E	F
Fånggröda: Kvävegiva:	- 1N	- 1N ^a	Rajgräs 1N	Klöver 0,75N	Klöver 1N	- 1N
1989						
Huvudgröda: korn						
I 11/8	4 ^b	8 ^b	15	19	5	2 ^b
II 30/11	-	-	12	18	3	-
1990						
Huvudgröda: vårraps						
I 3/9	-	-	11	39	36	-
II Prover saknas						
1991						
Huvudgröda: havre						
I 26/8	-	-	1 ^c	0 ^c	0 ^c	-
II 23/10	-	-	5	0 ^c	0 ^c	-
Fånggröda: Kvävegiva:	- 1N	- 1,25N	Rajgräs 1N	Rajgräs 1,25N	Rajgräs 1,50N	- 1N
1992						
Huvudgröda: korn						
I 14/8	1 ^b	1 ^b	3	3	1	7 ^b
II 3/11	-	-	26	34	53	55 ^b
Medeltal						
I 21/8	2 ^b	4 ^b	8	19 ^d	14 ^d	4 ^b
II 8/11			14			

a) Delad gödselgiva.

b) Avser ogräs.

c) Skattat värde på basis av gradering. Då fånggrödorna var mycket svagt utvecklade provtogs de ej.

d) Endast klöveråren 1989-91.

Mineralkvävedynamiken i marken

Mineralkväverester i marken då huvudgrödans N-upptagning avslutats under sensommaren

Stråsädesgrödornas N-upptagning kan såsom tidigare diskuterats antas ha varit avslutad vid gulgrodnad och vårrapsens under fröutvecklingen. De mineralkvävemängder som vid dessa tidpunkter (medeldatum för provtagning: 21/8) fanns i markprofilen (0-90 cm djup) kan därför betraktas som outnyttjbara rester, vilka huvudgrödorna inte kunnat ta tillvara.

Som medeltal för åren 1988-91 fanns inom 0-90 cm markdjup 22 kg mineralkväve per ha i led A, med en engångsgiva av kväve och konventionell jordbearbetning (tabell 9a). Ungefär lika mycket fastställdes i övriga led, men resultaten antyder att delad N-giva (led B) och rajgräs som fånggröda (led C) minskade mängderna. Detta gäller även rödklövern tillsammans med den reducerade N-givan i led D. Däremot förefaller normal N-giva i kombination med klöver som fånggröda (led E) ha lett till en mindre ökning av mineralkväveförrådet vid den tid då huvudgrödans N-upptagning avslutades.

Tabell 9a. Mineralkväve (N, kg/ha) inom 0-90 cm markdjup i de N-gödslade, ordinarie rutorna vid avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten, under senhösten och tidigt på våren. Förekomst av engelskt rajgräs som fånggröda anges kursivt och rödklöver med fetstil.

Led	A	B	C	D	E	F	
<u>År</u>	<u>Gröda/förfrukt</u>						
Avslutad N-upptagning, medeldatum: 21/8							
	Gröda:						
1988	Korn	22	17	16	17 ^a	23	19
1989	Korn	22	19	20	17	36	28
1990	Vårraps	30	19	22	14	31	23
1991	Havre	13	11	11	15	16	15
1992	Korn	88	41 ^b	61	63 ^b	94 ^c	143
Medeltal: 1988-91		22	17	17	16	27	21
1988-92		35	22	26	25	40	46
Sen höst, medeldatum: 7/11							
	Förfrukt:						
1988	Korn	21	20	13	21 ^a	22	25
1989	Korn	36	35	19	18	56	40
1990	Vårraps	39	33	15	20	31	25
1991	Havre	28	17	21	29	45	23
1992	Korn	50	51 ^b	18	51 ^b	91 ^c	43
Medeltal: 1988-91		31	26	17	22	38	28
1988-92		35	31	17	28	49	31
Tidig vår, medeldatum: 2/4							
	Förfrukt:						
1988	Havre	26	20	29	23	27	30
1989	Korn	61	49	36	47	63	39
1990	Korn	49	41	42	37	50	52
1991	Vårraps	58	50	35	39	49	35
1992	Havre	52	38	59	63	65	43
Medeltal: 1988-92		49	40	40	42	51	40
1989-92		55	45	43	47	57	42

a) 1N 1988, ingen insädd av klöver som fånggröda.

b) 1,25N 1992, ej delad N-giva.

c) 1,50N 1992.

Torrsummaren 1992 avvek från detta mönster genom avsevärt mer kvarblivet mineralkväve i marken vid kornets gulmognad än vid motsvarande tidpunkt under övriga år (tabell 9a). Förråden var också betydligt större än de mängder som i andra undersökningar fastställts efter normala N-givor (Lindén et al., 1992; Torstensson et al., 1992). Orsaken är uppenbarligen, att huvudgrödans nedsatta tillväxt och N-upptagning medförde sämre kväveutnyttjande (jmf. tabell 7b).

Vid gulmognad 1992 fanns i led A 88 kg mineralkväve per ha inom 0-90 cm djup. I led F med direktsädd, som gav upphov till missväxt, fastställdes så mycket som 143 kg. De högre N-gödslingsintensiteterna i led D och E (134 resp. 165 N kg/ha) i jämförelse med led C (110 N kg/ha) detta år medförde också ökande restkvävemängder.

Vidare ledde normal kvävegödslingsnivå till ökade mineralkväverester vid avslutad N-upptagning i jämförelse med ingen N-gödsling. Detta belyses i tabell 9b som skillnader i mineralkväveförråd mellan de ordinarie rutorna (med N-gödsling) och 0N-parcellerna (utan N-gödsling under året i fråga). Ökningen uppgick som medeltal för 1988-91 till 5 N kg/ha men blev betydligt större under torrsummaren 1992 (29-80 kg/ha).

Tabell 9b. Mineralkväve (N, kg/ha) inom 0-90 cm markdjup i 0N-parcellerna (utan N-gödsling och utan insädd av fånggröda under året i fråga) vid avslutad N-upptagning under sensommaren eller förhösten. Medeldatum för provtagning var den 21/8. Mineralkvävemängderna jämförs med motsvarande värden i de ordinarie, N-gödslade rutorna (se tabell 9a).

Led	A	B	C	D	E	F
Fånggrödor 1988-91	-	-	Rajgräs	Klöver	Klöver	-
1988 Korn, provtagning 15/8						
Utan gödsel-N	18	15	13	15	18	18
Med gödsel-N	+4	+2	+3	+2 ^b	+5	+1
1989 Korn, provtagning 15/8						
Utan gödsel-N	18	16	14	16	20	18
Med gödsel-N	+4	+3	+6	+2	+16	+10
1990 Vårrops, provtagning 5/9						
Utan gödsel-N	14	16	14	13	16	22
Med gödsel-N	+15	+3	+8	+0	+15	+1
1991 Havre, provtagning 26/8						
Utan gödsel-N	14	10	11	10	11	10
Med gödsel-N	-1	+1	-0	+6	+4	+6
1992 Korn, provtagning 14/8						
Utan gödsel-N	25	12	16	18	24	63 ^a
Med gödsel-N	+64	+29 ^c	+45	+45 ^d	+70 ^e	+80 ^a
Medeltal 1988-91						
Utan gödsel-N	18	14	13	14	18	17
Med gödsel-N	+5	+2	+4	+2	+10	+4
Medeltal 1988-92						
Utan gödsel-N	16	14	13	13	17	17
Med gödsel-N	+17	+8	+12	+11	+22	+29

a) Provtagning den 1/9 -92.

b) 1N 1988, ingen insädd av rödklöver som fånggröda.

c) 1,25N 1992, ej delad N-giva.

d) 1,25N 1992, engelskt rajgräs som fånggröda.

e) 1,50N 1992, engelskt rajgräs som fånggröda.

Mineralkväve i marken på senhösten

I led A och B, båda utan fånggröda, ökade mineralkvävemängderna med i genomsnitt 9 kg/ha inom 0-90 cm markdjup från N-upptagningens avslutning under sensommaren eller förhösten till provtagningen på senhösten under åren 1988-91 (medeldatum: 7/11), se tabell 9a och figur 3. I led F med direktsädd och utan jordbearbetning på hösten blev ökningen 7 N kg/ha. Även i leden med rödklöver (D och E) uppkom ökningar, dock i mindre grad eller ej alls under de höstar då klövern utvecklades väl. Endast rajgräset (led C) förmådde genom sitt N-upptag att mer påtagligt motverka anhopningen av mineraliserat kväve i marken under hösten. Här hölls mineralkväveförråden på en oförändrat låg nivå med i medeltal endast 17 N kg/ha på både sensommaren och senhösten (se även figur 4). Hösten 1991 utgör dock ett undantag i detta avseende p.g.a. det svaga rajgräsbeståndet.

I led C, med normal N-giva, förmådde rajgräset 1992 att minska de betydande mineralkväverester (61 kg/ha), som detta torrår fanns i marken vid gultmognad, till 18 kg, dvs. ungefär samma nivå som i medeltal för 1988-91 (tabell 9a och figur 3). I övriga led fanns betydande N-mängder även på senhösten. I led D och E med större N-givor detta år (1,25 resp. 1,50 N) förmådde rajgräset inte att minska förråden trots större tillväxt och N-upptag än i led C. Orsaken synes vara förstörd höstmineralisering i dessa led (se ovan).

Under denna period (medeldatum: 21/8 - 7/11) var NO₃-N-utlakningen (se nedan) alla år obetydlig i samtliga led, i storleksordningen 0,2-0,4 N kg/ha. Den av odlingsåtgärderna påverkade mineralkvävedynamiken i marken synes således knappast ha påverkat utlakningen under denna tid.

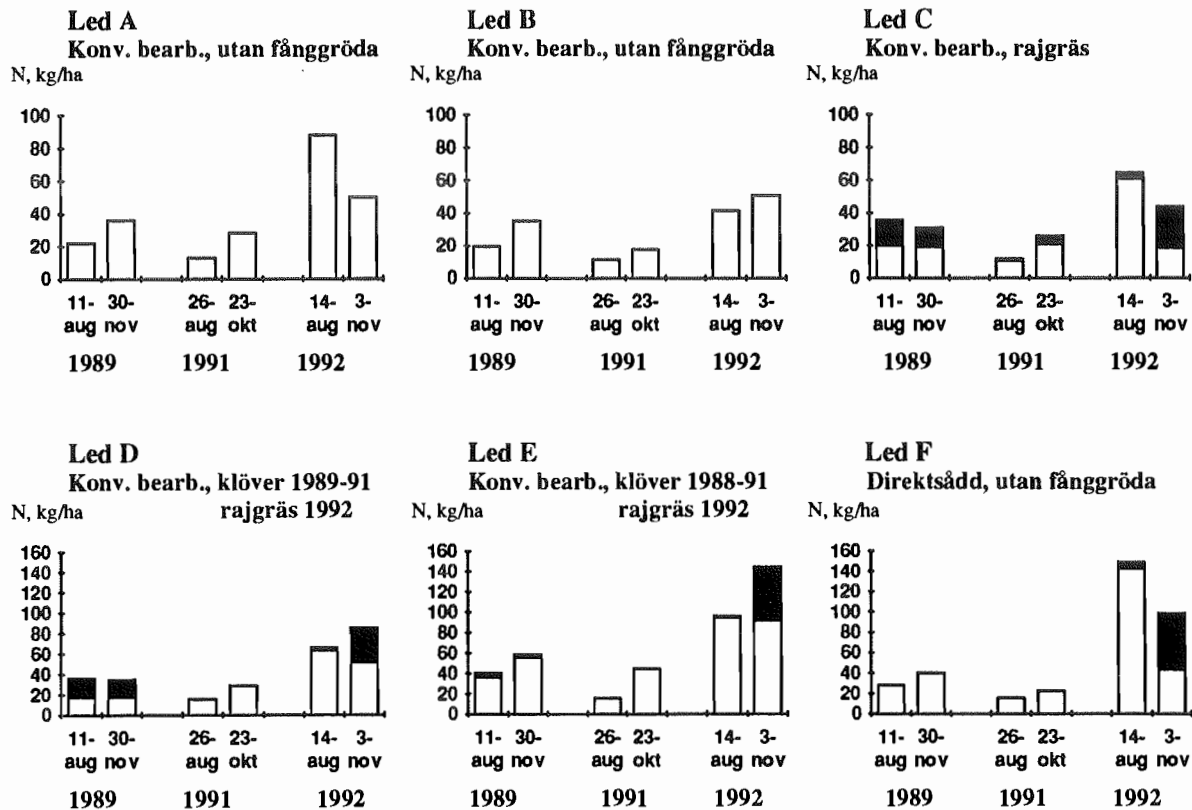
Den obetydliga NO₃-N-utlakningen blir uppenbar mot bakgrund av de små mineralkvävemängder som fanns i alvsiktens dels vid N-upptagningens avslutning under sensommaren och dels under senhösten. Detta exemplifieras i figur 4. Det mineralkväve som huvudgrödorna efterlämnade eller som genom mineralisering under hösten bildades i de ytligare jordlagren hade fram till senhösten ännu inte eller endast obetydligt transporterats ned under 60 cm djup.

Mineralkväve i marken tidigt på våren

Under perioden från provtagningarna på senhösten (medeldatum: 7/11) till vårprovtagningarna (medeldatum: 2/4) ökade mineralkväveförråden i samtliga led. Ökningarna, som huvudsakligen måste ha uppkommit genom att kvävemineraliseringsstillskotten överstigit utlakningsförlusterna, var störst (i medeltal 26 N kg/ha) i led C med rajgräs som fånggröda. Minst var ökningen (14 kg/ha) i led F med direktsådd och utan jordbearbetning på hösten.

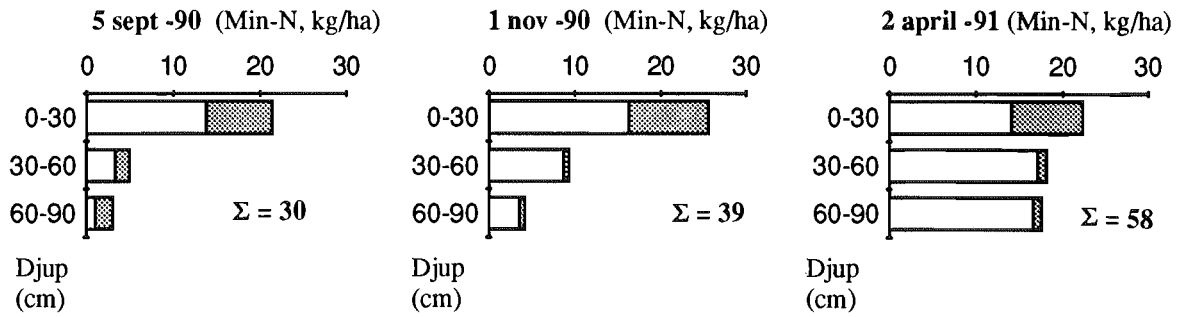
Under tiden från senhöst- till vårprovtagningarna rörde sig kväve ned i markprofilen (figur 4) och en del kväve kan ha nått ned under provtagningsdjupet 90 cm (jmf. Lindén, 1981; Bergström & Brink, 1986; Gustafson, 1983). Ökningen i alvsiktens ned till 90 cm under de nämnda vintrarna var särskilt stor i led A, utan fånggröda. I leden med fånggrödor blev ökningarna mindre i dessa jordlager. Detta gäller även led F, utan jordbearbetning på hösten.

Till skillnad från led A, utan fånggröda, återfanns i leden med fånggrödor (C, D och E) och i led F de högsta mineralkvävehalterna på våren i matjordsskiktet. Detta tyder på att N-mineraliseringen under vinterperioden i hög grad ägt rum först sent på vintern och tidigt på våren och därigenom inte påtagligt bidragit till kväveutlakningen.

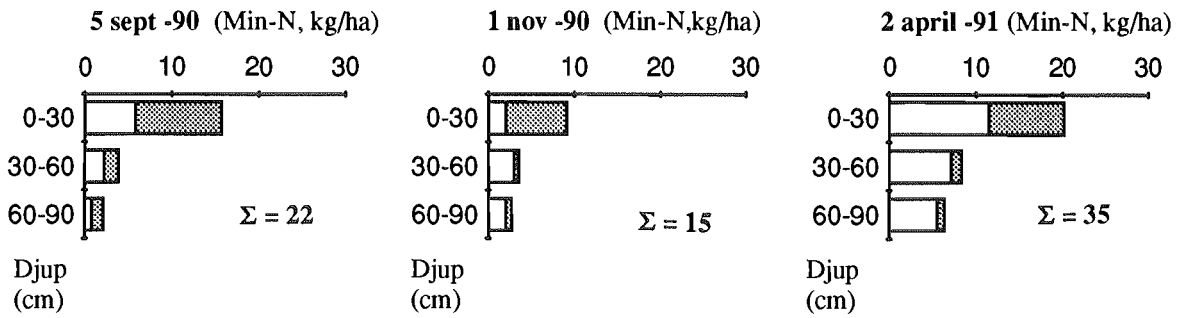


Figur 3. Mineralkväve (kg/ha, vit stapel) inom 0-90 cm djup i marken och totalkväve (kg/ha, svart stapel) i fånggröda (led C - E) eller annan levande höstvegetation (led F), dels vid huvudgrödans gulmognadsstadium (medeldatum: 17/8) och dels under senhösten (medeldatum: 8/11) år 1989, 1991 och 1992. Totalkväve-mängderna avser summan av ovan- och underjordiska växtdelar, med skattade värden för de senare. År 1992 ändrades försöksplanen, varvid bl.a. stigande N-givor infördes.

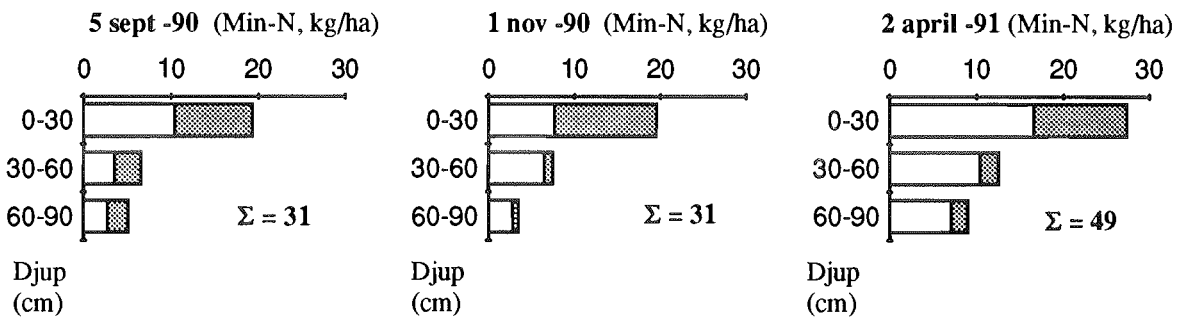
Led A
Utan fånggröda, konventionell bearbetning



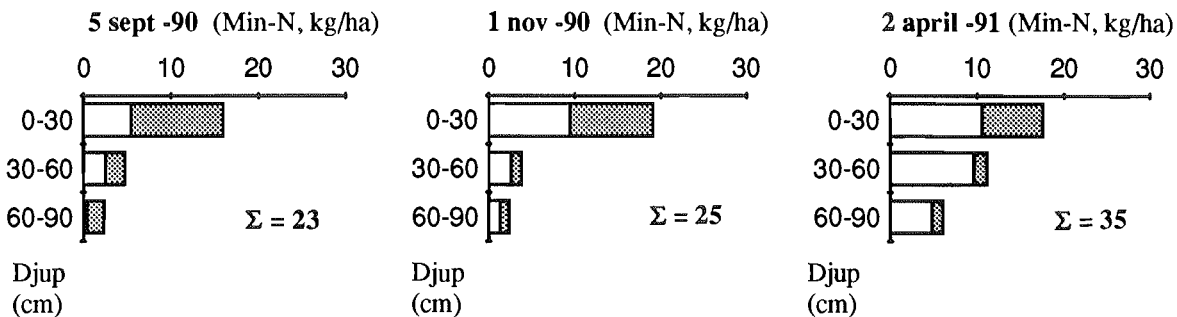
Led C
Rajgräs som fånggröda, konventionell bearbetning



Led E
Klöver som fånggröda, konventionell bearbetning



Led F
Utan fånggröda, direktsådd



Figur 4. Mineralkväveförråd (N, kg/ha) inom 0-90 cm markdjup när huvudgrödans kväveupptagning avslutats, på senhösten och tidigt under efterföljande vår, exemplifierade med förhållanden 1990/91 i de led som tillfördes en engångs kvävegiva. Vårrens odlades som huvudgröda 1990. Vit stapel = NO₃-N. Skuggad stapel = NH₄-N.

Tabell 10. Kväve mineralisering (N, kg/ha) årligen och under tre delar av året i led A, B och F med samma N-gödslingsnivå och utan odling av fånggröda. De tre årstiderna avser (I) tiden från tidig vår till avslutad N-upptagning under sensommaren eller förhösten (medeldatum: 2/4-23/8), (II) från avslutad kväveupptagning till senhösten (medeldatum: 24/8-10/11) och (III) från senhösten till tidig vår (medeldatum: 11/11-1/4).

Led	A	B	F
Jordbearbetning:	Konv.	Konv.	Direktsådd
Antal gödslingstillfällen:	1	2	1
1988/89			
I 8/4-15/8	64	57	42
II 16/8-14/11	5	8	7
III 15/11-29/3	<u>42</u>	<u>30</u>	<u>15</u>
Hela året	111	95	64
1989/90			
I 30/3-15/8	75	76	59
II 16/8-30/11	14	16	11
III 1/12-26/3	<u>16</u>	<u>9</u>	<u>20</u>
Hela året	105	101	90
1990/91			
I 27/3-5/9	52	50	43
II 6/9-1/11	10	14	2
III 2/11-2/4	<u>21</u>	<u>19</u>	<u>12</u>
Hela året	83	83	57
1991/92^a			
I 3/4-26/8	68	63	54
II 27/8-24/10	15	6	7
III 25/10-8/4	<u>25</u>	<u>22</u>	<u>23</u>
Hela året	108	91	84
Medeltal 1988-1992			
I 2/4-23/8	65	61	50
II 24/8-10/11	11	11	7
III 11/11-1/4	26	20	17
II+III 24/8-1/4	37	31	24
Hela året	102	92	74

^a) Perioden avslutades 8/4 1992. Växtsäsongen och hösten 1992 är alltså ej medtagna.

Kväve mineralisering under olika årstider

I tabell 10 åskådliggöres nettomineraliseringen av kväve i led A, B och F, alla utan fånggröda, dels årligen och dels under följande perioder:

- I. Under "växtsäsongen", räknat från jordprovtagningen tidigt på våren (medeldatum: 2/4) till dess att huvudgrödans N-upptagning kan anses ha upphört (medeldatum för provtagning av jord och gröda: 23/8). Perioden avser den säsong, under vilken övervintrande mineralkväve och kväve som då mineraliseras kan tas tillvara av grödan.
- II. Från kväveupptagningens avslutning under sensommaren till senhösten (medeldatum för perioden: 24/8 - 10/11). Perioden avser tiden fram till plöjningen på senhösten i de konventionellt bearbetade leden.
- III. Från senhösten till tidig vår (medeldatum för perioden: 11/11 - 1/4). Perioden avser den tid då det i allmänhet inte pågår någon nämnvärd tillväxt eller ingen tillväxt alls hos förekommande markvegetation. Under de milda vintrar och de tidiga vårar som rått under undersökningsåren kan dock viss mindre tillväxt av ogräs m.m. inte uteslutas i led F, som ej höstplöjts.

Tabell 11. Totalkvävehalter och kol-kvävekvoter i de ovanjordiska delarna av engelskt rajgräs vid provtagning under senhösten 1991 och 1992 före nedplöjning av denna fånggröda. Medeltal av tre delprover i varje led.

Datum	Led	N-gödsling	Totalkväve, % av ts	kol-kväveknot, C/N
23.10.91	C	1N	3,0	14
03.11.92	C	1N	2,6	17
03.11.92	D	1,25N	2,8	15
03.11.92	E	1,50N	3,2	13

Period II och III avser de årstider då det efter odling av enbart vårsådda grödor (i detta försök vårsäd och våroljevaxter) inte finns någon levande vegetation, fränsett ogräs och grodd spillsäd, som kan ta tillvara kväve i marken, såvida ingen fånggröda odlas. Det mineralkväve som under denna "vegetationslösa" tid finns i marken eller tillkommer genom mineralisering utgör komponenter i det kväve som kan utsättas för utlakning.

I led A, med en engångsgiva av kväve, uppgick den årliga nettomineraliseringen av kväve till 102 N kg/ha som medeltal för åren 1988/89 - 1991/92, varav 65 kg eller närmare 2/3 frigjordes under växtsäsongen och 37 kg under den vegetationslösa årstiden. I led B, med delad N-giva, blev den genomsnittliga årsmineraliseringen 92 kg/ha. Det är möjligt, att denna skillnad mellan led A och B ej beror på olikheter i gödningen utan hänför sig till skillnader i jordens egenskaper. I led F uppgick årsmineraliseringen till 74 N kg/ha, varav 50 kg under växtsäsongen och 24 kg under den vegetationslösa årstiden. Den mindre kvävefrigörelsen i jämförelse med led A och B kan i mer eller mindre hög grad förmodas bero på utebliven höstbearbetning fr. o. m. 1988 och införande av direktsådden 1989 (jmf. Fox & Bandel, 1986).

I medeltal för led A, B och F uppgick N-frigörelsen under växtsäsongen till 66 % av årsmineraliseringen. Frigörelsen från avslutad N-upptagning under sensommaren till senhösten utgjorde 11 % och under tiden därefter fram till tidig vår 23 % av den årliga mineraliseringen. Den mindre nettofrigörelsen under hösten trots högre temperaturer än under vintern kan förmodas bero på större N-immobilisering i inledningsskedet av växtresternas nedbrytning.

I och med nedplöjningen av fånggrödorna på hösten (medeldatum: 9/11) bör det nedplöjda materialet ha börjat brytas ned. Genom de milda vintrarna kan det inte uteslutas, att denna nedbrytning medfört större kvävemineralisering före vårens ankomst än normalt för ståndorten.

Efter provtagningarna av fånggrödorna på senhöstarna 1991 och 1992 (den 23/10 resp. 3/11) bestämdes inte bara totalkväveinnehållet utan även C/N-kvoten i rajgräsens ovanjordiska växtdelar (tabell 11). Totalkvävehalterna varierade mellan 2,6 och 3,2 % av torrsubstansen och C/N-kvoterna mellan 13 och 17. Efter nedplöjning av växtmaterial med så pass höga kvävehalter och så låga C/N-kvoter får man i allmänhet räkna med nettomineralisering av kväve inom relativt kort tid (jmf. Jenkinson, 1981). Däremot hade stubb- och halmresterna totalkvävehalter på endast drygt 1 % av torrsubstansen och C/N-kvoter uppgående till 35-52, vilket måste ha lett till N-immobilisering efter plöjningen på hösten. Sammantaget synes dessa förhållanden emellertid ha medfört nettomineralisering av kväve under vinterperioden (tabell 12) efter nedplöjning av rajgräs med leverans av i medeltal 28 N kg/ha under denna tid (medeldatum: 11/11 - 1/4). Kvävefrigörelsen var lika stor i leden med rajgräs och rödklöver som i led A utan fånggröda och med höstbearbetning. Minst synes kvävemineraliseringen som nämnts ha blivit i led F med direktsädd och utan höstbearbetning.

I led F låg växtresterna kvar orörda på markytan fram till direktsådden. Även om en viss nedbrytning av dessa ägde rum under vinterhalvåret, torde den uteblivna inbearbetningen av växtresterna ha lett till mindre immobilisering av markkväve under perioden. Den nedsatta nettofrigörelsen av kväve under vintern måste därför bero på att bruttomineraliseringen varit mindre än i övriga led. Detta innebär då att kvävefrigörelsen i marken hållits tillbaka genom den uteblivna jordbearbetningen. Även Lindén et al. (1993) fastställde mindre höst- och vintermineralisering efter utebliven jordbearbetning på hösten.

Tabell 12. Kvävemineralisering (N, kg/ha) under tiden från sen höst till tidig vår (medeldatum: 11/11- 1/4)

Led	A	B	C	D	E	F
Jordbearbetning:	Konv.	Konv.	Konv.	Konv.	Konv.	Direktsådd
Fånggröda:	-	-	Rajgräs	Klöver ^a	Klöver	-
Antal gödslingsstillfällen:	1	2	1	1	1	1
15.11.88-29.03.89	42	30	24	28	43	15
01.12.89-26.03.90	17	9	27	24	22	20
02.11.90-02.04.91	21	19	21	21	22	12
25.10.91-08.04.92	25	22	39	36	25	23
Medeltal 1988-92						
11/11-1/4	26	20	28	27	28	17

^a) Ingen insådd av rödklöver 1988.

Kväveeffterverkan under växtsäsongen

Grödornas N-upptag i ON-parcellerna, som ej tillförts handelsgödselkväve under året i fråga, avspeglar renodlat tillgången på växttillgängligt kväve i marken under växtsäsongen (tabell 13). Kväveupptaget åskådliggör vidare de samlade effekterna av tidigare års odlingsåtgärder, inkl. förekomsten eller frånvaron av jordbearbetning, fånggrödor m.m. Värdena för växtsäsongen 1988 hänför sig dock ej till ledvisa behandlingseffekter orsakade av försöksplanen utan avser främst bakgrundsvärden uppkomna genom tidigare odlingsåtgärder.

Samlad mängd utnyttbart jordkväve

Grödornas årliga tillgång på utnyttbart jordkväve blev i led A, med en engångsgiva av kväve och utan fånggröda, 104 N kg/ha som medeltal för 1989-92. Led F, med direktsådd, uppvisade den minsta jordkvävetillgången, i medeltal 76 N kg/ha under dessa år. I led C med rajgräs som fånggröda blev effekten 87 kg. I led D och E med rödklöver uppgick jordkväveleveransen till 93 resp. 114 kg/ha. I led D såddes inte rödklöver förrän 1989, varför denna fånggröda bara påverkade kväveeffterverkan fr.o.m. 1990. Däremot synes klöverinsådden i led E fr.o.m. 1988 tydligt ha inverkat på kvävetillgången under växtsäsongerna 1989-91. Någon tydlig efterverkan av fånggrödorna kunde dock ej iakttagas 1992, troligen p.g.a. de närmast obefintliga fånggrödebestånden 1991 och föga påtaglig flerårig inverkan av de föregående årens fånggrödor.

Mineralkväve i marken tidigt på våren som utnyttjats av grödorna under den efterföljande växtsäsongen

Den andel av kväveeffterverkan som härrörde från de övervintrande mineralkväveförråden inom 0-90 cm djup har beräknats som skillnaden i mineralkvävemängder mellan tidig vår och avslutad N-upptagning, de senare i ON-parcellerna. I led A, utan fånggröda, uppgick den mängd som grödorna kunde utnyttja under växtsäsongerna 1989-92 till i medeltal 37 N kg/ha. I led C med rajgräs som fånggröda blev medelmängden 29 kg. Skillnaden synes bero på att mineralkväveförrådet på senhösten var mindre i rajgräsledet (tabell 9a) och att N-mineraliseringen under vinterperioden (tabell 12) var lika i de båda leden. I led F med direktsådd erhöles endast 25 kg utnyttbart mineralkväve per ha. I detta led fanns visserligen nästan lika mycket mineralkväve på senhösten som i led A, men N-frigörelsen under vintern var i medeltal mindre än i övriga led (tabell 12).

I led E med rödklöver fanns under de flesta åren mer mineralkväve i marken på våren än i led C med rajgräs, men någon sådan inverkan av klöver var knappast skönjbar i led D, där rödklöver såddes in först våren 1989. De större mineralkväveförråden i led E synes huvudsakligen bero på större kvävemängder redan på senhösten, vilket är ett tecken på att rödklövern i detta led generellt endast tog upp små N-mängder från marken under hösten.

Tabell 13. Kväveefterverkan (N, kg/ha) av odlingsåtgärderna uttryckt som dels grödornas N-upptag fram till avslutad N-upptagning under sensommaren eller förhösten, dels den för växterna utnyttjbara delen av markens mineralkväveförråd tidigt på våren och dels N-mineralisering från tidig vår till avslutad N-upptagning i ON-parcellerna. N-upptaget motsvarar tillgången på utnyttjbart kväve. Rajgräs som fånggröda anges med kursiv stil och rödklöver med fetstil. Angivna datum avser tidpunkt för provtagning vid avslutad N-upptagning.

Led		A	B	C	D	E	F	Medeltal (årsvis)
Utnyttjbart jordkväve								
Korn	15.08.88	72	62	60	66	58	54	62
Korn	14.08.89	112	98	72	90	126	80	96
Vårhaps	03.09.90	87	76	87	66	103	73	82
Havre	26.08.91	111	102	83	123	129	78	104
Korn	13.08.92	106	87	<i>104</i>	93	96	73 ^a	93
Medeltal:								
1988-92		98	85	80	88	102	71	87
1989-92		104	91	87	93	114	76	94

^a) Direktsädd gav missväxt genom mycket svag uppkomst med litet kväveupptag fram till 13/8. Vid provtagning den 4/9 fastställdes ett kväveupptag på 112 N kg/ha genom tillväxt av grönskott.

Mineralkväve inom 0-90 cm markdjup under tidig vår som utnyttjats av huvudgrödan under växtsäsongen

Korn	1988	8	5	16	8	8	12	10
Korn	1989	43	33	22	31	42	21	32
Vårhaps	1990	35	26	29	23	34	30	30
Havre	1991	43	39	23	28	38	24	32
Korn	1992	25	23	<i>41</i>	43	37	-	34
Medeltal:								
1988-92		31	25	26	27	31	22	27
1989-92		37	30	29	31	37	25	32

Kvävemineralisering från tidig vår till avslutad kväveupptagning

Korn	15.08.88	64 ^b	57 ^b	44	58	50	42 ^b	53
Korn	14.08.89	75 ^b	65 ^b	50	59	84	59 ^b	65
Vårhaps	03.09.90	52 ^b	50 ^b	58	43	69	43 ^b	53
Havre	26.08.91	68 ^b	63 ^b	60	95	93	54 ^b	72
Korn	13.08.92	81	64	63	50	59	-	63
Medeltal:								
1988-92		68	60	55	61	71	50	61
1989-92		69	61	58	62	76	52	63

^b) Jämför med tabell 10.

Kvävemineralisering under växtsäsongen

Vid beräkningen av kvävemineraliseringen togs hänsyn till förekommande NO₃-N-utlakning. Då denna var obetydlig, bör de framräknade, frigjorda N-mängderna i det närmaste motsvara det under växtperioden mineraliserade kväve som grödorna kunde utnyttja. I led A, utan fånggröda, bidrog kvävemineraliseringen från tidig vår fram till N-upptagningens avslutning under sensommaren eller förhösten med i medeltal 69 N kg/ha till grödornas N-försörjning under åren 1989-92. I led C, med rajgräs, blev denna N-frigörelse 11 kg/ha mindre och i led E med rödklöver 7 kg/ha större än i led A. I övriga led blev kvävemineraliseringen mindre än i led A, så även i led D med rödklöver 1989-91 men med reducerad N-giva.

Flerårig kväveefterverkan

Någon tydlig flerårig N-efterverkan av fånggrödorna genom med åren tilltagande mängder mineralkväve på våren och/eller större N-frigörelse under växtsäsongen kan ej urskiljas. Det är

möjligt att försöksperioden (1988-92) varit för kort för påtaglig verkan i detta avseende. År 1992 kan kväve mineralisering och -efterverkan i viss mån ha hämmats genom inverkan av sommartorkan på kväveomsättningarna i marken. De uteblivna effekterna kontrasterar mot den med åren ökade N-tillgång som rapporterats efter rödklöver som fånggröda av Beck-Friis et al. (1993) och efter rajgräs av Beck-Friis et al. (1993) och Lindén et al. (1993), i båda fallen i försök vid Mellby i södra Halland. Orsaken kan vara att rajgräset och rödklövern vid Mellby genom större höstmineralisering och kraftigare tillväxt generellt tog upp mer kväve under höstarna än i försöket på Lanna.

Nederbörd och avrinning

Nederbörden låg under de tre första försöksåren över långtidmedelvärdet för Lanna (tabell 14). De två sista åren blev den betydligt lägre. Nederbördens mellanårsvariation återspeglades i avrinningsskillnaderna som emellertid var marginella. Nederbördens månadsfördelning framgår av figur 2. Fånggrödorna hade inget avgörande inflytande på den ledvisa avrinningen (tabell 15).

Ämneskoncentrationer, pH och ledningstal i dräneringsvatten

pH och ledningstal

pH-värdena uppvisade endast små variationer och låg klart över neutralpunkten alla år för samtliga led (tabell 16). Värdena är typiska för lerjordar i denna landsdel. Led A hade genomgående högre ledningstal än övriga led. Detta kan sannolikt härledas till långsiktigt verkande markkemiska skillnader mellan rutorna. Aktuella behandlingsskillnader mellan leden synes däremot ej att ha haft någon tydlig inverkan.

Kväve

Nitrat var den helt dominerande kvävefraktionen (tabell 17). Halterna var låga för samtliga led, med undantag för året 1992/93 då kraftigt förhöjda halter noterades i led E och en måttligt förhöjning i övriga led. Rajgräsledet (led C) uppvisade varje år lägst koncentration medan led E med klöver som fånggröda åren 1988-91 och normal handelsgödselgiva uppvisade den högsta medelkoncentrationen varje år. Delad giva (led B) förbättrade kvaliteten något jämfört med engångsgiva (led A). Direktsådd (led F) gav under tre av åren högre årsmedelkoncentration än det engångsgödselade och konventionellt bearbetade led A.

Fosfor

Fosforkoncentrationerna var inte i något fall höga och uppvisade i motsats till kvävet inte någon systematisk skillnad mellan leden. Det är dock sedan tidigare känt att fosfor kan uppvisa stora koncentrationsskillnader beroende på den momentant rådande geohydrologiska situationen i markprofilen och detta gäller särskilt aggregerade jordar såsom på Lanna.

Kalium

Kaliumkoncentrationerna varierade på ett likartat sätt mellan leden varje år och fånggrödorna hade inget avgörande inflytande härpå, utan de rutvisa markkemiska förhållandena hade säkert den mest avgörande betydelsen. Värdena får anses typiska för lerjordar.

Tabell 14. Årlig nederbörd samt medelavrinning från försöksfältet (mm).

	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
Nederbörd*	672	574	633	462	491
Dräneringsavrinning	213	174	174	172	147

*) Årsmedelnederbörd 1961-90 för Lanna = 558 mm.

Tabell 15. Ledvis årlig avrinning via dräneringsledningarna (mm).

Led		A	B	C	D	E	F
Fånggröda		utan	utan	med	med	med	utan
1988/89	Korn	201	202	221	210	191	251
1989/90	Korn	179	166	187	167	156	191
1990/91	Våraps	162	171	186	172	161	189
1991/92	Havre	144	163	179	166	170	210
1992/93	Korn	147	146	139	147	130	172

a) År 1992 endast en kvävegiva.

Tabell 16. Integrerade årsmedelvärden för pH och ledningstal i dräneringsvatten.

Led		A	B	C	D	E	F
Fånggröda		utan	utan	med	med	med	utan
pH							
1988/89	Korn	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,5
1989/90	Korn	7,5	7,7	7,7	7,7	7,6	7,5
1990/91	Våraps	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
1991/92	Havre	7,5	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
1992/93	Korn	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
Ledningstal (mS/m)							
1988/89	Korn	56	52	50	45	45	48
1989/90	Korn	54	47	47	43	42	48
1990/91	Våraps	60	50	48	43	44	49
1991/92	Havre	60	51	49	43	46	49
1992/93	Korn	55	50	43	42	44	48

a) År 1992 endast en kvävegiva.

Utlakningsförluster

Kväve

Kväveförlusterna var under fyra av de fem åren störst i led E med klöver som fånggröda 1988-91 och normal kvävegiva (tabell 18). Utlakningen blev också relativt sett stor i ledet med direktsådd (led F). I led D med klöver som fånggröda 1989-91 och reducerad kvävegiva var utlakningen mindre än i led E.

Minst blev kväveförlusterna i led B utan fånggröda med delad kvävegiva och i led C med rajgräs som fånggröda. Utlakningsförlusterna får ses som små eller måttliga i samtliga led under åren 1988-91. Året 1992/93 påvisades ett förhöjt läckage i alla led utom led C. Det var kvarvarande mineralkväve i marken som ej utnyttjats av grödan under den torra växtsäsongen som bidrog till ökade kväveförluster. Det var dock endast i led E som förlustsiffran närmade sig den i "Sötvatten 90" (SNV 1990) uppställda gränsen att utlakningen ej bör överstiga 15 N kg/ha och år. Detta mål blev uppfyllt för samtliga led under alla försöksåren.

Tabell 17. Integrerade årsmedelkoncentrationer av nitrat- och totalkväve, fosfat- och totalfosfor samt kalium i dräneringsvattnet.

Led		A	B	C	D	E	F
Gödslingstillfällen		1	2 ^a	1	1	1	1
Fånggröda		utan	utan	med	med	med	utan
Kväve (N, mg/l)							
88/89	NO ₃ -N	1,3	0,6	0,8	1,6	1,9	0,9
	Tot-N	1,7	0,9	1,1	2,0	2,4	1,2
89/90	NO ₃ -N	2,1	1,8	1,7	2,9	4,5	3,8
	Tot-N	2,5	2,1	2,0	3,5	4,9	4,3
90/91	NO ₃ -N	1,7	1,5	1,0	1,4	3,2	1,8
	Tot-N	2,0	1,7	1,3	1,6	3,5	2,1
91/92	NO ₃ -N	2,3	1,9	1,6	2,4	4,8	2,1
	Tot-N	2,6	2,2	1,9	2,5	5,1	2,3
92/93	NO ₃ -N	3,0	2,9	2,0	4,4	9,3	4,7
	Tot-N	3,4	3,2	2,4	4,9	10,1	5,2
Medeltal 1988-93							
	NO ₃ -N	2,1	1,7	1,4	2,5	4,7	2,7
	Tot-N	2,4	2,0	1,7	2,9	5,2	3,0
Fosfor (P, mg/l)							
88/89	PO ₄ -P	0,006	0,008	0,008	0,009	0,020	0,011
	Tot-P	0,028	0,019	0,021	0,022	0,051	0,026
89/90	PO ₄ -P	0,006	0,009	0,015	0,023	0,033	0,028
	Tot-P	0,028	0,029	0,020	0,039	0,046	0,062
90/91	PO ₄ -P	0,005	0,003	0,003	0,006	0,010	0,007
	Tot-P	0,027	0,009	0,012	0,029	0,018	0,015
91/92	PO ₄ -P	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001
	Tot-P	0,006	0,002	0,006	0,009	0,009	0,006
92/93	PO ₄ -P	0,006	0,005	0,007	0,013	0,016	0,005
	Tot-P	0,020	0,016	0,020	0,034	0,041	0,013
Medeltal 1988-93							
	PO ₄ -P	0,005	0,005	0,006	0,011	0,016	0,010
	Tot-P	0,022	0,015	0,016	0,027	0,033	0,024
Kalium (K, mg/l)							
88/89		3,2	2,3	2,8	2,9	2,9	3,8
89/90		3,5	2,5	2,9	3,1	3,1	3,6
90/91		3,5	2,7	3,0	3,1	3,4	4,3
91/92		3,4	2,6	2,9	3,1	3,4	4,0
92/93		3,7	2,9	3,2	3,4	3,6	4,4
Medeltal 1988-93							
		3,5	2,6	3,0	3,1	3,3	4,0

a) År 1992 ett gödslingstillfälle.

Resultaten är således uppmuntrande och visar att man enbart genom att undvika överdosering kan nå långt vad det gäller att sänka utlakningen till acceptabla nivåer på mellansvenska lerjordar med odlingsystem utan stallgödselinsatser (jmf. Bergström & Brink, 1986).

Tabell 18. Årlig utlakning av kväve fosfor och kalium med dräneringsvattnet.

Led	A	B	C	D	E	F
Gödslingstillfällen Fånggröda	1 utan	2 ^a utan	1 med	1 med	1 med	1 utan
Kväve (N, kg/ha)						
88/89 NO ₃ -N	2,6	1,1	1,8	3,4	3,7	2,2
Tot-N	3,5	1,8	2,4	4,2	4,7	3,0
89/90 NO ₃ -N	3,7	3,1	3,2	4,9	7,0	7,3
Tot-N	4,5	3,6	3,8	5,8	7,6	8,1
90/91 NO ₃ -N	2,7	2,5	1,9	2,3	5,1	3,4
Tot-N	3,2	2,9	2,4	2,8	5,7	3,9
91/92 NO ₃ -N	3,3	3,1	2,8	4,0	8,0	4,4
Tot-N	3,8	3,6	3,3	4,2	8,6	4,9
92/93 NO ₃ -N	4,5	4,3	2,8	6,5	12,1	8,2
Tot-N	5,0	4,7	3,3	7,3	13,1	9,0
Medeltal 1988-93						
NO ₃ -N	3,4	2,8	2,5	4,2	7,2	5,1
Tot-N	4,0	3,3	3,0	4,9	7,9	5,8
Fosfor (P, kg/ha)						
88/89 PO ₄ -P	0,015	0,015	0,018	0,019	0,039	0,028
Tot-P	0,036	0,038	0,046	0,047	0,097	0,065
89/90 PO ₄ -P	0,011	0,015	0,028	0,039	0,052	0,054
Tot-P	0,051	0,048	0,037	0,066	0,072	0,118
90/91 PO ₄ -P	0,008	0,004	0,005	0,010	0,016	0,013
Tot-P	0,043	0,016	0,023	0,049	0,029	0,027
91/92 PO ₄ -P	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,004	<0,001
Tot-P	0,009	0,004	0,011	0,015	0,015	0,013
92/93 PO ₄ -P	0,009	0,008	0,010	0,019	0,021	0,009
Tot-P	0,029	0,024	0,028	0,050	0,053	0,022
Medeltal 1988-93						
PO ₄ -P	0,009	0,008	0,012	0,018	0,026	0,021
Tot-P	0,034	0,026	0,029	0,045	0,053	0,049
Kalium (K, kg/ha)						
88/89	6,3	4,7	6,3	6,2	5,6	9,5
89/90	6,3	4,2	5,5	5,1	4,8	6,9
90/91	5,7	4,7	5,6	5,4	5,5	8,1
91/92	4,9	4,2	5,2	5,1	5,7	8,5
92/93	5,4	4,3	4,4	5,0	4,6	7,5
Medeltal 1988-93	5,7	4,4	5,4	5,4	5,2	8,1

^a) År 1992 ett gödslingstillfälle.

Fosfor

Fosforutlakningen (tabell 18) uppvisade stor variation, 0,003-0,117 tot-P kg/ha och år. Inte ens det högsta värdet är anmärkningsvärt stort i jämförelse med andra undersökningar i Västergötland (Gustafson & Gustavsson, 1882). Det ligger dock nära det i "Sötvatten 90" (SNV,1990) satta målet att fosforläckaget ej bör överstiga 0,15 P kg/ha och år.

Kalium

Den årliga totalutlakningen av kalium med dräneringsvattnet redovisas i tabell 18. Utlakningen varierade mellan 4,2 och 9,5 K kg/ha och år. Den var av samma storleksordning som erhöles i en tvårig undersökning (1979/81) på ett 30-tal lokaler i Västergötland (Gustafson & Gustavsson 1982).

ÖVERGRIPANDE DISKUSSION SAMT SLUTSATSER

Odlingssystemens inverkan på kväveutlakningen

Generellt sett understeg $\text{NO}_3\text{-N}$ -halterna i dräneringsvattnet 5 mg per liter. De låg således under den hygieniska gränsen för dricksvatten. I ledet med normal kvävegiva och med rödklöver som fånggröda var emellertid de årsvisa medeltalen nära (under året 1992/93 långt över) 5 mg per liter med något ökad N-utlakning som följd. Detta tyder på att klövern, som i detta led generellt utvecklades sämre än vid reducerad kvävegödsling, inte var någon effektiv fånggröda. Den förmodade ej tömma marken på utlakningsbart kväve under hösten lika effektivt som engelskt rajgräs (jmf. Beck-Friis et al., 1993; Wallgren & Lindén, 1993). Rödklöver får därför anses tveksam som fånggröda.

I övriga led låg $\text{NO}_3\text{-N}$ -halterna klart under 5 mg/liter och i ledet med rajgräs som fånggröda i allmänhet under 2 mg/liter. Rajgräsets goda utlakningsreducerande förmåga bekräftas av undersökningar av t.ex. Breland (1989), Lewan & Johnsson (1990) och Lindén et al. (1993). Resultaten från de nämnda leden tyder vidare på att normalt rekommenderade kvävegivor och tillfredsställande liten N-utlakning i princip är förenliga på lerjordar av detta slag. Odlingssystemens utformning i försöket, med hela eller delade N-givor, konventionell jordbearbetning eller direktsådd samt med eller utan fånggröda (rajgräs), synes ha haft underordnad betydelse.

Den årliga kväveutlakningen utgjorde 2-13 $\text{NO}_3\text{-N}$ kg per ha. Dessa jämförelsevis små mängder torde delvis bero på att jorden inte tillförts stallgödsel på årtionden. Lanna har drivits kreaturslöst sedan 1958, varför inverkan av tidigare stallgödseltillförsel på markens kväveleverans fått tid på sig att avklinga (jmf. Voelcker & Hall, 1903). I den mån detta bidragit till nedsatt N-frigörelse även under de kalla årtiderna, bör kväveutlakningsrisken också ha minskat. Hoffmann (1992) anger, att det på en kreaturslöst driven gård Hälleberg vid Vara i Västergötland, ca 10 km från Lanna, i medeltal utlakades 7 kg totalkväve per ha och år under åren 1977-90, medan de årliga förlusterna under samma tid uppgick till 20 kg på en djurgård Karstorp vid Hjo, där stallgödsel tillförts. Undersökningar på en grovmojord vid Mellby i södra Halland (Torstensson et al., 1992; Lindén et al., 1993) belyser också den ökade kväveutlakningsrisken på fält med stallgödseltillförsel, inte bara genom förluster efter spridning utan även genom inverkan på markens kväveleverans.

Liten kväveutlakning såsom i detta försök tycks vara vanligt förekommande på åkerjordar i norra Götaland. Detta framgår av undersökningar på observationsfält och i avrinningsområden i Väster- och Östergötland, där $\text{NO}_3\text{-N}$ -utlakningen varit i storleksordningen 3-9 kg/ha och år (Gustafson & Gustavsson, 1982; Hoffmann, 1992; Ulén, 1992). Resultaten från Lanna-försöket och från dessa undersökningar tyder generellt också på betydligt mindre kväveutlakning i norra Götaland än i södra Götaland (jfr t.ex. Gustafson, 1982; Torstensson et al., 1992; Lindén et al., 1993). Andersson (1986) beräknade en årlig medelutlakning av kväve på 30 kg/ha i Malmöhus län och 40 kg/ha i Hallands län, medan motsvarande förluster begränsades till 10 kg/ha i Östergötland och bara 5 kg/ha i Västerbottens län.

Den ringa kväveutlakningen i Lanna-försöket liksom generellt i norra Götaland innebär, att behovet av fånggrödor, och även den absoluta utlakningsminskande effekten av dessa, blir mindre än längre söderut i landet. På lerjordar utan stallgödselspridning såsom i Lanna-försöket kan insådd av rajgräs som fånggröda dock ses som en åtgärd för att förhindra alltför stor kväveutlakning i odlingssituationer, där kvävetillförseln blivit överoptimal. Så kan vara fallet efter överoptimala N-givor, vid nedsatt tillväxt till följd av torra (såsom i detta försök under torrsummare 1992), angrepp av skadegörare (jmf. Haak et al. 1993), misslyckad plantetablering m.m. I sådana fall kan rajgräset genom sin hösttillväxt ta tillvara kväve som inte utnyttjats av grödorna.

Inverkan på huvudgrödornas avkastning samt på gödselkvävet och -fosfors utnyttjande

Det kan inte uteslutas, att det funnits skillnader i markbördigheten försöksrutorna emellan, som påverkat såväl N-utlakningen som kväveomsättningen i marken och avkastningsnivån. Normal engångsgiva av kväve i kombination med konventionell jordbearbetning tycktes dock ge högst skörd och bäst kväveutbyte, det senare beräknat som andelen kväve bortförd med skördeprodukterna i relation till mängden kväve tillförd som handelsgödsel. Delade kvävegivor gav inga förbättringar i dessa hänseenden, medan kväveutlakningen blev något mindre. Även fånggrödorna reducerade för det mesta skördarna (jmf. Kvist, 1992; Wallgren & Lindén, 1993) och kväveutbytet, men endast rajgräset gav entydigt minskad N-utlakning. Minskningarna i N-utlakningen, som i absoluta tal var små, skedde därför på bekostnad av odlingens ekonomi. Direktsådd i kombination med normal N-giva gav ett par år grovt räknat samma avkastning som konventionell jordbearbetning i kombination med normal kvävegödsling, men under två av åren blev tillväxten starkt nedsatt med totalt sett sämre kväveutbyte som följd under hela perioden 1989-92.

Eftersom nedsatt avkastning innebär att mindre N-mängder förs bort med skördeprodukterna, måste mer kväve ha blivit kvar i marken eller förlorats i leden med reducerad skörd. Försämringen av gödselkvävet utnyttjandegrad avspeglade sig under försöksperioden dock knappast som ökade kväveförluster genom N-utlakning. Kvävet måste ha tagit andra vägar. I den mån det byggts in i organiskt material, kan det genom mineralisering så småningom bli växttillgängligt och/eller drabbas av utlakning eller andra förluster.

Med tanke både på de samlade kväveförlustriskerna vid normala kvävegödslingsnivåer och på odlingens ekonomi synes det därför vara viktigt att sköta jord och gröda på ett sådant sätt att avkastningen optimeras och gödselkvävet utnyttjandegrad därmed maximeras. Sättet för tillförsel av handelsgödselkväve, jordbearbetningsmetoderna och övriga odlingsåtgärder bör anpassas härefter.

Som framgått tyder resultaten på att goda skördar även medför bättre fosforutbyte än sämre skördar. Fosforgödslingen borde därför anpassas till förväntad skörd eller till P-bortförseln med skördeprodukterna (jmf. Lindén et al., 1993). P-gödsling renodlat baserad på förväntad avkastning eller på ersättningsprincipen motsägs här dock av att fosfortillståndet i marken försämrades med åren. Denna förändring var i stort sett lika stor i led F med lägst skörd som i övriga led. En kombination av avkastningsrelaterad gödsling och P-tillförsel baserad på återkommande markkarteringar torde därför ge bäst underlag för åtgärder i syfte att uppnå bästa möjliga fosforhushållning och gödslingsekonomi. Radgödsling kan också tänkas vara en effektivitetshöjande åtgärd, genom att gödselplaceringen ger lokalt höjda P-koncentrationer centralt i matjorden, vilket underlättar grödornas P-upptagning.

Generellt tycks gälla att odlingsåtgärder, som ökar avkastningen vid en och samma gödslingsnivå, också förbättrar gödselkvävet utnyttjandegrad. Under torrår kan bevattning förbättra både skörd och kväveutnyttjande (jmf. Kaila & Elonen, 1970; Campbell et al., 1977; Linnér, 1978). Tekniken vid insådd av fånggrödor är också viktig, när det gäller huvudgrödans gödselkväveutnyttjande. Fånggrödornas konkurrens måste minimeras, så att de inte medför mindre skörd av huvudgrödan (jmf. Breland, 1989; Kvist, 1992; Wallgren & Lindén, 1993) och därmed nedsatt kväveskörd. Vidare synes direktsådd med den i försöket använda tekniken ge alltför osäker avkastning. Fortsatt teknikutveckling inom detta område tycks därför vara nödvändig.

Kvävegödslingens och fånggrödornas inverkan på kväveförhållandena i marken under sensommaren och hösten

Vid den tidpunkt under sensommaren eller förhösten då huvudgrödornas kväveupptagning kan anses ha avslutats fanns som medeltal för 1988-91 och för alla led 5 kg mer mineralkväve per ha inom 0-90 cm markdjup i de "ordinarie" rutorna än i ON-parcellerna, som inte tillförts gödselkväve under året i fråga. Efter kvävegödsling uppkom således något större mineralkväverester än utan gödselkväve. Genom kvävemineralisering från avslutad N-upptagning till plöjningen på senhösten

tillkom i leden utan fånggröda 5-16 kg mineralkväve per ha. Från senhösten till tidig vår mineraliserades ytterligare ca 10-40 N kg/ha i dessa led.

Dessa kvävemängder är sammantagna ett uttryck för den samlade mängd kväve som kunde påverka kväveutlakningen under vinterhalvåret. Totalt sett förefaller dock de av N-gödslingen förorsakade mineralkväveresterna vid avslutad N-upptagning bara ha utgjort en liten del av denna totala utlakningspotential. Kvävemineraliseringen under de kalla årstiderna torde ha haft större betydelse i sammanhanget. De stora mineralkväveresterna efter torrsommaren 1992 visar dock som framgått på ökad kväveutlakningsrisk till följd av nedsatt tillväxt och därigenom försämrat utnyttjande av tillfört gödselkväve.

Det är mot sådana anhopningar av utlakningsbart kväve, dels direkt orsakade av gödslingen och dels uppkomna genom kvävemineralisering under vinterhalvåret, som utlakningsminskande åtgärder skall sättas in i de odlingssystem som här avses. Vissa av försöksbehandlingarna medförde något reducerade mineralkvävemängder i marken redan vid avslutad N-upptagning under sensommaren eller förhösten. Sålunda minskade rajgräset detta restkväve med 5 N kg/ha i jämförelse med ledet med kvävegödsling i form av en engångsgiva men utan fånggröda, där i medeltal 22 kg mineralkväve per ha återstod inom 0-90 cm markdjup vid kväveupptagningens avslutning 1988-91. Rödklöver i kombination med reducerad kvävegiva hade samma verkan. Rödklöver och normal kvävegiva gav dock upphov till större restkvävemängder än i det nämnda ledet utan fånggröda.

Fånggrödornas förmåga att ta upp kväve under hösten varierade i mycket hög grad, från i det närmast inget för klövern och några få N kg/ha för rajgräset hösten 1991 till ca 70 kg/ha i ett av rajgräsleden 1992. Resultaten visar emellertid, att rajgräset i detta klimatområde kan ha god kväveupptagande förmåga under hösten, bara plantetableringen blir god under sommaren. Det sämre kväveupptaget under höstarna 1989 och 1991 i jämförelse med resultat från vissa andra svenska undersökningar (Beck-Friis et al., 1993; Lindén et al., 1993; Wallgren & Lindén, 1993) synes förutom svag etablering bero på att kvävemineraliseringen under hösten var liten och därmed även tillgången på upptagbart kväve. Fastän tillväxten var svag under torrsommaren 1992, blev rajgrässets kväveupptagning betydande under hösten därefter, uppenbarligen beroende på god kvävetillgång i marken, som ej hindrade tillväxten.

Klövern innehöll generellt mindre kväve än rajgräset. Svag plantetablering under sommaren 1991 medförde nedsatt utveckling under hösten därefter. De få försöksåren ger emellertid otillräcklig uppfattning om rödklöverns förmåga att utvecklas och ta upp kväve under hösten. I undersökningar dels i Halland samt dels Syd- och Mellansverige redovisade av Beck-Friis et al. (1993) resp. Wallgren & Lindén (1993) varierade kväveinnehållet i rödklöverns ovanjordiska växtdelar på senhösten från några få kg kväve per ha till 90 kg/ha. Även om en del av det upptagna kvävet torde härröra från klöverns N₂-fixering, borde därför betydligt större tillväxt och N-upptag under hösten i princip ha varit möjliga i Lanna-försöket.

De stora variationerna i fånggrödornas tillväxt och kväveupptag under hösten kan på jordar med större benägenhet till kväveutlakning innebära, att fånggrödorna inte i alla situationer förmår begränsa kväveutlakningen i tillräcklig utsträckning. Trots variationerna minskade emellertid rajgräset mineralkväveförråden i marken under höstarna utom 1991, då beståndet var mycket tunt och tillväxten därför obetydlig. I övriga led ökade i allmänhet kvävemängderna under höstarna. Detta tyder på att rajgräset hade bäst utlakningsbegränsande förmåga under hösten, medan rödklöverns egenskaper i detta avseende måste betraktas som otillräckliga och effekterna osäkra, även vid hygglig hösttillväxt.

Kvävemineralisering under vintern

I och med plöjningen på senhösten upphörde i princip fånggrödornas möjligheter att ta tillvara kväve. Från senhösten och fram till tidig vår uppkom betydande tillskott av mineraliserat kväve, även i fånggrödeleden. Även i undersökningar redovisade av Beck-Friis et al. (1993) och Wallgren & Lindén (1993) visade det sig, att det efter nedplöjning av fånggrödor på senhösten anhopades mineraliserat kväve i marken, särskilt efter klöver men även efter rajgräs som fånggröda. Detta

måste ha ökat kväveutlakningsrisken. I dessa undersökningar hölls emellertid mineralkvävemängderna på en låg nivå fram till våren, där fånggrödorna fick stå kvar över vintern. Nedplöjning av fånggrödor på våren torde därför generellt medföra mindre risker för kväveförluster än höstplöjning.

Vårplöjning är emellertid inte möjlig på lerjordar. Alternativet är ytlig bearbetning för att döda fånggrödorna och för att bereda marken för sådd. Detta kan dock medföra minskad avkastning (Wallgren & Lindén, 1993). Eftersom kväveutlakningen på lerjordar som vid Lanna och i övrigt i Mellansverige normalt är begränsad, får det betraktas som en godtagbar kompromiss att plöja ned rajgräs så sent som möjligt på hösten. För rödklöver som fånggröda kan detta dock inte generellt anbefallas.

N-frigörelsen under vintern efter nedplöjning av fånggrödorna blev lika stor som eller större än medeltalet för de båda leden utan fånggröda och med konventionell jordbearbetning, dvs. med höstplöjning. Man kunde ha väntat sig, att kväveminaliseringen skulle bli större efter klöver och mindre efter rajgräset genom olika kvävehalter och kol-kvävekoter i växtmaterialet, men samma genomsnittsmineralisering erhöles. Detta torde förklaras av att totalkvävehalterna och kol-kvävekoterna i rajgräset var så höga respektive så låga under senhöstarna, att man måste räkna med nettomineralisering inom relativt kort tid. Så var åtminstone fallet i rajgräsets ovanjordiska delar höstarna 1991 och 1992. Frigörelsen av detta kväve tycks emellertid ha uppkommit så sent, att markens upptorkning efter vintern motverkade utlakningsförluster.

Däremot blev kväveminaliseringen under vintern mindre i ledet med direktsådd. Den uteblivna jordbearbetningen kan ha lett till att N-frigörelsen nedsattes i jämförelse med de höstplöjda leden. Mindre N-mineralisering i marken under vinterhalvåret anförs av Dowdell & Cannell (1975), Cannell & Graham (1979) och Dowdell et al. (1983) som orsak till mindre nitratkväve i marken under denna tid i icke bearbetad mark i jämförelse konventionell bearbetning. En annan möjlighet är ökad N-immobilisering (Fox & Bandel, 1986). Vidare kan den i Lanna-försöket beräknade N-frigörelsen bero på mindre nitrat i marken till följd av ökad denitrifikation orsakad av kompaktare matjord (jmf. Rice & Smith, 1982; Fox & Bandel, 1986).

Trots minskad kväveminalisering under vinterhalvåret i ledet med direktsådd blev N-utlakningen, som ju huvudsakligen ägde rum under de kalla årstiderna, större än i de konventionellt bearbetade leden. Denna motsägelse kan tänkas förklaras av större markfuktighet och därmed större vattenperkolation genom marken under vinterhalvåret i ledet med direktsådd genom växtresternas skydd mot vattenavdunstning (Fox & Bandel, 1986) och genom mindre vattenförbrukning under växtsäsongen vissa år till följd av sämre tillväxt. Avrinningen blev också något större från denna ruta (tabell 15). Vidare kan det genom frånvaron av bearbetning under hösten och därmed mindre markpackning ha uppkommit ett större antal sammanhängande sprickor och andra porer, som lett till hastigare nedtransport av vatten och därmed även nitrat genom markprofilen (jmf. Fox & Bandel, 1986).

Årlig kväveminalisering

Som nämnts uppgick den årliga kväveminaliseringen i de tre leden utan fånggröda, A och B med konventionell jordbearbetning och F med direktsådd, till 102, 92 resp. 74 N kg/ha som medeltal för 1988/89 - 1991/92. Direktsådd medförde således mindre N-frigörelse. Detta gäller inte bara under vintern utan även under växtsäsongen och hösten. I dessa tre led ägde 1/3 av årsmineraliseringen rum under tiden från avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten till tidig vår (i början av april), dvs. under den vegetationslösa årstiden, då det inte fanns någon levande vegetation som kunde ta tillvara det bildade, utlakningsbara kvävet.

I ett försök på sandig mojord vid Mellby i södra Halland fastställde Lindén et al. (1993) däremot större N-mineralisering under den vegetationslösa årstiden än under växtsäsongen vid odling av vårsäd med stubbearbetning och plöjning på hösten. Den större N-frigörelsen under den vegetationslösa årstiden på denna sydligare belägna plats kan bero på att det i ett mildare höst- och vinterklimat som i Hallands kusttrakter finns förutsättningar för större total kvävefrigörelse från höst till vår. Detta bör ha bidragit till den jämförelsevis stora N-utlakning som i försöket vid Mellby fastställdes där marken låg obevuxen samt bearbetad under hösten och vintern. I nordligare lägen

måste de markbiologiska processerna fortgå långsammare under vinterhalvåret med mindre kväve mineralisering och -utlakningsrisk som följd.

Mildare höst- och vinterklimat kan också innebära, att det årliga tillskottet av växtrester hinner brytas ned mer under hösten och vintern. Därefter återstår mindre mängder material, som kan omsättas under den efterföljande växtsäsongen och då leda till N-frigörelse. I nordligare lägen bör å andra sidan en större andel av omsättningen bli uppskjuten till växtsäsongen med större N-frigörelse under denna årstid som följd. Även om jordartsskillnaderna i hög grad är orsak till olikheterna i utlakning Lanna- och Mellby-försöken emellan, kan en sådan klimatbetingad förskjutning av omsättningen och kvävefrigörelsen till den efterföljande växtsäsongen tänkas ha bidragit till den mindre N-utlakningen på Lanna. Detta synes i sin tur ha medverkat till att de under året som helhet frigjorda N-mängderna bättre bidrog till grödornas N-försörjning på Lanna än vid Mellby.

Kväveefterverkan

Det kväve som marken bidrar med till grödornas kväveförsörjning härrör i princip dels från mineralkväve som finns kvar inom markens rotzon på våren efter vinterns förluster och dels från kväve som mineraliseras under växtsäsongen därefter fram till avslutad N-upptagning. I Lanna-försöket utgjordes även det övervintrande mineralkvävet till stor del av kväve som mineraliserats under vinterhalvåret, med avdrag för förekommande förluster.

I de båda leden med konventionell jordbearbetning och utan fånggröda bidrog detta övervintrande mineralkväve med i medeltal 34 N kg/ha till grödornas kväveförsörjning under den efterföljande växtsäsongen. Bidraget var genomsnittligt lika stort i klöverleden, något mindre efter rajgräs och minst i ledet med direktsådd. I jämförelse härmed var den årliga NO₃-N-utlakningen liten. Det kväve som fanns eller anhopades i marken under den vegetationslösa årstiden bidrog således i betydligt större utsträckning till de efterföljande grödornas N-försörjning än till kväveutlakningen.

Detta förklaras bl.a. av markprofilens egenskaper. Lerjordars goda vattenhållande förmåga möjliggör större vattenmagasinerings under vinterhalvåret än på lätta jordar. Mineralkväve som finns kvar i marken då grödornas kväveupptagning avslutats under sensommaren eller förhösten och kväve som under vinterhalvåret tillkommit genom mineralisering vaskas därigenom inte så djupt ned i marken under hösten och vintern. I Lanna-försöket fanns i överensstämmelse härmed mineralkvävet i hög grad kvar inom rotzonen på våren. Av opublicerade data framgår vidare, att grödornas rötter på denna ståndort vanligen når ned till ca en meters djup eller ännu längre genom god aggregatstruktur och riklig förekomst av sprickor i alven. Genom de djupa rötterna kunde det kväve som vaskats ned i dessa skikt uppenbarligen i hög grad tas tillvara av grödorna under den efterföljande växtsäsongen och härigenom undgå att utlakas (jmf. Brink & Lindén, 1980; Lindén, 1981).

Det övervintrande mineralkvävet och kväve mineraliseringen under växtsäsongen bidrog med sammanlagt 94 N kg/ha till grödornas N-upptag som genomsnitt för åren 1989-92 och alla led. Den beräknade N-frigörelsen under växtsäsongen uppgick i medeltal till 63 N kg/ha, vilket innebär att denna hade större betydelse för kväveförsörjningen än mineralkvävet i marken efter vinterns slut (jmf. Lindén et al., 1992).

Till följd av den mindre årliga N-mineraliseringen blev kväveefterverkan minst i ledet med direktsådd. Vidare medförde de mindre mineralkvävemängderna på våren och den mindre N-mineraliseringen under växtsäsongen efter rajgräs sämre kväveefterverkan än i ledet med en engångsgiva av kväve men utan fånggröda. Utöver rajgräsens konkurrens kan detta vara en förklaring till de lägre skördarna i rajgräsledet. Den mindre N-utlakningen i detta led tycks således ha varit förenad med något sämre kväveförsörjning och nedsatt skörd. Man kan dock förmoda, att det med tiden måste bli bättre kvävetillgång genom att det nedplöjda rajgräset med åren borde öka markens N-mineraliseringsförmåga (jmf. Beck-Friis et al., 1993).

Rödklöver i kombination med normal kvävegiva förbättrade kväveefterverkan med i medeltal 10 N kg/ha i jämförelse med ledet med en engångsgiva av kväve men utan fånggröda. N-utlakningen blev

dock också större. Som nämnts synes rödklöver därför inte utan vidare kunna rekommenderas som fånggröda. Man skulle emellertid kunna försöka kombinera klöverns gynnsamma kväveefterverkan med rajgräsets N-utlakningsbegränsande förmåga genom att så en blandning av en klöverart och rajgräs. En sådan blandning visade sig i undersökningar utförda av Wallgren & Lindén (1993) minska mineralkvävemängderna i marken under vinterhalvåret till i nivå med rajgräs som fånggröda i renbestånd, uppenbarligen med minskad N-utlakningsrisk som följd.

SAMMANFATTNING

I ett fältförsök på styv lera vid Lanna försöksstation i Västergötland genomfördes under åren 1988-92 undersökningar i sex olika odlingsssystem i syfte att belysa odlingsåtgärdernas inverkan på grödornas N- och P-utnyttjande och på utlakningen. Denna bestämdes med hjälp av rutvisa dräneringssystem. Grödorna utgjordes av vårsäd utom 1990, då vårraps odlades. I försöket ingick fem system (A-E) med konventionell jordbearbetning - stubbearbetning och plöjning på hösten - som jämfördes med ett system (F) med direktsådd och normal N-gödsling i form av en engångsgiva efter uppkomsten på våren. De konventionellt bearbetade systemen gödslades på samma sätt, men i led B var kvävegivan delad 1988-91 och i led D reducerad till 75 % av normalgivan under åren 1989-91. I led C ingick engelskt rajgräs samt i led D och E rödklöver som insådda fånggrödor. År 1992 ersattes rödklövern av rajgräs. Vidare ändrades då odlingsystemen, så att effekterna av stigande N-givor med och utan insådd av rajgräs kunde studeras. Fosforgödslingen var enhetlig i hela försöket.

Generellt understeg $\text{NO}_3\text{-N}$ -halterna i dräneringsvattnet 5 mg per liter. De låg således i allmänhet under den hygieniska gränsen för dricksvatten. Med rajgräs som fånggröda blev halterna som regel mindre än 2 mg/liter. I det normalgödslade ledet med rödklöver som fånggröda låg emellertid $\text{NO}_3\text{-N}$ -halterna nära eller över 5 mg/liter med ökad N-utlakning som följd. Rödklövern var således mindre effektiv som fånggröda än rajgräset. Kväveutlakningen i ledet med direktsådd intog en mellanställning mellan det nämnda klöverledet och övriga led. Generellt synes dock odlingssystemens utformning i försöket, med hela eller delade N-givor, konventionell bearbetning eller direktsådd samt med eller utan fånggröda (rajgräs) ha haft underordnad betydelse för kväveutlakningen. På lerjordar utan stallgödselspridning såsom i Lanna-försöket kan insådd av rajgräs som fånggröda emellertid ses som en åtgärd för att förhindra alltför stor utlakning, om kvävetillförseln till grödan skulle bli överoptimal.

Dessa jämförelsevis små utlakningsförluster, som åren 1988/89 - 1992/93 varierade mellan 2 och 13 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ per ha och år, torde delvis bero på att Lanna egendom drivits kreaturslöst sedan 1958 och fältet därför ej tillförts stallgödsel sedan flera årtionden. Utlakningen synes ha varit i nivå med de mängder som i liknande odlingsituationer fastställts i norra Götaland. Värdena understiger vidare de normala kväveförlusterna i Sydsverige.

Normal engångsgiva av kväve i kombination med konventionell jordbearbetning gav högst skörd och bäst kväveutbyte, det senare beräknat som andelen kväve bortförd med skördeprodukterna i relation till mängden kväve tillförd som handelsgödsel. Delade kvävegivor gav inga förbättringar i detta hänseende. Även fånggrödorna reducerade för det mesta skördarna och kväveutbytet. Minskningarna av N-utlakningen i rajgräsledet, som i absoluta tal var små, skedde därför på bekostnad av odlingsens ekonomi. Direktsådd medförde under två av åren starkt nedsatt tillväxt med totalt sett sämre kväveutbyte som följd under hela perioden 1989-92. Vidare tyder resultaten på att odlingsåtgärder, som ökar avkastningen vid en och samma gödslingsnivå, också förbättrar gödselkvävet utnyttjandegrad. Detta gäller även för fosfor.

Vid den tidpunkt under sensommaren eller förhösten då huvudgrödornas kväveupptagning kan anses ha avslutats fanns som medeltal för 1988-91 och för alla led 5 kg mer mineralkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$ och $\text{NO}_3\text{-N}$) per ha inom 0-90 cm markdjup i de "ordinarie" rutorna än i ettåriga småparceller ("ÖN-parceller") inom dessa, vilka inte tillförts gödselkväve under året i fråga. Efter kvävegödsling uppkom således något större mineralkväverester än utan gödselkväve. På grund av stark torka under sommaren 1992 blev grödans tillväxt nedsatt med sämre kväveutnyttjande och betydligt större mineralkväverester i marken på sensommaren än annars som följd. Genom kvävemineralisering

från avslutad N-upptagning till plöjningen på senhösten tillkom i leden utan fånggröda 5-16 kg mineralkväve per ha. Från senhösten till tidig vår mineraliserades ytterligare ca 10-40 N kg/ha i dessa led. Dessa kvävmängder är sammantagna ett uttryck den samlade mängd kväve som kunde påverka N-utlakningen under vinterhalvåret.

Fånggrödornas förmåga att ta upp kväve som fanns eller bildades i marken under hösten varierade i mycket hög grad, från i det närmast inget för klövern och några få N kg/ha för rajgräset hösten 1991 till ca 70 kg/ha i ett av rajgräsleden 1992. Resultaten visar emellertid, att rajgräset i detta klimatområde kan ha god kväveupptagande förmåga under hösten, bara plantetableringen blir god under sommaren. De få försöksåren ger emellertid otillräcklig uppfattning om rödklöverns förmåga att utvecklas och ta upp kväve under hösten.

Rajgräset minskade mineralkväveförråden inom 0-90 cm markdjup under höstarna utom 1991, då beståndet var mycket tunt och tillväxten därför obetydlig. I detta led uppgick mängderna vid plöjningen på senhösten till 17 N kg/ha som medeltal för åren 1988-91. I övriga led ökade i allmänhet kvävmängderna under denna tid. I kombination med normal kvävegödsling till huvudgrödan visade rödklövern svag förmåga att ta tillvara kvävet i marken på hösten. Resultaten tyder på att rajgräset hade bäst utlakningsbegränsande förmåga under hösten, medan rödklöverns egenskaper i detta avseende måste betraktas som otillräckliga och effekterna osäkra, även vid hygglig höstillväxt.

I och med plöjningen på senhösten upphörde i princip fånggrödornas möjligheter att ta tillvara kväve. Från senhösten och fram till tidig vår uppkom betydande tillskott av mineraliserat kväve, även i fånggrödeleden. N-frigörelsen under vintern efter nedplöjning av fånggrödorna blev lika stor som eller större än i motsvarande led utan fånggröda och med konventionell jordbearbetning. Frigörelsen av detta kväve tycks emellertid ha uppkommit så sent, att markens upptorkning efter vintern motverkade utlakningsförluster. Däremot blev kvävemineraliseringen under vintern mindre i ledet med direktsådd. Den uteblivna jordbearbetningen kan ha lett till att N-frigörelsen nedsattes i jämförelse med de höstplöjda leden. Trots minskad kvävemineralisering under vinterhalvåret i ledet med direktsådd blev N-utlakningen, som huvudsakligen ägde rum under de kalla årstiderna, större än i motsvarande konventionellt bearbetade led. Denna motsägelse kan bl.a. tänkas bero på att det genom frånvaron av bearbetning under hösten och därmed mindre markpackning uppkommit ett större antal sammanhängande porer, som lett till hastigare nedtransport av vatten och därmed även nitrat i marken.

Den årliga kvävemineraliseringen i de tre leden utan fånggröda, A och B med konventionell jordbearbetning och F med direktsådd, uppgick till 102, 92 resp. 74 N kg/ha som medeltal för 1988/89 - 1991/92. Direktsådd medförde således mindre N-frigörelse. I dessa tre led ägde 1/3 av årsmineraliseringen rum under tiden från avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten till tidig vår, dvs. under den vegetationslösa årstiden, då det inte fanns någon levande vegetation som kunde ta tillvara det bildade, utlakningsbara kvävet.

I ett försök på sandig mojord vid Mellby i södra Halland fastställde Lindén et al. (1993) däremot större N-mineralisering under den vegetationslösa årstiden än under växtsäsongen vid odling av vårsäd med stubbearbetning och plöjning på hösten. Den större N-frigörelsen under den vegetationslösa årstiden på denna sydligare belägna plats kan bero på det mildare höst- och vinterklimatet. I nordligare lägen, såsom på Lanna, måste de markbiologiska processerna fortgå långsammare under vinterhalvåret med mindre kvävemineralisering och -utlakningsrisk under denna årstid som följd. Genom att en större andel av den årliga N-mineraliseringen i Lanna-försöket istället ägde rum under växtsäsongen torde det frigjorda markkvävet bättre ha bidragit till grödornas kväveförsörjning.

Genom mindre mineralkvävmängder i marken på våren och mindre N-mineraliseringen under växtsäsongen blev det i ledet med rajgräs som fånggröda sämre kväveefterverkan än i motsvarande led utan fånggröda. Utöver rajgräsets konkurrens kan detta vara en förklaring till de lägre skördarna i rajgräsledet. Den minskade N-utlakningen i detta led tycks således ha varit förenad med något sämre kväveförsörjning och nedsatt skörd. Man kan dock förmoda, att det med tiden skulle ha blivit bättre kvävetillgång genom att det nedplöjda rajgräset med åren borde öka markens N-mineraliseringsförmåga. Rödklöver i kombination med normal kvävegiva förbättrade däremot kväve-

efterverkan med i medeltal 10 N kg/ha i jämförelse med motsvarande led utan fånggröda. Sämst blev kväveefterverkan i ledet med direktsådd till följd av nedsatt kväveminerisering.

TILLKÄNNAGIVANDEN

Undersökningen har utgjort ett samarbetsprojekt mellan avdelningarna för vattenvårds- och växtnäringslära vid Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala. Försöket finansierades med medel från Jordbruksverket, Sveriges lantbruksuniversitet och Västsvenska lantmän. Den senare finansören har bidragit med utrustningsmedel för automatisk provtagning av vatten och registrering av klimat.

Distriktsförsöksledare Per-Johan Persson och lantmästare Rolf Tunared med medarbetare på Lanna distriktsförsöksstation har haft ansvar för försöksutförandet och all provtagning.

Börje Lindén vid avdelningen för växtnäringslära vid SLU har ansvarat för all insamling och resultattolkning av jord-, gröd- och skördeprover samt kvävemineriseringsberäkningarna. Han har även upprättat alla fältkort och detaljanvisningar för mätningar och provtagningar på försöksrutorna. Vägningar och analyser av sådana prover har utförts av laboratoriepersonalen vid avdelningen för växtnäringslära.

Avdelningen för vattenvårdslära har haft ansvaret för utlakningsmätningarna. Gunnar Torstensson deltog i utvecklandet av mät- och registreringsutrustning. Det övergripande ansvaret för provinsamling, analyser, flödesmätningar och utlakningsberäkningar har Arne Gustafson med hjälp av Helena Aronsson haft. Vattenanalyser har utförts av personalen vid vattenvårdsläras laboratorium med Stefan Ekberg och Annelie Mejbort som kärntrupp.

Utvärdering av försöksresultaten har gjorts gemensamt av författarna.

REFERENSER

- Andersson, R. 1986. Förluster av kväve och fosfor från åkermark i Sverige. Omfattning, orsaker och förslag till åtgärder. Doktorsavhandling. Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Beck-Friis, B., Lindén, B. & Marstorp, H. 1993. Nitrogen in crops and soil in cultivation systems with autumn or spring ploughing and with and without catch crops. Proceedings of NJF-seminar no. 228. "Soil Tillage and Environment" in Jokioinen, Finland, 8-10 June 1993. NJF-utredning/rapport nr. 88, 133-144.
- Bergström, L. & Brink, N. 1986. Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of inorganic N in the soil. *Plant and Soil* 93, 333-345.
- Breland, T. A. 1989. Soil organic carbon and nitrogen dynamics in grain cropping: Effects of undersown catch crops and green manuring. Doctor scientiarum this 1989:3, Mikrobiologisk institutt, Norges Landbrukshøgskole, Ås.
- Brink, N. & Lindén, B. 1980. Vart tar handelsgödselkvävet vägen? *Ekohydrologi* nr 7. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 3-20.
- Campbell, C. A., Davidson, H. R. & Warder, F. G. 1977. Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the aboveground parts of spring wheat. *Canadian Journal of Soil Science* 50, 311-327.
- Cannell, R. Q. & Graham, J. P. 1979. Effects of direct drilling and shallow tillage cultivation on the nutrient content of shoots of winter wheat and spring barley on clay soils during an unusually dry season. *J. Sci. Food Agric.* 30, 267-274.

- Dowdell, R. J. & Cannell, R. Q. 1975. Effect of ploughing and direct drilling on soil nitrate content. *J. of Soil Sci.* 26, 53-61.
- Dowdell, R. J., Crees, R. & Cannell, R. Q. 1983. A field study of effects of contrasting methods of cultivation on soil nitrate content during autumn, winter and spring. *J. Soil Sci.* 34, 367-379.
- Fleischer, S., Andreasson, I.-M., Holmgren, G., Joelsson, A., Kindt, T., Rydberg, L. & Ståbe, L. 1989. Markanvändning - Vattenkvalitet. En studie i Laholmsbuktens tillrinningsområde. Länsstyrelsen i Hallands län. Medd. 1989:10.
- Fox, R. H. & Bandel, V. A. 1986. Nitrogen utilization with no-tillage. I: No-tillage and surface tillage agriculture. The tillage revolution (ed. M. A. Sprague & G. B. Triplett), John Wiley & Sons, 117-148.
- Gustafson, A. 1982. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige. *Ekohydrologi* nr 11. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 19-27.
- Gustafson, A. 1983. Leaching of nitrate from arable land into groundwater in Sweden. *Environmental Geology* 5, nr 2, 65-71.
- Gustafson, A. & Gustavsson, A. S. 1982. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. *Ekohydrologi* nr 10. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 3-26.
- Haak, E., Lindén, B. & Persson, P. J. 1993. Kväveflöde i olika odlingssystem. I. Försök på Lanna, R-län. Avelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala (under publicering).
- Hansson, A.-C., Petterson, R. and Paustian, K. 1987. Shoot and root production and nitrogen uptake in barley, with and without nitrogen fertilization. *Z. Acker Pflanzenb.* 158, 163-171.
- Hoffmann, M. 1992. Avrinning och växtnäringsförluster från JRK:s stationsnät agrohydrologiska året 90/91 samt långtidsöversikt för 1977/90. *Ekohydrologi* nr 29. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 11-36.
- Jansson, S.L. 1966. Vart tar gödselkvävet vägen? *Växtnäringsnytt* 22, 3:1-9.
- Jenkinson, D. S. 1981. The fate of plant and animal residues in soil I: The chemistry of soil processes (ed. D. J. Greenland & M. H. B. Hayes. John Wiley & Sons.
- Kaila, A. & Elonen, P. 1970. Influence of irrigation and placement of nitrogen fertilizers on the uptake of nitrogen by spring wheat. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 42, 123-130.
- Kvist, M. 1992. Catch crops undersown in spring barley - competitive effects and cropping methods. *Crop Production Science* 15. Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lewan, L. 1990. Insådd fånggröda: Effekter på utlakning av näringsämnen. *Ekohydrologi* nr 27. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 5-14.
- Lewan, L. & Johnsson, H. 1990. Insådd fånggröda: Effekter på utlakning av kväve. Försök med italienskt rajgräs på sandjord i södra Sverige. *Ekohydrologi* nr 27. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 15-31.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. Rapport nr 112, Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med "Ultuna-borren" - för markkartering och framtida N-prognoser. Rapport nr 120, Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. 1981. Sambandet mellan odlingsåtgärderna och markens mineralkväveförråd. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens rapporter*, nr 5, 67-123.

- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. & Ekre, E. 1993. Mineralkvävedynamik och växtnäringutlakning på en grovmjord i södra Halland med handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan insädd fånggröda. *Ekohydrologi* nr 30. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Soegaard, K & Kjellerup, V. 1992. Nitrogen mineralization during the growing season. 2. Influence of soil organic matter content, and effect on optimum nitrogen fertilization of spring barley. *Swedish J. agric. Res.* 22, 49-60.
- Linnér, H. 1978. Vatten- och kvävehushållningen vid bevattning av en sandjord. Rapport nr 113, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Mattsson, L. 1984. Kvävegödslingens inverkan på proteinhalten. Senare års gödslingsförsök. Rapport nr 11. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, 82-85.
- Persson, P. J. 1993. Kväveläckage från olika växtföljder på Lanna. *Svensk Frötidning* 62, nr 10, 10-11 och 14.
- Rice, C. W. & Smith, M. S. 1982. Denitrification in no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46, 1168-1173.
- Schloemer, S. 1989. Stickstoffverluste durch Denitrifikation in einem gemüsebaulich genutzten Boden. Hohe Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. Inaugural-Dissertation, Bonn.
- Sylvester - Bradley, R. & Makepeace, R.J. 1984. A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects of applied biology* 6. Agronomy, physiology, plant breeding and crop production of oilseed rape, 398-419.
- Sötvatten 90, 1990. En strategi för god vattenkvalitet. SNV, Solna.
- Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B. och Skyggeson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringutlakning på en grovmjord med handels- och stallgödslade odlingssystem i södra Halland. *Ekohydrologi* nr 28. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Tottman, D.R. 1987. The decimal code for the growth of cereals, with illustrations. *Ann. appl. Biol.* 110, 441-454.
- Ulén, B. 1984. Påverkan på yt-, dränerings- och grundvatten vid Ekenäs. *Ekohydrologi* nr 18. Avdelningen för vattenvård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Ulén, B. 1992. Närsaltsförluster från mindre avrinningsområden inom jordbrukets recipientkontroll i Sverige. *Ekohydrologi* nr 29. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 5-10.
- Voelcker, J. A. & Hall, A. D. 1903. Valuation of unexhausted manures obtained by the consumption of foods by stock. *J. R. Agric. Soc. Engl.* 63, 76-114.
- Wallgren, B. & Lindén, B. 1993. Fånggrödors och plöjningstidpunkters inverkan på kvävemineralisering och kväveupptagning. *Växtodling* 45, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.



Denna serie efterträder den åren 1970-1977 utgivna serien Vattenvård. Här publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för vattenvårdslära 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 på omslagets baksida).

This series is successor to Vattenvård Published in 1970-1977. Here you will find research reports from the Division of Water Quality Management at the 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 Quality Management (adress, see the back page)

- | Nr | År | Författare och titel. Author and title. |
|----|------|---|
| 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. Växtnäringsförluster 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 vattenförsörjning. |
| 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. Utlakning av växtnäring från åkermark.
Nils Brink. Vart tar gödseln vägen. |
| 8 | 1981 | Nils Brink. Försuming av grundvatten på åker. <i>Acidification of groundwater on arable land.</i>
Rikard Jemlås och Per Klingspor. TCA-utlakning från åker. <i>Leaching of TCA from arable land.</i>
Arne Joelsson. Ytavspolning av fosfor från åkermark. <i>Storm washing of phosphorus from arable land.</i>
Arne Gustafson, Sven-Olof Ryding och Barbro Ulén. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. <i>Control of losses of nutrients from arable land and forest.</i> |
| 9 | 1981 | Barbro Ulén och Nils Brink. Miljöeffekter av ureaspridning och glykolanvändning på en flygplats. <i>Environmental effects of spreading of urea and use of glycol at an airport.</i>
Gunnar Fryk. Utlakning från upplag av malda sopor. <i>Leachate from piles of shredded refuse.</i> |
| 10 | | Arne Gustafson och Arne S. Gustavsson. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. <i>Losses of nutrients in Västergötland and Östergötland.</i>
Barbro Ulén. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. <i>Losses of nutrients from arable land and forests in Södermanland.</i>
Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. <i>Nitrate, nitrite and pH in drinking water in Västergötland, Östergötland and Södermanland.</i>
Lennart Mattsson och Nils Brink. Gödslingsprognoser för kväve. <i>Fertilizer forecasts.</i> |
| 11 | 1982 | Barbro Ulén. Vadsbrosjöns närsaltbelastning och trofinivå. <i>The nutrient load and trophic level of lake Vadsbrosjön.</i>
Arne Andersson och Arne Gustafson. Metallhalter i dräneringsvatten från odlad mark. <i>Metal contents in drainage water from cultivated soils.</i> |

- | Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|------------|------|---|
| 11, forts. | | Ame Gustafson. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige.
Barbro Ulén. Erosion av fosfor från åker. <i>Erosion of phosphorus from arable land.</i>
Rikard Jemlås. Kväveutlakningens förändring vid reducerad gödsling. |
| 12 | 1982 | Nils Brink och Rikard Jemlås. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. <i>Leaching after spreading of liquid manure in autumn and spring.</i>
Gunnar Fryk och Thord Ohlsson. Infiltration av lakvatten från malda sopor. <i>Leachate migration through soils.</i>
Nils Brink. Measurement of mass transport from arable land in Sweden.
Ame Gustafson. Leaching of nitrate from arable land in Sweden. |
| 13 | 1983 | Nils Brink, Ame S. Gustavsson och Barbro Ulén. Yttransport av växtnäring från stallgödslad åker. <i>Surface transport of plant nutrients from field spread with manure.</i>
Rikard Jemlås. TCA-utlakning på lerjord. <i>Leaching of TCA on a clay soil.</i>
Ame Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. <i>Losses of nutrients at Öjebyn.</i>
Ame Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. <i>Losses of nutrients at Röbbäcksdalen.</i>
Rikard Jemlås och Per Klingspor. Nitratutlakning och bevattning. <i>Drainage losses of nitrate and irrigation.</i> |
| 14 | 1983 | Ame Gustafson, Lars Bergström, Tomas Rydberg och Gunnar Torstensson. Kväve mineralisering vid plöjningsfri odling. <i>Nitrogen mineralization in connection with non-ploughing practices.</i>
Rikard Jemlås. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat i lerjord. <i>Decomposition and mobility of fenvalerate in a clay soil.</i>
Nils Brink. Jordprov på hösten eller våren för N-prognoser. <i>Soil sampling for nitrogen forecasts.</i>
Nils Brink. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. <i>Nutrients and organic matters from farmland and forest.</i>
Nils Brink. Gödselanvändningens miljöproblem. |
| 15 | 1984 | Nils Brink, Ame S. Gustavsson och Barbro Ulén. Växtnäringsförluster runt Ringsjön. <i>Nutrient losses in the Ringsjö area.</i>
Ame Gustafson och Gunnar Torstensson. Fånggröda efter kom. <i>Catch crop after barley.</i>
Ame Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster från åker i Nybroåns avrinningsområde. <i>Losses of nutrients from arable land in the Nybroån river basin.</i>
Ame Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Vagle. <i>Losses of nutrients at Vagle.</i>
Ame Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Offer. <i>Losses of nutrients at Offer.</i> |
| 16 | | Ame Gustafson, Ame S. Gustavsson och Gunnar Torstensson. Intensitet och varaktighet hos avrinning från åkermark. <i>Intensity and duration of drainage discharge from arable land.</i> |
| 17 | 1984 | Jenny Kreuger och Nils Brink. Fånggröda och delad giva vid potatisodling. <i>Catch crop and divided N-fertilizing when growing potatoes.</i>
Nils Brink och Ame Gustavsson. Förluster av växtnäring från sandjord. <i>Losses of nutrients from sandy soils.</i>
Ame Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Boda. <i>Losses of nutrients at Boda.</i>
Nils Brink. Vattenföroreningar från tippen i Erstorp - ett rättsfall. |
| 18 | 1984 | Barbro Ulén. Påverkan på yt- och dränerings- och grundvatten vid Ekenäs. <i>Influence on surface water, drainage water and groundwater at Ekenäs.</i>
Barbro Ulén. Nitrogen and Phosphorus to surface water from crop residues. |
| 19 | 1985 | Ame Gustavsson och Nils Brink. Förluster av kväve och fosfor runt Ringsjön. <i>Losses of nitrogen and phosphorus in the Ringsjö area.</i>
Nils Brink och Kjell Ivarsson. Förluster av växtnäring från lerjordar i Skåne. <i>Losses of nutrients from clay soils in Skåne.</i>
Ame Gustavsson, Berit Tomassen och Börje Wiksten. Växtnäringsförluster från åker på Uppsalaslätten. <i>Nutrient losses from arable land in the region of Uppsala.</i>
Christina Lindgren, Margaretha Wahlberg och Ame Gustavsson. Dricksvattenkvalitet i Uppsala regionen. <i>Drinking water quality in the region of Uppsala.</i>
Jenny Kreuger. Rörlighet hos MCPA och diklorprop. <i>Mobility of MCPA and dichlorprop.</i>
Barbro Ulén. Ytavrinningsförluster av cyanazin. <i>Losses with surface run-off of cyanazine.</i> |
| 20 | 1985 | Jenny Kreuger. Rörlighet hos MCPA och diklorprop på sandjord. <i>Mobility of MCPA and dichlorprop in a sandy soil.</i>
Kjell Ivarsson och Nils Brink. Utlakning från en grovmojord i Halland. <i>Losses of nutrients from a sandy soil in Halland.</i>
Barbro Ulén. Åkermarkens erosion. <i>Erosion of phosphorus from arable Land.</i>
Ame S. Gustavsson. Förluster av kväve och fosfor runt Ringsjön.
Ame Gustafson. Växtnäringsläckage och motåtgärder
Nils Brink. Bekämpningsmedel i åar och grundvatten. |

- | Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|--|
| 21 | 1986 | Birgit Loeper. Toxicitetstest för pesticider med protozoer. <i>Toxicity test for pesticides using protozoa.</i>
Nils Brink, Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Odlingsåtgärders inverkan på kvalitet hos yt- och grundvatten.
Barbro Ulén. Lakning av fosfor ur jordar. <i>Leaching of phosphorus from soils.</i>
Nils Brink och Gunnar Torstensson. Vådan av proteingödsling. Värdera miljön. <i>Risk of fertilizing for increased protein. Evaluate the environment.</i>
Jenny Kreuger. Bekämpningsmedel. Utlakning från åkermark. |
| 22 | 1987 | Arne Gustafson. Water Discharge and Leaching of Nitrate. |
| 23 | 1987 | Lars Bergström. Transport and Transformations of Nitrogen in an Arable Soil |
| 24 | 1987 | Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Fånggröda efter skörd. <i>Catch crop after harvest.</i>
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Läckage av växtnäring från åker i Nybroåns vattensystem. <i>Leaching of nutrients from arable land in the Nybroån river basin</i>
Solweig Ellström och Nils Brink. Stallgödsblad och konstgödsblad åker läcker växtnäring. <i>Fields spread with manure and fertilizer leach plant nutrients.</i>
Nils Brink. Kväveläckage vid försök med nitrifikationshämmare.
Nils Brink. Kväve och fosfor från stallgödsblad åker.
Nils Brink. Kväve och fosfor från konstgödsblad åker. |
| 25 | 1987 | Nils Brink och Klaas van der Meulen. Losses of Phosphorus and Nitrogen to Lake Ringsjön.
Nils Brink. <i>Regional vattenundersökning söder och öster om Ringsjön. Water nutrient status to the south and east of Lake Ringsjön.</i>
Petra Fagerholm. Vattenkvalitet och jordbruksdrift inom Ringsjöområdet. <i>Water Quality and agriculture in the area of Lake Ringsjön.</i>
Nils Brink. Nitrifikationshämmare eller svält mot kväveläckage. <i>Nitrification inhibitors or starvation against nitrogen losses.</i>
Nils Brink, Jenny Kreuger och Gunnar Torstensson. Näringsflöden från åkermark. <i>Nutrient fluxes from arable land.</i> |
| 26 | 1988 | Arne Andersson och Arne Gustafson. Deposition av spårelement med nederbörden. <i>Bulk deposition of trace elements in precipitation.</i>
Arne Andersson, Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Utlakning av spårelement från odlad jord. <i>Removal of trace elements from arable land by leaching.</i>
Barbro Ulén. Fosforerosion vid vallodling och skyddszon med gräs. <i>Phosphorus erosion under ley cropping and a grass protective zone.</i> |
| 27 | 1990 | Lisbet Lewan. Insådd fånggröda: Effekter på utlakning av växtnäringssämnen. <i>Undersown Catch Crop - Effects on leaching of plant nutrients.</i>
Lisbet Lewan och Holger Johnsson. Insådd fånggröda: Effekter på utlakning av kväve. <i>Undersown catch crops - effects on leaching of nitrogen.</i>
Solweig Wall Ellström. Avrinning och växtnäring förluster från JRK:s stationsnät på åkermark. <i>Discharge and nutrient losses from arable land.</i> |
| 28 | 1992 | Gunnar Torstensson, Arne Gustafson, Börje Lindén, och Gustav Skyggesson. Mineralkvävedynamik och växt näringsutlakning på en grovmjord med handels- och stallgödsblade odlingssystem i södra Halland. <i>Mineral nitrogen dynamics and nutrient leaching in a sandy soil in southern Halland with cropping systems fertilized with commercial fertilizers and manure.</i> |
| 29 | 1992 | Barbro Ulén. Närsaltsförluster från mindre avrinningsområden inom jordbrukets recipientkontroll i Sverige. <i>Nutrient losses from small catchment areas in the recipient control of agriculture in Sweden.</i>
Markus Hoffman. Avrinning och växtnäring förluster från JRK:s stationsnät agrohydrologiska året 90/91 samt långtidsöversikt för 1977/90. <i>Discharge and nutrient losses from arable land in 1990/91 and review of the years 1977/90</i>
Markus Hoffman. Odlingsåtgärder och vattenkvalitet - en studie på sju fält i Malmöhus län. <i>Cultivation practices and water quality - a study on seven fields in Malmöhus county.</i> |
| 30 | 1993 | Börje Lindén, Arne Gustafson, Gunnar Torstensson och Erik Ekre. Mineralkvävedynamik och växtnäring utlakning på en grovmjord i södra Halland med handels- och stallgödsblade odlingssystem. <i>Mineral nitrogen dynamics and nutrient leaching in a sandy soil in southern Halland with cropping systems fertilized with commercial fertilizers and manure, and with or without ryegrass catchcrop.</i> |
| 31 | 1993 | Gunnar Torstensson, Arne Gustafson och Börje Lindén. Kväveutlakning på sandjord - motåtgärder med ny odlingsteknik. <i>Leaching of nitrogen from sandy soil - counter measures with new technique.</i> |
| 32 | 1993 | Markus Hoffman och Solweig Wall Ellström. Avrinning och växtnäring förluster från JRK:s stationsnät för agrohydrologiska året 1991/92 samt långtidsöversikt. <i>Discharge and nutrient losses from arable land in 1991/92 and a long term review.</i> |

