



**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Barbro Ulén

**PÅVERKAN PÅ YT-, DRÄNERINGS- OCH GRUNDEVATTEN
VID EKENÄS**

Barbro Ulén

**NITROGEN AND PHOSPHORUS TO SURFACE WATER
FROM CROP RESIDUES**

Ekohydrologi 18

Uppsala 1984

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

ISBN 91-576-2189-6

ISSN 0347-9307

FÖRORD

Den första rapporten i detta nummer av Ekohydrologi är en sammanfattning av alla de undersökningar som gjorts på och kring Ekenäs i Södermanland sedan starten 1972.

Den andra rapporten är en laboratorieundersökning om utfrysning av fosfor från växter, ett problem som dök upp i ett erosionsförsök på Ekenäs.

Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne, Statens naturvårdsverk och SLU har svarat för kostnaderna.

1984-12-19

Nils Brink

INNEHÅLL

Ulén, Barbro. 1984. Påverkan på yt-, dränerings- och grundvatten vid Ekenäs. Ekohydrologi nr 18, 3-38.	3
Inledning	3
Områdesbeskrivning	3
Allmänt	3
Rutförsök på Flinkesta	5
Rutförsök på Ekenäs	5
Flinkesta åkerskifte	5
Ekenäs gödselstad	9
Däntersta skogsskifte	9
Örbäcken	9
Hedenlundaån	10
Vadsbrosjön	10
Ålspånga	10
Representativitet	10
Hydrologi	11
Agrohydrologiskt år	11
Nederbörd	11
Avrinning	11
Grundvattentryck	13
Kväve och fosfor	14
Kvävehalter	14
Fosforhalter	18
Kväve- och fosfortransp	22
Större konstituent	23
Koncentrationer	23
Transport	27
pH	29
Bekämpningsmedel	30
Fenvalerat	30
Cyanazin	30
Sammanfattning	31
Rapporter från Ekenäs	31
Övriga referenser	32
Appendix	33
Metodbeskrivning	33
Analysmetoder	35
Referenser	38
Ulén, Barbro. 1984. Nitrogen and Phosphorus to Surface Water from Crop Residues. Ekohydrologi nr 18, 39-44.	39

PÅVERKAN PÅ YT-, DRÄNERINGS- OCH GRUNDEVATTEN VID EKENÄS

Influence on surface water, drainage water and groundwater at Ekenäs

Barbro Ulén

Abstract. Investigations were made for ten years on surface water, drainage water, stream water, and groundwater at Ekenäs in central Sweden and the effects of different farming activities on the waters. Losses of nutrients from land mainly depend on the runoff, which varies greatly from year to year. The runoff variation of the surface water from year to year was pronounced. The groundwater pressure was most affected by the dry period of 1975/76.

The nitrate losses from arable land varied between 5 and 37 kg/(ha.a). The losses were effectively reduced by a ley crop.

Losses of total phosphorus from arable land varied between 0.04 and 2.63 kg/(ha.a). A ley vegetation did not reduce phosphorus losses via surface water runoff. If manure is spread on frozen ground great losses of nutrients may follow. The streams and the lakes Vadsbrosjön and Långhalsen are phosphorus-rich. During the growing period nearly all nitrate was lost. Nitrate concentrations in groundwater are low in the county of Södermanland. The variations on arable land were moderate but after a longer dry period the groundwater at a dung yard was heavily polluted.

The losses of the positively charged ions were rather constant. More sulphate and less hydrogen carbonate were lost after dry periods than before.

The mobilities of the herbicides fenvalerat and cyanacine were studied. After six months one to twelve percent of the herbicides were still in the ground. Rather high concentrations of cyanacine were measured in surface water one to two months after it was spread.

INLEDNING

Föreliggande rapport är en sammanfattning av undersökningar som under 10 års tid bedrivits i området vid Ekenäs av avdelningen för vattenvård, Sveriges lantbruksuniversitet.

Undersökningarna har möjliggjorts genom Stiftelsen Oscar och Lili Lamms Minne och Statens naturvårdsverk.

I serien Ekohydrologi har tidigare publicerats en rad rapporter från undersökningarna. Läsaren hänvisas dit för en mera utförlig redovisning av metodik och resultat. Se lista på sida 31.

Resultat från undersökningar om erosion av fosfor och om förluster av bekämpningsmedlet cyanazin kommer att publiceras mer utförligt senare.

OMRÅDESBESKRIVNING

Allmänt

Följande beskrivning är i huvudsak hämtad från Fogelfors (1976).

Ekenäs är beläget i Flens kommun, Södermanlands län. Området ligger på den s.k. sörmländska centralplatån som utbreder sig mellan Katrineholm och Nyköping.

De undersökta vattendragen är belägna i systemet Hedenlundaån-nordvästra Långhalsen, som i sin tur ingår i Nyköpingsåns vattensystem. I

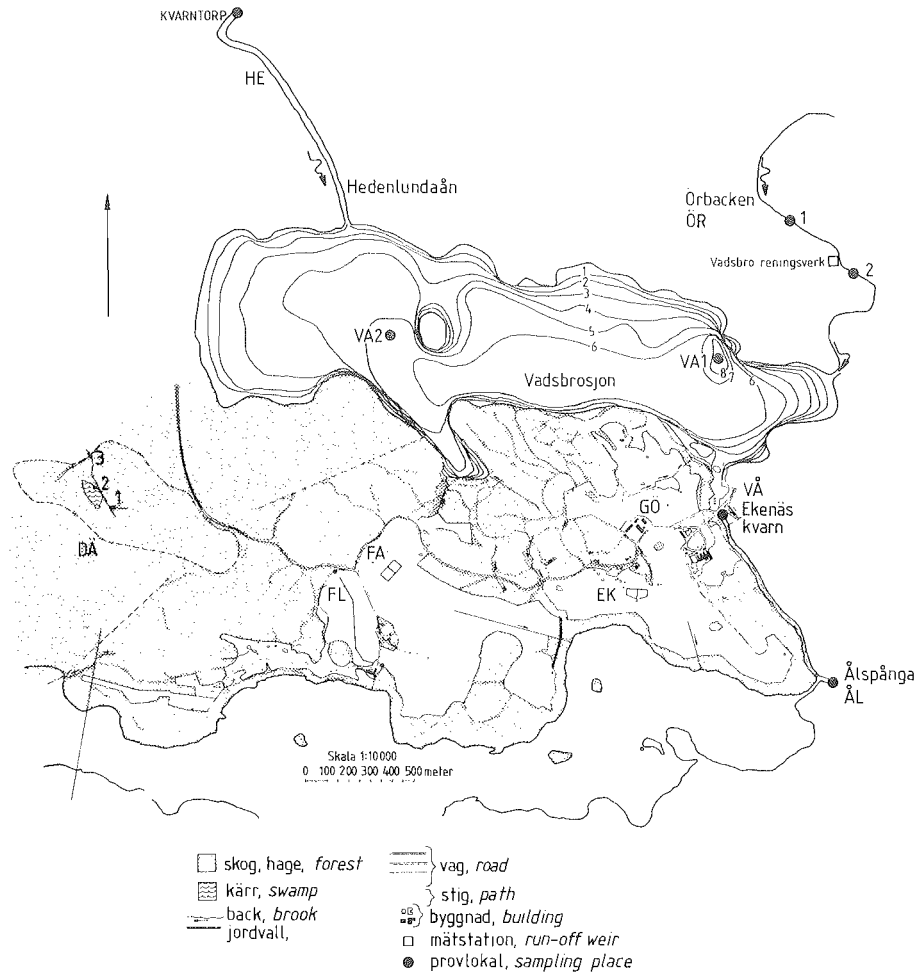


Fig. 1. Undersökningsområde. *Investigation area.*

vattensystemet ingår många sammanhängande sjösystem i förkastningslinjer.

Området närmast Ekenäs är småkuperat med skogsklädda åsar och bördig åkermark - vanligen lera - i dalgångarna och på slätterna.

Hela området finns angivet på fig. 1, till vilken bokstäverna inom parentes hänvisar.

Rutförsök på Flinkesta (FA)

Försöket är beläget i en sydostsluttning med 5-6 % lutning. Jordarten är postglacial lera. Rutorna som är 0,22 ha stora begränsas uppåt av ett avskärande dike. Ytvatten från de två rutorna (FA1 och FA2) uppsamlas i diken som är beklädda med gummiduk (fig. 2). Dikena mynnar i en mätbrunn, där mätning sker med vippkärl. Vippningarna registreras med elektrisk utrustning.

Rutförsök på Ekenäs (EK)

Försöket är beläget i en sydsluttning på det s.k. Jerusalemsskiftet med 10 % lutning. Också här består jorden av lera. Försöket omfattar två rutor om vardera 0,18 ha. Ytvattnet uppsamlas även här på gummiduk och mäts med vippkärl (fig. 3). Vippningarna registreras dels med mekaniska räkneverk, dels på remsa med tidsangivelse.

Flinkesta åkerskifte (FL)

Flinkesta försöksfält (fig. 4) är 6,6 ha och kantas i norr och väster av

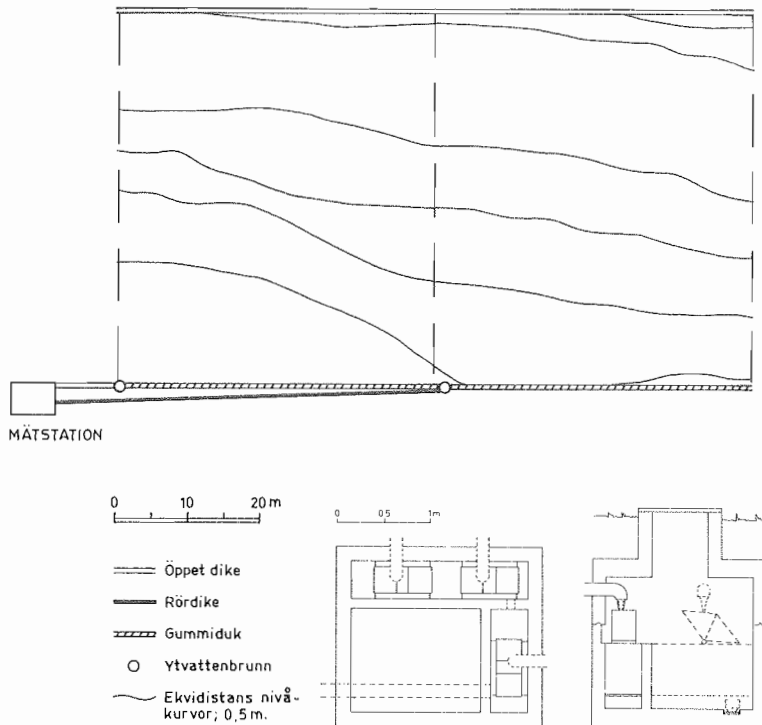


Fig. 2. Försöksrutor för ytavrinning vid Flinkesta (FA) med nivåkurvor och mätstation med vippkärl. *Experimental plots for surface runoff at Flinkesta (FA) with contour lines, measuring station with tilting vessels.*

skog. Det lutar kraftigt mot söder. Fältet avvattnas med en stamledning, ytvattenbrunnar och ett par grenledningar. Vattnet leds ner i en bunker för avrinningsmätning och provtagning. Avrinningen registreras över ett V-format överfall med hjälp av en stansande pegel. Vattnet är ett dräneringsvatten med inblandning av ytvatten under de tider på året då ytvatten förekommer. Tillskott av grundvatten kan också förekomma.

Geologisk beskrivning. Försöksfältet utgörs av en mot söder sluttande flack dal omgiven i norr, väster och delvis även i öster av högre liggande moränterräng. På fältet är moränen till största delen överlagrad av sedimentär lera, som åtminstone i de undre delarna är varvig. Leran är 3,5-4,5 m mäktig i fältets centrala och södra delar och tunnare ut mot fältets västra och norra kanter. Där går fläckvis i dagen hårt svallad morän, som delvis övergår i svallgrus.

Jordartssammansättning. Jorden på Flinkesta är en lerjord (fig. 5) med inslag av mjåla och mo. I ytan består den till en tredjedel och på 20-25 cm till över 60 procent av lera. Omkring 30 procent av jorden utgörs av mjåla. Den organiska substansen, mätt som glödningsförlust, är 5 procent i ytjorden och omkring 4 procent ner till 25 cm djup.

Grundvattenförhållanden. Moränområdena norr och väster om fältet utgör infiltrationsområden för grundvattnet, som strömmar under försöksfältet mot sjön Långhalsen. Strömningen sker huvudsakligen i de varviga sedimentens understa del och i moränlagret under sedimenten.

De leriga sedimenten har förhållandevis låg permeabilitet och några större vattenmängder torde inte transporteras genom dessa. Utförda tritiumanalyser visar dock att vattnet ej är stagnant utan långsamt omsätts.

Grundvattnet i sedimentens bottenlager och moränen därunder härstammar

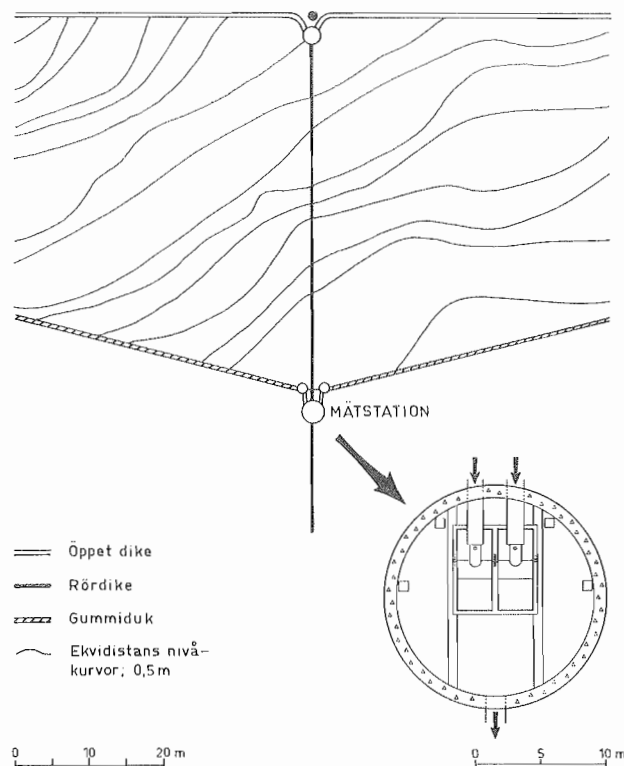


Fig. 3. Försöksrutor för ytavrinning vid Ekenäs (EK) med nivåkurvor och mätstation med vippkärl. *Experimental plots for surface runoff at Flinkesta (FA) with measuring station with tilting vessels.*

Tabell 1. Gröda, gödsel och skörd på Flinkesta (FL). *Crop, fertilizers, manure and yield at Flinkesta.*

År	Gröda	Crop	Handelsgödsel (kg/ha)			Fastgödsel (t/ha)	Skörd (t/ha)
			N	P	K		
1973	Höstvete	Winter wheat	62	0 ^b	0 ^b	20 ^a	4,3
1974	Vårraps	Summer rape	104	24 ^b	30 ^b	0	2,4
1975	Höstvete	Winter wheat	78	28 ^c	0	0	3,8
1976	Korn	Barley	78	18	0	0	3,1
1977	Havre+insädd	Oats+re-seed	65	15	0	0	3,1
1978	Vall I	Ley I	64+42	28	52	0	normal
1979	Vall II	Ley II	104+42	24	0	0	normal
1980	Vall III	Ley III	91+28	21	0	0	normal
1981	Korn	Barley	78	18	0	0	3,8
1982	Havre+ärter	Oats+peas	56	0 ^e	0 ^e	35 ^d	3,7
1983	Höstvete	Winter wheat	98	16 ^e	16 ^e	0	5,4

^aTill tröda juli-72. ^bBehovsgödsel på 1/3 av arealen. ^cGödsel hösten-74. ^d25 ton gödsel hösten-81. ^eGödsel hösten-82.

till största delen från den moränterräng som omger fältet medan vattnet i de leriga sedimenten på fältet sannolikt huvudsakligen kommer ner från på fältet infiltrerande nederbördsvattnet.

Odlingsåtgärder. Växtodlingen på Flinkesta har varit allsidig med strå-

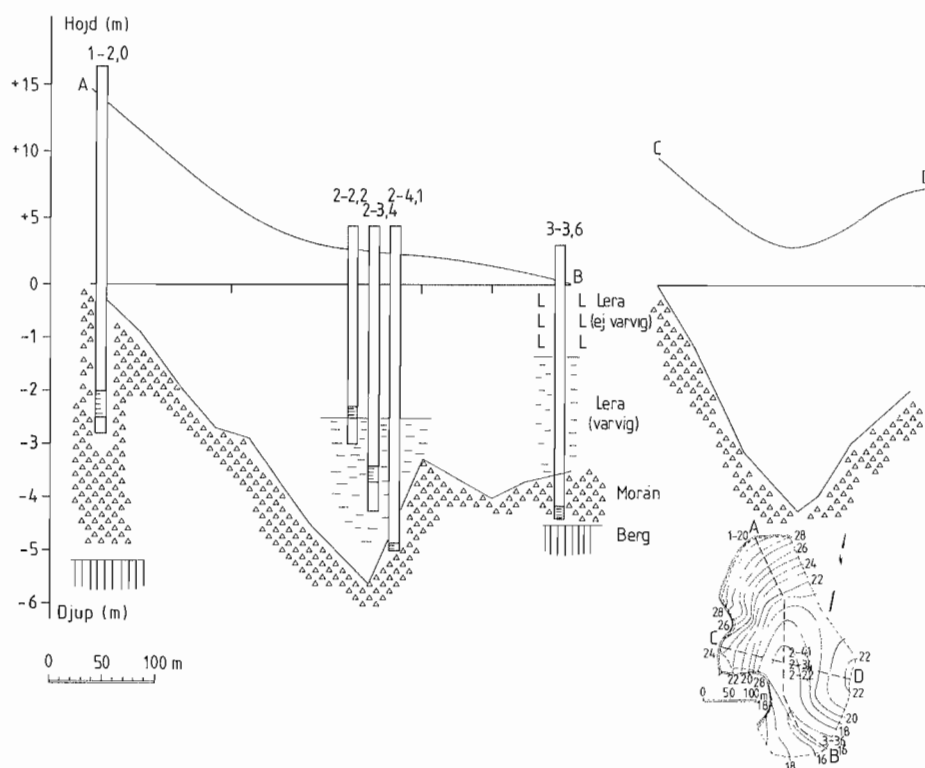


Fig. 4. Försöksfält på Flinkesta (FL) med grundvattenrör. *Experimental field at Flinkesta (FL) with groundwater tubes.*

säd, oljeväxter och vall. Gröda, gödsling och skörd olika år framgår av tabell 1. Valet av gröda är representativt för en kreatursgård. Gödselgivorna där anses måttliga.

Näringsstatus i jorden. Nitrat- och ammoniumhalt på Flinkesta och närliggande skiften framgår av fig. 6. Mineralkvävet i jorden är genomgående ganska lågt. Fosfortillståndet (fig. 7) visar ett för Sverige ganska medelgott förhållande.

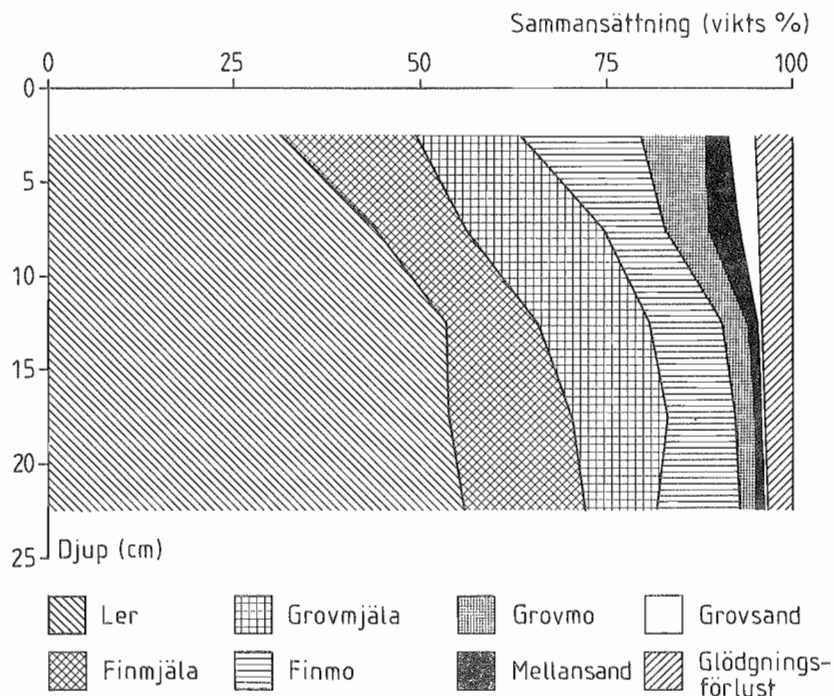


Fig. 5. Jordartssammansättning på Flinkesta (FL). Fraktioner: ler (L), finmjäla (FM), grovmjäla (GM), finmo (FMO), grovmo (GMO), mellansand (MS), grovsand (GS) och glödgningsförlust. *Soil profile at Flinkesta (FL). Soil fractions: clay, fine silt, coarse silt, very fine sand, fine sand, sand, coarse sand, and losses on ignition.*

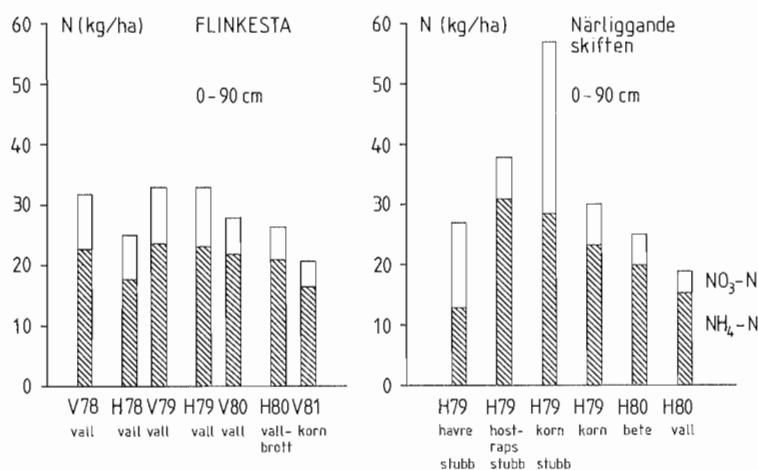


Fig. 6. Mineralkväve i jorden på Flinkesta (FL) och närliggande skiften. Vår (V) och höst (H). *Mineral nitrogen in the soil at Flinkesta (FL) and nearby fields. Spring (V) and autumn (H).*

Ekenäs gödselstad (GÖ)

Gödselstaden ligger nedanför en skogsbeklädd höjd. Gödselstaden består av en betongplatta för fastgödsel och en urinbrunn. Urinbrunnen har ett bräddavlopp och gödselplattan är dränerad till samma ledning, som passerar tätt förbi dricksvattenbrunnen omkring 100 m nedanför ladugården (fig. 8). Grundvattnet rör sig enligt figuren. Strömningsbilden har konstruerats med hjälp av tryckmätningar. Markprofilen vid tre av grundvattenrören framgår av fig. 9.

Däntersta skogsskifte (DÄ)

Försöksområdet består av ett skogsparti strax norr om Flinkesta. Berggrunden utgörs i huvudsak av gnejser och de lösa jordlagren av morän och lera. Huvuddelen av skogen består av blandad barrskog men i nedre delen av avrinningsområdet finns ett litet alkärr. Prov tas före (DÄ 1), i (DÄ 2) och efter (DÄ 3) kärret.

Ingen gödsling har förekommit.

Vattnet från bäcken leds ner i en bunker med pegel, liknande den på Flinkesta. Vattnet i bäcken är liksom alla bäck- och åvatten ett blandvatten av yt- och grundvatten.

Örbäcken (ÖR)

Örbäcken flyter till östra delen av Vadsbro sjön. Berggrunden i avrinningsområdet består av gnejser. I skogsområden är den täckt av morän, i dalgången, där jordbruksmarken dominerar, består det ytligaste jordlagret av lera.

Örbäcken speglar förhållandena i ett område med mest skog (56 %) men med åker närmast bäcken. Inom avrinningsområdet finns anläggningar för storproduktion av slaktsvin.

Örbäcken tillförs även utsläpp från Vadsbro reningsverk. Verket är dimensionerat för 250 personekvivalenter och utnyttjas för ca 100. Prov tas före (ÖR 1) och efter (ÖR 2) reningsverket.

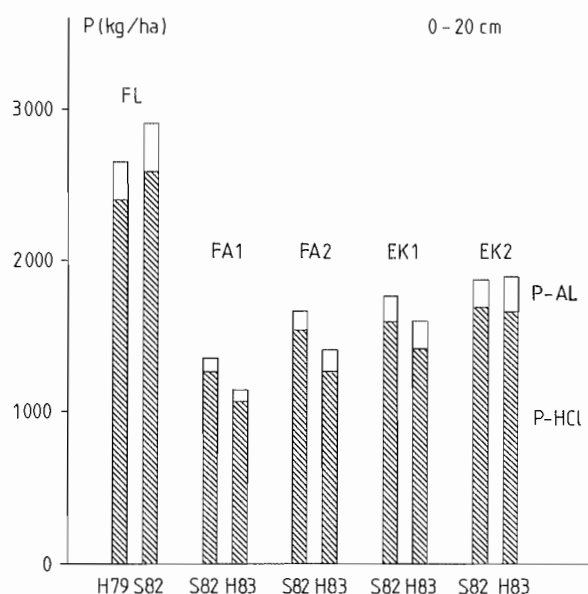


Fig. 7. Forsforinnehåll i jorden på Flinkesta (FL) och försöksrutor höst (H) och sommar (S). *Phosphorus in the soil at Flinkesta (FL) and experimental plots. Autumn (H) and summer (S).*

Hedenlundaån (HE)

Hedenlundaåns avrinningsområde är 400 km² stort och består till 18 procent av åker. I avrinningsområdet finns flera sammanhängande sjösystem.

Av avrinningsområdets yta består 8,4 procent av sjöar. Berggrunden utgörs i huvudsak av röda och grå gnejser som alternerar. Granitgnejs och granit förekommer i vissa områden. Den övervägande jordarten är morän, som i dalgångarna överlagras av lera. Norra delen utgörs mest av skogsmark medan andelen jordbruksmark tilltar söderut.

Ingen skogsgödsling har skett inom området under den aktuella tiden.

Vadsbrojsjön (VA)

Vadsbrojsjön är 1,98 km², har ett medeldjup av 4,2 m och ett maximidjup på 8,5 m. Det största inloppet är Hedenlundaån som svarar för nästan hela inflödet. Avvattningen av sjön sker genom ett stort utlopp (Vadsbroån), som regleras med dammluckor. Sjön har blygsamma vegetationsbälten. Bottnarna består av gyttja som till övervägande del torde utgöras av material som producerats inom sjön.

Ålspånga (ÅL)

Vid Ålspånga, en smal förträngning av sjön Långhalsen, belastas sjön dels av Vadsbroån, dels av västra delen av Långhalsen. Det förra avrinningsområdet är 429 km² stort och det senare 163 km² stort. Andelen åker är 18 procent i Vadsbroåns avrinningsområde men 32 procent i det senare området.

Analysdata från Ålspånga har erhållits från Nyköpingsåns vattenvårdsförbund.

Representativitet

För representativitetsstudier togs prov från 40 åkerskiftet och 40 skogsskiftet (fig. 1) i Södermanland. De flesta av åkerskiftet hade lerjord som är den vanligaste jordarten på åkermark i Södermanland. De flesta av skogsskiftet låg på morän som också är typiskt för Söderman-

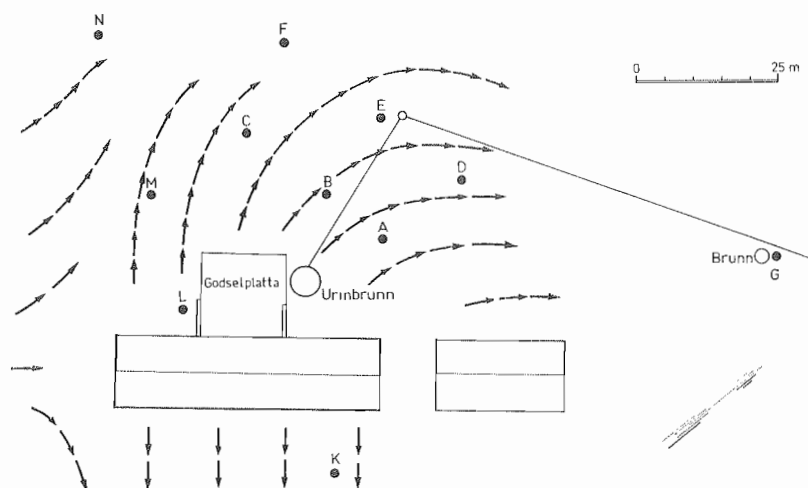


Fig. 8. Ladugård med gödselstad (GÖ) samt provpunkter och grundvattnets strömriktning. *The cowshed with its dung yard. Sampling places and the flow direction of the groundwater are marked.*

land. Samtidigt undersöktes även grundvatten i dricksvattenbrunnar på ett tjugotal platser.

HYDROLOGI

Agrohydrologiskt år

I hydrologiska sammanhang används stundom begreppet hydrologiskt år. Årsskiftet förläggs härvid exempelvis till 1 juni i södra Sverige och till 1 november i norra beroende på rådande hydrologisk regim. Kriteriet är att magasinavvikelsen ΔM i den hydrografiska grundekvationen skall vara så liten som möjligt.

För vår del tillkommer ännu en viktig faktor, nämligen växtnäringstransporten. Denna sker huvudsakligen höst och vår och beror av gödsel och gröda föregående sommar. Beroendet sträcker sig åtminstone till dess avrinningen upphör på våren eller försommaren. Så är vanligen fallet 1 juli.

På grund härav har införts benämningen *agrohydrologiskt år*. Det omfattar i vårt fall tiden 1 juli - 30 juni och betecknas t.ex. 73/74.

Nederbörd

Årsnederbörden var under tioårsperioden 73/74-82/83 i genomsnitt 546 mm per år. Detta ligger ganska nära den årsnederbörd på 563 mm som Eriksson (1980) anger som medelvärde för Katrineholmstrakten under 1930-1960. Perioden har emellertid innefattat både torrår (75/76) och våtår (80/81). Variationen under året har också varit stor (fig. 10). Ibland har nederbörden varit störst under sommaren (79/80), ibland under hösten (74/75) och ibland under vintern (76/77).

Vinternederbörden som fallit från 15 december till 15 april har under de senaste sju åren varit följande (värden i mm):

77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84
174	145	82	153	122	171	160

De mängder som funnits lagrade i snötäcket har vissa år varit betydligt

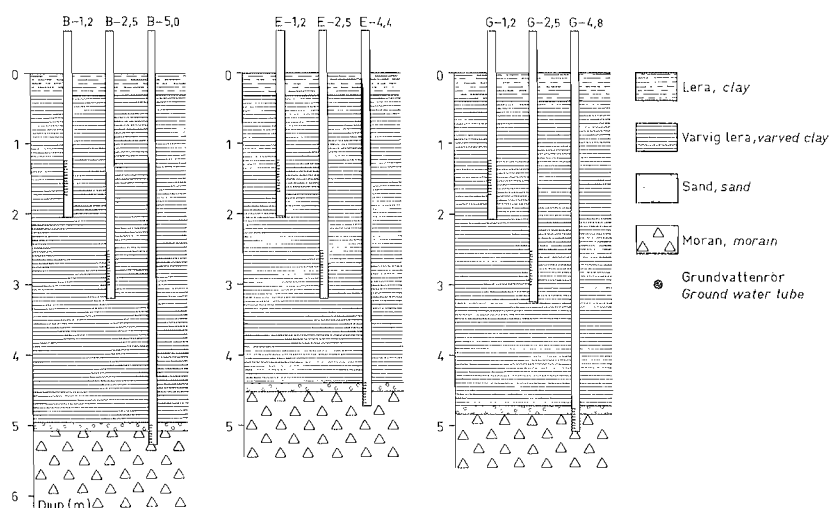


Fig. 9. Markprofiler på provpunkterna B, E och G vid Ekenäs gödselstad (GÖ). Soil profiles of the sampling places B, E, and G at Ekenäs dung yard (GÖ).

mindre. Speciellt vid svag tjäle har smältvatten infiltrerat i marken vid skilda tötillfällen under vintern.

Avrinning

Ytvatten. Ytvattenavrinning från FA anges för en sjuårsperiod i fig. 11. Endast under ett år, 1977/78, har snötillgången varit riklig och tjälen samtidigt såpass djup att en stor mängd runnit av på ytan. Under hela sjuårsperioden motsvarar ytavrinningen på rutorna FA en fjärdedel av den totala årsavrinningen som skett vid det intilliggande försöksfältet. Ytavrinningen kan emellertid variera mycket inom närbelägna områden, vilket en jämförelse mellan försöksrutorna FA och EK visar (värden i mm).

		81/82	82/83	83/84	Lutning (%)
FAY	Harvad	10	8	87	5-6
EKY 1	Vall	45	10	29	10
EKY 2	Plöjd	47	11	48	10

Under 1981/82 skedde avrinningen samtidigt från alla rutor. Ytavrinningen var betydligt större från EK än från FA.

Påföljande år var ytavrinningen obetydlig från samtliga mätplatser.

Under våren 1984 var vädret till skillnad från föregående år soligt i slutet av mars. Försöksrutorna EK, som lutar mycket kraftigt, blev då förmodligen mer utsatta för sol och avdunstning än de flackare försöksrutorna FA. Avrinningen skedde två veckor tidigare från EK än från FA och var mindre. Detta år förelåg även skillnad mellan de båda försöksrutorna vid EK. Snön försvann snabbare från vallrutan medan den låg kvar längre i plogfårorna på den plöjda rutan. Från den senare var ytavrinningen större än från den vallbevuxna rutan. Den torra hösten har förmodligen medfört en större avdunstning från vällen än från den plöjda marken. Vällen har därvid blivit torrare och tjälen mer genomsläpplig än tjälen på den plöjda rutan. Av resultaten framgår alltså att inte endast fältets lutning utan också meteorologiska förhållanden under snösmält-

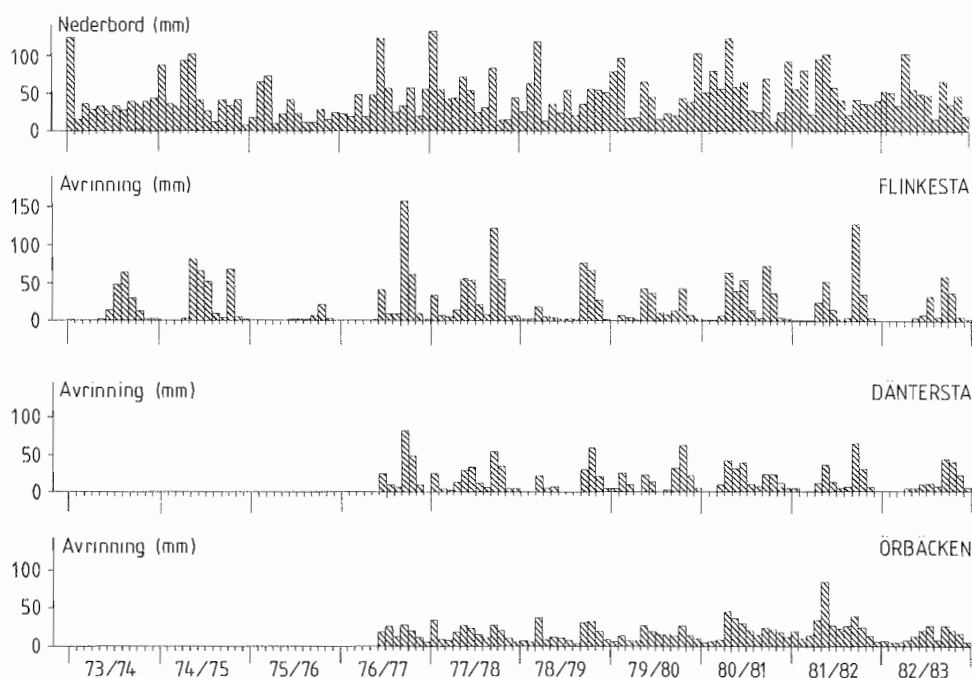


Fig. 10. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and runoff.*

ningen, markberedningen och växttäcknet kan ha en avgörande betydelse för ytavrinnings storlek.

Blandvatten. Avrinningen från försöksfältet Flinkesta (FL) har varierat mycket kraftigt under försöksperioden (fig. 10). Perioden har omfattat såväl torrår (75/76) som våtar (80/81) och år med kraftig avrinning under våren (81/82) och under hösten (74/75).

Samma avrinningsbild som vid Flinkesta återfinns vid Däntersta och Örbäcken. Skogen har emellertid haft en dämpande effekt och mellanårsvariationerna liksom variationerna under året har varit mindre. Under de sex år då samtidiga mätningar gjordes och nederbörden i genomsnitt var 592 mm var medelavrinningen (mm/år) följande:

Flinkesta	Däntersta	Örbäcken	Hedenlundaån
240	149	201	192

Avrinningen från Flinkesta (FL) var relativt hög. Som jämförelse kan nämnas den från åker i mellersta Sverige vilken i genomsnitt varit 165 mm (Brink 1983). Avrinningen från Däntersta var emellertid låg. Den motsvarar 25 procent av nederbörden medan motsvarande tal från fyra andra undersökta skogsområden i Sverige (Rosén 1982) legat mellan 39 och 59 procent. Avrinningen från Örbäcken och Hedenlundaån är typisk för Mellansverige. Den ligger också nära det medelvärde som under en 30-årsperiod uppmätts i Nyköpingsån (SMHI 1979).

Grundvattentryck

Grundvatten med högt tryck är mindre känsligt för föroreningar än ett med lågt. Mätningar av trycket på närliggande lokaler visar hur grundvattnet rör sig. Genom att jämföra trycket på olika nivåer ser man om upptryck råder (utströmningsområde) eller om grundvattnet rör sig nedåt (inströmningsområde).

Grundvattnet vid Flinkesta (fig. 12) rör sig från skogen ner mot mätstationen. Trycket var lågt under inverkan av torråret 1975/76 men ökade därefter till en relativt konstant nivå. I moränen närmast skogen har även kortare torrperioder sommaren 1978 och hösten 1982 medfört en tydlig trycksänkning. Annars har grundvattentrycket där varit mycket högt. Även i leran vid 2,2 m djup har grundvattentrycket varit högt men upptryck från större djup har sällan rått.

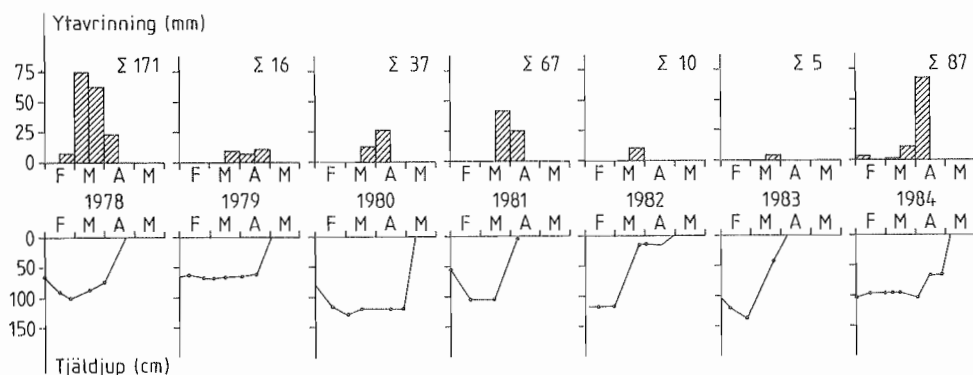


Fig. 11. Ytavrinning och tjäldjup vid försöksrutor FA. *Surface runoff and frost depth at the experimental plots (FA).*

KVÄVE OCH FOSFOR

Kvävehalter

Allmänt. Kvävet som är en nödvändig livsfaktor ingår i många för levande organismer giftiga föreningar. Bland föreningar som kan skada djur och människor märks nitriter.

Nitrit kan ge upphov till sjukdomen methemoglobinemi, kan med aminer bilda cancerframkallande nitrosaminer och kan vara mutationsframkallande. Det används som livsmedelstillsats. Det är en mellanprodukt vid oxidation av organisk substans, uppkommer genom reduktion av nitrat och kan bildas i mun och magsäck ur nitrathaltigt vatten.

Nitrat utlakas lätt till ytvatten och grundvatten och kan därigenom förorena grundvattnet och påskynda igenväxning av sjöar och vattendrag.

Till utgångspunkt vid en kvalitetsbedömning av vatten kan användas socialstyrelsens normer för dricksvatten. Som hygieniskt anmärkningsvärt anges ett sådant vatten om följande värden överskrider uttryckta i N mg/l: NH_4 ; 0,44, NO_2 ; 0,007, NO_3 ; 6,8.

Kväve i ytvatten. Nitrathalterna i ytvatten på Flinkesta (FAY) har varit låga såväl på den icke stallgödslade (FAY 1) som på den stallgödslade (FAY 2) försöksrutan. Medelhalterna 1978/82 var följande (mg/l):

FAY 1	FAY 2	FLB
2,6	3,4	3,1

Ytvattnet hade ungefär samma nitrathalter som blandvattnet på Flinkesta (FLB).

På den plöjda försöksrutan EK 2 har nitrathalterna tidvis varit mycket höga medan nitrathalterna från den vallbevuxna rutan samtidigt varit låga. Medelhalterna 1982/84 var följande (mg/l):

EKY 1	EKY 2
0,9	15,6

Att vallen binder nitratkväve framgår också från mätningarna på Flinkesta (fig. 13). Under tiden 1978-1980 var åkern vallbevuxen och nitrathalterna var genomgående låga. Detta gäller såväl våren med mycket ytvatten som resten av året med mindre ytvatten.

Om stallgödsel läggs på tjälad mark försvinner kvävet huvudsakligen som organiskt kväve och ammoniumkväve i ytvattnet (fig. 14). Vissa år var ammoniumhalten extremt hög i början av smältperioden.

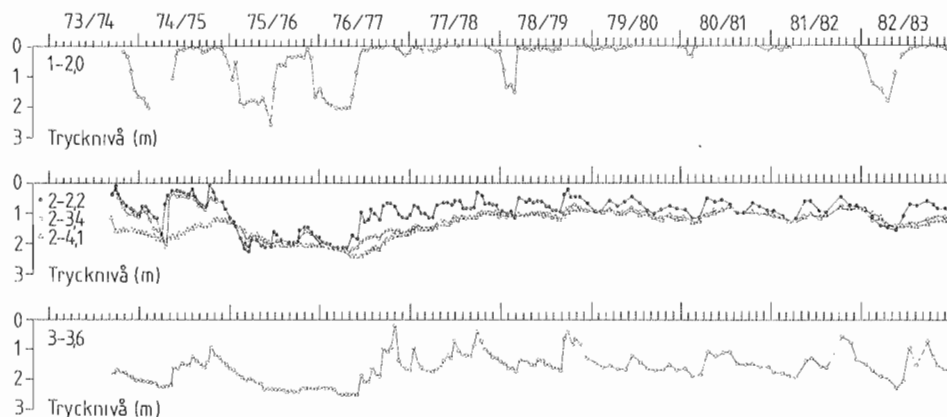


Fig. 12. Grundvattentryck på Flinkesta (FLG). *Groundwater pressure at Flinkesta (FLG).*

Kväve i blandvatten. Nitrathalterna från Flinkesta (FL) uppvisar stora fluktuationer (fig. 13). Höga värden uppträdde vintern 1973/74 då fältet var plöjt. Ännu högre värden uppträdde under och efter torrperioden 1975/76 då oxiderande förhållanden i marken medförde en anrikning av nitrat. Efter vallperioden var nitrathalten ganska hög i korngröda i samband med höstregnen 1981. Höga värden uppträdde också på plöjd mark vintern 1982/83 efter en torr höst då marken ånyo kunnat ansamla nitrat. Representativitetsstudierna 1979/80 och 1980/81 gav följande resultat (medianvärden $\text{NO}_3\text{-N}$ i mg/l):

	79/80	80/81	72/83	77/83
Flinkesta (FL)	1,1	0,8	2,8	-
Region, åker	4,1	2,6	-	-
Däntersta (DÄ 1)	0,12	0,12	-	0,12
Region, skog	0,13	0,06	-	-

Inget samband kunde utläsas mellan gödsling och nitrathalt i regionen. De lägre värdena på Flinkesta (FL) 1979/81 beror förmodligen på att skiftet var vallbevuxet och skiftena i regionen hade olika grödor. Sett till hela tioårsperioden var nitrathalten på Flinkesta nästan lika hög

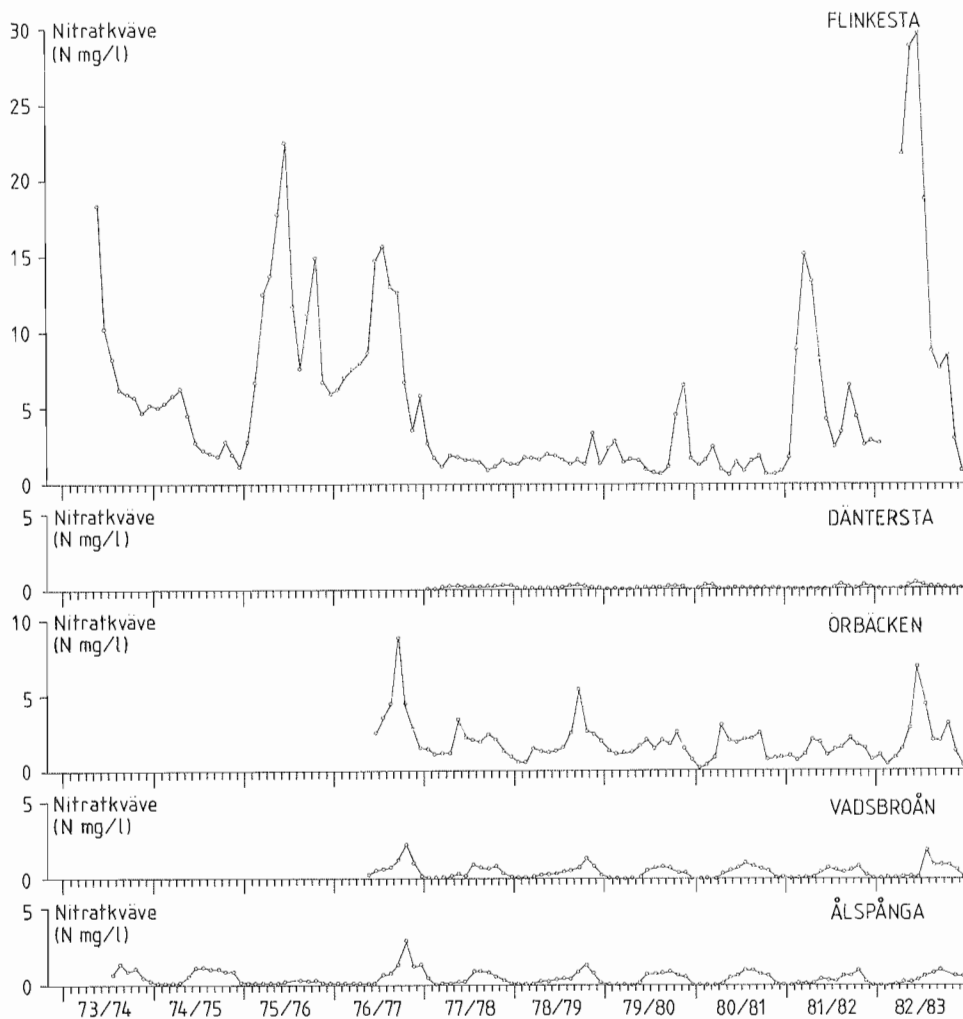


Fig. 13. Nitrathalter. Flinkesta (FL), Däntersta (DÄ 1), Örbäcken (ÖR 1), Vadsbroån (VÅ) och Ålspånga (ÅL). Nitrate concentrations. Flinkesta (FL), Däntersta (DÄ 1), Örbäcken (ÖR 1), Vadsbroån (VÅ), and Ålspånga (ÅL).

som i hela regionen.

Nitrathalten från Däntersta skog är mycket lägre än halterna från åker och ungefär lika som från hela regionen. I vatten från både Flinkesta (FLB) och Däntersta (DÄ 1) var halten organiskt kväve omkring 1 mg/l. Ammoniumkvävehalterna var omkring 1 mg från Flinkesta och 0,5 mg från

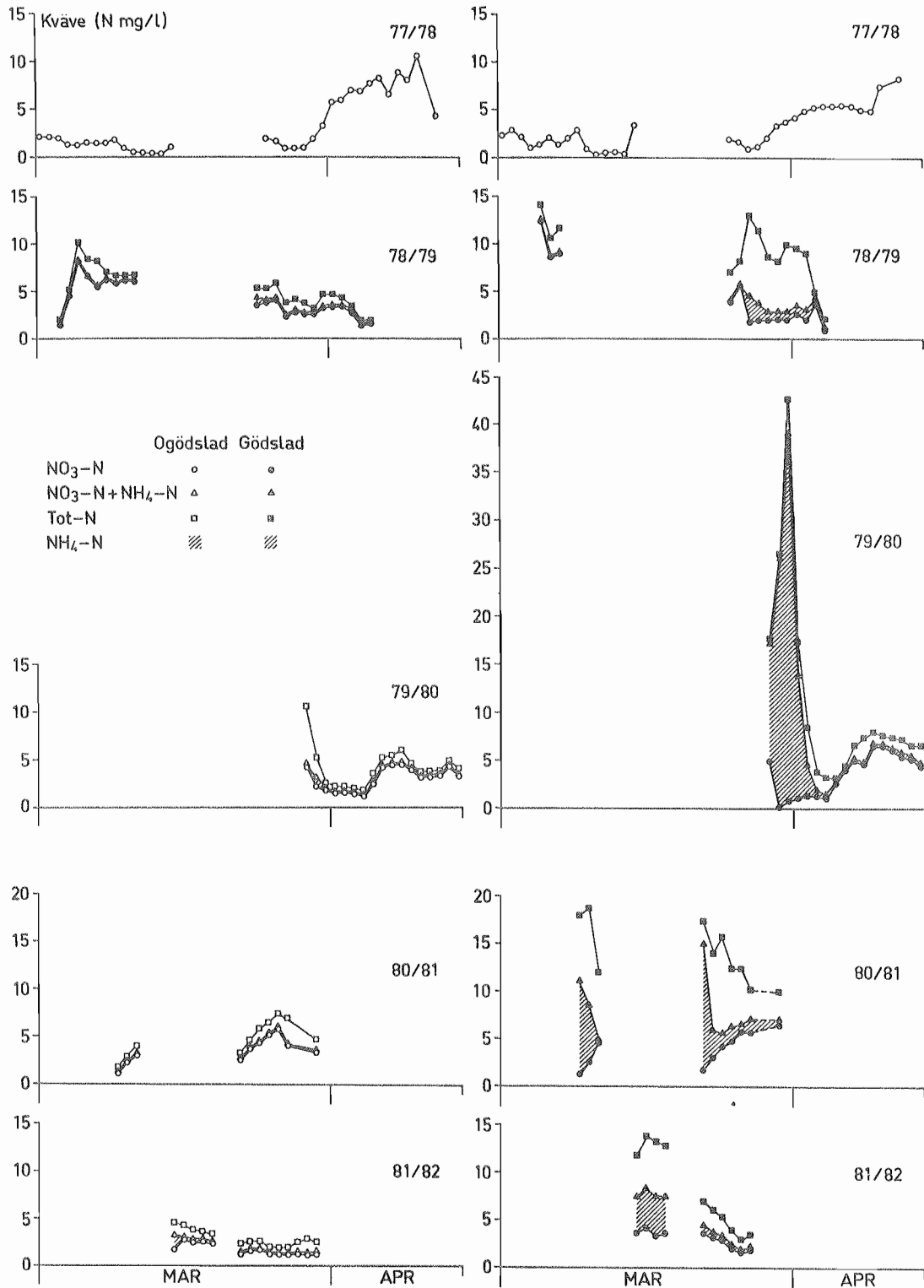


Fig. 14. Kvävehalter i ytvatten från försöksrutor (FA). Halterna är medelhalter vägda mot vattenföringen. Nitrogen concentrations in surface runoff from experimental plots (FA). Mean concentration weight with the water flow.

Däntersta.

Nitrathalten i Örbäcken (fig. 13) var hög då avrinningen tagit fart efter torrperioder (våren-77 och vintern-82). Dessutom var de ofta höga under vårfloden.

Förhållandena i Vadsbroån och Ålspånga (fig. 13) var mycket likartade. Nitrathalten minskade varje sommar till noll och blev det mest begränsande ämnet. Även i Vadsbrosjön har det rått regelbunden nitratbrist på sommaren. Denna brist kom allt snabbare ju mindre nitratillskottet varit under våren.

Kväve i grundvatten. Nitrathalterna i grundvattnet på Flinkesta (fig. 15) var genomgående ganska låga. I moränen i punkterna 1 och 2 var de nästan alltid under 0,1 mg/l. Den förhöjning som ägde rum 1975/76 och i viss mån året därefter kan bero på en skogsavverkning som företogs i skogen närmast åkern där grundvattenröret är beläget.

Nitrathalten i det ytligare grundvattnet i leran (2-2,2) var hög i början av undersökningsperioden, möjligen en effekt av den tryckökning som skett sedan hösten-77 (fig. 12). Efter 1979 har trycket långsamt sjunkit liksom nitrathalten. Nitrathalten i leran på 2-3,4 har varit mycket låg till följd av reductiva förhållanden. Jordanalyser på detta djup har visat att praktiskt taget allt mineralkväve förelegat som ammoniumkväve. Nitratkvävet i morän (2-4,1) har varit högre och ökat mot slutet av undersökningsperioden.

Den dricksvattenundersökning som företogs 1979/80 och 1980/81 visar ganska låga nitrathalter i grundvattnet i Södermanland. Av de undersökta brunnarna hade 6 procent en nitrathalt över gränsvärdet 6,8. Det var framför allt grävda brunnar som hade förhöjda värden. Djupare brunnar, som antingen hade nedslaget rör eller var borrhade, hade mycket låga nitratvärden.

Föroreningsrisken kan emellertid vara betydande efter en kraftig av-sänkning av grundvatten under en torrperiod. Detta visade undersökningen 1976/77 och 1977/78 i en brunn nära en gödselstad (GÖ). Grundvattnet rörde sig i området enligt fig. 8.

Trycket var till en början lågt i den varviga leran (fig. 16) på 1,2 och 2,5 m djup liksom strax under ett svallat sandskikt ovanför moränen på 4-5 m djup. Nitrathalterna var då mycket höga runt gödselstaden. Vid

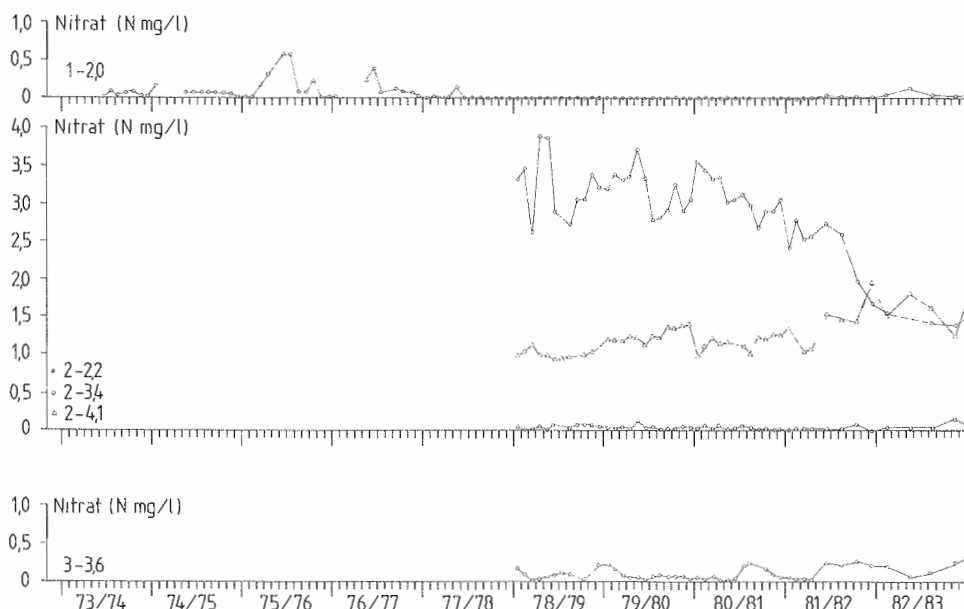


Fig. 15. Nitrat i grundvatten på Flinkesta (FLG). Nitrate in groundwater at Flinkesta (FLG).

GÖB gick nitraten rakt ner till sandskiktet på 5 m. Den rörde sig där-
 efter horisontellt och påverkade nitralthalterna vid GÖE-4,4 och GÖG-4,5.
 Nitraten spreds också i de övre marklagren vid GÖE och GÖB via en dränerings-
 ledning från urinbrunnen. Detta gjorde att de lägsta halterna vid
 GÖE och tidvis också GÖG återfanns i mellanskiktet vid 2,5 m djup.

Efter torrperioden återfylldes grundvattenmagasinet, grundvattennivån
 började stiga och nitralthalterna avtog efter hand. Vattnet blev så små-
 ningom hygieniskt invändningsfritt men nådde inte bakgrundsivån på de
 mest förorenade ställena så länge undersökningen pågick.

Fosforhalter

Allmänt. Eftersom fosfors rörlighet i mark är väsentligt mindre än kvä-
 vets kan man vänta att fosforhalterna i vattnet också skall vara mycket
 mindre än kvävehalterna. I yt- och dräneringsvatten är fosfor delvis

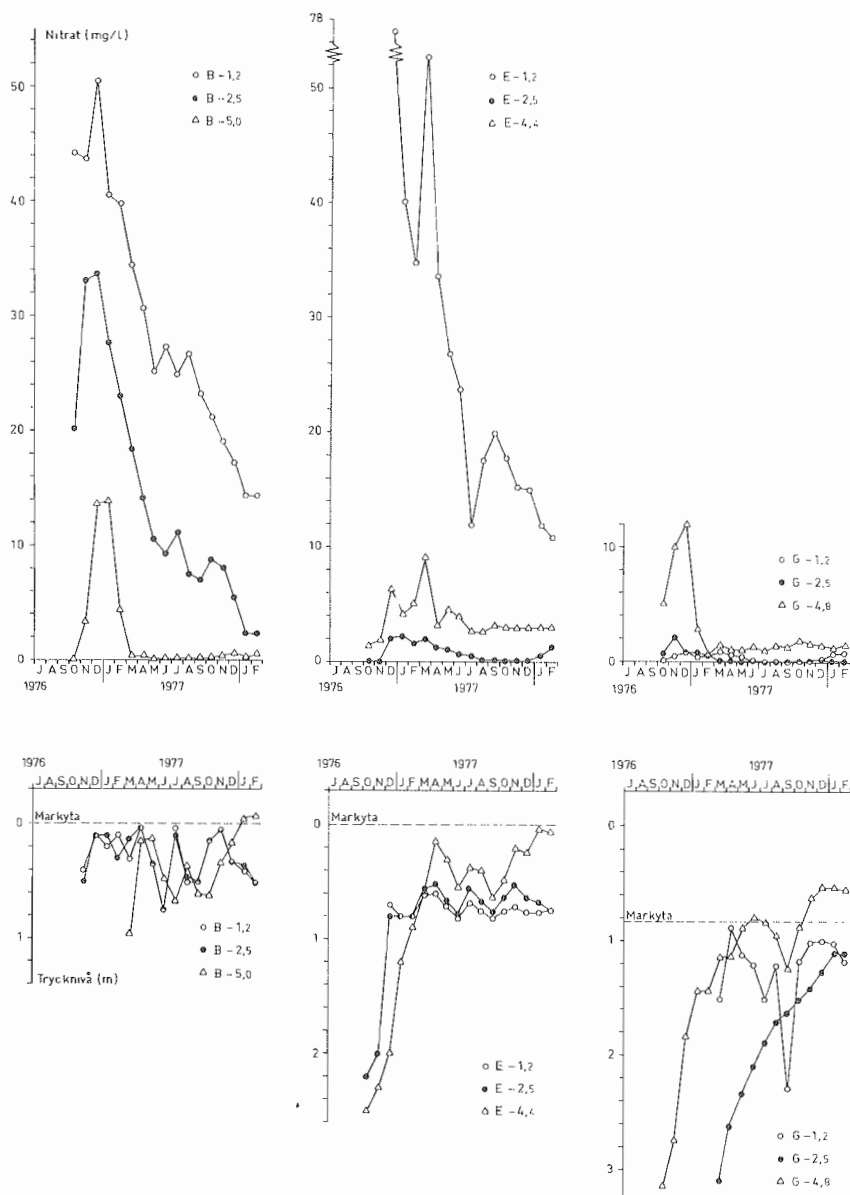


Fig. 16. Grundvattnets nitrathalt och tryck på tre djup i provpunkterna
 B, E och G vid Ekenäs gödselstad (GÖ). Groundwater nitrate and pressure
 at three depths at sampling places B, E, and G at the Ekenäs dung yard
 (GÖ).

bunden till fast material som kan nå sjöar och vattendrag. I grundvatten är däremot den partikelbundna fosfor ointressant. Därför centrifugeras grundvattenproven till skillnad från ytvattenproven, som analyseras utan förbehandling.

Fosfor i ytvatten. Ytvatten på Flinkesta (FA) som icke stallgödslats har haft en i genomsnitt relativt låg fosforhalt. Totalfosfor 1977/78 var 0,2 och fosfatfosfor 0,05 mg/l. Under år med intensiv ytavrinning, såsom 1983/84, var halterna emellertid betydligt högre. Totalfosfor var då i genomsnitt 0,6 och fosfatfosfor 0,4 mg/l. Samtidiga mätningar på Flinkesta försöksfält (FL) dels på en gummiduk, som uppsamlade ytvatten, dels i en dräneringsledning, som saknade ytvattenintag, och dels blandvattnet i mätstationen gav följande genomsnittliga fosforhalter (värden i mg/l):

	Tot-P	PO ₄ -P
Ytvatten	0,59	0,30
Dräneringsvatten	0,10	0,04
Blandvattnet	0,44	0,26

Om hänsyn tas till vattenföringen vid varje provtagningstillfälle bor-

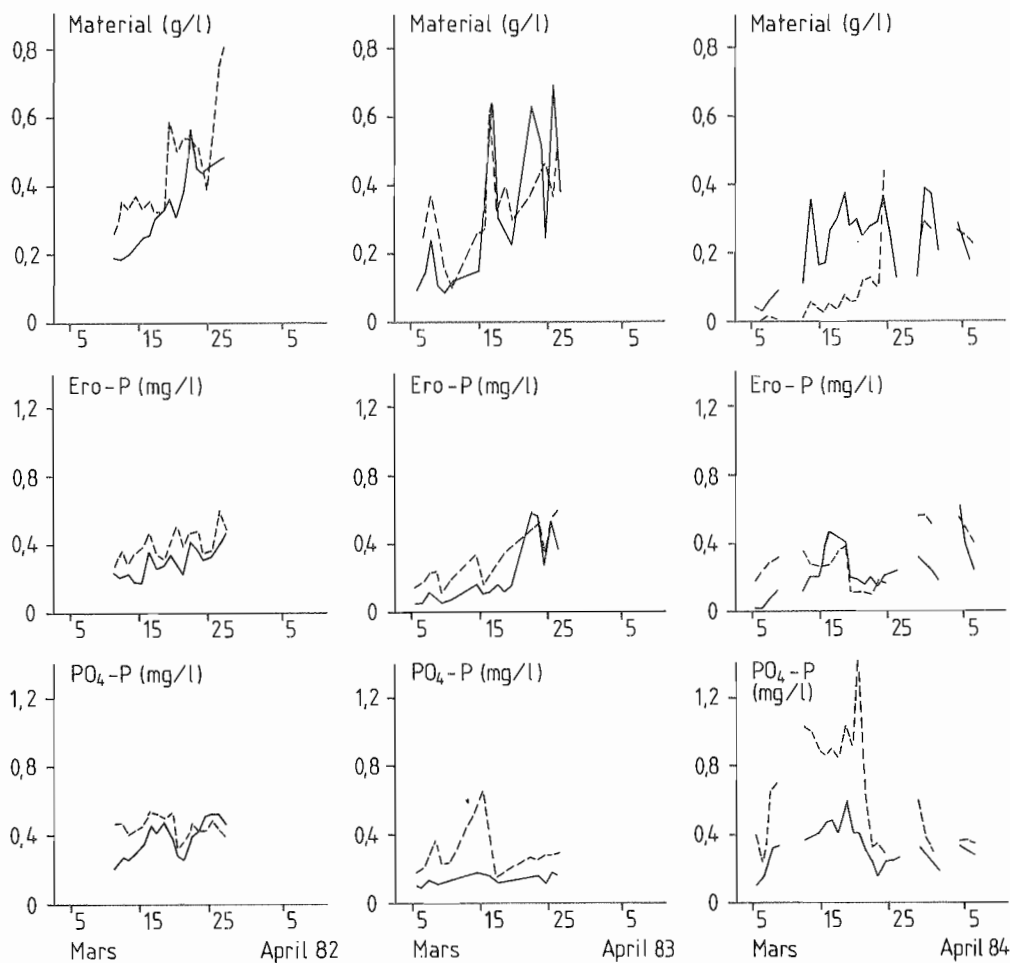


Fig. 17. Halter av material, erosionsfosfor (Ero-P) och fosfatfosfor vid försöksrutor EK. Heldragen linje - plöjd försöksruta. Streckad linje - vallbevuxen försöksruta. Concentrations of material, erosion phosphorus (Ero-P), and phosphate phosphorus at the experimental plots EK. Unbroken line - ploughed plot. Broken line - plot with ley.

de 64-69 % av vattnet från försöksfältet (FL) ha bestått av ytvatten under mätperioden (30 mar-10 apr) och motsvarat 88 mm.

Fosforhalterna i ytvattnet från EK har varit höga de tre år som mätningar gjorts (fig. 17). Här mättes också halten fast material och halten fosfor bunden till materialet. Skillnaderna mellan de båda försöksleden var små de båda första åren. Det första året var vallen nyetable-rad och inte så tät. Det andra året var ytavrinningen mycket liten.

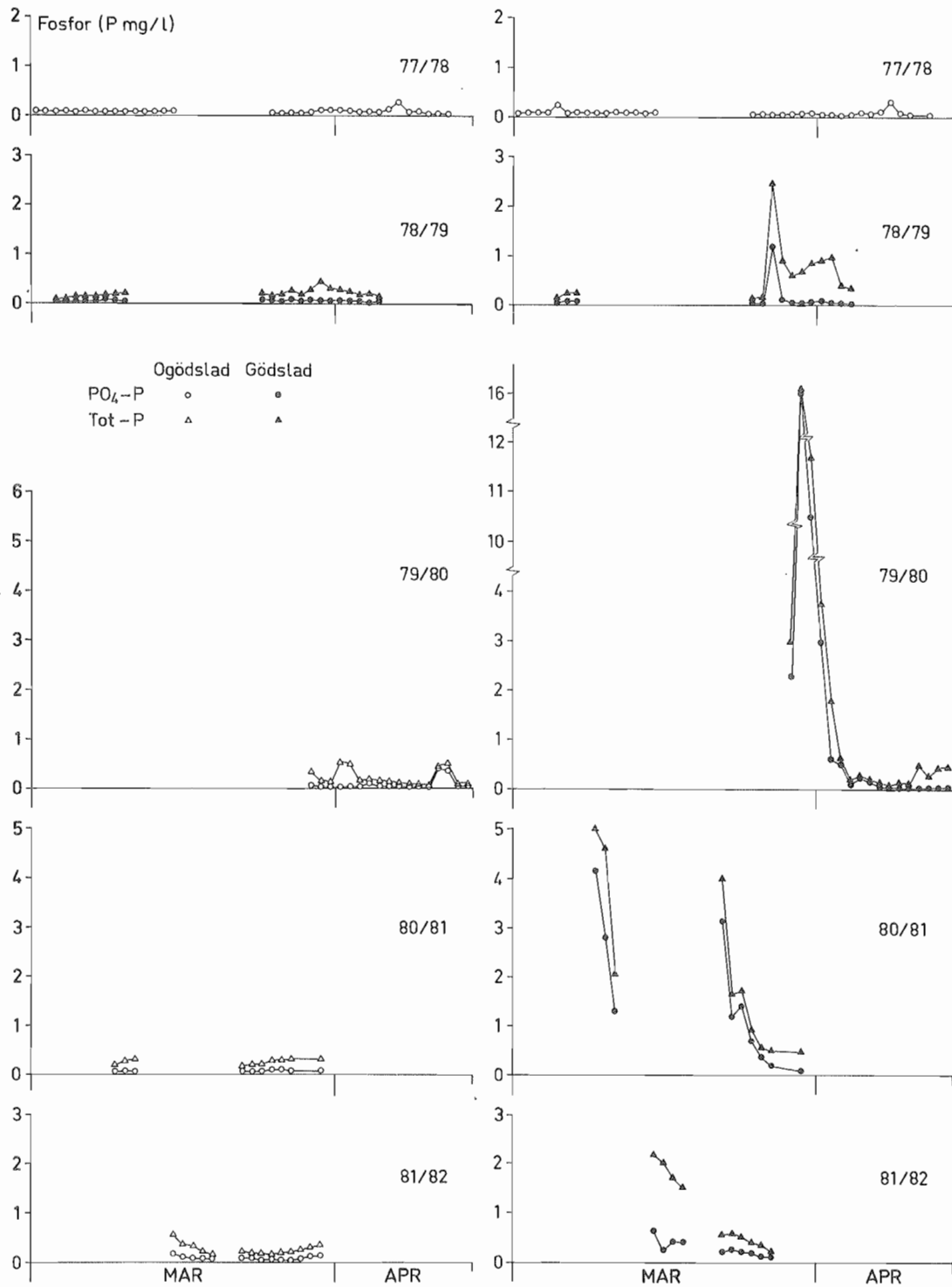


Fig. 18. Fosforhalter i ytvatten från försöksrutor (FA): Halterna är medelhalter vägda mot vattenföringen. *Phosphorus concentrations in surface water from the experimental plots (FA). Mean concentrations, weight with the water flow.*

Först det tredje året med en väletablerad vall och tillräckligt intensiv avrinning var materialförlusten större från den plöjda rutan jämfört med den vallbevuxna. Förlusten av fosfor bunden till materialet var emellertid lika stor från de båda försöksleden. Halterna erosionsfosfor de tre åren var nära nog lika (värden i P mg/l):

	81/82	82/83	83/84
Vallbevuxen ruta (EY 1)	0,4	0,3	0,3
Plöjd ruta (EY 2)	0,4	0,4	0,3

Däremot uppträdde skillnader i fosfatfosforhalter vissa år. Första året var skillnaderna små, men det andra och i synnerhet det tredje året var fosforhalterna från ytvattnet från vallen högre än från den plöjda rutan (fig. 17). Detta år inträffade talrika tillfällen av nattfrost under ytavrinningsperioden och det är troligt att fosfor frysts ut från växtmaterialet.

En annan fosforkälla är stallgödsel. På försöksrutor som stallgödslats på tjälén kunde mycket höga fosforhalter uppträda i början av avrinningsperioden (fig. 18). Vanligen avtog halterna relativt snabbt.

Fosfor i blandvatten. Fosforhalterna från Flinkesta försöksfält (FL) har genomgående varit höga. Under hela tioårsperioden har genomsnittsvärdet (mg/l) varit 0,41 för totalfosfor och 0,21 för fosfatfosfor. Höga halter uppträdde ofta på våren (fig. 19) då ytvatteninslaget är stort. Mycket höga värden uppmättes också i samband med höstregnen 1981 då fältet stallgödslats. En viss effekt har också plöjningen av vallen i november 1980 haft.

Representativitetsstudien visade att fosforhalterna från Flinkesta oftast var högre än från regionen som helhet. Även halterna från Däntersta skog var högre än från Sörmlandsregionen enligt nedan där medianvärden anges:

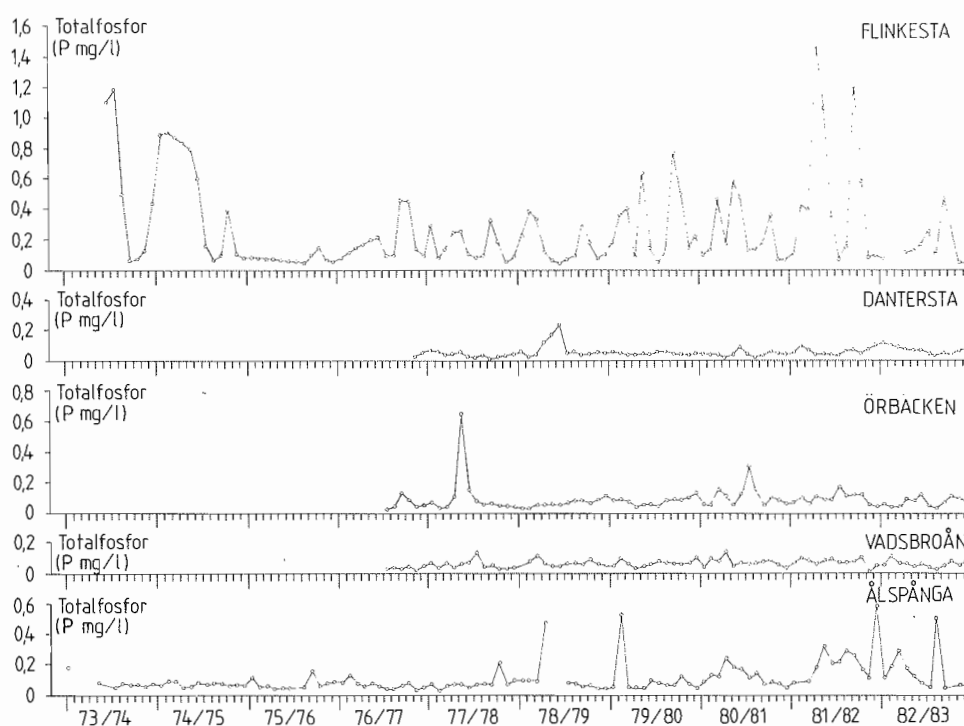


Fig. 19. Totalfosforhalter. Flinkesta (FL), Däntersta (DÄ 1), Örbäcken (ÖK 1), Vadsbroån (VÅ) och Ålspånga (ÅL). *Total phosphorus concentrations. Flinkesta (FL), Däntersta (DÄ 1), Örbäcken (ÖR 1), Vadsbroån (VÅ), and Ålspånga (ÅL).*

År	79/80	80/81		79/80	80/81
PO ₄ -P (mg/l)					
Flinkesta (FL)	0,065	0,108	Däntersta (DÄ 1)	0,006	0,011
Regionen, åker	0,036	0,065	Regionen, skog	0,006	0,004
Tot-P (mg/l)					
Flinkesta (FL)	0,092	0,168	Däntersta (DÄ 1)	0,041	0,027
Regionen, åker	0,087	0,205	Regionen, skog	0,023	0,018

Även de undersökta vattendragen hade relativt höga fosforhalter. Nedan anges medianvärden för totalfosfor under hela undersökningsperioden (P mg/l):

	Tot-P	PO ₄ -P
Örbäcken (ÖR 1)	0,078	0,021
Vadsbroån (VÅ)	0,068	0,020
S. Sverige, vattendrag till Östersjön ^a	0,024	0,006

^aWiederholm, Welch, Persson, Karlgren & von Brömsen (1983)

De höga fosforhalterna i undersökningsområdet har gjort att fosfor inte varit det mest begränsande ämnet i Vadsbroån. Fosfatfosfor har funnits i vattenmassan under hela säsongen till skillnad från nitratkväve. Variationerna av totalfosfor i Vadsbroån (fig. 19) har varit små. Halterna under vår och försommar har oftast legat på 0,05 mg/l för att under senare delen av sommaren ofta öka till omkring 0,10 mg/l.

Både Örbäcken och Vadsbroån hade lägre fosforhalter de båda nederbördsfattiga åren 1978/79 och 1979/80 än de båda nederbördsrikare 1980/81 och 1981/82. Vid Ålspånga (fig. 19) är skillnaderna mycket uttalade. Under tioårsperioden har en utveckling mot allt högre fosforhalter skett. Detta gäller såväl fosfat- som totalfosfor. Fosfatfosfor har fyrdubblats och totalfosfor har tredubblats de sista tre åren jämfört med början av sjuttioalet.

Förändringen skulle kunna bero på att en igenväxning och uppgrundning har skett i den trånga passagen så att fosforrikt bottenvatten alltmer påverkat vattenkvaliteten. Den kan också bero på ökade fosforförluster från de västra delarna av Långhalsen.

Fosfor i grundvatten. Fosforhalten i grundvatten är naturligt nog betydligt lägre än i yt- och dräneringsvatten. I moränen har halterna i genomsnitt varit 0,008 mg/l (tabell 2). Något förhöjda värden uppmättes vid gödselstaden (GÖ). Dessa är dock små jämfört med den nitratförorening som samtidigt uppmättes.

Kväve- och fosfortransport

Transport från åker. Under den undersökta tioårsperioden har kväveförlusterna från Flinkesta åker (FLB) varierat mellan 5 och 37 kg/ha och år (tabell 3). Den minsta transporten ägde rum torråret 1975/76 och den största året efter. Nitratkvävet har svarat för den största andelen av transporten, vilket är speciellt tydligt vid torrperioden. Då åkern var vallbevuxen (1978-1980) var kväveförlusterna små. Under samma period var kväveförlusterna från Örbäcken (tabell 3) av samma storleksordning som under hela perioden. Med en annan gröda borde därför kväveförlusterna från Flinkesta vara av ungefär samma storleksordning, dvs omkring 13 kg/(ha.år). Totalt sett har nederbörds- och avrinningsförhållandena spelat en avgörande roll för kväveläckaget. Betydelsen av grödan har varit

Tabell 2. Fosfatfosfor i grundvatten. *Phosphate phosphorus in ground-water.*

Lokal	Djup (m)	Period	PO ₄ -P (mg/l)	Antal prov
Flinkesta (FLG) 1	1,2	Jul-75-jun-77	0,008	16
Gödselstad (GÖ) A-G	1,2	Okt-76-feb-78	0,032	113
Gödselstad (GÖ) A-G	2,5	Okt-76-feb-78	0,014	101
Gödselstad (GÖ) A-G	4,5-5,0	Okt-76-feb-78	0,008	51

mindre.

Fosforförlusterna visar en delvis annan bild. Även här var förlusterna minst under torråret (0,04 kg/(ha.år)). De högsta värdena uppmättes 1981/82 då stallgödsling i kombination med kraftig avrinning under höst och vår medförde en fosforförlust på 2,6 kg/(ha.år). Örbäcken med varierande gödsling och gröda på åkrarna hade inte samma extremt höga fosforförluster detta år.

Transporter från skog. I jämförelse med växtnäringsförluster från åker är förlusterna ringa från skog (tabell 3). Förlusterna av nitratkväve och fosfatfosfor är lika stora som Ahl & Odén (1975) uppgav som genomsnitt för hela Sverige. Förlusterna av totalkväve och totalfosfor är något högre. Det 0,60 ha stora alkärret och området närmast däromkring bidrog med i genomsnitt 25 kg kväve per år. Det är sannolikt alarnas förmåga att i symbios fixera kväve som medfört dessa kväveförluster.

Vadsbro reningsverk. Vadsbro reningsverk, som utnyttjas av ca 100 personequivaler, har medfört ett ganska obetydligt kvävetillskott till Örbäcken. Fosfortillskottet däremot är inte utan betydelse. Mängderna som beräknats som differansen före och efter reningsverket har varit följande (kg/år):

	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83
Tot-P	36	197	170	92	0	68
PO ₄ -P	18	33	57	19	0	28

Det är framför allt vintrarna 1978/79 och 1979/80 som reningsverket tycks ha fungerat dåligt. Därefter har reningen varit relativt tillfredsställande.

Fosfortillskottet från reningsverket utgör en viss belastning på ån, i genomsnitt en 18-procentig ökning av totalfosfor, men motsvarar endast någon procent av fosforbelastningen på Vadsbrosjön.

Transport till Vadsbrosjön. Kväve- och fosforbelastningen på Vadsbrosjön (tabell 4) har varje år varit stor. Eftersom vattenomsättningen är snabb, i medeltal 38 dygn, har emellertid endast en ringa del härav kvarhållits i sjön.

STÖRRE KONSTITUENTER

Koncentrationer

Allmänt. De joner som finns i vatten i större koncentrationer brukar

Tabell 3. Årstransporter (kg/(ha.år)). *Transports (kg/(ha.a))*.

År	Kväve			Fosfor	
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P
Flinkesta (FLB)					
73/74	0,07	11,6	11,8	0,39	0,92
74/75	0,06	9,1	12,9	0,57	1,42
75/76	0,03	4,6	4,6	0,01	0,04
76/77	0,14	34,1	36,9	0,39	1,11
77/78	0,16	5,6	8,5	0,46	0,94
78/79	0,07	3,6	5,2	0,28	0,44
79/80	0,42	3,8	5,8	0,49	0,63
80/81	0,37	3,5	7,0	0,45	0,88
81/82	0,42	17,7	23,6	1,19	2,63
82/83	-	14,3	16,5	0,14	0,42
Däntersta (DÄ 1)					
77/78	0,08	0,5	2,3	0,03	0,08
78/79	0,08	0,3	2,4	0,02	0,09
79/80	0,12	0,2	1,4	0,01	0,06
80/81	0,14	0,2	1,6	0,04	0,09
81/82	0,05	0,2	1,3	0,02	0,09
82/83	0,02	0,1	0,7	0,01	0,04
Örbäcken (ÖR 1)					
77/78	0,43	4,3	6,7	0,08	0,32
78/79	0,44	4,3	6,5	0,04	0,12
79/80	0,67	2,9	5,0	0,07	0,13
80/81	0,67	4,4	7,7	0,07	0,28
81/82	0,65	3,9	7,4	0,11	0,27
82/83	0,26	4,8	6,9	0,03	0,13

kallas för större konstituenten. De är kalcium, magnesium, natrium, kalium, sulfat, klorid och vätekarbonat. Den sistnämnda jonen ingår i kolsyrasystemet och påverkas av såväl koldioxidhalten som pH. Den påverkas därför av biologisk produktion och nerbrytning i vattnet. De övriga påverkas framför allt av vittringsprocesser och kemiska jämvikter. Kalium tilldrar sig speciellt intresse eftersom det är ett bristämne för växter på land. Det är liksom nitrat lättlösligt i marken. För produktionen i naturvatten har kalium däremot ingen betydelse.

I yt- och dräneringsvatten från åkermark uppträder ibland också nitratkvävet i så höga koncentrationer att de måste medräknas i jonbalansen. I övriga naturvatten kan man räkna det till de mindre konstituenterna.

Halter i blandvatten. Salthalten i vatten från Flinkesta (FL) sjönk under våren till följd av utspädning då avrinningen var stor (fig. 20). Den ökade sedan och nådde maximum på hösten. Mycket salter vaskades därför ur marken under och efter torrperioderna på sommaren och hösten. Bortsett från dessa årstidsförändringar skedde inga stora förändringar av jonsammansättningen under undersökningsperioden. Det kan bero på att fältet inte kalkats de senaste åren.

Vatten från Däntersta och Örbäcken visade samma årstidsförändringar som vatten från Flinkesta. Magnesium, kalcium och natrium varierade på

Tabell 4. Vadsbrosjöns vattenbelastning ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$) och deponering av totalkväve och totalfosfor ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$). *Water load ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) on Lake Vadsbrosjön and deposition of total nitrogen and total phosphorus ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$).*

År	Belastning			Deponering	
	Vatten	Tot-N	Tot-P	Tot-N	Tot-P
77/78	38	59	2,7	5	0
78/79	30	46	2,5	0	0
79/80	31	39	3,3	2	1,2
80/81	44	59	3,5	0	0,2
81/82	49	63	4,2	2	0
82/83	33	68	2,0	0	0

ett likartat sätt.

Kaliumhalterna var låga på Flinkesta och ändrades föga. Kaliumgödsling hösten 1982 slog inte igenom, troligen beroende på torrt väder under och efter gödslingen.

Medelhalterna av kalium (mg/l) har varit enligt följande sammanställning:

	FA 1	FA 2	FL	DÄ 1	ÖR 1	81/83	EK
77/83	3,0	27	3,7	1,1	5,1	81/83	5,9

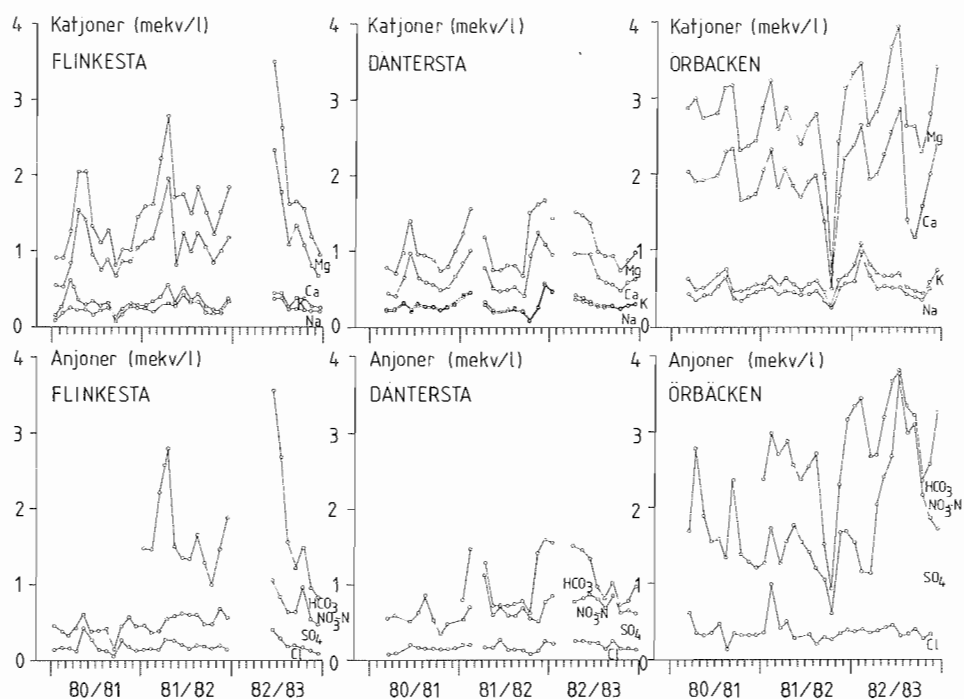


Fig. 20. Halter av katjoner och anjoner. Flinkesta (FL), Däntersta (DÄ 1) och Örbäcken (ÖR 1). *Concentrations of major ions. Flinkesta (FL), Däntersta (DÄ 1), and Örbäcken (ÖR 1).*

Tabell 5. Jonkvoter (ekvivalentbasis) från blandvatten (DÄ 1) och grundvatten (FLG 1-2,0) på morän och från blandvatten (FLB) och grundvatten (FLG 2-2,2) på lera. *The quota of ions on till (mainly) and clay in surface + drainage water and groundwater (equivalent basis).*

Ämne	Morän		Lera	
	Blandv.	Grundv.	Blandv.	Grundv.
Ca	1,9	1,1	2,9	1,6
Mg	1,8	1,4	1,8	1,9
Na	1	1	1	1
K	0,2	0,03	0,3	0,05
HCO ₃	0,9	4,6	4,2	10,4
SO ₄	3,5	2,0	2,1	2,2
Cl	1	1	1	1

Därav framgår att kaliumhalterna i ytvatten från stallgödsblad ruta (FA 2) varit betydligt högre än från rutor som icke stallgödsblats (FA 1) och att de har varit ungefär lika höga som i blandvatten från Flinkesta. Kaliumhalterna från Örbäcken var högre än från Flinkesta. Även halten övriga större konstituenten var större (fig. 20).

Representativitetsstudien för kalium gav följande resultat (medianvärdet mg/l):

	79/80	80/81	77/83
Flinkesta (FL)	2,3	2,7	2,3
Region, åker	2,7	3,5	-
Däntersta (DÄ 1)	1,6	0,8	1,2
Region, skog	0,8	0,8	

Flinkesta tycks ha något lägre kaliumhalter än Södermanlandsregionen medan Däntersta har lika eller något högre.

Kloridhalten uppvisar i allmänhet små variationer på Flinkesta, Däntersta och i Örbäcken (fig. 20). Sulfathalten ökade efter den torra perioden hösten 1983. Detta var speciellt tydligt i Örbäcken där vätekarbonatjonerna samtidigt minskade. Under den torra hösten har svavel tydligen oxiderats i marken och senare kunnat lakas ut och ersatt vätekarbonatet.

Halter i grundvatten. Grundvattnet på Flinkesta (FLG) hade högre salthalt än yt- och dräneringsvattnet från åkern (fig. 21). Grundvatten från lerskikten (2-2,2 och 2-3,5) hade höga kalcium-, magnesium- och vätekarbonathalter som en följd av att leran vittrat. Även grundvattnet i moränen under lerskiktet (2-4,1 och 3-3,6) är av samma karaktär och tycks påverkat av leran.

Den relativa sammansättningen i morän (1-2,0) och sedimentär lera (2-2,2) jämfört med blandvatten på Däntersta och Flinkesta framgår av tabell 5. Som bas har använts halterna av natrium och klorid. Dessa joner har mer eller mindre sitt ursprung från nederbörden medan övriga huvudsakligen påverkas av geologin. Som framgår av tabellen är den relativa kemiska sammansättningen ungefär lika. Grundvattnet är fattigt på kalium och rikt på vätekarbonatjoner jämfört med yt- och dräneringsvattnet.

I det grundvatten nära gödselstaden (Gö) som undersöktes från okt-76

Tabell 6. Kalium i grundvatten. *Potassium in groundwater.*

Lokal	Djup (m)	Skikt	K (mg/l)	Antal prov
Gödselstad (GÖ) A-G	1,2	Lera	4,1	113
Gödselstad (GÖ) A-G	2,5	Lera	4,3	101
Gödselstad (GÖ) A-G	4,5-5,0	Morän	4,8	51
Flinkesta (FLG) 1	2,0	Morän	1,9	16
Flinkesta (FLG) 2	2,2	Lera	2,2	15
Flinkesta (FLG) 2	3,4	Lera	3,5	22
Flinkesta (FLG) 2	4,1	Morän	7,1	22
Flinkesta (FLG) 3	3,6	Morän	9,4	22

till feb-78 återfanns inga tydligt förhöjda kaliumhalter jämfört med halterna i grundvatten från Flinkesta under samma period (tabell 6). Jämför man slutligen kaliumhalterna vid gödselstaden med värdena från Flinkesta vid skogskanten (1-2,0) finner man förhöjda värden vid gödselstaden. Det är därför oklart om gödselstaden medfört en förorening av kalium i grundvattnet.

Transport av större konstituenten

Transport med blandvatten. Saltförlusterna från Flinkesta (FL) har varit måttliga (tabell 7). De är mindre än vad som i genomsnitt uppmätts från åker i skilda delar av Sverige (Wiklander 1970) och Danmark (Pedersen 1983). Förlusterna från Örbäcken var större och mer typiska för Sverige. Förlusterna från Däntersta var större än de som uppmätts från skogar i

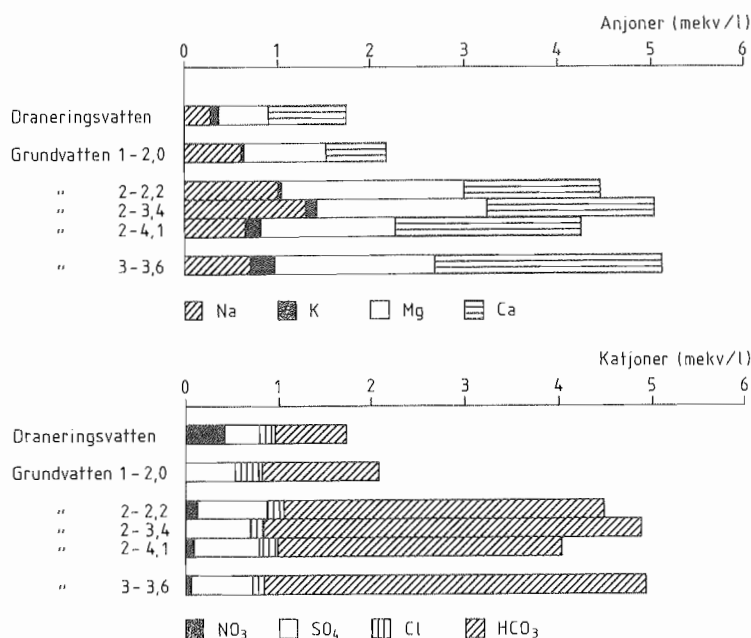


Fig. 21. Medelsammansättning av större konstituenten i vatten från dräneringsledning (FLB) och grundvatten (FLG). *Major ions in water from drainage system (FLB) and groundwater (FLG) at Flinkesta.*

Tabell 7. Årstransporter av större konstituent 1980/83 (kg/(ha.år)).
Transports of major ions 1980/83 (kg/(ha.a)).

System	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	SO ₄ -S	Cl
Flinkesta (FL)	38	13	11	10	56	11	17
Däntersta (DÄ 1)	9	6	7	2	10	11	7
Örbäcken (ÖR 1)	57	21	20	10	67	51	26

Hälsingland (Rosén 1982) och Västmanland (Grip 1982) men snarlika de som uppmätts i Västergötland (Andersson & Eriksson 1978).

Kaliumförlusterna från Flinkesta (FL) har varit ganska små. Torråret 1975/76 var de 0,6 kg/(ha.år). Åren därefter har de varierat mellan 6 och 14 kg/(ha.år). Då stallgödsel spreds på frusen mark med en giva av 60 ton/ha motsvarade detta i genomsnitt 260 kg/ha. Under en femårsperiod, 1977/82, har i medeltal 15 kg/(ha.år) runnit av med ytvattnet på våren.

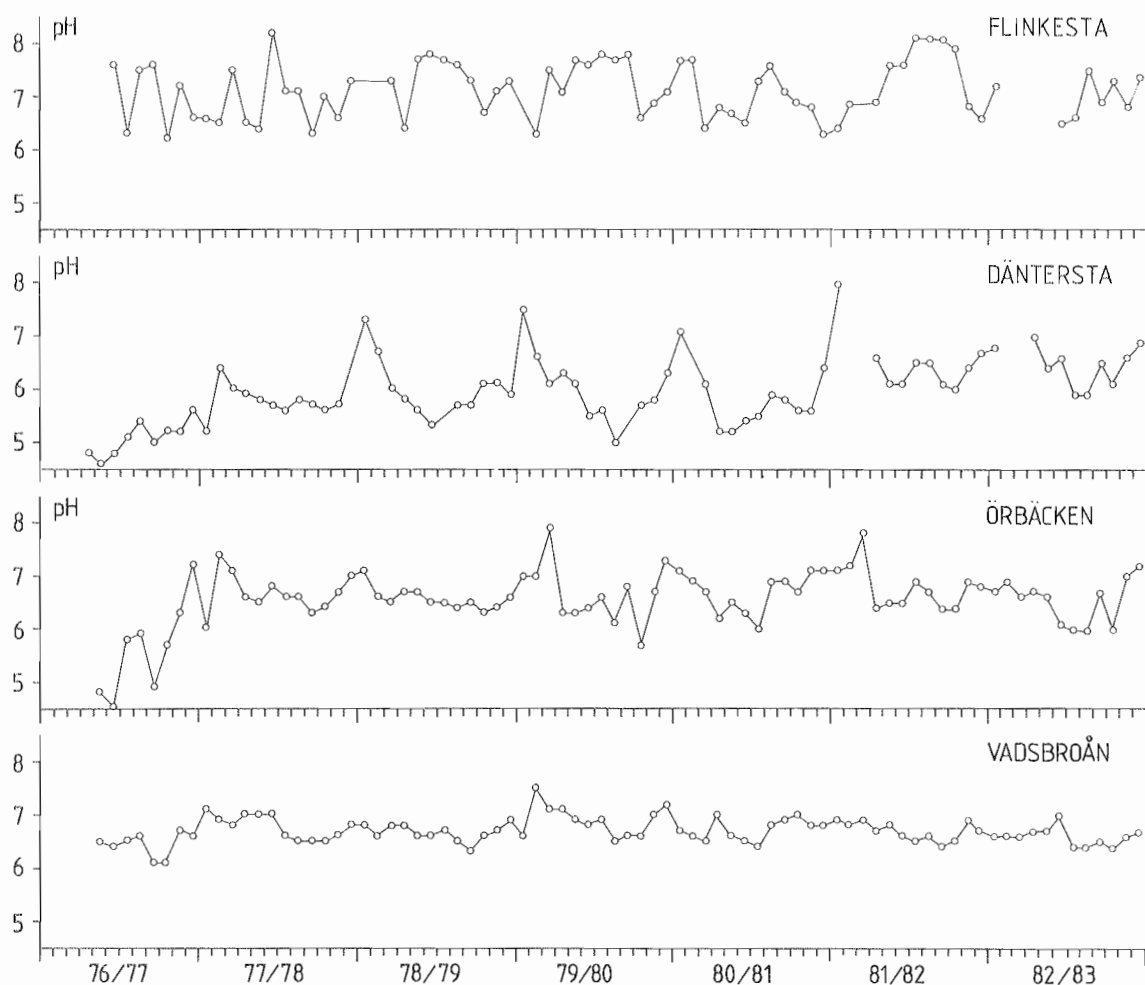


Fig. 22. pH. Flinkesta (FL), Däntersta (DÄ 1), Örbäcken (ÖR 1) och Vadsbroån (VÅ).
pH. Flinkesta (FL), Däntersta (DÄ 1), Örbäcken (ÖR 1), and Vadsbroån (VÅ).

pH

pH i ytvatten. Vid snösmältningen är pH i ytvatten lågt då den sura snön smälter bort. pH har varit lägst de första dygnen för att sedan snabbt öka till en något högre nivå. De lägsta pH-värdena på försöksrutorna vid Flinkesta (FA) uppmättes den snörika vårvintern 1977/78. Efterföljande år har pH varit högre. Variationerna under året har varit följande:

77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83
5,2-6,8	6,3-7,3	6,4-7,6	6,4-7,4	6,4-6,8	6,2-6,66

pH i blandvatten. Flinkesta, Däntersta och Vadsbroån är ganska kalkfattiga. pH-värdena har emellertid legat mellan 6 och 8. Låga värden uppmättes på Däntersta och i Örbäcken senhösten 1976 (fig. 22). Detta berodde på de torra förhållandena dessförinnan då mineraliseringsprodukter anhopades i marken. Dessa sköljdes ut med höstregnen och nådde även Vadsbroån i samband med vårfloden. För övrigt följer pH-kurvorna det typiska mönstret med lågt pH i samband med kraftig avrinning och högt pH under torrperioden.

pH i grundvatten. Generellt brukar pH vara högre i grundvatten än i yt- och blandvatten. Så var också fallet i detta område. Följande genomsnittsvärden uppmättes 1973/78:

FLG (1-2,0)	6,6	FLG (2-3,4)	7,6
DÅ 1 B	6,3	FLB	7,1

FLG (1-2,0) och Däntersta (DÅ 1 B) är grund- respektive blandvatten i morän och FLG (2-3,4) och Flinkesta (FLB) är grund- respektive blandvatten i lera.

De högsta värdena i grundvattnet uppmättes torråret 1975/76 (fig. 23) och det efterföljande året. Därefter har pH sjunkit till sin ursprungliga nivå utan några mer drastiska förändringar. Ökningen i pH i samband med torråret har noterats generellt (Brink 1981). Ökningen beror på att baskatjoner förträngts av vätejoner till markvätskan från jordmaterialet. Detta beror på sura mineraliseringsprodukter som ansamlats i marken under torråret.

pH undersöktes även i brunnar i olika delar av Södermanland under två år. pH varierade mellan 6,3 och 8,6 med den största frekvensen i intervallet 7,5-8,0.

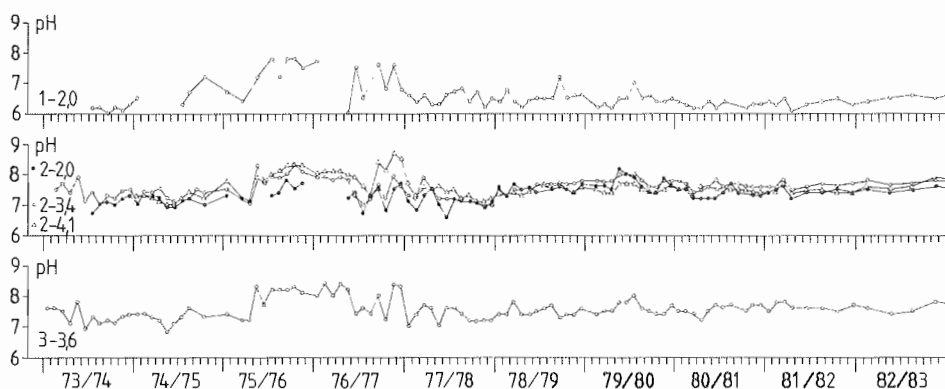


Fig. 23. pH i grundvatten på Flinkesta (FLG). *pH in groundwater at Flinkesta (FLG).*

Tabell 8. Avrinning och medelkoncentrationer av eroderat material och cyanazin i ytvatten. *Surface runoff and mean concentrations of eroded material and cyanazine.*

	Avrinning (mm)		Eroderat material (g/l)		Cyanazin (μ /l)	
	FA 1	FA 2	FA 1	FA 2	FA 1	FA 2
Nov	0	0	-	-	-	-
Dec	2	2	0,01	0,01	32,6	32,1
Jan	0	0	-	-	-	-
Feb	3	5	0,02	0,03	12,4	17,1
Mar	18	14	0,03	0,01	10,3	6,4
Apr	72	60	0,17	0,19	4,1	7,1

BEKÄMPNINGSMEDEL

Fenvalerat

Fenvalerat är en pyretroid som registrerats som bekämpningsmedel sedan några år tillbaka. Medlet används för svärbekämpade insekter i oljevaxter, åkerböror, jordgubbar och frukt innan blomning, i stråsäd i samband med axgång, liksom till utsädespotatis, kok- och foderärter. Läkning- och nedbrytningsförloppet följdes 1982 efter vårspridning i stråsäd vid Flinkesta försöksfält.

Fenvalerat spreds 1 juni i en dos av 100 g/ha. Sommaren och hösten var mycket torra och någon egentlig avrinning från dräneringssystemet skedde ej förrän i slutet av november. Jordprofilens innehåll (0-70 cm) var följande (g/ha):

1/6	11/6	22/6	7/7	2/8	23/11
98	91	72	68	26	12

Efter spridning 1 juni kunde fenvalerat påvisas till 20 cm djup först sedan matjorden plöjts på hösten. Halveringstiden befanns vara 5-7 veckor beroende på vilken nedbrytningsmodell som användes för att beskriva nedbrytningsförloppet.

Cyanazin

Cyanazin är en triazinförening och tillhör därmed en allmänt använd grupp av herbicider. Cyanazinet ingår i preparatet Bladex som används mot örtogräs i ärter och böror. Vidare används cyanazin i stråsäd, gräsfrö och gräsmattor.

Cyanazin spreds med en dos av 160 g/ha på båda försöksrutorna FA 14 nov 1983 (dygn 0). Det kunde spåras ned till 10-15 cm djup 18 dec (dygn 34). Därefter blev tjälén alltför hård för jordprovtagning fram till början av april (dygn 146). Mängderna i jorden (g/ha) var följande:

Dygn nr	0	13	34	146
FY 1	161	162	114	3
FY 2	162	155	102	1

Ytvattnets innehåll av cyanazin och eroderat material följdes vid varje avrinningstillfälle under vintern och våren. Halten cyanazin minskade långsamt (tabell 8) från drygt 30 μ g/l som medelvärde i december till

omkring 6 µg/l som medelvärde i april. I början av april hade cyanazinhalten sjunkit till nära detektionsgränsen (0,1 µg/l).

Halten cyanazin var inte relaterad till halten eroderat material i vattnet utan avtog oregelbundet. Förlusterna från båda rutorna var lika stora, 6,4 g/ha, vilket motsvarar 4 procent av den utspridda mängden.

SAMMANFATTNING

Under tio år har undersökningar av jordbrukets påverkan på yt-, dränerings- och grundvatten företagits vid Ekenäs i centrala Södermanland. Undersökningarna har främst gällt läckage av kväve, fosfor och kalium. Även övriga salter liksom ett par bekämpningsmedel har undersökts.

Växtnäringsförlusterna är mycket beroende av avrinningen. Denna varierade kraftigt år från år beroende på skilda meteorologiska förhållanden. Kraftigast var skillnaderna i ytvattenavrinning mellan åren. Grundvattentrycket påverkades framför allt av torrperioden 1975/76 som medförde en trycksänkning ett par år.

Kväveförlusterna från åkerjord varierade mellan 5 och 37 kg/ha. Förlusterna utgjordes framför allt av nitratkväve. Från ren skog var nitratförlusterna mindre än 1 kg/(ha.år). Vallgröda på åkern dämpade kväveläckaget ganska effektivt.

Fosforförlusterna varierade mellan 0,04 och 2,63 kg/(ha.år) från åker. Vallväxter dämpade inte fosforförlusten med ytvatten. Stallgödsel medförde stora förluster när gödseln spreds på tjälad mark.

Vattendrag liksom sjöarna Vadsbrosjön och Långhalsen är rika på fosfor. Under vegetationsperioden försvinner nästan all nitrat i vattenmassan. Kväve blir därmed det mest begränsande ämnet för produktionen.

Kvävehalterna i grundvatten har allmänt varit låga i Södermanland. Variationerna på åkermark var måttliga. I samband med en grundvattensänkning efter en längre torrperiod förorenades emellertid vattnet kraftigt vid en gödselstad.

Förlusterna av positiva saltjoner från mark var ganska konstanta. Efter torrperioder försköts sammansättningen av negativa joner så att större mängder sulfat och mindre mängder vätekarbonatjoner utlakades.

Området är inte försurat och pH-variationerna normala.

Rörligheten hos de jordbundna herbiciderna fenvalerat och cyanazin studerades. Efter ett knappt halvår fanns en till tolv procent kvar av preparaten i jorden. Relativt höga halter cyanazin kunde konstateras i ytvatten de närmaste månaderna efter spridningstillfället.

TIDIGARE RAPPORTER FRÅN EKENÄS I SERIEN EKOHYDROLOGI

- 3 1979 Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. Pollution of the groundwater by a dung yard.
- 4 1979 Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. Losses of nitrogen, phosphorus and potassium from arable land.
- 5 1979 Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. Losses of nutrients from forests.
- 7 1980 Barbro Ulén och Nils Brink. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbrosjön. The importance of the environment for the primary production in Lake Vadsbrosjön.
- 8 1981 Arne Joelsson. Ytavspolning av fosfor från åkermark. Storm washing of phosphorus from arable land.
- 8 1981 Arne Gustafson, Sven-Olof Ryding och Barbro Ulén. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. Control of losses of nutrients from arable land and forest.
- 10 1982 Barbro Ulén. Växtnäringsförluster från åker och skog i Söder-

- manland. Losses of nutrients from arable land and forests in Södermanland.
- 10 1982 Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. Nitrate, nitrite and pH in drinking water in Västergötland, Östergötland and Södermanland.
- 11 1982 Barbro Ulén. Vadsbrosjöns närsaltsbelastning och trofinivå. The nutrient load and trophic level of Lake Vadsbrosjön.
- 13 1983 Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Yttransport av växtnäring från stallgödslad åker. Surface transport of plant nutrient from field spread with manure.
- 14 1983 Rikard Jernlås. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat i lerjord. Decomposition and mobility of fenvalerate in a clay soil.

ÖVRIGA REFERENSER

- Andersson, U.-M. & Eriksson, E. 1979. Mass balance of dissolved inorganic substances in three representative basins in Sweden. *Nordic Hydrology* 10, 94-114.
- Ahl, T. & Odén, S. 1979. Närsaltskällor - en översikt. *Nordforsk publ.* 1975:1, 99-128.
- Brink, N. 1981. Försurning av grundvatten på åker. *Ekohydrologi* nr 8, 3-13.
- Brink, N. 1983. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. *Ekohydrologi* nr 14, 21-30.
- Eriksson, B. 1980. Vattenbalansen i Sverige. SMHI rapport RMK 18.
- Fogelfors, H. 1976. Ekenäs gård, Flen. Dokumentation av växt- och djurliv, mark och vatten. Stencilrapport. Avd. f. ekologi och miljövard, Uppsala.
- Grip, H. 1982. Water chemistry and runoff in forest streams at Kloten. Division of Hydrology, Department of Physical Geography, Uppsala University, UNGI Report No. 58.
- Pedersen, E.F. 1983. Draenvandsundersökningar 1971-81. Statens Planteavlsforsög Beretning nr 5, 1667.
- Rosén, K. 1982. Supply, loss and distribution of nutrients in three coniferous forest watersheds in central Sweden. Rapport inst. skoglig marklära, Sveriges lantbruksuniversitet.
- SMHI, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. 1979. Vattenföringen i Sverige.
- Wiederholm, T., Welch, E., Persson, G., Karlgren, L. & von Brömsen, V. 1983. Bedömningar och riktvärden för fosfor i sjöar och vattendrag. Statens naturvårdsverk SNV PM 1705.
- Wiklander, L. 1970. Utlakning av näringsämnen. 1. Halter i dräneringsvatten. *Grundförbättring* 23, 117-141.

APPENDIX

METODBESKRIVNING

Nederbörd

Nederbörden registreras kontinuerligt med pluviograf. Dessutom mäts nederbörden dels med SMHI:s standardmätare och dels med en modifierad specialmätare efter Sandsborg (1969, 1972). Den förra mätaren monteras på en stolpe, den senare placeras i marknivå i ett stänkgaller och omges med kortklippt gräs.

SMHI-mätaren användes vintertid och då påfylldes den med glykol för smältning av snön. Den avläses två gånger i månaden. Specialmätaren avläses en gång i månaden.

Fr.o.m. 1980/81 har nederbördsuppgifter även erhållits från SMHI:s nederbördsstation vid Öja en mil norr om Ekenäs.

Tjäldjup

Tjäldjupet mäts fortlöpande på ett angränsande försöksfält. Mätningen utförs enligt Gandahl (1957), dvs med en ur jorden upptagbar "mätsticka". Denna består av ett plaströr som innesluter en inspänd gummi-slang. I utrymmet mellan slang och ytterrör finns destillerat vatten och en liten mängd metylenblått. Vid frysning avfärgas den del som ligger i tjälen. Reaktionen är reversibel.

Avrinning

Ytavrinningen mäts med tvåsidiga vippkärl i mätbrunnarna. Vippningarna registreras med elektrisk utrustning. Vid varje manuell provtagning görs även en mätning av det momentana flödet från varje ruta.

Avrinnande vatten från försöksfält och försöksskog mäts med Thomson-överfall. Dessa är inbyggda i underjordiska betongkasuner. Ett överfall består av en utjämningsbassäng med ett utskov av rostfri plåt (fig. 24). I plåten finns ett skarpkantat triangulärt urtag som har öppningsvinkeln 90°. Vattennivån i bassängen registreras kontinuerligt med en flottörpegel (OTT R16). Mätbassängens storlek avpassas efter arealen.

Avrinningen i Örbäcken och Hedenlundaån registreras med pegglar i bestämmande sektioner.

Registreringspapperen insamlas var fjortonde dag till en gång i månaden.

Grundvattenrör

Grundvattenrör används dels för mätning av grundvattentryck, dels för provtagning. Rören har utformats på tre olika sätt (fig. 25).

I alla tre slagen tas vattnet in på ett bestämt djup genom tvärgående slitsar i nedändan av röret. Rören sätts i spadborrade eller slagna hål i grunden. Hålen görs dubbelt så vida som rören. Slitsarna omges med ett sandfilter. Ovan sanden tätas med bentonit (ett svällande lermaterial) upp till markytan. Rören betecknas med lokal och djup i meter (ex. 1-2,4). Djupet räknas till sandfiltrets yta.

De tre olika sätten för mätning av grundvattentryck och för provtagning är följande.

Skilda rör (fig. 25). Här används ett tryckrör utan förträngning och ett provtagningsrör med förträngning. Denna har också här åstadkommit med en insats där provtagningsslangen kan fritt föras ned i ett innerrör. Metoden är den säkraste av de tre. Den används i flertalet fall.

Alla rör samt slangen i grundvattenrören är av plast. Plaströren skyddas ovan mark med stålrör och huv.

Rören sätts i spadborrade eller slagna hål i grunden. Hålen görs dubbelt så vida som rören. På observationsdjup är rören slitsade. Slitsarna omges med ett sandfilter. Ovan sanden tätas med bentonit (ett svällande lermaterial) upp till markytan. Rören betecknas med lokal och djup i meter (ex. 1-2,4). Djupet räknas till sandfiltrets yta. Trycknivån bestäms med ett klucklod. Detta består av en ca 100 mm lång mässingsstav som är upphängd i ett måttband. Lodet är urgröpt i nederändan. När lodet når vattenytan uppstår ett kluckande ljud.

Provtagning

Vattenprov. Prov på ytvatten och dräneringsvatten tas i inkommande ledning till mätstationen. Vid försöksrutor EK används automatisk provtagare (ISCO 1680). I övrigt sker provtagningen manuellt.

Grundvattenprov tas med en vakuumpump som består av en plastflaska och en handdriven vakuumpump (Soil moisture equipment corporation). Flaskan kopplas till slangen i grundvattenröret och evakueras därefter.

Sjövatten provtas i djuphålan vid lokal VA 1 (fig. 24-25) på djupen 0, 3 och 7 m och vid lokal VA 2 på djupen 0 och 4 m.

Vid provtagningen mäts temperatur och siktdjup.

Jordprov. Jordprov ner till 100 cm djup tas med "Ultunaborr". Hanteringen har beskrivits av Mattson & Brink (1980). Varje prov består av fem delprov som slagits samman till ett generalprov.

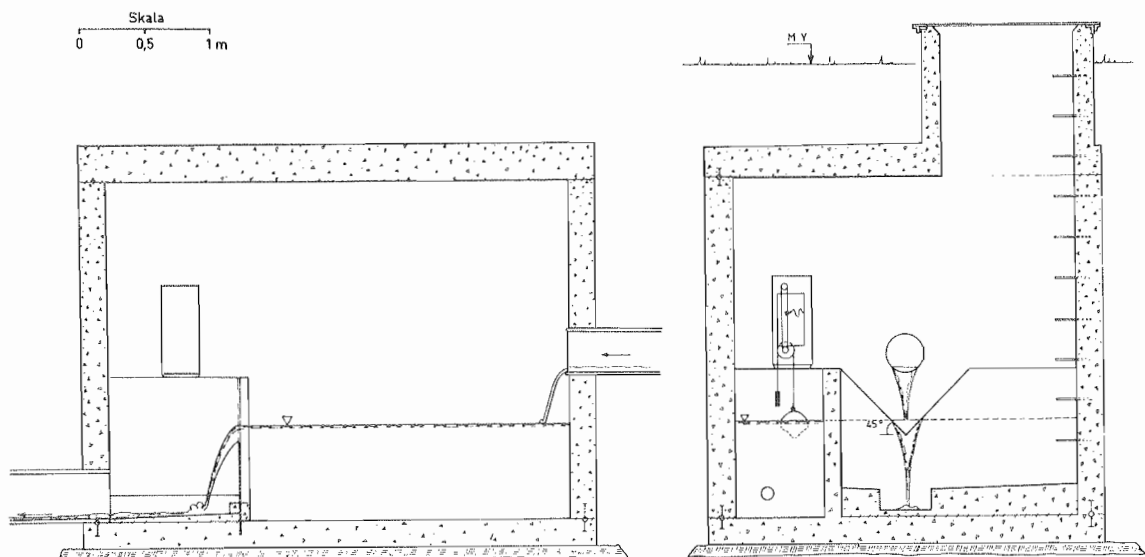


Fig. 24. Mätstation. *Measuring station.*

Provförvaring

Proven sänds per post och når vanligen laboratoriet inom två dygn. Vattenprov förvaras vid 2-4 °C. Analyser utförs inom 14 dagar. Jordprover fryses till -10 °C före analysen.

ANALYSMETODER

Analysmetoderna överensstämmer i princip med svensk standard för vattenundersökningar (SIS), som har anpassats till automatisk analys.

Analysen görs antingen i obehandlat eller centrifugerat prov. Centrifugeringen sker i 20 minuter vid en rotorhastighet om minst 3.000 r per min.

Konduktivitet. Bestämning i obehandlat prov med mätbrygga och platinaelektrod. Mätning vid 20,0 °C.

pH. Potentiometrisk bestämning i obehandlat prov med en kombinationselektrod.

Permanganattal. Permanganattalet bestäms jodometriskt i centrifugerat prov i sur lösning och i närvaro av kaliumpermanganat. Uppvärmning på kokande vattenbad under exakt 20 min.

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

Nitrit. Nitrit bestäms i centrifugerat prov genom diazotering av sulfa-

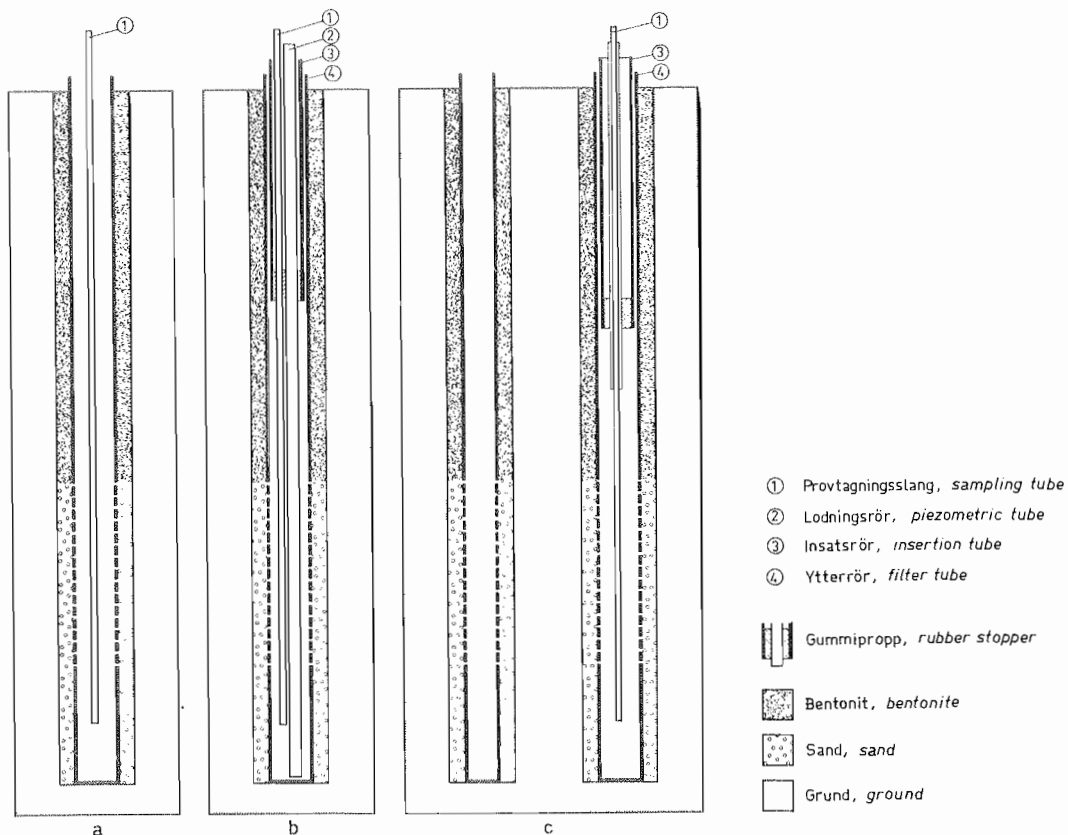


Fig. 25. Grundvattenrör. Groundwater pipe.

nilamid och koppling med N-(1-naftyl)-etylendiamin till ett azofärgämne. Automatisk analys med mätning av absorbansen vid 545 nm.

Nitrat. Nitrat+nitrit bestäms i centrifugerat prov efter reduktion av nitrat till nitrit med kadmiumamalgam i närvaro av ammoniumklorid. Nitritbestämning enligt ovan. Nitrat utgör skillnaden mellan nitrit+nitrat och nitrit.

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

Fosfat. Fosfat bestäms i centrifugerat prov genom tillsats av ammoniummolybdat under bildning av fosformolybdensyra, som med askorbinsyra reduceras till en blåfärgad förening i närvaro av antimon. Automatisk analys med mätning av absorbansen vid 880 nm. Efter våren 1983 har bestämning vanligen skett med hjälp av "flow injection"-analys. Färgreaktionen har skett med hjälp av hydrazinsulfat och absorbansen har mätts vid 620 nm.

Totalfosfor. Totalfosfor bestäms i obehandlat prov. Organiska och oorganiska fosforföreningar oxideras till ortofosfat med kaliumperoxodisulfat i sur miljö och under tryck i autoklav. Fosfatbestämning enligt ovan.

Kalium. Kalium bestäms i centrifugerat prov med flamfotometer. Extraktionen mäts vid 766,5 nm efter tillsats av cesiumklorid.

Natrium. Natrium bestäms i centrifugerat prov med flamfotometer. Extraktionen mäts vid 589,0 nm efter tillsats av cesiumklorid.

Kalcium. Kalcium bestäms i centrifugerat prov med flamfotometer. Extraktionen mäts vid 422,7 nm efter tillsats av lantanklorid.

Magnesium. Magnesium bestäms i centrifugerat prov med flamfotometer. Extraktionen mäts vid 285,2 nm efter tillsats av lantanklorid.

Alkalinitet. Alkaliniteten bestäms efter titrering med saltsyra genom kontinuerlig utdrivning av koldioxid och med en färgindikator som ger omslag vid pH 5,4.

Klorid. Klorid får reagera med kvicksilvertiocyanat och bildar kvicksilverklorid. Det frigjorda tiocyanatet reagerar med järn och bildar det färgade komplexet järntiocyanat, vars absorbans mäts vid 480 nm.

Sulfat. Efter fällning av sulfat i provet får överskott av bariumjoner reagera med färgindikatorn Thorin. Färgen på det bildade Thorinkomplexet mäts vid 520 nm. För att eliminera interferens från katjoner får provet passera en vätejonladdad katjonbytare.

Syrgas. Syrgas bestäms i sjövattnen enligt Ahlgren & Ahlgren (1975).

Klorofyll a. Klorofyll a bestäms i sjövattnen enligt Ahlgren & Ahlgren (1975).

Algers primärproduktion. Märkt vatten (14C, 4 µCi) med alkaliniteten 0,8 melev/l sätts till 100 ml glasflaskor. Exponering sker varannan meter till 3 m djup under ca fyra timmar. Ljusenergiinstrålningen µE/(m².s) bestäms med en kvantameter. De aktiverade vattenproven filtreras på cellulosanitratfilter (0,2 µ). Aktiviteten bestäms med scintillationsmetodik efter tillsats av Pugh's lösning (Samuelsson 1977). Den dagliga

^{14}C -assimilationen uträknas med hjälp av Tallings (1965) uttryck för förhållandet dagslängd/exponeringstid. Årsproduktionen uppskattas från dagliga instrålningsvärden vid Ultuna. Härvid används omräkningsfaktorn $1 \text{ mW/cm}^2 = 46 \mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ (Ahlgren 1977).

Eroderat material. Bestämning av eroderat material sker genom vägning efter filtrering med filter med $0,2 \mu\text{m}$ porstorlek.

Eroderad fosfor. Eroderad fosfor beräknas som skillnaden mellan totalfosfor i obehandlat prov och totalfosfor i vatten som filtreras genom filter med $0,2 \mu\text{m}$ porstorlek.

Jordartsammansättning. Jordartsammansättningen bestäms med pipettmetoden enligt Robinson & Richardsson (1933).

Nitrat och ammonium i jord. Jorden extraheras med KCl under omskakning under natten. Efter filtrering analyseras nitrat och ammonium enligt ovan.

Fosfor i jord. Lättlöslig fosfor (P-Al) och förrädsfosfor (P-HCl) bestäms enligt Egnér, Riehm & Domingo (1960).

Fenvalerat. Fenvalerat analyseras av SLL i Uppsala enligt Åkerblom (1978).

Cyanazin. Jordprov (5 g) eller vattenprov (100 ml) pH-justeras till 9,0 och extraheras med 10 ml toluen. Toluenefasen separeras av och indunstas till 0,5 ml. Analys sker med EC-detektor på gaskromatograf med en kolonn OV 101. Retentionstiden är 1,7 min. Detektionsgränser ligger omkring 5 ppb i jordprov och 1 ppb i vattenprov.

Beräkningar

Avrinning. Registreringspapperen från avrinningsmätningarna läses in i en dator över ett digitaliseringsbord. Inläsningen sker på ett sådant sätt att observationsfrekvensen blir ett värde per timme. Antalet vippningar respektive vattennivåer omräknas sedan till vattenföringsvärden. Den totalt avrunna vattenmängden i mm beräknas sedan för olika tidsperioder. Avrinningen från Örbäcken och Hedenlundaån beräknas med hjälp av avbördningskurvor. I Hedenlundaån tas därvid hänsyn till vattenståndet i Vadsbrosjön (Bjerketorp 1973).

Transport. Transporten från Flinkesta, Däntersta, Örbäcken och Hedenlundaån beräknas enligt följande: Ämneskoncentrationer varje dygn beräknas genom linjär integrering mellan provtagningstillfällena. Därefter beräknas transporten genom att multiplicera med respektive dygnsavrinning.

Transporten från rutförsök beräknas på följande sätt: Dygnsmedelvärden av halterna beräknas genom vägning mot de momentana flödena vid provtagningstillfällena. Näringsämnestransporten beräknas enligt formeln:

$$T = 10^{-2} \cdot A (q_1 \cdot c_1 + q_2 \cdot c_2 + \dots + q_n \cdot c_n) / (q_1 + q_2 + \dots + q_n)$$

där T är transporten i $\text{kg}/(\text{ha} \cdot \text{d})$, A är ytvattenavrinningen i mm/d , n är antalet observationer, c är koncentrationen i mg/l vid varje provtillfälle och q är den vid provtillfället momentana vattenföringen i l/s .

Summeringen av dygnstransporterna ger den totala yttransporten för provtagningsperioden.

Medelkoncentration. Medelkoncentrationer varje månad från Flinkesta,

Däntersta och Örbäcken beräknas genom att dividera den enligt ovan beräknade månadstransporten med månadsavrinningen.

REFERENSER

- Ahlgren, G. 1977. Growth of *Oscillatoria agardhii* in chemostate culture. 1. Nitrogen and phosphorus requirements. *Oikos* 29, 209-224.
- Ahlgren, I. & Ahlgren, G. 1975. Methods of water - chemical analyses compiled for instruction in limnology. Stencil, Inst. of Limnology, Uppsala.
- Bjerketorp, A. 1973. Några metoder för avkortad mätning och beräkning av flöde i små vattendrag. Stenciltryck nr 60. Avd. för hydroteknik, Lantbrukshögskolan.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes die Böden. II Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kunigl. Lantbrukshögsk. Ann.* 1960. 194-215.
- Gandahl, R. 1957. Bestämning av tjälgräns i mark med en enkel typ av tjälgränsmätare. *Grundförbättring* 10, 7-19.
- Mattsson, L. & Brink, N. 1980. Gödslingsprognoser för kväve. *Inst. Markvet. Växtnäring, Rapport* 139, 1-30.
- Pedersen, E.F. 1983. Draenvandsundersökelse 1971-81. *Statens Planteavlsforsög Beretning* nr 5, 1667.
- Robinson, G.W. & Richardson, M. 1933. The dispersion of soils in mechanical analysis. *Imp. Bur. Soil Sci. Tech. Comm.* 26, 27-28.
- Samuelsson, B. 1977. Mätning av primärproduktion med scintillationsteknik. *Naturvårdsverkets limnologiska undersökning information* 15.
- Sandsborg, J. 1969. Local rainfall variations over small, flat cultivated areas. *Tellus* 5, 673-684.
- Sandsborg, J. 1972. Precipitation measurements with various precipitation gauge installations. *Nordic Hydrology* 3, 80-106.
- Talling, J.F. 1965. The photosynthetic activity of phytoplankton in East African lakes. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 50, 1-32.
- Åkerblom, M. 1978. Determination of pyrethroid residues in fruit, cereals and oily crops. Fourth international congress of pesticide chemistry IUPAC 1978.

NITROGEN AND PHOSPHORUS TO SURFACE WATER FROM CROP RESIDUES

Barbro Ulén

Abstract. The possibility for nutrients to leach from frozen and dried grass and rape was measured in laboratory experiments. After one freezing about 0.2 mg total phosphorus could be washed from one gram of ley forage (dry weight). This corresponded to 0.7 kg/ha. After drying the losses were even greater. Phosphorus losses from rape were in the same order of magnitude.

The nitrogen losses varied widely. Frozen plants may be a source of nutrients, especially phosphorus, in surface water during winter.

INTRODUCTION

Manure and fertilizers leaching into water from arable land have long been regarded as a pollution hazard, possibly resulting in important phosphorus losses via erosion. A plant cover may, however, also be a source of nutrient losses. Nutrients may be leached from plant material by rain. This was first investigated by Harley, Moon & Regeimbal (1951) and later, among others, by Sharpley (1981). The leaching may follow after freezing and nutrients from plant material may be washed out and disappear in surface runoff. Laboratory investigations in this respect were made by Timmons, Holt & Latterall (1970) who measured the leaching from alfalfa, bluegrass, barley straw and oats straw. The effect of freezing was also studied by Uhlen (1979) who measured higher nutrient concentrations in plots with plant cover than in plots without.

MATERIALS AND METHODS

Plant material was collected from a ley in central Sweden in February 1983 and October 1983. All material above the ground, dead and living, was collected quantitatively. Rape was collected from the south of Sweden in October 1983 and in February 1984. The material consisted of plants after the roots had been off.

The plant material was divided into 10 g (wet weight) portions, which were treated in three different ways. Set A was frozen for 24 hours at -10°C , thawed and washed with 200 ml water for one hour. Set B was directly washed. Set C was dried at room temperature so that the material was completely dry and was then washed. The leached water was filtered (Faltenfilter Mn 619 G 1/4) and phosphate phosphorus, total phosphorus, nitrate and total nitrogen were then measured using methods described by Brink, Gustafson & Persson (1978). There were two parallel trials for each step of the treatment. Repeated treatments followed in twelve steps:

Step	Set A	Set B	Set C
1	Freezing and washing	Washing	Drying and washing
2	"	"	Freezing and washing
3	"	"	"
4	"	"	Drying and washing
5	"	"	Freezing and washing
6	"	"	"
7	"	"	"

Table 1. Nitrogen and phosphorus contents (percent of dry weight) in plant material.

Studies	Nitrogen	Phosphorus
Ley, clover, grass or hay		
This study Feb 1983	-	0,43
This study Oct 1983	2,0	0,31
Others ^a	1,6-3,7	0,20-0,69
Winter rape		
This study Oct 1983	3,5	0,48
This study Feb 1984	5,7	0,68
Others ^b	2,4-5,9	0,23-0,41

^aChojnacki & Boguszewski (1971), Gross & Jung (1981), Johansson & Sanne (1974), Kozhakmetov (1972), Lampeter & Rotschke (1973), Tabaszewski (1980), Tomka & Lihan (1975). ^bSheppard & Bates (1974), Zimowska & Iskierko (1976).

Step	Set A	Set B	Set C
8	Freezing and washing	Freezing and washing	Freezing and washing
9	"	"	"
10	"	"	"
11	"	Drying and washing	Drying and washing
12	"	Freezing and washing	Freezing and washing

The effect of different washing water was investigated with the ley material. In parallel trials it was washed with distilled water and with "artificial melting water", the later consisting of water of pH 5 and conductivity around 40 mS/m. The results were very similar and subsequently distilled water was always used.

The plant material was analysed for Kjeldahl nitrogen and total phosphorus before and after the end of the experiment at the National Laboratory for Agricultural Chemistry (SLL).

RESULTS

In February 1983 and October 1983 the ley plant material consisted to 30 and 60 percent respectively of dead material. The living material was a mixture of clover and grass with grass as the main component. The nitrogen and phosphorus contents before the experiments are given in Table 1.

The phosphorus contents of rape were relatively high compared to figures found in the literature. The nitrogen content of rape and the phosphorus and nitrogen contents of the ley seem to correspond to normal levels (Table 1). The plant material collected in February was in good condition and had a higher nutrient content than in October.

The leaching of nutrients was very similar in parallel trials. However, great differences resulted from the different treatments (Table 2). Freezing or drying of the plant material before the leaching always caused greater nutrient losses than leaching alone. A lot of phosphorus was washed out after freezing and especially after drying. Most of the phosphorus was phosphate. Proportionally less nitrogen than phosphorus was lost.

Table 2. Nitrogen and phosphorus losses in mg per g dry weight and in percent of initial plant content after different treatments in the first experimental step.

Treatment	Ley Feb-83		Ley Oct-83		Rape Oct-83		Rape Feb-84	
	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%
Total nitrogen								
Freezing and washing	-	-	0.15	0.8	1.6	4.6	0.97	1.7
Washing	-	-	0.03	0.2	0.20	0.6	0.31	0.5
Drying and washing	-	-	0.19	1.0	1.5	4.3	0.60	1.1
Total phosphorus								
Freezing and washing	0.11	2.5	0.34	11.0	0.23	4.8	0.26	3
Washing	0.03	0.7	0.05	1.6	0.05	1.3	0.05	0.7
Drying and washing	0.66	15.7	1.01	32.6	0.35	7.3	2.10	30.9

Repeated freezing with subsequent leaching caused further nutrient losses (Figs. 1 and 2). The amounts washed out, however, successively became less and in most cases were unimportant after 8-10 treatments. Drying the material at the beginning of a series of treatments caused a large nutrient loss, but drying at the end of a series caused only a small loss.

The total nitrogen and phosphorus losses after the plant material had been emptied of most of the leachable nutrient contents are given in Table 3. Totally, nearly half of the original phosphorus was washed from the ley. More nitrogen could be washed from the rape than from the ley. The losses from the rape harvested in October were twice as much as from the rape harvested in February in spite of higher nitrogen contents in the latter. The phosphorus losses, however, were independent of the time at which the rape was harvested. Most of the initial total phosphorus content of the rape was lost.

DISCUSSION

Nitrogen losses were about the same while phosphorus losses were less than those found by Timmons *et al.* (1970) in similar experiments with alfalfa and bluegrass. The losses were also lower than in the experiments of Uhlen (1979). All experiments show that considerable amounts of nutrients can be leached from plant material. The freezing and drying in the laboratory imply a more severe treatment than the situation in nature. In addition, the plant material used was dead and the leaching therefore may be regarded as a measure of what is maximally possible. In table 4 the losses have been calculated from the mean values of the first steps in each set of treatments. The ley plant material had a mean dry weight of 2.7 tonnes/ha. The losses from rape have been calculated from a plant dry weight of 2 tonnes/ha. The calculated amount of phosphorus washed from plant material was even greater than the mean value of the phosphorus leached, 0.32 kg/(ha.a), measured from arable land in Sweden (Brink 1983). In comparison, nitrogen losses through freezing and drying seems to be less important.

Quantitative measurements of phosphorus losses through surface runoff from the same ley and from an adjacent ploughed field were made for three years (Ulen. In prep.) In one year the losses of phosphate phosphorus were the same as those on the ploughed land (0.2 kg/(ha.a)) but

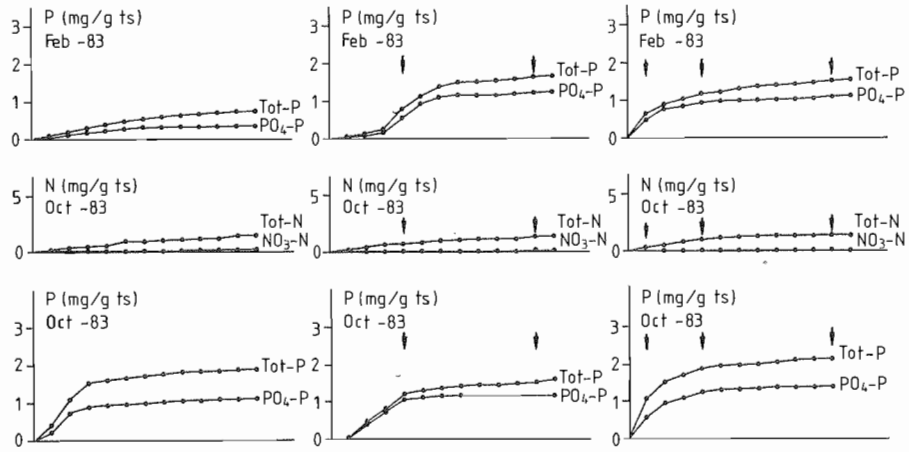


Fig. 1. Nitrogen and phosphorus losses from repeatedly frozen ley material. Arrows indicate drying.

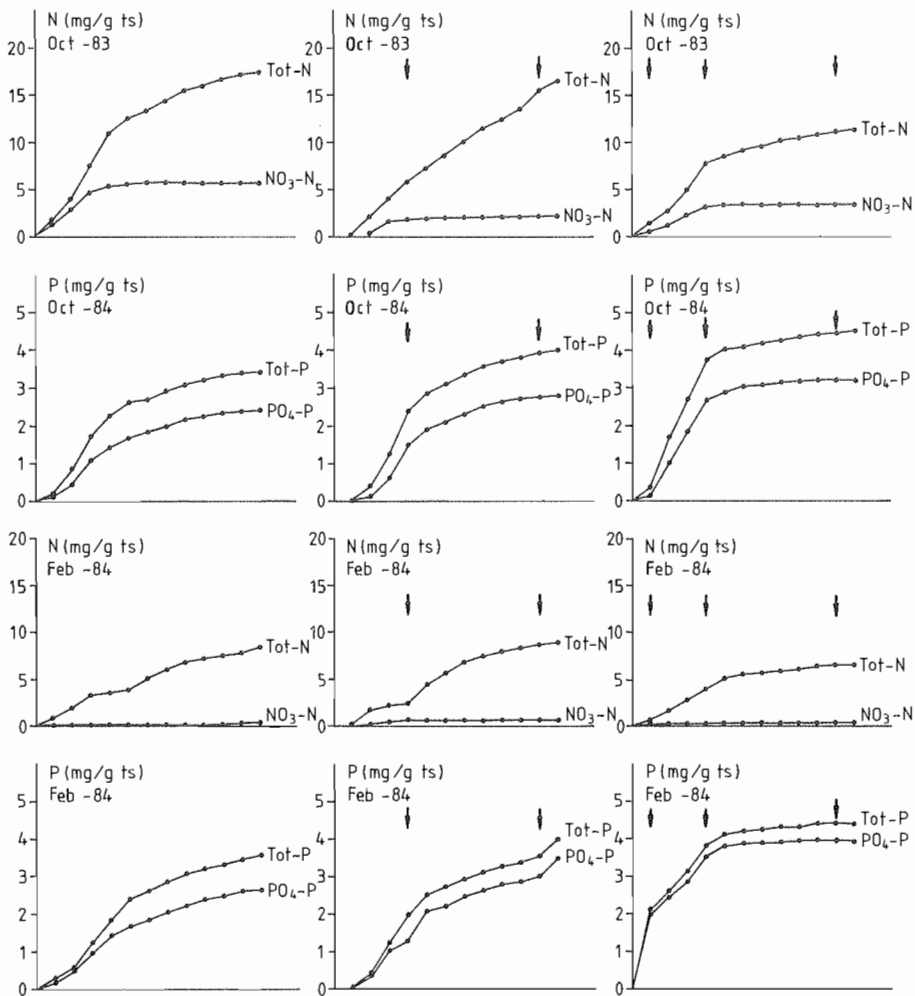


Fig. 2. Nitrogen and phosphorus losses from repeatedly frozen rape. Arrows indicate drying.

Table 3. Nitrogen and phosphorus losses, mg per g dry weight, and in percent of initial plant content after all twelve experimental steps.

Set	Ley Feb-83		Ley Oct-83		Rape Oct-83		Rape Feb-84	
	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%
Total nitrogen								
A	-	-	1,7	9	18	51	8,5	15
B	-	-	1,6	8	17	49	8,9	16
C	-	-	1,7	9	11	31	6,9	12
Total phosphorus								
A	0,7	16	1,8	58	3,4	71	3,5	51
B	1,7	40	1,6	52	4,0	83	4,0	59
C	1,6	37	2,1	68	4,5	93	4,5	66

Table 4. Calculated nitrogen and phosphorus losses (kg/ha) after one freezing or drying event.

Element	Contents	Losses after	
		Freezing	Drying
Ley			
Total nitrogen	54	0,4	0,5
Total phosphorus	10	0,7	2,4
Rape			
Total nitrogen	92	2,9	2,5
Total phosphorus	12	0,5	2,2

in two years the losses from the ley were larger. The largest difference was 0.15 kg/(ha.a) from the ley and 0.08 kg/(ha.a) from the ploughed field.

SUMMARY

Nitrogen and phosphorus losses from ley and from rape were investigated in three sets of trials when plant material was washed, frozen and dried. After freezing, and especially after drying, important amounts of nitrogen and phosphorus could be leached from the plant material. The nitrogen losses varied greatly between different crops and depending on the time it was harvested. Phosphorus losses varied less between the two plant materials. Using repeated treatments it was possible to wash most of the phosphorus out of the plant.

REFERENCES

Brink, N. 1983. Nutrients and organic matters from farmland and woodland. Ekohydrologi No. 14, 21-30.

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* No. 1, 1-60.
- Chojnacki, A. & Boguszewski, W. 1971. Contents of nitrogen, phosphorus and potassium in the main crop plants grown in Poland. *Pamięt. Pulawski* No. 50, 5-27.
- Gross, C.F. & Jung, G.A., 1981. Season, temperature, soil pH and Mg fertilizer effects on herbage Ca and P levels and ratios of grasses and legumes. *Agron. J.* 73, 629-634.
- Harley, C.P., Moon, H.H. & Regeimbal. 1951. The release of certain nutrient elements from simulated orchard grass mulch. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 57, 7-23.
- Johansson, V. & Sanne, S. 1974. Calcium and phosphorus in meadow fodder. *Lantmannen* No. 85, 18-19.
- Kozhakmetov, S. 1972. Mineral fertilizers, the uptake of nutrients by plants and the yields of mountain grassland in Uzbekistan. *Agrokimiya* 5, 100-103.
- Lampeter, W. & Rotschee, W. 1973. The effect of nitrogen application at different times on the forage yield, on the spread of forage growth over the year, and on some mineral and nutritive ingredients of pasture forage. *Arch. Acker Pflanzenbau Bodenk.* 17, 65-74.
- Sharpley, A.N. 1981. The contribution of phosphorus leached from crop canopy to losses in surface runoff. *J. Environ. Qual.* 10, 160-165.
- Sheppard, S.C. & Bates, T.E. 1974. Yield and chemical composition of rape in response to nitrogen, phosphorus and potassium. *Can. J. Soil Sci.* 60, 153-162.
- Tabaszewski, J. 1980. The effect of ground water level on the content of the more important mineral constituents in hay from meadows on the upper Lyna valley. *Zesz. Nauk. Art Olszt. Geodezja i Urzadzenia Rolne* 9, 289-297.
- Timmons, D.R., Holt, R.F. & Latterall, J.J. 1970. Leaching of crop residues as a source of nutrients in surface runoff water. *Water Resour. Res.* 6, 1367-1375.
- Tomka, O. & Lihan, E. 1975. The effect of varying rates of phosphorus fertilizer on the phosphorus content of herbage. *Ved. Pr. Vysk. Ustava Luk Pasienkov Banskej Bystrici* 10, 23-34.
- Uhlen, G. 1979. Virkning av planterester på smeltevattnets kemiske sammensetning. *Vann* 2, 140-143.
- Zimowska, K. & Iskierko, J. 1976. *Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska Sect. E Agric.* 31, 225-230.

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

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

Nr År Författare och titel. Author and title.

- | | |
|--|--|
| <p>1 1978 Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av växtnäring från åker. <i>Losses of nutrients from arable land.</i></p> <p>2 1978 Nils Brink och Arne Joelsson. Stallgödsel på villovägar. <i>Manure gone astray.</i>
Nils Brink. Kväveutlakning från odlingsmark. <i>Nitrogen leaching from arable land.</i></p> <p>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. <i>Self-purification studies of silage juice.</i>
Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsläckage på Kristianstadssläätten. <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></p> <p>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></p> <p>5 1979 Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo. Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo. <i>Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand.</i>
Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. <i>Losses of Nutrients from Forests.</i>
Nils Brink. Utlakning av kväve från agroekosystem. <i>Leaching of nitrogen from agro-ecosystems.</i>
Nils Brink. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen.</p> <p>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.</p> <p>7 1980 Nils Brink och Börje Lindén. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. <i>Where does the commercial fertilizer go.</i>
Barbro Ulén och Nils Brink. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbrosjön. <i>The importance of the environment for the primary production in Lake Vadsbrosjön.</i>
Arne Gustafson. Jordbruket och grundvattnet.
Nils Brink. Utlakningen av växtnäring från åkermark.
Nils Brink. Vart tar gödseln vägen.</p> <p>8 1981 Nils Brink. Förurning av grundvatten på åker. <i>Acidification of Groundwater on arable land.</i>
Rikard Jernlås och Per Klingspor. TCA-utlakning från åker. <i>Leaching of TCA from arable land.</i>
Arne Joelsson. Ytavspolning av fosfor från åkermark. <i>Storm Washing of Phosphorus from Arable Land.</i>
Arne Gustafson, Sven-Olof Ryding och Barbro Ulén. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. <i>Control of losses of nutrients from arable land and forest.</i></p> <p>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></p> <p>10 1982 Arne Gustafson och Arne S. Gustavsson. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. <i>Losses of nutrients in Västergötland and Östergötland.</i>
Barbro Ulén. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. <i>Losses of nutrients from arable land and forests in Södermanland.</i>
Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. <i>Nitrate, nitrite and pH in drinking water in Västergötland.</i></p> | <p><i>Östergötland and Södermanland.</i>
Lennart Mattsson och Nils Brink. Gödslingsprognoser för kväve. <i>Fertilizer forecasts.</i></p> <p>11 1982 Barbro Ulén. Vadsbrosjöns närsaltsbelastning och trofinivå. <i>The nutrient load and trophic level of Lake Vadsbrosjön.</i>
Arne Andersson och Arne Gustafson. Metallhalter i dräneringsvatten från odlad mark. <i>Metal contents in drainage water from cultivated soils.</i>
Arne Gustafson. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige.
Barbro Ulén. Erosion av fosfor från åker. <i>Erosion of phosphorus from arable land.</i>
Rikard Jernlås. Kväveutlakningens förändring vid reducerad gödsling.
12 1982 Nils Brink och Rikard Jernlås. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. <i>Leaching after spreading of liquid manure in autumn and spring.</i>
Gunnar Fryk och Thord Ohlsson. Infiltration av lakvatten från malda sopor. <i>Leachate migration through soils.</i>
Nils Brink. Measurement of mass transport from arable land in Sweden.
Arne Gustafson. Leaching of nitrate from arable land into groundwater in Sweden.</p> <p>13 1983 Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Yttransport av växtnäring från stallgödslad åker. <i>Surface transport of plant nutrient from field spread with manure.</i>
Rikard Jernlås. TCA-utlakning på lerbjord. <i>Leaching of TCA on a clay soil.</i>
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. <i>Losses of nutrients at Öjebyn.</i>
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. <i>Losses of nutrients at Röbbäcksdalen.</i>
Rikard Jernlås och Per Klingspor. Nitratutlakning och bevattning. <i>Drainage losses of nitrate and irrigation.</i></p> <p>14 1983 Arne Gustafson, Lars Bergström, Tomas Rydberg och Gunnar Torstensson. Kvävemineralisering vid plöjningsfri odling. <i>Nitrogen mineralization in connection with non-ploughing practices.</i>
Rikard Jernlås. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat i lerbjord. <i>Decomposition and mobility of fenvalerate in a clay soil.</i>
Nils Brink. Jordprov på hösten eller våren för N-prognoser. <i>Soil sampling for nitrogen forecasts.</i>
Nils Brink. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. <i>Nutrients and organic matters from farmland and woodland.</i>
Nils Brink. Gödsel användningens miljöproblem.</p> <p>15 1984 Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Växtnäringsförluster runt Ringsjön. <i>Nutrient losses in the Ringsjö area.</i>
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Fånggröda efter korn. <i>Catch crop after barley.</i>
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster från åker i Nybroåns avrinningsområde. <i>Losses of nutrients from arable land in the Nybroån river basin.</i>
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Vagle. <i>Losses of nutrients at Vagle.</i>
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Offer. <i>Losses of nutrients at Offer.</i></p> <p>16 1984 Arne Gustafson, Arne S. Gustavsson och Gunnar Torstensson. Intensitet och varaktighet hos avrinning från åkermark. <i>Intensity and duration of drainage discharge from arable land.</i></p> <p>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 Arne Gustavsson. Förluster av växtnäring från sandjord. <i>Losses of nutrients from sandy soils.</i>
Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Boda. <i>Losses of nutrients at Boda.</i>
Nils Brink. Vattenföreningar från tippen i Erstorp – ett rättsfall.</p> |
|--|--|

DISTRIBUTION:

Pris: 25:–

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för vattenvård
750 07 UPPSALA, Sweden

Tel 018-17 24 60

