

**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

# **Förluster av växtnäring från åker**

Losses of nutrients from arable land

**Nils Brink, Arne Gustafson  
och Gösta Persson**

---

**Ekohydrologi 1**

**Uppsala 1978**

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

ISBN 91-7088-823-X

ISSN 0347-9307

#### ANMÄLAN

Avdelningen för vattenvård vid lantbrukshögskolan har sedan 1970 utgivit stencilserien *Vattenvård*. Det har visat sig att namnet inte täcker avdelningens verksamhet och därmed inte heller seriens innehåll. En mer adekvat benämning är hydrologisk ekologi eller ekologisk hydrologi. Vi har stannat för *Ekohydrologi*, som säkert förstås bättre än *Vattenvård* också i andra länder än de nordiska.

Tidpunkten för namnändringen är vald med tanke på att lantbrukshögskolan 1 juli 1977 gick upp i Sveriges lantbruksuniversitet.

#### NOTIFICATION

The Division of Water Management at the Agricultural College of Sweden has published the duplicated series *Vattenvård* since 1970. It appeared that the title did not cover the Section's activities, nor indeed the subject matter of the series. A more appropriate title would be "Hydrological ecology" or "Ecological hydrology". We decided on the shorter term *Ekohydrologi*, which is surely better understood than the word *Vattenvård* in other countries than Scandinavia.

The date of the change of title was chosen bearing in mind the incorporation of the Agricultural College of Sweden into The Swedish University of Agricultural Sciences on July 1st, 1977.

## INNEHÅLL

Anmälan	ii
Notification	ii
Förord	iii
Summary	1
INLEDNING	3
DENNA UNDERSÖKNING	5
Allmänt	5
Mål	5
Medel	5
MATERIAL OCH METODER	5
Fältutrustning	5
Analysmetoder	7
Beräkningsmetoder	8
Agrohydrologiskt år	8
FÖRSÖKSFÄLT	8
Allmänt	8
Öjebyn	10
Offer	12
Sandbro	14
Flinkesta	16
Hassla	18
Furåsa	20
Karstorp	22
Hälleberg	24
Kärrdala	26
Näsbygård	28
GRÖDA SKÖRD GÖDSEL	30
RESULTAT	32
Hydrologiska förhållanden	32
Kväve	37
Fosfor	45
Kalium	49
Konduktivitet	50
Surhetsgrad (pH)	52
Permanganattal	54
DISKUSSION	57
SAMMANFATTNING	57
LITTERATUR	59

## FÖRORD till första upplagan

Försöksavdelningen för vattenvård inrättades 1972. Avdelningen startade då en försöksverksamhet med huvuduppgiften att fastställa utlakningen av växtnäring från åker till yt- och grundvatten. Två slag av försök bedrivs i denna sak, nämligen rutförsök och skiftesförsök. Denna rapport gäller skiftesförsöken och är den första sammanhållna redogörelsen för verksamheten. Arbetet har utförts i samverkan med Sveriges geologiska undersökning (SGU).

Ansvarsfördelningen mellan författarna är följande: Nils Brink och Arne Gustafson svarar för uppläggning jämte värdering av det ekohydrologiska datamaterialet och Gösta Persson för geologisk kartering och för åldersbestämning av grundvattenet.

I arbetet har deltagit Stefan Ekberg, Arne Joelsson, Ingegärd Jonsson och Annelie Löthman vid avdelningen för vattenvård, Thomas Aneblom och Leif Carsrud vid SGU, Britta Myrvik och Peter Wigren vid lantbruksuniversitetets konsulentavdelning och värdar och observatörer på försöksgårdarna.

1978-01-01

## FÖRORD till andra upplagan

I den första upplagan finns ett större och några smärre fel. De har rättats i denna upplaga. Det större felet gällde fig. 24 b om bevattningen i Kärrdala. Rättelsen innebär ingen omvärdering av slutsatserna.

1978-01-25

# FÖRLUSTER AV VÄXTNÄRING FRÅN ÅKER

## *Losses of nutrients from arable land*

### SUMMARY

Earlier investigations in Sweden concerned large runoff areas with a combination of forest, arable land and settlement. Serious difficulties arise in the calculation of the contribution of different matters from various sources. Such problems can be avoided by means of direct measurements. In this investigation the contributions were measured direct.

This investigation is to provide a basis for assessment of the risks of water pollution by fertilization in ordinary agriculture, and for recommendations for avoidance of water pollution.

A network of stations will cover different parts of Sweden. The purpose is 15 reference fields. This report deals with 10. The fields have covered drains as a rule. There are ground water pipes for sampling and measurement of pressure. Precipitation and runoff are recorded. Surface, drainage and ground water are analysed for nitrogen, phosphorus, potassium, conductivity, pH, and permanganate value. The age of the water was determined with the help of tritium analysis.

The reference fields are described with regard to location, agricultural practices, geological and hydrological conditions, crop, fertiliser, and harvest.

The concept "agrohydrological year" was introduced. It covers the period 1 July - 31 June and is described as e.g. 73/74.

There was a positive connection between precipitation and runoff. A maximum of 330 mm and minimum of almost 0 mm runoff through the covered drains in one year. Between 300 and 500 mm went elsewhere, some to the ground water and probably most to the air.

The ground water pressure provides information on water flow, which was usually downward. On two experimental fields strong upward currents were found. This implied inflow from neighbouring ground. The influence on the nutrient flow, however, is marginal, for the content in the ground water is negligible.

The water in the experimental fields is in most cases converted fairly rapidly. Ground water older than 25 years was found in two places. Otherwise ages of one or a few years are involved.

The dominant nitrogen fraction was usually nitrate, which in surface and runoff water showed annual means between 1.0 and 26 N mg/l, and in ground water between 0.0 and 61 N mg/l. The nitrite content was small. When assessed for drinking, most of the runoff water and approximately 50% of the ground water was of bad standard.

Concerning nutrient content in runoff water there was a considerable variation during the year. A high nitrate content often occurred in connection with the autumn and spring floods. Overdoses of farmyard manure may have a persisting influence on the water quality. The nitrate content of the ground water also seems to vary regularly according to the season, to an extent increasing with depth.

A rise in the ground water pressure in pure clays often led to increased nitrate content in the water. One interpretation is that parts of a diffuse double layer around the clay particles are sheared away when the hydrodynamic pressure, and consequently the water velocity, increase.

As expected, the soil is important for the protection of the ground water. Thick clay layers provide a good shield, silt soils are not reliable, and sandy soils are a poor protection for the ground water.

Nitrate reduction may be significant, but should not be confused with accumulation in double layers.

The transport of nitrogen (mostly nitrate) by runoff water varied between 0,0 and 86 N kg/(ha·year), or between 12 and 86 N kg/(ha·year) if the dry agrohydrological year 75/76 is disregarded.

The transport of nitrate co-varied with the annual runoff. Nevertheless there was no connection between the leached and the fertilised amount, depending on the intercorrelation of crop and quantity of fertilizer, i.e. the doses of fertilizer were adapted to the needs of the crop.

The connection between precipitation and leaching out of nitrate was used to provide a fertilizer prognosis for nitrogen.

More than half of the total phosphorus consisted of phosphate phosphorus, which in surface water and runoff varied between 0.005 and 0.521 P mg/l, and in the ground water between 0.006 and 0.146 P mg/l, all quoted as annual means for diverse sample sites.

High phosphate values could depend partly on erosion partly on fertilization with farmyard manure.

The transport of phosphorus varied between 0.01 and 2.2 P kg/(ha·year).

The averages for potassium ranged from 0.9 to 26.8 K mg/l. The majority lay in the interval 2-5 mg/l. The content in the water usually increased with depth, which may be explained by diminishing availability for the plants and decelerating water conversion.

The transport of potassium amounted to between 0.0 and 84 K kg/(ha·year). Farmyard manure and irrigation contributed to the high degree of leaching in one case.

The conductivity varied both regionally and locally over a wide range, from 130 up to 1.540  $\mu$ S/cm in annual average. The vertical pattern of variation is highly diverse. Common and divergent features are discussed.

The range of variation in pH was 3.5 to 8.7. The values for most of the fields lay between 7.0 and 8.3. The connection with buffer capacity, acidification, nitrification, and other soil processes is discussed.

The permanganate value was used as a measure of organic matter. It varied between 5 and 115  $\text{KMnO}_4$  mg/l. As a rule, the content decreased with depth. Divergencies appeared on inflow from neighbouring woodland, from peat in the experimental field or from farmyard manure. The type of soil is very important.

## INLEDNING

Koncentrering av animalieproduktionen och ökat bruk av handelsgödsel i jordbruket har påtagligt ökat risken för förorening av ytvatten och grundvatten. Faran är att inlandsvattnen snabbare växer igen och att grundvattnet blir obrukbart som dricksvatten.

Jordbrukets bidrag till vattenföroreningarna och dess relation till andra föroreningskällor har behandlats på många håll i världen. Läget 1970 framgår av en litteratursammanställning av Brink & Gustafson (1970). De skiljer på bidrag från åkermark och från byggnader.

Av sammanställningen framgår att det i Sverige finns ett omfattande datamaterial om transporten av växtnäring från stora områden. Detta material ger emellertid endast i ytterst begränsad omfattning besked om tillskottet från de enskilda källorna. Gödslingsintensitetens betydelse för utläckningen kan inte utläsas annat än för rötslam. Inte heller är mer än jordbruksdistrikten i Mellansverige representerade. Renodlade jordbruksområden är mycket sparsamt företrädda.

Läckaget av växtnäring från byggnader inom jordbruksföretaget har mest med foder- och gödselhantering att göra. De två viktiga källorna är siloanläggningar och djurstallar. Det är svårt att få ett grepp om bidraget från dessa. Lokala förhållanden är helt avgörande.

Den ovan beskrivna situationen i Sverige går igen i många andra länder. Detta framgick vid ett seminarium i Wien 1973 med temat förorening av vatten från jordbruk och skogsbruk (ECE 1974; Brink 1975). Seminariet anordnades av Europeiska ekonomiska kommissionen inom Förenta Nationerna.

Under 1970-talet har ett stort antal undersökningar redovisats. Våra egna arbeten är förtecknade i serien Vattenvård (se omslagets insida av detta nummer). Ett arbete om utlakning av näringsämnen från åker redovisas av Wiklander & Hallgren (1971) och ett om utlakning av kväve av Bertilsson (1977). Naturvårdsverkets limnologiska undersökning har i ett flertal skrifter behandlat frågan om jordbrukets bidrag vid eutrofieringen av inlandsvattnen. Ahl & Odén (1975) har gjort en översikt.

I Finland har en omfattande undersökning gjorts under åren 1962-1968 (Särkkää 1972).

I Danmark pågår sedan 1971 en omfattande verksamhet ifråga om utlakning från åker (Kofoed & Kjellerup 1970; Lindhard 1975; Hansen & Pedersen 1975; Larsen & Andersen 1977). Statens Planteavlsvforsøg (1976) har utgivit en skrift med korta sammanfattningar.

Också annorstädes arbetas intensivt med problemet om utlakning av växtnäring från åker. Här kan nämnas arbeten av Kolenbrander (1971, 1973, 1975), Gächter & Furrer (1972) och Chichester (1976).

Alla nämnda undersökningar gäller huvudsakligen ytvatten och dräneringsvatten. Jordbrukets inflytande på det djupa grundvattnet är betydligt sparsammare undersökt. I Norden har sådana ting behandlats av Lind (1971), Brink (1972), Lind & Pedersen och Pedersen & Lind (1976). De senare hänvisar till ett 20-tal arbeten som nästan alla utförts under 1970-talet. Också annorstädes i världen har problemet uppmärksamats (Pratt, Jones & Hunsaker 1972; Foerster 1973). I en amerikansk bibliografi (Summer & Spiegel 1974) om förorening av grundvatten har bara omkring 20 uppsatser av mer än 400 anknytning till jordbruket (stallgödsel, handelsgödsel, pesticider, petroleumprodukter).

En i sammanhanget mycket viktig fråga är det hot mot atmosfärens ozonskikt som kvävehaltiga gödselmedel kan vara. Nitrat kan nämligen reduceras till kväveoxider i marken. Och dikväveoxid förstör ozon.

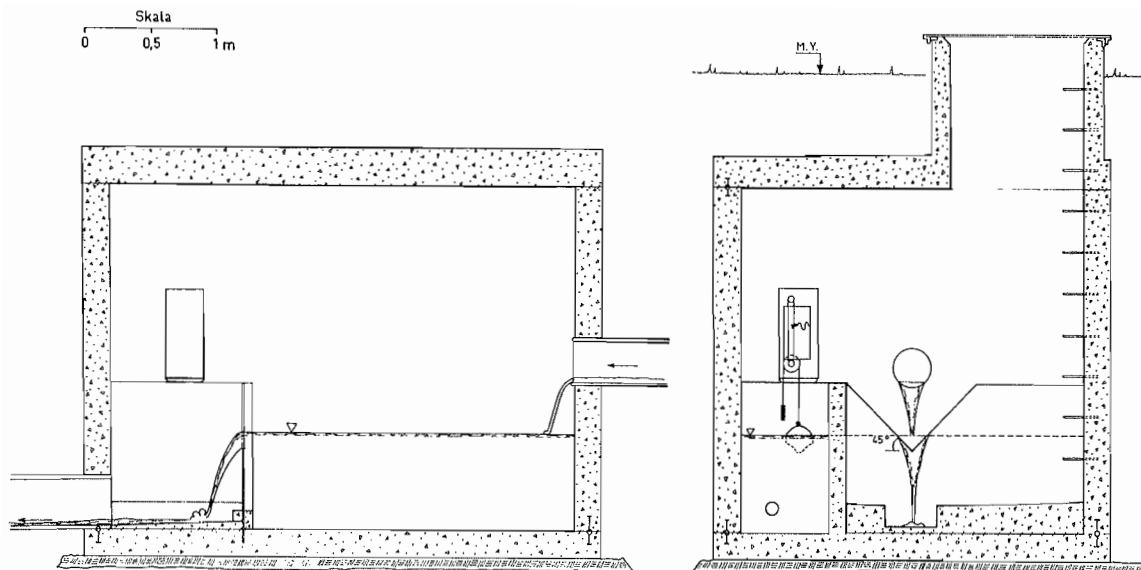


Fig. 1. Mätstation. *Measuring station with a triangular weir.*

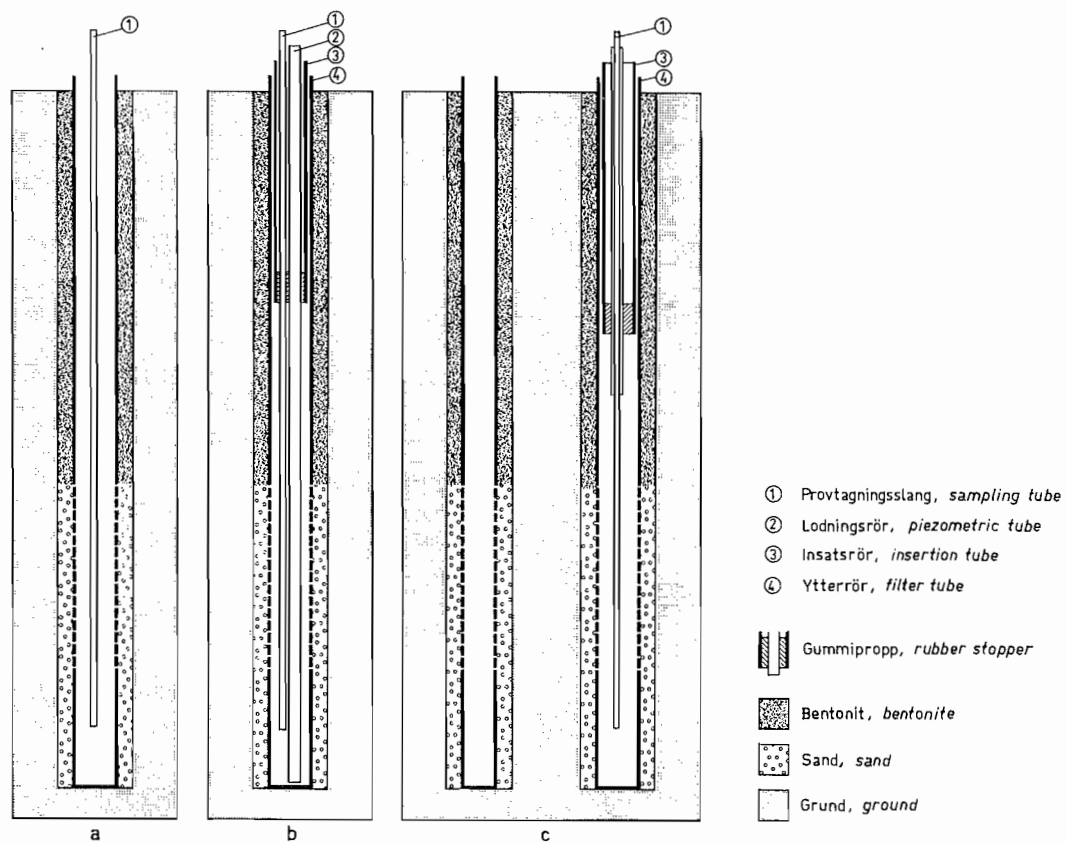


Fig. 2. Grundvattenrör. *Ground water tubes for sampling and for measuring of water pressure.*



# DENNA UNDERSÖKNING

## ALLMÄNT

Tidigare undersökningar i Sverige gäller stora avrinningsområden med skog, åker och bebyggelse blandet. Betydande svårigheter uppstår när bidraget från de skilda källorna skall beräknas. Differensräkning måste tillgripas. Dylika beräkningar är i regel behäftade med stora fel.

För att råda bot mot sådana svårigheter måste direktmätningar göras. Så är fallet i denna undersökning.

## MÅL

Undersökningen skall ge underlag för bedömning av riskerna för vattenförorening vid gödsling i ordinärt jordbruk och ge underlag för rekommendationer till undvikande av vattenförorening.

## MEDEL

Avsikten är att lägga ut ett stationsnät som skall täcka olika delar av Sveriges jordbruksområden. Målet är femton försöksfält. Alla är klara varav tre kom till 1976 och tre 1977. Denna rapport gäller tio (p. 9).

Försöksfälten är vanligen täckdikade. En station för mätning av avrinnande vatten har byggts på varje plats utom i Furåsa. På grund av svårigheter att där anlägga en mätstation avslutades undersökningarna därstädes i juni 1976.

Grundvattenrör har satts för mätning av vattentryck och för provtagning av vatten. Grundvattnets ålder har bestämts genom tritiumanalys som utförts av Laboratoriet för isotopteknik vid Naturhistoriska riksmuseet eller av Avdelningen för hydrologi vid Uppsala universitet.

Nederbörd och avrinning registreras. Dräneringsvatten och grundvatten analyseras fortlöpande vid eget laboratorium. Uppgifter om jordbearbetning, gröda, gödsling, kemisk bekämpning, bevattning och skörd insamlas årligen.

## MATERIAL OCH METODER

### FÄLTUTRUSTNING

#### *Nederbördsräknare*

Nederbörden mäts dels med en SMHI:s standardräknare dels med en av Bjerketorp (1970) modifierad specialräknare efter Sandsborg (1969, 1972). Den förra räknaren monteras på en stolpe den senare placeras i marknivå i ett stänggaller och omges av kortklippt gräs.

SMHI-räknaren används vintertid och då påfylls den med glykol för smältning av snön. Den avläses två gånger i månaden. Specialräknaren avläses en gång i månaden.

#### *Mätstation*

Avrinnande vatten från försöksfältet mäts med ett skibord. Det är inbyggt i en underjordisk betongkasun med utjämningsbassäng (fig. 1). Skibordet består av rostfri plåt med ett skarpkantat triangulärt urtag som har öppningsvinkeln  $90^{\circ}$  (enligt Thomson). Vattennivån i bassängen registreras kontinuerligt med en flottörpegel (Ott R 16). Mät-

bassängens storlek avpassas efter arealen.

Registreringspapperen insamlas en gång i månaden och utvärderas fortlöpande.

### *Grundvattenrör*

Grundvattenrör används dels för mätning av grundvattentryck dels för provtagning. Rören har utformats på tre olika sätt.

I alla tre slagen tas vattnet in på ett bestämt djup genom tvärgående slitsar i nedändan av röret. Rören sätts i spadborrade eller slag-na hål i grunden. Hålen görs dubbelt så vida som rören. Slitsarna om-ges 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.

*Gemensamt rör utan förträngning* (fig. 2 a). Vattenvolymen upp till den aktuella trycknivån varierar kraftigt. Vid länspumpning för varje provtagning måste en starkt varierande volym avlägsnas. Den tillrinnande mängden varierar lika mycket. Osäkerhet råder om jämvikt hinner återställas innan nästa avläsning av trycknivån. Alla rör av denna typ ersattes 1975 med någon av de två följande.

*Gemensamt rör med förträngning* (fig. 2 b). Förträngning har åstadkommits med en insats som passar väl i ytterröret. I insatsen finns ett fast rör för lodning och en fast slang för provtagning. Slangen kan kopplas till provtagningsutrustningen. Denna konstruktion betyder att vattenvolymen upp till den aktuella trycknivån varierar litet. Störning genom länspumpning har nedbringats väsentligt. Denna typ används i morän där kostsam rörslagning måste tillgripas (Furåsa och Näsbygård). Lodning av trycknivån, som sker med klucklod, kan vålla svårigheter genom att ljudet blir svagt.

*Skilda rör* (fig. 2 c). Här används ett tryckrör utan förträngning och ett provtagningsrör med förträngning. Denna har också här åstadkommits 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.

### *Provtagningsutrustning*

Grundvattnets trycknivå bestäms med ett klucklod. Detta består av en ca 100 mm lång mässingstav som är upphängd i ett måttband. Lodet är urgröpt i nederänden. När lodet når vattenytan uppstår ett kluckande ljud.

Grundvattenprov tas med en vakuumutrustning som består av en plastflaska och en handdriven vakumpump (Soilmoisture equipment corporation). Flaskan kopplas till slangen i grundvattenröret och evakueras därefter.

### *Provtagning*

Prov på ytvatten och dräneringsvatten tas i inkommande ledning till mätstationerna. Det sker två gånger i månaden för analys av nitrat och totalkväve och en gång i månaden för övriga analyser.

Prov på grundvatten tas en gång i månaden. Provtagningsrören länspumpas i regel tre dagar före själva provtagningen. Dessförinnan har trycknivåerna avlästs.

Proven samlas i två olika flaskor, nämligen en för bestämning av nitrat, totalkväve, totalfosfor och permanganattal och en för nitrit, ammonium, fosfat, kalium, pH och ledningstal. De förra proven konserveras med 1,25 M  $H_2SO_4$  (4 ml/l) och de senare med kloroform (1 ml/l).

Proven sänds per post och når vanligen laboratoriet inom två dygn, där de förvaras vid 2-4°C. Analysen utförs inom 14 dagar.

## ANALYSMETODER

### *Allmänt*

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

Analysen görs antingen i obehandlat eller centrifugerat prov. Centrifugeringen sker i 20 minuter, vid en rotorhastighet om minst 3 000 r per 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 sulfanilamid och koppling med N-(1-naftyl)-etylendiamin till ett azofärgämne. Automatisk analys med mätning av absorbansen vid 545 nm.

### *Nitrat*

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

### *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 flammfotometer. Extraktionen mäts vid 766,5 nm.

### *Konduktivitet*

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

### *pH*

Potentiometrisk bestämning i obehandlat prov med en glaselektrod.

### *Permanganattal*

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

## BERÄKNINGSMETODER

I resultatredovisningen förekommer ofta årsmedeltal för olika ämnen. De har för ytvatten och dräneringsvatten beräknats genom vägning mot avrinningen vid de enskilda provtagningstillfällena. För grundvatten anges de enkla aritmetiska medeltalen. Ifråga om pH anges variationsbredden.

Materialtransporten anges också för ett flertal ämnen. Den har beräknats som produkten av den totala årsavrinningen och det vägda medeltalet enligt formeln

$$T = \frac{A}{100}(q_1c_1 + q_2c_2 + \dots + q_nc_n)/(q_1 + q_2 + \dots + q_n),$$

där  $T$  är transporten i kg/(ha·år),  $A$  är årsavrinningen i mm,  $n$  är antalet observationer,  $c$  är koncentrationen i mg/l och  $q$  är vattenföringen i l/s.

Vid framräkningen av materialtransporten har för kongruensens skull använts ett enda analysvärde per månad eftersom det bara för nitrat finns två. Ifråga om inomårsvariationen av nitrattransporten har hela materialet utnyttjats. Härvid har först framräknats successiva vägda medeltal för analys i början och slutet av varje provtagningsperiod (ca 14 dagar). De erhållna värdena har därefter multiplicerats med den totala avrinningen under perioden. Summan för två sådana perioder utgör nitrattransporten för en månad. Med sorter som i föregående formel kan det uttryckas

$$T_n = \frac{A_{n1}}{100}(q_{n1}c_{n1} + q_{n2}c_{n2})/(q_{n1} + q_{n2}) + \frac{A_{n2}}{100}(q_{n2}c_{n2} + q_{m1}c_{m1})/(q_{n2} + q_{m1}),$$

där  $n$  är månad och  $m$  är månad  $n+1$ , och där siffrorna 1 och 2 i indices betyder provtagning i månadsskiftet resp. månadsmitten.

## 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 magasinsavvikelsen  $\Delta M$  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 av ovanstående införs benämningen *agrohydrologiskt år*. Det omfattar i vårt fall tiden 1 juli - 30 juni och betecknas t.ex. 73/74.

## FÖRSÖKSFÄLT

### ALLMÄNT

Stationsnätet har byggts ut efter hand med början 1972 (fig. 3). I sammanställningen nedan anges landskap, plats och gårdens driftsriktning.

<i>Landskap</i>	<i>Plats</i>	<i>Kreatur</i>
Norrbottnen	Öjebyn	nöt
Ångermanland	Offer	nöt
Uppland	Sandbro	inga (får)
Södermanland	Flinkesta	nöt
Östergötland	Hassla	inga
Östergötland	Furåsa	inga
Västergötland	Karstorp	nöt
Västergötland	Hälleberg	inga
Skåne	Kärrdala	nöt, svin
Skåne	Näsbygård	inga

Sandbro kan betecknas som kreaturslöst, ty fårskötseIn har liten omfattning i förhållande till gårdens storlek.

År 1976 anlades ytterligare tre försök, nämligen ett i vardera Östergötland (Stjärntorp), Halland (Skottorp) och Skåne (Vättinge) och 1977 ytterligare tre försök nämligen i Hälsingland (Boda), Värmland (Lökene) och Jämtland (Vagle). Därmed är stationsnätet utbyggt.

På alla försöksfält har satts grundvattenrör på två eller flera lokaler och till olika djup. Från och med 1975 finns på de flesta platserna särskilda rör för mätning av grundvattentryck och för provtagning. Rörens konstruktion framgår av metodkapitlet.

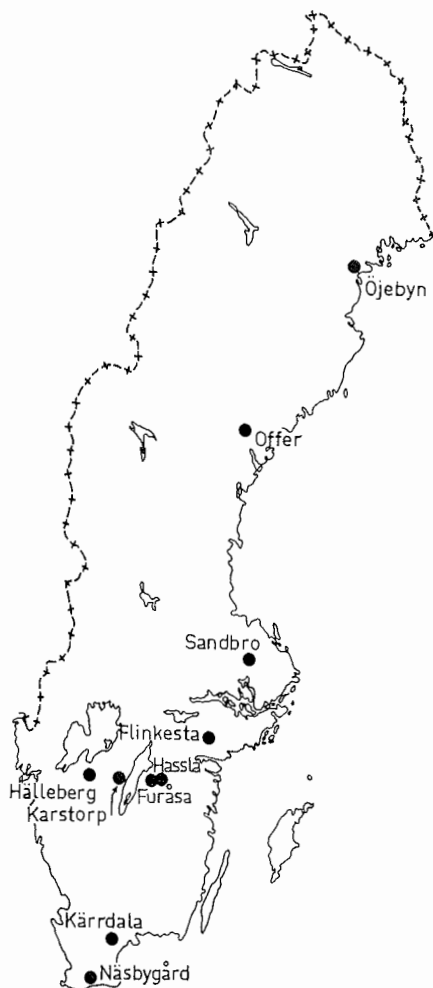


Fig. 3. Karta över försöksfälten.  
Map of the experiment fields.

## ÖJEBYN

### Försöksfält

Fältet tillhör Sveriges lantbruksuniversitetets försöksgård i Öjebyn strax norr om Piteå. Det är beläget vid Karlberg 3 km norr om Öjebyn.

Försöksfältet kantas i norr och väster av skog. Det sluttar därifrån ganska kraftigt mot dess lägre och planare delar i sydost. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
8,6	1975	1975	1975

Fältet hade under lång tid varit betesmark innan det täckdikades. Grenledningarna försågs med grusfilter. Två kalkällor utdikades separat. Vattnet därifrån leds bort genom täta ledningar. Avskärande dräneringsledningar med särskilda utlopp lades längs åkerkanten mot den angränsande skogsmarken. Ytvattenbrunnar finns, likaså särskilda rör för mätning av grundvattentryck. (Fig. 4 och 5.)

### Geologisk beskrivning

Försöksfältet ligger i en dalgång mellan moränklädda höjdryggar. Moränen är av sandig-moig typ. I dalgången är moränen överlagrad av sorterade sediment. Närmast över moränen finns varviga sediment med stort lerinslag. Dessa överlagras av ej varviga sediment som underst utgörs av lera och i de övre delarna av finmo, grovmo och sand. Sedimentens grovlek avtar i princip från grus och sand nära dalsidorna till grovmo och finmo ute i dalen.

Mäktigheten av de sorterade sedimenten på försöksfältet är troligen endast några meter.

### Grundvattenförhållanden

Grundvatten som bildas på moränhöjderna kring dalen strömmar ut mot denna. Huvudströmningen torde ske i de varviga sedimentens bottenskikt men vatten från kringliggande höjder torde även kunna röra sig ut mot dalen och försöksfältet i sedimenten över leran. Det grundvatten som påträffas i moränen och de varviga sedimenten härstammar med största sannolikhet nästan helt från omgivande moränterräng.

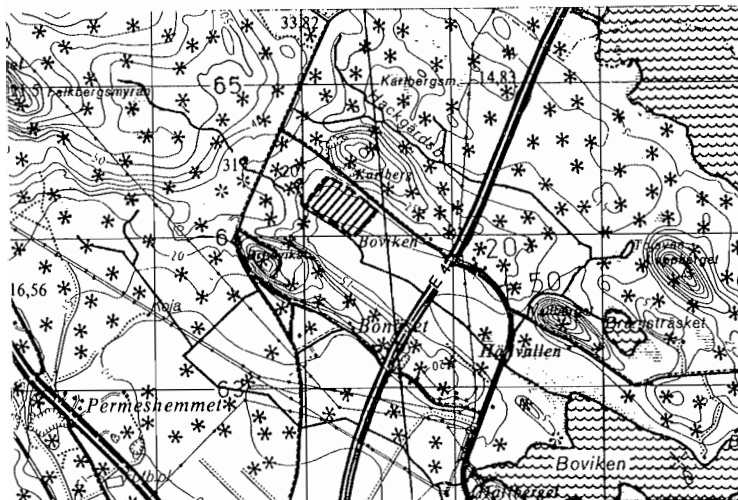


Fig. 2. Försöksfält med omgivning. *Experiment field and surroundings.*

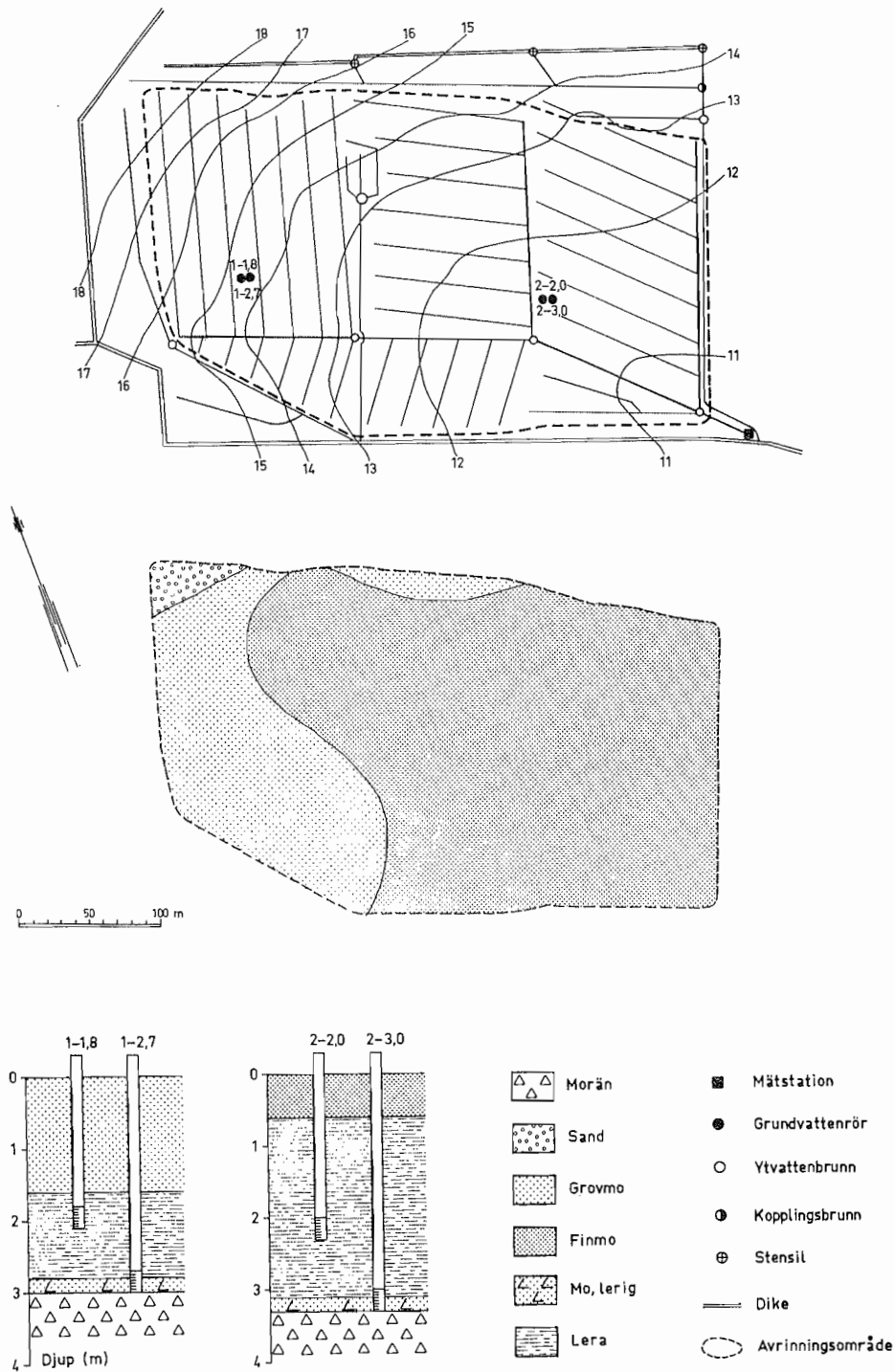


Fig. 3. Försöksfältet i Öjebyn. Täckdikesplan, geologisk karta och markprofiler. *Experiment field at Öjebyn. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*

Soil types: till, sand, fine sand, very fine sand, sandy clay loam, clay.

Signs: measuring station, ground water pipe, well, coupling-device, filter, open ditch, watershed.

## OFFER

### Försöksfält

Fältet tillhör Sveriges lantbruksuniversitetets försöksgård i Offer 25 km öster om Sollefteå (fig. 6).

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

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
4,5	1975	1975	1975

En extra ytvattenbrunn anlades 1976 i en svacka i övre delen av fältet. Då grävdes också grunda öppna fångdiken för ledning av ytvatten till mätstationen. Särskilda rör finns för mätning av grundvattentryck. (Fig. 6 och 7.)

### Geologisk beskrivning

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

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

### Grundvattenförhållanden

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

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

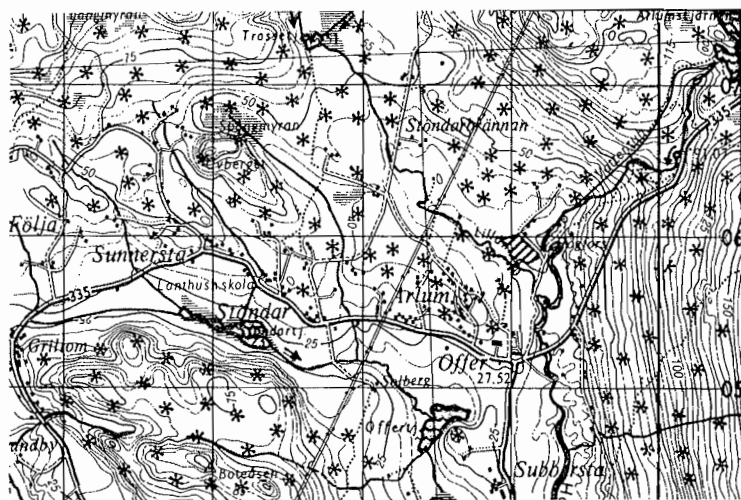


Fig. 8. Försöksfält med omgivning. Experiment field and surroundings.



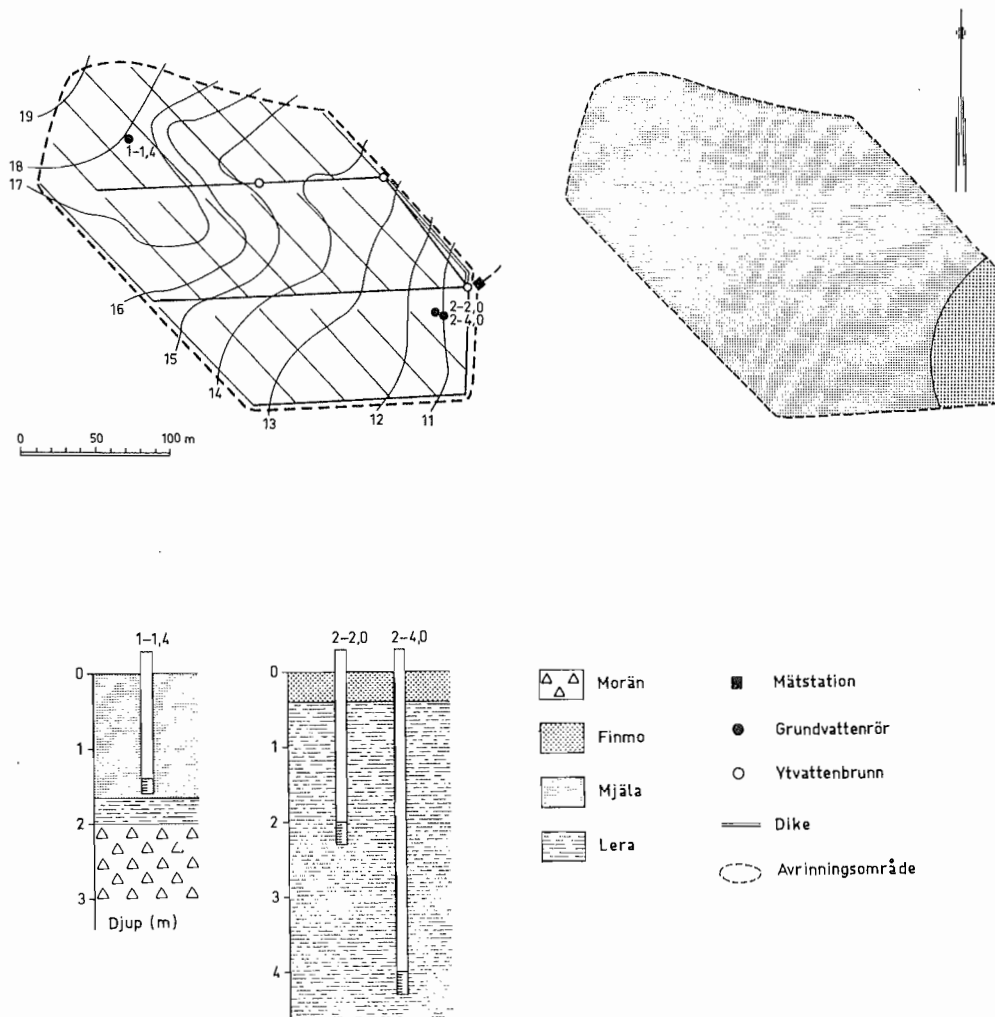


Fig. 9. Försöksfältet i Offer. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. *Experiment field at Offer. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*  
*Soil types: till, very fine sand, silt, clay.*  
*Signs: measuring station, ground water pipe, well, open ditch, watershed.*

*Försöksfält*

Fältet tillhör Sandbro säteri i Björklinge 20 km norr om Uppsala.

Försöksfältet gränsar i öster till europaväg E4 och i väster till Björklingeån. Det sluttar mot väster. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
14,0	1970	1975	1975

Ytvattenbrunnar finns, likaså särskilda rör för mätning av grundvattentryck. (Fig. 8 och 9.)

*Geologisk beskrivning*

Försöksfältet domineras av mer eller mindre väl sorterade sedimentära jordarter. Sedimentens mäktighet tilltar från öster mot väster. Den underliggande moränen, som är av sandig-moig typ, går upp i ytan på ett par mindre områden i fältets östligaste del. Vid mätrör 1-2,0 något hundratal meter öster om fältets mitt är djupet till moränen ca 3,5 m, medan vid en borrning ner till 5 m djup vid mätrör 2-4,0 i västra delen av fältet ingen morän påträffades.

I undre delen av sedimentserien ligger varviga ishavssediment. Dessa är i sina understa delar moiga och sandiga medan den övre delen kan betecknas som en varvig lera. Leran går i dagen i fältets centrala delar. Över den varviga leran har avsatts yngre sediment med varierande lerinnehåll. Stora variationer i lerhalt, kornstorleksfördelning och sorteringsgrad hos dessa sediment tyder på att de avsatts på grunt vatten med en relativt närbelägen svallningszon.

Gränserna mellan de olika jordartstyperna på kartan måste betraktas som schematiska. Övergångstyper mellan jordarterna förekommer, liksom successivt uttunnande och försvinnande lager.

*Grundvattenförhållanden*

Grundvattnets huvudströmning i området torde vara från öster eller nordost mot Björklingeån strax utanför fältets västkant. Strömningen torde framför allt ske i de grova bottenvarven underst i sedimentserien. Vattnet i dessa skikt härrör till allra största delen från nederbörd som fallit på områdena öster och nordost om fältet. Grundvatten som påträffas i övre delen av sedimentlager-serien torde dock härröra från nederbörd som fallit på fältet.

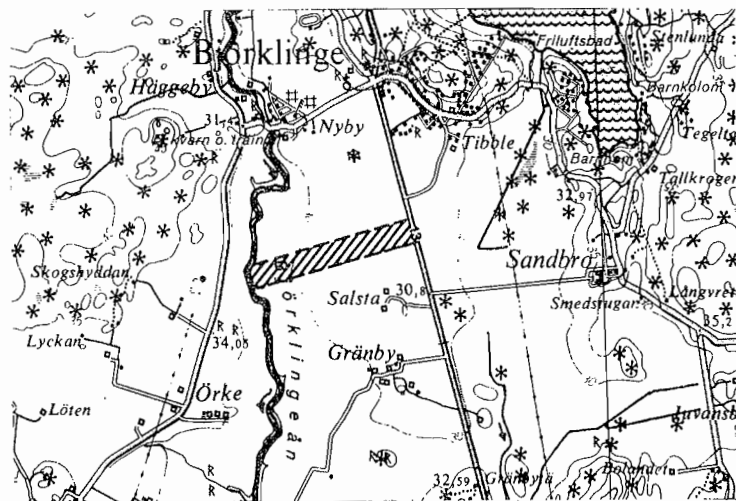


Fig.12. Försöksfält med omgivning. Experiment field and surroundings.

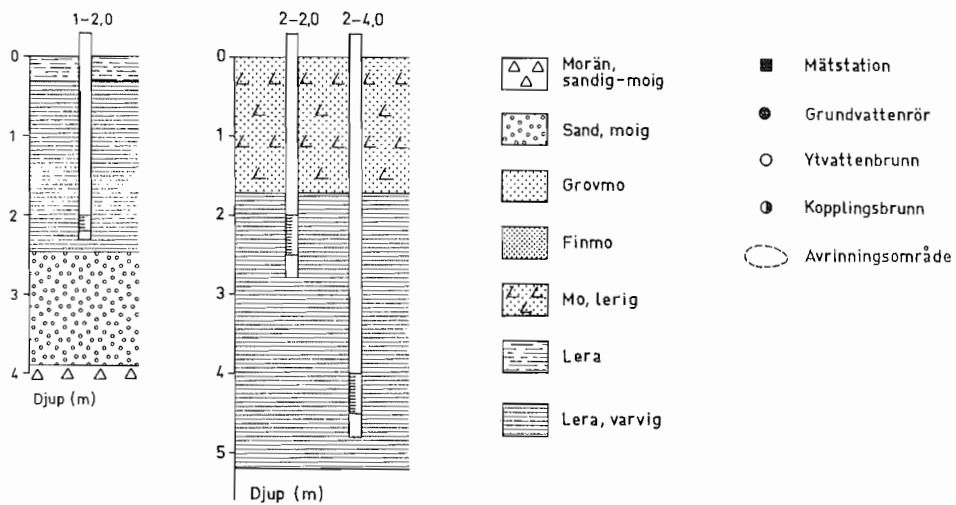
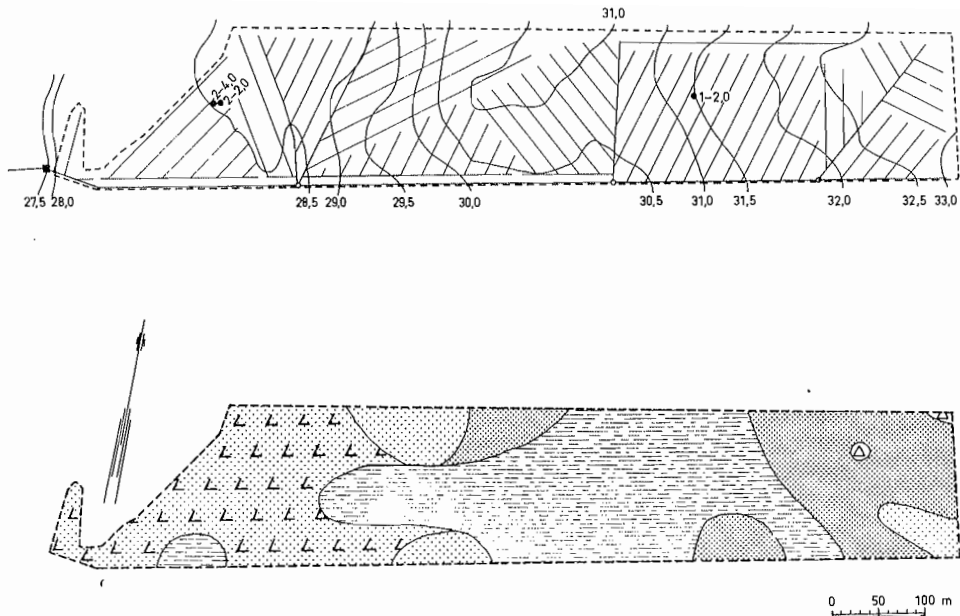


Fig. 13. Försöksfältet i Sandbro. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. *Experiment field at Sandbro. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*  
 Soil types: sandy till, sand, fine sand, very fine sand, sandy clay loam, clay, varved clay.  
 Signs: measuring station, ground water pipe, well, coupling-device, watershed.

## FLINKESTA

### Försöksfält

Fältet tillhör Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne. Det ligger invid Ekenäs 12 km söder om Flen.

Försöksfältet kantas i norr och väster av skog. Det lutar kraftigt mot sjön Långhalsen i söder. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
6,6	ingen	1972	1973, 1974, 1975

Ett öppet dike genom fältet ersattes 1972 med en ledning och ytvattenbrunnar. Ledningen mynnar i mätstationen. Mot skogskanten i norr och väst grävdes då också djupa avskärande diken. Från en kulle i sydväst avleddes ytvattnet genom en täckt ledning över försöksfältet.

Grundvattenrören sattes i följande tidsordning: 1-2,0, 2-2,2, 2-3,5 och 3-3,6 år 1973; 2-4,1 år 1974; separata tryckrör 1975. (Fig. 10 och 11.)

### 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.

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

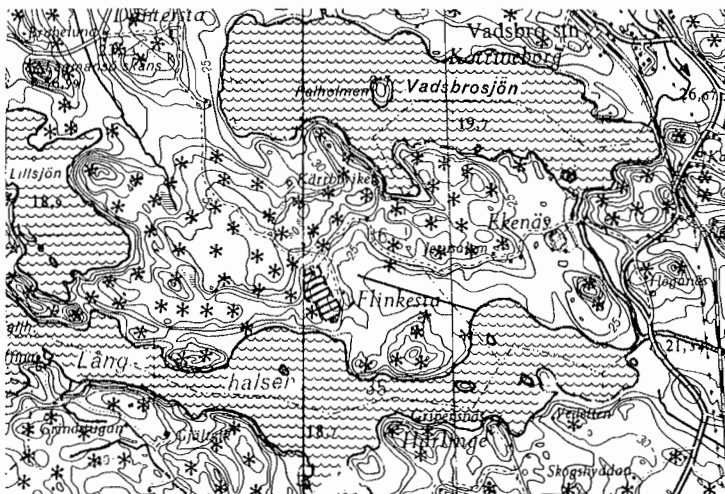


Fig. 16. Försöksfält med omgivning. *Experiment field and surroundings.*

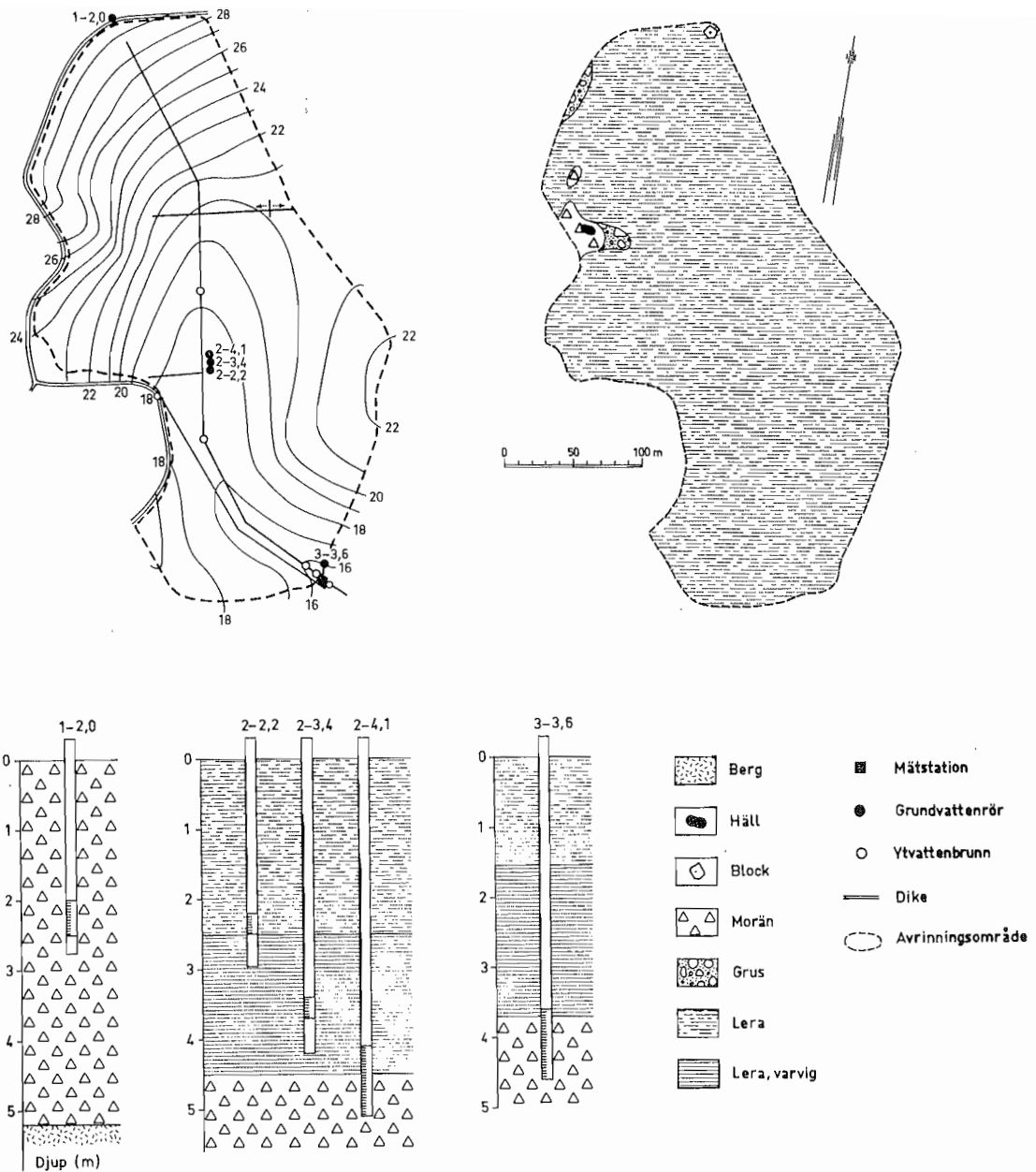


Fig. 17. Försöksfältet i Flinckesta. Täckdikesplan, geologisk karta och markprofiler. *Experiment field at Flinckesta. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*  
 Soil types: rock, flat rock, block, till, gravel, clay, varved clay.  
 Signs: measuring station, ground water pipe, well, open ditch, watershed.

## HASSLA

### Försöksfält

Fältet tillhör Långängens gård i Hassla 7 km nordväst om Skänninge efter vägen mot Borensberg.

Försöksfältet sluttar mot och gränsar till Skenaån i söder. Areal och år för anläggningsarbeten är följande:

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
10,7	1971	1974	1975

Ytvattenbrunnar finns, likaså särskilda rör för mätning av grundvattentryck. (Fig. 12 och 13.)

### Geologisk beskrivning

Försöksfältet i Hassla ligger på ett flackt slättland. Moränen som är lerig går i dagen endast inom några små områden ca 500 m norr om försöksfältet. I övrigt är moränen helt täckt av yngre sediment. Huvuddelen av sedimentserien utgörs av en varvig lera. På fältet går denna ej i dagen utan överlagras av 1-2 m dåligt sorterad lerig mo.

I vissa delar av försöksfältet utgörs ytjordarten av välsorterad grovmo. Mäktigheten av grovmon, som sannolikt är ett vindsediment, är endast några decimeter.

### Grundvattenförhållanden

Grundvattnet i området strömmar från norr mot den i söder liggande Skenaån, som eroderat sig ner ca 5 m genom jordlagren. I anslutning till ån sker sannolikt en viss utströmning av grundvatten. På grund av lerhalten hos jordarterna är permeabiliteten hos dessa låg. Tritiumanalyser visar dock att grundvattnet i leran på fältet nybildas och befinner sig i långsam rörelse. Vattennivåerna i mätrören visar att rörelsen är riktad nedåt och mot ån i söder. Strömningen mot söder torde framför allt äga rum i de varviga sedimentens moiga skikt och i grövre, sandiga eller grusiga skikt underst i de varviga sedimenten.

Det grundvatten som påträffas i sedimentseriens övre delar på fältet härstammar sannolikt från nederbörd som fallit på fältet, medan grundvattnet i de djupare delarna av jordlagren till stor del består av vatten som infiltrerat norr om fältet.

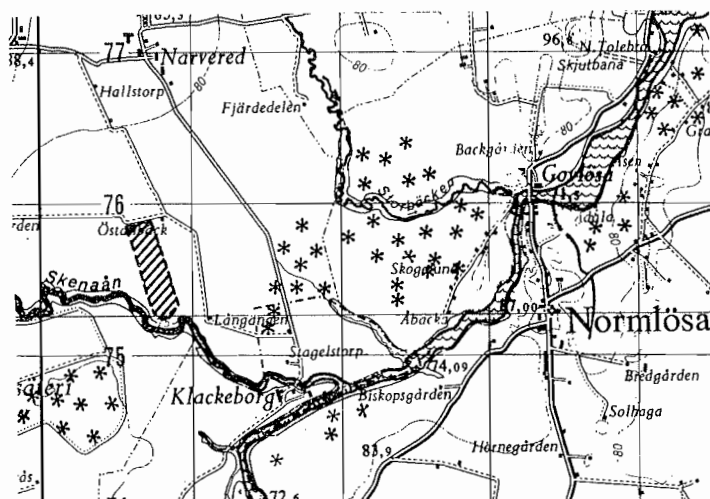


Fig. 22. Försöksfält med omgivning. Experiment field and surroundings.

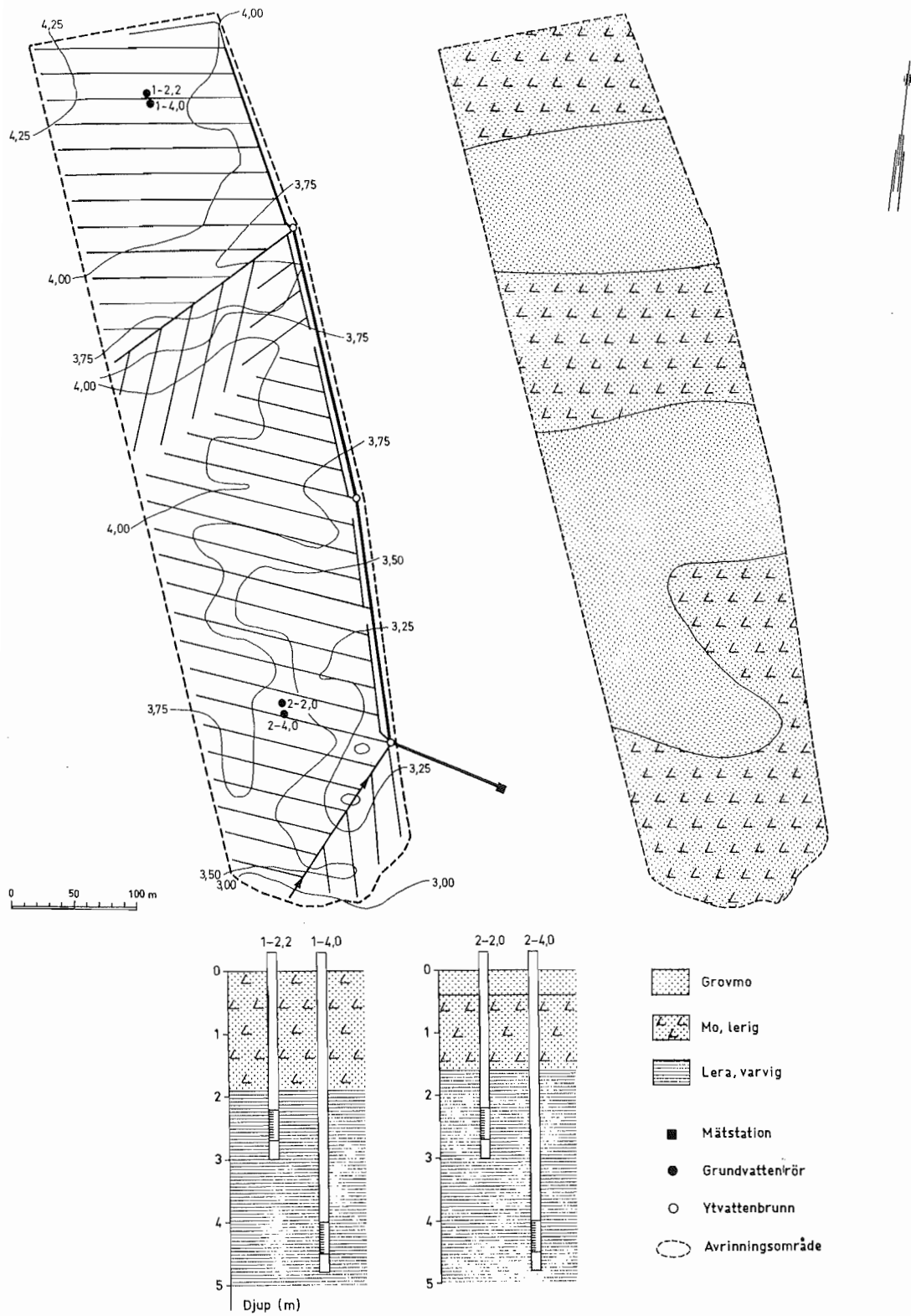


Fig. 23. Försöksfältet i Hassla. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. Experiment field at Hassla. Pipe draining map, geological map and soil profiles.  
Soil types: fine sand, sandy clay loam, varved clay.  
Signs: measuring station, ground water pipe, well, watershed.

## FURÅSA

### Försöksfält

Fältet tillhör Furåsa gård i Hov vid östra änden Tåkern.

Försöksfältet nyodlades 1972. Tidigare växte där granskog. Fältet lutar mot norr. Areal och år för anläggningsarbeten är följande:

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
9,1	1973	saknas	1974

Ytvattenbrunnar finns. Särskilda rör för mätning av grundvattentryck saknas. (Fig. 14 och 15.)

Mätningarna upphörde 1976.

### Geologisk beskrivning

Den del av västra Östergötland där försöksfältet är beläget domineras av moränlera. Denna utgör även ytjordart på större delen av fältet. I ett område som sträcker sig som ett band i öst-västlig riktning över fältet är moränen överlagrad av en sedimentär lera avsatt i samband med isavsmältningen. Kartbilden baseras på en bedömning av mycket små jordprov upptagna med sticksond. I vissa fall kan det vara svårt att av dessa små prov avgöra om det rör sig om en moränlera eller en sedimentär lera, varför de på kartan dragna gränserna mellan de båda lertyperna skall betraktas som schematiska.

### Grundvattenförhållanden

Grundvattenströmmen i området torde vara riktad mot norr och nordväst från en sannolik grundvattendelare i fältets södra kant mot en sänka kring Hovgården nordväst om fältet.

Det grundvatten som påträffas i jordlagren på fältet härrör med all sannolikhet från nederbördsvatten som infiltrerat på fältet.

Jordlagren har relativt låg permeabilitet. Tritiumanalyser tyder dock på ett relativt rörligt grundvatten med en med djupet tilltagande ålder.

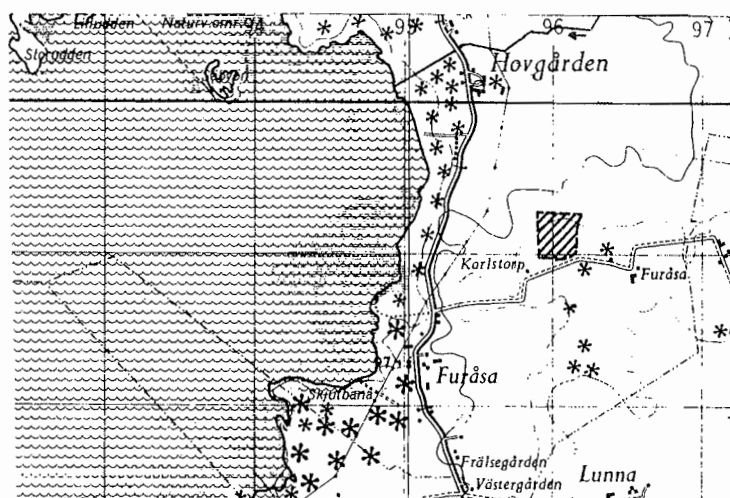


Fig. 14. Försöksfält med omgivning. Experiment field and surroundings.



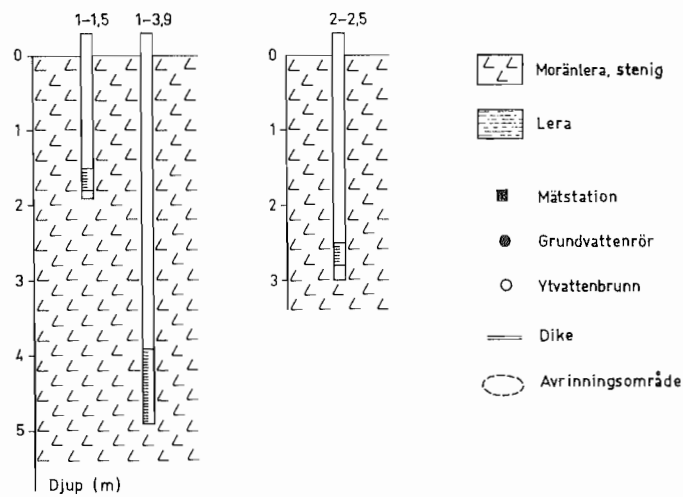
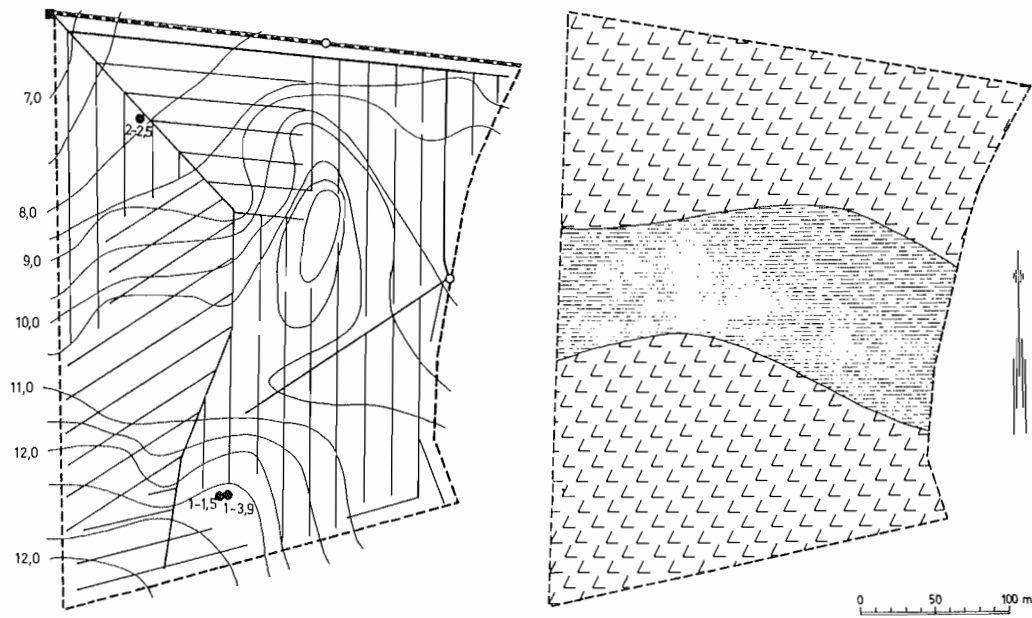


Fig. 15. Försöksfältet i Furåsa. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. *Experiment field at Furåsa. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*  
 Soil types: stony clay till, clay.  
 Signs: measuring station, ground water tube, well, open ditch, watershed.

## KARSTORP

### Försöksfält

Fältet tillhör Nya Karstorps gård 10 km väster om Hjo.

Försöksfältet ligger i sluttningen mot Tidån i klykan mellan Tidån och Rillån. Det är på höjden i den södra delen plant och i den norra delen kraftigt kuperat. Det lutar mot norr. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
19,3	1953-1958	1974	1974, 1975

Ytvattenbrunnar finns och sedan 1975 också särskilda rör för mätning av grundvattentryck. (Fig. 16 och 17.)

### Geologisk beskrivning

Ytjordarten på fältet liksom i dess närmaste omgivning består av lera. Borrningar på fältet har visat att mäktigheten av sedimenten är ca 12 m i de högst belägna partierna. Moiga skikt förekommer speciellt i den undre delen av lagerserien. I en dalgång några hundra meter väster om fältet har Tidån eroderat sig ner genom sedimenten till moränunderlaget, som där ligger på ungefär samma nivå som under leran på fältet.

### Grundvattenförhållanden

Försöksfältet är högt beläget mellan Tidån i väster och Lillån i öster. Grundvattenytans topografi har grovt bestämts genom borrningar på ett tiotal platser på och kring fältet och därvid har viss information om grundvattnets strömningsmönster erhållits. Den erhållna bilden av strömningsförhållandena visar att det grundvatten som påträffas i jordlagren på fältet härrör från nederbörd som fallit på fältet. Strömbilden jämte det förhållandet att grundvattnets tryckyta ligger lägre i de djupare mätrören än i de grundare visar, att fältet huvudsakligen torde kunna betraktas som ett inströmningsområde för grundvatten. Utströmningen sker i anslutning till Tidån och Lillån. Utförda tritiumanalyser tyder på en med djupet stigande ålder hos grundvattnet på fältet. På grund av sitt stora lerinnehåll är permeabiliteten hos jordlagren låg. Strömningen ut mot åarna torde till stor del ske i de moiga skikt som finns i lagerserien.

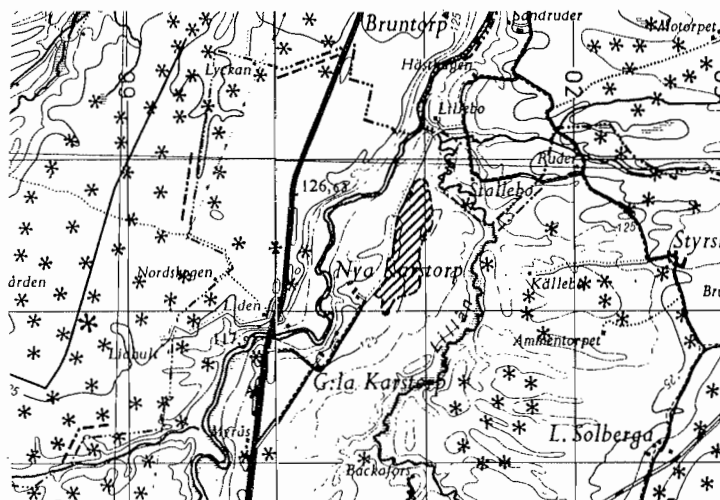


Fig. 20. Försöksfält med omgivning. Experiment field and surroundings.

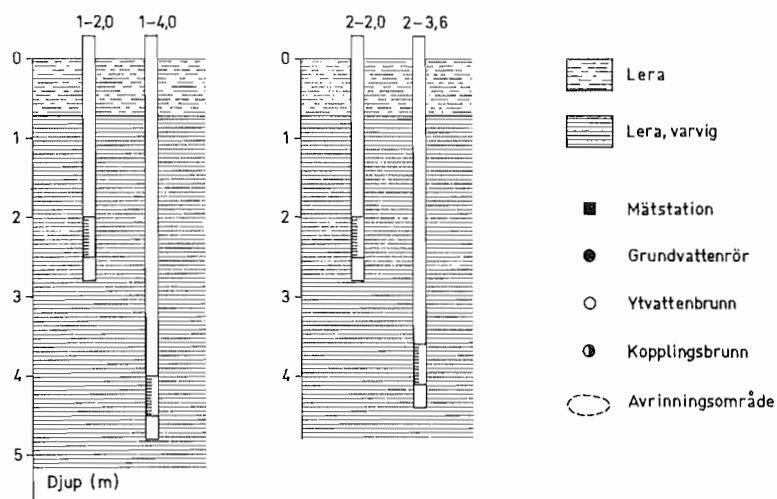
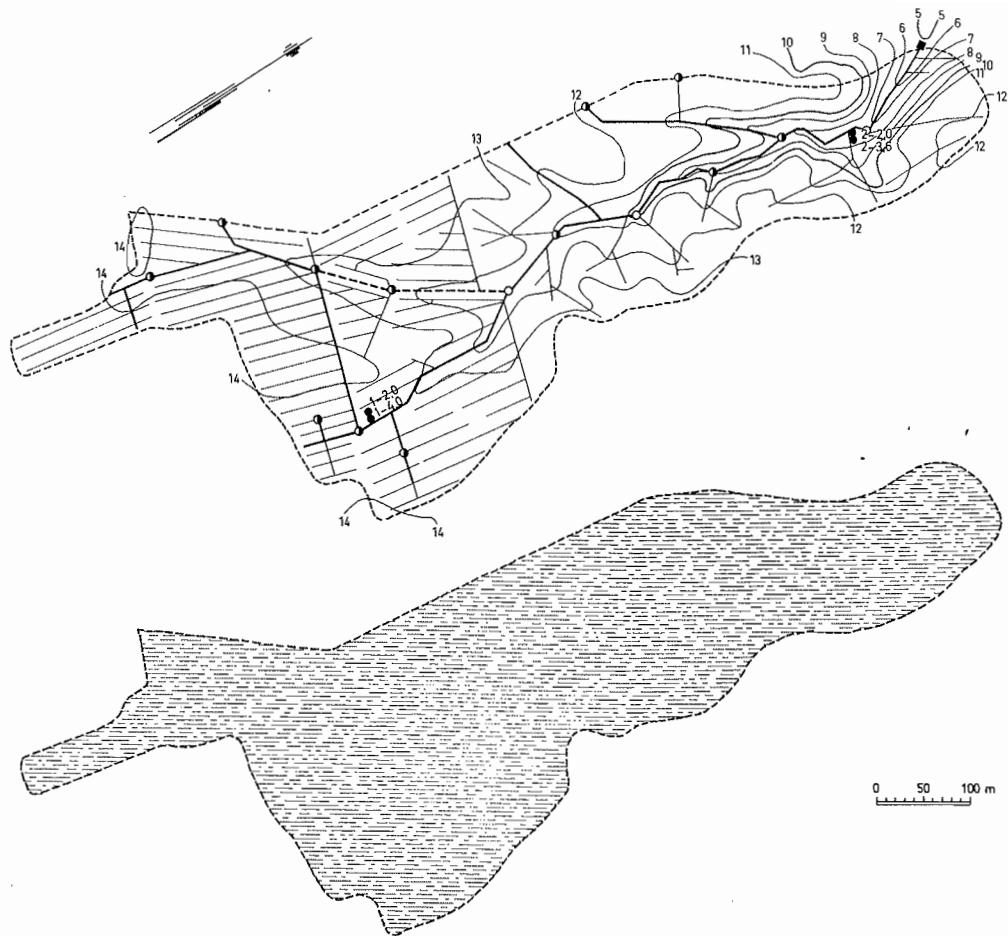


Fig. 21. Försöksfältet i Karstorp. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. *Experiment field at Karstorp. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*  
 Soil types: clay, varved clay.  
 Signs: measuring station, ground water pipe, well, coupling-device, watershed.

## HÄLLEBERG

### Försöksfält

Fältet tillhör Hällebergs gård på Varaslätten 5 km väster om St. Løverne.

Försöksfältet sluttar svagt mot och gränsar till Afsån i nordväst. Afsån rinner ut i Lidan 2 km nedströms härom. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
10,9	1975	1975	1975

Ytvattenbrunnar finns, likaså särskilda rör för mätning av grundvattentryck. (Fig. 18 och 19.)

### Geologisk beskrivning

Den dominerande jordarten inom området är sedimentär lera avsatt i havet efter isens avsmältning från området. Leran är ej varvig då den avsatts i salt vatten. På större delen av försöksfältet är leran täckt av ett tunt lager mo sannolikt av eoliskt ursprung. Molagrets mäktighet uppgår som regel endast till några dm. Jordlagrens mäktighet är inte känd. Afsån som rinner fram strax norr om fältet har där eroderat sig ner ca 8 m genom leran utan att nå ner till morän eller berggrund. Hällar i dagen finns dock sydost och sydväst om fältet vid gårdarna Hälleberg och Tubbetorp. Borrningar på fältet har nått 6 m djup utan att gå igenom leran.

### Grundvattenförhållanden

Grundvattnet i området strömmar från den högre liggande terrängen i söder kring Hällebergs gård mot Afsåns dalgång i norr där en utströmning av grundvatten i anslutning till ån torde äga rum.

Lerans vattentransporterande förmåga är låg. Huvuddelen av grundvattenströmningen torde ske i grövre mer vattengenomträngliga jordlager närmast morän- eller berggrundsytan. En viss långsam transport av vatten ned genom leran tycks dock förekomma på fältet. Utförda tritiumanalyser i mätrören tyder på ett icke stagnant grundvatten med en med djupet tilltagande ålder. Det vatten som påträffas i leran på försöksfältet härrör därför sannolikt från nederbörd som fallit på fältet. Djupare grundvatten består dock troligen till stor del av vatten som infiltrerat i områden söder om fältet.

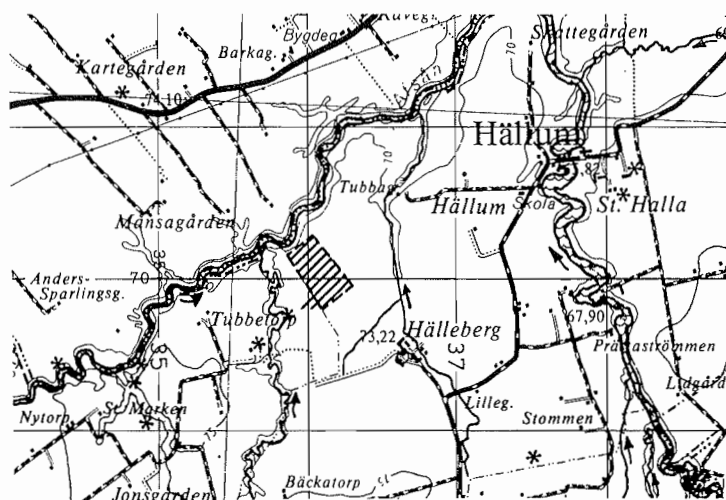


Fig. 18. Försöksfält med omgivning. *Experiment field and surroundings.*

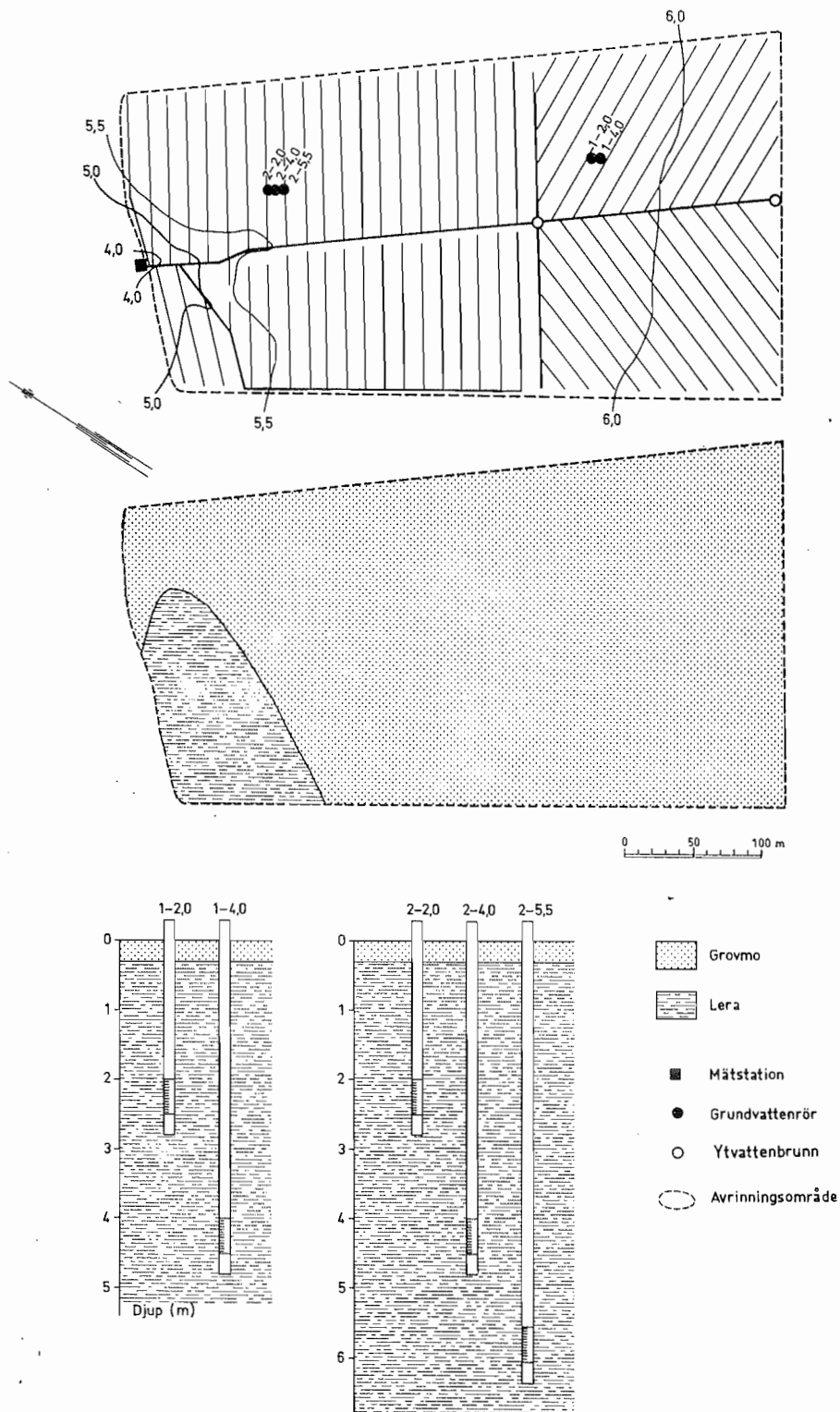


Fig. 19. Försöksfältet i Hälleberg. Täckdikesplan, geologisk karta och markprofiler. *Experiment field at Hälleberg. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*  
 Soil types: fine sand, clay.  
 Signs: measuring station, ground water pipe, well, watershed.

## KÄRRDALA

### Försöksfält

Fältet tillhör Kärrdala gård på Kristianstadsslätten 1,5 km öster om Önnestad.

Försöksfältet sluttar svagt mot och avvattnas till Vinnö å i nord-ost. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
8,6	1969	1973	1973, 1974, 1975, 1976

Ytvattenbrunnar saknas. Grundvattenrören sattes i följande tidsordning: 2-1,0, 2-1,6 och 2-2,3 år 1973; 1-1,0, 1-2,0, 1-4,0 och 2-4,0 år 1974; separata tryckrör till alla år 1975; ett tryckrör 2-7,2 år 1976. (Fig. 20 och 21.)

### Geologisk beskrivning

Försöksfältet är beläget ca 2 km nordost om den markerade förkastningsbrant som bildar gränsen mellan Nävlingeåsens urbergshorst och Kristianstadsslättens sedimentberggrundsområde. Vid Kärrdala täcks berggrunden av morän och sediment. Jorddjupet är 15-20 m.

Moränen överlagras av varvig issjölera. Mäktigheten hos leran uppgår till minst 2 m. Den har ej genomborrats vid de borrhningar som utförts på fältet.

Den varviga leran täcks av ett ca 5 cm mäktigt lager av delvis grusig stenig sand, överlagrad av en sedimentär icke varvig lera, några dm till ca 1 m mäktig. Ytjordarten utgörs av en väl sorterad sand, 1/2 till 1 m mäktig.

### Grundvattenförhållanden

Det nederbördsvatten som infiltrerar på fältet perkolerar ned genom den övre sanden och avrinner som grundvatten i sandens underdel närmast över leran och i dräneringssystemet mot Vinnö å. Tidvis torde det på fältet infiltrerade vattnet kunna perkolera ner genom den övre leran till undre sanden och den varviga lerans överdel för att sedan även där huvudsakligen strömma nordost ut mot ån. Under en del av året torde dock grundvattentrycket i berggrunden vara större än i de övre jordlagren, varför grundvatten från berggrunden långsamt strömmar uppåt.

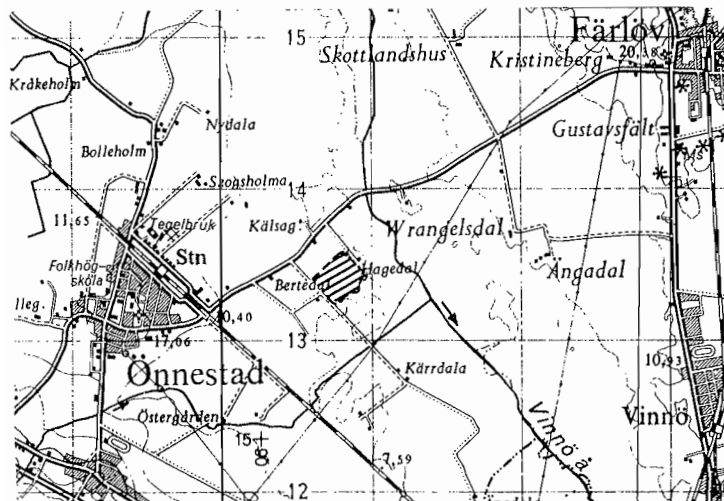


Fig. 30. Försöksfält med omgivning. *Experiment field and surroundings.*

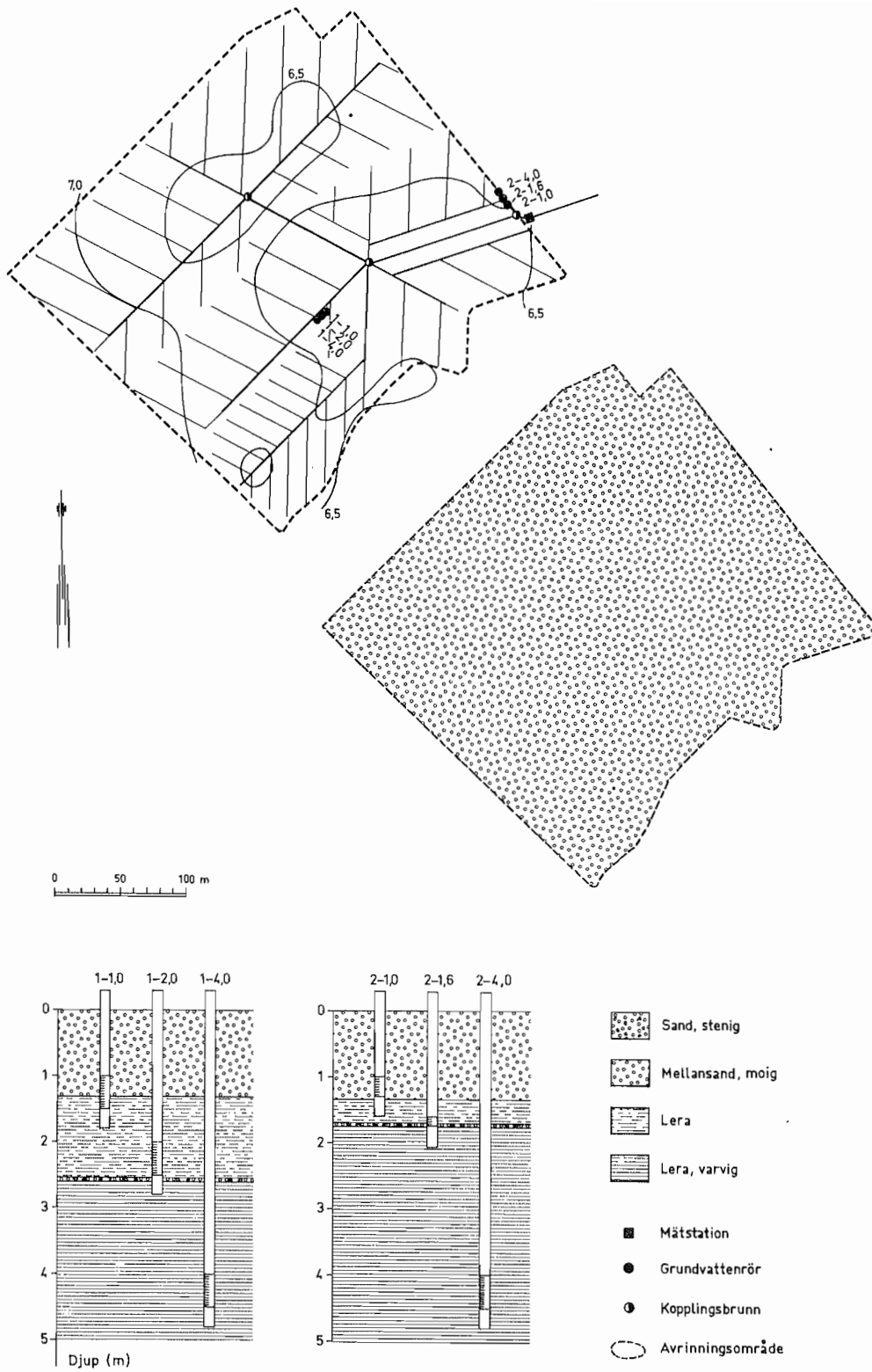


Fig. 31. Försöksfältet i Kärredala. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. Experiment field at Kärredala. Pipe draining map, geological map and soil profiles.  
Soil types: stony sand, sand, clay, varved clay.  
Signs: measuring station, ground water pipe, coupling-device, watershed.

## NÄSBYGÅRD

### Försöksfält

Fältet tillhör Näsbyholms godsförvaltning i Skurup och ligger på Näsbygårds ägor 4 km sydväst om Skurup.

Försöksfältet är starkt kuperat. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
35,7	1970, 1971	1973	1973, 1974

Ytvattenbrunnar finns. Grundvattenrör sattes enligt följande: 1-1,9, 1-2,7, 3-2,9, 3-5,6 och 5-6,4 år 1973; 2-2,5, 2-5,2, 4-2,5 och 4-5,1 år 1974. Rören på lokal 1 uteslöts 1975. (Fig. 22 och 23.)

### Geologisk beskrivning

Försöksfältet är beläget i södra delen av det småkuperade sydvästskånska dödismoränlandskapet. Den dominerande ytjordarten är en moränlera. Fältet ligger över den markerade sänka i kritkalkstenens överyta, den s k Alnarpsdalen, som går i nordväst-sydostlig riktning över Sydvästskåne. Den totala mäktigheten av jordlagren i området är därför betydande, ca 100 m.

Moränleran på fältet täcks fläckvis av andra jordarter. På de högre liggande delarna återfinns tunna täcken av sedimentära leror som avsatts i små lokala isdämda sjöar i samband med isens avsmältning. Den morän av grövre typ (lerig, sandig-moig) som ställvis återfinns på fältet är sannolikt en av issjöar och smältvatten ursköljd variant av den normala moränleran. Grovmo förekommer i nordvästra hörnet av fältet och är sannolikt avsatt i strömmande smältvatten från isen. Under tiden efter istiden har torv bildats i de djupare ofta avloppslösa sänkorna mellan kullarna, där ytvatten samlats eller grundvattentytan gått i dagen.

### Grundvattenförhållanden

Grundvattenströmmarna i de djupa jordlagren i Alnarpsdalen torde ej påverka det yttnära grundvattnet inom försöksfältet. På grund av fältets läge och topografi kan det antagas att allt det ytliga grundvattnet i moränen torde härstamma från nederbördsvattnet som infiltrerat på fältet.

Som ett resultat av moränens inhomogena karaktär varierar dock strömningsmönstret och strömningshastigheten för grundvattnet avsevärt från plats till plats på fältet.

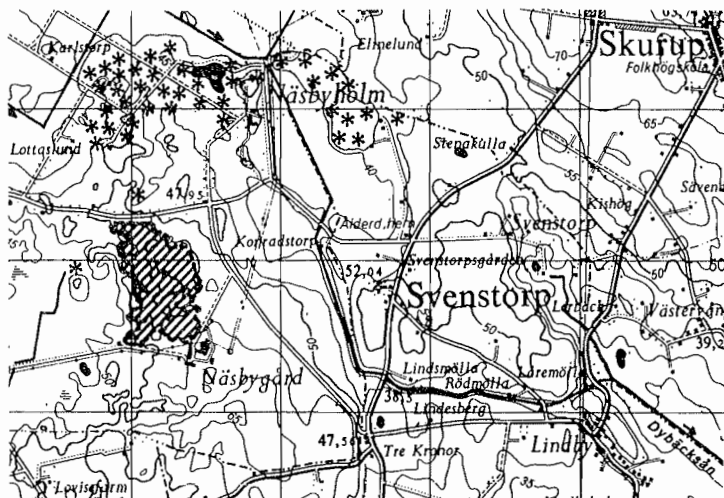


Fig. 32. Försöksfält med omgivning. Experiment field and surroundings.



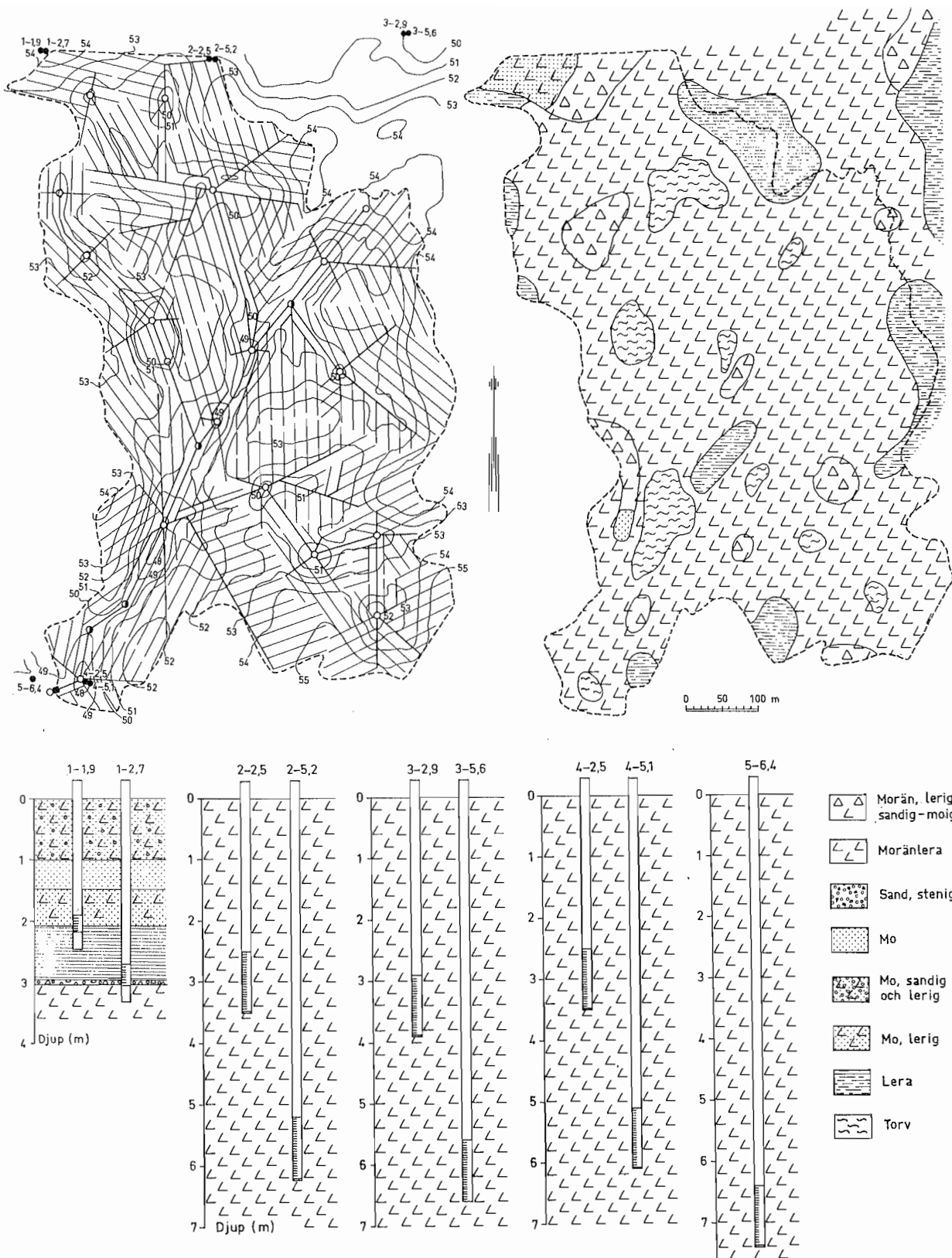


Fig. 33. Försöksfältet i Näsbygård. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. *Experiment field at Näsbygård. Pipe draining map, geological map and soil profiles.*  
 Soil types: sandy clay till, loamy till, stony sand, fine sand, loamy fine sand, sandy clay loam, clay, peat.  
 Signs: See Fig.23.

## GRÖDA GÖDSEL SKÖRD

Försöksfälten utgörs vanligen av *ett* skifte och *en* gröda (tabell 1). I Kärrdala frångår man denna princip under två år i växtföljden. Potatis och sockerbetor odlas då växelvis på delar av skiften. I Kars-  
torp klyvs fältet av flera skiftesgränser. Dessa båda fält kan där-  
för sägas representera hela odlingsystem.

Enbart handelsgödsel har använts i de flesta fall. Delad giva före-  
kommer både ifråga om handelsgödsel och stallgödsel och redovisas ba-  
ra om den kan ha haft betydelse vid bedömningen av utlakningen.

I Kärrdala har vid sidan av handelsgödsel tillförts anmärkningsvärt  
stora mängder fastgödsel (nöt) och flytgödsel (svin). Denna spreds van-  
ligen under tiden januari-mars vilket betyder att en utlakning av göd-  
selämnen kan ha påbörjats redan samma vår.

Skördeutfallet har varierat från gott till dåligt. Lagg märke till  
den dåliga andra skörden 1973 i Kärrdala till vilken gavs en betydan-  
de mängd kväve. Överskottet av kväve måste ha varit betydande.

Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel och skörd. Kursiva tal  
betyder gödsling hösten innan. *Crops, fertilizers, manure and yield.*  
*Figures in italics mean fertilizing last autumn.*

År	Gröda <sup>a</sup>	Handelsgödsel(kg/ha)			Stallgödsel(t/ha)		Skörd (t/ha)
		N	P	K	Fast <sup>b</sup>	Flyt <sup>c</sup>	
<i>Öjebyn</i>							
1975	vall	0	0	0	0	0	-
1976	havre <sup>d</sup>	64	28	52	10	0	3,3
	träda	0	0	0	10	0	0
<i>Offer</i>							
1975	korn	52	0	0	0	25-30	låg
1976	träda	0	0	0	0	20	0
<i>Sandbro</i>							
1975	havre	104	0	0	0	0	4,4
1976	höstvetete	130+40	12	12	0	0	3,6
<i>Flinkesta</i>							
1973	höstvetete	62	0	0 <sup>d</sup>	20	0	4,3
1974	vårraps	104	24+24 <sup>d</sup>	30 <sup>d</sup>	0	0	2,4
1975	höstvetete	78	28	0	0	0	3,8
1976	korn	78	18	0	0	0	3,1
<i>Hassla</i>							
1974	korn	101	0	0	0	0	4,6
1975	höstraps	54+171	40	40	0	0	3,2
1976	höstvetete	112	32	32	0	0	5,3
<i>Furåsa</i>							
1974	höstrybs	130	28	35	0	0	1,9
1975	höstvetete	91	28	35	0	0	4,5
<i>Hälleberg</i>							
1975	vårvete	117	21	39	0	0	3,0
1976	havre	104	28	52	0	0	6,5
<i>Näsbygård</i>							
1973	höstvetete	110	0	0	0	0	4,1
1974	korn	79	0	0	0	0	5,1
1975	sockerb.	162	64	64	0	0	38,5
1976	vårvete	112	0	0	0	0	4,2

Tabell 1. forts., *continued.*

År	Gröda <sup>a</sup>	Handelsgödsel (kg/ha)			Stallgödsel (t/ha)		Skörd (t/ha)
		N	P	K	Fast <sup>b</sup>	Flyt <sup>c</sup>	
<i>Karstorp</i>							
1975	vall A	52	18	0	0	0	låg
	vall B	78	18	0	0	0	normal
	korn	78	18	0	0	0	2,5
	höstvet	109	20	0	10	0	4,4
1976	vall A	69	23	0	0	0	10+1,5
	vall B	78+31	23	0	0	0	5,0
	vall C	78+31	23	0	0	0	7,0+1,5
	vall D	78+31	23	0	0	0	5,0
	höstrybs	104	23	0	0	0	2,7
	havre	91	23	0	0	0	1,5
<i>Kärrdala</i>							
1973	vall	93+78	0	0	0	0	5,2+0,3
1974	potatis	31	66	0	40	30	42
	sockerb.	160	66+42	0	0	60	43
1975	sockerb.	140	35	63	0	40+20	52
	potatis	32	28	64	25	40	38
1976	korn	31	0	0	0	0	2,4

<sup>a</sup> Crops: vall, *ley*; korn, *barley*; havre, *oats*; höstvet, *winter wheat*; vårvete, *spring wheat*; höstraps, *winter rape*; vårraps, *spring rape*; höstrybs, *winter turnip rape*; sockerbetor, *sugar-beets*; <sup>d</sup> potatis, *potatoes*; <sup>b</sup> Fast, *solid manure*; <sup>c</sup> Flyt, *liquid manure*; På 1/3 av arealen, *on 1/3 of the area.*

Tabell 2. Nederbörd samt total och maximal avrinning. *Precipitation P, total runoff R and maximum runoff M.*

År	P(mm)	R(mm)	M(l/s·ha)	P(mm)	R(mm)	M(l/s·ha)
	<i>Öjebyn</i>			<i>Offer</i>		
75/76	387	169	1,5	333	8	0,9
76/77	447	223	3,0	475	78	5,6
	<i>Sandbro</i>			<i>Flinkesta</i>		
73/74	-	-	-	434	170	2,2
74/75	-	-	-	544	292	3,1
75/76	350	19	0,8	344	34	0,7
76/77	564	61	1,4	523	291	3,1
	<i>Hassla</i>			<i>Furåsa</i>		
74/75	542	182	0,9	477	-	-
75/76	326	16	2,7	333	-	-
76/77	502	67	0,7	-	-	-
	<i>Karstorp</i>			<i>Hälleberg</i>		
75/76	367	8	0,6	392	0	0
76/77	564	276	5,7	694	214	2,6
	<i>Kärrdala<sup>a</sup></i>			<i>Näsbygård</i>		
73/74	465 <sup>b</sup>	291	0,6	569	198	2,0
74/75	655 <sup>c</sup>	307	0,7	818	305	1,7
75/76	439 <sup>d</sup>	129	0,4	376	16	0,4
76/77	578 <sup>e</sup>	332	0,5	569	235	4,0

<sup>a</sup> Bevattning ingår enligt följande, *including irrigation as follows.*

<sup>b</sup> 25 mm. <sup>c</sup> 40 mm. <sup>d</sup> 115 mm. <sup>e</sup> 20 mm.

# RESULTAT

## HYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

### Nederbörd och avrinning

Nederbörden och därmed också avrinningen varierade mycket kraftigt under de fyra agrohydrologiska åren (1 juli - 30 juni) som försöken pågick (tabell 2, fig. 24).

Året 75/76 var i särklass torrt med nederbördsmängder varierande mellan 326 och 397 mm mot mera normalt 500-600 mm i de aktuella områdena. Avrinningen var samma år lägst 0,0 mm i Hälleberg och högst 169 mm i Öjebyn. Det sistnämnda värdet avvek markant från övriga liksom också värdet för Kärrdala. Avvikelserna berodde på att långväga vatten tillfördes från omgivningen under sommaren. I Kärrdala har dessutom bevattningen haft betydelse. Avrinning genom täckdiken också på sommaren är för övrigt inte ovanlig på Kristianstadsslätten. Mer härom under avsnitten om grundvattnet.

Det föreligger som väntat ett tydligt positivt samband mellan nederbörd och avrinning. Avrinningen nådde högst ca 330 mm. Detta betyder att mellan 300 och 500 mm tar andra vägar än genom dräneringsledningarna. Grundvattnet får sin beskärda del men det mesta torde avdunsta.

För dimensionering av dränerings- och avloppsledningar är uppgifter om maximal avrinning nödvändiga, likaså för dimensionering vid annat byggande t.ex. våra egna mätstationer och för pumpar. Därför har den maximala avrinningen tagits med i tabell 2. De noterade värdena är inte anmärkningsvärt höga i jämförelse med vad Hallgren & Olsén (1960) och Hallgren & Rietz (1963) funnit.

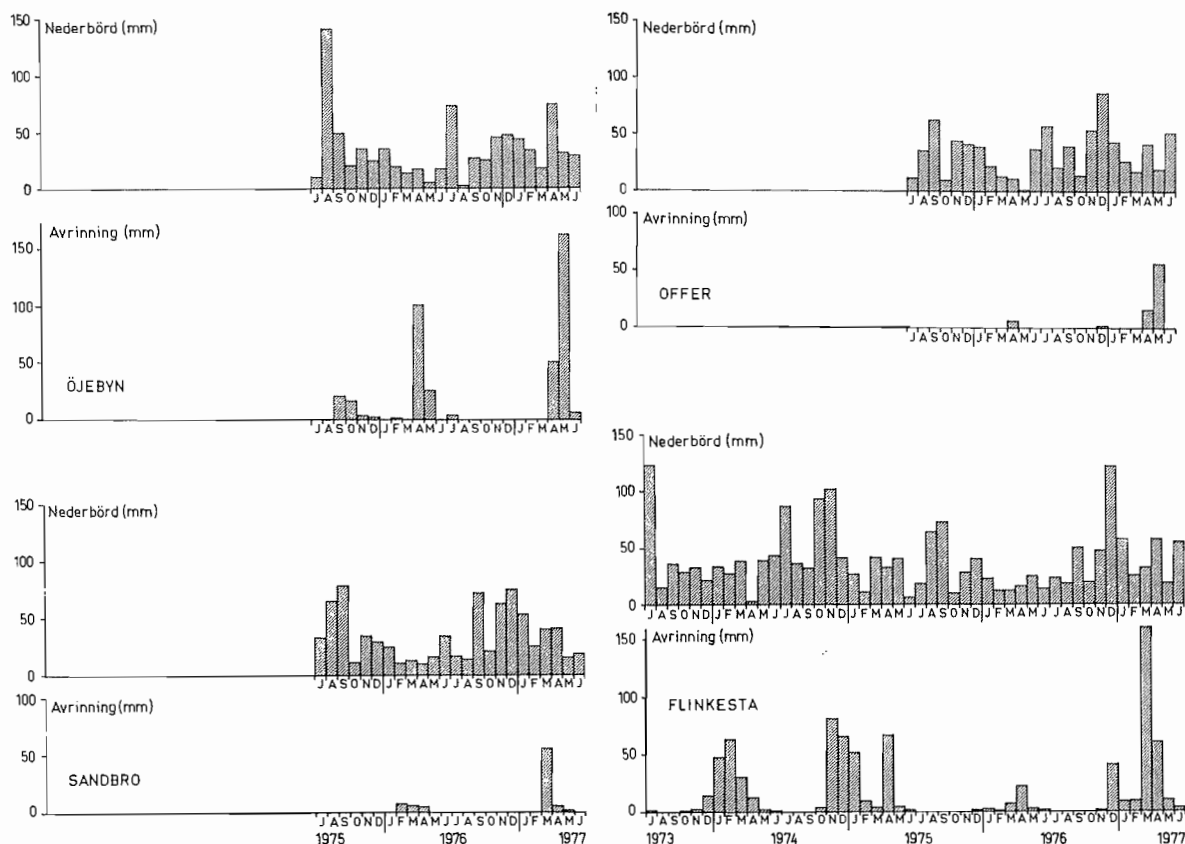


Fig. 24 a. Nederbörd och avrinning vid fyra försöksfält. *Precipitation and runoff at four experiment fields.*

### Vattenregim

Med vattenregim menas den karakteristiska avrinningsbilden för ett avrinningsområde. En eller flera avrinningstoppar brukar härvid regelbundet uppträda varje år avlösta av lågvattenflöden.

Det föreliggande materialet är givetvis inte ännu tillräckligt omfattande och därtill alltför splittrat för att ge en klar bild. Det kan likväl framhållas att det finns en antydning till tvåtoppighet i Öjebyn, Flinkesta och Hassla. De kraftiga höstregnen 1974 har här slagit igenom liksom också i Näsbygård. Som väntat finner man dessutom att vårfloden inträffar allt senare ju längre norrut försöksfälten ligger. (Fig. 24.)

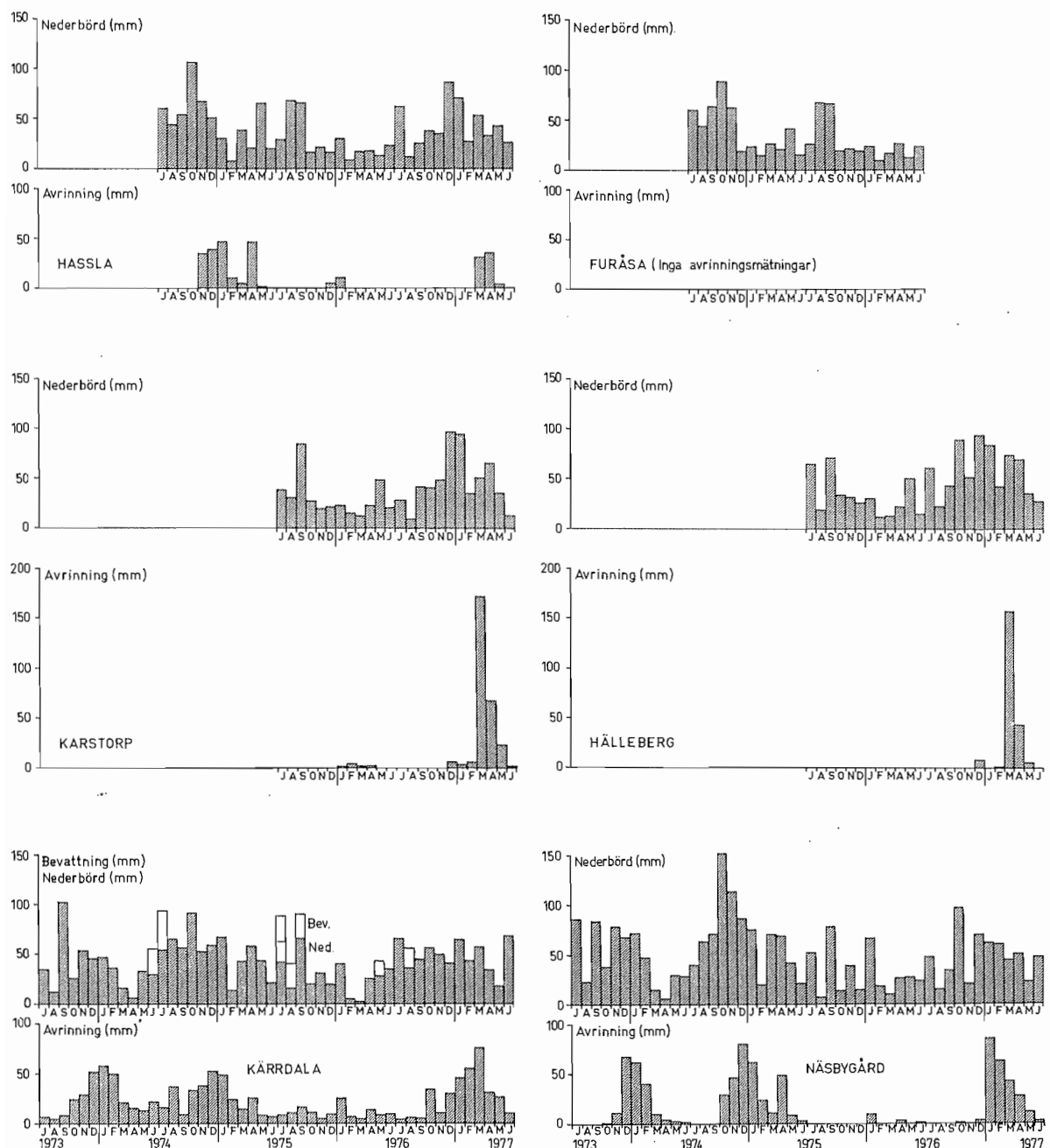


Fig. 24 b. Nederbörd och avrinning vid sex försöksfält. *Precipitation and runoff at six experiment fields.*

### *Grundvattentryck*

Det är vanligen mycket svårt att mäta eller ens uppskatta materialflödet i grunden. Däremot är flödesriktningen lätt att bestämma och uppgiften om denna kan underlätta värderingen av eljest svårtolkade observationer om grundvattnets sammansättning och ämnens omsättning. Grundvattnets trycknivåer ger besked om rörelseriktningen. Observationsserier från våra försöksfält presenteras i fig. 25.

Betydande svängningar förekommer, oftast med höga värden på vintern och låga på sommaren. Kärrdala är ett undantag. Där torde det förhållandevis jämna trycket bero på en avlägsen influens från Nävlingeåsen. Mest regelbundet varierade grundvattentrycket i Näsbygård och Öjebyn, föga beroende av torkan sommaren 1976. Eljest har denna satt tydliga spår.

Tryckändringarna inträffade emellanåt mycket snabbt. Ett bra exempel är rör 5-6,4 längst ned på försöksfältet i Näsbygård (fig. 26). Efter att ha legat praktiskt taget stilla i flera månader sjönk trycket i maj-74 med 2,75 m på mindre än 14 dagar. En sådan tryckförändring kan ske utan att vattenhalten i grunden ändras.

De övre plattåerna på tryckkurvan för samma rör kan tolkas som att grundvattnet "bräddar" över en grundvattentröskel i närheten. Plattåernas längd varierar tydligt med nederbörden hösten innan. Topparnas form och bredd återspeglar allmänt nederbördssituationen under vinterhalvåret. En spetsig topp betyder sålunda liten nederbörd och en trubbig topp stor nederbörd i kombination med mild vinter. Två toppar innebär att nederbörd lagrats som snö.

Vattenrörelsen har vanligen varit nedåtriktad på de flesta försöksfälten. Öjebyn avviker härutinnan. Där var strömmen för det mesta riktad uppåt. Detta visar att grundvatten från de högre belägna omgivningarna strömmat in. En liknande situation rådde i juli-december 1975 i Flinkesta. Också i Kärrdala har tidvis grundvatten säkert tillförts från omgivningen.

Dessa tillflöden av grundvatten från angränsande mark innebär att de angivna avrinningsintensiteterna är för höga. Detsamma gäller då också i princip materialflödena. Inflytandet på växtnäringsflödet blir emellertid marginellt, ty halterna av aktuella ämnen i det tillströmmande grundvattnet är försumbara (cf. fig. 27).

### *Grundvattnets ålder*

För att få en uppfattning om omsättningshastigheterna hos det vatten som påträffas i dräneringssystemen och grundvattenrören har vattnets tritiuminnehåll bestämts.

Tritium är en radioaktiv väteisotop med halveringstiden 12,26 år. Den förs in i vattnets kretslopp i atmosfären och når marken med nederbörden. Genom det radioaktiva sönderfallet blir vattnets tritiumhalt lägre ju längre tid som förflutit sedan det föll som nederbörd. Nederbördsvattnets tritiuminnehåll var fram till 1950-talet ca 10 TU (TU = Tritium Units, 1 TU = 1 atom tritium per  $10^{18}$  atomer vanligt väte) och härrörde helt från nybildning i atmosfären genom påverkan från kosmisk strålning. Genom vätebombsprov i atmosfären har tritiumhalterna i nederbörden ökat enormt. Ett maximum nåddes i början av 1960-talet då halter på flera tusen TU uppmättes. För närvarande har nederbördsvattnet i Sverige tritiumhalter av storleksordningen 100 TU.

På grund av den kraftiga variationen i nederbördens tritiuminnehåll är det inte möjligt att direkt ur tritiumhalten hos ett vattenprov räkna fram hur lång tid som förflutit sedan vattnet föll som nederbörd. Grundvatten består dessutom av en blandning av nederbördsvatten från flera olika år. Vissa riktvärden kan dock anges. Innehåller ett vattenprov inga eller obetydliga tritiummängder (<3 TU) torde vattnet helt härstamma från nederbörd som fallit för mer än 25 år sedan.

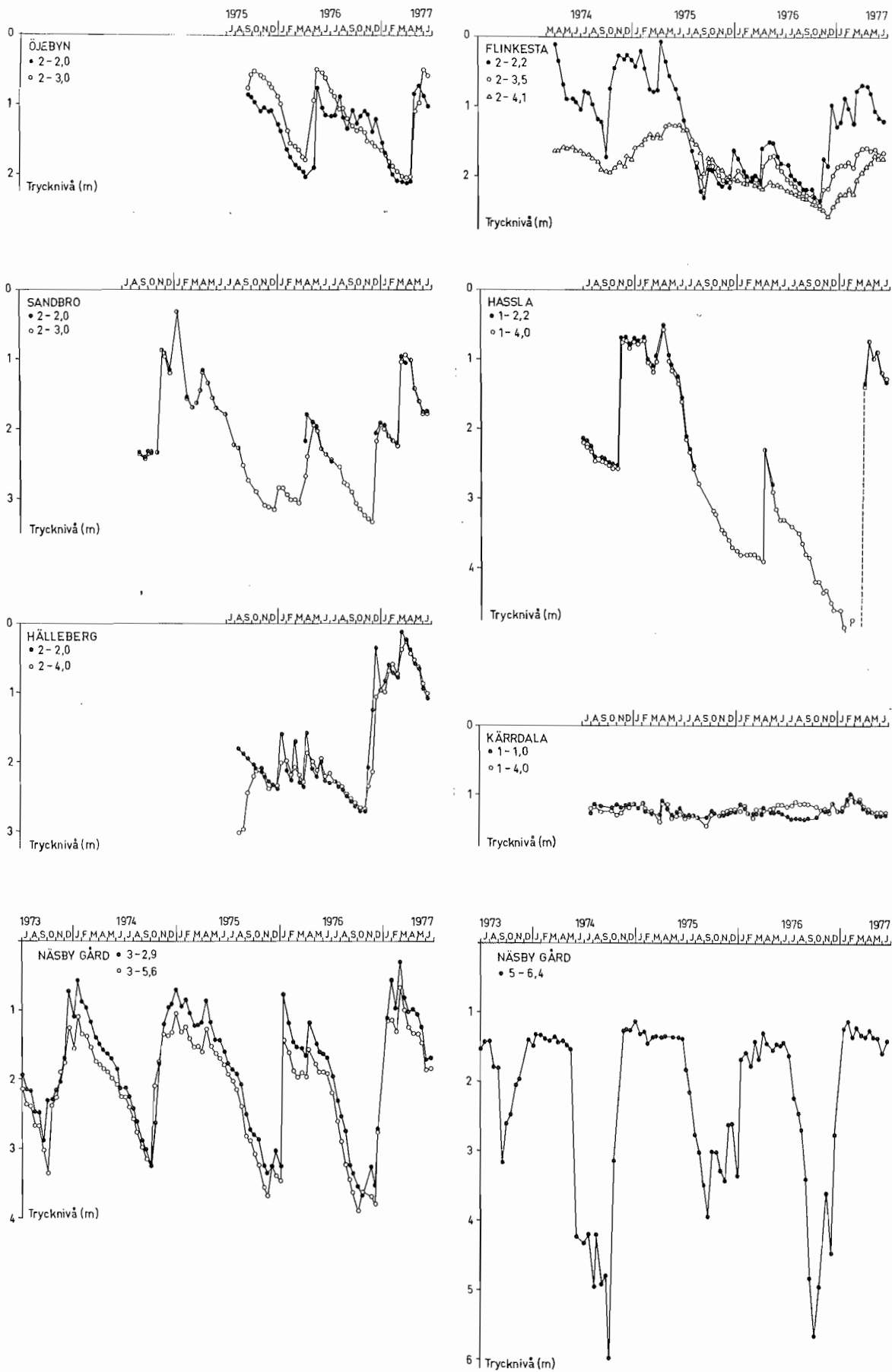


Fig. 25. Grundvattentryckets förändringar med tiden. *The variation of the ground water pressure with time.*

Ligger halterna mellan 75 och 200 TU tyder det på att vattnet i ifrågavarande magasin till stor del omsätts på något eller några år. Halter på några 10-tals TU tyder på en blandning mellan vatten äldre än 25 år och yngre vatten.

Analysresultaten från de undersökta försöksfälten visar att vattnet i de flesta fall tycks omsättas relativt snabbt (tabell 3). I flera fall sjunker tritiumhalterna något med djupet, vilket kan tyda på ökande ålder med ökande djup.

På fälten vid Kärrdala och Näsbygård har dock grundvatten äldre än 25 år påträffats. Vattnet i den varviga leran i Kärrdala har tritiumhalter <3 TU, vilket är jämförbart med vad man i detta område träffar på i sedimentberggrunden. Vattnet i dräneringssystemet och den ytliga sanden har tritiumhalter (50-65 TU) som tyder på att det är en blandning mellan ungt nederbördsvattnet och gammalt djupt grundvattnet. Som nämnts ovan tyder även tryckförhållandena i grundvattnet på att en strömning tidvis sker uppåt från det djupa grundvattnet i berggrunden till vattnet i jordlagren.

Som nämnts i beskrivningen av fältet vid Näsbygård varierar strömningshastigheten för grundvattnet avsevärt från plats till plats. Detta påstående bekräftas av tritiumanalyser från fältet. Framför allt vattnet vid lokal 4-5,1 har hög ålder (>25 år). Även vattnet vid lokal 4-2,5 verkar ha relativt längre omsättningstid än övriga lokaler på fältet.

Tabell 3. Tritium i dräneringsvatten och grundvatten. *Tritium in drainage and ground water in 1975.*

Lokal	TU <sup>a</sup>	Lokal	TU	Lokal	TU
<i>Flinkesta</i>		<i>Hassla</i>		<i>Karstorp</i>	
Drän.	147	Drän.	169	Drän.	142
1-2,0	144	1-2,2	152	1-2,0	199
2-2,2	141	1-4,0	115	1-4,0	133
2-3,5	152	2-2,0	178	2-2,0	246
2-4,1	145	2-4,5	102	2-3,6	236
3-3,6	116				
<i>Furåsa</i>		<i>Kärrdala</i>		<i>Näsbygård</i>	
Drän.	312	Drän.	65	Drän.	69
1-1,5	183	1-1,0	63	2-2,5	61
1-3,9	107	1-2,0	30	2-5,2	87
2-2,5	203	1-4,0	3	3-2,9	71
<i>Hälleberg</i>		2-1,0	52	3-5,6	76
1-2,0	168	2-1,6	53	4-2,5	22
1-4,0	50	2-2,3	53	4-5,1	<3
2-2,0	127	2-4,0	<3	5-6,4	64

<sup>a</sup> Tritium units.



## KVÄVE

*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 överskrids uttryckta i N mg/l:

$\text{NH}_4$ : 0,44     $\text{NO}_2$ : 0,007     $\text{NO}_3$ : 6,8.

*Kväve i yt- och dräneringsvatten*

Den dominerande kvävefraktionen i yt- och dräneringsvattnet var oftast nitrat (tabell 4). Nitrit och ammonium utgjorde en obetydlig del.

Bedömt som dricksvatten var dräneringsvattnet i flertalet fall hygieniskt anmärkningsvärt.

Höga nitrathalter förekommer på alla platserna utom i Öjebyn där i stället ammoniumhalten var ovanligt hög. Anledningen kan vara att fäl-

Tabell 4. Kväve i yt- och dräneringsvatten. *Nitrogen in surface and drainage water.*

År	N (mg/l)					N (mg/l)				
	$\text{NH}_4$	$\text{NO}_2$	$\text{NO}_3$	TotN	Prov <sup>a</sup>	$\text{NH}_4$	$\text{NO}_2$	$\text{NO}_3$	TotN	Prov <sup>a</sup>
<i>Öjebyn</i>						<i>Offer</i>				
75/76	2,6	0,001	1,0	3,7	8	0,14	0,076	10,1	11,6	1
76/77	0,8	0,014	2,2	3,7	17	0,06	0,005	19,1	22,7	3
<i>Sandbro</i>						<i>Flinkesta</i>				
73/74	-	-	-	-	-	0,07	<0,001	7,9	10,0	6
74/75	-	-	-	-	-	0,02	0,004	3,5	5,1	9
75/76	0,06	0,001	2,5	3,0	2	0,10	0,007	13,4	14,7	5
76/77	0,02	0,001	18,8	20,4	2	0,05	0,007	13,0	13,8	7
<i>Hassla</i>						<i>Furåsa</i>				
74/75	0,01	0,003	6,6	6,9	7	0,03	0,001	22,9	23,3	8
75/76	-	-	1,0	2,7	2	0,19	0,004	3,0	3,2	1
76/77	0,02	0,001	18,6	21,6	4	-	-	-	-	-
<i>Karstorp</i>						<i>Hälleberg</i>				
75/76	0,07	0,008	21,3	22,1	7	-	-	-	-	0
76/77	0,04	0,004	15,5	16,4	7	0,02	0,004	9,6	10,3	9
<i>Kärrdala</i>						<i>Näsbygård</i>				
73/74	0,04	0,040	8,6	11,1	12	0,05	0,004	18,2	19,3	10
74/75	0,04	0,091	26,0	28,0	12	0,03	0,004	10,8	11,8	10
75/76	0,06	0,042	24,9	26,6	12	0,14	0,006	13,1	14,2	5
76/77	0,04	0,042	22,9	25,5	12	0,04	0,004	17,6	18,7	8

<sup>a</sup> Antal prov. *Number of samples.*

tet före dikningen 1975 var försumpat. Utspädning spelar också in.

I Offer, Sandbro och Hassla, alla med moiga jordar, ökade halterna betydligt 76/77. Här var det säkert fråga om minneseffekter från året innan, då nederbörden var liten.

De höga nitrathalterna i Furåsa det första året (74/75) kan sättas i samband med att försöksfältet är en nyodling som täckdikades året innan. Mängden mineraliserat kväve i marken kan därför förutsättas vara stor och tillsammans med gödselkvävet blir den utlakningsbara mängden kväve följaktligen onormalt hög.

Tidsdiagrammen i fig. 26 visar en betydande variation med toppar under höst- och vårflood. En särskilt markant ökning som har tydligt samband med gödningen inträffade i Kärrdala på hösten och vintern 74/75. Exemplet visar också att överdoser kan ha en kvardröjande effekt på vattenkvaliteten och att en kraftig inskränkning av gödningen kan ge en drastisk förbättring av kvaliteten.

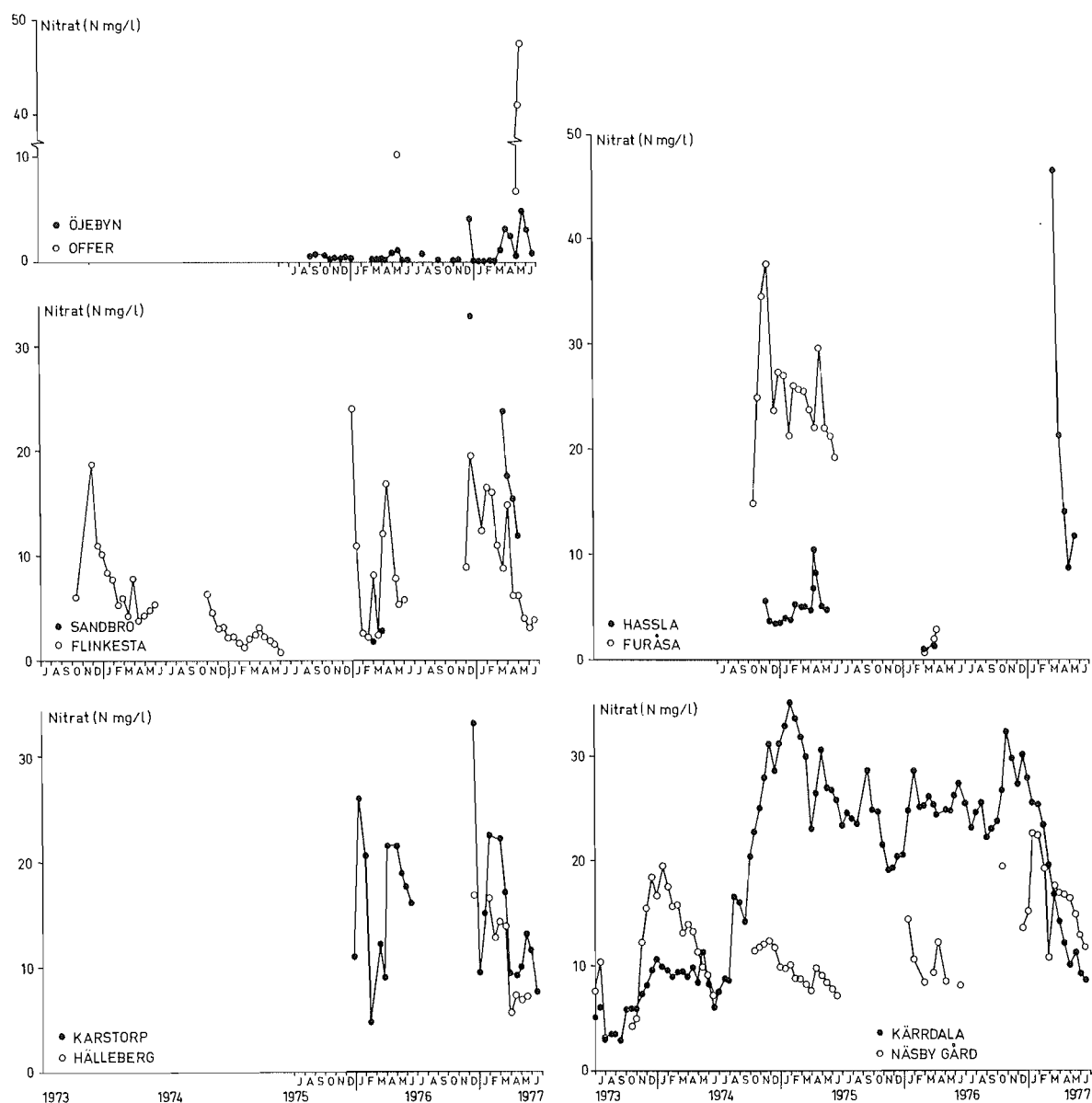


Fig. 26. Nitrathaltens variation i yt- och dräneringsvatten. *The variation of nitrate in surface and drainage water.*

### Kväve i grundvatten

Den dominerande kvävefraktionen i grundvattnet var nitrat liksom i dräneringsvattnet (tabell 5). Nitrithalten var merendels mindre än 0,01 N mg/l. Också i detta fall avviker Öjebyn med sina höga ammoniumhalter. Anmärkningsvärt höga ammoniumhalter förekom dessutom på lokal 4 i Näsbygård. Det sistnämnda torde höra ihop med att lokalen ligger i en sänka med starkt inslag av organogen jord. En bidragande orsak är den långsamma vattenomsättning som åldersbestämningen visat (cf. tabell 3).

Bedömt som dricksvatten var grundvattnet i ungefär hälften av rören ur någon synpunkt hygieniskt anmärkningsvärt. I Sandbro och Karstorp skulle alla rör ha utdömts medan de i Furåsa och Hälleberg skulle duga.

Tabell 5. Kväve i grundvatten. *Nitrogen in ground water.*

Lokal	N (mg/l)			Prov <sup>a</sup>	Lokal	N (mg/l)			Prov <sup>a</sup>
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	TotN			NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	TotN	
<i>Öjebyn (75/77)</i>					<i>Offer (75/77)</i>				
1-1,8	0,23	0,0	0,5	22	1-1,4	-	-	-	0
1-2,7	0,08	0,0	0,5	22	2-2,2	0,03	6,3	7,3	2
2-2,0	1,99	0,2	3,3	20	2-4,0	0,70	0,4	2,2	7
2-3,0	0,48	0,2	1,2	22					
<i>Sandbro (75/77)</i>					<i>Flinkesta (73/77)</i>				
1-2,0	0,06	16,8	16,9	1	1-2,0	0,03	0,1	0,5	35
2-2,0	0,03	16,9	17,5	12	2-2,2	0,04	14,1	14,9	35
2-4,0	0,11	2,4	2,9	24	2-3,4	0,04	10,6	11,2	48
					2-4,1	0,03	2,4	2,8	36
					3-3,6	0,03	1,5	2,1	48
<i>Hassla (74/77)</i>					<i>Furåsa (74/77)</i>				
1-2,2	0,02	6,9	7,7	17	1-1,5	0,02	0,1	0,4	7
1-4,0	0,06	0,4	0,8	32	1-3,9	0,04	0,1	0,2	19
2-2,0	0,03	12,6	13,1	16	2-2,5	0,04	3,8	4,6	12
2-4,0	0,06	6,9	7,4	26					
<i>Karstorp (75/77)</i>					<i>Hälleberg (75/77)</i>				
1-2,0	0,04	18,4	18,9	6	1-2,0	0,03	1,1	1,6	24
1-4,0	0,04	13,2	14,5	6	1-4,0	0,03	0,0	0,4	24
2-2,0	0,04	10,1	10,9	17	2-2,0	0,03	2,2	2,4	24
2-3,6	0,05	9,9	10,8	18	2-4,0	0,03	0,5	1,0	24
					2-5,5	0,03	0,5	0,8	19
<i>Kärredala (73/77)</i>					<i>Näsbygård (73/77)</i>				
1-1,0	0,04	14,0	15,3	35	1-1,9	0,08	0,8	1,5	10
1-2,0	0,05	0,2	0,6	35	1-2,7	0,12	0,7	1,3	12
1-4,0	0,05	0,2	0,5	35	2-2,5	0,04	1,0	1,5	20
2-1,0	0,03	61,1	62,8	16	2-5,2	0,04	0,3	0,7	22
2-1,6	0,03	29,7	30,9	46	3-2,9	0,04	7,6	8,4	44
2-4,0	0,04	0,2	0,4	32	3-5,6	0,03	0,7	1,1	47
					4-2,5	1,27	1,0	4,8	31
					4-5,1	3,41	0,1	6,1	30
					5-6,4	0,11	15,8	16,7	48

<sup>a</sup> Antal prov. *Number of samples.*

Vanligtvis är det djupare vattnet bättre skyddat än det grundare beroende på en fortlöpande självrening. Men som tidigare framhållits kan låga värden också bero på utspädning med rent vatten från omgivningen. Så torde i allmänhet vara fallet i Öjebyn.

Det finns särskild anledning att kommentera förhållandena i Flinkesta. Där står rör 1-2,0 i skogsbrynet norr om fältet där moränen går i dagen. Också rören 2-4,1 och 3-3,6 har kontakt med moränen men under leran på fältet. De tre rören tar sålunda in vatten från samma akvifer, vilken har sin vattenförsörjning från skogsmark. Detta förklarar de låga kvävehalterna.

Så långt man nu kan se varierade nitrathalten i grundvattnet, åtminstone på små djup, ganska regelbundet med årstiden (fig. 27). Det torra året 75/76 faller in i bilden fast vanligen med små utslag. Grundvattentrycket tycks i rena leror ha haft ett omedelbart inflytande på halterna i det att tryckökningar ofta lett till ökade halter (fig. 25 och 27). Möjligen kan detta tolkas som att delar av diffusa dubbelskikt skjuvas bort när det hydrodynamiska trycket och därmed vattenhastigheten ökar.

De enskilda diagrammen i fig. 27 ger anledning till ytterligare kommentarer.

*Flinkesta.* Bland pikarna är de i juli 1974 förbryllande genom både tidpunkt och höjder. Någon riktig förklaring finns inte. Möjligen kan det vara fråga om minneseffekter från tidigare år. Omvänt uppträder varje höst kortare eller längre perioder med låga halter på alla djup samtidigt med låga tryck. Tänkbara förklaringar är anhopning i dubbelskikt och nitratreduktion. Reduktion kan inte ensam förklara depressionen eftersom nitrat snabbt kan dyka upp (rör 2-3,4) vid en tryckökning. Några långa vägar hinner nämligen nitraten inte röra sig på de korta tiderna. Det måste så att säga finnas på plats. Detta utesluter också utspädning med renare vatten underifrån även om möjlighet därtill fanns under en av perioderna (juli-december 1975).

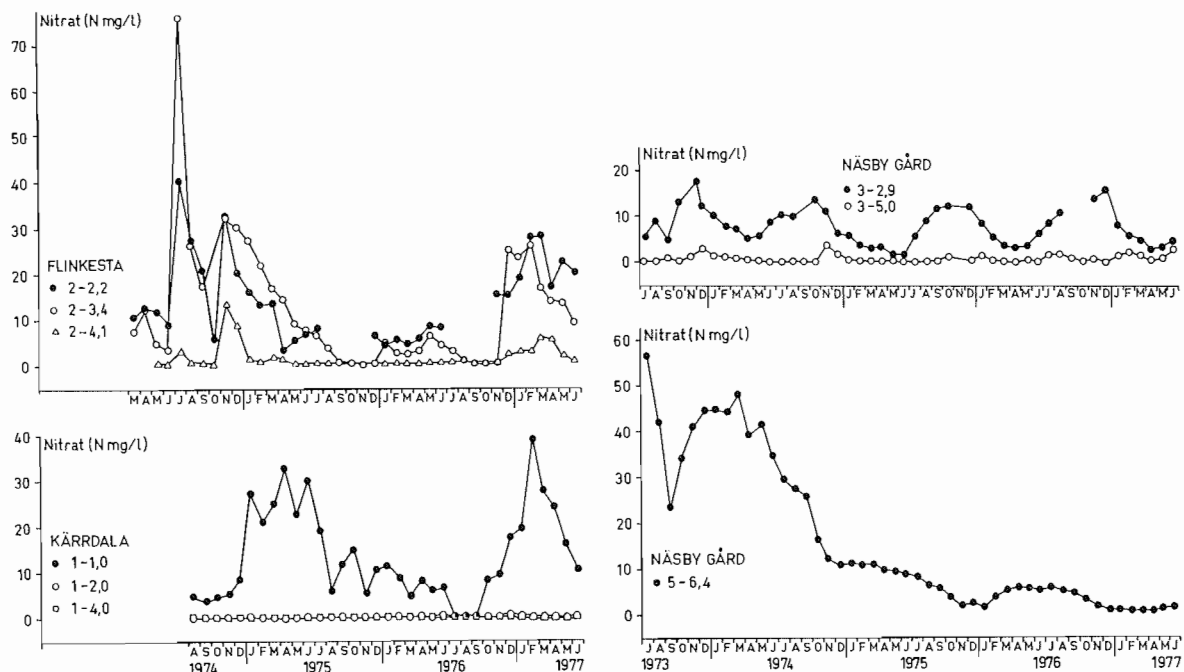


Fig. 27. Nitrathaltens variation i grundvattnet. *The variation of nitrate in ground water.*

*Kärredala.* Här påverkades grundvattnet inte alls i leran, där nitrat-halten genomgående var försvinnande liten. Den fluktuerade däremot kraftigt i sanden. I rör 1-1,0 förekom värdet 0,0 under juli-september 1976 samtidigt med ett undertryck i förhållande till trycket i det djupa röret 1-4,0. Undertrycket betyder en uppström, men nödvändigtvis inte vid eller ens i närheten av provlokalen. Eftersom leran är tät tycks det som om det skulle finnas "hål" genom leran där kortslutningsströmmar kan uppkomma. Resultatet blev i vart fall att det eljest näringsrika vattnet späddes ut.

*Näsbygård.* Lokalerna 1 och 2 är rätt lika. Båda ligger högt i terrängen och båda uppvisar relativt låga kvävehalter med små variationer i grundvattnet. På grund av det höga läget är rören ofta torra. Lokalerna 3, 4 och 5 avviker härifrån. De är därtill inbördes olika vad det gäller kvävet.

Lokal 3 kännetecknas av regelbundna svängningar i nitrathalten med toppar på senhösten eller förvintern och dalar på våren. Här finns ett klart samband med nederbörd och grundvattentryck. Detta skall närmare behandlas i avsnittet om nitratreduktion.

Lokal 4 kännetecknas av höga ammoniumhalter. Orsaken har redan diskuterats.

Lokal 5 är i princip lik lokal 3 ifråga om svängningarna under året. Rör 5-6,4 har emellertid en fasförskjutning på ca sex månader (förse-ning) i förhållande till rör 3-5,6. Skillnaden i djup förklarar fasförskjutningen. De anmärkningsvärt höga nitrathalterna i början av observationsserien för rör 5-6,4 beror sannolikt på att röret står nära en bostad med ett höns hus, som båda dock inte använts sedan början av 1960-talet. Det sistnämnda kan förklara att halterna avklingat.

*Jordarten* är som väntat betydelsefull vad det gäller skyddet av grundvattnet. Sålunda utgör mäktiga lerlager vanligen ett gott skydd. Röret 2-3,6 i Karstorp förbryllar härvid med sina höga nitratvärden. Möjligen kan tätningen kring röret vara otillfredsställande. I rör som visserligen står i lera men har vattenintaget nära ovanliggande mojord är nitrathalterna också höga. Så är fallet i Sandbro (rör 2-2,0) och i Hassla (rören 1-2,2 och 2-2,0). Mojord och tunna lerlager utgör sålunda inget säkert skydd. Sandjord skyddar grundvattnet dåligt. Belägg finns i resultaten från Kärredala.

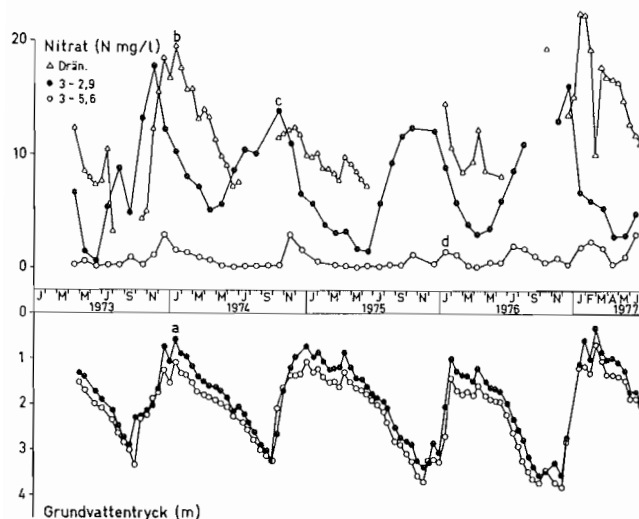


Fig. 28. Samvariation mellan grundvattentryck och nitrat-halt. Co-variation between ground water pressure and nitrate.

### Nitratreduktion

Som framgår av tabell 5 var det djupa grundvattnet vanligen mycket fattigare på nitrat än det grunda. I något fall kan som tidigare framhållits detta bero på utspädning med renare vatten underifrån eller från sidan. Men denna möjlighet kan oftast uteslutas på grund av tryckförhållandena. Det återstår då två möjligheter, nämligen adsorption av nitraten i dubbelskikt och nitratreduktion. Det är oftast svårt att avgöra om någon av dem kan uteslutas också om adsorption inte brukar tillmätas någon större betydelse i svenska jordar. Ett renodlat exempel tycks emellertid lokal 3 i Näsbygård vara.

Lokalen ifråga är belägen på samma skifte som försöksfältet men utanför det aktuella avrinningsområdet (cf. fig. 23). Den ligger på sluttningen 200 m från fältets och traktens högsta höjdsträckning och på en ca 4 m lägre nivå. Det vatten som passerar lokalen kommer därför med säkerhet från fältet och vattenströmmen är enligt tryckdiagrammet (fig. 28) riktad rakt eller i vart fall snett nedåt. Den minskning av nitrathalten från grundare till djupare vatten som tydligt ses i figuren kan därför inte bero på utspädning.

I fig. 28 ses vidare att nitrathalten i dräneringsvattnet tydligt samvarierade med trycket tidsmässigt sett i det att kurvorna *b* och *a* svänger i fas. Kurvorna *c* och *d* är däremot fasförskjutna i förhållande till *a* och *b* och även inbördes. I detta fall har trycket följaktligen betytt litet för nitrathalten i det djupare grundvattnet och därmed torde inte heller adsorption i ett dubbelskikt ha spelat någon väsentlig roll. Därmed skulle nitratreduktion kvarstå som enda förklaring till att nitrathalten avtog med djupet.

Tabell 6. Transport av kväve med yt- och dräneringsvatten. *Transport of nitrogen by surface and drainage water.*

År	N (kg/(ha·år))				N (kg/(ha·år))			
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	TotN	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	TotN
	<i>Öjebyn</i>				<i>Offer</i>			
75/76	4,45	0,00	1,7	6,3	0,01	0,01	0,8	0,9
76/77	1,8 <sup>a</sup>	0,01	4,9 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>	0,04	0,00	14,5 <sup>a</sup>	17,2 <sup>a</sup>
	<i>Sandbro</i>				<i>Flinkesta</i>			
73/74	-	-	-	-	0,11	0,00	13,5	17,1
74/75	-	-	-	-	0,06	0,01	10,1	14,8
75/76	0,01	0,00	0,5	0,6	0,03	0,00	4,6	5,0
76/77	0,01	0,00	11,5	12,4	0,13	0,02	37,7	40,3
	<i>Hassla</i>				<i>Furåsa</i>			
74/75	0,01	0,01	11,9	12,3	-	-	-	-
75/76	-	-	0,2	0,4	-	-	-	-
76/77	0,01	0,00	12,6 <sup>a</sup>	14,5 <sup>a</sup>	-	-	-	-
	<i>Karstorp</i>				<i>Hälleberg</i>			
75/76	0,01	0,00	1,7	1,8	0	0	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
76/77	0,10	0,01	42,7	45,1	0,04	0,008	20,4	22,0
	<i>Kärrdala</i>				<i>Näsbygård</i>			
73/74	0,11	0,12	25,1	32,3	0,10	0,01	36,0	38,1
74/75	0,13	0,28	79,9	85,7	0,08	0,01	32,9	35,9
75/76	0,07	0,05	31,8	34,2	0,02	0,00	2,0	2,2
76/77	0,13	0,14	75,9	84,6	0,10	0,00	41,4	44,0

<sup>a</sup> Beräkningsunderlag av analys var fjortonde dag. *Every fortnight.*

### *Sjunkhastighet*

Fasförskjutningen mellan kurvorna i fig. 28 kan utnyttjas för skattning av nitrattets sjunkhastighet. Topparna *b*, *c* och *d* gäller samma puls så vitt man nu kan se. Tidsintervallet mellan *b* och *c* är ca 9 månader och mellan *c* och *d* 15 månader. I djupled är skillnaden 1,9 m resp. 2,7 m mellan vattenintagen. Sjunkhastigheten blir då i det förra fallet 2,5 m/år och i det senare 2,2 m/år.

Det skall tilläggas att identifieringen av topparna är osäker. De angivna tiderna är emellertid minsta värden och sjunkhastigheterna därför största värden.

### *Transport av kväve*

Transporten av kväve med yt- och dräneringsvatten har under åren varierat mellan 0,0 och 86 N kg/ha·år. Det mesta kom som nitrat (tabell 6). Anmärkningsvärt stora nitrattförluster förekommer på nästan alla grödorna. Året 76/77 toppar listan. Här har överskottet i marken från det torra året 75/76 spelat stor roll. Ytterligare kommentarer kan göras för de enskilda fälten.

*Offer.* Stallgödsling på trädan 1976 kan ha bidragit till ökningen.

*Sandbro* och *Hassla.* De förhållandevis låga transportvärdena beror på att en hel del nitrat lakats förbi dräneringsledningarna till det djupa grundvattnet.

*Karstorp.* Det är oklart om det bara är fråga om minneseffekter eller om odlingsystemet i sig också är skuld till den mycket kraftiga ökningen.

*Kärredala.* Läckaget var betydande också under det torra agrohydrologiska året 75/76. Här är det fråga om ett samspel mellan jordart, gödselmängd och bevattning. Topparna i augusti 1974 och i september 1975 kan sättas i direkt samband med bevattningen (fig. 24 b och 29).

Transport av nitrat och avrinning samvarierade naturligt nog under året. Genom att svängningarna i avrinning och koncentration vanligen låg i fas förstärktes effekten vilket innebär att uttvättningen av nitrat var intensiv vid häftig nederbörd och snösmältning. Följden kunde bli att så stora mängder som 18 N kg/ha kunde rinna bort på en enda månad (fig. 29).

Utlakad mängd nitrat samvarierade med nederbörden (fig. 30). Data-materialet har i figuren uppdelats i tre diagram. De två första gäller fält med hydrodynamiskt nedtryck och det tredje fält med upptryck och långväga vatten. Läckaget till dräneringsledningarna har allmän sett varit tydligt mindre från mojordarna än från lerjordarna (fig. 30 a och b). I stället har mer nitrat transporterats till grundvattnet på de förra än på de senare. Bilden för utströmningsområdena (fig. 30 c) är ännu oklar. De båda aktuella fälten har ännu alltför olika hävd för att en jämförelse i detta sammanhang skall vara riktigt meningsfull.

Något samband mellan utlakad och gödsblad mängd förelåg däremot inte. Det sistnämnda beror på att det finns en interkorrelation mellan gröda och gödselmängd, dvs. gödselgivorna har avpassats efter grödans behov.

### *Gödslingsprognos för kväve*

Utlakningen av nitrat från gödsblad åker kan uppenbarligen vara betydande. Det bör inte minst av ekonomiska skäl därför vara angeläget att nedbringa förlusterna, som kostar svenskt lantbruk mellan 100 och 200 milj. kronor per år.

Sambandet mellan nederbörd och utlakning av nitrat kan utnyttjas för sådana prognoser. Allmänt gäller att torra vintrar ger liten utlakning med stor risk för svår liggsäd om kvävegödslingen inte nedbringas till det faktiska behovet. Omvänt kan våta vintrar medföra

stor utlakning varvid åtminstone sand- och mojordar kan tömmas på sitt nitratförråd.

Som ett exempel kan anföras följande gödslingsprognos i april 1977.

*Götaland och Svealand.* Efter förra vinterns torra fanns i höstas två års överskott av nitrat i åkermarken. Förrådet har därefter under årets "våta" vinter minskat väsentligt. På sand- och mojordar är nitratförrådet nästan tömt, men på lerjordar återstår ännu rätt betydande mängder. Gödselgivorna bör följaktligen hållas under det normala främst på lerjordar men också på sandjordar emedan utlakningen normalt är stor.

*Norrland.* Nitratförrådet var också här ovanligt stort men eftersom gödslingen ofta ligger i underkant kan givorna vara normala.

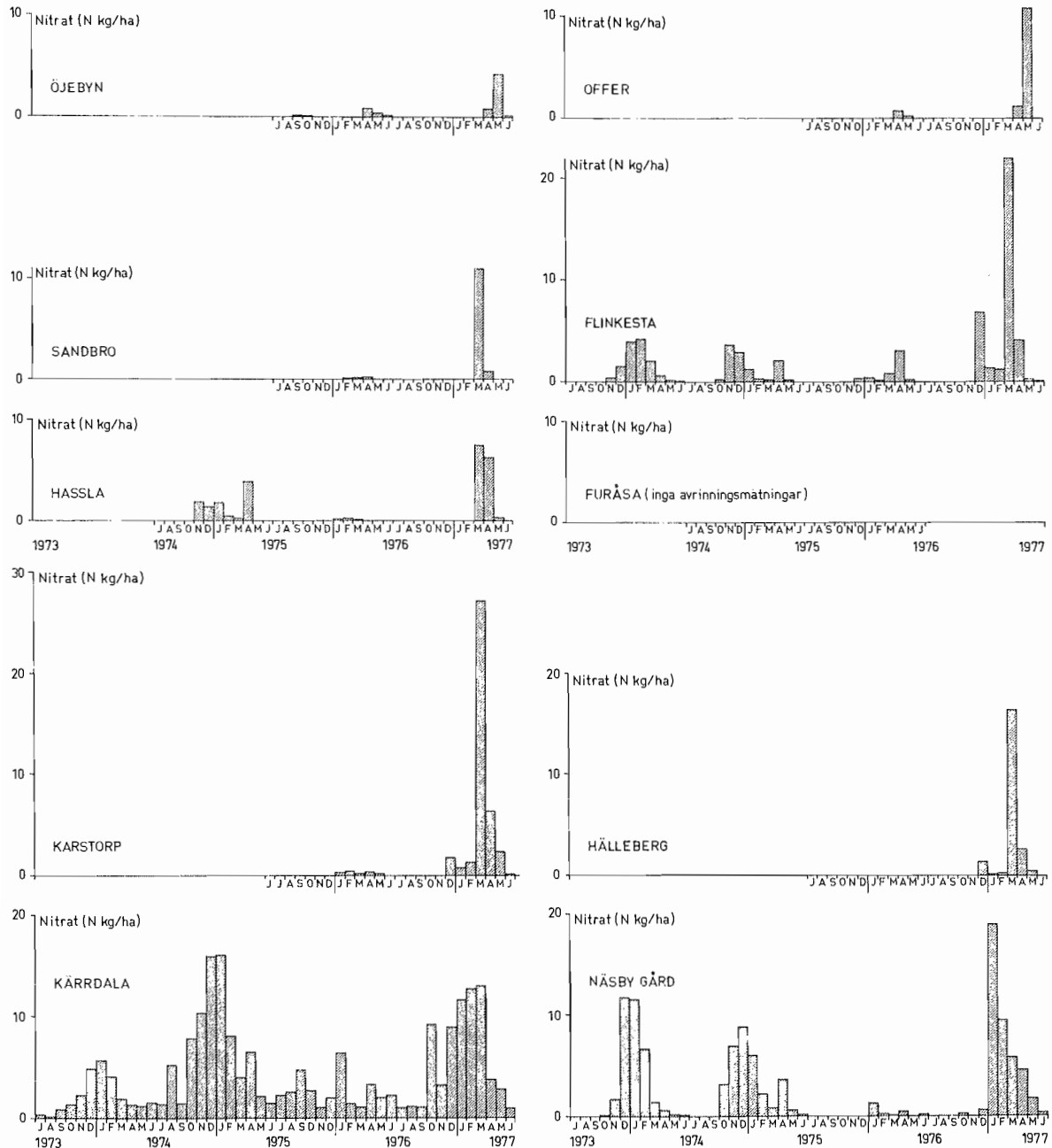


Fig. 29. Månatlig transport av nitrat. *Transport of nitrate monthly.*



KOMMENTARER. Som bakgrund kan nämnas att kvävegivorna varit 80-160 kg/ha beroende på grödan.

Normalt utlakas 10-30 kg nitratkväve per hektar och år. Vintern 1975/76 utlakades högst 2 kg på grund av ett stort nederbördsunderskott. På hösten 1976 fanns därför två års överskott av nitratkväve kvar i åkermarken, dvs. 20-60 kg. Hittills i år har på grund av den "våta" vintern runnit bort 10-60 kg/ha eller i medeltal ca 30 kg/ha. Förråden är därför på en del håll nästan tömda.

Jordarten är betydelsefull. På sand- och mojordar är uttvättningen närmast total medan på lerjordar ett betydande överskott fortfarande kan föreligga. Regionalt för Götaland och Svealand var utlakningen 1 juli 1976 - 31 mars 1977 i kg/ha:

Sand, 50-60; Mo, 9-11; Lera, 20-35.

Värden för Norrland saknas, ty våravrinningen har ännu inte börjat. Förklaringen till de höga värdena för sanden är att under denna finns en tät lera som gör att det mesta av vattnet rinner bort genom täckdikena. De relativt låga värdena för mojordar sammanhänger med en genomsläpplig grund, vilket medför att den större delen försvunnit till grundvattnet och den mindre delen genom täckdikena.

## FOSFOR

### Allmänt

Eftersom fosfors rörlighet i marken är väsentligt mindre än kvävet kan man vänta att fosforhalterna i vattnet också skall vara mycket mindre än kvävehalterna. På grund av metodologiska svårigheter vid bestämningen av totalfosfor har bara fosfatfosfor medtagits vad det gäller grundvattnet. En svårighet ligger i provtagningen genom att slam kan följa med. Och fosfor bundet till jordpartiklar har inget med grundvattnets fosforinnehåll att göra. Därför bör grundvattenprov centrifugeras i motsats till dräneringsvatten där också den partikelbundna fosfor är intressant. Härvid skulle också tolkningssvårigheter uppkomma vid jämförelser.

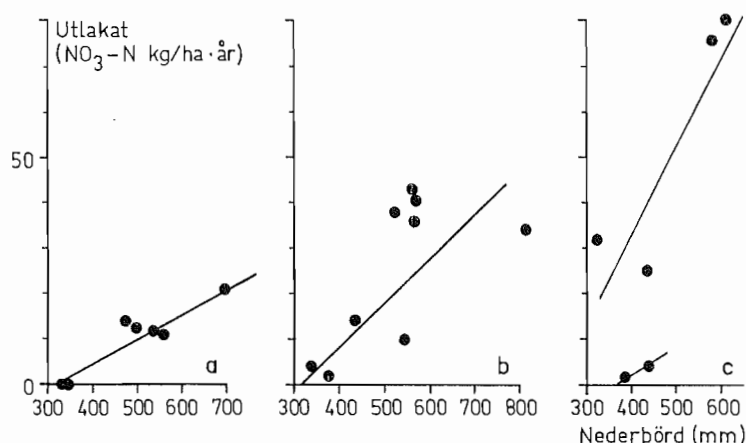


Fig. 30. Samband mellan nederbörd och utlakad mängd nitrat. (a) Moiga jordar. (b) Lerjordar. (c) Sand- och mojordar med hydrodynamiskt upptryck. *Connection between precipitation and leaching of nitrate. (a) Fine sand soils; Offer, Sandbro, Hassla, Hälleberg. (b) Clay soils; Flinkesta, Karstorp, Näsbygård. (c) Sandy soils with upflow; Öjebyn, Kärrdala.*

*Fosfor i yt- och dräneringsvatten*

För det mesta låg halterna av fosfatfosfor över 0,050 P mg/l vilket i och för sig får anses högt (tabell 7). Det kan tilläggas att fosfatfosfor ofta utgjorde mer än hälften av totalfosfor, som förutom fosfat innefattar övrig fosfor. Denna utgörs av ospecificerad organisk och oorganisk fosfor.

Man lägger särskilt märke till de höga värdena i Flinkesta och Kärrdala. I det förra fallet spelar erosion en betydande roll medan i det senare fallet stallgödseln troligen satt sina spår. Bilderna för de två platserna är också för övrigt vitt skilda. (Fig. 31.)

*Flinkesta.* Här samvarierar fosforhalterna mycket påtagligt med avrinningen. Detta kan lätt förklaras med att det i huvudsak är fråga om en avrinning på ytan, varvid fosforrikt slam lätt följer med vattnet. Detta inträffar särskilt vid häftig avrinning då erosionen är som kraftigast. Härvid ökar ju också övrig fosfor som är knuten till slammet. Lagg märke till att höga värden dessutom förekommer alldeles i början av en avrinningsperiod redan vid mycket små flöden.

*Kärrdala.* Ingen tydlig samklang finns mellan avrinning och fosforhalt. Tvärtom motvarierar i stora drag avrinning och fosforhalt, vilket klart visar att det är fråga om utspädningseffekter. Till synes något omotiverat åtskiljs stundom kurvorna för fosfat och totalfosfor. Det kan då vara fråga om utlakning av organisk fosfor från stallgödsel delvis i samband med bevattning.

Tabell 7. Fosfor i yt- och dräneringsvatten. *Phosphorus in surface and drainage water.*

År	P (mg/l)		Prov <sup>a</sup>	P (mg/l)		Prov <sup>a</sup>
	PO <sub>4</sub>	TotP		PO <sub>4</sub>	TotP	
	<i>Öjebyn</i>			<i>Offer</i>		
75/76	0,005	0,050	8	0,039	0,074	1
76/77	0,008	0,098	9	0,025	0,113	3
	<i>Sandbro</i>			<i>Flinkesta</i>		
73/74	-	-	0	0,521	1,259	6
74/75	-	-	0	0,222	0,554	9
75/76	0,251	0,422	2	0,041	0,087	5
76/77	0,023	0,035	2	0,136	0,386	7
	<i>Hassla</i>			<i>Furåsa</i>		
74/75	0,016	0,017	7	0,017	0,066	8
75/76	-	-	0	0,077	0,100	1
76/77	0,013	0,017	2	-	-	-
	<i>Karstorp</i>			<i>Hälleberg</i>		
75/76	0,037	0,068	7	-	-	0
76/77	0,038	0,056	7	0,009	0,024	5
	<i>Kärrdala</i>			<i>Näsbygård</i>		
73/74	0,178	0,258	12	0,061	0,086	10
74/75	0,142	0,165	12	0,058	0,062	10
75/76	0,178	0,248	12	0,030	0,095	7
76/77	0,214	0,283	12	0,025	0,038	8

<sup>a</sup> Antal prov. *Number of samples.*

### Fosfor i grundvatten

Ser man på fosfathalterna i grundvattnet finner man att de med något undantag var väsentligt lägre än halterna i yt- och dräneringsvatten. Något annat var inte heller att vänta med tanke på fosforns svårörslighet i marken.

Något förvånande har höga medeltal noterats i Flinkesta rör 2-2,2 och 2-3,4 och i Kärrdala rör 1-4,0. I båda fallen var det fråga om systematiskt höga tal, som för Flinkesta kan bero på transport uppifrån men för Kärrdala är en följd av stark grumling på grund av att röret står i kvicklera.

### Transport av fosfor

Vid eutrofieringen av vattendrag och sjöar spelar kväve och fosfor en utomordentligt stor roll. Fosfor anges härvid ofta som den viktigaste begränsningsfaktorn. Ur denna synpunkt är sålunda också små kvantiteter betydelsefulla. Som bakgrundsvärden kan nämnas att transporten från ogödslad skog uppgår till totalt 0,03-0,08 P kg/(ha·år).

Transporten av fosfor från våra försöksfält har varierat i intervallet 0,01-2,20 P kg/(ha·år). Utan att hårdra materialet torde man kunna fastslå att läckaget av fosfor från åkermark i allmänhet är avsevärt större än från skog. Särskilt markerat framstår Flinkesta där yterosion betytt mycket, men också stallgödselgivorna i Kärrdala har slagit igenom kraftigt.

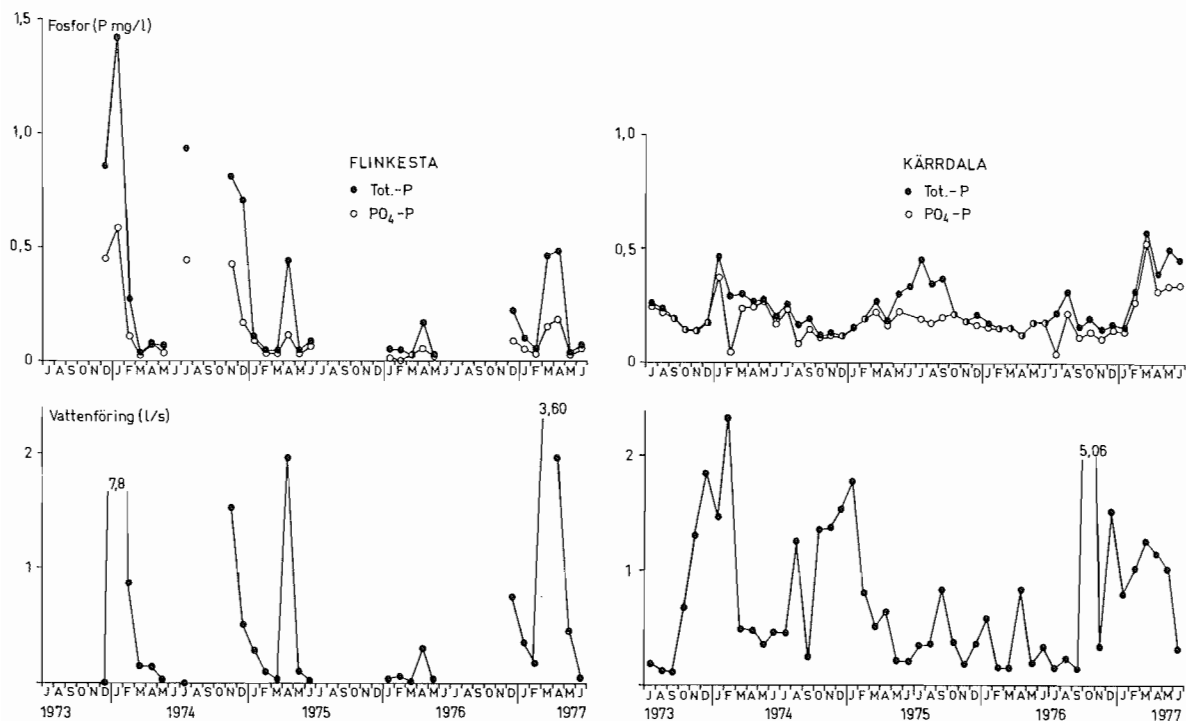


Fig. 31. Vattenföringens och fosforhaltens samvariation i yt- och dräneringsvatten. Co-variation of runoff and phosphorus in surface and drainage water.

Tabell 8. Fosfor i grundvatten. *Phosphorus in ground water. July 1975 - June 1977.*

Lokal	PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	Prov <sup>a</sup>	Lokal	PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	Prov <sup>a</sup>	Lokal	PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	Prov <sup>a</sup>
<i>Öjebyn</i>			<i>Offer</i>			<i>Sandbro</i>		
1-1,8	0,022	22	1-1,4	-	0	1-2,0	0,022	1
1-2,7	0,019	22	2-2,0	0,011	2	2-2,0	0,011	10
2-2,0	0,048	20	2-4,0	0,010	7	2-4,0	0,011	22
2-3,0	0,018	22						
<i>Flinkesta</i>			<i>Hassla</i>			<i>Furåsa</i>		
1-2,0	0,008	16	1-2,2	0,008	4	1-1,5	-	0
2-2,2	0,146	15	1-4,0	0,013	17	1-3,9	0,012	6
2-3,4	0,094	22	2-2,0	0,007	3	2-2,5	0,022	1
2-4,1	0,012	22	2-4,0	0,012	11			
3-3,6	0,077	22						
<i>Karstorp</i>			<i>Hälleberg</i>			<i>Kärredala</i>		
1-2,0	0,019	5	1-2,0	0,006	22	1-1,0	0,011	22
1-4,0	0,020	5	1-4,0	0,037	22	1-2,0	0,018	22
2-2,0	0,020	15	2-2,0	0,007	22	1-4,0	0,110	22
2-3,6	0,019	17	2-4,0	0,008	22	2-1,0	0,015	5
			2-5,5	0,014	19	2-1,6	0,011	21
						2-4,0	0,038	20
<i>Näsbygård</i>			<i>Näsbygård</i>			<i>Näsbygård</i>		
2-2,5	0,026	12	3-2,9	0,017	18	4-2,5	0,010	22
2-5,2	0,015	12	3-5,6	0,032	21	4-5,1	0,009	22
						5-6,4	0,013	22

<sup>a</sup> Antal prov. *Number of samples.*

Tabell 9. Transport av fosfor med yt- och dräneringsvatten. *Transport of phosphorus by surface and drainage water.*

År	P (kg/(ha·år))		P (kg/(ha·år))		P (kg/(ha·år))	
	PO <sub>4</sub>	TotP	PO <sub>4</sub>	TotP	PO <sub>4</sub>	TotP
	<i>Öjebyn</i>		<i>Offer</i>		<i>Sandbro</i>	
75/76	0,01	0,09	0,00	0,01	0,05	0,08
76/77	0,02	0,22	0,02	0,09	0,01	0,02
	<i>Flinkesta</i>		<i>Hassla</i>		<i>Karstorp</i>	
73/74	0,89	2,20	-	-	-	-
74/75	0,65	1,70	0,03	0,03	-	-
75/76	0,01	0,03	0,00	-	0,00	0,01
76/77	0,40	1,13	0,01	0,01	0,10	0,15
	<i>Hälleberg</i>		<i>Kärredala</i>		<i>Näsbygård</i>	
73/74	-	-	0,52	0,75	0,12	0,17
74/75	-	-	0,44	0,51	0,18	0,19
75/76	0	0	0,23	0,32	0,01	0,02
76/77	0,02	0,05	0,71	0,94	0,06	0,09

Anm.: Inga mätningar i Furåsa. *No measurements at Furåsa.*

## KALIUM

*Allmänt*

Kalium är liksom nitrat lätt rörligt i marken, men kan inte som nitratets gasformiga spjälkningsprodukter försvinna luftvägen. Man kan följaktligen vänta rätt mycket kalium i markvattnet men möjligen en från nitratet avvikande fördelning.

*Kalium i yt- och dräneringsvatten och i grundvatten*

Två års analyser ger en god indikation på att förutsägelsen kan vara riktig (tabell 10). Värdena låg med god marginal inom nitratkvävetts variationsområde. Flertalet av dem fanns i intervallet 2-5 mg/l. Men fördelningen i djupled var med två undantag omvänd nitratets i det att halterna ökade med djupet. Förklaringen till denna anrikning kan vara dels det faktum att växternas rötter inte når ned dels att vattenomsättningen är långsammare på de större än på de mindre djupen. Den omvända ordningen mellan nitrat och kalium tyder på att en betydande nitratreduktion måste äga rum, ty eljest borde också nitrathalten öka med djupet.

Tabell 10. Kalium i yt- och dräneringsvatten och i grundvatten. *Potassium in surface and drainage water and in ground water. July 1975 - June 1977.*

Lokal	K (mg/l)	Prov <sup>a</sup>	Lokal	K (mg/l)	Prov <sup>a</sup>	Lokal	K (mg/l)	Prov <sup>a</sup>
<i>Öjebyn</i>			<i>Offér</i>			<i>Sandbro</i>		
Drän.	10,4	14	Drän.	2,2	3	Drän.	1,1	2
1-1,8	4,7	22	1-1,4	-	0	1-2,0	0,9	1
1-2,7	4,3	21	2-2,0	5,9	2	2-2,0	2,3	10
2-2,0	26,8	17	2-4,0	17,0	7	2-4,0	4,1	20
2-3,0	7,7	20						
<i>Flinkesta</i>			<i>Hassla</i>			<i>Furåsa</i>		
Drän.	4,0	12	Drän.	12,5	2	Drän.	1,6	1
1-2,0	1,9	16	1-2,2	2,0	4	1-1,5	-	0
2-2,2	2,2	15	1-4,0	3,8	17	1-3,9	5,1	5
2-3,4	3,5	22	2-2,0	2,4	3	2-2,5	2,4	1
2-4,1	7,1	22	2-4,0	2,5	11			
3-3,6	9,4	22						
<i>Karstorp</i>			<i>Hälleberg</i>			<i>Kärrdala</i>		
Drän.	1,4	14	Drän.	1,7	5	Drän.	25,1	22
1-2,0	1,3	5	1-2,0	4,3	21	1-1,0	5,2	21
1-4,0	1,8	5	1-4,0	11,6	21	1-2,0	1,9	22
2-2,0	1,8	14	2-2,0	4,2	22	1-4,0	1,9	20
2-3,6	3,1	17	2-4,0	11,0	22	2-1,0	10,3	5
			2-5,5	13,1	19	2-1,6	3,7	21
						2-4,0	2,8	19
<i>Näsbygård</i>			<i>Näsbygård</i>			<i>Näsbygård</i>		
Drän.	1,1	12	3-2,9	1,7	18	4-2,5	1,9	22
2-2,5	1,1	12	3-5,6	2,1	21	4-5,1	3,2	22
2-5,2	1,8	12				5-6,4	6,2	22

<sup>a</sup> Antal prov. *Number of samples.*

De två undantagen är icke oväntat Öjebyn och Kärrdala där upptrycket utgör en effektiv spärr för nedvaskning. I Öjebyn har utspädning med näringsfattigt vatten underifrån dessutom säkert spelat en roll för sänkningen av kaliumhalterna i de djupa rören. I Kärrdala har stallgödsel rik på kalium satt tydliga spår. Något förbryllar det likväl att halterna i dräneringsvattnet var så mycket rikare på kalium än vattenproven från rören på 1 m djup. Förklaringen ligger väl i att mätstationen representerar hela fältet och rören bara en liten del.

#### *Transport av kalium*

Det kalium som försvinner ur åkermarken har knappast några negativa effekter emedan mottagande vatten redan har nog därav. Härigenom blir förlusten av kalium ett internt problem för jordbrukaren. Ur ekonomisk synpunkt kunde förlusten vara rätt betydande. Mängder i K kg/(ha·år):

År	Öjebyn	Offer	Sandbro	Flinkesta	Hassla
75/76	9,2	0	0	0,7	0
76/77	25,7	1,7	0,7	12,1	8,4
	Furåsa	Karstorp	Hälleberg	Kärrdala	Näsbygård
75/76	-	0,2	0	31,1	0,1
76/77	-	3,7	3,6	84,2	2,7

Som väntat blev utlakningen mycket stor i Kärrdala på grund av den rikliga stallgödslingen.

#### KONDUKTIVITET

##### *Allmänt*

Konduktiviteten är ett mått på den totala jonmängden i vattnet eller om man så vill den totala salthalten. Den speglar i stora drag förhållanden och skeenden lokalt men kan knappast nyttjas vid jämförelser regionalt. Det som speglas är urlakningen av jorden. Vid en nedåtriktad vattenström kan man härvid vänta en utarmning högt upp i profilen och en anrikning längre ned. Men många komplikationer kan inträffa.

Bland de i denna undersökning aktuella enskilda jonerna är det näppeligen någon som ensam kan slå igenom i värdena. Kalcium och karbonater brukar ha störst betydelse.

##### *Konduktivitet hos yt- och dräneringsvatten och hos grundvatten*

Konduktiviteten hos yt- och dräneringsvatten varierade regionalt över ett brett register (värden i  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

År	Öjebyn	Offer	Sandbro	Karstorp	Hälleberg
75/76	962	-	-	356	-
76/77	512	293	564	293	411
	Flinkesta	Hassla	Furåsa	Kärrdala	Näsbygård
73/74	159	-	-	676	640
74/75	177	705	731	776	692
75/76	188	-	465	885	773
76/77	183	776	-	889	698

Variationen var än större lokalt. Störst variationsbredd har Öjebyn följt av Näsbygård, Kärrdala och Hälleberg (fig. 32). I allmänhet är det fråga om tidsbundna fluktuationer. Rör 5-6,4 i Näsbygård visar i detta fall liksom ifråga om nitrat dessutom en långsiktigt avtagande trend. Orsaken har diskuterats på sid. 41.

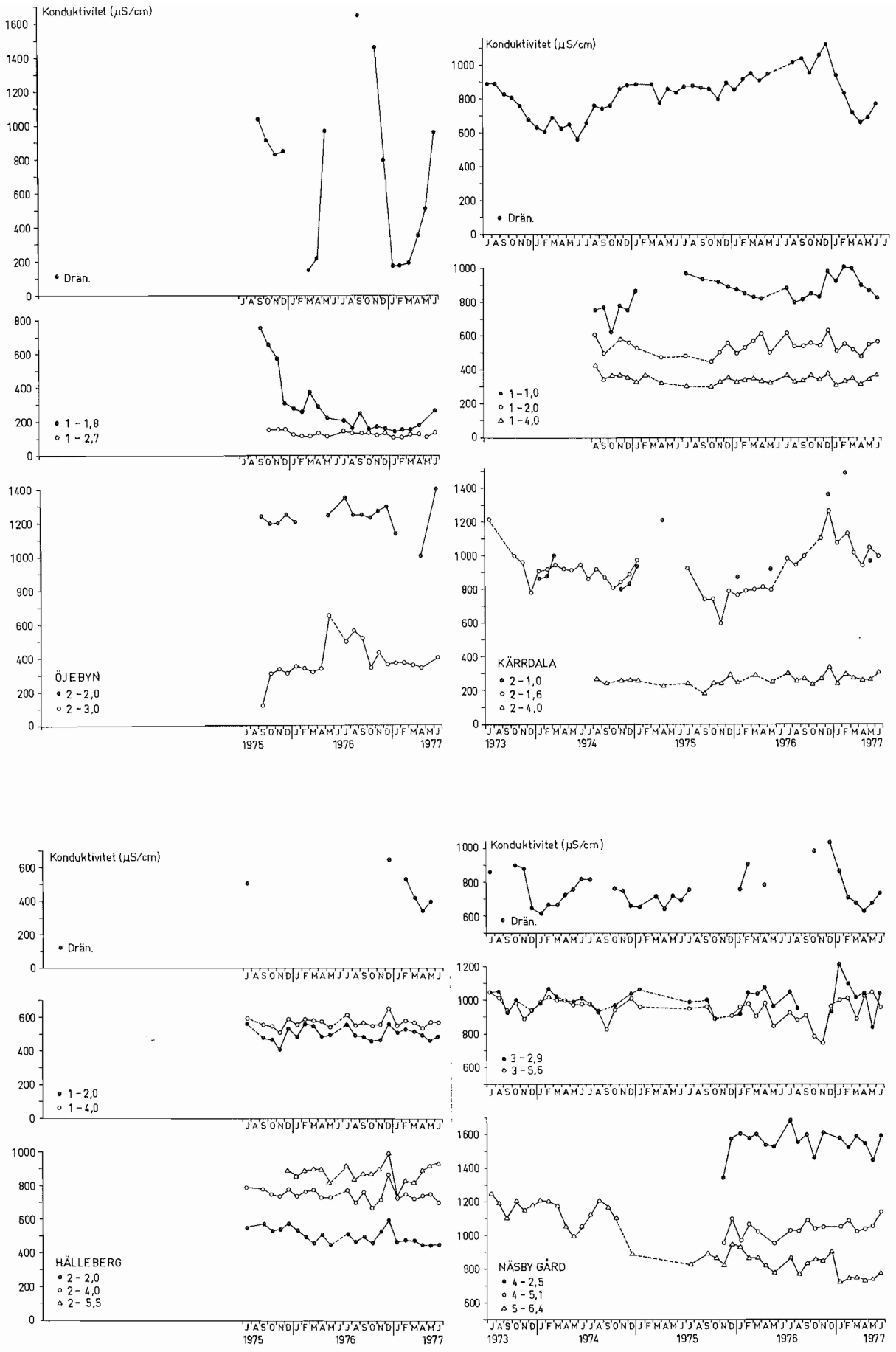


Fig. 32. Exempel på konduktivitetens variation med tiden. *Variation of conductivity with time. Above: Upflow. Below: Downflow.*

Konduktivitetens variation med djupet visar fyra karaktärsdrag (fig. 33). Försöksfälten kan inordnas därunder.

Grupp 1 (fig. 33 a) karakteriseras av att konduktiviteten avtar med djupet. Anledningen är det rådande upptrycket som effektivt hindrar lakning från högre till lägre zoner. Öjebyn och Kärrdala hör till denna grupp.

Grupp 2 (fig. 33 b) karakteriseras av att konduktiviteten ändras litet eller inte alls med djupet. Orsaken är att alla observationsrören tar in vatten i varvig lera där vattnet främst rör sig horisontellt i skikten. Sandbro, Hassla och Karstorp hör hit.

Grupp 3 (fig. 33 c) karakteriseras av att konduktiviteten ökar med djupet. Skälet är att en nedåtriktad vattenström lakar joner från högre till lägre zoner. Till denna grupp hör Offer, Flinkesta, Furåsa och Hälleberg.

Grupp 4 (fig. 33 d) karakteriseras av att konduktiviteten först ökar med djupet och därefter förblir konstant eller avtar. Orsaken är att omsättningshastigheten är låg särskilt på de större djupen. Näsbygård tillhör denna grupp.

## SURHETSGRAD (pH)

### Allmänt

Åkerjordens surhetsgrad beror förutom av jordarten på en rad biologiska och kemiska processer. Svavelnedfall med nederbörden komplicerar bilden ytterligare. Gödsling med kalksalpeter, totaloxidation av mull, ammonifiering och denitrifikation verkar höjande medan gödsling med ammoniumgödselmedel, nitrifikation och svavelnedfall verkar sänkande på pH. Betydande svängningar kan följaktligen väntas i markvattnet beroende på vilka processer som för stunden väger över. Jordens egen buffringsförmåga blir avgörande.

### Surhetsgrad i yt- och dräneringsvatten och i grundvatten

Som väntat varierade pH inom vida gränser och mest i yt- och dräneringsvatten.

År	Öjebyn	Offer	Sandbro	Karstorp	Hälleberg
75/76	4,0-7,9	-	-	7,5-8,7	-
76/77	3,6-7,2	6,1-7,8	8,2	7,8-8,5	7,5-8,2
	Flinkesta	Hassla	Furåsa	Kärrdala	Näsbygård
73/74	6,1-7,2	-	-	6,9-7,7	7,3-8,1
74/75	6,3-7,7	7,5-8,1	7,2-8,0	7,0-7,9	7,9-8,3
75/76	6,9-7,6	-	8,3	7,1-8,5	7,4-8,4
76/77	6,2-7,6	7,8-8,2	-	7,5-8,2	7,8-8,4

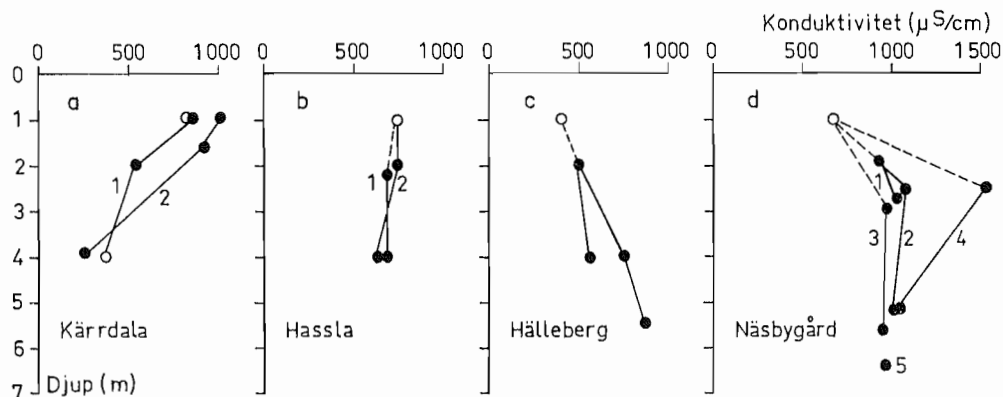


Fig. 33. Typexempel på konduktivitetens variation med djupet. *Characteristic variations of conductivity with depth.* (a) *Upflow.* (b) *Horizontal flow in varved clay.* (c) *Downflow.* (d) *Slow downflow.*



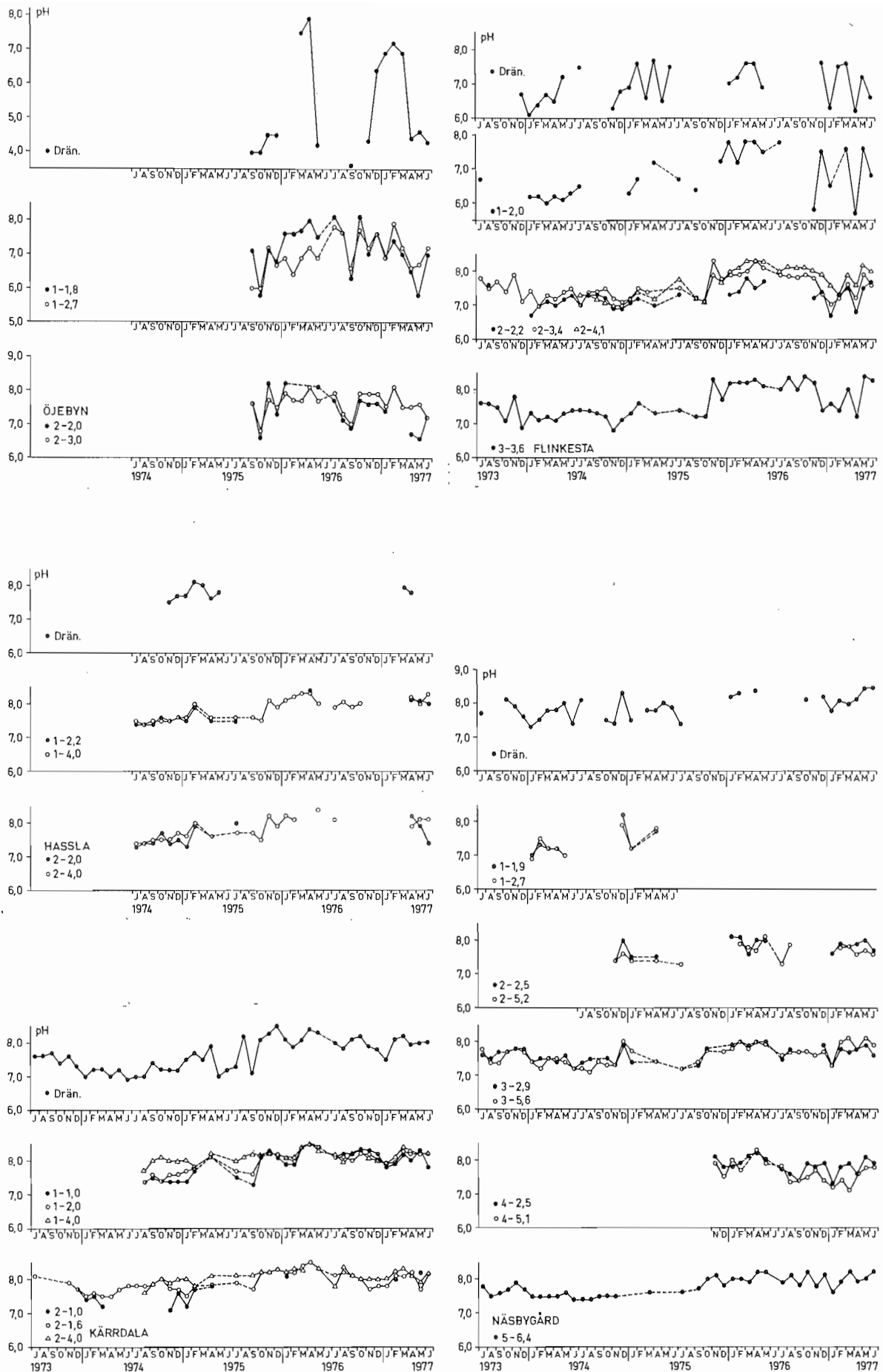


Fig. 34. Variation av pH med tiden. *Variation of pH with time.*

I grundvatten varierade pH mellan 6,8 och 8,7. Störst var variationen i Öjebyn eller omkring 4 pH-enheter och i övrigt högst 1,6 enheter. Med några få undantag är trenden riktad uppåt (fig. 34). En del klara samband med konduktiviteten finns.

Ökningen av pH i dräneringsvatten och markvätska är sannolikt en följd av jonutbyte i det att vätejoner tränger ut baskatjoner från markens kolloider till markvätskan. De försurande processerna tar sålunda här överhanden, vilket till slut måste ge sig till känna också i vattenfasen genom ett plötsligt pH-fall.

Kommentarer angående de enskilda försöksfälten kan begränsas till Öjebyn och Flinkesta.

*Öjebyn.* En markant motvariation föreligger mellan pH och konduktivitet i yt- och dräneringsvattnet, vilket ju innebär en samvariation mellan vätejonskoncentration och konduktivitet. Förändringen i vätejonskoncentrationen kan inte ensam förklara variationen hos ledningstalet utan betydande mängder av andra joner måste vara med i spelet. Ett klart samband med avrinningen föreligger också i det att koncentrationsökningen inträffat samtidigt med häftig snösmältning. Tydligt löser surt smältvatten ut eller skjuvar bort salter, kanske främst på markytan. Det mycket sura och saltrika tillståndet övergår så i ett svagt basiskt och saltfattigt tillstånd när det avrinnande vattnet är sådant som långsamt passerat mark och grund.

En liknande motvariation mellan pH och konduktivitet föreligger också ifråga om rör 1-1,8 men eljest icke i grundvattnet.

*Flinkesta.* Denna plats avviker från de övriga därigenom att pH på sommaren 1976 övergick från en stigande till en fallande trend. Eftersom fenomenet återkommer samtidigt både i dräneringsvatten och i alla grundvattenrör kan det inte bero på en transport av vätejoner genom jorden. Däremot kan det, liksom ifråga om nitrat, åtminstone delvis vara fråga om en skjuvning från ett diffust dubbelskikt på grund av tryckökning. Några entydiga samband med konduktiviteten finns inte också om de båda parametrarna stundom samvarierade mycket påtagligt i motsats till vad man kunde finna i Öjebyn.

## PERMANGANATTAL

### *Allmänt*

Permanganattalet är ett mått på halten av organiska ämnen men också en del syreförbrukande oorganiska ämnen medbestäms. I naturliga vatten föreligger ofta en stark korrelation mellan humushalt och permanganattal. För skogsvatten brukar värdena ligga uppemot 100  $\text{KMnO}_4$  mg/l och stundom även högre. För åkervatten är det ofta betydligt lägre och kan väntas avta med djupet på grund av självrening. Den hygieniska gränsen för dricksvatten är 40 mg/l.

### *Permanganattal i yt- och dräneringsvatten och i grundvatten*

I allmänhet stämmer den aktuella bilden från försöksfälten med vad man kunde vänta (fig. 35). Permanganattalet i yt- och dräneringsvatten var sålunda vanligtvis högre än i grundvattnet och oftast inte särskilt högt. Några kommentarer skall göras.

*Öjebyn.* Man lägger särskilt märke till rör 1-2,7. Förklaringen till det höga medelvärdet där kan vara att humusrikt skogsvatten kommer in. Det stämmer ju också med den bild vi fått i andra sammanhang. Något egendomligare ter sig då lokal 2 med sin "rättvända" bild. Det relativt höga värdet i rör 2-2,0 speglar emellertid en anrikning som ju återfinns ifråga om kväve, kalium och konduktivitet. Det låga värdet i rör 2-3,0 innebär att inflytandet från skogen inte är märkbart.

*Flinkesta.* Helt logiskt noteras de högsta värdena i yt- och dräneringsvatten i rör 1-2,0, som ju representerar skogsmark.

*Hassla.* Halterna i dräneringsvattnet är förvånansvärt låga. Troligen beror det på jordarten, som är mo i matjord och alv och som är mullfattig och lätt lakas ur. Anledningen till den stundom omvända ordningen i rörgrupp 2 är oviss.

*Hälleberg.* Ordningen är här klart omvänd. Utan ingående kvalitetsanalys kan frågan varför inte besvaras.

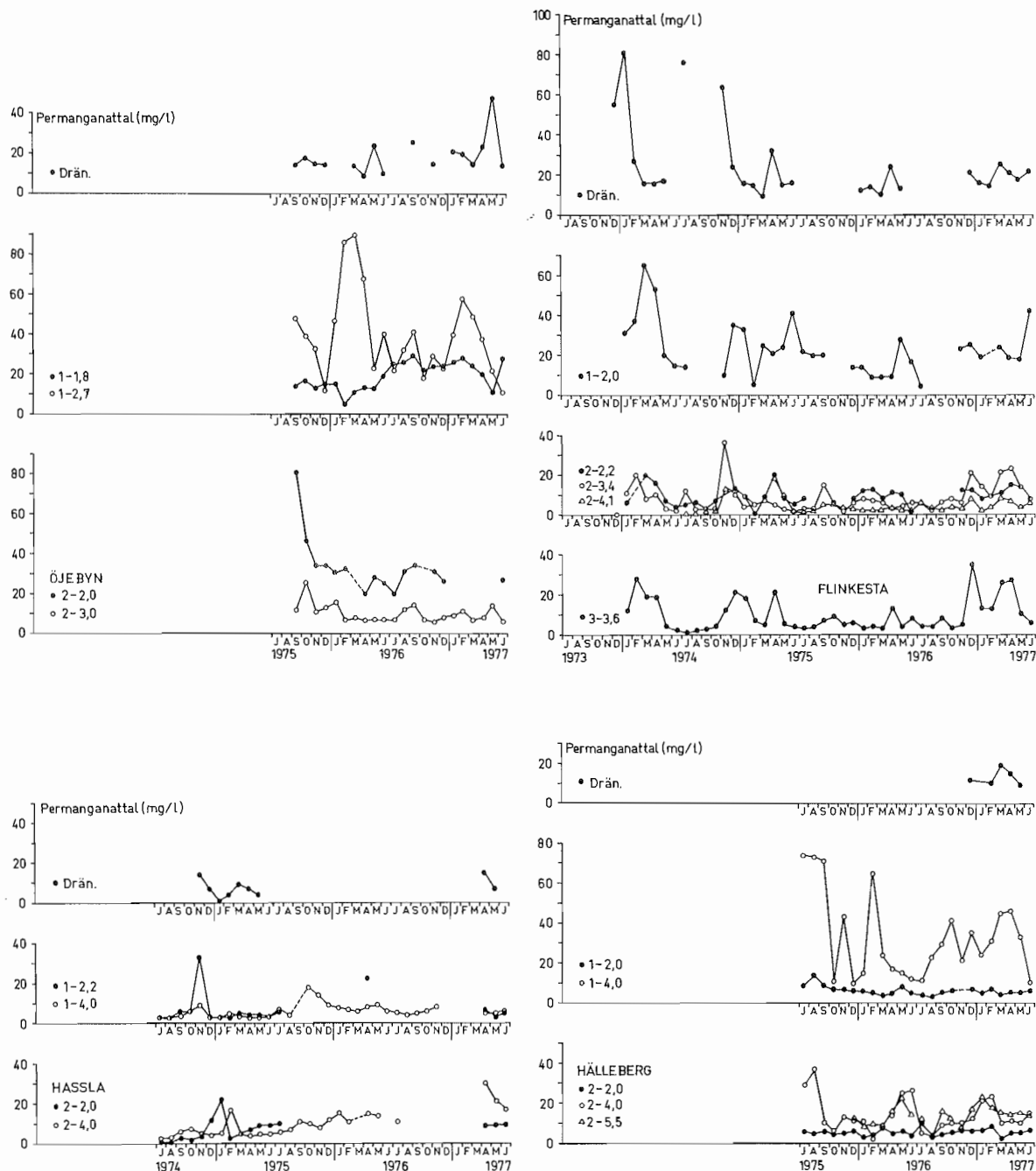


Fig. 35 a. Permanganattalets variation med tiden vid fyra försöksfält. Variation of the permanganate value with time at four experiment fields.

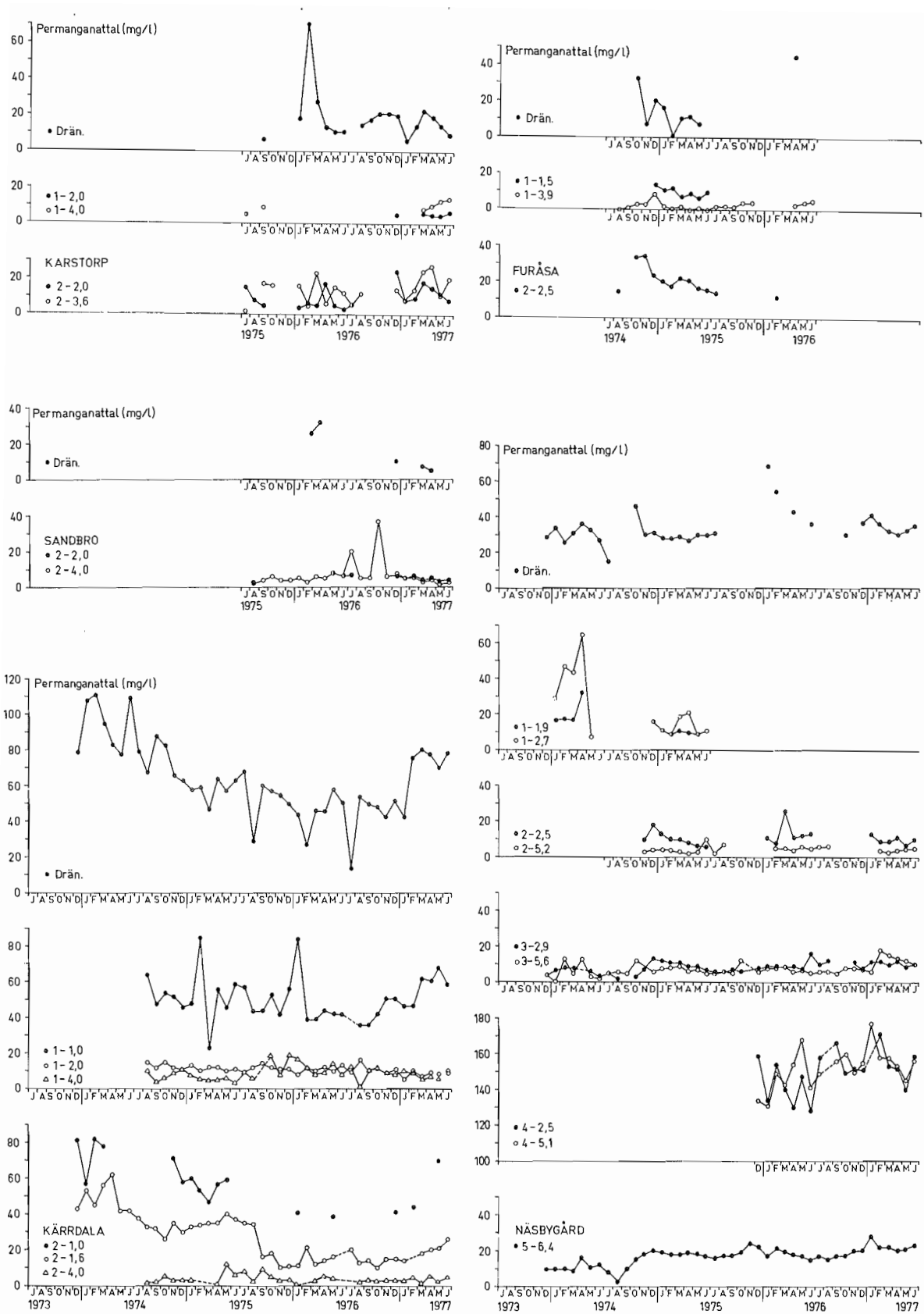


Fig. 35 b. Permanganattalets variation med tiden vid fem försöksfält.  
 Variation of the permanganate value with time at five experiment fields.

*Kärrdala.* De höga värdena i grunda vatten förvånar i och för sig inte eftersom stallgödsel används rikligt, vall sås och bryts med jämna mellanrum, och bevattning äger rum. De enskilda faktorernas betydelse kan ännu inte klart utläsas på grund av tidsaspekten. Oklar är också anledningen till att permanganattalet och nitrathalten i stort motvarierade i dräneringsvattnet. Den närmast liggande förklaringen är den för självrening normala gången, nämligen att snabb oxidation av organisk substans ger större utbyte av nitrat och långsam oxidation mindre utbyte. Men det kan också vara fråga om en tidsförskjutning mellan lakningen av nitrat och organiska ämnen.

*Näsbygård.* Yt- och dräneringsvattnet innehåller också i detta fall relativt mycket organisk substans. Orsaken torde vara utlakning från ganska mäktiga torvlager i sänkorna. Lokal 4 som ligger i en sådan sänka har ju också de i särklass högsta permanganattalen. Här lär det emellertid vara fråga om en mycket långsiktig anrikning i de djupa jordlagren. Rör 1-2,7 slutligen avviker från den väntade ordningen. Orsaken tycks vara att det i närheten av lokalen funnits betupplag från vilket lakvatten trängt ned på djupet.

## DISKUSSION

Det råder inte längre något tvivel om att förlusterna av växtnäring från åker kan vara betydande. Detta gäller främst kvävet i form av nitrat men också förlusterna av fosfor och kalium kan understundom vara stora.

Ekonomiskt är det fråga om ansevärliga belopp. Sistlidna vinter rann bort kväve för 200 milj kronor i Sverige vilket motsvarar mer än 40% av insatsen för handelsgödselkväve. Till detta kommer direkta skador på dricksvattenbrunnar, diken, vattendrag och sjöar med kostnader för att gräva nya brunnar och att hålla vattnen rena från växtlighet.

Utan tvivel är de indirekta och lömska skadorna på människor och djur allvarligast. Nitrat och nitrit är ju förelöpare till cancerframkallande nitrosaminer och nitrit kan ge upphov till blodsjukdomen methemoglobinemi. Det gäller alltså dricksvattnet som är särskilt utsatt på sand- och mojordar.

Undersökningarna visar klart att det finns all anledning att utarbeta metoder till ett bättre utnyttjande av växtnäringen. En framkomlig väg är att på våren göra gödslingsprognoser som tar hänsyn till den då växttillgängliga näringen i marken. Mest angelägna är gödslingsprognoser för kväve.

## SAMMANFATTNING

1. Tidigare undersökningar i Sverige gäller stora avrinningsområden med skog, åker och bebyggelse blandat. Betydande svårigheter uppstår när bidraget av olika ämnen från de skilda källorna skall beräknas. Differensräkning, ofta behäftad med stora fel, måste tillgripas. Genom direktmätningar kan sådana svårigheter undvikas. I denna undersökning mäts bidragen direkt.

Denna undersökning skall ge underlag för bedömning av riskerna för vattenförorening vid gödsling i ordinärt jordbruk och ge underlag för rekommendationer till undvikande av vattenförorening.

2. Ett stationsnät skall täcka olika delar av landet. Målet är femton referensfält. Denna rapport gäller tio. Fälten är oftast täckdikade. Grundvattenrör finns för tryckmätning och provtagning. Nederbörd och avrinning registreras. Yt-, dränerings- och grundvatten

analyseras på kväve, fosfor, kalium, konduktivitet, pH och permanganattal. Vattnets ålder har bestämts med hjälp av tritiumanalys.

Referensfälten beskrivs med hänsyn till läge, gårdens driftsriktning, geologiska och hydrologiska förhållanden, gröda, gödsel och skörd.

3. Begreppet agrohydrologiskt år har införts. Det omfattar tiden 1 juli - 30 juni och betecknas t.ex. 73/74.

4. Mellan nederbörd och avrinning förelåg ett positivt samband. Högst 330 mm och lägst nästan 0 mm rann av genom täckdiken på ett år. Mellan 300 och 500 mm tog andra vägar, en del till grundvattnen och troligen det mesta till luften.

Grundvattentrycket ger besked om vattenrörelsen som vanligen var nedåtriktad. På två försöksfält har betydande uppströmmar konstaterats. Detta innebär inströmning från angränsande mark. Inflytandet på växtnäringsflödet blir emellertid marginellt, ty halterna i grundvattnet är försumbara.

Vattnet på försöksfälten omsätts i de flesta fall relativt snabbt. På två lokaler har grundvatten äldre än 25 år påträffats. Eljest rör det sig om något eller några år.

5. Den dominerande kvävefraktionen var oftast nitrat, som i yt- och dräneringsvatten hade årsmedelvärdet mellan 1,0 och 26 N mg/l och i grundvatten mellan 0,0 och 61 N mg/l. Nitriethalterna var små. Bedömda som dricksvatten var de flesta dräneringsvatten och ungefär hälften av grundvattnen hygieniskt anmärkningsvärda.

Variationen av nitrat i yt- och dräneringsvatten under året var betydande. Höga nitrathalter förekom ofta i samband med höst- och vårflöden. Överdoser av stallgödsel kan ha en kvardröjande effekt på vattenkvaliteten. Också i grundvattnet tycks nitrathalten variera regelbundet med årstiden och med ett med djupet avtagande utslag.

En ökning av grundvattentrycket i rena leror har ofta lett till ökade nitrathalter i vattnet. En tolkning är att delar av ett diffust dubbelskikt kring lerpartiklarna skjuvas bort när det hydrodynamiska trycket och därmed vattenhastigheten ökar.

Jordarten är som väntat betydelsefull i fråga om skyddet av grundvatten. Måktiga lerlager utgör ett gott skydd, mojordar är inget säkert skydd och sandjordar skyddar grundvattnet dåligt.

Nitratreduktion kan vara betydelsefull men får inte förväxlas med anhopning i dubbelskikt.

Transporten av kväve (mest nitrat) med yt- och dräneringsvatten har varierat mellan 0,0 och 86 N kg/(ha·år) eller mellan 12 och 86 N kg/(ha·år) om man bortser från det torra agrohydrologiska året 75/76. Transporten av nitrat samvarierade med årsavrinningen. Däremot förelåg inget samband mellan utlakad och gödselad mängd beroende på interkorrelation mellan gröda och gödselmängd, dvs. gödselgivorna har avpassats efter grödans behov.

Sambandet mellan nederbörd och utlakning av nitrat har utnyttjats till en gödslingsprognos för kväve.

6. Mer än hälften av totalfosfor utgjordes av fosfatfosfor, som i yt- och dräneringsvatten varierade mellan 0,005 och 0,521 P mg/l och i grundvatten mellan 0,006 och 0,146 P mg/l, allt angivet som årsmedeltal för skilda provlokaler.

Höga fosfatvärden kunde dels bero på erosion dels på stallgödsling.

Transporten av fosfor varierade mellan 0,01 och 2,2 P kg/(ha·år).

7. Medeltalen för kalium varierade mellan 0,9 och 26,8 K mg/l. Flerparten av dem låg i intervallet 2-5 mg/l. Halterna i vattnet ökade för det mesta med djupet, vilket kan förklaras med allt mindre åt-

komlighet för växterna och allt långsammare vattenomsättning.

Transporten av kalium uppgick till mellan 0,0 och 84 K kg/(ha·år). Stallgödsel och bevattning bidrog till att utlakningen blev stor i ett fall.

8. Konduktiviteten varierade både regionalt och lokalt över ett brett register, från 130 och till 1540  $\mu\text{S}/\text{cm}$  i årsmedeltal. I djupled är variationsmönstret mycket olika. Gemensamma och avvikande drag diskuteras.

9. Variationsbredden för pH var 3,5-8,7. Värdena för de flesta fälten låg i intervallet 7,0-8,3. Sambandet med buffertkapacitet, försurning, nitrifikation och andra markprocesser behandlas.

10. Permanganattalet har använts som mätare på organisk substans eller humus. Det varierade mellan 5 och 115  $\text{KMnO}_4$  mg/l. Vanligtvis avtog halterna med djupet. Avvikelser inträffade vid inflytande från närliggande skogsmark, från torvmark inom försöksfältet eller från stallgödsel. Jordarten betyder mycket.

## LITTERATUR

- Ahl, T. & Odén, S. 1975. Närsaltkällor - en översikt. *Nordforsk publ.* 1975:1, 99-133.
- Bertilsson, G. 1977. Urlakning av kväve från odlingsmarken. *Referensen nr 3*, Supra aktiebolag, Landskrona.
- Bjerketorp, A. 1970. Personlig kontakt.
- Brink, N. & Gustafson, A. 1970. Kväve och fosfor från skog, åker och bebyggelse. *Vattenvård nr 1*, 1-108. Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Brink, N. 1972. Vattenförorening vid gödsling med rötslam. *Vattenvård nr 11*, 1-26. Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Brink, N. 1975. Influence of the increased use of fertilizers on the pollution of water bodies. *Vattenvård nr 15*, 1-25. Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Chichester, F. W. 1976. The impact of fertilizer use and crop management on nitrogen content of subsurface water draining. *J. Environ. Qual.* 5, 413-416.
- ECE, UN Economic and Social Council. 1974. The pollution of waters by agriculture and forestry. *Proc. ECE seminar Vienna 15-20 Oct 1973*, 1-326.
- Foerster, P. 1973. Einfluss hoher Güllegaben und üblicher Mineraldüngung auf die Stoffbelastung im Boden- und Grundwasser in Sandböden Nordwestdeutschlands. *Z. Acker. Pflanzenbau* 137, 270-286.
- Gächter, R. & Furrer, O. J. 1972. Der Beiträge der Landwirtschaft zur Eutrophierung der Gewässer in der Schweiz. *Schw. Z. Hydrol.* 34, 41-93.
- Hallgren, G. & Olséni, H. B. 1960. Om avrinningen från små nederbördsområden. *Grundförbättring* 13, 89-111.
- Hallgren, G. & Rietz, B. 1963. Avrinningsförhållandena vid mindre nederbördsområden. *Grundförbättring* 16, 163-201.
- Hansen, L. & Pedersen, E. F. 1975. Draenvandsundersøgelser 1971-74. *Tidskr. Planteavl* 79, 670-688.
- Kofoed, A. D. & Kjellerup, V. 1970. Nedvaskning af kvælstofforbindelser i jord. *Tidskr. Planteavl* 73, 659-685.
- Kolenbrander, G. J. 1971. Contribution of agriculture to eutrophication of surface waters with nitrogen and phosphorus in the Netherlands. *Rapport nr 10*, 1-50. Inst. Bodenvruchtbaarheid.
- Kolenbrander, G. J. 1973. Fertilisers, farming practice and water-quality. The Fertiliser Society, meeting 12 April 1973.
- Kolenbrander, G. J. 1975. Nitrogen in organic matter and fertilizer as a source of pollution. *Proc. IAWPR conf. on nitrogen as a water pollutant, Copenhagen.*

- Larsen, V. & Andersen, S.A. 1977. Afvanding af pyritholdig jord og draenvandets kvalitet. *Beretning nr 17*, 1-69. Det danske hedeselskab, Viborg.
- Lind, A. M. 1971. Denitrifikation i jordbunden. *Ugeskr. Agron.* 116, 504-507.
- Lind, A. M. & Pedersen, M. B. 1976. Nitrate reduction in the subsoil I-IV. *Tidskr. Planteavl* 80, 73-118.
- Lindhard, J. 1975. Kvaelstoff i afgrøde og gennemsivningsvand. *Tidskr. Planteavl* 79, 536-544.
- Pratt, P. F., Jones, W. W. & Hunsaker, V. E. 1972. Nitrate in deep soil profiles in relation to fertilizer rates and leaching volume. *Environ. Qual.* 1, 97-102.
- 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. *Nord. Hydrol.* 3, 80-106.
- Statens Planteavlsforsøg. 1976. *Beretning 1307*.
- Summers, W. K. & Spiegel, Z. 1974. *Ground water pollution*, p. 83. Ann Arbor., Michigan.
- Särkkää, M. 1972. The washing out of nutrients in the watersheds. *Aque Fennica*, 88-103.
- Wiklander, L. & Hallgren, G. 1971. Utlakning av näringsämnen. *Grundförbättring* 24, 95-111.



SKRIFTER I SERIEN VATTENVÅRD

Nr	År	Författare och titel
1	1970	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Kväve och fosfor från skog, åker och bebyggelse.</i>
2	1970	Nils Brink och Jan Nilsson. <i>Salmonella i rötslam.</i>
3	1970	Nils Brink och Jan Nilsson. <i>Perkolationsförsök med rötslam.</i>
4	1970	Nils Brink och Lennart Silverstolpe. <i>Perkolationsförsök med salmonellabakterier och ägg av spolmask.</i>
5	1970	Nils Brink. <i>Transportvägar för växtnäring och toxiska substanser i ekosystemet jord-gröda-djur.</i>
6	1971	Nils Brink. <i>Vattenförorening genom ensilagesaft.</i>
7	1971	Nils Brink. <i>Utlakning vid gödsling med rötslam.</i>
8	1971	Nils Brink, Arne Gustafson och Ulla Wiklund. <i>Rapport från en soptipp.</i>
9	1971	Nils Brink. <i>De kommunala avfallen och jordbruket.</i>
10	1972	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Hågaåns vatten.</i>
11	1972	Nils Brink. <i>Vattenförorening vid gödsling med rötslam.</i>
12	1972	Nils Brink. <i>Salmonella och Shigella i rötslam.</i>
13	1972	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Läckage från upplag av rötslam.</i>
14	1973	Anders Nilsson. <i>Nitrat och nitrit i dricksvatten.</i>
15	1974	Nils Brink. <i>Influence of the increased use of fertilizers on the pollution of water bodies.</i>
16	1975	Nils Brink, Arne Gustafson, Arne Joelsson och Lars Lingsten. <i>Vattenföroreningar från jordbruk.</i>
17	1975	Nils Brink, Sven-Åke Heinemo och Anders Nilsson. <i>Perkolationsförsök med barkkompost och sopkompost.</i>
18	1976	Nils Brink. <i>Knivstaån - ett underhållsproblem.</i>
19	1977	Arne Joelsson. <i>Metoder för bestämning av nitrattransporten från åkermark.</i>

I denna serie som efterträder den åren 1970-1977 utgivna serien Vattenvård, publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för vattenvård vid institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien Vattenvård redovisas på pärmens insida. Tidigare nummer i serien Ekohydrologi redovisas nedan och alla kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen för vattenvård(adress se nedan)

In this series, a successor to Vattenvård published in 1970-1977, you will find research reports from the Division of Water Management at the Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences. Turn to the inside of the cover for a list of the Vattenvård series. You will find earlier issues of Ekohydrologi listed below. Issues of both series still in stock can be acquired from the Division of Water Management(address, see below)

Pris: 15:-

---

**DISTRIBUTION:**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Avdelningen för vattenvård  
750 07 UPPSALA, Sweden

Tel. 018-10 20 00 ankn. 2460

---