

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för markvetenskap
Avd för hydroteknik
750 07 UPPSALA 7

BIBLIOTEKET

OM SAMBANDET MELLAN GRUNDVATTENSTÅNDET OCH VATTEN- NIVÅN I EN RECIPIENT

GUNNAR HALLGREN

STENCILTRYCK NR 17

**INSTITUTIONEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK
UPPSALA 1942**

Institutionen för lantbrukets hydroteknik delger bl. a. i sin tidskrift *Grundförbättring* resultat från institutionens olika verksamhetsgrenar. Allt material blir emellertid inte föremål för tryckning. Undersökningsresultat av preliminär natur och annat material som av olika anledningar ej ges ut i tryck delges ofta i stencilerad form. Institutionen har ansett det lämpligt att redovisa dylikt material i form av en i fri följd utarbetad serie, benämnd stenciltryck. Serien finns endast tillgänglig på institutionen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Institutionen för lantbrukets hydroteknik, *Uppsala 7*

Stenciltryck

Nr	År	Författare och titel
1—12		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson. Redogörelse för resultaten av täckdikningsförsöken åren 1951—1962.
13—15		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av täckdikningsförsök och bevattningsförsök åren 1963—1965.
16	1940	Gunnar Hallgren. Dalgångarna Fyrisån-Östersjön; några hydrotekniska studier.
17	1942	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan grundvattenståndet och vattennivån i en recipient.

Om samvariationen mellan grundvattenståndet och
vattennivån i en recipient.

AV

Gunnar Hallgren.

Inledning.

Om en jord successivt tillföres vatten, uppnås till slut ett mättnadsstadium, då den ej längre förmår binda mera vatten. Vid fortsatt tillförel måste därför överskottsvattnet söka sig väg på något sätt. Är jorden genomsläpplig, kommer detta att sjunka, tills ett ogenomsläppligt porskikt påträffas; sjunkvattnet kommer därvid att stagnera och bilda grundvattnet. Läget av dess övre yta, grundvattenytan, blir beroende av förhållandet mellan de vattenkvantiteter, som grundvattnet tillföres och avger.

Grundvattnet är mera sällan stillastående utan befinner sig som regel i långsam rörelse. Villkoret för att en dylik rörelse skall uppkomma är emellertid, att en tryckdifferens förefinnes. Darcy har på experimentell väg visat, att grundvattnets rörelsehastighet är direkt proportionell mot den rådande tryckdifferensen och omvänt proportionell mot det passerade jordskiktets tjocklek. Vid grundvattnets rörelse i horisontal led är tryckhöjden Δy lika med höjddifferensen mellan grundvattenytans läge i två punkter och jordskiktets tjocklek Δk lika med det horisontella avståndet mellan dessa båda punkter. I gränsfallet erhålles således

$$v = k \cdot \frac{dy}{dx} \quad (1)$$

där v är hastigheten och $\frac{dy}{dx}$ betecknar grundvattenytans fall i en viss punkt. Konstanten k har ett av jordarten m. fl. faktorer beroende värde, varför bestämning av k i varje särskilt fall måste ske på experimentell väg.

Den vanliga beteckningen för fallet är ju J , varför ekvation (1) övergår till

$$v = K \cdot J \quad (2)$$

Enligt Darcy's sats rör sig således grundvattnet från en punkt med högre tryck mot en annan med lägre sådant. Vanligen

följer grundvattenströmmen markytans lutningsriktning, ehuru detta dock ej alltid är förhållandet. Bestämning av grundvattnets rörelseriktning kan ske på olika sätt, exempelvis genom att grundvattenytans läge bestämmas i tre observationspunkter, vilkas sammanbindningslinjer bilda en triangel (Flodkvist 1931). Om vattenytan i tre observationsrör A, B och C (fig. 1) befinner sig exempelvis resp. 11.6, 10.7 och 9.4 m över jämförelseplanet, kan genom interpolering på linjerna AB, AC och BC nivålinjerna för grundvattenstånden 11.0 och 10.0 m erhållas. Enligt denna metod kan en hydrologisk karta över ett område upprättas, på vilken punkter med samma grundvattenstånd sammanbindas medelst horisontalkurvor. Tryckdifferensen mellan två närliggande kurvor är givetvis lika med dessas höjdskillnad och vattnets rörelseriktning vinkelrätt mot kurvorna, förutsatt att jordmaterialet inom området är homogent.

Vi tänka oss att å ett område invid en recipient (flod, sjö e.d.) jordarten närmast stranden är mycket genomsläpplig men på något avstånd från denna mera svärgenomsläpplig (fig. 2). Recipientens vattenyta antages vid ett visst tillfälle ha höjdläget I. Då grundvattenytan i det svärgenomsläppliga skiktet i detta fall förutsättes ligga högre än vattennivån i recipienten, kommer grundvattenströmmen att röra sig mot denna, om än med mycket ringa hastighet. Enligt kontinuitetsekvationen

$$Q = \varepsilon \cdot F \cdot v \quad (3)$$

där Q är den på tidsenheten framrinnande grundvattenmängden genom ett jordskikt med sektionsarean F och ε härvid den mot porvolymen svarande ytan, måste emellertid v i det lättgenomsläppliga skiktet vara av ungefär samma storleksordning som i det förra skiktet. Detta medför, att grundvattenytans fall måste nedgå till ett mycket litet värde. I gränsfallet fullständig genomsläpplighet blir k oändligt stort, varvid v närmar sig noll och vattenytan sålunda ställer sig praktiskt taget horisontell med vattenytan i recipienten. Ett grundvattenstånds rör i en punkt P kommer därför att visa ungefär samma vattennivå som recipienten. Ett rör i en punkt P_1 i den svärgenomsläppliga jorden kommer däremot att visa ett högre grundvattenstånd.

Antages sedan vattnet i recipienten stiga till höjdläget II, kommer grundvattenströmmen tydligen att gå i motsatt riktning. I punkten P kommer grundvattnet att så gott som omedelbart stiga

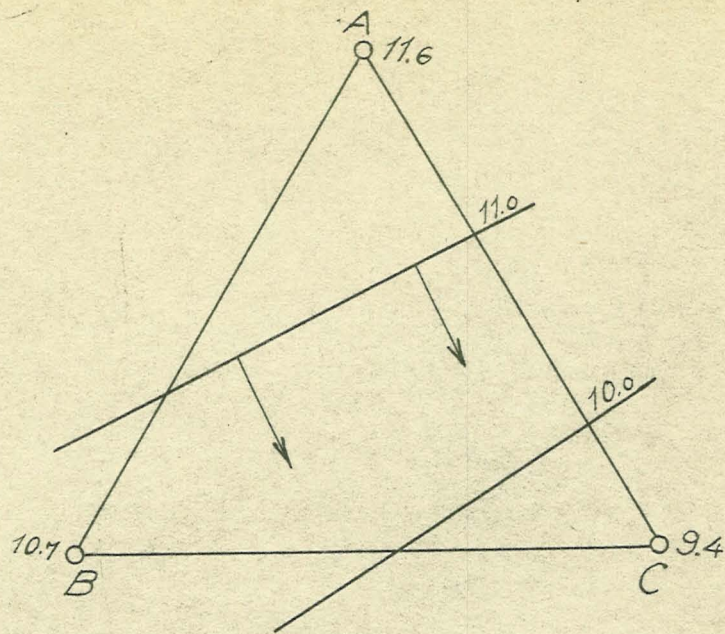


Fig. 1. Bestämning av riktningen hos en grundvattenström.

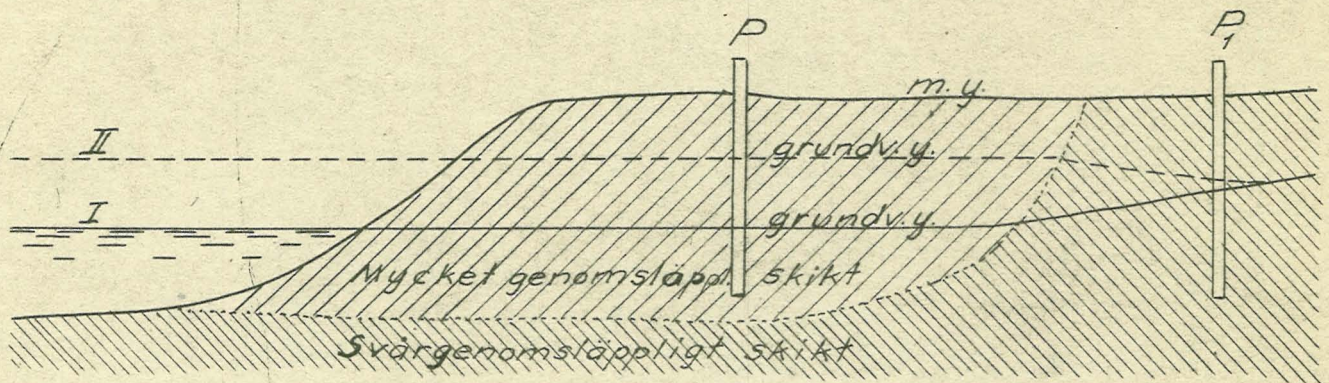


Fig. 2. Schematisk bild av samvariationen mellan grundvattenytan och recipientens vattennivå vid olika genomsläpplighet.

till denna nivå, under det att vattenståndet i punkten P_1 kanske företer ingen eller i varje fall mycket ringa stegring, dett givetvis under förutsättning, att vattenståndets stigning i recipienten blott är tillfällig. I annat fall sker ju kontinuerlig tillrinning från båda hållen i P_1 , vilket måste höja grundvattenståndet även i denna punkt.

Under de antagna förutsättningarna skulle alltså vattennivån i recipienten och grundvattenståndet i punkten P komma att förhålla sig som vattenytorna i två kommunicerande kärl. Beträffande punkten P_1 däremot skulle sambandet bli ganska ringa, eventuellt inget alls. Det är därför tydligt, att jordens permabilitet är den faktor, som i främsta rummet är avgörande för korrelationen mellan grundvattenståndet och recipientens vattennivå. Dessutom måste man givetvis räkna med att även observationsplatsens avstånd till recipienten inverkar på sambandet, då mera tillfälliga variationer i dennas vattenstånd ej alltid kunna hinna fortplanta sig till och öva inflytande på grundvattenståndet i på längre avstånd från stranden belägna punkter.

Frågan om grundvattenståndets beroende av vattennivån i en recipient har hittills blott i ringa omfattning varit föremål för undersökningar, och litteraturen härutinnan är därför ganska sparsam. Koehne (1928) skiljer mellan tre olika fall beträffande grundvattenytans läge i förhållande till recipientens vattennivå:

a) Hydrauliskt samband, varvid grundvattenytan med mer eller mindre starkt fall sänker sig mot recipienten. Stiger floden, bromsas grundvattenströmmen upp, och vid tillräckligt stark stigning kan strömmen gå i motsatt riktning.

b) Recipientens yta ligger lägre än grundvattenströmmens undre yta; där grundvattnet går i dagen, uppstår då en källa.

c) Grundvattenytan ligger lägre än vattendragets yta eller t.o.m. under dettas botten. I den mån botten är genomsläpplig, kommer vatten att nedsjunka och därigenom åstadkomma en höjning av grundvattenytan.

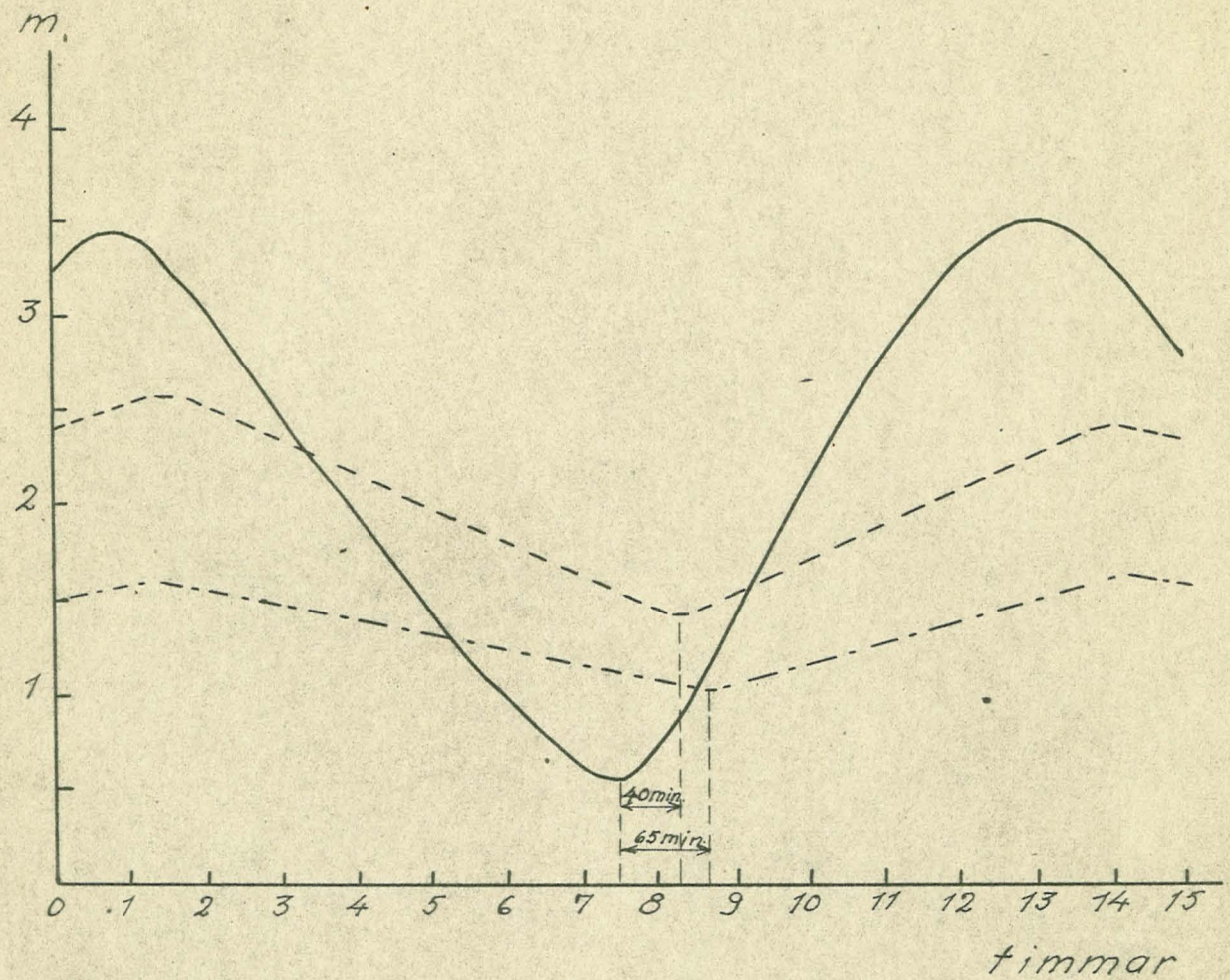
Fallet a) är det vanligast förekommande. Koehne framhåller, att sådana vattendrag, som vid högre vattenstånd bortleda grundvatten men som vid lågt vattenstånd blott avbördar ringa mängd vatten, reglera grundvattenståndet såväl uppåt som nedåt. Uppåt kan en viss gräns ej överskridas, då avrinningen blir mycket stor vid högt vattenstånd i vattendraget, och en nedre gräns uppnås, då detta torkat ut, enär avdunstningen enligt Koehne blott kan åstadkomma en förhållandevis ringa sänkning av grundvattenytan.

Å ett område invid Wesers mynning ha Arp och Dettmers (1926) undersökt grundvattenståndets samband med tidvattnet. Jordarten bestod överst av ett omkring 2 m djupt sandskikt, underlagrat av ett skikt dyjord ned till c:a 8 m djup. Under dyjorden fanns ett grundvattenförande sandlager. Grundvattenståndsmätningar utfördes bl.a. i en observationsbrunn omkring 100 m från floden och i en annan, försedd med självregistrerande pegel, på ungefär 220 m avstånd från stranden. Vattenståndens variation framgår av fig. 3. Som synes var sambandet här mycket tydligt, ehuru amplituden tenderade att utjännas med ökat avstånd från recipienten. Förskjutningen i tid mellan maxima och minima befanns vara omkring 40 och 65 minuter respektive.

Forchheimer (1930) har visat, att när vattenståndet i en flod beskriver en tidsvariation i form av en sinuskurva, kommer grundvattenståndet att beskriva en motsvarande kurva men med en viss eftersläpning, vars storlek blir beroende av jordens genomsläpplighet och observationsplatsens avstånd till recipienten.

Oftast äro dock vattenståndsväxlingarna i vattendragen ganska oregelbundna, bortsett från ebb- och flodfenomenen, emedan de uppkomma genom samverkan av olika faktorer. Däremot kan en regelbunden daglig vattenstandsvariation på några få cm förekomma, vilket bl.a. Troxell (1936) påvisat beträffande floden Santa Ana i Kalifornien. Det dagliga vattenståndet hade här sitt maximum omkring kl. 10 f.m. och sitt minimum vid 6-tiden på kvällen såväl i floden som i observationsbrunnar på upp till 1000 fots avstånd från denna. Att detta skulle kunna bero på en grundvattenströmning från och till vattendraget är dock icke möjligt, utan det torde här förmodligen vara fråga om någon yttre faktor, som inverkar på båda vattennivåerna. Sålunda skulle det kunna tänkas, att temperaturväxlingen mellan dag och natt åstadkommer någon tryckdifferens, som yttrar sig genom en dylik vattenstandsvariation.

Frågan om grundvattenståndets samband med vattennivån i ett närbelaget vattendrag är av stort intresse ur hydrologisk synpunkt men är därjämte av ej ringa betydelse även för det praktiska jordbruket. Särskilt är detta fallet där möjlighet finnes att reglera recipientens vattennivå och därigenom i den mån kommunikation föreligger kunna hålla grundvattenytan vid en ur växtodlingssynpunkt lämplig nivå.



————— Vattenstånd i Wesers mynning.
 - - - - - Grundvattenstånd i observationsbrunn ca 100 m fr. Weser.
 - " " " " 220 " " "

Fig. 3. Diagram över grundvattenståndets samvariation med tidvattnet. (Enligt Arp & Dettmers 1926.)

Försöksfältet vid Varpnäs.

På föranstaltande av Kungl. Lantbruksstyrelsen anordnades år 1929 på ett flertal platser i olika delar av landet försök i syfte att bidra till lösning av frågan om sambandet mellan grundvattenstånd och skördeavkastning. I en den 29 jan. 1929 till Statens lantbruksingenjörer utfärdad cirkulärskrivelse hemställde Kungl. Lantbruksstyrelsen, att fältförsök i detta syftemål skulle utläggas för att pågå under en följd av år. Enligt cirkulärskrivelsen skulle på de platser, där försök planerades, ifråga om jordartens beskaffenhet fullt likartat markområde utväljas. Försöksfältet borde förläggas på en sådan plats, där grundvattenståndet vore i stort sett oförändrat under vegetationsperioden genom att det direkt kommunicerade med sjö eller vattendrag med någorlunda konstant vattennivå. För att olika grundvattenstånd skulle erhållas å olika delar av försöksfältet, borde försöket utläggas på ett i omedelbar närhet av ett vattendrag beläget och mot detsamma sluttande fält.

Enligt nämnda skrivelse skulle på lämpliga platser inom försöksfältet, belägna på olika höjd över recipientens vattenyta, observationsrör av sådan längd nedsättas, att de beräknades nå under den lägsta grundvattennivå, som med hänsyn till variationerna i recipienten i varje särskilt fall kunde tänkas förekomma. För att underlätta vattnets inträngande i rören skulle dessa förses med hål av c:a 5 mm diameter. Rören skulle stå minst 2 dm över markytan och deras höjdläge bestämmas i förhållande till lämplig fixpunkt. Vidare skulle anteckningar göras över variationerna i grundvattennivån och växtlighetens utveckling, varjämte vägning av skörden från en yta av lämplig storlek omkring varje vattenståndsrör borde verkställas.

I enlighet med direktiven i cirkulärskrivelsen utlades år 1929 försök på följande platser: Nordviks lantbruksskola i Västernorrlands län, Varpnäs lantbruksskola och Sjögerås säteri, båda i Värmlands län, Höreda skyddshem i Jönköpings län samt Hemse lantmannaskola på Gotland. De tre sistnämnda försöken nedlades emellertid inom loppet av två år; försöken vid Nordvik pågingo till 1935 och försöken vid Varpnäs till och med 1940.

Försöksresultaten översändes 1939 av Kungl. Lantbruksstyrelsen till Lantbrukshögskolans hydrotekniska institution för

bearbetning, varjämte försöksberättelserna från Varpnäs för åren 1939 och 1940 översändes direkt till institutionen.

Vid genombgång av det erhållna materialet framgick emellertid, att en på basis av detsamma grundad statistisk undersökning rörande sambandet mellan nederbörd och skördeavkastning skulle vara förenad med vissa vanskligheter att genomföra, i det att de från respektive platser föreliggande data voro för fåtaliga för att en dylik undersökning med framgång skulle kunna verkställas. En bearbetning av materialet ur denna synpunkt måste därför anstå tills ett mera omfattande material stöde att erhålla.

Om sålunda den fråga, för vars klarläggande nämnda försök avsågo att utgöra ett bidrag, genom ifrågavarande material icke varit möjlig att bringa närmare sin lösning, var detta emellertid i föreliggande skick av intresse ur hydrologisk synpunkt. Enligt Kungl. Lantbruksstyrelsens ovan nämnda cirkulärskrivelse skulle försöken utläggas på sådana platser, att grundvattenståndet kunde antagas direkt kommunicera med vattennivån i recipienten och därigenom hållas på en möjligast konstant nivå och sålunda ur växtodlingssynpunkt enhetliga betingelser ävenledes erhållas.

På uppdrag av hydrotekniska institutionens föreståndare, professor Herman Flodkvist, har författaren i föreliggande arbete till närmare studium upptagit frågan om det samband mellan grundvattenståndet och recipientens vattennivå, som vid ifrågavarande undersökningar förefunnits.

För att det skall vara möjligt att statistiskt avgöra hur starkt sambandet mellan de båda vattennivåerna i ett särskilt fall varit, bör ett förhållandevis stort observationsmaterial föreligga. Av de försök, som utlades 1929, pågingo som förut nämnts blott försöken vid Nordvik och Varpnäs en längre följd av år, varför i huvudsak dessa senare kunde komma ifråga vid en dylik undersökning. Beträffande försöken vid Nordvik förelågo dock inga uppgifter om vattenståndet i recipienten, varför den följande undersökningen måst begränsas till att omfatta försöken vid Varpnäs lantbruksskola. Vid dessa utfördes nämligen samtidigt med grundvattenståndsobservationerna även mätning av vattenståndet i det invid försöksfältet framrinnande vattendraget medelst avläsningar å en i detta uppsatt pegel.

Försöksområdet är beläget i Nors socken av Värmlands län ungefär 15 km väster om Karlstad. Å fig. 4, som utgör en detalj av Generalstabens topografiska karta i skalan 1:100 000, har

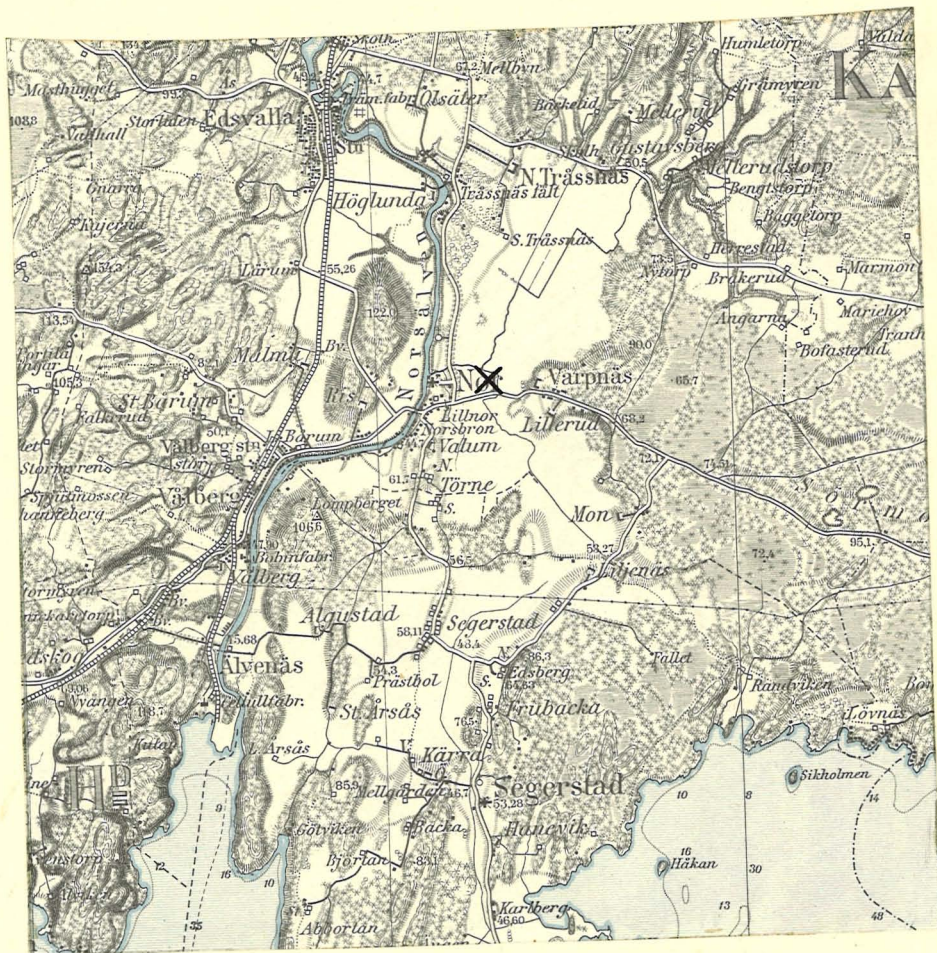


Fig. 4. Försöksfältet vid Värpnäs. Detalj av Generalstabens topografiska karta i skalan 1:100 000. Försöksfältets läge har angivits med ett x.

försöksfältets läge angivits. Som av kartan framgår ligger området ganska nära Norsälvens utlopp i Vänern.

Kartskissen å fig. 5 visar, att försöksfältet, vars areal uppgick till 3.6 ha, utgjordes av ett ganska smalt rektangulärt område. Å detta nedsattes 1929 sex vattenståndsrör i enlighet med anvisningarna i Kungl. Lantbruksstyrelsens cirkulärskrivelse samma år. Det närmast recipienten (Ävjeån) befintliga röret n:r 1 var beläget omkring 45 m från denna, medan rör n:r 6 befann sig på ett avstånd av c:a 350 m från punkten e. Som framgår av fig. 5 lågo rören utefter en linje, som bildade något sned vinkel mot ån, varjämte till följd av åns krökning avståndet från rör 6 till punkten g vid landsvägsbron kom att vara närmare 50 m kortare än till punkten e.

Av fig. 5 framgår vidare, att på södra sidan av landsvägen går ån parallellt med denna ett stycke, innan den böjer av mot norr. Det torde dock vara utslutet, att någon nämnvärd vatteninfiltration under vägen kunnat äga rum.

Vid avvägning, som verkställdes den 22 maj 1929 i samband med försökets utläggning, erhöles följande höjdsiffror, hänfödda till Rikets nollplan:

Rör n:r	1	2	3	4	5	6
Höjd i m ö.h.	45.53	45.78	45.86	45.91	46.07	46.28
Rörets höjd i m ö.m.y.	0.22	0.25	0.25	0.18	0.24	0.25
Markytans höjd	45.31	45.53	46.61	45.73	45.83	46.03

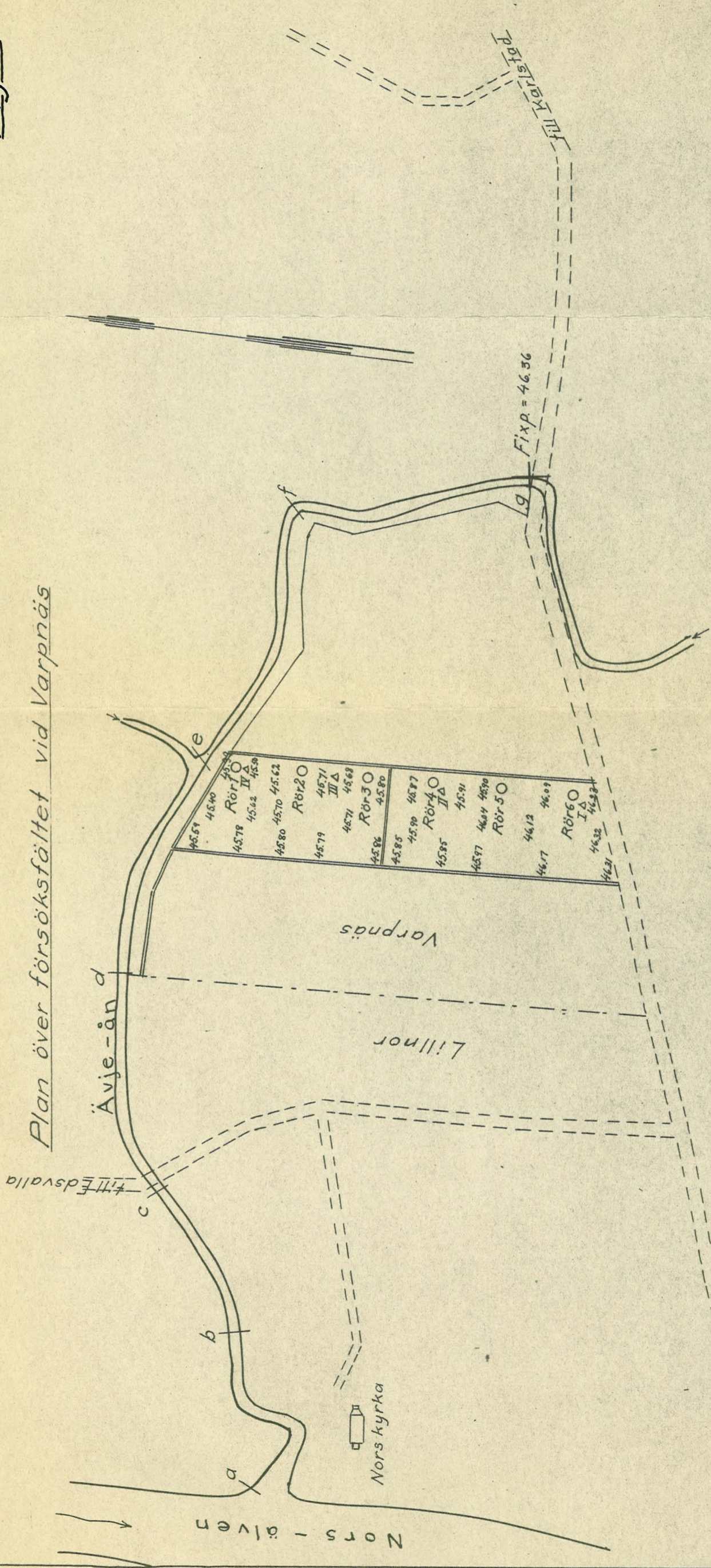
Kontrollavvägningar som utfördes åren 1933 och 1939 gävo på det hela taget samma resultat.

Fältet ytavvägdes våren 1941, och de därvid erhållna nivå-siffrorna ha inlagts på kartan å fig. 5. Dessa visa, att markytan låg något högre än enligt föregående avvägningar. Detta torde emellertid bero på att försöksområdet plöjdes upp hösten 1940 och markhöjderna tagits på det nyplöjda fältet.

Försöksfältet är enligt ytavvägningen ganska jämnt samt företer en svag lutning mot ån (fig. 6). På grund av den ringa marklutningen kan man ej räkna med, att någon mera omfattande ytavrinning förekommit. Ett c:a 0.5 m djupt dagvattendike går emellertid länge östra kanten av försöksfältet (se fig. 5). Ett annat dagvattendike av ungefär samma djup gående tvärs över försöksfältet mellan rören 3 och 4 såsom fig. 5 anger, upptogs år 1935. - Även om det ur försökssynpunkt måste anses mindre tilltalande med framförallt det senare diket, torde dessa på

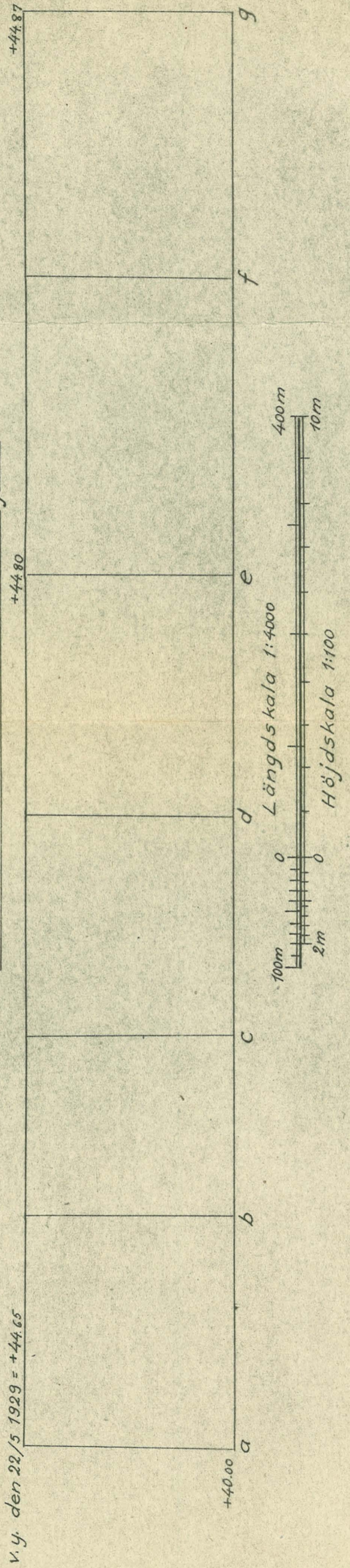
Fig. 5.

Plan över försöksfältet vid Varpnäs



Δ = plats för jordprovstagning

Profil över vattenståndet i Ävjeån



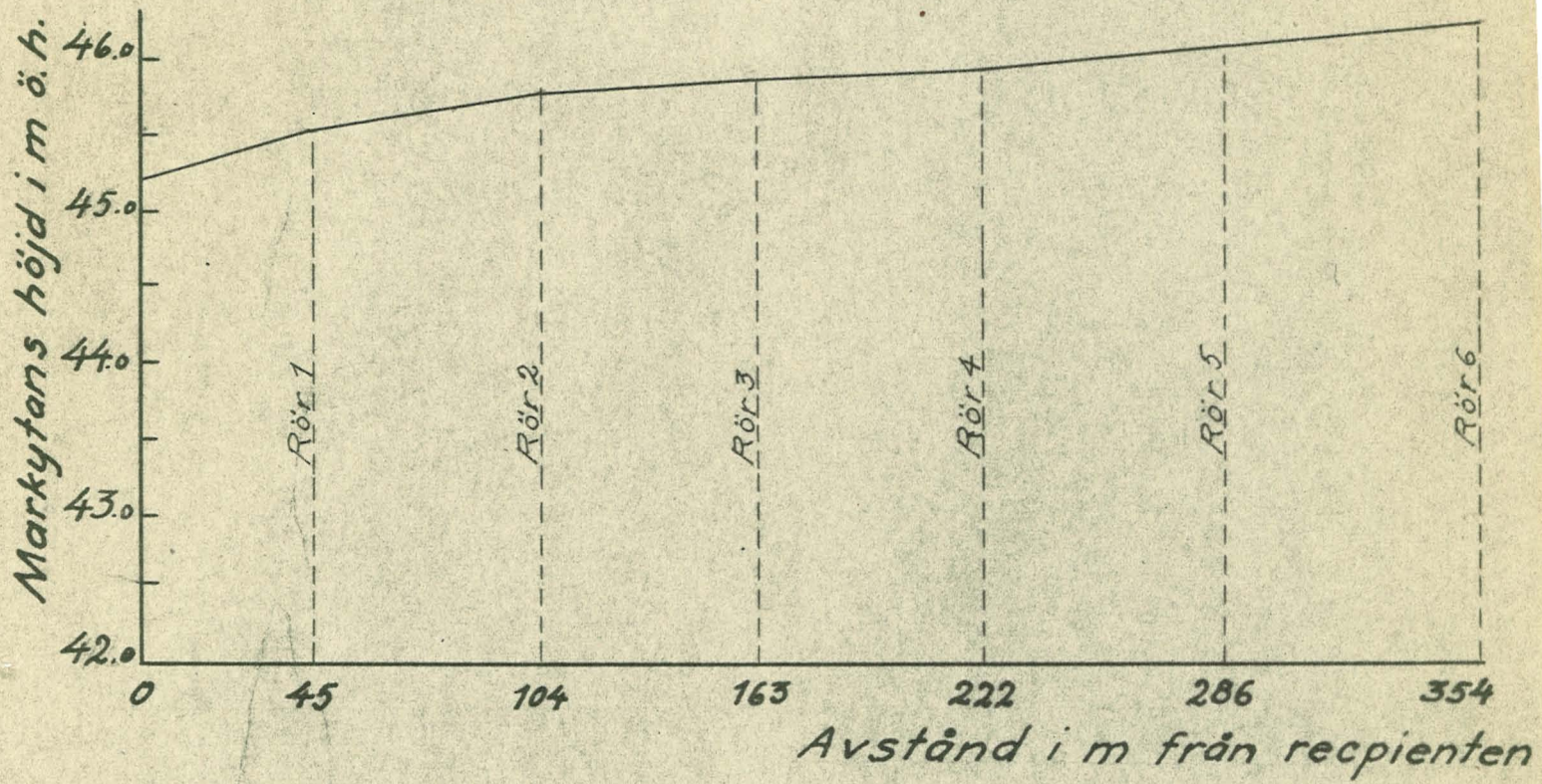


Fig. 6. Profil över försöksfältet vid Varpnäs.
Höjden angiven i m ö.h.

grund av sitt ringa djup ej ha kunnat utöva någon mera betydande inverkan på grundvattenståndet, åtminstone ej under större delen av vegetationsperioden, emedan grundvattenytan då i regel stått under dikesbotten. - Försöksområdet var i övrigt ej dränerat.

Jordarten å försöksfältet bestämdes vid institutionen genom mekanisk analys enligt Robinsons metod (Robinson 1932) av jordprov, som togos av förf. hösten 1940 å på fig. 5 angivna ställen.

Resultaten av jordanalyserna framgå av tab. 1. Som synes är mjåla- och lerhalten ungefär lika och håller sig vid omkring 40 %. Mohalten är i genomsnitt ungefär 14 %, medan sandhalten är ytterst ringa. Vad glödgningsförlusten beträffar, ökar den något för matjorden med avståndet från recipienten.

Enligt Ekströms (1927) klassifikationschema för svenska åkerjordar utgöres matjorden av en mullhaltig mjålig styvare mellanlera och alven av en mjålig styv lera. Å den geologiska kartan anges jorden som svåmlera bildad genom ålvavlagringar.

Karakteristiskt för jordarten är den höga mjålahalten. På grund av att jorden vid upptagningen av profilerna visade sig vara synnerligen tät, skulle man på förhand ej våga räkna med förekomsten av någon mera utpräglad kommunikering mellan grundvattenståndet och recipientens vattennivå. Någon förekomst av stabila spricker (Ekström och Flodkvist 1925) som skulle kunna underlätta dylik kommunikation kunde ej påvisas.

Försöksfältet utgjordes av åkerjord i omloppsbruk. Enligt observationsmaterialet upplöjdes fältet hösten 1926, då det bar 3:e års våll, men på grund av högt vattenstånd i Väneren kunde det ej besås åren 1927 och 1928. Våren 1929 besåddes fältet med havre, och gröderna under försöksperioden ha sedan varit följande

- 1929 Havre med vallinsådd
- 1930 1:a års våll
- 1931 2:a " "
- 1932 3:e " "
- 1933 Havre

Tab. 1. Mekanisk analys samt glödningsförlust av jordprov från försöksfältet vid Varpnäs. Resultaten äro angivna i procent av torrsubstansen.

Djup i cm under markytan	Sand	Mo	Hjåla	Ler	Glödningsförlust
Profil I.					
0 - 20	2.8	15.6	37.0	37.7	9.2
20 - 50	0.6	12.7	42.0	42.0	3.4
50 - 75	0.5	16.1	50.8	29.6	2.1
Profil II.					
0 - 20	2.1	11.1	39.2	39.0	8.7
20 - 50	0.5	13.6	40.0	44.2	3.4
50 - 75	0.2	14.1	48.0	36.4	2.2
Profil III.					
0 - 20	1.1	10.6	39.2	41.7	7.6
20 - 50	0.3	14.1	38.7	47.4	2.6
50 - 75	0.2	16.7	38.0	42.8	2.5
Profil IV.					
0 - 20	1.2	14.2	40.4	38.7	6.3
20 - 50	1.0	12.2	43.4	40.8	4.1
50 - 75	0.9	13.0	46.0	38.8	2.6

1934	Baljväxter
1935	Träda
1936	Höstvete med insädd
1937	1:a års vall
1938	2:a " "
1939	3:e " "
1940	Havre

Vattenståndsobservationerna pågingo under sommarhalvåret utom under år 1935, då fältet låg i träda. Sammanlagt föreliggande alltså observationsresultat för 11 år. Mätningarna påbörjades vanligen vid tiden för vårbruket och pågingo till omkring 1 okt. Som regel utfördes observationerna en gång i veckan, varjämte i enlighet med direktiven i Kungl. Lantbruksstyrelsens cirkulärskrivelse observationer under perioder med riklig nederbörd verkställdes med kortare mellanrum.

Å kartskissen å fig. 5 framgår, att punkten e i Ävjeån ligger ganska nära åns utflöde i Norsälven (c:a 1300 m). Avståndet härifrån till älvens utlopp i Vänern är omkring 3 km. Fallet å denna sträcka av Norsälven är mycket obetydligt. Av profilen över vattenståndet i Ävjeån den 22/5 1929 framgår, att vattenytans fall från utflödet i Norsälven upp till punkten g vid bron ej var mer än omkring 0.2:1000.

Emellertid företer observationsmaterialet en betydande olägenhet ur här ifrågevarande synpunkt, nämligen beträffande pegelns läge i förhållande till försöksfältet. Det hade givetvis varit önskvärt, att pegeln varit placerad mitt för detta. Försöket utlades emellertid för lösande av ett annat problem, och pegelavläsningarna utfördes därför mera som ett komplement till grundvattenståndsobservationerna. På grund härav placerades pegeln på en annan och lättare åtkomlig plats, nämligen i punkten g å vid landsvägsbron. Det föreligger därför risk för att det vattenstånd, som avlästs å pegeln, ej alltid överensstämmer med vattenståndet i punkten e mittför fältet. Om så ej varit fallet, blir givetvis föreliggande undersökning missvisande. Det var sålunda nödvändigt att skaffa kontroll på huruvida pegelavläsningarna voro användbara för ifrågevarande ändamål. Denne kontroll har erhållits genom uppgifter om samtida vattenstånd i Vänern. I den mån överensstämmelse härätinnan förefunnits, måste givetvis även Ävjeåns vattennivå i den mellanliggande punkten e ha varit lika.

I tab. 2 ha vattenstånden vid Varpnäspegeln sammanställts med Vänerns vattenstånd enligt observationer vid Sjötorp, beläget ungefär 2 mil nordost om Mariestad. Uppgifter om vattenstånden vid Sjötorp ha erhållits från Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalts arkiv. Det skulle kanske varit bättre, om någon annan station, som låg närmare Norsälvens utlopp i Vänern, valts för detta ändamål. Då det emellertid genom undersökningar visat sig att höjdskillnaderna mellan samtida vattenstånd i olika delar av Vänern äro mycket små, har dock pegeln vid Sjötorp använts. Beträffande denna föreliggande nämligen dagliga observationer sedan lång tid tillbaka.

Pegelobservationerna vid Sjötorp ge möjlighet till bedömning av frågan huruvida vattenståndet i Ävjeån varit någorlunda lika vid pegeln vid landsvägsbron och mittför försöksfältet. Ett närmare studium av tab. 2 ger vid handen, att åren 1929-1931 1936, 1937 och 1939 har överensstämmelsen mellan de båda peglarna i stort sett varit god; de förekommande skiljaktligheterna torde främst bero på den lokala nederbördens inverkan. Däremot har det varit en avsevärd höjdskillnad mellan pegelstånden åren 1932-1934 samt år 1938.¹⁾ Man frågar sig då efter anledningen härtill. Vid granskning av kartan å fig. 4 framgår, att Ävjeån förgrenar sig mittför försöksfältet (jfr. fig. 5), varvid huvudgrenen går norrut, medan den mindre grenen fortsätter österut och korsas av landsvägen i punkten g. Det är alltså i denna mindre gren, som pegelståndsobservationerna utförts. Nederbördsområdet till huvudgrenen utgör c:a 30 km², medan sidogrenens dagvattenområde blott är omkring 6 km². Man kan alltså räkna med, att i huvudgrenen framrinner en ungefär fem gånger så stor vattenmängd som i sidogrenen. Bottnens fall å sträckan g - e är betydligt starkare än som framgår av profilen över vattenytan. Vid vattenstånd av ned till omkring 50 cm över jämförelseplanet + 44.00 m har vattenytan varit tillnärmelsevis horisontell ända upp till punkten g, vilket framgår av de anförda pegelstånden vid Sjötorp. Då vattenståndet i Vänern

1) Några uppgifter för år 1940 ha ej medtagits här. Uppgifterna om vattenstånden vid Sjötorp inhämtades innan resultaten av 1940 års observationer vid Varpnäs förelågo. Det visade sig emellertid, att vattenstånden vid Varpnäspegeln över lag voro något lägre än 1938, varför det var uppenbart, att även detta år en väsentlig höjdskillnad mellan peglarna måste förefinnas. Det ansågs därför överflödigt att göra ett nytt besök på Meteorologisk-Hydrografiska Anstalten.

Tab. 2. Vattenstånd i Ävjeån vid pegeln vid Varpnäs och i Vänerån vid Sjötorp åren 1929-1939 (utom 1935).

Jämförelseplan = + 44.00 m ö.h.

1929			1930			1931			1932			1933		
Datum	Varpnäs	Sjötorp	Datum	Varpnäs	Sjötorp	Datum	Varpnäs	Sjötorp	Datum	Varpnäs	Sjötorp	Datum	Varpnäs	Sjötorp
29/6	0.78	0.75	27/4	0.93	0.93	25/5	1.65	1.02	30/5	0.45	0.19	29/5	0.21	-0.06
11/7	0.76	0.74	10/5	0.97	0.89	1/6	1.40	1.09	6/6	0.29	0.18	6/6	0.21	-0.09
17/7	0.71	0.73	17/5	1.00	0.92	8/6	1.40	1.18	13/6	0.30	0.18	13/6	0.18	-0.10
26/7	0.66	0.68	24/5	1.00	0.95	15/6	1.32	1.16	20/6	0.29	0.19	20/6	0.18	-0.12
5/8	0.84	0.60	31/5	1.08	0.95	22/6	1.16	1.20	27/6	-0.26	0.19	27/6	0.20	-0.13
16/8	0.64	0.59	7/6	1.08	0.93	29/6	1.12	1.14	4/7	0.25	0.17	4/7	0.19	-0.15
21/8	0.63	0.58	14/6	0.97	0.92	6/7	1.09	1.17	11/7	0.22	0.15	11/7	0.19	-0.21
28/8	0.61	0.57	21/6	0.93	0.89	13/7	1.07	1.07	18/7	0.31	0.11	18/7	0.21	-0.21
9/9	0.57	0.55	28/6	0.88	0.87	20/7	1.07	1.05	25/7	0.28	0.11	25/7	0.21	-0.22
14/9	0.54	0.51	5/7	0.83	0.83	27/7	1.06	1.04	1/8	0.32	0.10	1/8	0.21	-0.24
19/9	0.51	0.49	12/7	0.87	0.85	3/8	1.03	1.03	8/8	0.28	0.03	8/8	0.22	-0.31
25/9	0.50	0.48	19/7	0.83	0.82	10/8	1.02	1.03	15/8	0.29	0.03	15/8	0.23	-0.34
29/9	0.52	0.46	26/7	0.86	0.85	17/8	1.04	1.01	22/8	0.28	-0.04	22/8	0.24	-0.37
			2/8	0.86	0.85	24/8	1.05	1.04	29/8	0.30	-0.04	29/8	0.25	-0.38
			9/8	0.86	0.83	31/8	1.02	0.97	5/9	0.32	-0.07			
			16/8	0.91	0.83	7/9	0.98	0.97	12/9	0.32	-0.09			
			24/8	0.86	0.87	14/9	0.93	0.92	19/9	0.33	-0.13			
			1/9	0.87	0.80	21/9	0.86	0.89	26/9	0.33	-0.21			
			6/9	0.76	0.79	28/9	0.85	0.82	3/10	0.30	-0.24			
			13/9	0.72	0.71				10/10	0.32	-0.27			
			20/9	0.84	0.72				17/10	0.41				
			27/9	0.91	0.73				24/10	0.40				

1934			1936			1937			1938			1939		
Datum	Varpnäs	Sjötorp	Datum	Varpnäs	Sjötorp	Datum	Varpnäs	Sjötorp	Datum	Varpnäs	Sjötorp	Datum	Varpnäs	Sjötorp
1/5	0.29	-0.72	19/5	1.48	1.07	7/5	1.02	0.71	6/5	0.40	-0.01	5/5	0.52	0.34
8/5	0.41	-0.63	26/5	1.24	1.11	15/5	0.89	0.75	13/5	0.37	-0.02	11/5	0.51	0.33
15/5	0.32	-0.48	2/6	1.21	1.12	21/5	0.96	0.80	21/5	0.35	-0.03	22/5	0.55	0.38
17/5	0.32	-0.46	10/6	1.14	1.10	28/5	0.98	0.87	27/5	0.34	-0.02	30/5	0.55	0.40
22/5	0.35	-0.43	16/6	1.15	1.10	4/6	0.92	0.83	4/6	0.37	-0.01	7/6	0.54	0.43
29/5	0.33	-0.41	25/6	1.09	1.05	11/6	0.87	0.83	10/6	0.40	0.04	16/6	0.55	0.39
5/6	0.27	-0.38	2/7	1.06	1.00	18/6	0.92	0.80	18/6	0.35	0.02	29/6	0.53	0.41
12/6	0.26	-0.40	8/7	1.02	0.98	25/6	0.89	0.82	4/7	0.51	0.05	7/7	0.51	0.42
19/6	0.26	-0.37	17/7	1.03	0.95	3/7	0.84	0.78	11/7	0.46	0.05	17/7	0.96	0.47
26/6	0.26	-0.40	23/7	1.03	0.95	9/7	0.80	0.77	19/7	0.41	0.05	22/7	0.69	0.51
3/7	0.27	-0.40	30/7	1.26	1.00	16/7	0.76	0.71	27/7	0.44	0.05	31/7	0.80	0.58
10/7	0.25	-0.43	4/8	1.33	1.00	23/7	0.76	0.69	3/8	0.45	0.06	11/8	0.69	0.61
17/7	0.26	-0.46	14/8	1.11	0.97	30/7	0.67	0.64	9/8	0.43	0.00	1/9	0.87	0.62
24/7	0.28	-0.48	19/8	1.11	0.98	6/8	0.64	0.60	16/8	0.41	0.00	8/9	0.80	0.61
31/7	0.43	-0.46	28/8	1.03	0.95	13/8	0.64	0.54	25/8	0.40	-0.10	22/9	0.64	0.51
7/8	0.32	-0.50	3/9	0.96	0.90	20/8	0.60	0.52	7/9	0.42	-0.12			
14/8	0.33	-0.48	10/9	0.90	0.85	27/8	0.58	0.47	21/9	0.70	-0.16			
21/8	0.35	-0.52	18/9	0.85	0.81	3/9	0.56	0.46						
28/8	0.36	-0.55	26/9	1.07	0.78	10/9	0.54	0.36						
						18/9	0.74	0.35						
						25/9	0.72	0.42						

sjunkit under denna nivå, har emellertid vattenståndet vid g ej företett en motsvarande sänkning, vilket haft till följd, att det blivit ett starkare fall på vattenytan å sträckan e - g. Hur stort detta varit, alltså hur högt vattenståndet varit mittför försöksfältet, finns emellertid ingen möjlighet att med ledning av det föreliggande materialet kunna avgöra. Till följd härav ha observationerna för åren 1932-1934, 1938 och 1940 icke kunnat medtagas i den följande undersökningen, utan denna har måst begränsas till återstoden av den tid, observationerna omfattat, således sammanlagt sex år.

I fig. 7 - 12 ha resultaten för de år, som på grund av vad ovan anförts kunnat bli föremål för statistisk undersökning, representerats grafiskt, varjämte nederbörden återgivits i form av stapeldiagram. ~~Markytan vid resp. rör har inlagts enligt avvägningen år 1929.~~

Diagrammen ge vid handen, att såväl vattenstånden som framförallt nederbörden i allmänhet varierat ganska starkt under de delar av året observationerna omfattat. I det följande skall göras ett försök att på grundval av föreliggande data påvisa förekomsten av vissa lagbundenheter mellan recipientens vattennivå och grundvattenståndet i de olika observationsrören med så långt möjligt hänsyn tagen till övriga faktorer, som övat inflytande på ifrågavarande samband.

Samband mellan recipientens vattennivå och grundvattenståndet å försöksfältet.

Av de anförda diagrammen framgår, att samvariation mellan grundvattenståndet och recipientens vattennivå torde ha förekommit i större eller mindre utsträckning. Frågan ställer sig nu, i vad mån denna samvariation varit tillfällig eller ej, alltså huruvida åns vattennivå haft något med säkerhet påvisbart inflytande på grundvattenståndet. För att kunna fastställa detta, måste först eventuell inverkan på grundvattenståndet av andra faktorer såvitt möjligt elimineras.

Vid första påseende förefaller en påtaglig korrelation mellan de båda vattennivåerna föreligga speciellt beträffande år 1931. Detta framförallt av den anledningen, att kurvan för åns vattennivå under våren och försommaren går jämlöpande med grundvattenståndskurvorna. En närmare granskning av materialet

ger dock vid handen, att statistisk beräkning av sambandet icke utan vidare kan vara försvarlig. Det kan nämligen ifrågasättas, om det höga grundvattenståndet på våren har berott på ett motsvarande högt vattenstånd i recipienten. Vid jämförelse med diagrammen för t.ex. åren 1930 och 1939 framgår, att vi här likaledes haft ett högt grundvattenstånd på våren trots att åns vattenyta därvid icke låg högre än under sommaren. Följaktligen kan vårens höga grundvattenstånd icke direkt ha förorsakats av vattennivån i recipienten utan torde i huvudsak åstadkommas av smältvattnet vid tjällossningen. Så länge jorden är tjälad, hindras ju grundvattenytan att stiga. Vid tjällossningen och snösmältningen frigörs emellertid plötsligt betydande vattenmängder, varav en del nedsjunkor i jorden och kan åstadkomma en kraftig höjning av grundvattenytan. På mera svärgenomsläpplig och otillräckligt dränerad jord kan det sålunda uppkomma höga grundvattenståndet bli bestående under avsevärd tid framåt.

Om således korrelationsberäkning utan vidare utfördes på det föreliggande materialet, skulle tydligen erhållas som resultat, att en intim samvariation förefunnits under de år, då vårens vattenstånd i recipienten varit högt; övriga år måste sambandet tydligen bli mindre utpräglat. Även om vattennivån i recipienten på grund av ytavrinningen påverkas av smältvattnet, torde ett dylikt förfaringsätt icke ge en riktig bild av den verkliga förefintliga samvariationen, då man härigenom finge med en faktor, som, fastän kanske i olika grad, påverkar såväl grundvattenståndet som recipientens vattennivå, d.v.s. man hade korrelation men icke i samma mån orsakssammanhang.

Den första åtgärden för att komma åt sambandet ifråga måste därför bli att skära bort den del av kurvorna, där smältvattnet kan tänkas ha inverkat på grundvattenståndet. Emedan detta sjunkit olika starkt olika år, har ett s.a.s. jämviktsläge mellan grundvattenståndet och åns vattennivå inställt sig vid något olika tidpunkt, men med ledning av diagrammen torde man kunna våga draga den slutsatsen, att inverkan av smältvattnet i regel upphört att göra sig gällande i början av juli. På grund härav har den följande undersökningen begränsats till att omfatta de observationer, under resp. år, som utförts efter den 1 juli.

Ett annat förhållande, till vilket hänsyn bör tagas, är en

eventuell inverkan på grundvattenståndet av den under tiden mellan två vattenståndsobservationer fallna nederbörden. Följaktligen torde man böra räkna med minst två oberoende variabler vid en undersökning av ifrågavarande ärt, dels recipientens vattennivå (x_1) och dels nederbörden (x_2). Sambandsfunktionen mellan den beroende variabeln, grundvattenståndet (y), och de båda oberoende variablerna x_1 och x_2 skulle därvid bli av formen

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 \quad (4)$$

där koefficienterna b_1 och b_2 angiva de båda oberoende variablernas inverkan på y .

Koefficienterna i ekvation (4) erhållas enligt Mills (1924) ur formelerna

$$\left. \begin{aligned} \sum y x_1 &= b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1 x_2 \\ \sum y x_2 &= b_1 \sum x_1 x_2 + b_2 \sum x_2^2 \\ a &= M_y - b_1 M_{x_1} - b_2 M_{x_2} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

där y , x_1 och x_2 äro avvikelser från respektive medeltal, M_y , M_{x_1} och M_{x_2} .

Det sålunda beräknade funktionssambandet anger hur var och en av de oberoende variablerna inverkar på y , när den andra hållits konstant vid sitt medeltal. För att man skall kunna bedöma, huruvida de båda faktorerna utövat en statistiskt sett säker inverkan på grundvattenståndet, måste man emellertid även ha ett mått på denna säkerhet. Ett dylikt mått har man i medelfelen för koefficienterna b_1 och b_2 .

Enligt Ezekiel (1930) erhållas dessa medelfel enligt formelerna

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon(b_1) &= S_y \sqrt{c_{11}} \\ \varepsilon(b_2) &= S_y \sqrt{c_{22}} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

i vilka faktorn S_y betecknar spridningen av värdena i y -led kring det plan i rymden, som regressionsfunktionen (4) geometriskt representerar och erhålles ur ekvationen

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum y^2 - b_1 \sum x_1 y - b_2 \sum x_2 y}{n}} \quad (7)$$

Tab. 3. Vattenstånds- och nederbördsobservationer vid Varpnäs juli-sept.
Åren 1929-1931, 1936-1937 samt 1939.

År	Datum	Vattenstånd i cm över jämförelseplanet + 44.00 m ö.h.						Nederbörd i mm sedan föreg. ob- servation	
		Pegel- stånd	Rör 1	Rör 2	Rör 3	Rör 4	Rör 5		Rör 6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1929	11/7	76	79	95	100	113	130	144	9
	17/7	71	71	91	95	106	123	138	0
	26/7	66	69	82	87	96	112	106	21
	5/8	84	63	81	77	92	102	98	38
	16/8	64	102	121	109	135	152	153	56
	21/8	63	114	137	141	159	171	184	26
	28/8	61	103	122	126	142	155	169	10
	9/9	57	83	95	94	122	135	131	17
	14/9	54	78	91	91	119	130	126	1
	19/9	51	72	83	88	112	125	120	0
	25/9	50	102	121	113	137	151	137	16
	29/9	52	95	113	103	133	144	131	0
1930	5/7	83	58	82	80	70	64	-	11
	12/7	87	43	78	66	51	69	90	39
	19/7	83	27	60	46	-	62	-	9
	26/7	86	32	48	45	-	62	-	32
	2/8	86	44	66	46	-	62	-	14
	9/8	86	35	61	46	-	61	-	28
	16/8	91	116	137	73	51	68	-	40
	24/8	86	97	120	90	53	64	-	11
	1/9	87	108	129	95	57	67	-	43
	6/9	76	88	116	86	61	66	-	0
	13/9	72	78	108	78	59	63	-	0
	20/9	84	112	135	138	149	159	173	49
	27/9	91	123	147	150	163	175	192	21
1931	6/7	109	99	98	118	115	104	110	2
	13/7	107	97	94	115	109	97	104	26
	20/7	107	99	108	114	107	106	108	55
	27/7	106	104	111	111	102	134	121	21
	3/8	103	95	103	115	101	120	109	0
	10/8	102	112	120	118	133	146	159	42
	17/8	104	110	123	123	138	146	164	21
	24/8	105	117	140	143	162	166	181	23
	31/8	102	102	115	126	137	142	166	0

forts.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1931	7/9	98	109	129	137	155	158	182	30
	14/9	93	100	120	129	143	147	174	12
	21/9	86	100	115	126	135	141	156	0
	28/9	85	100	116	125	128	136	148	6
1936	2/7	106	87	101	60	58	54	84	6
	8/7	102	85	93	30	55	54	80	13
	17/7	103	88	77	27	55	52	80	45
	23/7	103	86	63	26	55	51	79	14
	30/7	126	116	115	27	55	52	82	59
	4/8	133	136	107	28	55	51	82	2
	14/8	111	95	88	27	55	51	82	2
	19/8	111	97	90	27	56	52	83	16
	28/8	103	91	78	25	52	52	81	2
	3/9	96	91	68	26	56	51	82	3
	10/9	90	90	61	28	56	51	82	17
	18/9	85	85	50	24	50	51	82	0
	26/9	107	123	102	31	55	52	83	43
1937	3/7	84	87	87	91	108	117	128	1
	9/7	80	83	83	86	100	105	112	0
	16/7	76	71	78	75	85	91	86	4
	23/7	76	66	67	63	66	70	84	10
	30/7	67	58	54	44	61	59	84	14
	6/8	64	32	37	26	61	58	84	0
	13/8	64	24	20	27	60	57	83	17
	20/8	60	27	20	26	60	56	84	7
	27/8	58	22	20	26	60	55	83	1
	3/9	56	17	19	26	60	53	82	11
	10/9	54	17	19	26	60	55	82	4
	18/9	74	27	22	26	61	54	81	64
	25/9	72	29	19	25	61	52	80	53
1939	7/7	51	30	17	26	61	52	67	12
	17/7	96	64	27	71	61	96	66	60
	22/7	69	57	25	42	61	78	72	21
	31/7	80	57	24	35	62	67	72	8
	11/8	69	67	27	41	82	85	71	39
	1/9	87	110	78	85	119	131	123	52
	8/9	80	92	74	75	112	116	117	4
	22/9	64	88	58	65	102	106	104	18
Mtl.		83.5	79.6	82.2	73.0	90.0	93.1	111.0	18.8

Kvantiteterna c_{11} och c_{22} slutligen beräknas enligt följande formler:

$$\left. \begin{aligned} c_{11} \sum x_1^2 + c_{12} \sum x_1 x_2 &= \frac{1}{n} \\ c_{11} \sum x_1 x_2 + c_{12} \sum x_2^2 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

samt

$$\left. \begin{aligned} c_{12} \sum x_1^2 + c_{22} \sum x_1 x_2 &= 0 \\ c_{12} \sum x_1 x_2 + c_{22} \sum x_2^2 &= \frac{1}{n} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

varvid n betyder antalet observationer och x_1 och x_2 som förut beteckna avvikelserna från sina medeltal.

I tab. 3 återgives en sammanställning av de observerade data under åren 1929-1931, 1936-1937 samt 1939, som lämpligen kunnat användas som underlag för föreliggande undersökning. Som jämförelseplan för vattenståndsobservationerna har valts nivån + 44.00 m över havet. Nederbördssiffrorna ange den nederbörd i mm, som fallit sedan närmast föregående vattenståndsmätning (vanligen en vecka). Sammanlagda antalet medtagna observationer utgör som synes 72.

För varje grundvattenståndsrör har sambandet mellan den beroende variabeln (y) och de båda oberoende variablerna (x_1 och x_2) beräknats enligt här ovan angivna formler. Av tab. 4 framgår de därvid erhållna resultaten, varvid såväl vattenståndet som nederbörden uttryckts i cm. De båda högra kolumnerna i tab. 4 ange kvoten mellan regressionskoefficienterna b_1 och b_2 och tillhörande medelfel.

Tab. 4. Samband mellan grundvattenstånd (y), recipientens vattennivå (x_1) och nederbörden (x_2) vid Varpnäs enligt de i tab. 3 angivna data. (Samtliga värden äro hänfödda till cm)

Rör n:r	Sambandsfunktion $y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$			t_{b_1}	t_{b_2}
	a	b_1	b_2		
1	8.9	0.85 ± 0.16	0.30 ± 1.67	5.4	0.2
2	17.6	0.79 ± 0.22	0.43 ± 2.32	3.5	0.2
3	67.2	0.06 ± 0.24	0.35 ± 2.53	0.3	0.1
4	118.1	-0.35 ± 0.24	0.87 ± 2.23	1.5	0.4
5	113.1	-0.27 ± 0.25	1.43 ± 2.61	1.1	0.5
6	113.7	-0.03 ± 0.22	0.14 ± 2.47	0.1	0.1

Tab. 4. ger vid handen, att recipientens vattennivå utövat en statistiskt mycket säker inverkan på grundvattenståndet i de närmast recipienten belägna rören nr 1 och 2. Däremot föreligger inget säkert samband mellan åns vattenstånd och grundvattenståndet i de övriga observationsrören utan detta är som synes helt slumpbetingat. Alltså skulle enligt de erhållna resultaten variationerna i recipientens vattennivå i föreliggande fall icke utövat inflytande på grundvattenståndet på längre avstånd från stranden än någonstans mellan rören nr 2 och 3, d.v.s. upp till ett avstånd av 100 till 150 meter och sålunda de vid försökets utläggning antagna förutsättningarna beträffande de 4 översta parcellerna i erforderlig grad icke förefunnits.

Vad nederbördens inverkan på grundvattenståndet beträffar, har den i samtliga fall varit helt slumpbetingad, såsom framgår av tab. 4. Detta är också ett ganska förklarligt förhållande. Under vegetationstiden, då grundvattenytan å försöksfältet i regel stått ganska lågt, har jordens mätnadsdeficit vanligen också varit stor, vilket är liktydigt med att jorden då kunnat upptaga och kvarhålla avsevärda vattenkvantiteter, varför ganska riklig nederbörd kunnat falla utan att grundvattenytan stigit (jfr diagrammen!). När jorden blivit vattenmättad, har däremot en relativt ringa nederbördsmängd kunnat komma grundvattenytan att stiga.

Dessa förhållanden ha tidigare påvisats av Flodkvist (1931) vid grundvattenundersökningar inom Örebro län. Under sommaren, då mätnadsdeficit var stor, förekom ingen eller blott obetydlig avrinning genom dräneringsledningarna, även om nederbörden var avsevärd; under vår och höst däremot var avrinningen stark på grund av att jorden då var mera vattenmättad och grundvattenståndet samtidigt betydligt högre.

Diskussion och kritik.

Det är uppenbart att en undersökning av ifrågavarande slag är mycket vansklig att inlåta sig på med hänsyn till svårigheterna att kunna isolera de faktorer undersökningen närmast avser och få fram ett renodlat samband mellan desamma. I föreliggande fall ha visserligen siffermässiga uttryck för inverkan av nederbörden och recipientens vattennivå på grundvattenståndet erhållits genom användning av multipel regression. Dessa resultat måste dock ses mot bakgrunden av att åtskilliga andra faktorer inverka på grundvattenståndet. Detta gäller i första hand avdunstningen från vegetationen och markytan. Av de anförda diagrammen framgår, hur grundvattenståndet varierat under sommarmånaderna. Den i flertalet fall starka sänkningen av detta under juli månad beror givetvis till stor del på växternas betydande vattenförbrukning under denna tid.

Det bör därför understrykas, att de beräknade funktionssambanden sannolikt icke obetydligt skilja sig från dem, som skulle erhållits, om ingen transpiration förekommit eller inverkan av denna på något sätt kunnat elimineras. Ur ifrågavarande synpunkt skulle givetvis det ideala vara att ha fullständigt vattenmättad luft över försöksparcellerna, alltså 100 % rel. luftfuktighet. Därigenom skulle givetvis avdunstningen förhindras (men samtidigt även växtligheten dödas, emedan ingen näringstransport kunde ske!) Härtill kommer att dylika försök komme att kräva ganska vidlyftiga tekniska anordningar.

Det ligger i sakens natur att de resultat, som genom de föreliggande undersökningarna erhållits, icke böra uppfattas som några absoluta värden, utan endast såsom på grundval av primärmaterialet beräknade sådana. Om exempelvis dagliga observationer utförts, är det troligt att något annorlunda resultat erhållits, samtidigt som undersökningarna då kunnat baseras på ett betydligt större och därigenom mera stabilt material. Vidare måste tagas i betraktande, att de föreliggande resultaten erhållits genom sammanslagning av observationsmaterial för ett flertal år.

Ehuru viss beskärning av primärmaterialet måst företagas på grund av pegelns läge i förhållande till försöksfältet, är det givetvis icke uteslutet, att även de efter denna beskärning använda data rörande recipientens vattenstånd något avvika från dem som skulle erhållits om mätningarna ägt rum mittför försöksfältet. Man bör sålunda räkna med att de erhållna resultaten i motsvarande grad

kunna vara influerade därav.

Att den statistiskt funna samvariationen blivit starkast för de närmast recipienten belägna vattenstånds-rören, är ganska naturligt. Under en stor del av undersökningsperioden har ofta en grundvattenströmning mot recipienten ägt rum (jfr diagrammen!) En mera tillfällig höjning av recipientens vattennivå måste då medföra en hämning av denna eller eventuellt förorsaka en ström i motsatt riktning med påföljd, att grundvattenytan ävenledes höjts. Men eftersom grundvattnet rör sig ganska långsamt i den relativt svår-genomsläppliga jord det här är fråga om, har en höjning av grundvattenytan i de längre bort belägna rören först efter en viss tid kunnat åstadkommas. Om vattenståndet i ån inom kort åter sjunkit, är det tydligt, att någon inverkan på grundvattenståndet icke kunnat komma till synes i dessa observationsrör.

Beträffande den förskjutning i tid, som enligt tidigare undersökningar förefinnes mellan variationer i recipientens vattenyta och motsvarande variationer i grundvattenståndet (Arp & Dettmers m.fl.), har det föreliggande materialet icke kunnat ge några upplysningar härom. För att komma åt denna eftersläpning vore nämligen åtminstone dagliga observationer erforderliga. Det hade givetvis ur hydrologisk synpunkt varit värdefullt om sådana mätningar företagits men på grund av ändamålet med observationerna utfördes dessa som nämnts i genomsnitt blott ungefär en gång i veckan.

Det hade vidare varit önskvärt, om materialet hade kunnat grupperas så att det möjliggjort undersökning av samvariationen med recipientens vattennivå vid olika grundvattenstånd. Detta har emellertid på grund av det begränsade materialet ej låtit sig göra. I de flesta jordar avtager normalt permeabiliteten med djupet, i varje fall förefinnes som regel en väsentligt olika genomsläpplighet beträffande matjord och alv (Flodkvist 1931).

I jordar, där det förekommer stabil sprickbildning, äro de hydrologiska förhållandena annorlunda. Dylik sprickbildning, som först beskrivits av Ekström och Flodkvist (1925), uppstår främst å svämmleror med gyttjeinslag. Sådana jordar äro självdränerande och därför ej i behov av täckdikning. Sprickorna kunna vara av varierande storlek, från någon mm upp till flera cm. Det säger sig självt, att grundvattenståndet i en dylik jord kommer att intimt sammanhänga med recipientens vattennivå, alltså att en verklig kommunikering förefinnes.

En stor del av Kungsängen söder om Uppsala utgöres av jord med stabil sprickbildning. Åren 1921-1932 utfördes av Giöbel (1932) grundvattenståndsmätningar å Kungsängen jämte samtida mätningar av vattenståndet i Fyrisån. Resultaten ha av Giöbel framlagts i grafisk form, av vilka framgår, att ett tydligt samband mellan vattennivåerna måste föreligga. Observationerna utfördes som regel med två veckors mellanrum och pågingo i den mån isbildning i rören ej lade hinder i vägen året runt. Ur primärmaterialet, som dr Giöbel beredvilligt ställt till förfogande, togs som prov grundvattenståndsuppgifter beträffande åren 1922-1928 för ett av rören, beläget c:a 12 m från Fyrisån, och korrelerades med åns vattennivå (sammanlagt 96 observationer), varvid erhöles resultatet $r = 0.744 \pm 0.046$, således $t_r = 16.3$. Av vattenståndsobservationerna framgick vidare, att grundvattenståndet på våren ej var särskilt högt, vilket berodde på den goda kommunikeringen med recipienten. Smältvattnet sjunker och avledes alltså här tämligen hastigt, vilket medför, att jorden torkar upp ganska tidigt på våren, ett ur jordbrukssynpunkt givetvis värdefullt förhållande.

Å invallade områden förekommer ofta stabil sprickbildning. Man har därvid i flera fall praktiskt utnyttjat här nämnda hydrologiska förhållande genom att under torrperioder släppa in vatten i invallningskanalen eller i mån av behov genom att pumpa in vatten i denna, d.v.s. låta pumpen gå baklänges, och på så sätt åstadkomma en höjning av grundvattenståndet. Då detta vid förekomsten av stabil sprickbildning i stort sett ställer sig i nivå med vattenytan i kanalen, kan alltså en bevattning genom grundvattenuppdämning till önskad nivå på ett effektivt och relativt billigt sätt anordnas.

I det föreliggande observationsmaterialet från Varnäs är det av visst intresse att lägga märke till ⁿ grundvattenytans läge i förhållande till vattenståndet i recipienten. Denna relation framgår tydligt av vattenståndskurvorna. (se fig. 7-12). I flertalet fall stod sålunda grundvattenytan lägre än åns vattenyta under större delen av juli och augusti. Det är ett känt förhållande, att grundvattenståndet under sommaren kan vara lägre än vattennivån i ett närbeläget vattendrag, och det föreliggande materialet utgör ett ytterligare belegg för detta faktum. Under vissa perioder måste således en vattenströmning från ån ha ägt rum, vilken stundom torde ha varit av icke obetydliga dimensioner, att döma av

höjddifferensen mellan de båda vattenytorna. Att en dylik vatteninfiltration förekommer, är under torrperioder givetvis enbart fördelaktigt.

Eftersom vegetationens utveckling vid tillräcklig vattentillgång i hög grad sammanhänger med temperaturen, är växternas vattenförbrukning i trakter med varmare klimat än å våra breddgrader mycket stor. I de holländska marskländerna t.ex., där jorden är mycket bördig och som regel bär en kraftig vegetation, ligger grundvattentytan under vegetationsperioden vanligen avsevärt lägre än vattentytan i de genom fälten gående bevattningskanalerna. Trots att vattennivån i kanalerna vissa tider står blott obetydligt under markytan, befinner sig som regel grundvattenståndet inne på fälten på för växtligheten betryggande djup. Härvid försiggår givetvis en kontinuerlig grundvattenströmning från kanalerna in mot fälten, vilken emellertid kompenseras av den starka avdunstningen från vegetationen.

Sammanfattning.

I föreliggande arbete redogöres för undersökningar, som utförts vid Lantbrukshögskolans hydrotekniska institution rörande sambandet mellan grundvattenståndet och vattennivån i en recipient.

Undersökningarna grunda sig på material angående grundvattenstånds- och växtlighetsundersökningar, som på föranstaltande av Kungl. Lantbruksstyrelsen utförts vid Varpnäs lantbruksskola å Värmlands län under åren 1929-1940 och vilket av Kungl. Lantbruksstyrelsen för bearbetning översänts till institutionen.

Å försöksfältet, som hade en svag lutning mot ett invid detsamma gående vattendrag, voro på olika avstånd från stranden grundvattenståndsror nedsatta. Vattenståndsobservationer utfördes under vegetationsperioden med som regel en veckas mellanrum.

Matjordslagret å försöksfältet utgjordes av en mullhaltig mjällig styvare mellanlera och alven av en mjällig styv lera. Mjälhalten uppgick för såväl matjord som alv till omkring 40 %. Normalt cirkulationsbruk bedrevs å försöksfältet.

Av orsaker som närmare diskuterats i texten kunde blott resultatet från 6 av de 11 år mätningarna pågått bli föremål för bearbetning.

Vid undersökningarna togs hänsyn till tjällossningens och nederbördens inverkan på grundvattenståndet. Genom användning av multipel regression med nederbörden och vattennivån i recipienten som oberoende variabler erhöles som resultat, att denna senare utövat påtaglig inverkan på grundvattenståndet upp till ett avstånd av 100 till 150 meter från stranden. På längre avstånd från denna kunde icke något samband mellan recipientens vattennivå och grundvattenståndet påvisas. Likaledes visade sig sambandet mellan nederbörden och grundvattenståndet under den del av året undersökningarna omfattat vara helt slumpbetingat. Orsakerna härtill ha i korthet diskuterats.

De erhållna resultaten ha vidare diskuterats med hänsyn till inverkan på grundvattenståndet av växternas vattenförbrukning samt avdunstningen från markytan. För närmare studium av dessa förhållanden hänvisas till diagrammen fig. 7 - 12.








Såsom exempel på permeabilitetens betydelse för sambandet mellan grundvattenståndet och recipientens vattennivå ha anförts några uppgifter härutinnan beträffande ett område där det förekommer stabil sprickbildning.

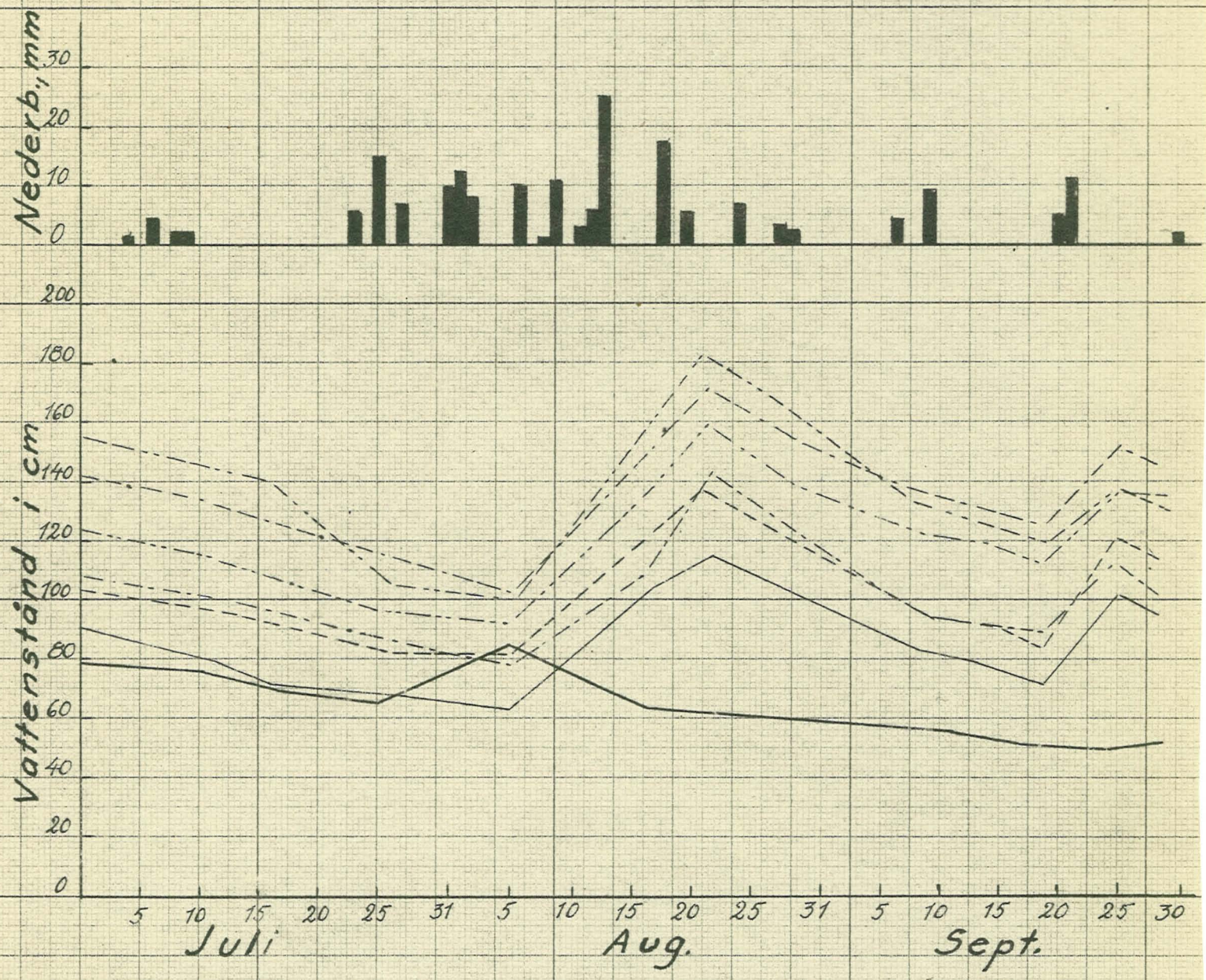
L i t t e r a t u r.

- Arp und Dettmers 1926,: Die Grundwassersenkung beim Bau der Doppelschleuse in Wesermünde - Geestemünde.-Zeitschrift für Bauwesen.
- Ekström, G. 1927: Klassifikation av svenska åkerjordar.-Sv. Geol. Unders. Årsbok 20.
- Ekström, G. och Flodkvist, H., 1926: Hydrologiska undersökningar av åkerjord inom Örebro län. - Sv. Geol. Undersökn. Ser. C, nr 334.
- Ezekiyl, M., 1930: Methods of correlation analysis. - New York.
- Flodkvist, H., 1931: Kulturtechnische Grundwasserforschungen.- Sv. Geol. Undersökn. Årsbok 25.
- Forchheimer, P., 1930: Hydraulik. - Leipzig und Berlin.
- Giöbel, G., 1932: Grundvattenståndet på Kungsängen. Redogörelse för verksamheten vid Ultuna Lantbruksinstitut år 1932.
- Koehne, W., 1928: Grundwasserkunde.-Stuttgart.
- Mills, F.C., 1924: Statistical Methods.-London.
- Robinson, W., 1932: Soils, their origin, constitution and classification. - London & New York.
- Troxell, H.C., 1936: The diurnal fluktuation in the ground-water and flow of the Santa Ana river and its meaning.- Trans. Amer. Geophys. Union. Part 2, pp. 496-504. July 1936.
- Westermann, T., 1936: Draening.-København.

Varpnäs 1929

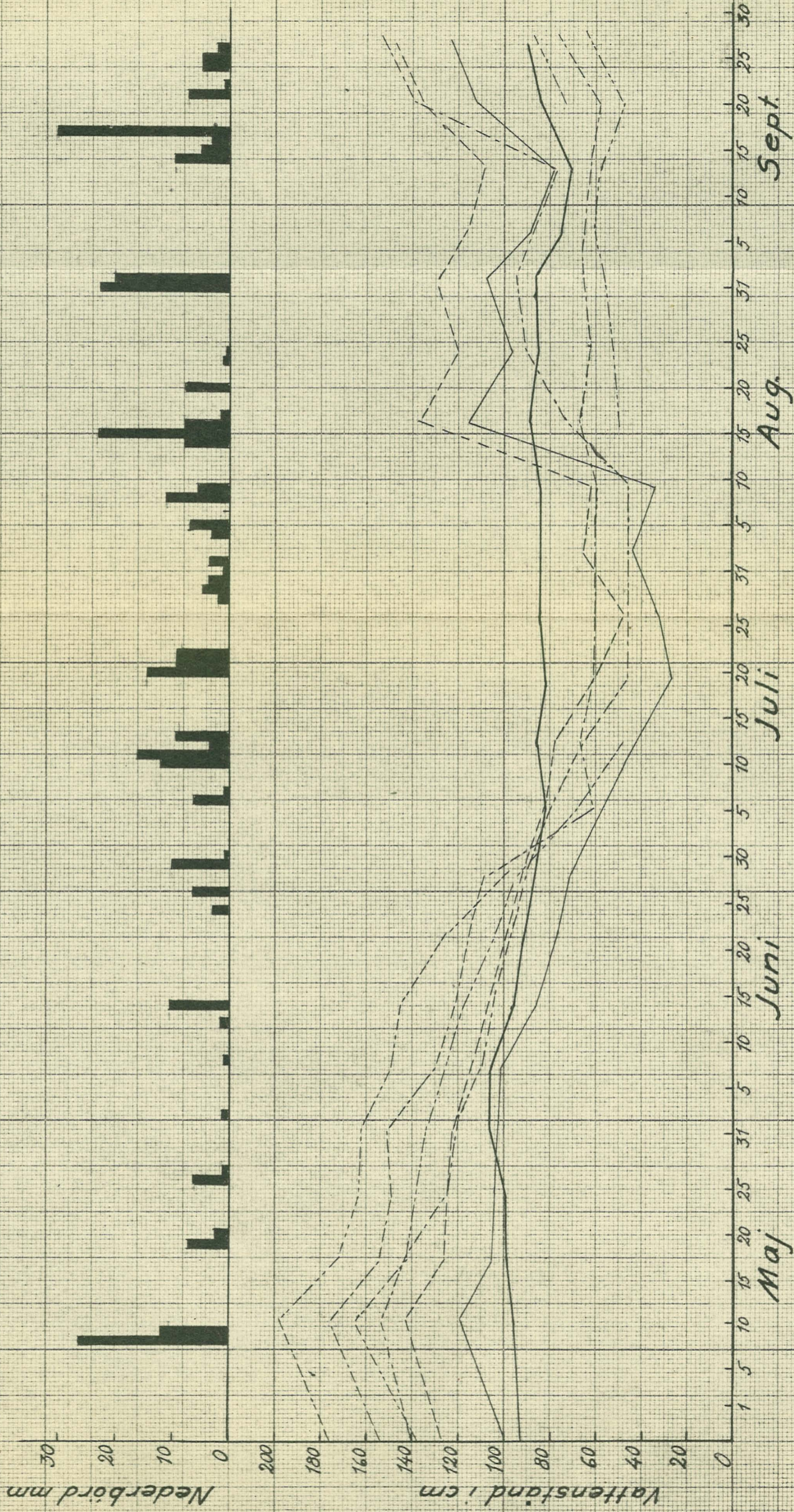
Beteckningar

	Vattennivå i recipienten (Ävjaån)
	Grundvattenstånd i rör nr 1
	" " " 2
	" " " 3
	" " " 4
	" " " 5
	" " " 6



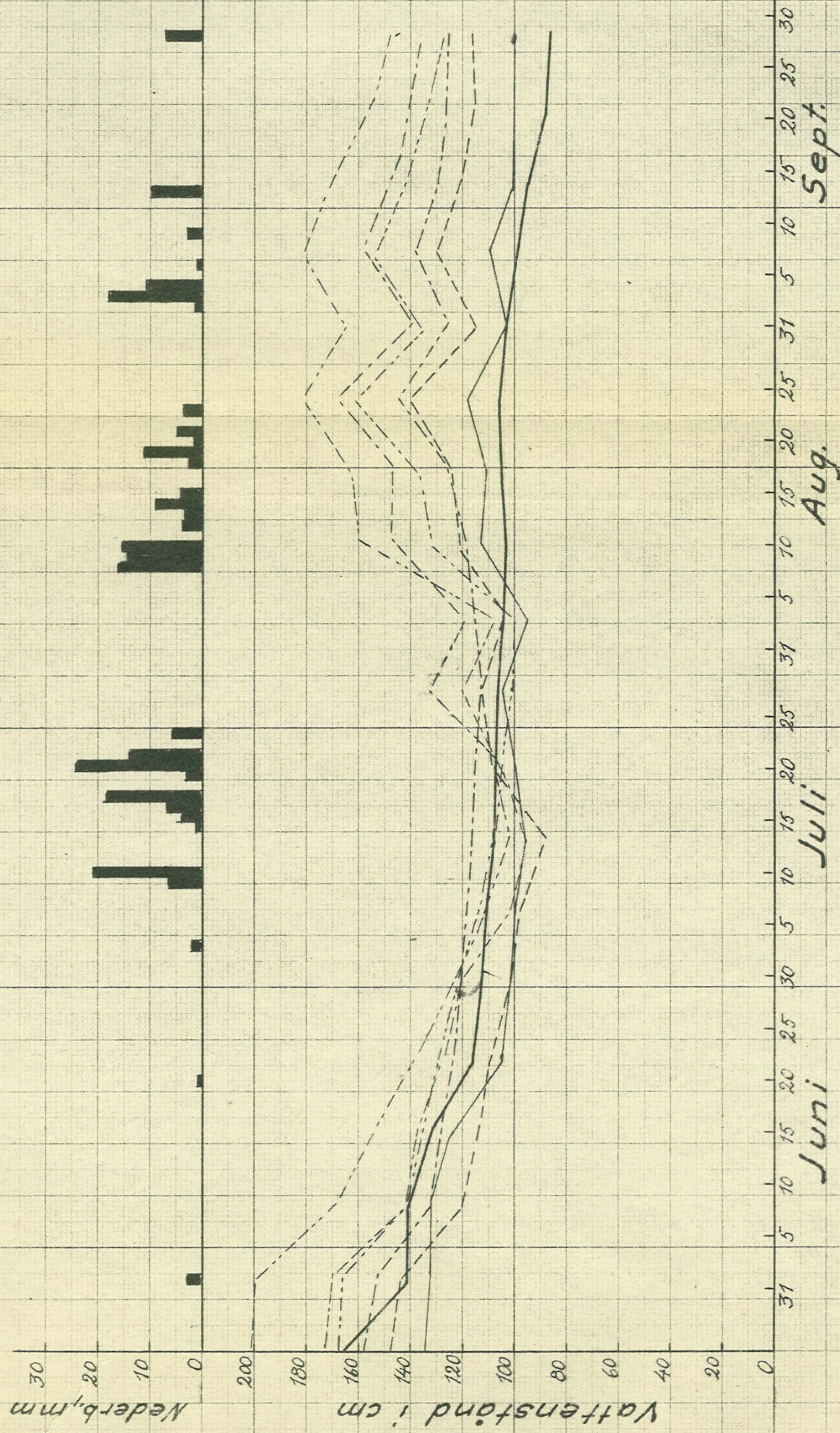
Varpnäs 1930

(Beteckningar, se 1929)



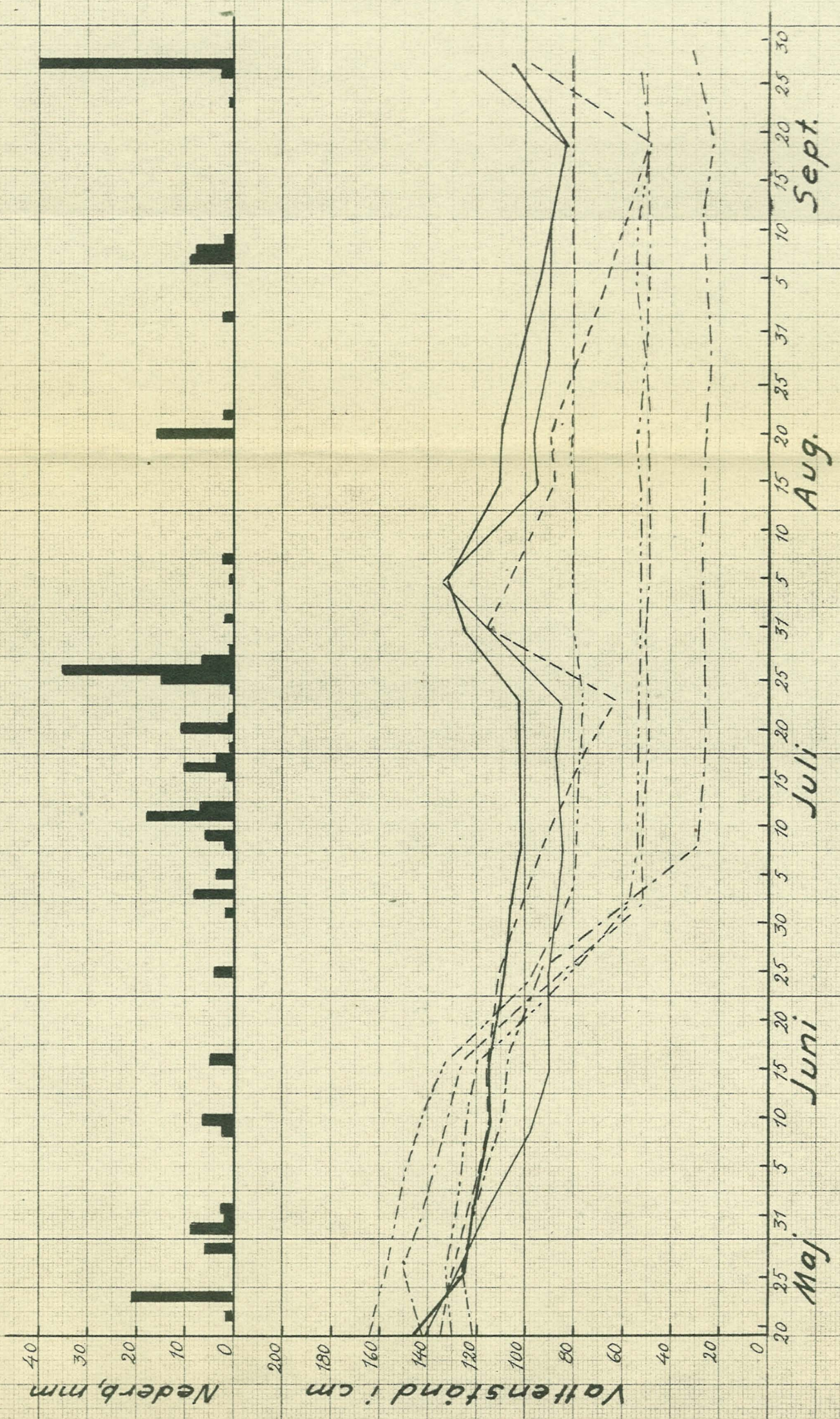
Värpnäs 1931.

(Beteckningar, se 1929)



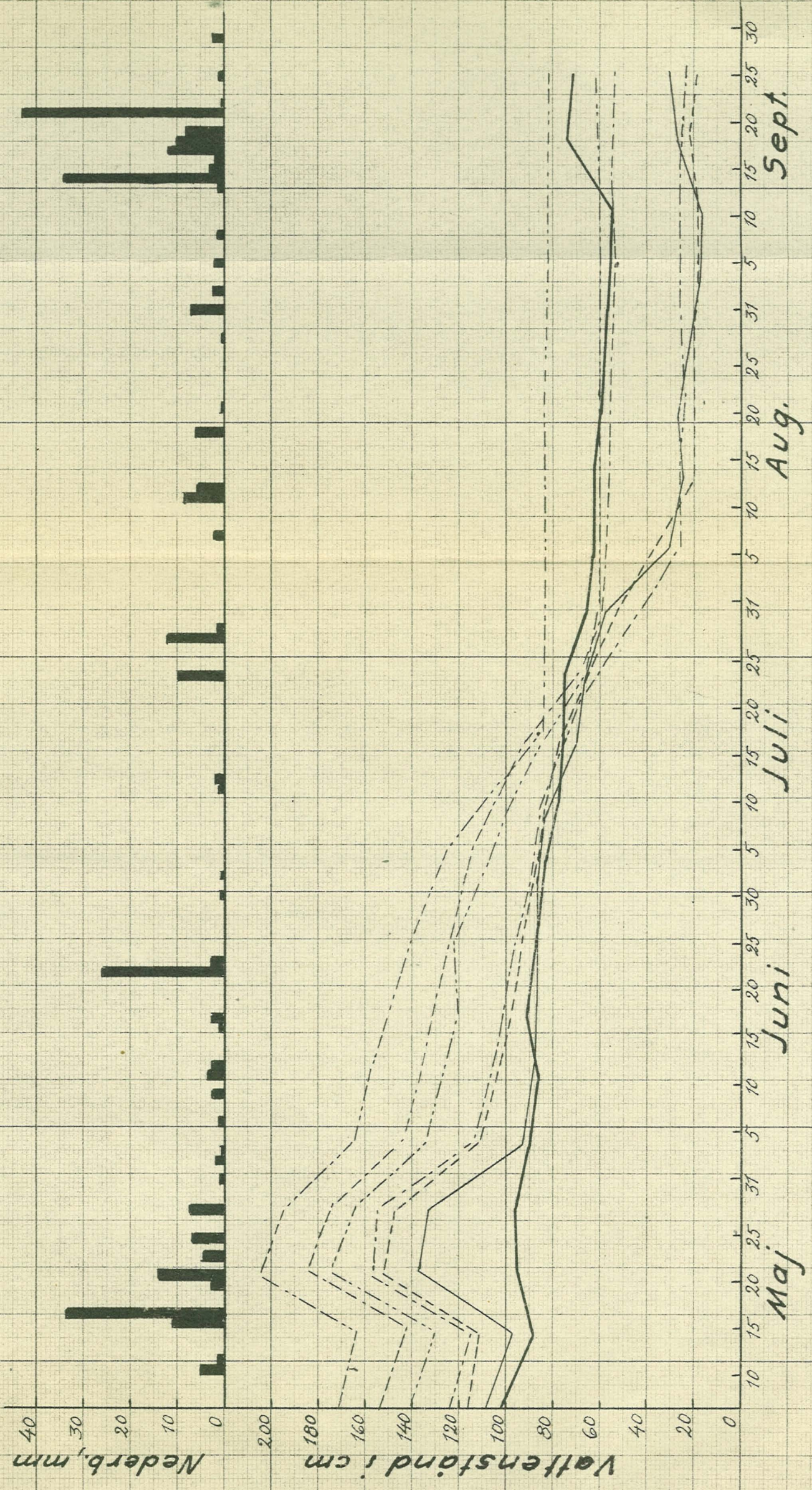
Varpnäs 1936.

(Beteckningar, se 1929)



Varpnäs 1937

(Beteckningar, se 1929)



Varpnäs 1939
(Beteckningar, se 1929)

