



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Om skördeskadorna i Värmlands län 1981

KERSTIN BERGLUND OCH RAGNAR BJÖRK

Växtnäringsbevattning

HARRY LINNÉR

A field method to check subsurfacedrainage efficiency

JANNE ERIKSSON

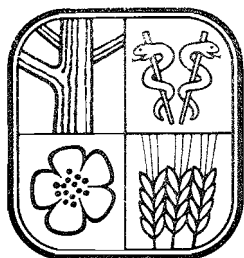
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics

Rapport 128
Report
Uppsala 1982
ISSN 0348-1816
ISBN 91-576-1414-8

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. RAPPORTER.

- 108 Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1978. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikensavstånd. IX: Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län. 102 bl.
- 109 Bjerketorp, A. & Klingspor, P. 1978 (1982). Inventering av avrinningen inom regioner med stor jordbruksbevattning. Faktaredovisning. 1: Kalmar län. 66 s. (109a. Korrigerat nytryck 1982. 66 s).
- 110 Lundebrén, J & Nilsson, S. 1978. Bevattningssamverkan. Förutsättningar och olika associationsformer. 26 bl.
- 111 Berglund, G. m.fl. 1978. Resultat av 1977 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 19+23+56 bl.
- 112 Forsling, A. & Borgblad, M. 1978. Konflikten mellan jordbruket och naturvärden i markavvattningsfrågor. 57 bl.
- 113 Linnér, H. 1978. Vatten- och kvävehushållningen vid bevattning av en sandjord. 16 bl.
- 114 Ingvarsson, A. 1978. Bevattningsförsök inom trädgårdsområdet i Norden. Sammanfattning av försöksresultat publicerade t.o.m. 1977/78. 68 bl.
- 115 Ingvarsson, A. 1978. Bevattning i fältmässig trädgårdsodling - Teknik och ekonomi. 43 bl.
- 116 Berglund, G. 1978. Frosthävningens inverkan på dräneringsledningar. 57 bl.
- 117 Berglund, G. 1979. De odlade jordarna i Uppsala län, deras geografiska fördelning och fördelning på jordarter. 40 bl.
- 118 Berglund, G. m.fl. 1979. Resultat av 1978 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 16+26+56 bl.
- 119 Valegård, A. & Persson, R. 1981. Optimering av större ledningssystem för bevattning. 40 s. + 4 bl.
- 120 Berglund, G. m.fl. 1980. Resultat av 1979 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 18+27+48 bl.
- 121A Bjerketorp, A. 1982. Inventering av avrinningen inom regioner med stor jordbruksbevattning. 2A: Deskriptiv behandling av grunddata från Kristianstads län.
- 121B Bjerketorp, A. 1982. Inventering av avrinningen inom regioner med stor jordbruksbevattning. 2B: Resultat och slutsatser avseende Kristianstads län.
- 122 Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1980. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikensavstånd. III: Jönköpings, Kronobergs, Kalmar och Gotlands län. 68 bl.
- 123 Johansson, W. 1980. Bevattning och kvävegödsling till gräsvall. 83 bl.
- 124 Heiwall, H. 1980. Underbevattning. Studier av grödans tillväxt och vattenförbrukning vid olika djup till grundvattenytan på en sandig grovmo. 17 bl.
- 125 Berglund, K. 1982. Beskrivning av fem myrjordsprofiler från Gotland. 55 sid.



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

	sid
Om skördeskadorna i Värmlands län 1981	1
KERSTIN BERGLUND OCH RAGNAR BJÖRK	
Växtnäringsbevattning	9
HARRY LINNÉR	
A field method to check subsurfacedrainage efficiency	17
JANNE ERIKSSON	

Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics

Rapport 128
Report
Uppsala 1982
ISSN 0348-1816
ISBN 91-576-1414-8

Kerstin Berglund och Ragnar Björck

FÖRORD

År 1981 drabbades jordbruket främst i Värmland men även i angränsande län av svåra skördeskador. Stora nederbördsmängder på marker med låg genomsläpplighet eller med bristfällig dränering var den främsta orsaken. Det framstod som önskvärt att så långt det var möjligt belysa dräneringens betydelse för undvikande eller minskande av skadorna på grödorna när nederbördsmängderna blir onormalt stora.

Ett samarbete etablerades mellan LRF:s länsförbund i Värmland, lantbruksnämnden i Karlstad och försöksavdelningen för hydroteknik vid SLU för att få till stånd en sådan undersökning. Grundmaterial har införskaffats genom statistiska centralbyråns försorg i samband med fältarbetet för de objektiva skördeuppskattningarna. Vissa direkta fältobservationer har också gjorts av personal från lantbruksnämnden och försöksavdelningen för hydroteknik. Direkt ansvarig för arbetet har varit agronom Kerstin Berglund, som utarbetat denna redogörelse i samarbete med agronom Ragnar Björck, Statistiska centralbyrån.

Uppsala och Karlstad i april 1982

Gösta Berglund
Statsagronom

Karl Gustaf Thörn
Lantbruksdirektör

Mats Hveem
LRF ordförande i Värmlands län

INLEDNING

På uppdrag av försöksavdelningen för hydroteknik vid Sveriges lantbruksuniversitet i samarbete med lantbruksnämnden och Lantbrukarnas länsförbund av LRF i Värmlands län har statistiska centralbyrån (SCB) genomfört en inventering i Värmlands län av systemtäckdikningens omfattning och skillnader i skörd från täckdikad och ej täckdikad areal av korn och havre år 1981.

Uppdraget föranleddes av att de stora nederbördsmängderna under försommaren 1981 inneburit stora påfrestningar på grödorna. Framförallt vall och potatis drabbades hårt, men även kornet blev i många fall illa åtgånget. En fungerande dränering var på många håll en förutsättning för att grödan över huvud taget skulle klara sig. Skördeskadorna varierade mycket i omfattning. I extrema fall blev grödan helt kvävd medan däremot väldikade fält i god kultur kunde uppvisa mycket goda grödor.

Kartläggningen av dikningens omfattning är av speciellt intresse för lantbruksnämndens arbete med dikningsfrågorna och avses användas som underlag vid planeringen av insatser inom detta område i Värmlands län.

NEDERBÖRDEN I VÄRMLAND SOMMAREN 1981

Den karakteristiska nederbördsfördelningen för Värmlands län under sommaren 1981 var en mycket liten nederbördsmängd i april månad, i stort sett normalnederbörd i maj, extremt hög nederbörd i juni, något under normal nederbördsmängd i juli och september samt mycket under det normala i augusti. Sommarhalvåret som helhet (april-september) hade i de flesta fall något under normal nederbördsmängd. Det som orsakade problem ur dräneringssynpunkt var den extremt höga nederbörden under juni månad. Man har vid nederbördsstationen i Karlstad under mätperioden 1885-1964 aldrig uppmätt en juninederbörd som överstigit 130 mm. Detta skall då jämföras med de 186 mm som uppmättes under juni månad 1981. Lyckligtvis följdes den höga juninederbörden av en period med normal nederbörd i juli och mycket låg i augusti. Nästan genomgående fick de östra och norra delarna av Värmland något större nederbördsmängder än de västra delarna. Trots de förhållandevis små nederbördsmängderna i juli och augusti blev skördeskadorna stora på fält med bristande avvattning. Under 1981 var kvävning av grödan den vanligaste orsaken till skördenedsättningarna. Andra år kan markbärighetsproblem och dåliga bärgningsförhållanden vara de primära skadeorsakerna.

Hur ofta kan man då i Karlstadsområdet befara att nederbördsmängderna blir så stora att vattenmättnaden i jorden på svagt dränerade områden blir så hög, att markbärighetsproblem och skördenedsättning blir följden? Vi antar att det uppkommer markbärighetsproblem när mer än 300 mm nederbörd faller under perioden 1 maj - 31 augusti (jämför med 287 mm vid Karlstads nederbördsstation under maj-augusti 1981). Då skulle det föreligga risk för dålig markbärighet genomsnittligt ca en gång vart 6-7 år (Håkansson, Johansson, Fahlstedt). Nederbördens storlek och fördelning, Inst. f. lantbrukets hydroteknik, Lantbrukshögskolan, Uppsala 1968). Även kortare perioder med hög nederbörd kan på svagt dränerade jordar medföra omfattande skördenedsättningar. Om man för en 60-dagars period med början under maj-juni sätter 240 mm regn som en gräns där grödan tar allvarlig skada, kommer man fram till att detta inträffat i Karlstadsområdet 12 gånger under en 80-årsperiod. De "besvärliga" åren är med andra ord ganska ofta återkommande.

INVENTERINGENS UPPLÄGGNING

Inventeringen utfördes i samband med de objektiva skördeuppskattningarna på samtliga provytegårdar i Värmlands län som under 1981 odlade korn eller havre, totalt 537 undersökningsenheter. Före uppgiftsinsamlingen utsändes ett informationsbrev till brukarna. I samband med provtagningen för skördeuppskattningen inhämtade sedan provtagarna uppgifter om dikningsförhållandena på provyfefälten. I rapporten angivna arealuppgifter har hämtats från lantbrukets företagsregister 1981 (LBR).

För 6 % (28 st) av provyfefälten i korn och 4 % (17 st) av provyfefälten i havre saknas provyteskörd. Detta kan ha berott på att grödan har körts upp, inte bärgats eller att fältet skördats av brukarna före provtagningen. För var och en av de inventerade variablerna har beräkningarna av areal och skörd skett enligt de metoder som tillämpas i skördeuppskattningarna. För närmare information om skattningsförfarandet hänvisas till statistiska meddelanden J 1981:8.1. Skattningarna har primärt utförts för vart och ett av länets skördeområden (SKO).

Beräkningen av skillnaden i avkastning mellan täckdikad och ej täckdikad areal är mer komplicerad. I många SKO är antalet observationer få eller ojämnt fördelade mellan täckdikad och ej täckdikad. En sammanläggning av likartade SKO till fem områden har därför skett. Områdenas omfattning framgår av kartan (bilaga 1). För varje SKO beräknades differensen mellan avkastningen på täckdikad och avkastningen på ej täckdikad areal. Differenserna har vägts samman med antalet observationer som vikter och givit en medeldifferens i varje studerat område.

RESULTAT - Dikningsförhållanden

Tabell 1. Areal korn och havre samt andelen därav som är systemtäckdikad. Värmland 1981.

Skörde- område	Areal korn och havre hektar	Andel av korn- och havrearealen som är system- täckdikad, %
722	3 371	85
723	7 718	60
731 del av	2 004	25
732	1 109	65
733	2 877	50
734	5 496	50
741	3 347	60
742	6 902	65
744 del av	2 982	45
751	482	35
752	1 977	70
754	1 201	35
761	420	10
763	226	<5
764	1 047	55
772	1 150	40
774	944	15
781	1 421	60
782	2 616	40
851	1 230	<5
852	304	<5
861	545	40
864	2 868	60
Totalt för länet	52 237	53

Av den totala arealen korn och havre 1981, 52 237 hektar, var 53 % systemtäckdikad. Som framgår av tabell 1 föreligger det mycket stora skillnader mellan olika skördeområden (SKO). Täckdikningen har den största omfattningen i SKO 722 (Grumsområdet), medan mindre än 5 % av korn- och havrearealen är systemtäckdikad i SKO 763, 851 och 852 (Töcksfors, Ekshärad och Torsby).

Tabell 2. Dikningsförhållandena på ägd respektive arrenderad areal (totala korn- och havrearealen). Värmland 1981.

Diknings- förhållanden	Ägd areal, %	Arrenderad areal %	Totalt %
Ej rördikat	27	47	33
Behovsdikat	13	14	14
Systemtäckdikad	60	39	53
Summa	100	100	100

Omfattningen av systemtäckdikning på ägd respektive arrenderad areal redovisas i tabell 2. Av den ägda arealen var 60 % systemtäckdikad, medan detta endast var fallet på 39 % av den arrenderade arealen. 70 % av täckdikningen hade utförts 1960 eller senare. I flera fall där provytetältet inte varit systemtäckdikad finns notering att dikningsbehov inte föreligger, t.ex. på grund av att jorden är genomsläpplig.

RESULTAT - Skörd

Skillnader i skörd från täckdikad respektive ej täckdikad areal av korn och havre har skattats enligt den i tidigare avsnitt beskrivna modellen med fem skördeområden. Beräkningarna avser den skattade s.k. biologiska skörden. Detta innebär att hänsyn inte tagits till spill och obärgad areal.

Det bör betonas att det i en undersökning av den här typen inte är möjligt att särskilja de faktorer som påverkat skörden. Täckdikad respektive ej täckdikad skall därför betraktas som en klassning av materialet. Förutom olika dikningsförhållanden kan skillnader i gödslingsintensitet förekomma. I några SKO kan man konstatera att skörden varit lägre från den täckdikade än från den ej täckdikade arealen. En förklaring till detta kan vara att den täckdikade arealen legat i låglänta områden där avvattningen trots dräneringen varit otillräcklig för de höga nederbörds mängderna sommaren 1981. Den ej täckdikade marken kan ha legat högre eller varit mindre flackt belägen och därför inte drabbats på samma sätt. Tolkningen av resultaten är sålunda vanskelig och kanske endast meningsfull för de två områden som gränsar till Väneren, där förutsättningarna är mest likartade. Resultaten från området "Övriga Värmland", lämnas i den fortsatta framställningen okommenterade.

De beräknade skördeskillnaderna redovisas i tabell 3 för korn och tabell 4 för havre. Den i tabellerna angivna biologiska skörden är medelskörden för den totala arealen oavsett om den är täckdikad eller ej. I de båda Vänerområdena dominerar därför skörd från täckdikad areal, medan det i "Övriga Värmland" ingår mycket liten areal från täckdikade fält.

Tabell 3. Skillnader i skörd av korn på täckdikad och ej täckdikad areal. Värmland 1981.

Område	Areal korn, hektar	Biologisk skörd, kg/ha	Andel	Differens	Antal observationer	
			system täckdikad %	täckdikad - ej täckdikad, areal kg/ha	Täckdikad areal	Ej täckdikad areal
Västra Vänerområdet	6 437	3 870	70	880	53	22
Östra Vänerområdet	8 319	2 880	50	1 460	36	34
Västra mellanområdet	6 135	2 370	55	840	54	49
Östra mellanområdet	4 711	2 070	65	280	31	29
Övriga Värmland	4 374	1 800	20	-260	24	112
Värmland totalt	29 976	2 710	54	690	198	246

Tabell 4. Skillnader i skörd av havre på täckdikad och ej täckdikad areal. Värmland 1981.

Område	Areal havre, hektar	Biologisk	Andel	Differens	Antal observa-	
		skörd, kg/ha	system-täckdikad, %	täckdikad - ej täckdikad areal kg/ha	Täckdikad areal	Ej täckdikad areal
Västra Vänerområdet	7 765	4 210	55	720	60	34
Östra Vänerområdet	7 061	3 360	60	790	46	34
Västra mellanområdet	3 957	2 740	40	640	35	50
Östra mellanområdet	2 049	2 980	45	10	21	24
Övriga Värmland	1 429	1 500	20	-230	11	50
Värmland totalt	22 261	3 450	52	510	173	192

Täckdikningen har i de flesta fall haft positiv effekt på skördeutfallet. De extremt stora nederbörds mängderna ställde mycket höga krav på såväl jordar som dränering, och en fungerande dikning har i många fall varit ett måste för att få fullgod skörd. I motsats till ett "normalår" hade under 1981 de västra delarna av Värmland en högre skördenivå än de östra. De något större nederbörds mängderna i de östra delarna kan vara en av förklaringarna till detta.

En jämförelse mellan korn och havre ger vid handen, att havren klarat sig betydligt bättre än kornet. Havren har givit en mycket god skörd, som ligger en bra bit över normskörden. Kornet ligger däremot under normskörd i många av områdena. Endast västra Vänerområdet har i år fått en kornskörd som i nämnvärd grad överstiger normskörden.

FÄLT OBSERVATIONER

Vid en inledande undersökning i fält i början av juli 1981 kunde det konstateras, att den rika nederbörden hade fått mycket varierande effekter. Lätta jordar som under torrår ger mycket låga skördar hade på många håll endast reagerat positivt för de stora nederbörds mängderna. Detsamma gällde i stort sett styvare jordar med tillfredsställande avvattning, även om grödan på dessa jordar i många fall var något bättre över täckdikena. På jordar med bristande avvattning, och då speciellt de i terrängen lägre liggande markerna, var skadorna däremot mycket omfattande.

I samband med denna inledande undersökning togs flygfoton över de hårt drabbade områdena (bild 1). Dessa flygfoton kompletterades i början av augusti med foton från marken (bild 2 och 3). På en mindre del av de drabbade områdena hade grödan då i viss mån repat sig, men på den övervägande delen var skadorna bestående med stora skördenedsättningar som följd.

De fotografiska bilderna (sid. 8) är ett exempel på omfattningen av skörde skadorna under 1981. Samtliga bilder är tagna vid Kärr i Väse. Jordarten är övervägande finmolättlera.

Flygfotot i bild 1 är taget den 14:de juli 1981. De något mörkare fälten till vänster i bild är systemtäckdikade och besådda med havre medan de fläckiga partierna till höger i bild är i stort sett odikade fält med korngröda. Det jämna fältet hitom vägen (till höger i bild) är systemtäckdikad och besått med korn. Observera den stora skillnaden mellan de båda sistnämnda kornfälten.

Bild 2 och 3 är tagna 3:e augusti 1981. Bild 2 visar den mycket dåliga korngrödan på det odikade fältet och bild 3 den mycket fina korngrödan på det dikade fältet hitom vägen.



Bild nr 1. Flygfoto över Kärr i Väse.



Bild nr 2. Kärr i Väse. Ej systemtäckdikat. Gröda korn.



Bild nr 3. Kärr i Väse. Systemtäckdikat. Gröda korn.

SAMMANFATTNING

De stora nederbördsmängderna i framför allt västra Sverige under juni månad 1981 ställde mycket höga krav på jordarnas dränering. Den rikliga nederbörden medförde att stora delar av Värmlands län drabbades av svåra skördeskador ofta på grund av brister i fråga om fältens avvattnings. Under 1981 genomfördes i Värmlands län en undersökning för att belysa dräneringens betydelse för undvikande av skördeskador samt för att kartlägga systemtäckdikningens omfattning i länet.

Andelen systemtäckdikad mark varierar mycket inom länet, från mindre än 5 % av den odlade arealen i områden i norra och västra Värmland upp till 85 % i Grumsområdet intill Vänern. I länet som helhet är drygt hälften av arealen systemtäckdikad fördelad så att 60 % av den ägda marken är systemtäckdikad men endast 39 % av den arrenderade.

Skörderesultaten från 1981 års undersökning visar på stora positiva effekter av täckdikningen. Effekterna varierar mycket mellan olika områden men i områdena runt Vänern, där förutsättningarna är mest likartade, är det positiva utslaget för täckdikningen drygt 700 kg/ha i havre. I de västra delarna av Vänernområdet har den täckdikade kornarealen givit 880 kg/ha i merskörd medan de östra delarna givit så mycket som 1460 kg/ha i merskörd.

En viss uppfattning om täckdikningens betydelse får man av de fotografiska bilderna (sid. 8) där de stora skillnaderna mellan systemtäckdikad och odikad mark klart framträder.

SUMMARY

The very abundant rainfall in the western parts of Sweden during the month of June 1981 placed great demands upon the water permeability of the soils. The high precipitation in large parts in the county of Värmland caused extensive damage to the crops, often due to lack of satisfactory drainage.

During 1981 an investigation was made in the county of Värmland to illustrate the importance of drainage in avoiding crop damage. The investigation also tried to chart the extent of systematically pipe-drained fields in the county.

The proportion of drained fields varies widely within the county, from less than 5 % of the acreage in northern and western parts up to 85 % in the Grums area, which is situated in the main agricultural part of Värmland. In the whole county more than half of the acreage is systematically pipe-drained. 60 % of the owned acreage is drained but only 39 % of the leased acreage.

The harvest results from the investigation made in 1981 generally showed a large positive effect on pipe-drained soils compared to undrained soils. The effects vary between different areas but in the main agricultural area, where the conditions are most similar, the positive effect of the pipe-drainage was about 700 kilos per hectare in oats. In the western parts of the area the pipe-drained barley acreage gave 880 kilos per hectare in additional harvest and in the eastern parts as much as 1460 kilos per hectare in additional barley harvest.

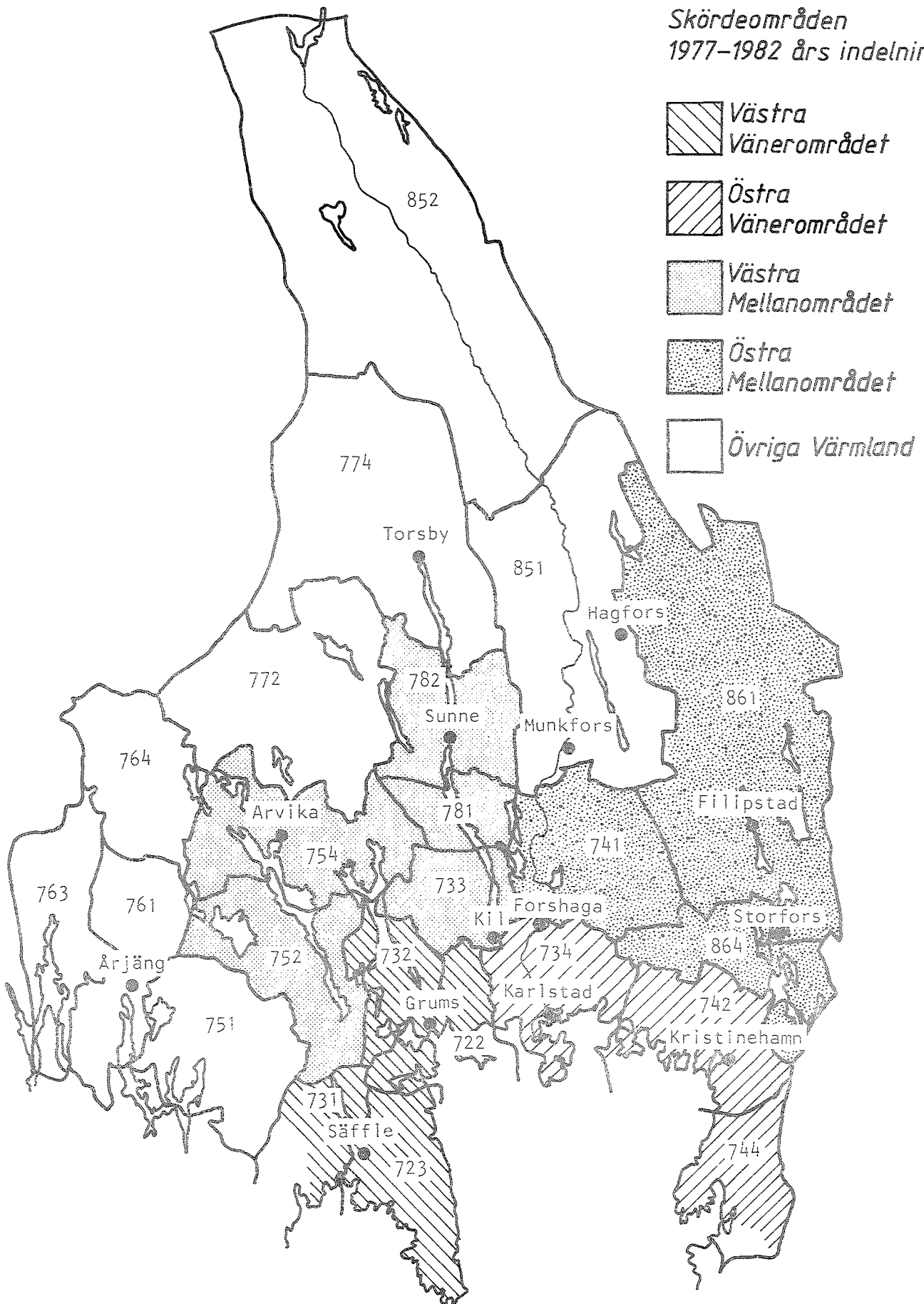
The photographs on page 8 illustrate the importance of satisfactory drainage. The first picture is an aerial photo from an area with extensive crop damage on undrained fields. The second picture is from a partly drained barley field and the third picture shows a systematically pipe-drained barley field close to the field shown in the second picture.

Bilaga 1.

Värmlands län

Skördeområden

1977-1982 års indelning



Skala 1:1000 000

0 10 20 30 40 km

Inom växthusodlingen har metoden att tillföra växtnäring med bevattningsvattnet länge varit allmän. Det finns där ett stort utbud av utrustning som med större eller mindre precision och mer eller mindre automatiskt tillför växtnäringen till vattnet (Christensen 1959, Engstedt 1977).

Vid frilandsodling tillämpas metoden endast i liten utsträckning i de nordiska länderna (Gregersen 1977, Linnér 1981). I andra länder såsom Israel, USA (Fischbach 1977) och DDR (Lohmann & Henkel 1979) har växtnäringsbevattningen fått allt större utbredning främst inom fältmässig grönsaksodling och inom frukt- och bärödling. Andra grödor som i USA i betydande utsträckning får en del eller hela näringsbehovet tillgodosett med bevattningsvattnet är potatis och majs (Sprinkler irrigation 1975).

Speciellt vid droppbevattning är tillförsel av kväve, kalium och mikronäringsämnen med vattnet numera standardmetod (Bucks et al 1980). Även vid bevattning med så kallade center-pivotsystem har metoden fått stor utbredning (Fischbach 1977).

Fördelarna med att tillföra växtnäring med bevattningsvattnet är främst arbetstekniska. Det är en enkel och billig metod att sprida växtnäring. Växtnäringstillförseln kan också ske vid tidpunkter och förhållanden då vanliga gödslingsmetoder är mindre lämpade. Man kan också vara säker på att få en snabb effekt av näringen när den tillförs med vattnet.

Det torde inte vara någon större skillnad i effekt om växtnäringen sprids på markytan och omedelbart följs av bevattning eller om gödselmedlet blandas i bevattningsvattnet (Richter et al 1973). Uppgifter om högre skörd vid näringsbevattning förekommer dock (Lohmann et al 1979). Gödselmedlets löslighet kan påverka resultatet och vidare är en viss placeringseffekt vid näringsbevattningen tänkbar (Sprinkler irrigation 1975).

Olika system för injicering av växtnäring

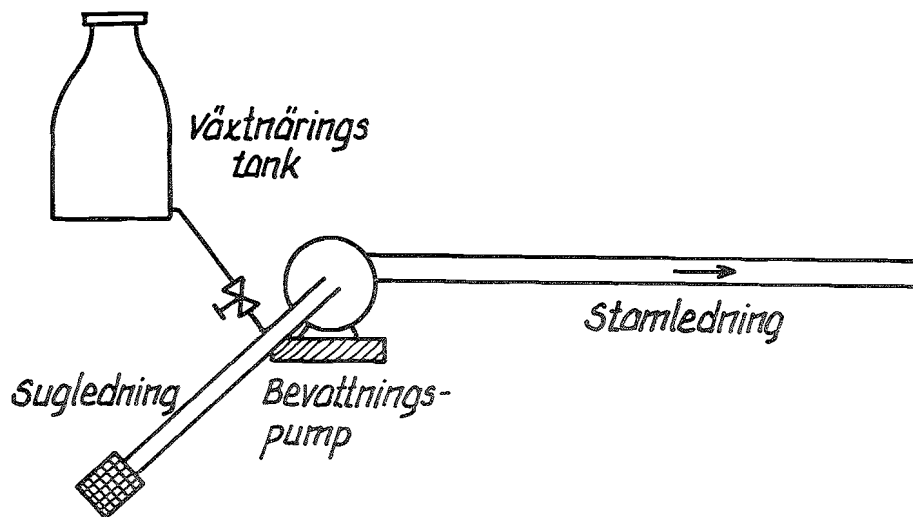
Olika typer av bevattningsanläggningar ställer olika krav på hur näringslösningen tillförs. Vid bevattning med stationära typer av anläggningar såsom rör-system, rör-slangsystem och droppbevattning är kravet ofta endast att en viss mängd näring skall tillföras under den tid bevattningen pågår. Det har då ingen större betydelse om koncentrationen förändras under bevattningen eller hur lång tid som näringstillförseln pågår.

Vid användning av bevattningsmaskiner eller andra mobila system måste däremot näringstillförseln ske med konstant dosering under hela den tid som bevattningen pågår. Det ställer naturligtvis större krav på den utrustning som används

¹⁾ Uppsatsen har även publicerats i NJF Utredningar-rapporter nr 8, 1982, s. 46-53 (ISSN 0333-1350).

för näringsinjiceringen.

Med relativt enkla medel kan växtnäringen tillföras på pumpens sug sida (figur 1). Näringslösningen passerar då genom pumpen vilket är olämpligt med tanke på risken för korrosion. Det är också svårt att noggrant kontrollera näringstillförseln.



Figur 1. Tillförsel av växtnäring i pumpens sugledning

Vanligen är det lämpligare att tillföra växtnäringen på bevattningspumpens trycksida. Det finns många olika tekniska lösningar för detta men i huvudsak sker tillförseln med två olika metoder:

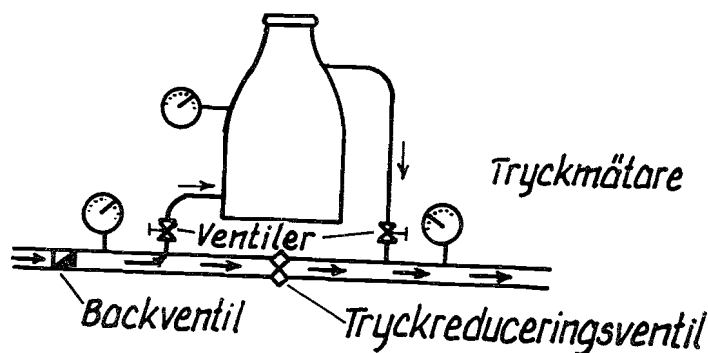
1. System som utnyttjar tryckdifferenser i tryckledningen
2. Doseringspumpar

Tryckdifferensmetoder

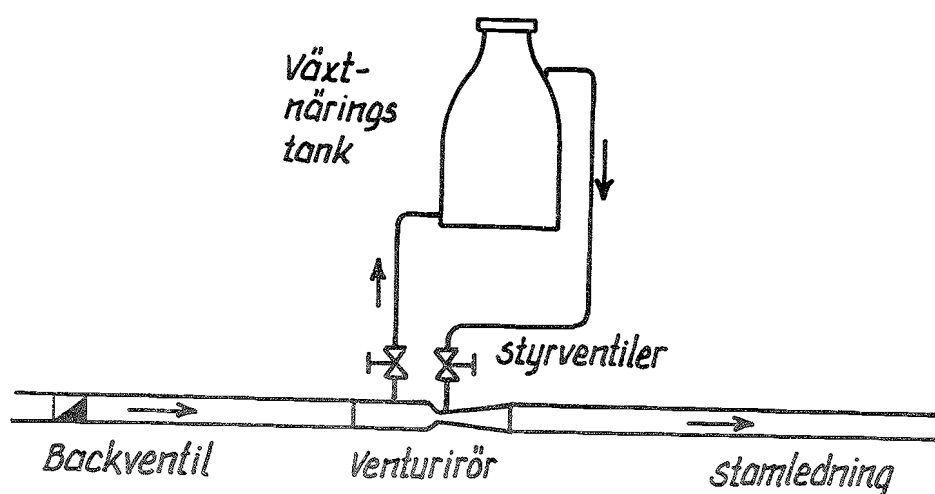
Figur 2 visar en variant av tryckdifferensmetoden. Växtnäringsstanken står under samma tryck som stamledningen. Genom en tryckreduceringsventil sänks trycket i stamledningen något så att en tryckdifferens mellan tankens inlopp och dess utlopp uppstår. Detta ger upphov till ett flöde genom tanken. Flödet styrs med hjälp av ventiler. Näringslösningen i tanken blir alltmer utspädd under bevattningen varför doseringen inte blir konstant.

Tillförsel av växtnäring kan också ske med hjälp av ett så kallat venturirör (figur 3). Venturiröret kan placeras på stamledningen eller på en shuntledning vid sidan av stamledningen. På grund av strypningen av diametern ökar vattnets hastighet i venturiröret. Genom hastighetsökningen uppstår en trycksänkning vid rörets smalaste del. Tryckdifferensen medför att näringslösning sugas in i ledningen. Doseringen blir emellertid inte heller med lösningen i figur 3 konstant eftersom näringslösningen späds ut alltmer. Man kan emellertid med hjälp av ett venturirör också suga näringslösning från en tank som inte står under

Trycktank för växtnäring



Figur 2. Tillförsel av växtnäring enligt tryckdifferensmetoden



Figur 3. Tillförsel av växtnäring med hjälp av venturirör

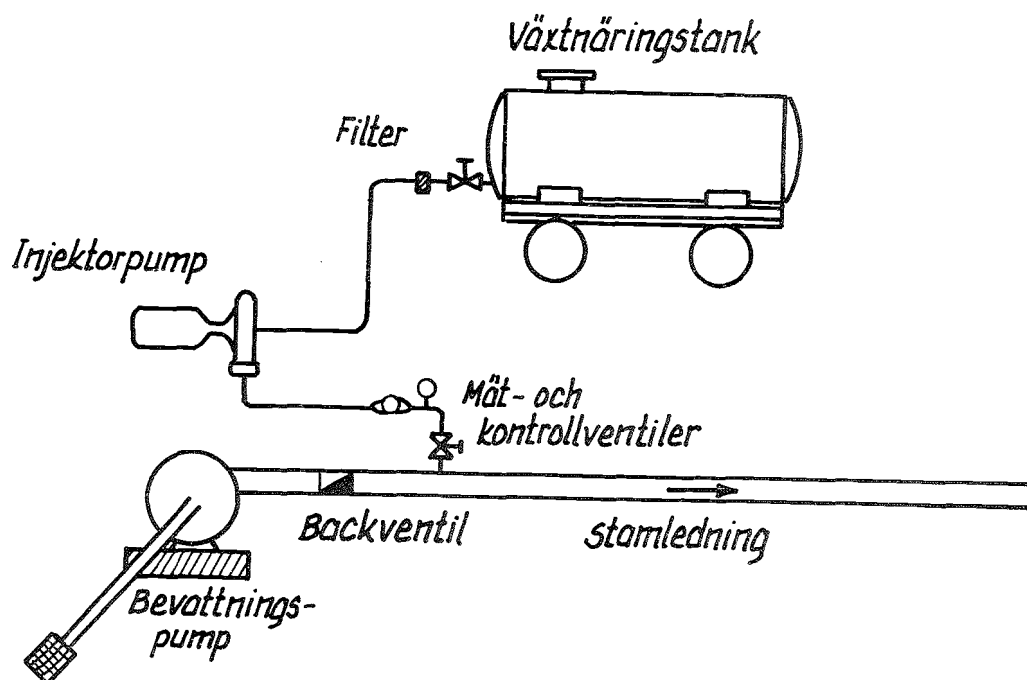
tryck. Man låter då inte vatten strömma in i tanken och späda ut näringslösningen. Doseringen kan därigenom bli någorlunda konstant.

Fördelen med de metoder som bygger på tryckdifferens är att de är enkla och billiga och det inte behövs någon extra kraftkälla för injiceringen.

Doseringspumpar

Näringslösningen kan pumpas in i stamledningen med hjälp av en pump som ger högre tryck än bevattningspumpen. Doserpumpen kan drivas av en liten elektrisk motor eller med kilrem från motorn som driver bevattningspumpen. Med doserpumpar och precisionsventiler kan näringskoncentrationen i ledningarna styras effektivt.

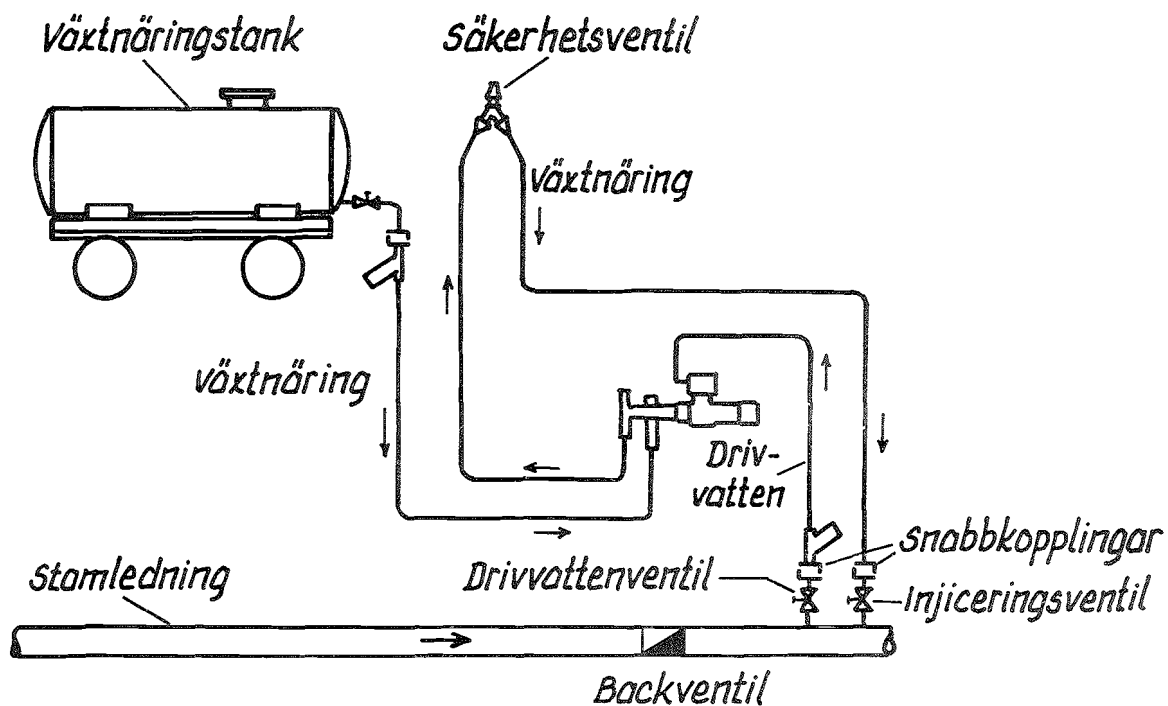
Det finns också doserpumpar som drivs av trycket i vattenledningen och som därför inte är beroende av någon yttre kraftkälla (figur 5). Dessa hydrauliska pumpar injicerar växtnäring med hjälp av en kolvmotor som doserar näringen proportionellt mot flödet i stamledningen. Näringskoncentrationen i bevatt-



Figur 4. Tillförsel av växtnäring med doseringspump

ningsvattnet blir därför konstant.

Största fördelen med doseringspumpar är att de ger möjlighet att noggrant styra näringstillförseln. Vid näringsbevattning med mobila system såsom bevattningsmaskiner är det nödvändigt att kontinuerligt kunna injicera en konstant mängd näringslösning.



Figur 5. Tillförsel av växtnäring med hjälp av en kolvpump som drivs av vattentrycket

S ä k e r h e t s a n o r d n i n g a r

Vid hantering av koncentrerade gödsellösningar måste försiktighet iakttagas. Bestämmelser om skyddsglasögon, skyddskläder osv måste följas.

Det är också viktigt att förebygga de risker för förorening av mark och vatten som läckage från en anläggning för växtnäringsbevattning kan innebära. Fischbach (1977) har beskrivit olika riskmoment och hur de kan förebyggas. Exempelvis kan vatten genom hävertverkan strömma tillbaka till växtnäringstanken och orsaka översvämning när anläggningen inte är i drift. En backventil eller ett återsugningsskydd (figur 5) förhindrar detta.

Om bevattningspumpen stannar medan växtnäringspumpen fortsätter att arbeta kan stamledningen fyllas med näringslösning som sedan kan läcka ut i ett vattendrag eller ner i grundvattnet. Om å andra sidan växtnäringspumpen stannar medan bevattningspumpen fortsätter att arbeta kan växtnäringstanken fyllas med vatten. De båda pumparna måste därför kopplas så att de stannar samtidigt om något fel skulle uppstå. Vidare bör det finnas en backventil som förhindrar eventuell näringslösning att strömma tillbaka mot bevattningspumpen (figur 2-5) och en backventil som förhindrar att vatten pumpas in i växtnäringstanken.

K o r r o s i o n

Många koncentrerade näringslösningar är mycket aggressiva mot metaller av olika slag. Lösningar av urea och kalksalpeter är måttligt korrosiva medan många fosforlösningar och ammoniumgödselmedel snabbt angriper många metaller (Sprinkler irrigation 1975). Detta ställer stora krav på tankar, ledningar och pumpar som används. Material som gjutjärn, galvaniserat stål, mässing, brons, koppar, zink är direkt olämpliga. Rostfritt stål och plastmaterial såsom PVC, polyeten, glasfiberarmerad polyester och nylon påverkas däremot mycket litet. Även aluminium har god motståndskraft.

Efter det att växtnäringen injicerats och späts ut i bevattningsvattnet är risken för skador liten.

G ö d s e l m e d e l

Såväl fasta som flytande gödselmedel kan användas vid näringsbevattning. Olika gödselmedels lämplighet diskuteras av Hergert (1977), Murphy et al (1979) och Bucks et al (1980).

Om fasta gödselmedel används är det viktigt att de löses snabbt och fullständigt i vattnet. En bottensats av olösliga beståndsdelar kan dels innehålla värdefulla ämnen och dels orsaka problem vid injiceringen eller i bevattningsanläggningen om det inte finns effektiva filter.

Uppgifter om olika gödselmedels löslighet har sammanställts i tabell 1. Uppgifterna i tabellen har hämtats från en sammanställning av Ingvarsson

(1977) och från Bucks et al (1980). Uppgifterna i olika källor varierar en hel del. Bland annat har vattnets temperatur stor betydelse för lösligheten.

Tabell 1. Olika gödselmedels löslighet i vatten

Gödselmedel	Löslighet, gram/liter
Kalciumnitrat	400-1550
Natriumnitrat	450-730
Ammoniumnitrat	1185
Ammoniumsulfat	500-750
Urea	780-1190
Kaliumklorid	277-350
Kaliumsulfat	67-120
Magnesiumsulfat	250-710
Mangansulfat	400-1050
Järnsulfat	100-290
Zinksulfat	600-1000
Kopparsulfat	220-400
Borax	5-10

Uppgifter om löslighet är inte tillräckligt för att bedöma ett gödselmedels lämplighet för upplösning i vatten. Exempelvis kan bärsubstanser eller föroreningar ge utfällningar. Av kalksalpeter (kalciumnitrat) finns det exempelvis en specialkvalitet (gartnervara) för upplösning i vatten eftersom vanlig kalksalpeter kan ge problem. I kalkammonsalpeter är endast kvävedelen (ammoniumnitrat) lättlöslig. Blandning av olika gödselmedel kan också ge upphov till utfällningar.

Flytande ammoniak är inte användbar vid näringsbevattnings eftersom en stor del av ammoniaken kan förloras genom avdunstning.

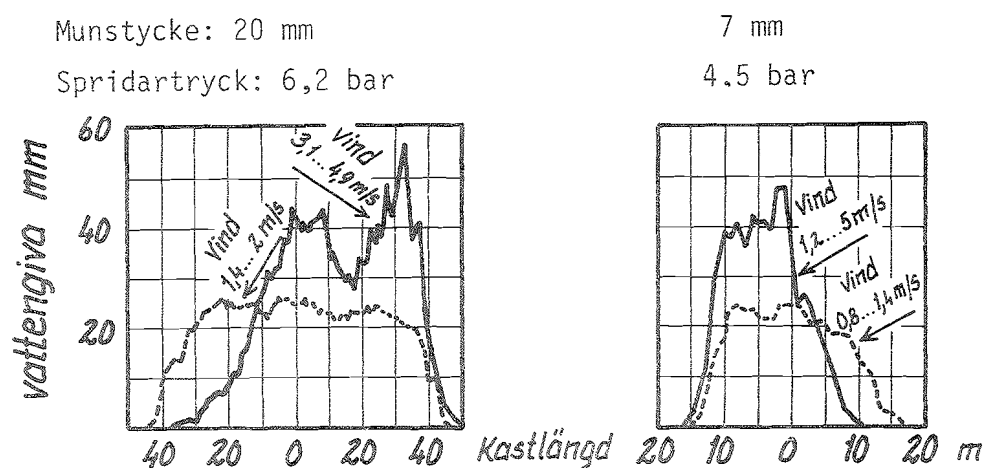
Flytande näringslösningar av urea och ammoniumnitrat (N30, UAN) liksom flytande specialgödselmedel såsom Superba är enkla att hantera och tillföra.

S p r i d n i n g s j ä m n h e t

Under förutsättning att näringslösningen injiceras jämnt och blandas effektivt med bevattningsvattnet kommer näringen att fördelas på fältet med samma jämnhet som bevattningsvattnet. Det finns utrustning som ger en jämn injicering av näringslösning och blandningen med bevattningsvattnet blir alltid effektiv genom den turbulens som uppstår i böjar och kopplingar i bevattningsanläggningen (Fischbach 1970).

Vid bevattning med bra spridare, som är rätt inställda, körs med lämpligt tryck, vid lämpliga flyttavstånd, under vindstilla förhållanden etc kan sprid-

ningsjämnheten bli mycket god. I praktiken blir spridningen alltid mer eller mindre ojämn (Andersson-Sundell et al 1975, Statens maskinprovningar, Statens redskabsprøver). Tekniskt har bevattningsutrustningen förbättrats exempelvis ifråga om spridarens indragningshastighet på bevattningsmaskiner (Statens maskinprovningar 2416). Det stora problemet med de bevattningsanläggningar som används i de nordiska länderna (med undantag för droppbevattning) är emellertid vindkänsligheten. Redan vid vindstyrkor på några meter per sekund blir ojämnheten ofta oacceptabel särskilt för näringsvattning.



Figur 6. Vattenfördelning för två spridare vid olika vindförhållanden. Efter Sourell & Schön, 1981.

På flera håll arbetar man nu med utveckling av mindre vindkänslig bevattningsutrustning (Sourell 1980, Sourell et al 1981). Dessa så kallade bevattningsramper ger även vid relativt kraftig vind en mycket god spridningsjämnhet (IMAG 1980). Denna teknik torde under förhållanden där den kan ersätta den hittills använda spridarutrustningen på bevattningsmaskiner vara väl lämpad för näringsbevattning.

L i t t e r a t u r

- Andersson-Sundell, G., Karlsson, A-B & Linnér, H. 1975. Erfarenheter av bevattningsmaskiner i praktisk drift. Stenciltryck 86 från Avd. för Hydroteknik, Lantbrukshögskolan, Uppsala. 34 s.
- Bucks, D.A. & Nakayama, F.S. 1980. Injection of fertilizers and other chemicals for drip irrigation. Irrigation association. Technical conference proc., 166-188.
- Christensen, S.A. 1959. Afprøvning af gödningsblandere. Produktionsudvalget for gartneri og fruktavl. København. 80 s.
- Engstedt, M. 1977. Gödselblandare. Lantbruksnämnden i Malmöhus län. ODL 96B. 28 s.

- Fischbach, P.E. 1970. Applying fertilizers uniformly through irrigation systems. *Fertilizer solutions* 14(6).
- Fischbach, P.E. 1977. Fertigation and the importance of anti-pollution devices. *Fertilizer solutions* 21(2):8-12.
- Gregersen, A. 1978. Tillförsel av kunstgødning. *Nordisk jordbruksforskning* 60(1):77-78.
- Hergert, G.W. 1977. Sprinkler application of fertilizer nutrients. *Fertilizer solutions* 21(2):14-20.
- Ingvarsson, A. 1977. Växtnäringsbevattning. *Lantmannen* 22:22-23.
- IMAG (Instituut voor mechanisatie, arbeid en gebouwen) 1980. Test Kaweco hose-reel irrigation type 18 with sprinkler boom. *Bulletin no. 882*. Wageningen.
- Linnér, H. 1981. Växtnäringsbevattning - resultat och erfarenheter från Sverige. *Nordisk jordbruksforskning* 63(1):26-27.
- Lohmann, F. & Henkel, A. 1979. Erfahrungen zur Stickstoffverregnung durch Fregat-Maschinen in der Feldgemüseproduktion. *Feldwirtschaft* 4:172-175.
- Murphy, L.S., Rauschkolb, R.S. & Locascio, S.J. 1979. Phosphorus application in irrigation water. *Fertilizer solutions* 23(6):70-88.
- Richter, W. & Roth, D. Zur wirkung der Mineralstickstoffverregnung bei wichtigen landwirtschaftlichen Fruchtarten. *Arch. Acker-u. Pflanzenbau u. Bodenkd.* 17(9):703-711.
- Sourell, H. 1980. Entwicklung und Tendenzen in der Beregnungstechnik. *Landtechnik* 10:462-464.
- Sourell, H. & Schön, H. 1981. Möglichkeiten zur Reduzierung der Bewässerungshöhe bei Einzelregnerverfahren. *Landbauforschung Völkenrode*. 57:83-93.
- Sprinkler irrigation. 1975. Chapter XIV. Fertilizer and chemical application with sprinklers. *Sprinkler irrigation association*, Silver Springs, Maryland. s. 395-418.
- Statens Maskinprovningar. Medelände nr 2319-2324, 2354, 2355, 2416, 2431-2437, 2544, 2545, 2614 m fl. Uppsala
- Statens Redskabsprøver Meddelelse 1248, 1249, 1257-1261, 1306, 1322, 1325 m fl. Byholm, Horsens.

A FIELD METHOD TO CHECK SUBSURFACE-DRAINAGE EFFICIENCY

by Janne Eriksson

A sub-surface drainage system is a measure of field improvement that is expected to function over a long period of time. As much as 30 to 60 years of service is expected from the system. New drainage materials and methods that are introduced thus require careful testing before they can be taken into general use. The testing is done in steps starting with theoretical analysis, then laboratory models followed by field experiments. Final opinions on the quality and function of any material or method can usually be given only after field experiments have been performed, preferably when the drainpipe and, if present, a filter material have reached equilibrium with the surrounding soil. These experiments concerning the technical quality and durability of drains must be long-termed, over many years or even decades. The sites must be carefully chosen with respect to soil type and allow for the setting up of measuring equipment, for instance for field run-off. Consequently, such experiments tend to be very costly and time consuming. At the same time there is an ever increasing flow of new materials being introduced on the market, all requiring testing. Thus there is today a real demand for the development of additional longterm testing methods where the degree of accuracy in the measurement must be weighed against ease of use and possible lowering of costs. The method described in this paper offers a possibility to make measurements on ordinary farm field-drains. By doing so, access is gained to a large number of drain systems of different types, soils, ages, and materials used.

THE METHOD

The method is shown in fig. 1. The measurements in the field are performed when the ground water is on a level with the drainpipes and the soil above is at field capacity (mainly during spring and fall). A metal ring, 1 meter in diameter and 0.25 m high, is hammered into the ground through the topsoil and plough pan directly above the drain trench. The soil in the ring is carefully removed and the raw surface is covered with jute cloth to prevent sealing. A pit is dug downstream from the ring for discharge measurements. The drainpipe is uncovered, cut, and a space for the measuring vessel is dug under the pipe. The measurement begins with filling the ring with water. Shortly after the start, water begins to flow from the drainpipe. When the flow in the pipe is steady, repeated measurements of run-off rate and infiltration in the ring are made. The measurement can usually be performed in one day.

The flow to the drainpipe is, of course, very complicated in the field situation. Figures 2a, b and c show the size of the flow network and some flowlines schematically. The flow situation corresponds closely to that of "the longterm steady seepage state". The latter has been theoretically analysed and investigated experimentally by Young (1972). During the measurement the flow takes place in a saturated zone enclosed/surrounded by a capillary zone. At a certain depth, the flow is uniform and vertical. The influence of the sideflow from the ring decreases as the ring diameter increases. With a ring

radius of 0.5 m or greater, this influence is minimized, as also the variations due to soil unevenness. So far when working with the ring-method additional measurements of permeability have been made using the auger hole method. On some of the investigated sites, complete soil physical analysis has also been performed. On a few sites additional measurements of the hydrostatic pressure gradients within the flow-zone have been made using piezometer tubes. This additional tests give at first hand a general view of the flow conditions in the profile but also a basis to evaluate the ring method.

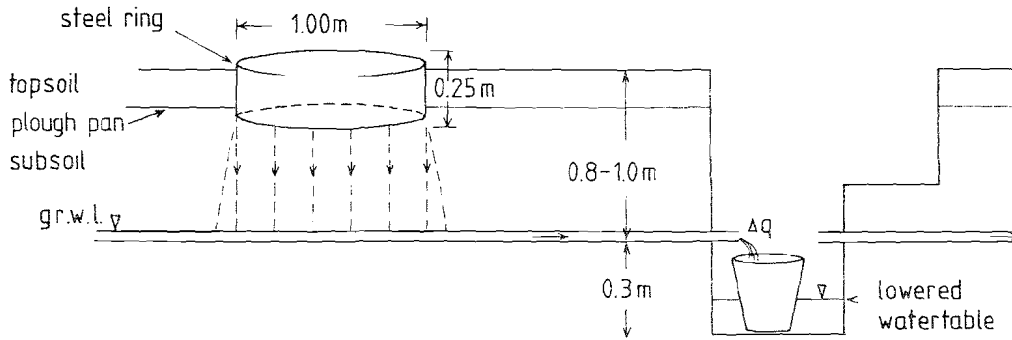


Fig. 1 Method to measure the flow to a drain. Infiltration in a 1.0 m steel-ring and measuring of the corresponding discharge.

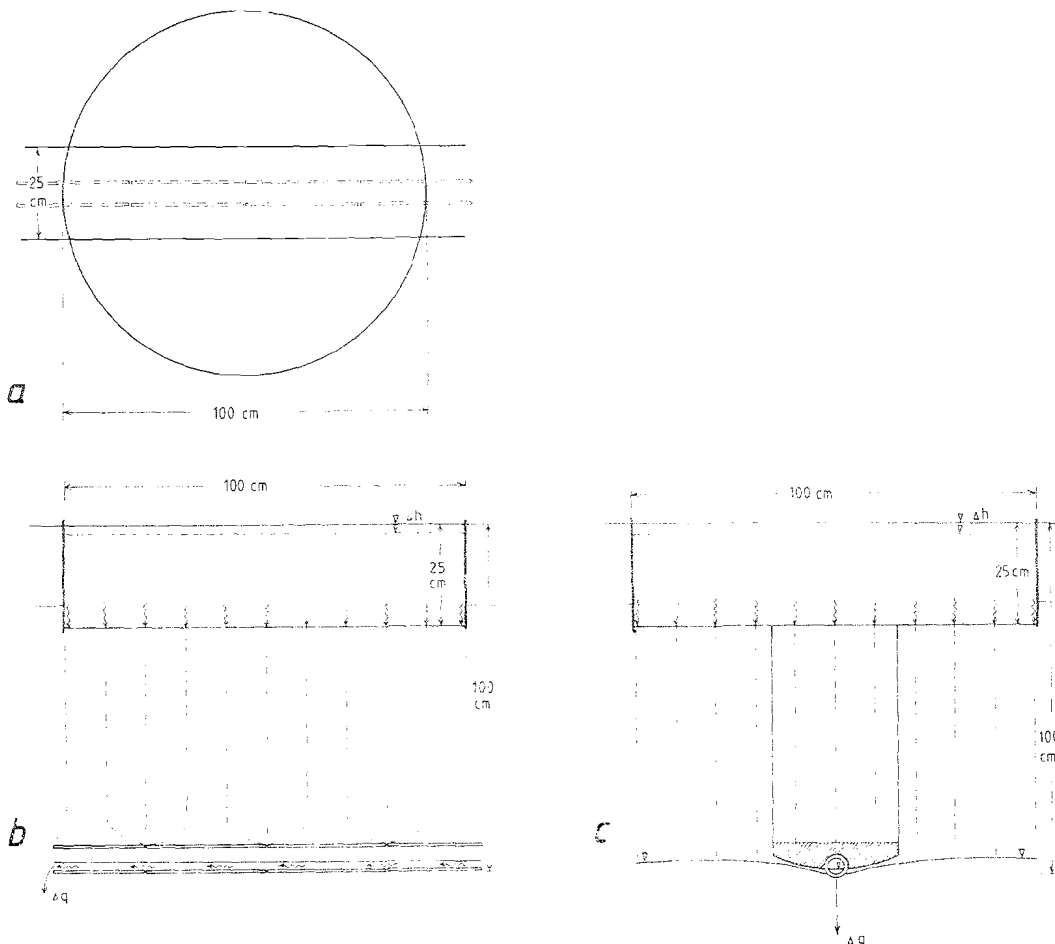


Fig. 2 a, b and c. Method to measure the flow to a drain. Sections in 3 planes showing the influenced area approximately.

RESULTS

Within the field of drainage there is today in Sweden a need for investigating

- a) Drain pipes (mainly plastic)
- b) Filter materials and the need for filters
- c) Different combinations of pipes and filters
- d) The function of old drain systems to determine the need for re-draining
- e) Trenchless drainage installation.

In all of these cases, a method of measurement in the field is greatly needed. The ring method has so far been used both on specially designed research field drains with different types of pipes and filters and on ordinary field drains of different ages and designs on farms. The results accounted for below all relate to measurements made on research fields, divided into two groups. First there is a group of 16 fields, on heavy clay soils in Southern and Middle Sweden and secondly a group of 16 fields on loams in Northern Sweden. The annual precipitation in these areas varies between 600 to 800 mm and the evaporation is between 300 to 400 mm. The results of the two groups are shown in fig. 3a and b, where the relationship between infiltration and flow rates is displayed. When there were drain systems of different kinds at one site, these were treated as different sites. The number of sites in the clay group was 38 and in the loam group 28. On each test site between 3 to 9 parallel measurements were made, and the runoff is given in liters per minute per meter of pipe. This is done under the assumption that the inflow of water into the pipe under the ring mainly takes place over a distance of 1 meter.

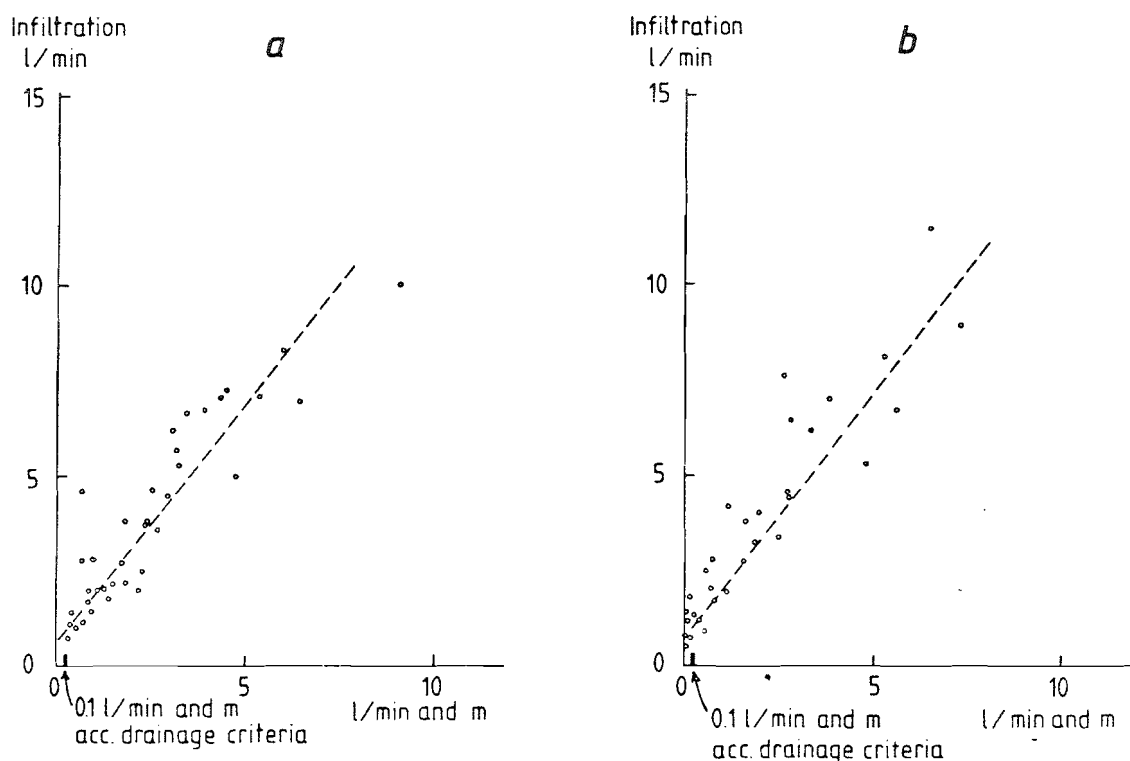


Fig. 3 Results from measure of the flow to a drain according to the described method. Correspondence between infiltration and runoff rates of field drains.

- a) Claysoils. 10 to 30 years old drainage systems in Southern and Middle Sweden. 16 drain test field, 37 variants. Each point average of 3 to 9 parallel measurements.
- b) Loams and fine sandy soils. 10 to 30 years old drainage systems in Northern Sweden. 16 drain test field, 28 variants. Each point average of 3 to 6 parallel measurements.

Field-drains in Sweden are designed to cope with 1 liter per second per hectare or 7 mm of precipitation per day. This corresponds to an inflow of 0.1 litres per minute per meter of pipe. According to the measurements, the inflow to the pipe is in most cases much larger than this value. The exceptions have been sites with very low permeability in the trench backfill and surrounding soil. It is thus interesting to note the comparatively good function of the drains on heavy clays. On fields where there has been an apparently poorly functioning drainage, the reasons for this have been found to be packing and structural deterioration in the topsoil and plough pan rather than problems with inflow to the drain. The ring method enables measuring of these levels separately by measuring on the topsoil plus subsoil and on the subsoil alone.

The method has also been used to determine the effect of adding lime to the trench backfill. The field experiments with lime backfill were established in the years 1960 to 1965 and were investigated using the ring method during 1974 to 1976. The soil types were heavy clays with clay contents of between 50 % to 80 %. The Swedish clay soils are, further, of illitic type. Between 3 % to 5 % burnt lime was added to the backfill using a rotavator. Measuring of the drain function using the ring method was done in 3 to 6 repeats on the limed and unlimed trenches. The results are displayed in Table 1 and in Fig. 4.

Table 1. Results from drain testfields on heavy clay soils with unlimed and limed backfill. The discharge measured according to described method with infiltration from a ring.

Field	Clay content %	Lime application %	Discharge l/min and m	
			untreated	limetreated
1 Bengtsbo	80	3	0.4	2.0
2 Uggletorp	60	5	0.5	2.2
3 Tomten	60	5	0.9	6.0
4 Lönhult	50	5	1.1	2.3
5 Tomta	60	3	1.5	1.7
6 Trysta	60	5	1.8	4.8
7 Häljeby	60	5	2.7	9.1
8 Säbyholm	50	5	4.0	5.2

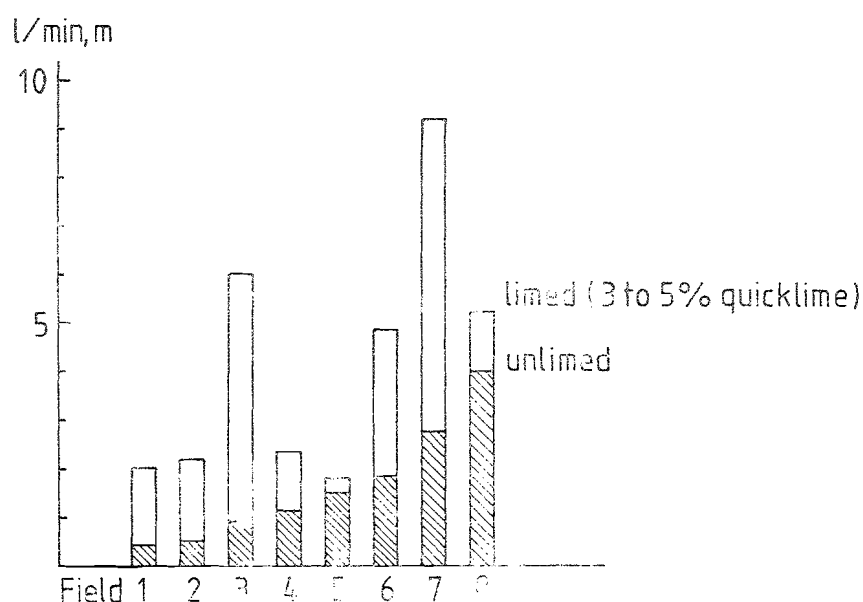


Fig. 4 Results from drain test fields on heavy clay soils with unlimed and limed backfill (Compare table 1). The discharge measured according to the described method.

In all cases, the lime treatment of the backfill has resulted in higher inflow to the pipe. In some cases the improvement has been substantial. As shown by Berglund (1971), addition of burnt lime in excess of 1 % evidently improves the structure of heavy clays. The structural effects are the result of different reactions in the clay fraction; some immediately and others long-termed.

These structural changes have clearly affected the permeability. Reversely, the investigation gives a good indication that the ring method is reproducible. In this particular case the method has given a clear indication of a change in the function of a drain due to a change in a well-defined design factor.

DISCUSSION

The total flow resistance to a drain pipe can be divided into a vertical, a horizontal and a radial part. In addition to this there is an inflow resistance at the entrances to the pipe (Ernst 1954). Cavelaars (1967) introduced the concept of "approach flow resistance" being the sum of the radial and entrance resistances. Burghardt (1977), Dierickx (1980) and others have shown that this "approach flow resistance" in the proximity of the pipe can differ greatly in the field situation from the theoretical calculated. The common situation in the field is a flow towards a partially filled drain pipe. Wesseling (1979) has described the flow to a submerged drain and filled drain. These authors show that the area for approach flow resistance can be narrowed to a radius of 0.5-0.7 m around the pipe (the drain unit, fig. 5).

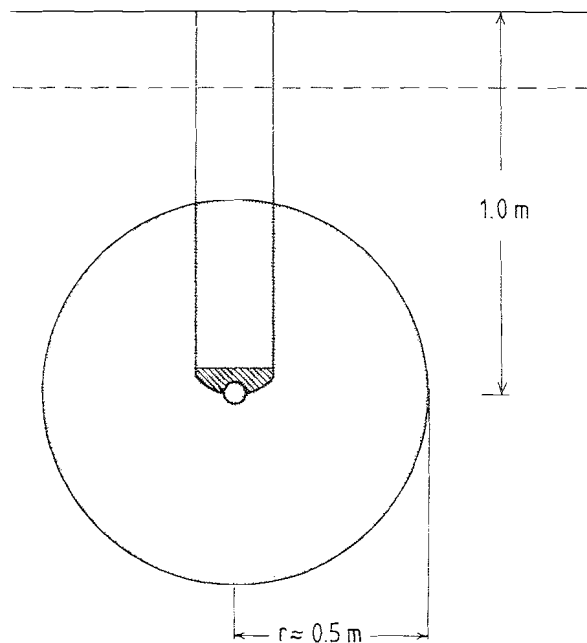


Fig. 5 Drain with the area of approach flow resistance, the drain unit.

A commonly used field method of measuring the function of a drain is to study the hydrostatic pressure gradients using piezometer tubes over this distance from the pipe while measuring the outflow rate simultaneously (Håkansson 1968, Hove 1969, Andersson 1980). This method is theoretically well founded and is fairly reproducible. However, measurements can only be made when the ground water level is over the drains. Groundwater levels and outflow are studied using permanently installed measuring devices during one or more years, yielding a large amount of data that are used in a regression analysis. The value of the approach flow resistance can then be determined.

One of the advantages of the ring method is that the measuring time can be lessened considerably. The ring method also offers the possibility of descending step by step down the soil profile. This makes it possible to establish whether the factor limiting the drain outflow is a particular layer in the profile or is located in the drainpipe/filter of the system. Other methods of infiltration of water such as ponding, sprinklers or rain simulators have been suggested and used (Schwab & Thiel 1963). At the Dept of Hydrotechnics, Uppsala, the ring method has been compared with sprinkler irrigation on areas of size 50 by 100 m and rain simulators of size 4 by 8 m. Measurements of hydrostatic pressure gradients and runoff have been made for comparison with the ring method. These checks have shown relevancy for the ring method. It is however necessary to further analyse, theoretically and in drain models, the flow through the unsaturated zone from the ring to the drainpipe, e.g. according to Young. The intention is to collect a substantial amount of data on inflow to drainage systems with the ring method which finally can be graded into, e.g., low, medium and high drainage function. The function of drain systems, in which new materials and methods are being tested, can then be evaluated according to such a classification.

SUMMARY

The function of a drain has mainly been examined in combined theoretical and experimental model studies. Field studies have been relatively few. The drainpipe with surrounding filter material together with the dug out and refilled trench and surrounding soil form a unit in the field profile, the drain unit. The function of this unit is of vital importance to the total function of a drainage system. Within the drain unit, which can be described as a cylindrical body with a radius of approximately 0.5 meters around the drainpipe, we find not only the intake flow resistance but also the main part of the radial resistance. When performing model studies, certain simplifications of the very complex field situation must be made. The development of field methods for measuring water movement in this particular part of the drainage system is therefore of great value.

This paper describes a simple field method in which water is infiltrated over the drain and surrounding soil and the outflow of water from the pipe is simultaneously measured. The measurements are made at a point in time, spring or fall, when the ground-water is level with the drainpipes and the subsoil is at field capacity, i.e. near saturation. The method has been tested in Sweden over a number of years, mainly on different experimental sites, but also on ordinary drainage systems of different ages and performance on farms. Using the method it has been possible to determine and compare the function of different drainage systems. In cases of malfunction it has also been possible to determine in which part of the system the fault has occurred. On heavy clays, for instance, poor drainage (effectiveness) has often been shown to be due to compaction, poor structure and low permeability of the topsoil or of the plough pan as a result of heavy traffic rather than malfunction of the drain system itself. The water intake capacity of the pipes have, in most cases, been far greater than the discharge criteria. As for the actual construction of the drain, it has also been possible to investigate the effect of adding lime to the backfill.

REFERENCES

1. Andersson, S.A. 1981. Danske försök med filter i olika jordarter, NJF tidskrift 63. 4:727-728.
2. Berglund, G. 1971. Kalkens inverkan på jordens struktur. The effect of lime on soil structure. Grundförbättring, 24:81-93.
3. Burghardt, W. 1977. Wasserbewegung and Dränrohr. Z.f.Kult. und Flurber. 18:166-177.
4. Cavelaars, J.C. 1967. Problems of water entry into plastic and other drain tubes. Proc.Agr.Eng.Symp. A.E.S. Paper No. 5/E/46:13 p.
5. Dierickx, W. 1980. Electrolytic analogue study of the effect of openings and surrounds of various permeabilities on the performance of field drainage pipes. National Institute for Agricultural Engineering, Merelbeke, Belgium, Report 77, 238 p.
6. Ernst, L.F. 1954. The berekenen van stationaire groundwaterstromingen, welke in een vertikaal vlak afgebeeld kennen worden, Rapport IV Landbouwprefstation en Bodenk. Inst. T.N.O. Groningen :55 p.
7. Hove, P. 1969. The influence of filters and perforation on the runoff from drains (Sc. reports of the Agricultural College of Norway). 48, 6:1-12.
8. Håkansson, A. 1968. Vattenavledningsförmågan hos dräneringsledningar av olika utförande. Grundförbättring 21, 157-164.
9. Schwab, G.O. and T.J. Thiel, 1963. Hydrologic Characteristics of tile and surface drainage systems with grass cover. Transactions of the ASAE, 89-92.
10. Wesseling, J. 1979. The entrance resistance of drains as a factor in design. Proceedings of the international Drainage Workshop. I.L.R.I., Wageningen, Paper 2.08:354-366.
11. Youngs, E.G. 1972. Two and three-dimensional infiltration. Seepage from irrigation channels and infiltrometer rings. Journal of Hydrology 35:301-315.

- 126 Eriksson, J. 1982. Markpackning och rotmiljö. Packningsbenägenheten hos svenska åkerjordar. Förändringar i markens funktion orsakade av packning. 138 sid.
- 127 Erpenbeck, J.M. 1982. Irrigation Scheduling. A review of techniques and adaption of the USDA Irrigation Scheduling Computer Program for Swedish conditions.
- 128 Berglund, K. & Björck, R. 1982. Om skördeskadorna i Värmlands län 1981.
Linnér, H. 1982. Växtnäringsbevallning.
Eriksson, J. 1982. A field method to check subsurface-drainage efficiency.
- 129 Karlsson, I. 1982. Soil moisture investigation and classification of seven soils in the Mbeya region, Tanzania.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat vid avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Tidigare nummer i serien redovisas längst bak i rapporten och kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Agricultural Hydrotechnics, Department of Soil Sciences. Earlier issues are listed at the end of the report and can be ordered - if still in stock - from the Division of Agricultural Hydrotechnics.

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
750 07 UPPSALA, Sweden
Tel. 018-17 11 65, 17 11 81
