



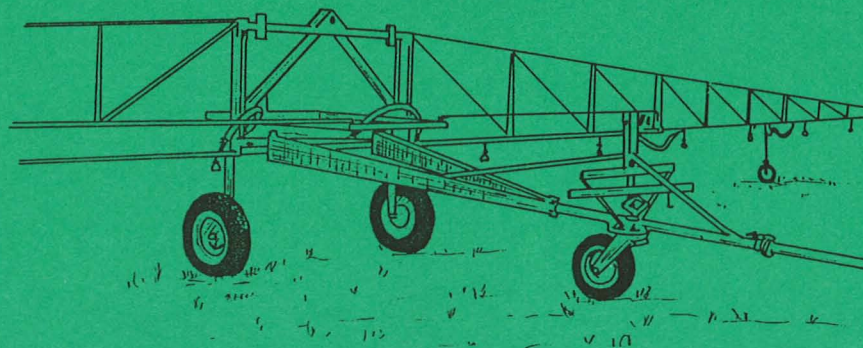
**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

# **ALTERNATIVA BEVATTNINGSFORMER I. BEVATTNINGSRAMP**

Alternative irrigation

I. Irrigation boom

**Staffan Alinder**



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Rapport 141  
Report**

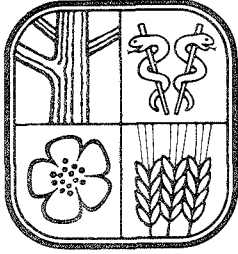
**Uppsala 1984**

ISSN 0348-1816

ISBN 91-576-2069-5

---





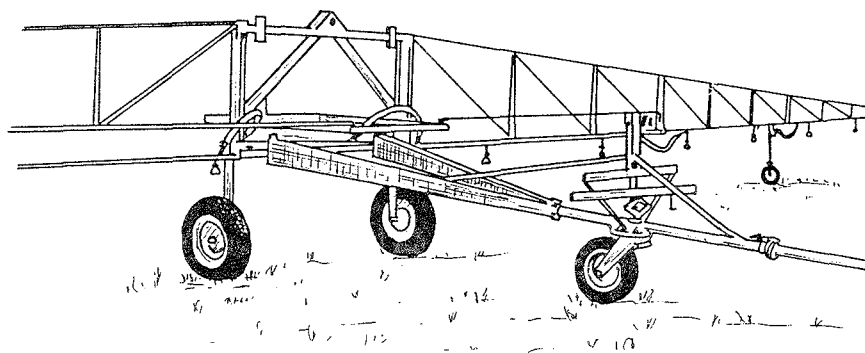
**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

# **ALTERNATIVA BEVATTNINGSFORMER I. BEVATTNINGSRAMP**

Alternative irrigation

I. Irrigation boom

**Staffan Alinder**



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Rapport 141  
Report**

**Uppsala 1984**  
ISSN 0348-1816  
ISBN 91-576-2069-5

---

## FÖRORD

År 1979 startade Sölvesborgs kommun och VBB ett projekt för utnyttjande av avloppsvatten för bevattning. Målsättningen med projektet var dels att minska kommunens kostnader för avloppsrening och dels att tillgodose jordbrukets behov av bevattningsvatten i områden med vattenbrist. Lämplig teknik för bevattningen skulle utprovas och olika effekter av avloppsvattenbevattningen skulle belysas. Viktiga frågor som skulle utredas var miljöeffekter, hygieniska risker, energihushållning och ekonomi.

Till projektet knöts en referensgrupp med representanter för Jordbruksdepartementet, Länsstyrelsen i Blekinge län, Lantbruksstyrelsen, Socialstyrelsen, Statens Naturvårdsverk, Sveriges Geologiska Undersökning och Sveriges Lantbruksuniversitet. Referensgruppens uppgift var att medverka vid projektets uppläggning och vid kontrollprogrammets utformning, att bedöma behovet av nya undersökningar samt att göra en allmän utvärdering av projektet från samhällets synpunkt.

SLU fick i uppdrag att undersöka alternativa möjligheter att sprida bevattningsvattnet så att de hygieniska riskerna minimerades. Medel för undersökningen erhöles från Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd, (anslag A5751/B4176). Denna rapport utgör en delredovisning av Lantbruksuniversitetets undersökningar.

Uppsala i augusti 1984

Harry Linner

## Innehållsförteckning

1.	Inledning	4
2.	Undersökning och resultat	4
3.	Teknisk beskrivning	5
4.	Spridare	6
4.1.	Spridningsbild	7
4.2.	Dropstorleksfördelning - smittspridning	8
4.2.1.	Typ och antal av sjukdomsalstrare	8
4.2.2.	Väderlek under bevattningen	9
4.2.3.	Volym i små droppar	10
5.	Spridningsbild och vindkänslighet	11
6.	Intensitet och infiltration	13
7.	Bevattning och skorpbildning	15
8.	Praktiskt handhavande	18
8.1.	Praktisk drift	19
9.	Kapacitet	20
10.	Användning i olika grödor	21
11.	Ekonomi	22
12.	Rampens principiella för- och nackdelar	25
13.	Sammanfattning	26
14.	Summary	27
15.	Litteraturlista	29

## 1. Inledning

I samband med Vattenbyggnadsbyråns och Sölvesborgs kommuns projekt för bevattning med biologiskt renat avloppsvatten på åkermark vid Mjällby på Listerlandet, ombads Avdelningen för lantbrukets hydroteknik vid Sveriges Lantbruksuniversitet att undersöka alternativ bevattningsteknik. Bland annat anmäldes intresse för en marknära bevattningsramp som alternativ till storspridare vid bevattning med maskin.

Rampen medför avsevärt mindre risk för spridning av smittämnen via vindburna vattendroppar. Detta kan annars vara ett problem vid bevattning med avloppsvatten enligt konventionell teknik.

Bevattningsrampen har även andra fördelar. Den sprider vattnet jämnt även vid kraftig vind och den arbetar vid lågt tryck, vilket innebär lägre energibehov.

Rampens största nackdel torde vara det praktiska handhavandet. Flyttningarna är avsevärt besvärligare än för en storspridare.

För att närmare kunna jämföra rampens och storspridarens egenskaper inköptes en rampprototyp från firma Deierling i Västtyskland. Under sensommaren 1982 testades rampens tekniska prestanda och under sommaren 1983 provades rampen i praktisk drift på en gård i Skåne.

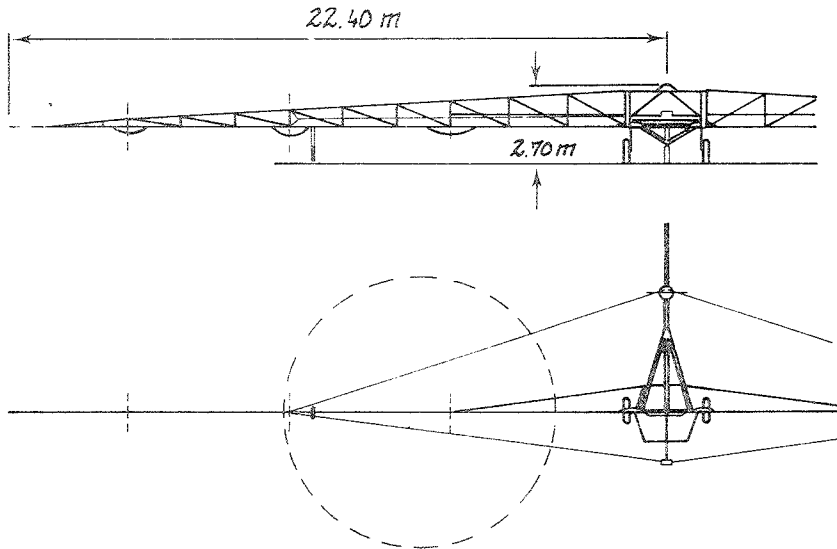
## 2. Undersökning och resultat

De på rampen utförda mätningarna och undersökningarna redovisas områdesvis. I vissa fall är det fråga om regelrätta mätresultat, och i andra om subjektiva intryck från arbetet med rampen. Följande områden belyses:

- Teknisk beskrivning
- Spridare
- Droppstorleksfördelning
- Spridningsbild och vindkänslighet
- Intensitet och infiltration
- Praktiskt handhavande
- Kapacitet
- Användning i olika grödor
- Ekonomi

### 3. Teknisk beskrivning

Den undersökta rampen (fig. 1), som är en prototyp, är tillverkad av den västtyska firman Deierling i Lehrte. Materialet är till största delen stål, som antingen är relativt tjockt eller också galvaniserat på de ställen där det kommer i kontakt med vatten. De yttersta sektionerna på bommen är av lättmetall. Huvudmåttarna är: längd i transportläge 7,5 m; bredd i transportläge 3,0 m; höjd 2,7 m; bredd i arbetsläge 44,8 m; arbetsbredd 48 m; bommens höjd över mark 1,2 m.

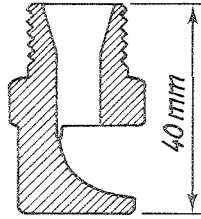


Figur 1. Firma Deierlings rampprototyp.  
*Deierling boom prototype*

Rampens transportställ är försett med ett pivåhjul i framändan och två hjul med ställbar spårvidd i bakändan. Spårvidden går att ställa åtminstone mellan 2,4 och 3,4 m. För att styra rampen under bevattning kopplas pivåhjulet ihop med bevattningsmaskinens slang via en "styrpinne".

Bommen är försedd med en 2,5 m bred, pivåupphängd mittsektion som går att låsa i vågrätt läge. Varje bomhalva är sedan uppdelad i fyra sektioner. Den undre balken i den fackverksbyggda bommen är samtidigt vattenledning. Sektionerna är hopkopplade med slang. På undre balken sitter också sexton av rampens spridare; den sjuttonde sitter på ett eget rör i mitten och något bakom de övriga. Spridaravståndet är 2,8 m.

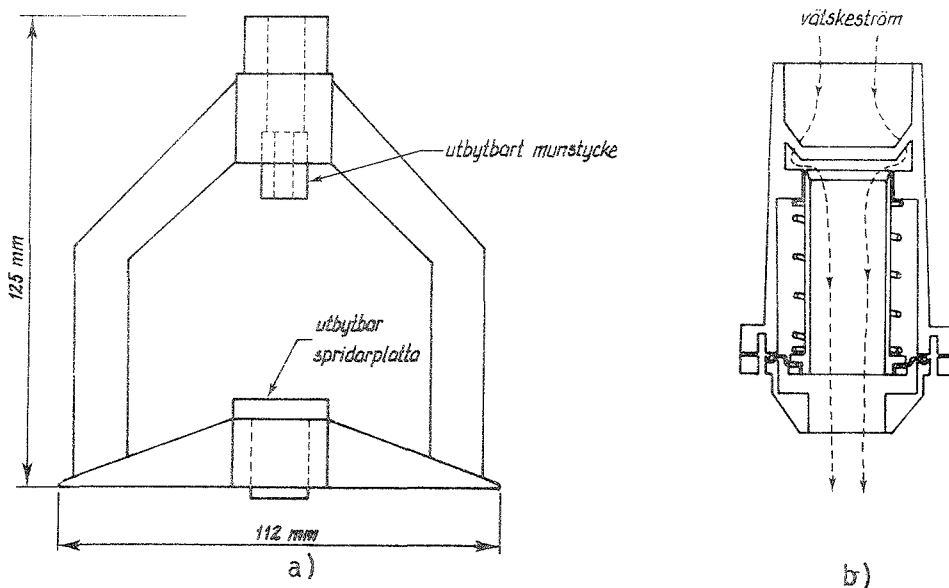
Transportstället saknar fast drag. Då rampen ska flyttas sticks ett ämnesrör med klyka in i tilloppsröret och låses fast med snabbkopplingen till slangen. Eftersom draget inte är ledat måste pivåhjulet lyftas från marken under transport. Av den anledningen ska rampen kopplas till en dragbom i traktorns hydrauliska lyft. Det är naturligtvis fullt möjligt (och ofta mycket lätt) att ordna en höjbar kopplingspunkt på bevattningsmaskinen, men man får då ett ganska otympligt ekipage.



Figur 2. Snitt genom Spraco-spridare.  
Section through a Spraco sprinkler

#### 4. Spridare

Rampen levererades med spegelspridare av märket Spraco (fig. 2) med 8 mm munstycksöppning. Förutom dessa provades Nelsons "Spray-I"-spridare (fig. 3). De senare kan utrustas med munstycken med olika öppningsvidd (1,8-9,9 mm diameter) och olika spridarplattor (konvex, plan och konkav). Till Nelsons spridarna fanns också ventiler som reducerade trycket till 20 psi=0,14 MPa vid spridaren. Enligt tillverkaren ger detta tryck bäst spridningsbild.



Figur 3. a) Nelson-spridare  
b) Tryckreducerventil. Då vätska under högt tryck strömmar genom ventilen ökar trycket mot slidens bottenplatta. Sliden rör sig uppåt och stryper flödet så att önskat tryck hålles.

a) Nelson sprinkler  
b) Pressure reducing valve. When liquid under high pressure flows through the valve, pressure builds up against a sliding bottom plate which moves up and restricts flow, thereby maintaining constant pressure



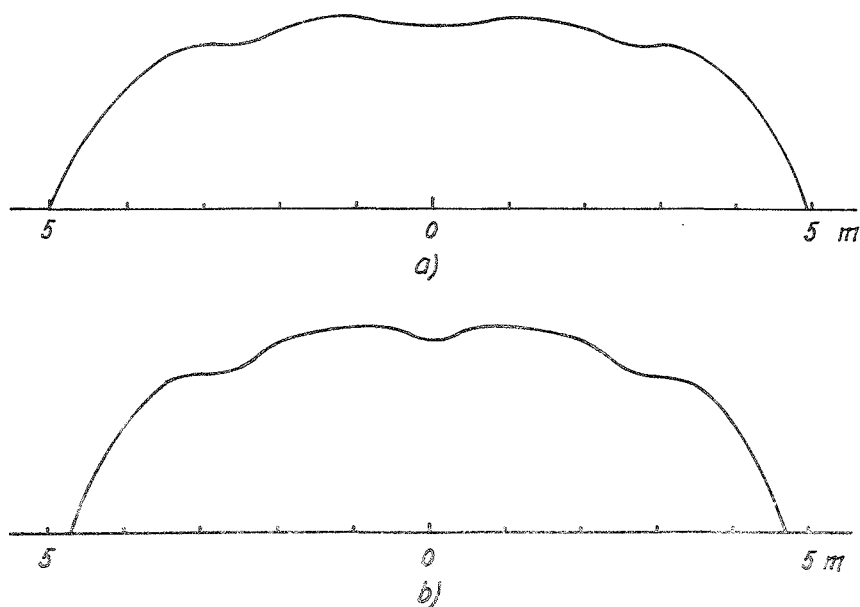
#### 4.1. Spridningsbild

Vid körning med rampen uppmättes Sprakospridarnas spridningsradie till ungefär 3 m. Eftersom inget vatten sprids framåt eller rakt under dessa spridare, utan bara i en ca 1 m bred halvcirkelbåge bakom rampen, blir intensiteten mycket stor. Vid det vattentryck som användes, 0,2 MPa vid rampen, låg flödet genom en spridare kring 44 l/min. Intensiteten överskred därmed 300 mm/h. Trots provplatsens höga infiltrationsförmåga (initialt 240 mm/h) bildades alltså ytvatten. På grund av dessa iakttagelser bedömdes Sprakospridarna som ointressanta från bevattningssynpunkt.

Författaren har sedermera erfarit att tyskarna monterar Sprakospridarna uppåt-framåt med ett inbördes avstånd av 4,5 m, och Nelsonspridarna i fästena på bommens undersida. Det är då tänkt att vattnet från Sprakospridarna ska "förfukta" marken och därigenom öka dess infiltrationsförmåga. Hur väl detta förfaringssätt i praktiken fungerar har författaren ej kunnat bedöma.

Vid körning med Nelsonspridarna användes 0,328"=8,33 mm munstycken och konkava spridarplattor. Spridningsradien uppmättes till 4,5 m, och genom den dubbla överlappningen kan hela cirkeln anses som bevattnad. Vid ett tryck på 0,14 MPa blir flödet 40 l/min med de använda munstyckena. Intensiteten för rampen blir då strax under 100 mm/h. Inget ytvatten bildades på försöksplatsen.

En av Nelsonspridarna försågs med konvex spridarplatta. För denna uppmättes spridningsradien till ca 3,2 m. Detta innebär högre intensitet. Några fördelar av detta arrangemang tycks emellertid inte uppstå.



Figur 4. Spridningsbild för Nelson-spridare  
a) spridarplatta 1,0 m över mark  
b) spridarplatta 0,75 m över mark

*Spray pattern of a Nelson sprinkler  
a) spray plate 1.0 m over ground  
b) spray plate 0.75 m over ground*

Med utgångspunkt från det ovan anförda, beslöts att spridningsbilden för en Nelsonspridare skulle detaljmätas. Detta gjordes på följande sätt: Spridaren monterades på en vagn som sakta drogs förbi en rad med burkar, placerade vinkelrät mot vagnens rörelseriktning och med ett inbördes avstånd av 0,5 m. Det lodräta avståndet mellan spridarplattan och burkarna var 1,0 m vilket motsvarar avståndet till mark då spridaren sitter på rampen. Efter körning bestämdes vätskefördelningen. Ytterligare en körning företogs, varefter spridaren vreds 90 grader och två körningar till gjordes. Påpekas bör att den bom på vilken spridarplattan sitter bildade 45 graders vinkel mot färdriktningen, vilket tillverkaren rekommenderar. Samstämmigheten mellan de fyra körningarna var god. Den erhållna spridningsbilden redovisas i figur 4. I samma figur visas också resultatet från två körningar med spridarplattan placerad 0,75 m över burkarna. Skillnaderna får anses som marginella. Måttliga variationer i avståndet spridare-mark tycks således inte påverka rampens vattenfördelning.

Ytterligare en faktor som inverkar på spridningsbilden är munstycksdimensionen. Enligt tillverkaren ökar spridningsradien ungefär 10% efter byte från 8,3 mm munstycke till 9,9 mm. Samtidigt ökar flödet med 40%. Tryck och spridarplatta förutsättes vara oförändrade.

#### 4.2. Droppstorleksfördelning - smittspridning

Som tidigare nämnts finns risk för vindspridning av smittämnen om man bevattnar med avloppsvatten. Huruvida detta kommer att leda till sjukdomsfall eller inte beror dock på ytterligare några faktorer: typ och antal av sjukdomsalstrare, väderlek under bevattningen, total volym i små droppar (<50  $\mu$ m) samt individens mottaglighet.

##### 4.2.1. Typ och antal av sjukdomsalstrare

Avloppsvatten innehåller alltid en mängd mikroorganismer då det når reningsverket. Av dessa kommer en varierande andel att avlägsnas under reningen, beroende på typ och art av mikroorganism samt på reningsförfarande. Vid mekanisk och biologisk rening varierar reduktionen av bakterier från 75 % för vissa arter till fullständig avdödning för andra.

Tabell 1. Infektionsdos för några smittämnen som är aktuella i bevattningssammanhang (Socialstyrelsen, 1982)  
*Infective dose of some contagious organisms found in wastewater*

Organism	Infektionsdos	symptom
<i>E. coli</i> patogena	$10^8$	diarré
<i>Vibrio cholerae</i>	$10^3$ - $10^8$	kolera
<i>Salmonella typhi</i>	$10^2$ - $10^3$	tyfus
<i>Shigella</i> sp.	10-100	bl.a. dysenteri
Virus	1-100 eller mer	
Poliovirus typ 1	1-10	
<i>Entamoeba histolytica</i>	20	amöbadysenteri
<i>Giardia lamblia</i>	10	kronisk diarré

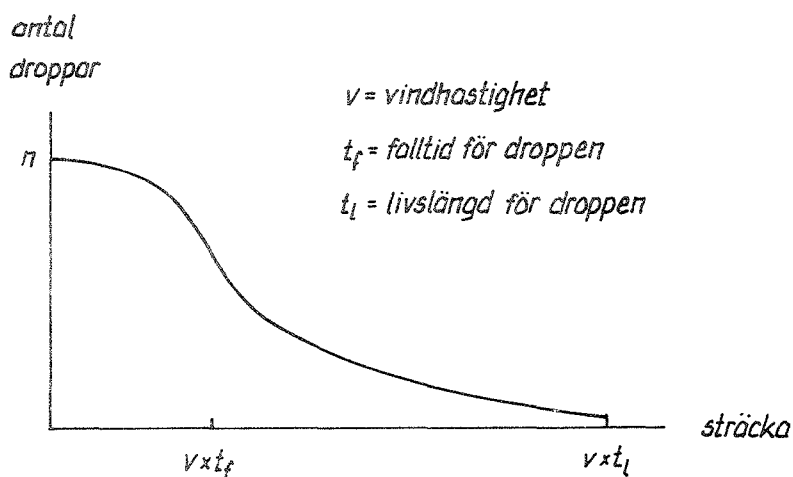
Då det gäller virus kan överlevnadsgraden för vissa arter vara så stor som 50 %. Också amöbacystor och parasitägg är seglivade, men de sedimenterar i stor utsträckning i reningsbassängerna.

Dessa siffror upplyser dock föga om smittorisken. För att bedöma den måste man också känna till smittämnets infektionsdos och absoluta mängd. Exempel på infektionsdoser ges i tabell 1.

#### 4.2.2. Väderlek under bevattningen

Att vindhastigheten har mycket stor betydelse för hur långt smittämnen kan spridas är helt klart. Men även temperatur och luftfuktighet är av vikt. I tabell 2 redovisas bl.a. falltid och livslängd för några droppstorlekar.

De redovisade falltiderna är teoretiskt beräknade och gäller vid vindstilla. Så snart det börjar blåsa uppstår en turbulens som medför att dropparna transporteras även i vertikalled. Vindspridningen för droppar av en viss storlek kommer därför att gestalta sig ungefär som i figur 5.



Figur 5. Relativt antal i luften kvarvarande droppar av en viss storlek vid en viss vindhastighet som funktion av avståndet från spridningspunkten. För mycket små droppar är  $vt_l < vt_f$ .

*Relationship between distance from sprinkler and proportion of drops still airborne for a certain drop size and wind speed. For very small drops,  $vt_l < vt_f$ .  
 $v$  = wind speed;  $t_f$  = drop falling time;  $t_l$  = drop lifetime*

Livslängden är beräknad enligt Voigt (1978) och gäller vid avdunstningen 3 mm/dygn. En varm sommardag blir livslängden för dropparna endast hälften till en fjärdedel av de redovisade värdena, medan den nattetid mycket väl kan vara 10 ggr så lång. Det är visserligen så att indunstning plus ultraviolett strålning ger en mycket effektiv avdödning av de flesta mikro-

mikroorganismer, men å andra sidan är vindhastigheten vanligen lägre på natten. Det finns alltså inget entydigt svar på frågan om man bör sprida avloppsvatten på dagen eller natten.

Tabell 2. Falltid och livslängd för några droppstorlekar samt deras kumulativa andel av utspridd volym vid rampbevattning.

*Falling time and lifetime of some drop sizes and their cumulative fraction of spray volume in boom irrigation*

Droppdiam. ( $\mu\text{m}$ )	Tid för att falla 1 m (s)	Livslängd (min)	$\Sigma V$ (%)
1	$\infty$	0,25	$1,6 \cdot 10^{-8}$
10	360	2,5	$1,6 \cdot 10^{-5}$
20	90	5	$2,5 \cdot 10^{-4}$
30	45	7,5	$1,3 \cdot 10^{-3}$
40	25	10	$4,1 \cdot 10^{-3}$
50	14	12,5	0,010
66,7	8	17	0,031
100	4	25	0,16

#### 4.2.3. Volym i små droppar

En mycket viktig faktor för vindspridningen är hur stor andel av den totala volymen som utgöres av små droppar. Vid Institut für Betriebstechnik, FAL, Braunschweig-Völkenrode, har man utfört droppstorleksmätningar, vid ett tryck av 0,10 MPa, på en Nelson Spray-I-spridare utrustad med 9,3 mm munstycke. Munstycket var alltså något större och trycket något lägre än vid de svenska försöken. Det tyska undersökningsresultatet redovisas i tabell 3.

Enligt Socialstyrelsen (1982) är endast droppar med  $d < 50 \mu\text{m}$  av nämnvärd betydelse vid vindspridning av smittämnen. För en storspridare består ca 0,1 % av den utspridda vattenvolymen av så små droppar.

Ur den tyska undersökningen kan vi direkt utläsa att av den totala volymen består <0,1 % av droppar med  $d < 66,7 \mu\text{m}$ . Om vi antar att samtliga droppstorlekar i de båda minsta klasserna är lika ofta förekommande, vilket är rimligt med hänsyn till det absoluta antalet droppar (646 resp. 635) i dessa klasser, kan vi beräkna den relativa volymen för klasser med betydligt lägre klassgränser än de av tyskarna mätta. Den kumulativa volymen för dessa lägre klassgränser finns i tabell 2.

Ur denna tabell kan vi utläsa att det vid rampbevattning med Nelsonspridare är möjligt att hålla volymsandelen i droppar  $< 50 \mu\text{m}$  kring 0,01 % av den totala volymen. Detta, tillsammans med den marknära spridningen och den lägre vindhastigheten invid marken, gör att risken för vindspridning av smittämnen vid bevattning med avloppsvatten är mycket mindre då man sprider vattnet med en ramp än då man använder storspridare.

Tabell 3. Droppstorleksfördelning för Nelson Spray-I med 9,3 mm munstycke och 0,10 MPa drifttryck (Institut für Betriebstechnik, FAL, 1982)  
*Drop size distribution of a Nelson Spray-I with 9.3 mm nozzle and 0.10 MPa operating pressure*

Övre klassgräns ( $\mu\text{m}$ )	n	n%	V%	$\Sigma\text{V}\%$
66,7	646	23,8	<0,1	<0,1
133,3	635	23,4	0,5	0,5
200	584	21,5	2,1	2,7
266,7	311	11,5	3,1	5,8
333,4	167	6,2	3,6	9,3
400	116	4,3	4,5	13,8
466,7	65	2,4	4,2	18,0
533,4	52	1,9	5,1	23,1
600	36	1,3	5,2	28,3
800	54	1,9	13,8	42,1
1000	22	0,8	12,4	54,5
1200	8	0,3	7,7	62,2
1400	11	0,5	23,2	85,5
1533	6	0,2	14,6	100,0

Det ovan sagda gäller för jämna spridarplattor. Om spridarplattorna är "tandade", d.v.s. försedda med radiellt löpande åsar, kommer vattenstrålen att splittras till droppar på ett annorlunda sätt och droppstorleksfördelningen förskjuts mot genomgående större droppar (Kohl & DeBoer, 1983).

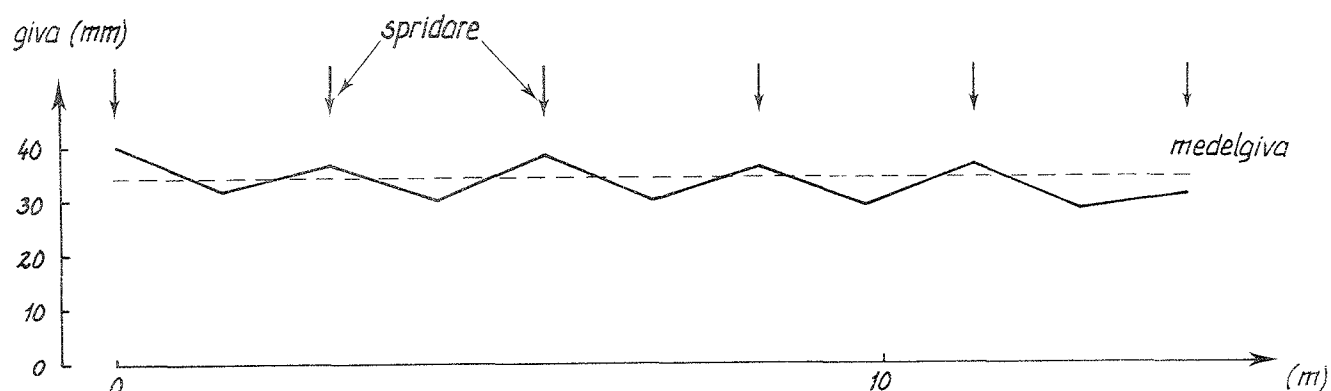
## 5. Spridningsbild och vindkänslighet

Bestämning av rampens spridningsbild gjordes i princip på samma sätt som för den enskilda spridaren: regnmätare placerades på marken med ett inbördes avstånd av 1,0 eller 1,4 m. Därefter kördes rampen förbi mätarna med en hastighet av 23 m/h. Resultatet för Spracospridarna visas i figur 6 och för Nelsonspridarna i figur 7.

Om man jämför den uppmätta spridningsbilden för rampen med Nelsonspridare med den spridningsbild som erhålles vid teoretisk beräkning med utgångspunkt från det redovisade resultatet för en Nelsonspridare, så visar sig avvikelserna från medelgivan vara ungefär dubbelt så stora för de mätta värdena som motsvarande avvikelse för de beräknade.

Skillnaderna mellan teoretiskt beräknad och praktiskt konstaterad spridningsojämnhet kan ha flera orsaker. Då proven med rampen gjordes, blåste det så kraftigt att det inte var möjligt att vattna med storspridare. Vidare finns förmodligen vissa skillnader mellan de enskilda spridarna. Det är till exempel möjligt att den spridare som provades enskilt har extremt stor spridningsradie. Dessutom störs varje enskild

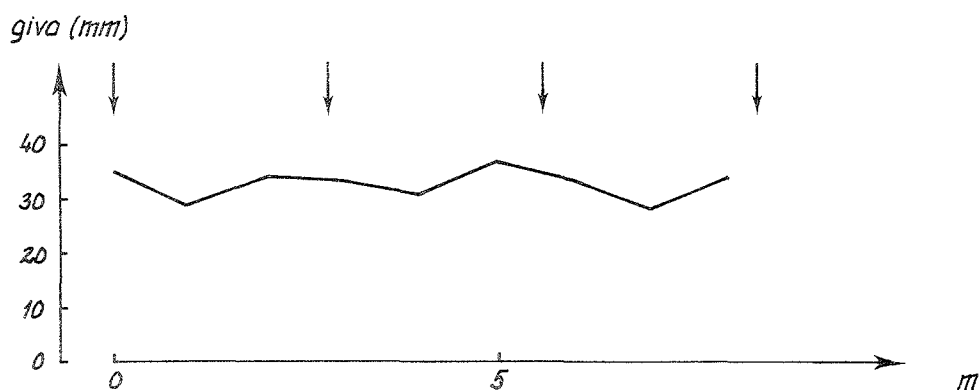
spridares spridningsbild av de angränsande spridarna (tillverkarens uppgift).



Figur 6. Spridningsbild för ett 14 m långt avsnitt av rampen utrustad med Spraco-spridare.

*Spray pattern of a 14 m long section of a boom equipped with Spraco sprinklers*

Om man med utgångspunkt från den tidigare redovisade spridningsbilden för en Nelsonspridare försöker att räkna ut optimalt avstånd mellan spridarna, får man att detta bör vara 3,0 m då spridarplattan sitter 1,0 m över marken. Variationskoefficienten bli då endast 1,6 %. Om spridarna i stället placeras med 2,8 m avstånd, som skett på rampen, blir den teoretiskt framräknade variationskoefficienten 5,8 %, vilket kan jämföras med den uppmätta variationskoefficienten på 11 %. (Centrifugalspridare för handelsgödsel brukar, alltefter fabrikat och använt gödselmedel, ge en variationskoefficient mellan 5 och 20 %.)



Figur 7. Spridningsbild för ett 8 m långt avsnitt av rampen utrustad med Nelson-spridare.

*Spray pattern of an 8 m long section of a boom equipped with Nelson sprinklers*

Man kan uppnå samma spridningsjämnhet med storspridare som med en ramp, men detta gäller endast vid vindstilla. Vid blåst försämrar spridningsjämnheten hos storspridaren snabbt med ökad vindstyrka, medan rampen kan användas med gott resultat även vid relativt kraftig vind.

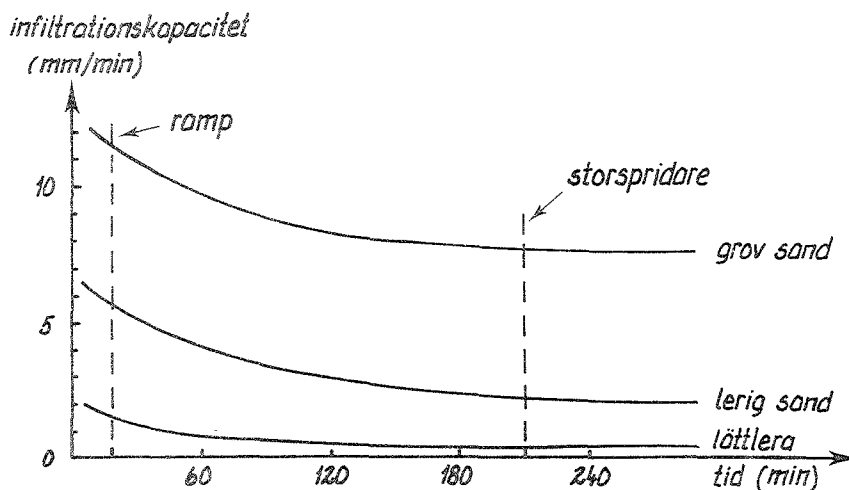
Även från avdunstningssynpunkt är rampen klart överlägsen storspridaren. Avdunstningsförlusterna för rampen torde på våra breddgrader aldrig överstiga 2 %. Normalt bör avdunstningsförlusterna för rampen vara mindre än hälften av dem för en storspridare under samma förhållanden.

## 6. Intensitet och infiltration

Under rubriken spridare nämndes att bevattningsrampen arbetar med mycket hög medelintensitet. Detta beror på att rampens effektiva bevattningsyta är liten, endast en tiondedel av storspridarens motsvarande yta. Vad detta betyder i praktiken belyses genom följande exempel:

### A. Storspridare

Antag ett totalflöde av 40 kubikmeter per timme, en kastradie på 50 m, en arbetsbredd på 70 m och en spridningsvinkel på 240 grader. Enligt Statens maskinprovningar (1976) blir då arbetsytan 5000 kvadratmeter. Detta ger en medelintensitet av 8,6 mm/h eller 0,14 mm/min. För en giva på 30 mm behöver en punkt bevattnas under 3 h och 30 min. Spridaren rör sig framåt med en hastighet av ca 15 m/h.



Figur 8. Infiltrationskapacitet som funktion av tiden för olika jordarter (Aslyng, 1968). I figuren finns också inlagt erforderlig tid för en giva på 30 mm med ramp resp. storspridare.

*Infiltration capacity as a function of time for various soil types. The diagram also shows time required for an application of 30 mm from a boom (ramp) and a large sprayer (storspridare).*

*Grov sand = coarse sand; lerig sand = clayey sand; lättilera = light clay*

## B. Ramp

Antag samma totalflöde på 40 kubikmeter per timme men en arbetsbredd på 50 m och en kastradie på 4 m hos rampens spridare. Arbetsytan blir bara 400 kvadratmeter. Medelintensiteten blir 100 mm/h eller 1,7 mm/min. En giva på 30 mm kräver bevattning under 18 min, d.v.s. rampen med 8 m arbetsdjup i färdriktningen rör sig med 27 m/h.

För att undvika ytvattenbildning är det nödvändigt att den jord som bevattnas har en infiltrationskapacitet som är större än intensiteten, i rampens fall 1,7 mm/min. Av figur 8 framgår hur infiltrationshastigheten förändras med tiden för några olika jordar. Inlagda i figuren finns också tidsgränserna för storspridare resp. ramp i ovanstående exempel. Man ser direkt att infiltrationen är mer än tillräcklig på grova jordar, medan lättleran utgör ett gränfall. Rampbevattning bör följaktligen på många lerjordar resultera i ytvatten. Även på en del andra jordar, t.ex. täta moränjordar, kan ytvatten bildas om man vattnar med ramp. För flertalet jordar (som behöver vattnas) är dock infiltrationskapaciteten fullt tillräcklig för rampen med dess nuvarande spridare.

Då rampen provades på sandjord i Skåne var infiltrationshastigheten som väntat mer än tillräcklig. Det första provet gjordes på moränsand med vall. Inget ytvatten observerades. Infiltrationshastigheten var initialt 5 mm/min och slutvärdet, som uppnåddes efter 20 min., var 2 mm/min.

Det andra provet utfördes på sandjord med potatis. På denna plats rann en del vatten ner från kuporna och ställde sig i fårorna. Detta fårwater försvann så snart vattentillförseln från rampen upphörde.

För att komplettera dessa iakttagelser, byggdes en försöksramp som gav en medelintensitet av 140 mm/h på en 2,5 m bred remsa vid en vattenförbrukning av 60 l/min. Detta kunde erhållas med två Nelsonspridare genom utbyte av munstycke och spridarplatta. På grund av den ringa vattenförbrukningen kunde tillräcklig vattenvolym medföras i tank, varigenom friheten att välja försöksplats blev stor. På samtliga försöksplatser gavs 30 till 35 mm vatten. Matjorden på försöksplatserna var genomgående torr eller relativt torr.

Följande iakttagelser gjordes:

Träda på mullfattig styv lera, grovt bruk. Inget ytvatten utom i ena hjulspåret efter rampen. Ytvattnet försvann 2 till 3 min. efter det att vattentillförseln upphörde. Då samma plats vattnades fyra dygn senare bildades ytvatten i några svackor; ytvattnet försvann inom några minuter.

Gräsmatta på mycket mullrik mellanlera med en del smala sprickor i markytan. Inget ytvatten bildades.

Vall på måttligt mullhaltig mellanlera med en del någon till några mm breda sprickor i markytan. Uppfuktad av 5 mm regn tidigare under dagen. Inget ytvatten bildades. Infiltrationshastigheten var initialt 25 mm/min. och hade efter 40 min. sjunkit till 12 mm/min.



Vall på något mullhaltig mellanlera med en del någon till några mm breda sprickor i markytan. Inget ytvatten bildades. Infiltrationshastigheten var initialt 10 mm/min. och hade efter 40 min. sjunkit till 2 mm/min.

Stubbåker på måttligt mullhaltig mellanlera. Denna, liksom nästa provplats, är belägna på en gård med erkänt besvärliga jordar med låg genomsläpplighet och stor benägenhet att bilda skorpa. Markytan var genomkorsad av relativt grova sprickor. Inget ytvatten bildades. Cirka 5 min. efter bevattningen hade våtfronten trängt ner till 70 mm djup.

Vall på något mullhaltig, mjällig lättlera med en del någon till några mm breda sprickor. Något ytvatten bildades, men försvann inom 3 min. efter det att vattentillförseln upphörde. 5 min. efter bevattningen hade våtfronten trängt in 20 mm i aggregaten.

Stubbåker med insådd på mullfattig, moig lättlera med en del någon till några mm breda sprickor. Något ytvatten bildades, men försvann inom någon minut. 5 min efter bevattningen hade våtfronten trängt ner 60 mm. På denna plats fanns en halvmeter bred remsa längs fältkanten som saknade gröda. Remsan var i stort sett fri från sprickor och här bildades ytvatten, trots att remsan endast fick ta emot vatten från den ena av rampens spridare. Ytvattnet försvann här först 5 min. efter det att bevattningen upphört.

Resultaten tyder på en infiltration som är över förväntan. En del av förklaringen till detta är antagligen att den torra, sprickiga jorden möjliggör vattentransport bort från det bevattnade området. Men detta ger knappast hela förklaringen. Att inget eller endast ringa ytvatten bildades på försöksplatserna beror nog också på att rampen sprider vattnet mildt, d.v.s. i form av små droppar med låg hastighet. De gjorda iakttagelserna tyder i varje fall på att rampbevattning är möjlig på de flesta jordar där bevattning är aktuell.

## 7. Bevattning och skorpbildning

Igenslamning förekommer på de flesta jordar. Problemet är särskilt framträdande på mjälajordar, lättleror och mellanleror med ringa halt kolloidalt material. En av de främsta orsakerna till skorpbildning är att vattendroppar bryter ner ytsiktets struktur vid regn eller bevattning. Nedbrytningen är starkt beroende av den totala energi som tillförs marken genom dropparna (Persson, 1977). En droppes totala rörelseenergi bestäms av dess massa ( $m$ ) och hastighet ( $v$ ) enligt sambandet:

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Droppens högsta möjliga hastighet, den s.k. sluthastigheten, är direkt avhängig droppens storlek (jfr Stokes lag). I tabell 4 redovisas sluthastighet för några droppstorlekar och deras energiinnehåll relativt droppar med diametern 1 mm.

Tabell 4. Sluthastighet samt energiinnehåll relativt 1 mm droppar (efter Bean & Wells, 1953)

*Terminal velocity ( $v_s$ ) and energy content of various drop sizes relative to that of a 1 mm drop*

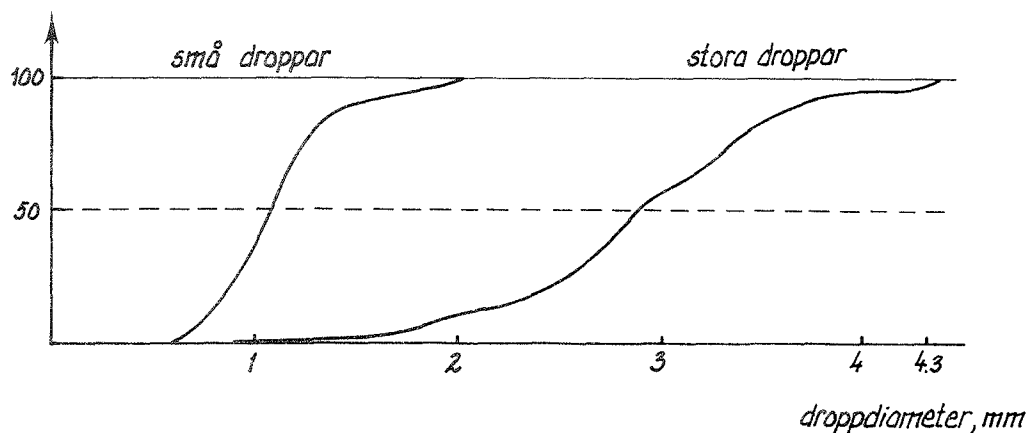
Diam. (mm)	$v_s$ (m/s)	Energi/droppe rel. 1 mm diam.	Energi/tillförd volym rel. 1 mm diam.
0,5	1,8	0,03	0,22
1,0	3,8	1,0	1,0
1,5	5,3	6,5	1,9
2,0	6,5	23	2,9
3,0	7,9	120	4,3
4,0	8,7	330	5,2
5,0	9,1	710	5,7

Då droppdiametern ligger kring 5 mm börjar dropparna att bli instabila och nämvärt större droppar existerar endast tillfälligtvis.

För att nå 95 % av sin sluthastighet behöver 1 mm-droppen falla 2,2 m medan 5 mm-droppen måste falla 7,6 m (Persson, 1977). Detta betyder att de "stora" och "energirika" dropparna från rampen har ganska långt kvar till sin sluthastighet när de når marken. Storspridarens droppar har däremot i stort sett nått sin sluthastighet då de träffar marken. Detta talar för användning av rampen på struktursvaga jordar.

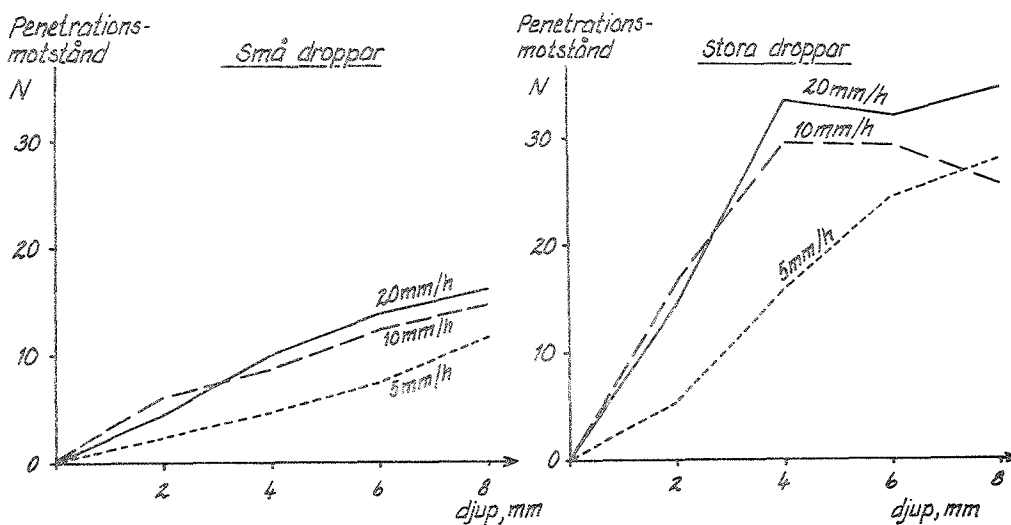
Persson (1977) utförde kärllförsök med sex olika, struktursvaga jordar (en lerig mo, två lättleror och tre mellanleror) för att utvärdera bevattningsintensitetens och droppstorlekens betydelse för skorpbildningen. Tre olika intensiteter (5, 10 och 20 mm/h) och två olika droppstorleksfördelningar (fig. 9) användes.

Volymprocent



Figur 9. De droppstorleksfördelningar som Persson (1977) använde i sina försök. Kurvan för "små droppar" påminner om rampens droppstorleksfördelning  
*Drop size distribution used in trials by Persson (1977). The curve for small drops (små droppar) is similar to that of a boom irrigator*

Som mått på skorpbildningen användes dels uppkomstgrad, dels skorpan hållfasthet (fig. 10). Som framgår av figuren ökade skorpan hållfasthet betydligt med växande droppstorlek och något med ökande bevattningsintensitet. Droppstorleken hade också stor betydelse för uppkomsten. Vid bevattning direkt efter sådd var uppkomsten i försöksledet med stora droppar 57,9 % och i försöksledet med små 79,7 %. Intensiteten hade mindre inverkan på uppkomsten än vad droppstorleken hade. Anmärkningsvärt är att den lägsta intensiteten gav sämst uppkomst, medan de båda högre var jämbördiga.



Figur 10. Penetrationsmotståndets beroende av bevattningsintensitet och droppstorlek. Medeltal för sex jordar (Persson, 1977).

*Penetration resistance in relation to irrigation intensity and drop size*

För att i någon mån belägga hypotesen att rampen vattnar skonamt trots den höga intensiteten, gjordes en subjektiv bedömning av bevattningens strukturnedbrytande effekt på potatisfältet, trädan och de båda stubbåkrarna (uppgrävd ruta 0,5 x 0,5 m) som tidigare nämnts.

Sandjord med potatis. Ingen erosion av kuporna kunde iakttagas. En del vatten fångades upp av potatisblasten, men å andra sidan bör de droppar som föll från blasten ha varit större än de som kom från rampen.

Mullfattig styv lera. Antydning till erosion av aggregatytorna. Då samma plats vattnades fyra dygn senare blev tillslamningen något kraftigare. Den var emellertid fortfarande mycket ringa.

Måttligt mullhaltig mellanlera. Viss tillslamning av ytan, mikrotopografin i stort sett opåverkad. På denna jord är plogtiltorna helt utjämnade efter vintern.

Mullfattig moig lättlera. Kraftig tillslamning av ytan, mikrotopografin i den uppgrävda rutan var i stort sett utjämnad efter bevattningen.

Om man jämför dessa iakttagelser med den ovan refererade skorpbildningsundersökningen, och dessutom väger in att givan i skorpbildningsundersökningen var 20 mm mot 30 mm med rampen, och att vattenkanonen till en bevattningsmaskin bör ge större droppar än de spridare som användes i skorpbildningsundersökningen, så blir slutsatsen att rampen är bättre vid bevattning av struktursvaga jordar än vad en vanlig storspridare är.

## 8. Praktiskt handhavande

Nedan beskrivs de arbetsmoment som förekommer vid bevattning med den ramp som Avdelningen för lantbrukets hydroteknik har införskaffat. Påpekas bör att rampen är en prototyp och att flera av de problem som uppträtt vid handhavandet bör vara eliminerade på en eventuell serieversion.

Bevattningsmaskinen transporteras först ut på fältet och ansluts till en hydrant eller liknande. Därefter hämtas rampen, som därvid kopplas till en dragbom i traktorns hydrauliska lyft. Pivåhjulet måste, som tidigare nämnts, lyftas från marken under transport. Sedan rampen förts ut till bevattningsmaskinen surras slangen vid rampen. Ramp och slang dras ut, varefter slangen lossas och rampen vrids 180 grader. Traktorn kopplas ifrån, draget tas bort från rampens tillloppsrör och slangen ansluts med snabbkoppling.

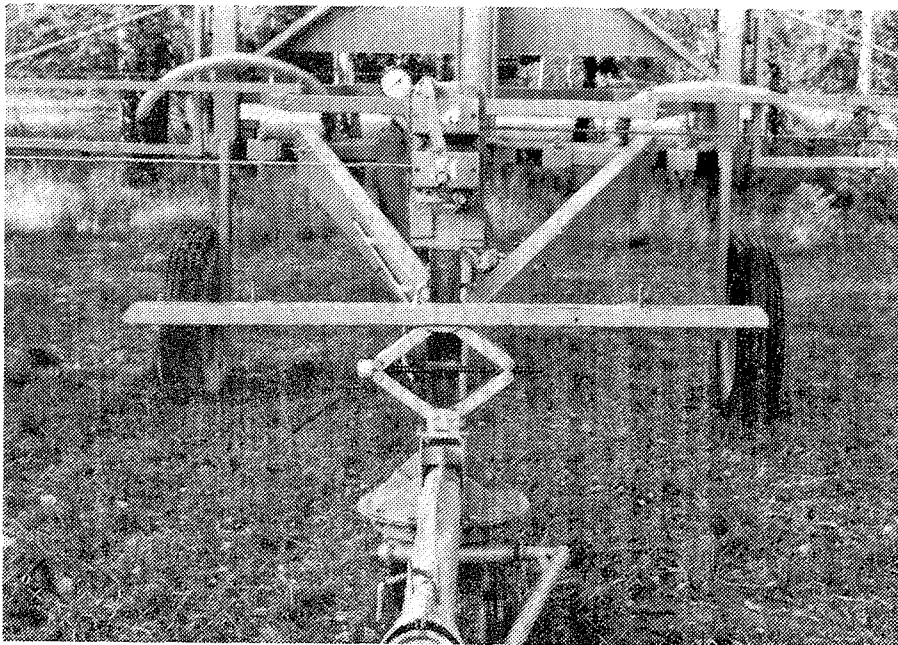
Det finns ingen upphängningsanordning för draget på rampen. Draget är dock för stort (ca 2,5 m och drygt 50 kg) för att transporteras i traktorn, varför det får surras på rampens transportställ.

Den domkraft i transportställets framända (fig. 11), som bomsektionerna vilar på under transport, sänks och bommens transportsäkringar lossas. Den innersta sektionen på var sida fälls ut och låses, varefter man förfar på samma sätt med övriga sektioner. Stödhjulen fälls också ned och justeras till lämplig höjd. Vaggans låssprintar lossas. Främre och bakre stagvagnen (stagar bommen i längdled) dras ut, fästes i bommen och sträcker. Styrpinnen (fig. 11) mellan pivåhjulet och slangen sätts på plats och låses i lämpligt läge. Rampen är klar för bruk! Pumpen startas.

Tid för att göra själva rampen klar: 15-20 min. Till detta kommer körtider etc.

Vissa av arbetsmomenten är ganska tunga, däribland utfällningen av innersektionerna samt allt arbete med draget. Det tyngsta momentet kommer dock då rampen ställs om för transport. När samtliga sektioner fällts ihop, hänger nämligen dessa något nedanför domkraften, vilket innebär att de måste lyftas upp på denna.

När rampen sedan ska flyttas är det bara att fälla ihop den i omvänd ordning mot ovan. Även detta arbete tar 15 - 20 min i anspråk. Vid flyttning inom ett fält är det ofta möjligt att flytta rampen utan att fälla ihop den, vilket sparar minst en halvtimmes arbete.



Figur 11. Del av rampen (sedd framifrån) med domkraften som bommen vilar på under transport. Vidare syns vinscherna till de främre stagvajerarna och en del av den styrpinne (a) som går mellan pivåhjulet och bevattningsmaskinens slang.

*Section of an irrigation boom (front view) showing the jack which supports the boom during transport. Also visible are the winches for the outer stabilizers and part of the control rod (a) which runs between the pivot and the irrigator hose.*

I en del avseenden behöver rampen förbättras. Först och främst bör in- och utfällningen underlättas, gärna med hjälp av hydraulik. Det måste också ordnas så att rampen kan kopplas till bevattningsmaskinen vid transport eller, ännu hellre, kan hängas upp på slangtrumman. Det sistnämnda skulle vara en stor fördel om man har långa fält och därför vill kunna dra ut rampen åt två håll från samma uppställningsplats.

Därutöver bör en del smådetaljer åtgärdas. Så ska t.ex. transportsäkringar finnas monterade så att man inte behöver använda linor. Vidare borde domkraften vara hydraulisk istället för mekanisk.

### 8.1. Praktisk drift

Under sommaren 1983 var rampen utlånad till en lantbrukare vid Åhus i Skåne, för att provas i praktisk drift. Denne lantbrukare har en relativt stor gård med lätta jordar som vanligen behöver bevattnas en gång per vecka. Fälten är stora och ligger öppet. Vinden är ett påtagligt problem vid bevattningen som utföres med fem (!) maskiner. I växtföljden utgör potatis ett betydande inslag.

I samband med utlåningen påpekade lantbrukaren att rampen var otymplig och mycket arbetskrävande jämfört med en vanlig storspridare, samt att han ämnade använda rampen endast då vinden så krävde. Under första veckan stod rampen stilla en natt. Resten av sommaren utnyttjades den inte lika intensivt, men var ändå flitigt i bruk.

Rampen användes hela tiden på ett och samma potatisfält och flyttades mellan de olika uppställningarna utan att fällas ihop. Då sommaren var slut blev omdömet: mycket gott arbetsresultat också vid stark vind, men såväl den tekniska lösningen som det tekniska utförandet är långt ifrån bra.

Den aktuelle lantbrukaren skisserade en idealramp för just hans förhållanden, d.v.s. för plana fält, så stora att ett fält är vad en maskin hinner med att bevattna. Denna idealramp skulle ha en arbetsbredd av 72 m och vara förflyttningsbar även i sidled. Den behövde inte vara hopfällbar, eftersom den inte skulle flyttas från fält till fält under en bevattningssäsong. Däremot skulle den vara demonterbar, så att den kunde flyttas över till ett annat fält för användning under nästa bevattningssäsong.

En ramp som den här skisserade skulle kunna göras mycket smäckrare än motsvarande hopfällbara ramp, eftersom den kunde byggas avsevärt högre och eftersom vajer i långt större utsträckning kunde användas som bärande element. Den borde även bli billigare per meter arbetsbredd. Å andra sidan är det nog endast ett fåtal svenska lantbrukare som har marker som passar för en sådan ramp. Om rampbevattning ska komma att få någon nämnvärd omfattning erfordras snarare en lätthanterlig, hopfällbar ramp med ca 50 m arbetsbredd.

## 9. Kapacitet

En bevattningsmaskin utrustad med ramp har normalt lägre kapacitet än samma maskin utrustad med storspridare. Detta beror främst på rampens mindre arbetsbredd, som resulterar i snabbare indragning och, för en given areal, fler flyttningar. För rampens del tar dessutom varje flyttning längre tid.

Exempel: Vi väljer en maskin med 270 m slang och ett vattenflöde av 40 kubikmeter per timme. Arbetsbredden sätts till 50 m för rampen och 70 m för storspridaren. Flyttid för maskin med ramp är 1,5 h och med storspridare 0,8 h. Vattengivan förutsättes vara 30 mm. Tiden för en arbetscykel,  $t(a)$ , blir då med rampen  $10 + 1,5 = 11,5$  h och den bevattnade arealen  $0,05 \cdot 0,27 = 1,35$  ha. Motsvarande värde för storspridaren blir  $14,2 + 0,8 = 15,0$  h och  $0,07 \cdot 0,27 = 1,89$  ha. Möjlig bevattnad areal per dygn blir 2,82 ha med rampen och 3,02 ha med storspridaren.

Det finns emellertid flera skäl att inte bara betrakta den teoretiskt möjliga kapaciteten. Den s.k. fältkapaciteten ("användbar kapacitet") är nämligen starkt beroende av arbetscykelns längd. Det ideala är att  $t(a)$  ligger strax under 24 h,

d.v.s. en flyttning per dygn ger fullt kapacitetsutnyttjande. Med de siffror som erhöles i exemplet ovan kommer förmodligen rampen att genomlöpa två arbetscykler per dygn (= 2,70 ha/dygn), medan maskinen med storspridare kanske bara utnyttjas för en uppställning per dygn (= 1,89 ha/dygn). I så fall får rampen en högre avverkning, ehuru med avsevärt större arbetsinsats (3,0 h mot 0,8 h).

Om vattengivan i stället är 23 mm och förutsättningarna i övrigt oförändrade, kommer rampen,  $t(a) = 9,3$  h, förmodligen att stå stilla 5 timmar per dygn. Storspridaren,  $t(a) = 11,7$  h, kommer däremot att utnyttjas fullt ut, och ge 40 % större bevattnad areal med en lägre arbetsinsats.

En annan mycket viktig faktor vid bedömning av fältkapaciteten är vindens inverkan på spridningsbild och möjlig spridningstid. I vissa delar av landet skulle övergång till rampbevattning avsevärt öka den tid som kan utnyttjas för bevattning.

På Skånes sydkust användes sedan flera år, på grund av de hårda vindarna där, en självgående bevattningsmaskin med ramp. Maskinen tycks fungera bra och ägaren är i stort sett nöjd. Det största problemet har varit att få fram lämpliga spridare, men under sommaren 1983 provades en kombination av de tidigare nämnda Nelson-spridarna och spridare av samma typ som Spraco-spridaren. De båda spridartyperna placerades växelvis på rampen och med spridarna av Spraco-typ riktade så, att de i huvudsak lade vattnet utanför Nelsonspridarnas kastradie. I stället för tryckreduceringsventiler användes munstycken med olika stora öppningar för att erhålla samma flöde från de olika spridarna. Ägaren var mycket nöjd med detta arrangemang.

Den aktuella maskinen är relativt liten och har en arbetsbredd på drygt 30 m. En självgående bevattningsmaskin med ramp kan dock utan större problem göras dubbel så bred, eftersom bevattningsmaskinens chassi utgör en stabil grund för rampen.

## 10. Användning i olika grödor

Det går utmärkt att bevattna de flesta grödor med ramp, men körskadorna blir något större än om man använder storspridare. I en del högväxande grödor (t.ex. majs) är det emellertid i regel olämpligt, eller rent av omöjligt, att rampbevattna. Om bommen är inställbar i höjdlid har grödans höjd något mindre betydelse. Rampbevattning av majs kommer dock fortfarande att vara omöjlig under större delen av vegetationsperioden.

Rampens marknära spridning av relativt små droppar med ringa rörelseenergi gör att riskerna såväl för mekaniska skador som för nedsmutsning med jord blir liten. Även ömtåliga grödor (t.ex. sallad och frilandsgurka) kan utan vidare bevattnas med ramp.

En storspridare kan användas även i högvuxna grödor. Eventuellt behöver ståndarröret förlängas så att spridaren kommer högre upp, vilket är en lätt genomförd åtgärd. För grödor som är ömtåliga eller där nedsmutsning med jord är ett problem

passar inte storspridaren särskilt väl. Vattenskuren slår ned med stor kraft och kan utan vidare slå sönder ömtåliga växtdelar, samtidigt som jordbemängt vatten stänker högt upp på växten.

Om bevattningen sker med icke desinficerat avloppsvatten är det direkt olämpligt att vattna grödor som äts råa av människor. I detta fall är den ovan nämnda salladen ett riktigt skräckexempel; mikroorganismer som hamnar i salladshuvudet skyddas mot såväl solens uv-ljus som uttorkning. Om användning av avloppsvatten i olika grödor se t.ex. Jonsson (1977).

## 11. Ekonomi

Ur ekonomisk synvinkel är rampens största fördel att den arbetar med lägre tryck och att den i synnerhet vid blåst sprider vattnet jämnare än vad en storspridare gör. Genom att man kan vattna oberoende av vinden bör både medelskörd och odlingssäkerhet förbättras något. Nackdelarna är främst att inköpspriset är högre (gissningsvis 5 ggr vid serieproduktion) och att den kräver mer arbete.

Energibehovet per kubikmeter utspritt vatten är med rampen 30 - 55 % lägre än om man använder storspridare. Till detta kommer en vattenbesparing på upp till 25 % genom jämnare fördelning. Den totala energibesparingen kan bli så stor som 65 % jämfört med storspridaren. Rimligt att räkna med är en energibesparing på 35 - 50 %, men för att nå dit krävs att:

- a) pumpen arbetar nära sin maximala verkningsgrad. Om man i en befintlig anläggning stryper bort det överflödiga trycket sker ingen energibesparing.
- b) bevattningsmaskinen är utrustad med turbindrift. Kolv- eller bälgmotor klarar knappast av att dra in rampen om drivtrycket blir så lågt som 0,4 till 0,5 MPa.

Hur mycket energibesparingen betyder i reda pengar beror bl.a. på hur stor vattenvolym som används per år och om pumpen är el- eller dieseldriven. Energikostnaden per kubikmeter vatten är vid storspridarbevattning 12 öre vid eldrift och 40 till 50 öre vid dieseldrift.

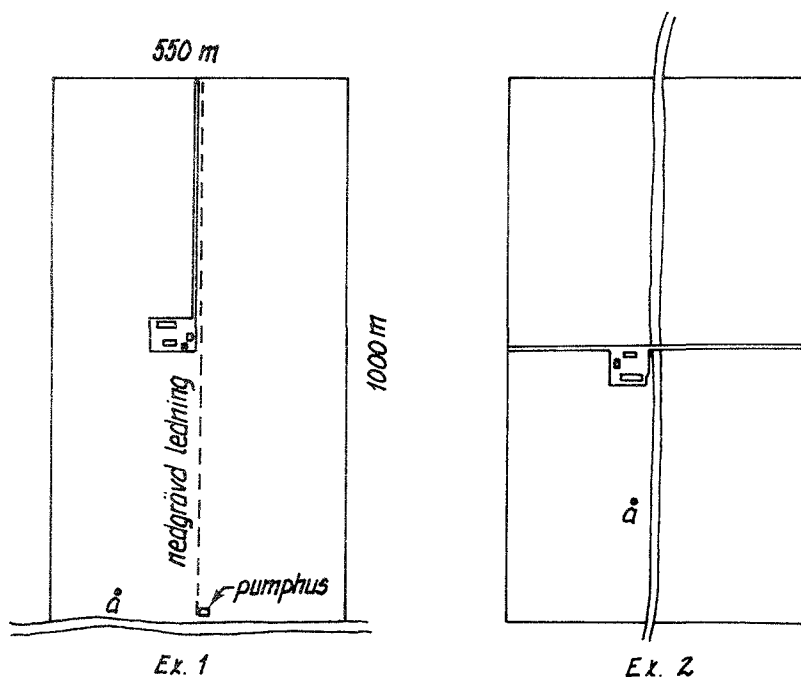
Vid nyanskaffning av en bevattningsanläggning för rampbevattning klarar man sig med en mindre pump, vilket gör att eventuella elinstallationer bör bli billigare. Om nedgrävda PVC-ledningar används, kan dessa förmodligen vara av lägre tryckklass, och därigenom 15 till 20 % billigare per meter. Å andra sidan är man då för framtiden bunden till att använda ramp (eller annat lågtryckssystem).

För att belysa de ekonomiska effekterna av rampbevattning kontra storspridarbevattning följer här två exempel. I båda fallen är det fråga om en gård på 55 ha med "idealisk" arrondering (fig. 12). 25 ha ska kunna bevattnas med 30 mm inom tio dygn. Dessa 25 ha bevattnas i genomsnitt 2,5 ggr/år. Höjdskillnaderna är försumbara. I övrigt gäller:



	ramp	storspridare
bevattningsmaskin	82/270	82/270
erf. tryck vid maskin	0,45 MPa	0,9 MPa
arbetsbredd	50 m	70 m
vattenförbrukning	40 m <sup>3</sup> /h	40 m <sup>3</sup> /h
antal flyttningar för att bevattna 25 ha	19	13
arbetsbehov/flyttning	1,5 h	0,8 h
vattenförbrukning/år	18.750 m <sup>3</sup>	20.625 m <sup>3</sup>

Kostnader som är lika stora i båda fallen (t.ex. bevattningsmaskinen) utelämnas vid jämförelsen.



Figur 12. Skiss över gårdarna i exempel 1 och 2.

*Sketch of the areas used in eq. 1 and 2*

Exempel 1. Nedgrävd stamledning. Med 110 mm PVC-ledning blir tryckfallet i ledningen 0,19 MPa. Till storspridaren krävs då 950 m NT 10-rör och en pump som ger 40 kubikmeter per timme vid 1,1 MPa mottryck. Till rampen krävs 975 m NT 6-rör och en pump som ger 40 kubikmeter per timme vid 0,65 MPa mottryck.

	ramp	storspridare
elmotor	15 kW	22 kW
pris motor + pump	12.000:-	15.000:-
pris rör	30.200:-	37.000:-
framdragnin g av el	48.500:-	54.000:-
ramp/storspridare	25.000:-	5.000:-
summa	115.700:-	111.000:-
energibehov/år ( $\eta=0,6$ )	5.650 kWh	10.500 kWh
energikostnad/år	1.360:-	2.520:-

För enkelhets skull säger vi att hela investeringen skrivs av på 10 år och räntan sätts till 10 %. Årskostnaden blir då 450 kr lägre för alternativet med ramp, samtidigt som arbetsbehovet är 45 h högre per år.

Exempel 2. Å flyter genom ägorna; traktordrift till pumpen. Till storspridaren krävs i detta fall en pump som ger 40 kubikmeter per timme vid 0,9 MPa mottryck, medan rampen klarar sig med en pump som ger 40 kubikmeter per timme vid mottrycket 0,45 MPa.

	ramp	storspridare
pris pump	5.000:-	7.000:-
ramp/storspridare	25.000:-	5.000:-
summa	30.000:-	12.000:-
dieselförbrukn/år ( $\eta=0,18$ )	1,3 m <sup>3</sup>	3,1 m <sup>3</sup>
bränslekostnad/år	3.500:-	8.300:-

I detta fall blir rampen 2.100 kr billigare per år, men kräver fortfarande 45 h mer arbete. Arbetsersättningen blir alltså 47 kr/h.

I några fall kan energibesparingen bli så stor att det enbart på grund av denna är ekonomiskt motiverat med ramp. I flertalet fall krävs emellertid ytterligare någon fördel för att rampen ska ställa sig mer lönsam än storspridaren.

I de fall man önskar använda en större maskin till en befintlig anläggning, kan övergång från storspridare till ramp vara en framkomlig väg.

## 12. Rampens principiella för- och nackdelar

Rampens egenskaper i jämförelse med bevattningsmaskinens vanliga spridarvagn med storspridare.

### Fördelar:

Jämn spridning. Den mest uppenbara fördelen med rampen är att vattnet sprids jämnt. Eftersom vattnet lämnar rampen genom flera likvärdiga munstycken, försedda med tryckreducerer-ventiler, får man en praktiskt taget likformig bevattning över hela arbetsbredden. Jämn spridning är naturligtvis önskvärd vid all bevattning, men i synnerhet då växtnäring tillföres grödan med vattnet. Rampen bör därför vara lämplig vid växtnärbvattning.

Liten vindkänslighet. Rampens ringa höjd över marken gör att den är betydligt mindre känslig för vind än storspridaren som skickar vattnet i en vid båge genom luften. Problemen med vindavdrift, som i vissa fall allvarligt försämrar effekten av bevattning, är alltså små vid rampbevattning. Stort intresse för denna typ av utrustning föreligger från lantbrukare i vindpinade kust- och slättområden. Ett speciellt problem vid användning avloppsvatten är risken för smittspridning genom små vattendroppar (<50  $\mu\text{m}$ ) som kan driva lång väg med vinden. Andelen små vattendroppar kan hållas avsevärt mindre vid spridning från ramp än från konventionell spridare.

Mindre igenslamning. Den momentana intensiteten är avsevärt lägre för rampen än för storspridaren. Andelen stora droppar är också mindre, samtidigt som den ringa fallsträckan gör att dropparnas hastighet är relativt liten när de når marken. Allt detta torde medföra minskad risk för igenslamning av och skorpbildning på struktursvaga jordar.

Lågt tryck - lägre kostnader. Bevattningsmaskiner med storspridare kräver ett ingångstryck på 0,8-1,0 MPa för att man efter tryckförluster i maskin och slang skall få ett spridartryck på 0,5-0,6 MPa. Rampens spridare kräver endast ca 0,15 MPa, vilket innebär att ett ingångstryck vid maskinen kring 0,5 MPa är tillräckligt. Det lägre tryckbehovet medför kraftigt reducerade energikostnader. För den som skaffar en ny anläggning medför det också att kapitalkostnaderna för pump och ledningar blir lägre.

Arbetar ut till fältkanten. Eftersom fördelningen är jämn över hela rampens bredd, är det bara en remsa på några meter närmast fältkanten som erhåller för lite vatten.

### Nackdelar:

Praktiskt handhavande. Ju större arbetsbredd en ramp har, desto tyngre och mer tidskrävande blir arbetet med att fälla ut och in den. Detta arbete måste ibland göras även när rampen flyttas inom ett och samma fält. Vid vägtransport

blir ramp och bevattningsmaskin ett långt och svårövertakat ekipage. Detta ska jämföras med den lilla spridarvagnen, som på någon minut hissas upp på bevattningsmaskinen för transport.

Hög medelintensitet. Den konventionella spridaren med en kastradie på ca 50 m och en sektorvinkel på 240 grader, har en effektiv bevattnad yta på ca 5000 kvadratmeter. En ramp med arbetsbredden 50 m och 4 m kastlängd bevattnar endast ca 400 kvadratmeter. Vid samma totalflöde är alltså rampens medelintensitet >10 ggr så hög som storspridarens.

På jordar med låg infiltrationsförmåga bör risken för vattenansamling på markytan vara stor. Detta kan i sin tur leda till att rampen får svårt att komma fram, att skador uppstår på grödan och att bevattningen bidrar till erosionsskador.

Bredden. Fälten måste vara fria från ledningsstolpar och liknande hinder, vilka kraftigt minskar rampens framkomlighet. Även kuperade fält kan medföra bekymmer genom att bommens ändrar kan ta i marken och genom att variationen i avståndet bom-mark påverkar spridningsbilden.

Fältbredden bör vara jämnt delbar med rampens arbetsbredd. Visserligen går det att stänga av delar av rampen, men i så fall minskas kapaciteten. På fält som inte är rektangulära blir det omöjligt att undvika mistor och/eller dubbla givor.

Temperaturchock. Vid bevattning är vattnet som används ibland betydligt kallare än växternas blad och kan därför i vissa fall ge en chockverkan som hämmar grödans tillväxt. Vid bevattning med storspridare uppvärms vattnet under sin färd genom luften så pass att risken för chock är mycket liten. För bevattningsrampen gäller att vattnets väg genom luften är mycket kort, varigenom risken för temperaturchock blir större.

### 13. Sammanfattning

Sommaren 1982 inköpte Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, SLU en bevattningsramp från Deierling & Co i Västtyskland. Rampen, som är en prototyp, är 45 m bred och utrustad med 17 stycken spegelspridare. Varje spridare är försedd med en tryckregulator så att tryckfallet längs rampen inte ska påverka flödet från spridarna. Tryckbehovet är ringa; 0,4 till 0,5 MPa (40 till 50 m vp) räcker som ingångstryck till bevattningsmaskinen om en ramp användes i stället för storspridare.

Under några dagar i augusti 1982 fastställdes rampens spridningsbild. Vattenfördelningen visade sig vara jämn, dock inte lika jämn som för en bra storspridare under idealiska förhållanden (vindstilla, rätt flyttavstånd, rätt arbetstryck). Å andra sidan påverkas varken rampens spridningsbild eller flyttavstånd av vinden. Under mätperioden var vinden så kraftig att det skulle ha varit omöjligt att bevattna med storspridare. I praktiken sprider rampen vattnet jämnare än vad storspridaren gör.

Rampen ger mycket hög medelintensitet (ca 100 mm/h), men enligt en tysk undersökning ges vattnet i form av relativt små droppar ( $d < 1,6$  mm). Detta gör att vattentillförseln trots allt blir mild jämfört med storspridarens återkommande störtskurar. Rampbevattning bör därför lämpa sig väl för ömtåliga grödor och struktursvaga jordar. Då rampens spridare provades på några olika jordar blev resultatet över förväntan; ytvattenbildningen var ingen eller ringa och endast i ett fall var igen-slamningen påtaglig.

Andelen mycket små droppar är avgjort lägre i vattnet från rampens spridare än i vattnet från en storspridare. Genom att rampen dessutom sprider vattnet nära marken, blir risken för aerosolbildning mycket mindre än för storspridaren. Detta har betydelse då man använder partiellt renat avloppsvatten till bevattning.

Spridningsbilden för en enskild spridare mättes också. Därefter beräknades det optimala spridaravståndet till 3,0 m, vilket stämmer nära överens med rampens 2,8 m. Spridarna ger dubbel överlappning och droppbanor med stor anslagsvinkel. Rampens spridningsbild blir härigenom relativt okänslig för variationer i avståndet till markyta/gröda.

Från arbetskraftssynpunkt är rampen betydligt mycket mer krävande än vad storspridaren är. Genom sin i allmänhet mindre arbetsbredd kräver rampen tätare flyttningar. Med det utseende rampprototypen har, tar dessutom varje flyttning längre tid och innehåller ett par tunga arbetsmoment, försåvitt den inte kan flyttas i utfällt läge. Med några enkla modifieringar kan både tid och arbete sparas vid flyttningarna, men att helt uppnå storspridarens smidighet är förmodligen omöjligt.

Från energisynpunkt är rampen klart överlägsen storspridaren, främst beroende på lägre drifttryck men ofta också på jämnare spridning och därmed lägre vattenbehov. Energibesparingen kan ibland vara tillräcklig för att betala både rampen och det extra arbete som rampen kräver. I de flesta fall torde emellertid någon eller några av rampbevattningens andra fördelar behöva tas med i bedömningen för att man ska finna det motiverat att välja rampen framför storspridaren.

#### 14. Summary

During the summer of 1982 the Division of Hydrotechnics at the Swedish University of Agricultural Sciences bought an irrigation boom from F:a Deierling, West Germany. The boom, which is a prototype, is 45 m wide and equipped with 17 deflector nozzles. Each nozzle is fitted with a pressure regulator so that the fall in pressure along the boom does not influence the flow from the nozzles. The pressure requirement is low; 0.4 - 0.5 MPa (40 - 50 m water column) is sufficient as inlet pressure to an irrigator if a boom is used instead of a spray-gun.

The water distribution of the boom was determined during a number of days in August, 1982. The distribution of water was uniform, but not as uniform as given by a good spray-gun under

ideal conditions (no wind, correct spacing, correct working pressure). On the other hand, neither the spreading pattern of the boom nor the spacing are influenced by the wind. During the measurements the wind was so strong that it would have been impossible to irrigate with a spray-gun. In practice the boom spreads the water more evenly than a spray-gun.

The boom gives a very high mean intensity (ca 100 mm/h) but a German investigation reports that the water is delivered in the form of relatively small drops ( $d < 1.6$  mm). This implies that the supply will be gentle in comparison with the recurring downpours of the spray-gun. Thus, boom irrigation should be well suited for sensitive crops and soils with weak structure. When the nozzles on the boom were tested on a number of different soils the results were better than expected; surface water formation was negligible or non-existent and only in one case was puddling considerable.

The proportion of very small drops is much lower in water from the nozzles on the boom than in water from a spray-gun. Consequently, as the boom spreads the water close to the soil the risk of aerosol formation will be much less than with a spray-gun. This is important when partially cleaned sewage water is used for irrigation.

Measurements were also made of the water distribution pattern for individual nozzles and it was calculated that the optimal nozzle spacing was 3.0 m, which is in good agreement with the 2.8 m reported for the boom. The nozzles give double overlapping and droplet trajectories with large angles of impact. Because of this, the spreading pattern of the boom is relatively insensitive to variations in the distance to soil surface/crop.

As regards labour considerations, the boom is much more complicated than the spray-gun. On account of its working width usually being smaller, the boom requires more frequent moves. With the design of the prototype, each move will, in addition, take longer to accomplish and includes a couple of heavy tasks, provided that it cannot be moved in extended form. By making a number of simple modifications both time and labour can be saved when moving the boom, but it is probably impossible to completely achieve the same flexibility as of the spray-gun.

From the energy viewpoint, the boom is clearly superior to the spray-gun, mainly on account of lower working pressure but often also due to more uniform spreading and thus lower water requirement. The saving in energy may sometimes be sufficient to pay for both the boom and extra labour required by the boom. In most cases, however, other advantages of using the boom for irrigation should be considered in assessing whether there is justification in selecting the boom in favour of the spray-gun.

## 15. Litteraturlista

- Aslyng, H.C. 1968. Klima, jord og vandbalance i jordbruget, 4:e uppl. København: DRS forlag, Den Kgl. Veterinaer- og Landbohøjskole.
- Bean, A.G.M. & Wells, D.A. 1953. Soil capping by water drops. - National Institute of Agricultural Engineering (NIAE), Silsoe. Report 23.
- Jonsson, E. 1977. Bevattning med förorenat vatten - hygieniska risker för människor och djur. - Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck 107.
- Kohl, R.A. & DeBoer, D.W. 1983. Drop size distribution for a low pressure spray type agricultural sprinkler. - American Society of Agricultural Engineers. ASAE Paper 83-2019.
- Persson, R. 1977. Skorpbildning på struktursvaga jordar vid olika bevattningsintensitet och droppstorlek. - Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck 103.
- Socialstyrelsen. 1982. Bevattning med avloppsvatten. - Socialstyrelsen redovisar 1982:6.
- Statens Maskinprovningar. 1976. Bevattningsmaskin Bauer rainstar 90/300. - Statens Maskinprovningar. Meddelande 2319, s. 12.
- Voigt, D. 1978. Zur Tröpfchenabdrift bei der Beregnung. - Agrartechnik 28:3, s. 114-115.

### Övriga referenser:

- Institut für Betriebstechnik, FAL, Braunschweig-Völkenrode. 1982. Droppstorleksmätning för Nelson Spray-I spridare.
- Nelson Irrigation Corp., Walla-Walla, Wa., USA.: Spray-I. General application recommendations for center pivot systems.





- 126 Eriksson, J. 1982. Markpackning och rotmiljö. Packningsbenägenheten hos svenska åkerjordar. Förändringar i markens funktion orsakade av packning. 138 s.
- 127 Erpenbeck, J.M. 1982. Irrigation Scheduling. A review of techniques and adaptation of the USDA Irrigation Scheduling Computer Program for Swedish conditions. 135 s.
- 128 Berglund, K & Björck, R. 1982. Om skördeskadorna i Värmlands län 1981.8 s.  
Linnér, H. 1982. Växtnäringsbevattning. 8 s.  
Eriksson, J. 1982. A field method to check subsurface-drainage efficiency. 7 s.
- 129 Karlsson, I. 1982. Soil moisture investigation and classification of seven soils in the Mbeya region, Tanzania. 56 s.
- 130 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del V. Skaraborgs län. 130 s.
- 131 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del VI. Örebro och Västmanlands län. 82 s.
- 132 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del 1. Ultuna, Uppsala län. 125 s.
- 133 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. del VII. Uppsala län. 140 s.
- 134 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del VIII. Stockholms, Södermanlands och Östergötlands län. 122 s.
- 135 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del IX. Hallands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar och Gotlands län. 104 s.
- 136 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del X. Malmöhus och Kristianstads län. 116 s.
- 137 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del XI. Kristianstads län. 110 s.
- 138 Berglund, G., Huhtasaari, C. & Ingevall, A. 1984. Dränering av jordar med rostproblem. 20 s.  
Ingevall, A. 1984. Dränering av tryckvatten. 10 s.
- 139 Persson, R. 1984. Vattenmagasin för bevattning. 57 s.
- 140 Ingevall, A. 1984. Beräkning av lerhalt från vattenhaltsdata. En jämförelse mellan hygroskopicitets- och vissningsgränsdata som underlag för översiktlig jordartsbestämning. 61 s.
- 141 Alinder, S. 1984. Alternativa bevattningsformer. I. Bevattningsramp. 29 s.

Denna serie rapporter utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara lämpade för mer allmän spridning. Uppsatser av huvudsakligen internt intresse publiceras i serien Avdelningsmeddelande. Tidigare nummer i rapportserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Reports is produced by the Division of Agricultural Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. The series consists of reports on research and field trials and of articles or papers considered to be of general interest. Articles of mainly internal interest are published in a series of Divisional Communications (Avdelningsmeddelande). Earlier issues in the Report series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

---

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik  
750 07 UPPSALA, Sverige

Tel. 018-171165, 171181

---