



**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

SLITSDRÄNERING

**Teknisk-hydrologisk utvärdering av en ny
dräneringsteknik**

Jon-Erik Rehn

Examensarbete

**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Avdelningsmeddelande 88:3
Uppsala 1988**

ISSN 0282-6569

ISBN 91-576-3792-X



**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

SLITSDRÄNERING

Teknisk-hydrologisk utvärdering av en ny dräneringsteknik

Jon-Erik Rehn

Examensarbete

**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Avdelningsmeddelande 88:3
Uppsala 1988**

Tryck: SLU/Repro, Uppsala 1989

ISSN 0282-6569

ISBN 91-576-3792-X

FÖRORD

Denna uppsats utgör Jon-Erik Rehns examensarbete. Arbetet har utförts vid Försöksavdelningen för hydroteknik med statsagronom Harry Linnér som handledare.

Försökstekniker Sven-Erik Karlsson har medverkat vid genomförandet av undersökningen. Agronom Göran Johansson har granskat uppsatsen. Ingenjör Hans Johansson har renritat flertalet figurer. Utskriften har utförts av Maj-Britt Brolin.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | sida |
|--|------|
| 1. INLEDNING | 4 |
| 2. PRINCIPEN FÖR GRUND DRÄNERING | 5 |
| 3. FUNKTIONSBESKRIVNING AV SLITSFRÄSEN | 6 |
| 3.1. MELIO Grabenfräse | 6 |
| 3.2. STS-Trencher | 6 |
| 4. TEKNISKA SYNPUNKTER | 7 |
| 5. MARKFYSIKALISK BAKGRUND | 9 |
| 5.1. Darcys lag och hydraulisk ledningsförmåga | 9 |
| 5.2. Betydelsen av markens porositet | 10 |
| 5.3. Markvattnets rörelse i kombinerade dräneringssystem | 11 |
| 6. DIMENSIONERING AV KOMBINERADE DRÄNERINGSSYSTEM MED SLITSDIKEN | 12 |
| 7. SLITSDIKENAS VARAKTIGHET | 13 |
| 8. ÄR SLITSDRÄNERING EN EFFEKTIV DRÄNERINGSMETOD ? | 15 |
| 9. SLITSDRÄNERINGSTEKNIKENS TILLÄMPLIGHET | 16 |
| 10. EGNA UNDERSÖKNINGAR | 20 |
| 10.1. Teknisk provning | 20 |
| 10.1.1. Försöksplats | 21 |
| 10.1.2. Provningsens utförande | 21 |
| 10.2. Praktisk körning vid anläggning av försök m m | 21 |
| 10.2.1. Försöksplatser och försöksuppläggning | 21 |
| 10.3. Resultat och erfarenheter | 23 |
| 10.3.1. Resultat från teknisk provning | 23 |
| 10.3.2. Avverkning | 30 |
| 10.3.3. Dragkraftsbehov | 30 |
| 10.3.4. Effektbehov | 31 |
| 10.3.5. Stenkänslighet | 31 |
| 10.3.6. Förslitning | 31 |
| 10.3.7. Praktiska problem och erfarenheter | 31 |
| 11. DISKUSSION OCH SLUTSATSER | 32 |
| 12. SAMMANFATTNING | 34 |
| 13. LITTERATURFÖRTECKNING | 35 |

SLITSDRÄNERING. Teknisk-hydrologisk utvärdering av en ny dräneringsteknik

1. INLEDNING

Många jordar har, naturligt eller på grund av bruksåtgärder, låg vattengenomsläpplighet i lagret under normalt plöjningsdjup. Som exempel kan nämnas mo- och mjälajordar i Norrlands kustland och de mycket styva lerorna i Syd- och Mellansverige. Den låga genomsläppligheten medför risk för ytvattenbildning och att upptorkningen av matjorden sker långsamt. Detta ökar risken för skadlig markpackning vilket ytterligare förvärrar problemet. Detta problem gäller även för jordar med dålig genomsläpplighet i hela profilen, liksom för t ex fotbollsplaner, vilka utsätts för en mycket stor markpackning i det översta jordlagret.

Slitsdränering är en för Sverige, åtminstone inom jordbruket, helt ny dräneringsteknik. Den går ut på att via smala kanaler, slitsdiken, leda vattnet förbi t ex plogsulan och ner till mer genomsläpplig jord, till täckdikens återfyllnad eller direkt ut i öppna diken. Tekniken prövas av Forsöksavd för hydroteknik vid Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, sedan 1985. Syftet är att utröna om, och i så fall i vilka situationer tekniken är av intresse för svenska förhållanden.

Detta examensarbete består av en beskrivning av tekniken, en litteraturöversikt och en genomgång av erfarenheter och resultat från egna undersökningar.

Litteraturöversikten söker belysa vad andra författare har kommit fram till angående markstrukturens/vattengenomsläpplighetens inverkan på dräneringseffekten och angående slitsdräneringens funktion i teori och praktik. Något om mark-maskinmekaniken i samband med roterande rörelse i mark behandlas också.

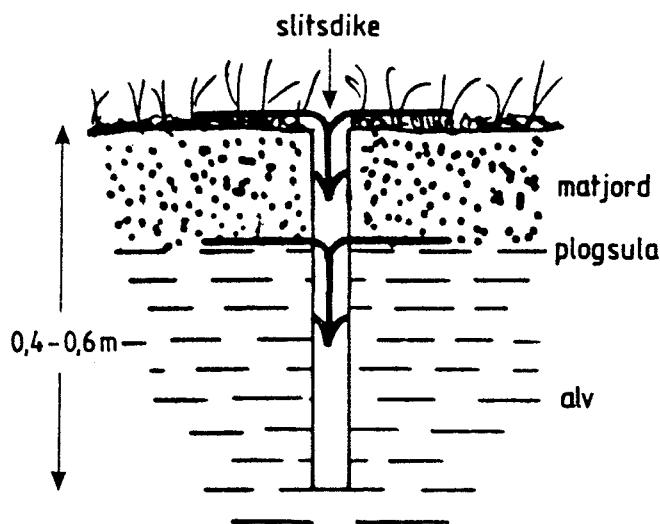
Den andra delen bygger på erfarenheter inhämtade vid planering och uppläggning av fältförsök med slitsdikning samt på resultat från en teknisk provning av en slitsfräs. Provningsen gjordes med hjälp av personal och utrustning från Statens Maskinprovningar. De egna undersökningarna sökte i första hand ge svar på frågor av teknisk natur angående maskinens funktion och handhavande.

2. PRINCIPEN FÖR GRUND DRÄNERING

Enligt Eriksson (1986) blir dräneringsverkan dålig när genomsläppligheten (k -värdet) är under 0,1 m/dygn. Är k -värdet under 0,01 m/dygn föreslås bl a tubulering för att förstärka dräneringsverkan. Tubulering och slitsdikning är två former av s k sekundär dränering. Båda är i princip dräneringssystem med mindre dikesavstånd och djup än normalt. De leder vattnet till täckdiken eller direkt ut i öppna diken.

Tubulering är enbart möjlig på plastiska jordar och innebär att en kanal, en tub, formas av själva jorden i alven. I allmänhet är djupet mellan 45 och 60 cm. Redskapet för att göra detta kallas tubulator och består av ett lodrätt svärd med en horisontellt gående torped. Torpeden följs av en expander för att ytterligare bearbeta och stabilisera tubväggen (Olovsson, 1984). Utöver den vattenavledande förmågan i tuben, kan den luckrande effekten vid tubuleringen bidra till att förbättra infiltrationskapaciteten, speciellt i svår genomsläppliga jordar (Leeds-Harrison et al., 1982).

Med slitsdikning, eller slitsdränering (även kallat spårdränering), menas i denna uppsats upptagande av relativt smala och grunda fåror (slitsdiken) i marken, vilka antingen fylls med dränerande material eller lämnas helt öppna. Syftet är att leda bort ytvatten och markvattnen ur det övre markskiktet (figur 1).



Figur 1. Syftet med slitsdikena är att snabbt leda bort ytvatten och överskottsvatten ur de övre markskikten.

Den maskin som använts för detta ändamål vid försök på Försöksavdelningen för hydroteknik, SLU, är tillverkad i Västtyskland och av märket Melio. En liknande maskin görs i England under namnet STS-trencher (STS=Shelton Trenching Systems). Båda dessa bygger på principen med en roterande frässhiva.

En annan tänkbar lösning är att man kör med ett icke roterande redskap, en typ av svärd som öppnar jorden. Detta kan exempelvis kombineras med någon typ av expander bakom, eller sättas i kraftig vibration för att på så vis packa till slitsväggarna och öka slitsarnas hållbarhet.

I denna uppsats kommer fortsättningsvis endast principen med fräshjul att behandlas.

3. FUNKTIONSBESKRIVNING AV SLITSFRÄSEN

3.1. MELIO Grabenfräse

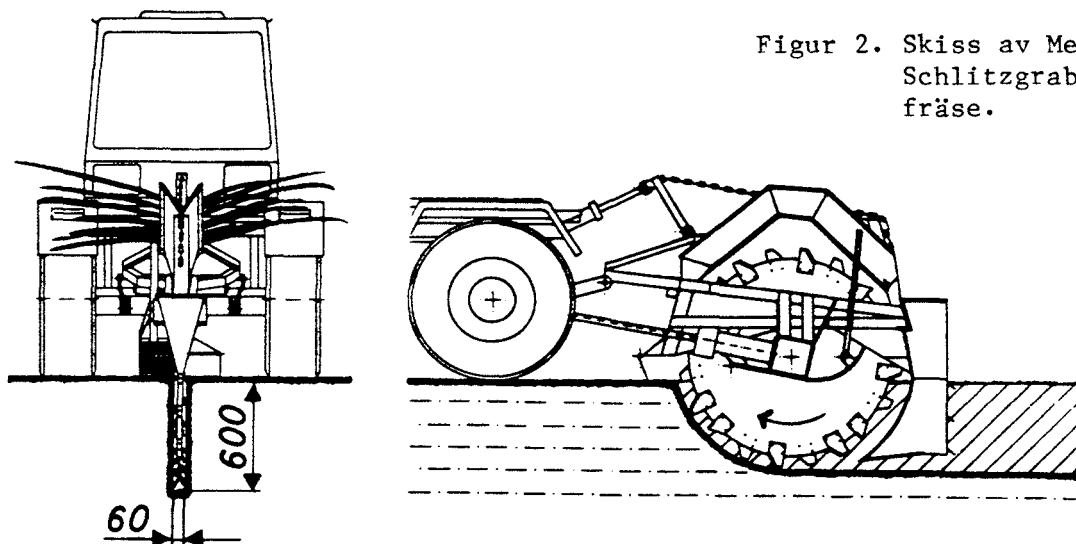
Den centrala delen på slitsfräsen är en stor cirkulär stålskiva på vilken det sitter tolv stycken utbytbara grävtänder som skär/slår sönder och kastar upp jorden. Denna skiva, som på avstånd ser ut som en stor sågklinga, roterar mot körriktningen med hög hastighet (figur 2).

Maskinen drivs från traktorns kraftuttag och har en utväxling på 4:1. Vid 1000 varv/min från traktorn snurrar alltså skivan 250 varv/min, vilket motsvarar en periferihastighet av ca 20 m/s eller ca 70 km/h (skivans diameter = 1,5 m).

Djupinställningen görs med en släpsko och kan varieras stegvis ner till nominellt 60 cm djup.

Maskinen monteras på vanligt sätt i traktorns trepunktslyft. Toppstången består av en dubbelverkande hydraulkolv som via en kedja lyfter bakdelen av slitsfräsen.

För att förhindra för stora belastningar på maskin och traktor är den försedd med ett överbelastningsskydd i form av en smatterkoppling monterad på maskinens kraftöverföringsaxel.



Figur 2. Skiss av Melio Schlitzgrabenfräse.

3.2. STS-Trencher

STS-trencher fungerar i princip på samma sätt som Melio-maskinen, dock med några smärre skillnader.

För att minska påfrestningarna är den också försedd med överbelastningsskydd i form av en justerbar friktionskoppling ("adjustable slip clutch"). Dessutom är den försedd med en elastisk koppling ("cushion drive") för att jämna ut belastningarna.

På grävhjulet har STS-trencher 16 grävtänder monterade. Dessa är lite annorlunda utformade än de på Melio-fräsen.

4. TEKNISKA SYNPUNKTER

Några vetenskapliga undersökningar av slitsfräsar med avseende på dragkraftsbehov, effekt m m har såvitt författaren vet inte genomförts tidigare.

Enligt tillverkaren väger Melio-fräsen 580 kg. Den kan köras i 1-2 km/h och har ett effektbehov av 40-80 kW. Den skall kunna drivas med PTO-varvtal 540 eller 1000.

STS-fräsen behöver, enligt tillverkaren, en traktor på 50-75 kW beroende på hastighet, arbetsdjup och jordart. Kraftuttagsvarvtalet är normalt 540 rpm. Djupregleringen sköts med traktorhydrauliken. Avverkningen är mellan 1000 och 1800 m/h. Dikesdjupet är maximalt 50 cm och bredden normalt 6 cm men den går att ändra till 10,5 cm. Maskinen kan utrustas för 1000 rpm PTO-varvtal och med djupinställningshjul. En mindre modell vars största djup är 40 cm och som kräver en traktor på 33 kW finns också.

Hendrick och Gill (1971) utreder de parametrar som påverkar konstruktionen av jordfräsar. Eftersom det för jordfräsar också rör sig om en roterande rörelse genom jorden under samtidig förflyttning kan man dra vissa paralleller med slitsfräsning. En punkt längs periferin beskriver en trokoid bana, vilken kan beskrivas av ekvationerna:

$$\begin{aligned}x &= vt + r \cos \omega t & \text{där } v &= \text{körhastigheten} \\y &= r \sin \omega t & r &= \text{radien} \\ & & \omega &= \text{vinkelhastigheten} \\ & & t &= \text{tiden}\end{aligned}$$

Volymen ny jord som berörs vid en "tugga" kan approximeras till:

$$V = hLb$$

där

$$\begin{aligned}h &= \text{djupet} \\L &= \text{"tugglängden"} \\b &= \text{bredden}\end{aligned}$$

Jordfräsens skär bör ha en sådan vinkel att baksidan inte ligger an mot den obearbetade jorden, då det annars går åt effekt för detta. Med andra ord bör vinkeln mellan baksidan på eggen och tangenten till trokoiden alltid vara större än noll.

Under den skärande fasen varierar vridmomentet på ett skär mycket. Om "skärkraften" för ett skär kan antas proportionell mot specifika jordmotståndet och om skärmotståndet är vinkelrätt mot skärriktningen så gäller:

$$P = pA = F$$

där

$$\begin{aligned}P &= \text{jordens skärmotstånd} \\p &= \text{specifika jordmotståndet} \\A &= \text{jordskivans tvärsnittsyta} \\F &= \text{skärkraften}\end{aligned}$$

Vid rotation framåt såväl som bakåt görs approximationen:

$$F_{\text{medel}} = 0,5 \cdot F_{\text{max}}$$

där F_{medel} och F_{max} avser varje separat skär under varje separat skärfas.

Angående rotationsriktningen refererar Hendrick och Gill (1971) några sovjetiska forskares resultat. Bl a hävdas att bakåtrotation (dvs motsatt rotationsriktning jämfört med de drivande hjulen) gav bättre djuphållning och mindre brott vid fräsning i stenig mark. För dikesgravare var bakåtrotation att föredra såvida det fanns styrplåtar som styr undan jorden.

Den kraft som krävs för att driva en jordfräs kan delas upp i komponenter enligt nedan (Hendrick och Gill, 1971):

$$N = N_c + N_t + N_p + N_T + N_r$$

där

N_c = kraften för sönderdelning, lossbrytning av jorden

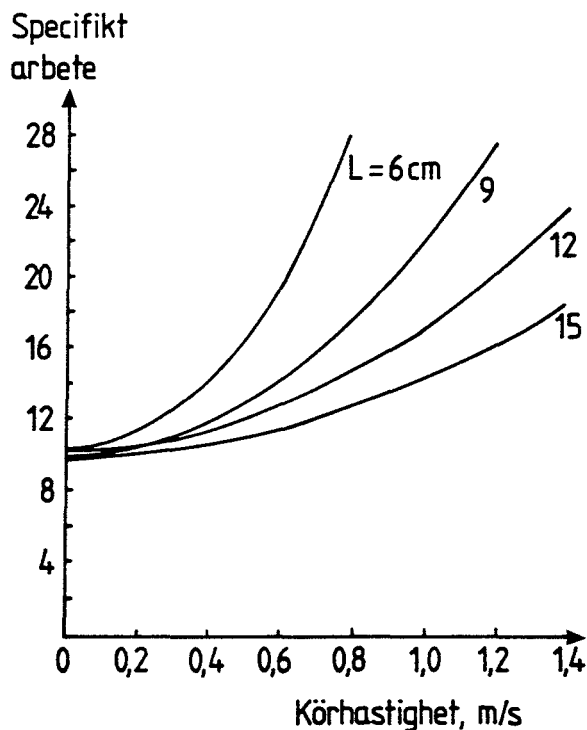
N_t = kraften för borttransport, iväggkastning av jorden

N_p = kraften för att dra maskinen mot dess rotationsriktning (negativ vid framåtrotation)

N_T = transmissionsförluster

N_r = friktion släpsko-mark (rullmotstånd om hjulburen)

Ett annat sätt att dela upp kraften, eller arbetet, redovisas i figur 3 där det specifika arbetet för att dra runt en jordfräs kan delas upp i två delar. Arbetet vid körhastigheten (v) = 0 definieras som "specifika arbetet för sönderslagning" och skillnaden mellan detta och det totala specifika arbetet definieras som "dynamiska kraftens specifika arbete".



Figur 3. Det specifika arbetet för att dra runt en jordfräs som en funktion av framkörningshastigheten vid olika "tugglängder" (Från Hendrick och Gill, 1971).

Richardson (1958) jämförde vridmoment vid jordfräsning på samma ställe under två på varandra följande år. Båda åren gjordes hållfasthetsprov på marken och man kunde konstatera att den maximala skjuvspänningen var i det närmaste exakt samma båda åren trots att vattenhalten var ungefär dubbelt så hög det andra året (21 % mot ca 10 %). Trots detta skilde det avsevärt i vridmoment mellan åren, på så sätt att vridmomentet det våta året var ungefär 50 % större än året dessförinnan. Förändrad volymvikt och metall/jord-friktion ansågs inte kunna ha gett upphov till så stor förändring i vridmoment utan det ansågs bero på någon annan okänd faktor.

5. MARKFYSIKALISK BAKGRUND

5.1. Darcys lag och hydraulisk ledningsförmåga

För att åskådliggöra vattnets strömningshastighet i mättat poröst medium har man redan i över 100 år använt den s k Darcys lag (figur 4):

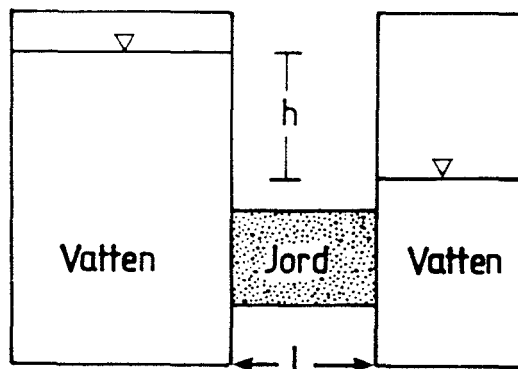
$$v = k \frac{h}{l}$$

där

v = strömningshastigheten

k = koefficient för hydraulisk ledningsförmåga

$\frac{h}{l}$ = tryckfallet (gradienten)



Figur 4. Principen för Darcys lag (Saavalainen, 1984).

Koefficienten, k , är beroende av mediets (markens) och vattnets egenskaper. Vattengenomsläppligheten (k -värdet) i åkerjordar kan med avseende på dräneringsegenskaperna klassas enligt tabell 1.

Tabell 1. Klassning av vattengenomsläpplighet hos åkerjordar
(Eriksson, 1986 efter Thomasson, 1975)

| k-värde, m/dygn | Klassning | |
|--------------------|------------|-----------------------|
| < 0,01 | mycket låg | svag dräneringseffekt |
| 0,01 - 0,1 | låg | |
| 0,1 - 0,3 | medelhög | god dräneringseffekt |
| 0,3 - 1,0 | hög | |
| 1,0 - 10 | mycket hög | |
| > 10 | mycket hög | |

5.2. Betydelsen av markens porositet

Genomsläppligheten för vatten är beroende av jordens partikelstorleksfördelning, dess textur. Utom mikroporer som regleras av texturen finns även s k makroporer, genom vilka vattnet snabbare kan röra sig. Makroporsystemet består av sprickor, maskhål och rotkanaler (Eriksson, 1986). De porer som kan dräneras vid 1 m dräneringsdjup har en s k ekvivalent pordiameter > 0,03 mm (Eriksson et al., 1974). Man får en uppfattning om makroporerens betydelse då man konstaterar att hastigheten på det vatten som rinner sakta (laminär strömning) genom ett rör är direkt proportionell mot rörets diameter upphöjd till fyra. Detta innebär att ett porrör mellan lerpartiklar, som kan vara 0,001 mm, leder vatten 10^8 gånger sämre än en rotkanal som är 0,1 mm.

Eriksson (1986) konstaterar att makroporsystemet är avgörande för markprocesser och rotutveckling i lerjordar och att vattengenomsläppligheten (hydrauliska ledningsförmågan) är det främsta måttet på strukturtillstånd och dränerbarhet.

Eriksson (1986) konstaterar också att $k = 0,1$ m/dygn utgör ett kritiskt värde. Vid genomsläpplighetskoefficient 0,1-0,3 m/dygn erhålles god effekt av en dräneringsinsats, under 0,1 m/dygn blir den dålig och ner mot 0,01 m/dygn är man tvungen att förstärka dräneringsverkan genom olika åtgärder såsom grusning, kalkning av återfyllningen, tubulering, noggrann ytplanering och ytvattenavledning.

Det dikesavstånd som behövs vid vissa givna förhållanden och för att fullgöra vissa i förväg ställda dräneringskrav kan räknas fram med hjälp av Hooghoudts formel (Smedema och Rycroft, 1983):

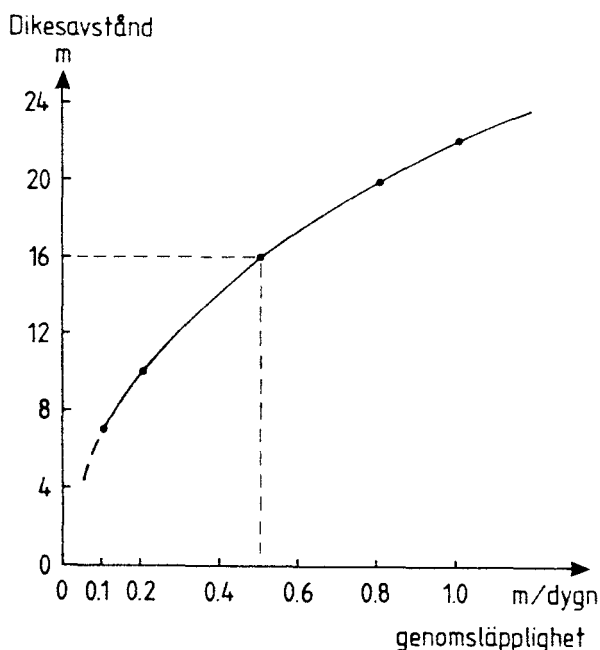
$$L^2 = \frac{8k_2Dh}{q} + \frac{4k_1h^2}{q}$$

där

- L = dikesavståndet
- k_2 = hydraulisk ledningsförmåga under dräneringsledningarna
- D = ekvivalenta djupet, detta är en funktion av djup till ogenomsläppligt lager och dikesavståndet
- h = grundvattenytans höjd över dräneringsledningarna mitt emellan desamma
- k_1 = hydraulisk ledningsförmåga ovanför dräneringsledningarna
- q = dimensionerande nederbörd (mm/dygn)

Förhållandet illustreras i figur 5 där dikesavståndet är framtaget som funktion av genomsläpplighetskoefficienten under följande förutsättningar: Medelnederbörd av 7 mm/dygn under en viss tidsperiod, enhetlig struktur och genomsläpplighet ner till 1,5 m djup, dräneringsdjup på 1 m och grundvattenytan skall hållas vid minst 40 cm djup under markytan.

Figur 5. Sambandet mellan genomsläpplighet och erforderligt dräneringsavstånd enligt Hooghoudts formel (Eriksson, 1986).



Vid packning är det de grövre porerna som kollapsar först. De porer som går att dränera vid 1 m dräneringsdjup har en s k ekvivalent porrdiameter på minst 0,03 mm. Vid försök har man funnit att dessa dränerbara porer antar en kritiskt liten andel av markvolymen vid trycktillskott av 200 kPa (Eriksson et al., 1974).

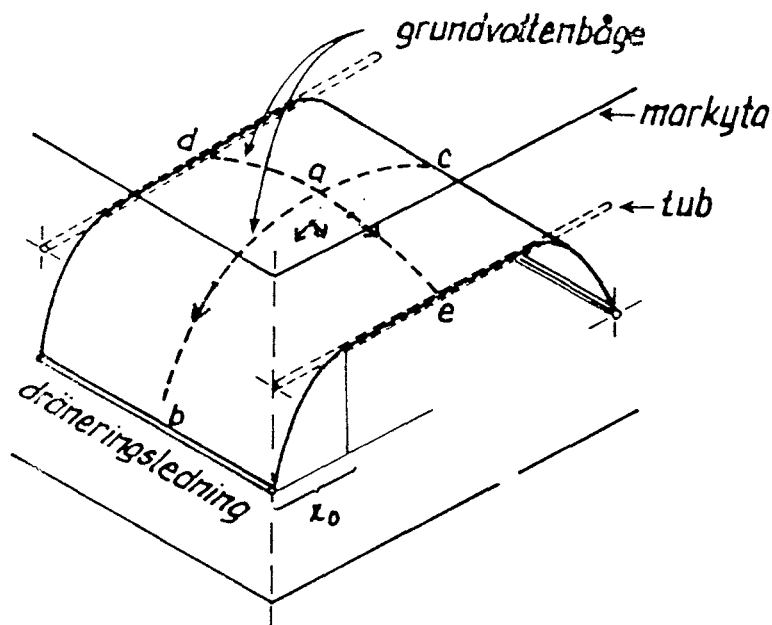
5.3. Markvattnets rörelse i kombinerade dräneringssystem

Unhanand och Kadir (1975) utredde, dels matematiskt, dels genom fältstudier grundvattenytans utseende och förändring vid dränering med rör och tuber. Slutsatserna bör vara giltiga även för slitsdränering.

Man kan dela upp dräneringsförloppet i två stadier, det första då någon del av grundvattenytan ligger ovanför tuberna. Under det andra stadiet ligger hela grundvattenytan under tuberna och dräneringsförloppet påverkas endast av de djupare liggande rörledningarna.

Om man, under det första stadiet, betraktar den markvolym som begränsas av två rörledningar och två tuber så har grundvattenytan den välkända form som framgår av figur 6.

Kurvan b-a-c visar vattennivån från rörledning till rörledning mitt emellan två tuber och kurvan d-a-e motsvarande från tub till tub. Längs sträckan b-a-c rör sig vattnet rakt mot rörledningen eftersom den hydrauliska gradienten parallellt med rörledningen är noll. Analogt är vattenrörelsen längs d-a-e riktad rakt mot närmaste tub. På resten av ytan däremot påverkas vattenrörelsen av gradienten mot både rörledning och tub och dess riktning kan således delas upp i två komponenter, en mot tuben och en mot rörledningen.



Figur 6. Grundvattennivån i ett kombinerat tubulerings- och täckdikes-system (efter Unhanand och Kadir, 1975).

Flödet ut ur tuben till rörledningen är väldigt litet. Det beror på att vattnet som strömmat in i tuben läcker ut igen och lämnar sträckan x_0 i figuren utan fritt vatten. Det bör påpekas att x_0 inte är konstant utan växer efter hand som grundvattenytan sjunker.

6. DIMENSIONERING AV KOMBINERADE DRÄNERINGSSYSTEM MED SLITSDIKEN

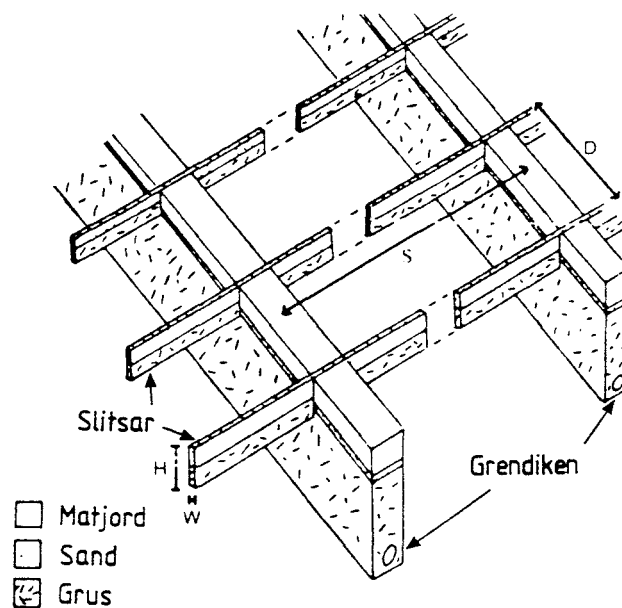
För att dimensionera ett slitsdräneringssystem för grönytor har Baker (1982 a) föreslagit en modifiering av Hooghoudts formel:

$$v = \frac{4kWH^2}{DS^2}$$

där

- V = dimensionerande nederbördsintensitet
- k = vattengenomsläppligheten i slitsfyllningen
- W = slitsbredden
- H = sand- el. gruslagrets djup i slitsen
- D = avstånd mellan slitsarna
- S = " " grendikena (längs slitsarna)

Slitsen kan fyllas med ett enhetligt material på hela djupet eller det kan läggas ett grövre, mer genomsläppligt lager i botten, vanligen grus. Vid enhetligt fyllnadsmaterial, sand, blir H = hela slitsens djup och k = sandens genomsläpplighetstal. I fallet med ett grovt bottenlager gör skillnaden i genomsläpplighet att man kan bortse från sandlagret och definiera H som gruslagrets djup och k som grusets genomsläpplighetstal (figur 7).



Figur 7. Dräneringssystem på grönyta med sand-/grusfyllda slitsar. De beteckningar som används i Bakers modifierade version av Hooghoudts formel är utsatta (efter Baker, 1982 a).

Baker (1982 a) diskuterar också faktorer som avgör vilken dimensionerande nederbördsintensitet som bör väljas. För fotbollsplaner får man då ta ställning till hur många gånger per år det är acceptabelt att matcher ställs in och jämföra med nederbördsstatistik.

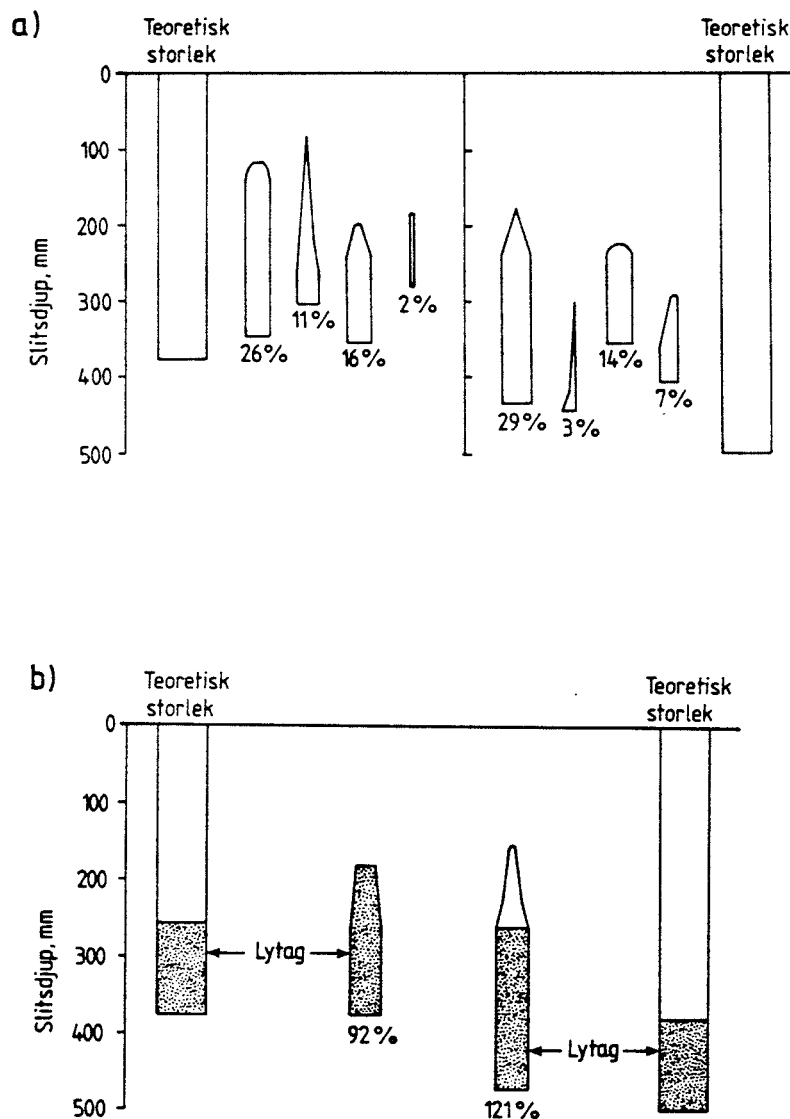
Baker föreslår för bollplaner ett slitsavstånd på 60 cm och att kapaciteten på dräneringssystemet justeras med tjockleken på gruslagret i slitsen. Andra författare har föreslagit ett avstånd mellan slitsarna av mellan 0,9-1,8 m (Daniel, Diericks, Dury och Stewart, refererade i Ward, 1983).

Redrup (1985) rapporterar ett försök med STS-trencher i vall på lerjord. Där jämförs två slitsavstånd, 3 och 9 m, och två djup, nominellt 375 mm och 500 mm. Det mindre avståndet gav bättre dräneringseffekt, medan däremot ingen signifikant skillnad förelåg mellan de två djupen. Skillnaden i djup var i verkligheten ca 50 mm.

7. SLITSDIKENAS VARAKTIGHET

Redrup (1985) redogör för ett försök med slitsdränering som anlades hösten 1982 i Kent i södra England. Försöket, som utfördes i vall, syftade till att utreda kostnader, hållbarhet och effekt på vattentillståndet i marken vid slitsdränering. Hälften av slitsarna fylldes med ett

filtermaterial i granulatform (Lytag). I försöket (figur 8) grävde man fram några slitsar för att bedöma deras skick. Ofyllda slitsar grävdes fram efter 3 och 6 månader och de Lytag-fyllda efter 12 och 24 månader. Slutsatserna blev att slitsarna inte verkar hålla längre än ett år om de lämnas ofyllda. Lytag-fyllning kanske förlänger funktionstiden (Redrup, 1985). Slitsning då marken är blöt kan vara att föredra eftersom jorden då redan är uppsvälld. Annars kan slitsen slutas av att jorden sväller när den blir blötare (Redrup, 1985; Spoor et al., 1982).



Figur 8. Slitsdikena i Kent. a) ofyllda slitsdiken efter tre månader; b) fyllda slitsdiken efter 12 månader. Procenttalen anger andel av den ursprungliga (teoretiska) snittarean som finns kvar (Redrup, 1985).

8. ÄR SLITSDRÄNERING EN EFFEKTIV DRÄNERINGSMETOD ?

Kuntze (1973) refererar ett försök som påbörjades 1969 där slitsfräsning provades som ett sätt att förbättra de hydrauliska förhållandena på en mosse. Mossen hade 1957 täckts med ett lager sand vilket medfört att ytskiktet lätt blev vattenmättat.

Slitsfräsen som användes är av liknande konstruktion som tidigare beskrivits. Stålskivans diameter var 1,16 m och den hade 44 tänder längs omkretsen. Slitsarna som gjordes var 2,5 cm breda och 45 cm djupa och avståndet mellan slitsarna valdes till 2 respektive 4 m. Funktionstiden kan sägas ha varit 3 år och under denna period har den genomsnittliga merskörden för båda slitsavstånden varit ca 10 %. Investeringen betalade sig första året.

Beard (1973) redogör för slitsdränering som ett sätt att förbättra dräneringen av grönytor och hävdar att den visat sig effektiv på dåligt dränerad jord med fin textur där infiltrationshastigheten är låg, vidare på jordar där ett ogenomträngligt lager ligger över lättgenomsläpplig jord och i låglänta områden.

I Anglia Farmer & Contractor (Anonym, 1985) berättas om en gård där man har slitsar och kantdiken som enda dränering. Första året slitsades 120 acres (ca 50 ha) med 12 m mellan slitsarna. Enligt jordbrukaren betalade sig maskinen redan första året genom höjd skörd. Problemen med ytvatten löstes effektivt.

Fyra dagar efter att ett fält försetts med 8-10 cm breda och 50-60 cm djupa slitsar med 10 m mellanrum och fyllda med "styromull" var fältet upptorkat (Knobloch, 1969).

I det nämnda försöket i Kent (Redrup, 1985) jämfördes två olika djup och två olika slitsmellanrum (tabell 2).

Tabell 2. De olika försöksleden vid slitsdräneringsförsök i Kent, 1982 - 1984 (Redrup, 1985)

| Behandling | Slits- djup, cm | Slitsmellan- rum, m | Lyttag fyllning |
|------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| 1 | 37,5 | 3 | x |
| 2 | 37,5 | 3 | |
| 3 | 50 | 3 | x |
| 4 | 50 | 3 | |
| 5 | 50 | 9 | |
| 6 | 50 | 9 | x |
| 7 | 37,5 | 9 | |
| 8 | 37,5 | 9 | x |

Data rörande vattentillståndet samlades in under vintersäsongerna 1982-83 och 1983-84 från slutet av oktober och fram till juni respektive maj.

De slutsatser som dras med avseende på dräneringseffekten är följande:

Slitsdränering på "Weald Clay" jordar ger endast begränsad kontroll över vattentillståndet i marken.

Ingen signifikant skillnad mellan ofyllda slitsar med 3 resp 9 m mellanrum.

Lyttag-fyllda slitsar gav bättre resultat än de ofyllda.

De fyllda fårorna (slitsarna) med 3 m mellanrum gav bättre resultat än de fyllda fårorna med 9 m mellanrum.

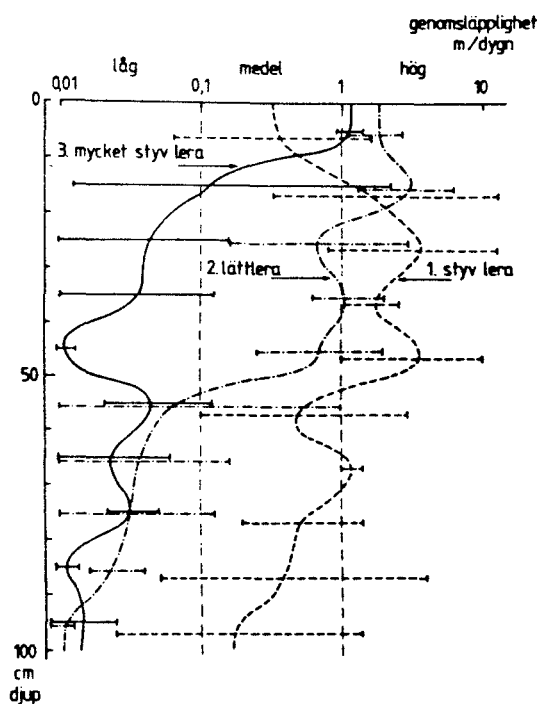
Det större djupet gav inte någon signifikant förbättring. (Det bör påpekas att den nominella skillnaden i djup på 12,5 cm i verkligheten var ungefär 5 cm.)

9. SLITSDRÄNERINGSTEKNIKENS TILLÄMPLIGHET

Behovet att förbättra dräneringen av marken genom extraordinära åtgärder är beroende av jordart, markanvändning och andra förhållanden.

Mycket styv lera

Mycket styv lera (lerhalt > 60 %) är som figur 9 visar exempel på mycket svårgenomsläpplig jord. Vattenrörelserna sker huvudsakligen genom sprickor och maskgångar.



Figur 9. Vattengenomsläpplighet, m/dygn, mätt med cylindermethoden i jordar från Skaraborgs län. Karaktäristisk variation med djupet i lättlera, styv lera och mycket styv lera (Eriksson, 1986).

Med vattengenomsläpplighet kring 0,01-0,03 m/dygn behöver dräneringen som tidigare nämnts förbättras med sekundära åtgärder. Utan dessa sekundära åtgärder skulle en del mycket styva leror behöva ett grendikesavstånd på 1-2 m för fullgod dränering (Bailey, 1978). Livslängden kan dessutom bli kort, 15-30 år, då jorden över dikena blir så ogenomsläpplig att vattnet inte tar sig ner till rören (Berglund, 1956). I Sverige omfattar arealen mycket styva leror ca 40 000 ha (Eriksson, 1986).

Styv lera (40-60 % ler)

Styva leror företer normalt inga problem ur dräneringssynpunkt då de pga goda strukturegenskaper har en god genomsläpplighet. Markpackning kan dock förändra detta förhållande.

Lättlera (15-25 % ler)

Lättlerans egenskaper är till stor del förknippade med dess innehåll av mjåla- och finmopartiklar samt att andelen grovler är större än i styvare leror. I figur 9 finns också ett exempel på jord av lättleratyp från Kåkindsslätten. Den har hög genomsläpplighet i den övre halvmeteren, men under det djupet går den ner under 0,1 m/dygn. På grund av den dåliga genomsläppligheten på djupet behövs små dikesavstånd (Eriksson, 1986).

Mjälaleror

Kännetecknande för mjälajordar är, enligt Heinonen (1975), partiklarnas svaga attraktion till varandra och rörlighet i vatten samt därav följande tendens till igenslamning, flytning, vattenerosion och skorpbildning.

I Ericson et al. (1985) redogörs för undersökningar som genomförts på 16 fält som ansetts representativa för ett område innefattande 2/3 av jordbruksarealen i Norrbottens län. De flesta markprofilerna karaktäriseras som lättleror eller mjälaleror, resten som mo-mjälajordar. Gemensamt för de flesta av dessa jordar är att genomsläppligheten är hög i alven medan plogsulan och den övre delen av alven utgör ett i det närmaste ogenomträngligt skikt med k-värden mellan 0 och 0,15 m/dygn. På dessa jordar är marken oftast tjälad vid snösmältningen varför en väl fungerande yt-vattenavledning är av stor vikt.

Mellanlera

Mellanlerans egenskaper kan variera kraftigt. I allmänhet ligger den mellan styv lera och mjåla och dess egenskaper kan härledas från deras respektive beskrivningar om kornsammansättningen är känd (Heinonen, 1975). Eriksson (1986) menar att mellanleran har hög och jämn genomsläpplighet och sätter den i samma kategori som styv lera, se figur 9. Heinonen (1975) däremot menar att lerhalten i mellanlera inte är tillräckligt hög för att en stabil aggregatstruktur ska garanteras, men tillräckligt hög för att göra igenslammad jord hård och svårbrukad.

Gyttjejordar

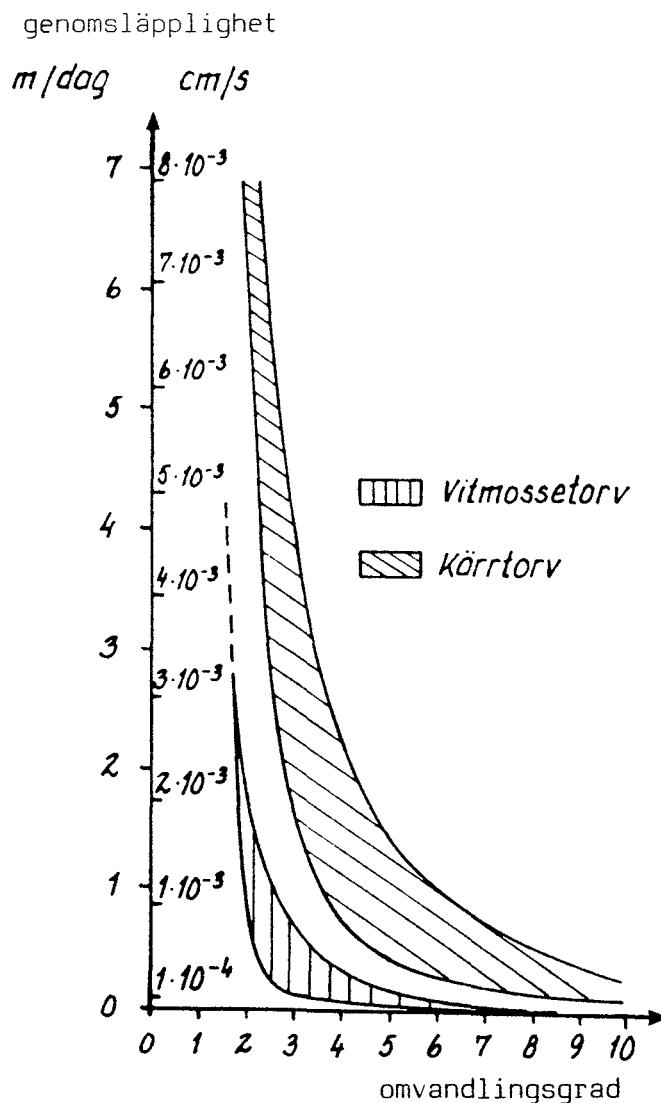
Gyttjelera, lergyttja och gyttja har egenskapen att de vid uttorkning bildar ett stabilt spricksystem. Detta gör dem mycket lättdränerade. Om bara avlopp finns är de ofta självdränerande. Tubulering eller slitsdränering kan vara ett sätt att påskynda uppkomsten av detta spricksystem.

Torvjordar

Figur 10 visar sambandet mellan genomsläpplighet och förmultningsgrad i olika torvtyper (Ericson et al., 1985).

På grund av sättning och bortodling blir funktionstiden för en rördränering begränsad. Olovsson (1984) föreslår därför tubulering, lämpligen med utlopp i öppna diken, som en intressant dräneringsmetod på dessa jordar.

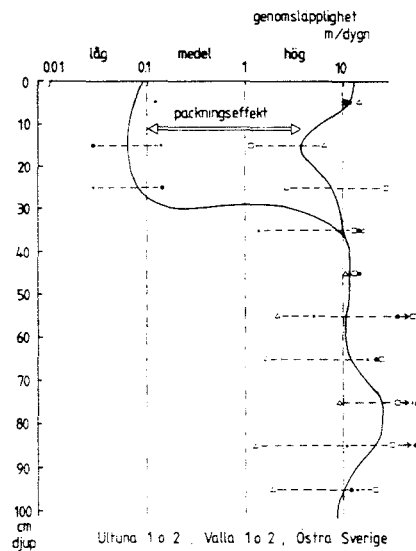
Ett vanligt problem på torvjordar är dålig bärighet (Heinonen, 1975).



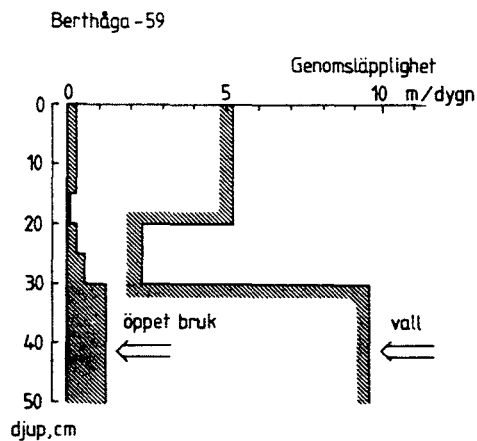
Figur 10. Samband mellan genomsläpplighet och omvandlingsgrad i två torvtyper. Omvandlingsgrad enl von Post (Ericson et al., 1985 efter Eggelsmann, 1972).

JORDAR MED PACKNINGSSKADOR

Som redan nämnts är det i första hand de grova porerna som påverkas vid packning. Det innebär att dränering och genomluftning försämras i packad jord. Samtidigt gör god dränering att jorden torkar upp snabbt och väl och packas mindre (Håkansson, 1984). Känsligast för packning är lerjordarna medan organogena jordar inte anses påverkas negativt av packning (Eriksson et al, 1974). På lerjordar finner man ofta en markerad ändring av strukturtyp på 30 till 40 cm djup. Genomsläppligheten kan, som framgår av figur 11 genom packning och ältning nå kritiskt låga värden i matjord och plogsula. Figur 12 illustrerar packningens och växtodlingens inverkan på genomsläppligheten (Eriksson, 1986).



Figur 11. Vattengenomsläpplighet m/dygn i profiler från Ultuna och Valla, Uppsala län vid olika strukturtillstånd (Eriksson, 1986).



Figur 12. Berthåga, Uppsala län. Vattengenomsläpplighet i lerjordsprofil under långvarig vall och öppet bruk (Eriksson, 1986).

GRÖNYTOR

På grönytor såsom golfbanor, flygplatser och fotbollsplaner har slitsdränering redan praktiserats i mer än 20 år (Baker, 1982 b). Dessa ytor, speciellt bollplanerna, utsätts ofta för kraftig packning och ältning i det översta jordlagret. Dessutom ställs ofta stora krav på dem såtillvida att de snabbt skall torka och att ytvatten helst inte alls skall förekomma (Adams, 1980). För detta syfte används slitsdränering, där slitsarna fylls med något genomsläppligt material. Denna metod används, som förbättringsåtgärd (Österberg, 1985) och i samband med anläggning (Skirde, 1974).

Fotbollsplaner, rugbyplaner m m bör fungera i stort sett i alla väder. Detta gäller speciellt de planer som används av klubbar i högre divisioner (Baker, 1982 a). Av den anledningen är det viktigt med en väl fungerande, snabb dränering.

Bollplaner kan anläggas efter olika principer. En typisk bollplan anlagd med slitsdränering kan se ut ungefär som följande: Täckdiken anläggs på ett djup av 0,5-0,75 m med ett avstånd av ca 5 m (Van Wijk, 1980; Tysk DIN-standard, 1974; Stewart och Adams, 1970 alla refererade i Ward, 1983). Dessa fylls igen med något genomsläppligt material, t ex grus, upp till en nivå så att god hydraulisk kontakt bildas med slitsarna. Vinkelrätt mot täckdikena, vilket i allmänhet innebär längs med planen, görs så slitsar 50-75 mm breda och 30-50 cm djupa. Dessa fylls med t ex sand eller grus. När dräneringssystemet nu är komplett läggs ett ungefär 10 cm tjockt lager sand som fungerar som vegetationsbärande skikt (Anonym, 1982).

Då slitsdränering används för att förbättra en dålig plan är det ofta i kombination med andra förbättringsåtgärder. I princip söker man uppnå samma förhållanden som beskrivits ovan (Österberg, 1985).

EROSIONSKONTROLL

I nordvästra USA har försök gjorts att hindra erosion genom att längs höjdkonturerna göra slitsar som fylls med växtrester. Växtresternas funktion är då att isolera så att botten på slitsen inte fryser, att hindra vattentransport längs slitsen och att hindra ytförtätning ("surface sealing") över slitsen. Slitsar med 4-6 m avstånd, 5-10 cm breda och 20-25 cm djupa har under de vid försöken rådande förhållandena visat sig effektivt kunna hindra erosion och ytavrinning på tjälad mark (Hyde et al., 1984).

10. EGNA UNDERSÖKNINGAR

10.1. Teknisk provning

Med Statens Maskinprovningars (SMP) hjälp gjordes i början på september 1985 en teknisk provning av slitsdikensfräsen. Kraftuttagsaxelns varvtal mättes, liksom vridmomentet på densamma, vidare även dragkraften och den exakta framkörningshastigheten. Dessa mätningar gjordes vid olika dikesdjup och framkörningshastigheter.

10.1.1. Försöksplats

Den tekniska provningen gjordes vid Lövsta herrgård som är en del av Ultuna egendom och ligger ca en mil sydost om Uppsala. Fältet där provningen genomfördes ligger strax sydväst om gårdscentrum och var bevuxet med vall. Vallen skulle brytas denna höst varför vändtegen, där vi körde, var Roundup-behandlad. Jordarten var gyttjelera.

10.1.2. Provnings utförande

Slitsdikesfräsen kopplades till en mätvagn som SMP tillhandahöll. Denna var utrustad med både trepunktslyft och kraftuttagsaxel. Framför mätvagnen fanns två traktorer, den närmaste drev fräsen via vagnens kraftuttagsaxel, som var genomgående, och den främsta bogserade hela ekipaget. Arrangemanget med två traktorer gjorde att det gick att variera hastigheten oberoende av PTO-varvtalet, vilket så gott det var möjligt, hölls konstant vid 1000 rpm.

Mätvagnen var utrustad med mätutrustning och ett datoriserat system för insamling av mätdata. Mätdata registrerades och lagrades 200-250 gånger per sekund.

Mätningar gjordes vid tre olika slitsdjup och vid fyra olika hastigheter på respektive slitsdjup. Hastigheterna bestämdes genom att först prova vad som bedömdes som maximal hastighet på respektive djup. Som "maximal hastighet" sattes den högsta hastighet då det gick att köra mer än en kort stund utan driftsstopp. Därefter kördes provning vid maximal hastighet och vid 75%, 50% och 25% av denna.

10.2. Praktisk körning vid anläggning av försök m m

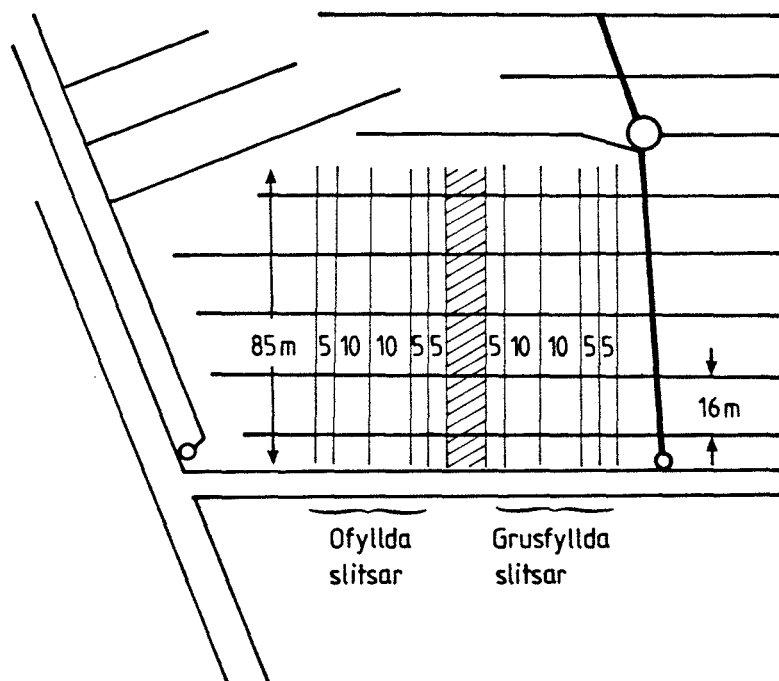
De praktiska erfarenheterna är inhämtade vid, utöver nämnda provning på Lövsta, provkörning på Ultuna och Nántuna, försöksutläggning på gårdarna Limsta, Stora Berga, Sörsalbo, Röbbäcksdalen och vid Umeå lantbruksskola, samt vid så kallad spårdränering av Trelleborgs idrottsplats.

10.2.1. Försöksplatser och försöksuppläggning

Limsta säteri ligger ca 15 km söder om Sala. Fältet var omtäckdikat 1982 med grusåterfyllning ungefär upp till plöjningsdjup, delvis med tanke på eventuell framtida tubulering av fältet.

Jordarten är mycket styv lera och man har problem med att i och för sig felfria dräneringssystem inte fungerar tillfredsställande pga dålig genomsläpplighet.

I månadsskiftet maj-juni anlades ett försök med öppna slitsdiken och i september ett med grusfyllda. Uppläggning och placering av de båda del-försöken framgår av figur 13. Uppläggningsen bygger på samma princip som tidigare använts av avdelningen vid dikesavståndsförsök (Håkansson, 1961).



Figur 13. Slitsdräneringsförsök vid Limsta. Slitsdikena gjordes 55 cm djupa. Fyllningen utgjordes av naturgrus, 6-12 mm.

Stora Berga är beläget ca 20 km sydväst om Söderköping vid Gårdeby. Jorden är styv till mycket styv lera. Fältet som slitsdikades var besått med våroljeväxter, men grödans uppkomst och utveckling var närmast att beteckna som missväxt. Vid slitsfräsningen kändes en stark svavelväte-lukt som tyder på syrebrist i marken.

Försöket på Stora Berga var avsett att vara direkt jämförbart med det på Limsta. Av den anledningen drogs inte slitsdikena ända ut till det öppna diket utan tanken var att vattnet via slitsdikena skulle ledas ner till de täckta dikena. På grund av tekniska problem fick slitsfräsningen avbrytas efter de tre första slitsdikena.

Sörsalbo ligger ca 20 km väster om Sala. Försöksfältet var en torvmosse med dålig genomsläpplighet. Försöket med slitsdränering anlades i direkt anslutning till ett befintligt försök med tubulering. Upptorkningen och därmed bärigheten var så dålig att brukaren i stort sett har givit upp hoppet om att kunna odla någon jordbruksgröda på jorden. Större delen av fältet, däribland området där slitsdiknings- och tubuleringsförsöken ligger, hade de senaste åren legat obrukat.

Då det på Sörsalbo redan fanns ett försök med tubulering lades slitsdikningsförsöket på ungefär samma sätt som tubuleringsförsöket. Två områden med relativt intensiv slitsdränering, 2,3 m mellan slitsdikena, iordningställdes för att kunna jämföras med intilliggande kontrollområde och även med de tubulerade områdena. Slitsdikena mynnade växelvis i de öppna dikena på vardera sidan om fältet.

Röbäcksdalens försöksgård ligger ca 2,5 km sydväst om centrala Umeå. Jordarten vid Röbäcksdalen domineras av mo, med inslag av mjäla och ler. Ytavrinning utgör en stor del av den totala avrinningen. Vid en under-

sökning under åren 1976-1981 utgjorde ytvavrinningen i medeltal 68 % av den totala avrinningen. Vissa år kunde motsvarande andel för tiden januari-juni överstiga 90 % (Gustafson et al., 1984). Dessa förhållanden innebär att en väl fungerande ytvattenavledning är av stor vikt då risken för ytvattenproblem med utvintring av grödorna annars är stor. Slitsdikning kan vara ett sätt att komma till rätta med dessa problem.

Vid Röbbäcksdalen anlades ett försök med slitsdränering på teglagd mark i vall som ett sätt att förbättra ytvattenavledningen. Slitsdikena anlades i tegriktningen med både öppna och grusade slitsdiken.

Umeå lantbruksskola ligger i Tjälamark ca 5 km NV om centrala Umeå. I stort sett gäller för marken här detsamma som sagts tidigare om Röbbäcksdalen.

Vid Umeå lantbruksskola bedrivs ett försök med slitsdikning på öppen mark, och ett med slitsdikning av svackor i en vall. I båda försöken jämförs grusade och ogrusade slitsar.

Fotbollsplanen på Trelleborgs idrottsplats hade länge kritiserats för dålig upptorkning och då Trelleborg kom upp i Allsvenskan till 1985 års säsong ansåg man att planen behövde renoveras. Första dagen på sommaruppehållet påbörjades renoveringsarbetet som bl a innefattade slitsdikning med sandåterfyllnad (i dessa sammanhang används termen spårdränering). Planen var uppbyggd med tvärgående täckdiken var femte meter och däremellan "förbättrat ursprungsmaterial", moränlera med sand och torv eller mulljord inblandad. Jorden innehöll mycket småsten av flinta och var hårt packad. Rotsystemets djup var ca 5 cm.

Slitsfräsningen genomfördes med samma sorts maskin som den som använts tidigare. Denna maskin var dock utrustad så att den uppfrästa jorden skulle kunna samlas upp i stället för att hamna på marken. Man slitsdikade i planens längsriktning och började med 1,5 m avstånd men fick lov att öka detta till 1,8 m, eftersom traktorhjulen kom för nära det närmast innan gjorda slitsdiken så att detta rasade ihop. Djupet på slitsdikena var i detta fall 30 cm. Bredden uppmättes till 7 cm.

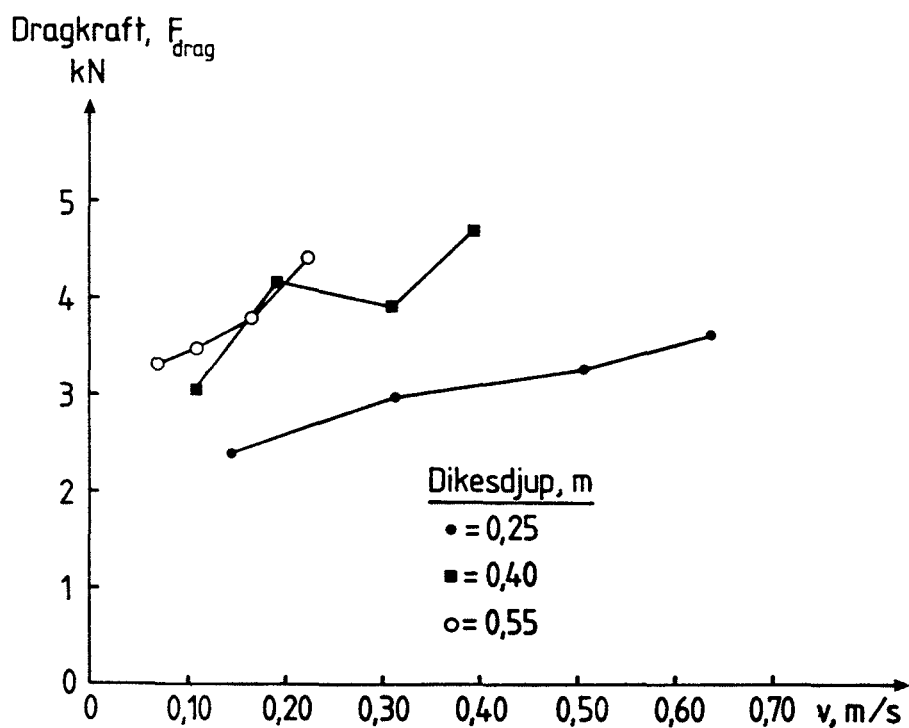
10.3. Resultat och erfarenheter

10.3.1. Resultat från teknisk provning

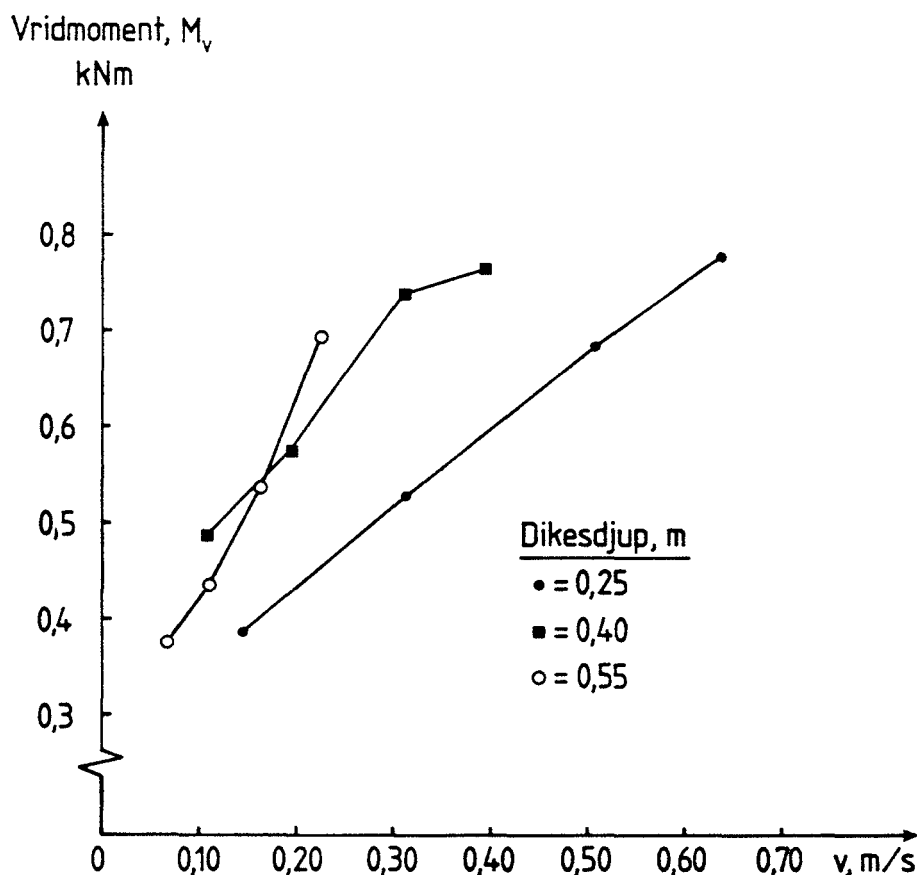
De primärdata som registrerades var körhastighet och dragkraft samt kraftuttagsaxelns varvtal och vridmoment. Medelvärden från dessa data redovisas i tabell 3, samt i diagramform i figurerna 14 och 15. I figur 14 visas hur dragkraften varierar med framkörningshastigheten och i figur 15 visas hur vridmomentet på kraftuttagsaxeln varierar med hastigheten. Vridmomentet i själva frässkivan torde variera på samma sätt men är fyra gånger större då skivans varvtal är fjärdedelen av kraftuttagsaxelns.

Tabell 3. Registrerade parametrar vid teknisk provning, medelvärden

| SLITSDJUP | KÖRHASTIGHET | | VARVTAL | | DRAGKRAFT kN | VRIDMOMENT kNm | |
|-----------|--------------|---------|---------|-------|-----------------|-------------------|--------|
| | m/s | m/h | r/s | rpm | | | |
| 55cm | 100% | 0,2248 | 809 | 16,19 | 971,4 | 4,414 | 0,6932 |
| | 75% | 0,1667 | 600 | 16,32 | 979,2 | 3,769 | 0,5368 |
| | 50% | 0,1092 | 393 | 16,46 | 987,6 | 3,474 | 0,4358 |
| | 25% | 0,06576 | 237 | 16,56 | 993,6 | 3,313 | 0,3772 |
| 40cm | 100% | 0,3953 | 1423 | 15,50 | 930,0 | 4,703 | 0,7645 |
| | 75% | 0,3121 | 1124 | 16,24 | 974,4 | 3,913 | 0,7396 |
| | 50% | 0,1913 | 689 | 16,24 | 974,4 | 4,160 | 0,5718 |
| | 25% | 0,1071 | 386 | 16,39 | 983,4 | 3,054 | 0,4851 |
| 25cm | 100% | 0,6385 | 2299 | 16,13 | 967,8 | 3,640 | 0,7777 |
| | 75% | 0,5070 | 1825 | 16,29 | 977,4 | 3,284 | 0,6844 |
| | 50% | 0,3133 | 1129 | 16,60 | 996,0 | 2,990 | 0,5298 |
| | 25% | 0,1455 | 524 | 16,84 | 1010,4 | 2,404 | 0,3877 |



Figur 14. Dragkraftens variation med ekipagets framkörningshastighet, v , vid 25, 40 och 55 cm slitsdjup.



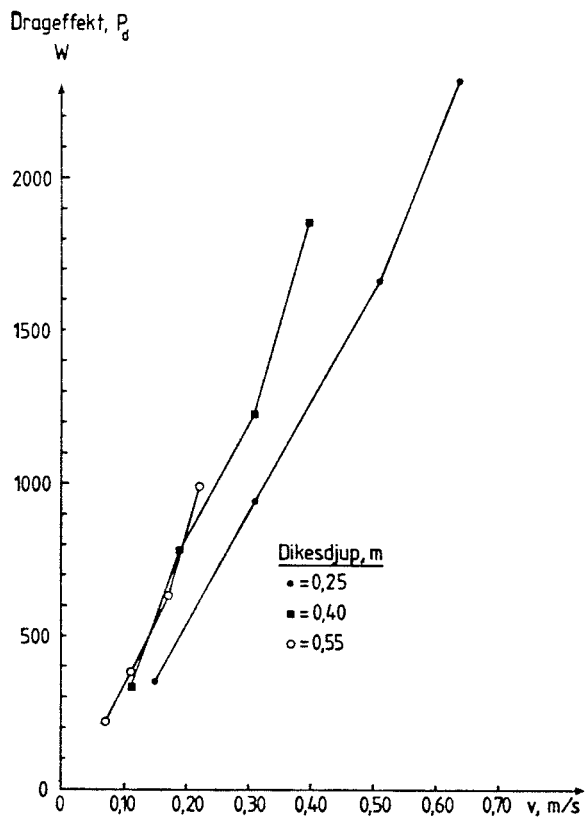
Figur 15. Vridmomentets variation med hastigheten. Vridmomentet mättes på kraftuttagsaxeln. Vridmomentet i frässkivan är pga utväxlingen fyra gånger så stort.

Utifrån mätdata, maskinens geometri och utväxling har uppgifter om effekt m m kunnat uträknas. De uppgifter som bedömts som mest intressanta presenteras i diagramform i figurerna. Det bör påpekas att uträkningarna har gjorts utifrån medelvärden, vilket kan innebära vissa fel. Dock hade en mer ingående bearbetning inneburit en alltför omfattande databehandling.

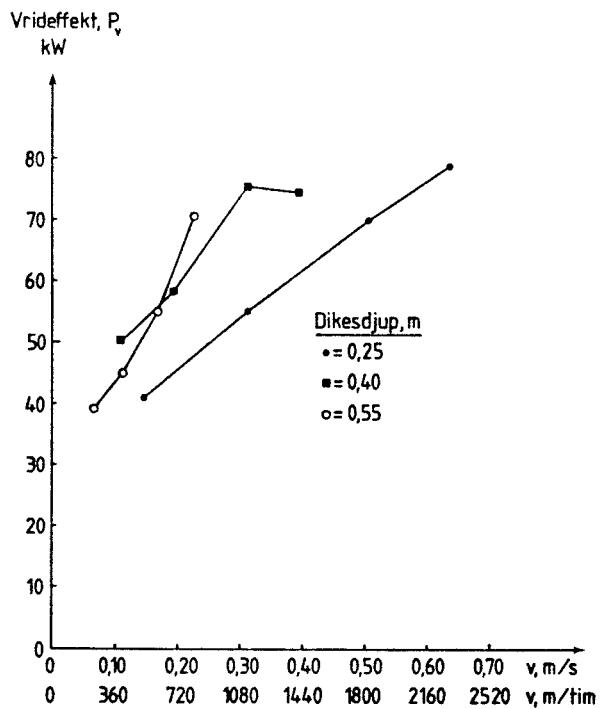
I figurerna 16 och 17 är dragkraft och vridmoment för jämförelsens skull omräknade till effekter. I figur 18 jämförs drageffekten med den totala effekten, vilken förutsätts vara lika med summan av drageffekt och vrid-effekt.

Efter att den uppfrästa volymen jord per tidsenhet räknats ut kan resultaten även illustreras som specifik energi per volymenhet uppfräst jord. Den specifika energin för dragande resp vridande arbete framgår av figurerna 19 och 20.

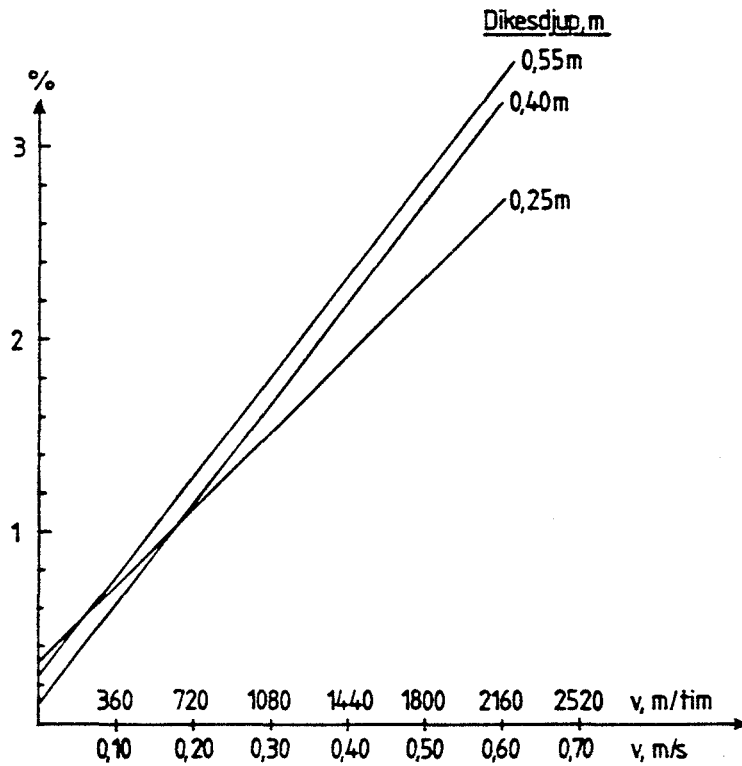
I figur 21 är samma värden som i figurerna 16 och 17 illustrerade i stapeldiagram. I staplarna är dessutom inlagt en uppskattning av den effekt som åtgår för att accelerera den uppfrästa jorden från stillastående till frässkivans periferihastighet. Dessutom tillförs jorden potentiell energi då den lyfts upp till den nivå där den släpper från skivan. Effekten som åtgår för detta ligger på maximalt ca 0,2 kW. Resten av tillförd effekt, dvs huvuddelen, går åt till sönderslagning av jorden och till inre och yttre friktion.



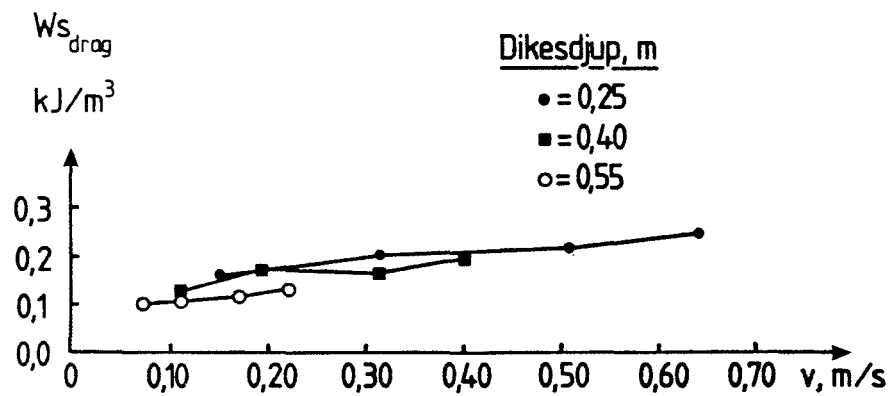
Figur 16. Drageffekten ($P_{drag} = F_{drag} v$) som funktion av hastigheten, v.



Figur 17. Vridenteffekten ($P_{vrid} = 2 \pi n M_v$) som funktion av hastigheten, v. n och M_v är varvtal resp vridmoment på kraftuttagsaxeln.

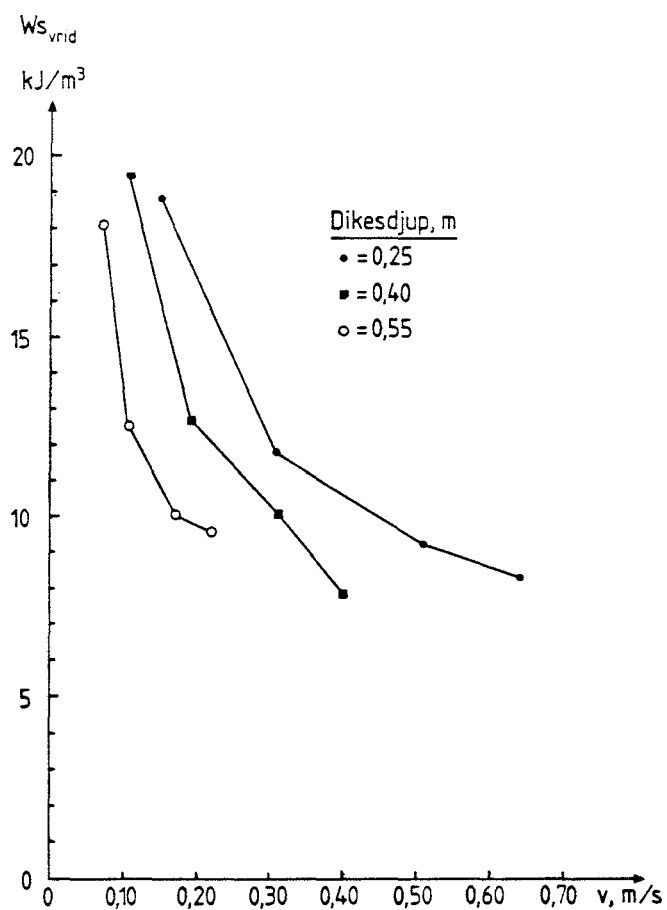


Figur 18. Drageffektens andel av den totala effekten.



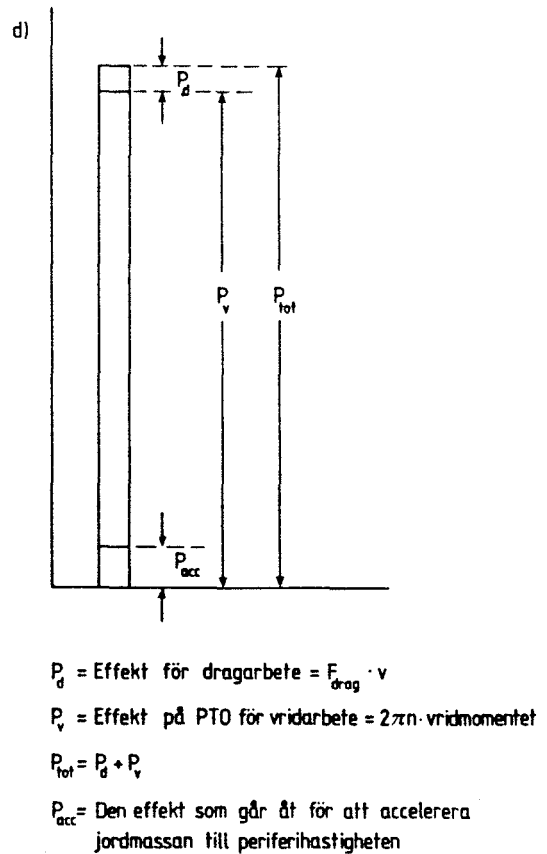
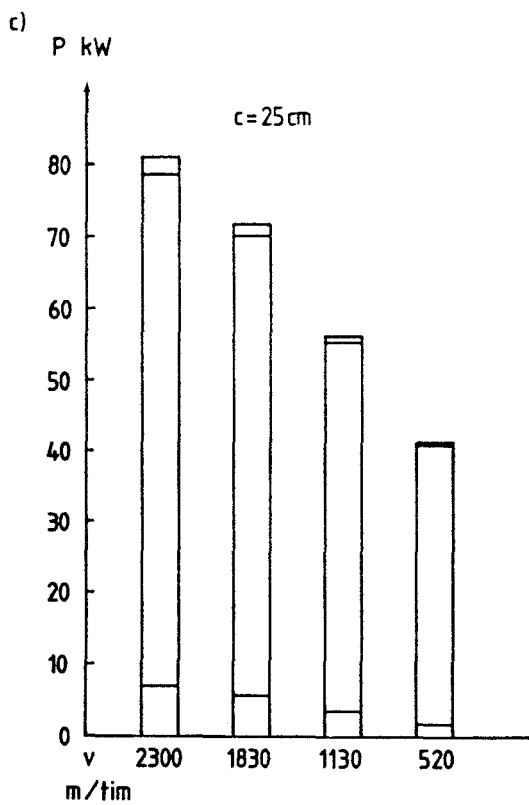
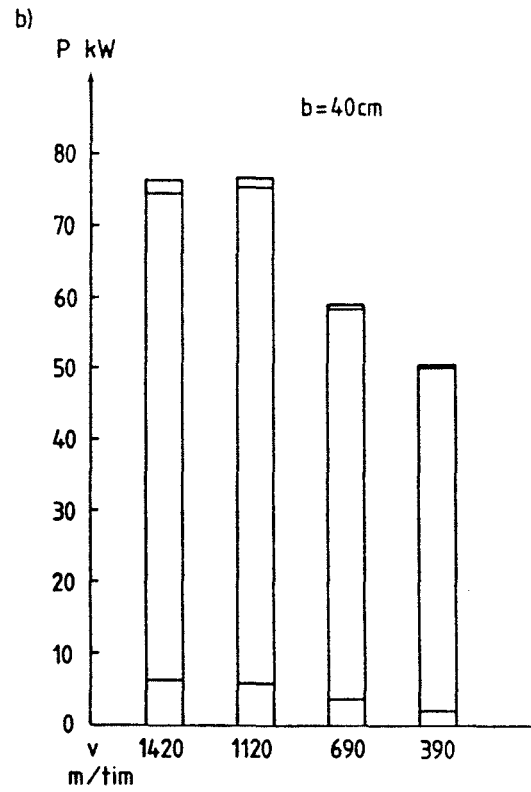
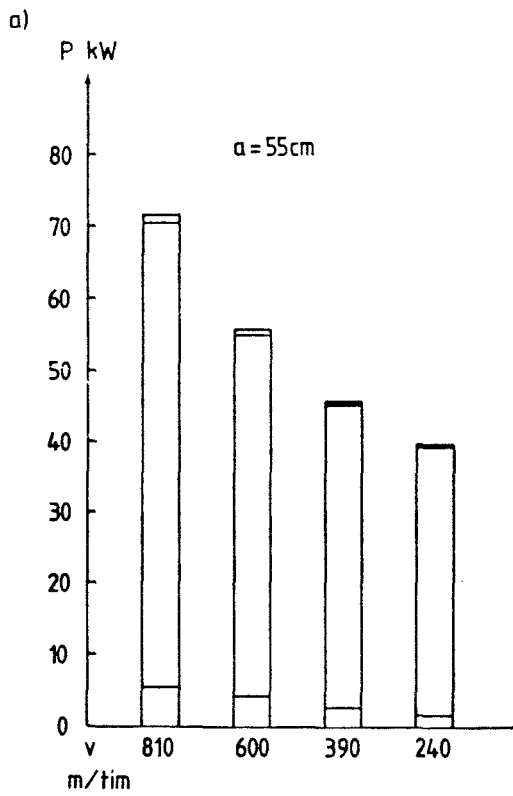
Figur 19. Specifika energiåtgången för dragarbete per volymenhet uppfräst jord,

$$W_{s\text{drag}} = \frac{P_{\text{drag}}}{q}, \quad q = \text{volym jord per sekund.}$$



Figur 20. Specifika energiåtgången för vridarbete per volymenhet uppfräst jord,

$$W_{s\text{vrid}} = \frac{P_{\text{vrid}}}{q}, \quad q = \text{volym jord per sekund.}$$



Figur 21. Total effektåtgång och dess fördelning mellan vridande och dragande effekt vid olika hastigheter och vid slitsdjupen 55 cm (a), 40 cm (b) och 25 cm (c). De olika effektkomponenterna förklaras i (d). P_{acc} är en uppskattning av den nyttiga effekten.

10.3.2. Avverkning

Då körhastigheten under slitsfräsning blir låg innebär det att övriga arbetsmoment som vändning m m inverkar endast till liten del på den totala avverkningen. Dessa har därmed inte studerats närmare. Däremot har ställtider pga olika problem och missöden ibland varit avsevärda och har därmed kunnat innebära kraftiga förseningar. Mer om detta under rubriken "Praktiska problem och erfarenheter".

I de flesta fall visade det sig att man måste hålla hastigheten betydligt lägre än vad tillverkaren angivit (se tabell 4).

Tabell 4. Framkörningshastigheter vid slitsfräsning, olika situationer och olika djup

| | km/tim |
|---------------------------|------------|
| Enligt tillverkarna: | |
| Melio | 1 - 2 |
| STS | 1 - 1,8 |
| Egna erfarenheter: | |
| Limsta, 55 cm djup | ca 0,7 |
| Stora Berga, 55 cm | ca 0,6 |
| Sörsalbo, 55 cm | 2 - 3 |
| Lövsta, 55 cm | 0,8 - 0,9 |
| 40 cm | 1,4 - 1,5 |
| 25 cm | 2,3 - 2,4 |
| Trelleborgs IP, 30 cm | 0,3 - 0,35 |
| Andras erfarenheter: | |
| Redrup (1985), STS, 50 cm | 0,35 |
| 35 cm | 0,70 |

Många faktorer avgör den maximala hastighet som går att köra. De viktigaste torde vara djup, varvtal och gräv-jordmotstånd (som i sin tur kan bero på jordart, vattenhalt, maskingeometri m m). Djupet har på Limsta, Stora Berga och Sörsalbo varit 55 cm, i Norrlandsförsöken 50 cm och på Trelleborgs IP 30 cm. Varvtalet hölls genomgående vid 1000 rpm på kraftuttaget, dvs ca 250 rpm på själva fräskivan. De enda undantagen är allra första gången maskinen provkördes och vid provningen på Lövsta med SMP. Något direkt mått på grävmotståndet finns inte. I föregående avsnitt redovisas vilka jordarter som förekommer i försöken. Vattenhaltens inverkan belystes i försöket på Limsta. På hösten direkt efter skörden slitsfrästes för försök med grusfyllda slitsar. Vattenhalten var då lägre än på våren och man fick lov att fräsa slitsdikena i två omgångar, första gången på ungefär halva djupet.

10.3.3. Dragkraftsbehov

Dragkraften har aldrig varit så stor att något traktorhjul slirat märkbart. Vid för stor belastning har detta visat sig på andra sätt.

10.3.4. Effektbehov

De traktorer som användes var i storleksordningen 60-75 kW (ca 80-100 hk). Som exempel på traktorer som användes ensamma kan nämnas en MB-trac 900 med krypväxel (maximal pto-effekt enligt tillverkaren 58 kW), en Marschall 904 XL (61 kW), och på torvjorden en Ford 7700 utan krypväxel (66 kW).

10.3.5. Stenkänslighet

Mindre stenar tycks inte vara något problem för maskinen. De åker upp med jorden, ibland efter att först ha slagits sönder. Den flintsten som förekom rikligt på Trelleborgs IP hade ofta färska brottytor. Dessutom körde man av misstag rakt igenom ett flaggstångsfundament av betong, även detta klarade maskinen utan större problem. Om man däremot kör emot en större, jordfast sten på ett sätt så att det blir tvärstopp har fräskivan så stor levande massa att skadan på maskinen kan bli avsevärd trots smatterkopplingen på kraftuttagsaxeln.

10.3.6. Förslitning

Slitdelarnas, dvs grävtändernas, förslitning varierade mycket, beroende på jordart, stenförekomst m m. Vid slitsning på två olika fotbollsplaner var grävtänderna den ena gången utslitna efter 400 m, medan de vid det andra tillfället bara var halvslitna efter 4500 m.

10.3.7. Praktiska problem och erfarenheter

Under arbetets gång gjordes vissa erfarenheter som kan vara bra att känna till för att undvika missöden och förseningar.

Av tillverkaren (Melio) rekommenderat kraftuttagsvarvtal var 540 eller 1000 varv/min. På de styva jordar vi huvudsakligen provat maskinen har det, vid fullt eller nära fullt arbetsdjup, bara varit möjligt att köra med 1000 rpm.

Vid provningen på Lövsta var meningen att motsvarande provning skulle göras även med 540 rpm men detta fick avbrytas då mätvagnens kraftöverföringsaxel vreds.

För att kunna köra tillräckligt långsamt utan att sänka varvtalet krävdes en mycket låg växel, eller användande av två traktorer. Tillräckligt låg växel för detta ändamål finns sällan som standard i traktorn utan den får i allmänhet kompletteras med en reduceringsväxel. Vid användande av två traktorer är traktorn som driver slitsfräsen frikopplad och extratraktorn bogserar denna. Då är det lätt att komma ner i tillräckligt låg körhastighet eftersom dragtraktorn kan köras på lågt varvtal.

För att kunna kopplas till 1000 rpm-uttagen krävdes, på de flesta traktorer, en adapter mellan fräsens kraftöverföringsaxel och kraftuttagstappen beroende på att antalet spår ("splines") inte stämde.

Ett hydraulslangfäste på toppstången bröts av mot traktorn då maskinen lyftes för högt. Det gick att skruva loss den trasiga biten men det var svårt att ersätta den då gängorna inte hade svenska standarddimensioner.

Hydraulsystemet ställde till problem även vid andra tillfällen. Anslutningarna fick lov att bytas för att passa till vissa traktorer och toppstångskolven fastnade vid ett flertal tillfällen.

I bakre delen på maskinen sitter en balk med fäste för kedjan från toppstången. Denna böjdes då den vid transportkörning på väg utsattes för stora krafter.

11. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

För att kunna dra några säkra slutsatser angående dräneringseffekt av slitsdränering och vilka parametrar som påverkar denna krävs att tekniken studeras på flera olika jordar under flera år. Detta dels för att täcka olika dräneringssituationer, men också för att visa hur länge en eventuell effekt kvarstår. Det borde dock inte råda någon tvekan om att tekniken är intressant i många sammanhang även i Sverige. Den har redan börjat användas för renovering av fotbollsplaner. I vilka situationer i övrigt den kan komma att få någon praktisk betydelse återstår att se.

På en del håll råder ibland sådana förhållande att om bara ytvattnet kan ledas bort går det bra att så på tjälen. Det är författarens uppfattning att det med rätt traktorutrustning bör gå att slitsfräsa i tjälad mark vilket skulle innebära en chans till effektiv ytvattenavledning. För att säkrare kunna uttala sig om detta bör de tekniska möjligheterna till slitsdränering på tjälad mark undersökas närmare, liksom effekten av densamma.

På den tekniska sidan kan en del erfarenheter, både egna och andras, vara värda att kommentera:

- * Kraftuttagsaxeln vreds vid det lägre varvtalet under den tekniska provningen vid Lövsta. Anledningen till detta antas vara att belastningen blev ojämnare. Eventuellt kan det också ha varit fråga om någon resonanseffekt.
- * Innan man insett vilka förhållanden som råder gällande varvtal och förhållandet mellan varvtal och framkörningshastighet är det lätt att tro att man behöver en starkare traktor även om så inte är fallet.
- * Storleksordningen på de traktorer som använts i försöken, 60 - 75 kW torde vara tillräcklig. Att ha större traktorer skulle inte innebära några fördelar eftersom det inte skulle gå att ta ut så mycket mer effekt utan att smatterkopplingen löser ut eller maskinen tar skada. Effekterna vid maximal hastighet på Lövsta borde ge en vägledning.
- * Man bör göra klart för sig hur djupa slitsar som behövs. Detta är beroende av vilket problem man söker avhjälpa och var i profilen problemet ligger. Om problemet är en tät plogsula bör man se till att komma igenom denna, men om jorden därunder är genomsläpplig är nyttan med att gå ännu djupare tveksam. Om problemet framförallt är en dålig ytvattenavledning kan det kanske räcka med ett par decimeter för att alla svackor ska kunna avvattnas. De resultat angående slitsdjup som Redrup (1985) redovisar och som refererats tidigare

kan möjligen tolkas som att ett stort slitsdjup inte alltid ger bättre dränering.

Med tanke på den minskande energiåtgången och möjligheten att hålla en högre framkörningshastighet ju mindre djupet är, bör djupet inte vara större än vad behovet påkallar. Den högre hastigheten kan innebära att det inte krävs en traktor med krypväxel eller två traktorer. Dessutom kan det vara möjligt att gå ner i traktorstorlek pga det mindre effektbehovet.

- * Vid försöken i Kent (Redrup, 1985) förekom problem med djuphållningen. På STS-fräsen regleras djupet hydrauliskt. På Melio-fräsen regleras djupet antingen med en höj- och sänkbar släpsko eller, vilket var fallet med den maskin som användes i Trelleborg, med stödhjul. Denna modell tycks fungera bättre. Djupinställningshjul går att köpa som extra tillbehör till STS-fräsen.
- * För att undvika problem med att släpskon sjunker ner bör kedjan med vilken bakre delen av (Melio-)fräsen lyfts hållas sträckt under körning.
- * Det har redan konstaterats att maskinen klarar även en tämligen riklig förekomst av mindre stenar. Större jordfasta stenar klarar den däremot inte av. För att minska skadorna vid påkörning av en sådan föreslås att grävtänderna fästs så att de böjs undan vid allt för hög belastning. Detta görs förslagsvis med hjälp av brytpinnar. Maskinen är visserligen redan utrustad med en smatterkoppling men eftersom den sitter i kraftuttagsaxeln måste påkänningen vidarebefordras genom hela maskinen innan den löser ut. Dessutom har fräskivan en väldigt stor levande massa som utsätts för ett tvärstopp vid stenpåkörning om inte grävtanden ger efter.
- * För att jämna ut belastningarna och därmed förhoppningsvis öka maskinens hållbarhet bör Melio-fräsen förses med en elastisk koppling.
- * För att undvika att den bakre balken som kedjan fästs i böjs vid för stora belastningar bör balken förstärkas.
- * Bättre utformade grävtänder skulle troligen nötas mindre och kunna minska effektbehovet.
- * Maskinen bör redan vid tillverkningen förses med delar av standarddimensioner och standardtyp. Köparen bör kontrollera att så har skett. I annat fall bör han snarast gå igenom maskinen och antingen byta ut vissa delar eller i förväg skaffa hem reservdelar av rätt typ och dimension. På det viset kan många onödiga, och eventuellt dyra, avbrott undvikas. Detta gäller framförallt hydraulanslutningar och gängor.

Med anledning av vad som ovan sagts om grävtänderna föreslås att dessa studeras närmare. Vad som bör undersökas är hur belastningen kan minskas och jämnas ut genom en bättre form på grävtänderna. Hur antalet och placeringen av tänderna påverkar ovanstående bör också undersökas. Dessutom bör infästning av grävtänderna med hjälp av brytpinnar som ett sätt att minska skadorna vid stenpåkörning undersökas.

Vid analys av resultaten från den tekniska provningen framgår att det vore önskvärt med ytterligare provningar av liknande typ. En provning

med konstant hastighet på olika djup skulle göra det möjligt att säkrare kunna uttala sig om förhållandet mellan djup och effekt, energiåtgång m m. Denna provning bör göras vid några olika hastigheter, huvudsakligen sådana hastigheter att djupet kan varieras maximalt.

För att det ska gå att jämföra funktionen på olika jordar bör provningen göras på några olika representativa jordar. För att detta skall vara meningsfullt bör jordarnas fysiska egenskaper registreras och relateras till provningsresultatet. Den viktigaste egenskapen som bör registreras synes vara skjuvhållfastheten. Beroende på ambitionsnivå och syfte med undersökningen kan mätning av skjuvhållfastheten kompletteras eller ersättas med någon eller några andra uppgifter såsom jordart, vattenhalt och uppgift från brukaren om plöjningsförhållanden.

12. SAMMANFATTNING

I detta examensarbete har slitsdikning/slitsdränering studerats. Slitsdikning är en metod att avleda i första hand ytvatten. Detta sker genom upptagande av smala, relativt grunda diken, "slitsdiken". Dikena kan antingen lämnas öppna eller fyllas med något genomsläppligt material. Tekniken kan användas i kombination med annan dränering eller som enda dräneringsåtgärd, beroende på behov och förutsättningar.

Maskinen som använts vid slitsdikning, kan liknas vid ett mellanting mellan en grävhujsmaskin och en cirkelsåg. Maskinen benämns i detta arbete slitsfräs. Den slitsfräs som har studerats är av västtysk tillverkning och heter Melio Grabenfräse. Andra fabrikat finns också och uppsatsen bygger delvis även på uppgifter om en engelsk slitsfräs vid namn STS-Trencher (STS=Shelton Trenching Systems).

För dimensionering av kombinerade dräneringssystem med (sand- och/eller grusfyllda) slitsdiken redovisas i uppsatsen en modifiering av Hooghoudts formel.

Vid försök i England under åren 1982-84 erhöles viss dräneringseffekt vid slitsdikning. Detta försök visade också att man måste räkna med kort varaktighet för slitsdiken. Sannolikt kan slitsdikenas varaktighet förlängas genom fyllning med genomsläppligt material.

Olika situationer beskrivs där en effektivare avledning av ytvatten och grunt liggande markvatten behövs och där det därmed är av intresse att prova slitsdikning.

Svenska försök med slitsdikning inleddes 1985. Resultat av dessa redovisas inte i denna uppsats.

Eftersom uppgifter saknats om kraftförhållandena i marken vid slitsfräsning har litteratur från motsvarande undersökningar vid jordfräsning studerats. Några olika sätt att nalkas problematiken redovisas.

De egna undersökningarna rörde i första hand den tyska slitsfräsens tekniska funktion. Dels gjordes en teknisk provning som sökte ge besked om kraft-/effektförhållandena vid olika djup och hastighet. Dels anlades försök på flera platser varvid praktiska erfarenheter angående teknisk funktion erhöles.

Den tekniska provningen utfördes med hjälp av datoriserad mätutrustning som tillhandahölls - tillsammans med ovärderlig assistans - av Statens Maskinprovningar. De parametrar som registrerades var varvtal och vridmoment på kraftuttagsaxeln, framkörningshastighet och dragkraft.

För att kunna jämföra dragkraft och vridmoment räknades båda om till effekter varvid det kunde konstateras att dragkraften står för en mycket liten del av det totala effektbehovet, som högst omkring 3 %. Dragkraftens andel ökade med ökad hastighet. Det kunde också konstateras av det totala effektbehovet vid normal körning att traktorhjulena aldrig slirade, oavsett vilken traktor som användes. Överbelastning visade sig på andra sätt.

Energiåtgången per volymsenhet uppfräst jord räknades också ut. Den sjönk med ökad hastighet och var som högst omkring 20 kJ/m³.

Körhastigheten vid slitsfräsning är relativt låg. Vid fullt arbetsdjup har det i de flesta fall gått att köra i ungefär en halv km/tim. Detta innebär att övriga arbetsmoment påverkar avverkningen i relativt liten grad. Däremot har ställtider på olika missöden ibland varit avsevärda.

Slitsfräsen drivs med traktorns kraftuttag. För god funktion var det nödvändigt att köra kraftuttaget med cirka 1000 varv/min. Detta i kombination med den låga hastigheten har inneburit att krypväxel varit nödvändig eller att två traktorer använts, en för att driva slitsfräsen och en för att bogsera hela ekipaget.

Slitsfräsen är utrustad med smatterkoppling på kraftuttagsaxeln. Trots detta kan skadan bli avsevärd vid tvärstopp. Någon form av stentutlösning på själva grävtänderna förslås därför.

13. LITTERATURFÖRTECKNING

Adams, W. A., 1980. Soils and Plant Nutrition for Sportsturf: Perspective and Prospects. Proc. 4th Internat. Turfgrass Res. Conf. 1980. Kap 21, s. 167 - 79.

Anonym, 1982. PM gets the vote for British sport pitches. Turf Management, Januari 1982, s. 72.

Anonym, 1985. Drainage yields a "full crop". Anglia Farmers Contractor, Januari 1985.

Anonym, odaterad. Melio Schlitz-Grabenfräse SGF 60/600. Informationsblad. Chr. Schmidt, Colmar 1, D-2882 Ovelgönne 1, BDR.

Anonym, odaterad. Shelton trenching systems, the fast and inexpensive solution to excessive water. Informationsbroschyr. Underriver Farm, Underriver, Sevenoaks, Kent TN15 0SJ England.

Baker, S. W., 1982 a. Regional variation of design rainfall rates for slit drainage schemes in Great Britain. J. Sports Turf Res. Inst., vol. 58, s. 57 - 63.

- Baker, S. W., 1982 b. Principles of Slit Drainage. Parks, Golf courses & Sports Grounds, vol. 47, s. 20 - 26.
- Bailey, A. D. 1978. Agricultural drainage in England and Wales. Agricultural Engineer 33(4), s. 107 - 11.
- Beard, J. B., 1973. Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J. (USA), s. 333 - 36; 360 - 65.
- Berglund, G., 1956. Tubulering. Resultat av svenska tubuleringsförsök under åren 1948 - 56. Särtryck: Grundförbättring 1956: 3 och 4.
- Eggelsmann, R., 1972. Dränbemessung im Moor nach Tiefe, Abstand und Art. Telma, band 2, Hannover, Juni 1972, s. 98.
- Ericson, L., Fabricius, M., Danielsson, E., Hultman, B., Juto, H. & Huhtasaari, C., 1985. De odlade jordarna i Norrbottens och Västerbottens län. SLU, Inst. för markvetenskap. Rapport 146.
- Eriksson, J., Håkansson, I. & Danfors, B., 1974. Jordpackning - markstruktur - gröda. Jordbrukstekn. institutet (JTI). Medd. 354, 82 s.
- Eriksson, J., 1986. Jordpackning - markstruktur - dränering. SLU, Inst. f. markvet./hydroteknik, Konsulentavd. rapporter, Allm. 84.
- Gustafson, A., Gustavsson, A. S. & Torstensson, G., 1984. Intensitet och varaktighet hos avrinning från åkermark. SLU, Avdelningen för vattenvård. Ekohydrologi 16, 74.
- Heinonen, R., 1975. Jordarterna och deras brukningsegenskaper. Lantbrukshögskolan, Uppsala, B 23, 42 s.
- Hendrick, J. G. & Gill, W. R., 1971. Rotary-Tiller Design Parameters, I. Direction of Rotation (609 - 74), II. Depth of Tillage (675 - 78), III. Ratio of Peripheral and Forward Velocities (679 - 83). Transactions of the ASAE, 14/1971/4, s. 669 - 83.
- Hyde, G. M., George, J. E., Saxton, K. E. & Simpson, J. B., 1984. Straw-filled slots retard soil erosion. Agriculture Engineering, Januari 1984, s. 26 - 29.
- Håkansson, A., 1961. Dräneringsförsök med olika dikesavstånd. Tidskr. f. jordbr. rationalisering genom grundförbättringar, Spec. nr 4/1961.
- Håkansson, I., 1984. Jordpackning. Sv. lantbruksinformation 4/1984, 11 s.
- Knobloch, H., 1969. Styromull - Schlitzdränung, Dränplatte und Dränbalken - neue Begriffe der Dräntechnik. Z. f. Lohnunternehmen in Land- und Forstwirtschaft, 24/1969, s. 10 - 13.
- Kuntze, H. von, 1973. Ein neues Verfahren zur Verbesserung staunasser, besandeter Hochmoore. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 14, s. 160 - 67.
- Leeds-Harrison, P., Spoor, G. & Godwin, R., 1982. Water flow to mole drains. J. Agric. Eng. Res. 27, s. 81 - 91.

- Olovsson, I., 1984. Tubulering. Examensarbete i hydroteknik. Avd. f. lantbrukets hydroteknik.
- Redrup, A. K., 1985. Investigation into the shelton trenching system of slit trench drainage. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF), Land and Water Service, Research and development, Field Engineering. Report No. RD/FE/27 TFS 7446, Augusti 1985, 11 s.
- Richardson, R. D., 1958. Some Torque Measurements taken on a Rotary Cultivator. J. of Agric. Engin. Res. 3/1958, s. 66 - 68.
- Saavalainen, J., 1984. Täckdikarens handbok Del 1B: Torrläggingsgrunder. Salaojakoulutuksen Kannatusghdistys, s. 1 - 83.
- Skirde, W., 1974. Markbyggnad och markförbättring för gräsytor. Utdrag ur Vegetationstechnik, Rasen und Begrünungen, översättn. t. svenska, s. 1 - 34.
- Smedema, L. K. & Rycroft, D. W., 1983. Land Drainage. Batsford Academic and Educational Ltd, London.
- Spoor, G., Leeds-Harrison, P. & Godwin, R. J., 1982. Some Fundamental aspects of the formation, stability and failure of mole channels. J. of Soil Sci. 33, s. 411 - 25.
- Thomasson, A. J., edit., 1975. Soils and field drainage. Technical monograph no 7, Rothamsted Experimental Station.
- Unhanand, K. & Kadir, T. N., 1975. A Theory of the Combined Mole-Tile Drain System. Dep. of Agricult. and Irrig. Engin., Utah State Univ., Water resources research, Februari 1975 Vol B no. 1, s. 111 - 19.
- Ward, C. J., 1983. Sports Turf Drainage. a Review. J. Sports Turf Res. Inst. Vol 59/1983, s. 9 - 27.
- Österberg, N., 1985. Ny metod för renovering av slitna bollplaner (SGR). Utemiljö 4/1985, s. 72 o 74.

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

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

- 81:1 Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K., Ingvarsson, A., Karlsson, I., Karlsson, S.-E.: Resultat av 1980 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 13 + 47 + 38 s.
- 82:1 Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K. & Karlsson, S.-E.: Resultat av 1981 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 80 s.
- 83:1 Berglund, G., Eriksson, J. & Karlsson, S.-E.: Resultat av 1982 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 82 s.
- 83:2 Bjerketorp, A.: Höjning av nivåerna vid lågvattenföringar i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. 4: Vattenståndet i den centrala sjökedjan. 41 s.
- 84:1 Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.-L.: Resultat av 1983 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 103 s.
- 84:2 McAfee, M.: Assessing the effects of mole drainage on physical properties of a peat soil. Results from an experiment in mole drainage laid down in 1983. 23 s.
- 85:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.-L.: Resultat av 1984 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 89 s.
- 85:2 Jernlås, R.: Transport av bekämpningsmedel efter markapplicering. Litteraturstudie och experiment. 33 s.
- 85:3 McAfee, M.: Ytsänkning på torvjord. Bälinge Mossar 1904-1984. 31 s.
- 85:4 Heimer, A.: Värmlands Säby: Bestånds- och rotutveckling efter yt-täckning och strukturkalkning på en slammingsbenägen, torkkänslig mellanlera. 55 s.
- 85:5 Aronsson, Y.: Markförsämring genom saltanrikning. 87 s.
- 85:6 Bjerketorp, A. & Josefsson, L.: Vattenföring genom cirkulära brottrum. Beräkningssätt under olika hydrauliska betingelser. 16 s.
- 85:7 Armstrong, B.: Bevattning - en global översikt. 55 s.
- 86:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Svensson, M., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.-L.: Resultat av 1985 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 85 s.
- 86:2 Bjerketorp, A. & Johnson, L.: Kalhuggningens och skogsdikningens inflytande på vattendragens flöden. En kortfattad kunskapsöversikt. 15 s.

- 86:3 Johansson, W.: Rapport över nordisk forskarkurs om markluft. 30 s.
- 87:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.-L.: Resultat av 1986 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 100 s.
- 87:2 Ljung, G.: Mekanisk analys. Beskrivning av en rationell metod för jordartsbestämning. 13 s.
- 87:3 Benz, J.: Underbevattning. Studier av grödans tillväxt och vattenförbrukning vid olika djup till grundvattenytan på en lerig grovmo. S. 1-15.
Alinder, S.: Avloppsvatten för underbevattning. Försök med biologiskt renat avloppsvatten till underbevattning. S. 16-24.
- 87:4 Olovsson, I.: Tubulering - En metod att förbättra dräneringen på jordar med låg genomsläpplighet. 35 s.
- 87:5 Segerros, M.: Inverkan av uppdämning på grundvattenstånd. En studie på Mästermyr. 67 s.
- 88:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.-L. Resultat av 1987 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 80 s.
- 88:2 Nilsson, Å.: Syrediffusion och redoxpotential vid olika markvattenhalter i styv lera. 54 s.
- 88:3 Rehn, J.-E.: Slitsdränering. Teknisk-hydrologisk utvärdering av en ny dräneringsmetod. 37 s.

- Denna serie meddelanden utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara av i första hand internt intresse. Uppsatser lämpade för en mer allmän spridning publiceras bl a i avdelningens rapportserie. Tidigare nummer i meddelandeserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Communications 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 other articles considered to be of interest mainly within the department. Articles of more general interest are published in, for example, the department's Report series. Earlier issues in the Communications series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet

ISSN 0282-6569

Avdelningen för lantbrukets hydroteknik

750 07 UPPSALA, Sverige

Tel. 018-67 11 65, 67 11 81
