



Tubulering – en kostnadseffektiv markvårdsåtgärd

Mole drainage – cost effective soil conservation

Jan Lindström
Harry Linnér
Johan Arvidsson



**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

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

**Avdelningsmeddelande 02:6
Communications**

Uppsala 2002

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--02/6--SE



Tubulering – en kostnadseffektiv markvårdsåtgärd

Mole drainage – cost effective soil conservation

Jan Lindström
Harry Linnér
Johan Arvidsson



**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

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

**Avdelningsmeddelande 02:6
Communications**

Uppsala 2002

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--02/6--SE

FÖRORD

Denna studie har genomförts i samarbete mellan Avdelningarna för hydroteknik och jordbearbetning, Institutionen för markvetenskap, SLU. Projektet genomfördes i två fastliggande fältförsök utlagda på Ulfhäll och Fiholmsby i Södermanland under åren 1998-2000.

Agr. stud. Niklas Björkman har utfört såbäddsundersökningar i försöken. Arbetet med titeln: Tubulering, strukturkalkning och tidig sådd på två styva lerjordar i Sverige – effekter på såbäddsberedning, plantetablering och skörd, är publicerad vid Den Kgl. Veterinaer- og Landbohøjskole, Köpenhamn, Danmark.

Hushållningssällskapet i Södermanlands län har utfört jordbearbetning, sådd, gödsling, bekämpning, gradering, skörd mm. Försöksvärden Lars-Håkan Carlsson på Fiholmsby gård täckdikade försöksplatserna.

Stiftelsen Lantbruksforskning har finansierat projektet.

Partec Nordkalk har bidragit med kalken som ingick i försöken.

Slutligen ett tack till alla som gjort studien möjlig.

Uppsala, april 2002

Jan Lindström

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	7
SUMMARY.....	8
INLEDNING.....	9
Bakgrund.....	9
Syfte	11
MATERIAL OCH METODER.....	11
Försöksplatser och utförande.....	11
Försöksplan.....	11
Täckdikning och tubulering.....	12
Strukturkalkning.....	12
Markundersökningar och fältstudier.....	13
Såbädd.....	13
Infiltration.....	13
Grundvattenstånd.....	13
Laboratorieanalyser.....	13
Markfysikalisk karakteristik.....	13
Ulfhäll.....	14
Fiholmsby.....	14
Väderlek.....	18
RESULTAT.....	18
Fältundersökningar.....	18
Såbädd 1998.....	18
Såbädd 1999.....	18
Konduktivitet.....	19
Infiltration.....	19
Grundvattenstånd.....	20
Skörd och kvalitet.....	21
Ulfhäll 1998-2000.....	21
Fiholmsby 1998-2000.....	25
Ulfhäll och Fiholmsby 1998-2000.....	29
DISKUSSION.....	30
LITTERATURFÖRTECKNING.....	31
BILAGOR.....	32
Bilaga 1. Markdata för Ulfhäll.....	32
Bilaga 2. Markdata för Fiholmsby.....	33
Bilaga 3. Såbäddsundersökningar vid Ulfhäll under 1998 och 1999.....	34
Bilaga 4. Såbäddsundersökningar vid Fiholmsby under 1998 och 1999.....	36
Bilaga 5. Nederbördsdata.....	38

SAMMANFATTNING

I föreliggande rapport redovisas resultat från en undersökning i två fältförsök belägna i Södermanland. Försöksserien pågick under åren 1998 till 2000.

Syftet med undersökningen var att utvärdera tubuleringens användbarhet som komplement till täckdikningen i kombination med strukturkalkning och olika såtider.

I försöksplanen ingick följande åtgärder och såtider:

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

a = Kontroll

b = Strukturkalkning

I försöksled med tubulering var avståndet mellan tuberna 3 m och djupet 0,5 m. Led b kalkades med 6 ton osläckt kalk (CaO) per hektar. Försöken plöjdes och jämnades till på hösten. Såleden 1 och 2 harvades före sådd medan såled 3 såddes direkt så tidigt som möjligt.

I försöken utfördes avkastnings- och kvalitetsbestämning, såbäddsundersökning, grundvattennivå- och infiltrationsmätning samt markfysikaliska undersökningar på laboratoriet mm.

På Ulfhäll och Fiholmsby var jordarten styv till mycket styv lera. Båda profilerna hade inslag av gyttja. På Ulfhäll var konduktiviteten mycket låg i matjorden och hög i alven. På Fiholmsby var konduktiviteten genomgående hög i profilen ned till 80 cm:s djup. På båda platserna blev konduktiviteten dubbelt så hög i centrala matjorden på det strukturkalkade ledet jämfört med kontrolledet.

Skörderesultaten varierade på grund av stora skillnader i väderlek under de tre åren. År 1998 var ett extremt blött år medan 1999 var nederbörden normal under odlingssäsongen. År 2000 var våren nederbördsfattig och följdes av en regnig kylig sommar.

Den milda och nederbördsrika vintern och våren 1997-1998 gjorde att grundvattennivån låg mycket högt i marken och tuberna blev stående vattenfyllda och kollapsade delvis på båda försöksplatserna.

Skörderesultaten från försöken visar på måttliga, ej signifikanta avkastningsskillnader utom för den första såtiden utan vårbearbetning. Där blev avkastningen för stråsäd i medeltal 10% lägre för sammanlagt fem skördeår. Ärterna gav en merskörd för såtid 2 och 3 med 8 respektive 5%.

Tubuleringseffekten var bättre på Fiholmsby än på Ulfhäll. Merskörden blev på Fiholmsby i medeltal 6% för tubuleringen. På Ulfhäll hade tubulering förstärkt med dräneringsrör större effekt jämfört med konventionell tubulering.

Strukturkalkning gav en skördeökning på Ulfhäll och Fiholmsby med 2 respektive 5% för stråsäd och en skördeminskning med 8% för ärtorna.

Resultaten från den genomförda studien visade att tubulering inte lämpar sig på jordar där grundvattenytan kan stiga högt i markprofilen. Tuberna kollapsar lätt och tubuleringen måste göras om. Ett sätt att undvika att tuberna faller ihop är att förstärka dem med dräneringsslang.

Skörderesultaten från de olika såtiderna visade att den tidiga såtiden med konventionell såbäddsberedning höjde avkastningen medan den extra tidiga såtiden på denna typ av jord resulterade i skördesänkning.

SUMMARY

This report contains the results of a series of field trials carried out on two sites, Ulfhäll and Fiholmsby in Södermanland, during the period 1998-2000.

The aim of the trials was to evaluate the effects of mole drainage as a complement to tile drainage in combination with liming and variation in sowing date.

The trial layout included the following treatments and sowing dates:

A = Control

B = Mole drainage

C = Piped mole drainage

1 = Conventional seedbed preparation with normal sowing date

2 = Conventional seedbed preparation with early sowing

3 = Sowing without harrowing and as early as possible

a = Control

b = Liming

In the mole drainage treatments, the distance between drains was 3.0 m and the drains were installed at 0.5 m depth. Treatment b was limed with quicklime (CaO) 6 tons/ha. The plots were ploughed and levelled out in the autumn. Sowing treatments 1 and 2 were harrowed before sowing, while sowing treatment 3 was direct-drilled as early as possible.

Yield and quality determinations, seedbed inspections, groundwater level and infiltration measurements and soil physical investigations in the laboratory were carried out for all plots.

The soil at the Ulfhäll and Fiholmsby sites is a heavy to very heavy clay, and the soil at both sites contains some gyttja. At Ulfhäll, the hydraulic conductivity was very low in the topsoil and high in the subsoil, while at Fiholmsby, the conductivity was high throughout

the profile to 80 cm depth. At both sites, the conductivity in the central topsoil of the limed plots increased to twice that in the control treatment.

The yield results varied due to extreme variations in weather during the three-year experimental period. 1998 was an extremely wet year, while 1999 the precipitation was normal during the growing season. In 2000, there was a dry spring followed by a cool and rainy summer.

The mild, wet winter and spring of 1997-1998 meant that the groundwater level in the soil was very high. The mole drains were water-filled for a time, causing some of them to collapse on both sites.

The yield results from the trials showed that there were small and non-significant yield differences between treatments except for the first sowing without spring tillage treatment. In that treatment, the yield of grain was on average 10% lower for a total of 5 harvest years. A pea crop showed yield increases of 8 and 5 % for sowing treatments 2 and 3 respectively.

The effect of mole drainage was better on Fiholmsby than Ulfhäll. There was an average yield increase of 6% for mole drainage on the Fiholmsby site.

Liming produced grain yield increases of 2 and 5% on Ulfhäll and Fiholmsby respectively, while it decreased pea yields overall by 8%.

The results of the investigation showed that mole drainage are not suitable on soils where the groundwater in the soil profile can rise to a high level. The mole drains can collapse and one must do the mole drainage over again. One way to avoid the mole drains to collapse are to put drain-pipe inside them.

The results of different sowing dates showed that the early sowing date with conventional seedbed preparation increased the yield of grain while the extra early sowing date decreased the yield.

INLEDNING

Bakgrund

Förändringar i växtföljder och odlingsteknik sedan 1940-talet har på en stor del av åkerarealen medfört fysikaliska markförsämring (Johansson et al., 1993). Särskilt har strukturen på många lerjordar successivt försämrats på grund av minskad vallodling, minskad stallingödseltillförsel och större maskinbelastning. Effekterna av denna strukturförsämring yttrar sig i lägre genomsläpplighet för vatten och luft, långsammare dränering av överskottsvatten på våren, kvarstående ytvatten efter regn, sämre rotutveckling, vattenförsörjning och växtnäringsutnyttjande samt större bearbetnings- och dragkraftbehov. Försämrade markstruktur har hittills kompenseras genom ökade insatser av produktionsmedel. Dragkraftbehovet och bränsleförbrukningen är minst 15-20 % högre på jordar med dålig struktur. Kvävegödslingen skulle kunna reduceras med 15-30 % om markstrukturen var lika bra som för femtio år sedan (Johansson, 1996).

Ett skäl till att markstrukturen försämrats är bristande underhåll av dräneringen. Behovet av underhållstäckdikning i Sverige är 25-30 000 hektar per år om man räknar med att dränering fungerar tillfredsställande i 40-50 år. Under 1970- och 1980-talen täckdikades 15-20 000 hektar per år. Som följd av den dåliga ekonomin, de höga kostnaderna för täckdikning och osäkerheten om framtiden inom lantbruket var täckdikningen under 1990-talet mindre än 5 000 hektar per år. Det bristande underhållet av täckdikningen kommer att resultera i att stora arealer efterhand får ytterligare försämrad struktur, försämrat växtnäringssystem och minskad odlings säkerhet.

Problemen med försämrad struktur är störst på styva och mycket styva leror. Den naturligt låga genomsläppligheten på dessa jordar har på grund av förändringarna i växtföljder och odlingsteknik ytterligare försämrats. Effektiv dränering av styva leror kräver korta dikesavstånd och kostnaderna blir därför mycket höga.

I England är problemen med dålig markstruktur på lerjordar stora. Där har man normalt ingen djup tjäle som motverkar strukturförsämringen. Genomsläppligheten är ofta så låg att det krävs dikesavstånd på 2-3 meter för att dräneringen skall fungera tillfredsställande. Av ekonomiska skäl är detta oräalistiskt. Genom omfattande forskning har ett väl fungerande dräneringssystem för styva leror utvecklats. Systemet innebär att täckdikning med normala dikesavstånd kompletteras med tubulering vinkelrätt mot täckdikena (Spor, 1987). För tubuleringen har nya maskiner utvecklats i England i samarbete med forskare och tillverkare (Spor, 1987). Det engelska systemet för dränering av styva leror består av konventionell täckdikning med cirka 20 meters dikesavstånd. Tubuleringen sker vinkelrätt över täckdikena med ett par meters intervall. Med den nya tubulern kan tuberna läggas med fall mot täckdikena. Detta förhindrar att vatten blir stående i tuberna. Om vatten blir stående i tuberna leder detta till att de kollapsar. Täckdikena återfylls med grus till omkring 0,4 meter under markytan.

Grusfyllningen och fallet gör att avrinningen sker snabbt. Vid tubuleringen skapas ett spricksystem som förbättrar genomsläppligheten. Detta bidrar till en snabb upptorkning efter regn och minskar risken för markpackning. Tubuleringen måste upprepas med några års intervall. Erfarenheterna från England visar att tubuleringen successivt leder till förbättrad struktur och med tiden kan intervallen mellan tubuleringarna ökas (Farr & Henderson, 1986). I Irland har utrustning för grusfyllning av tuberna utvecklats (Mulqueen, 1985). Därigenom har funktionstiden för tubuleringen förlängts till minst 10-15 år. En annan möjlighet att förlänga livstiden är att dra in dräneringsrör i tuberna med tubulern i samband med tubuleringen. Funktionstiden blir lika lång som för konventionell dränering. Svenska undersökningar med tubulering gjordes under 1950-talet (Berglund, 1956). Undersökningarna som var av orienterande karaktär visade att tubuleringen, trots den enkla utrustning som användes, fungerade bra på lerjordar och organogena jordar. Om det naturliga fallet var tillräckligt fungerade tubuleringen 4-7 år. Effekterna på avkastningen uppmättes inte i dessa försök. En litteraturgenomgång rörande tubulering har redovisats i ett examensarbete (Olovsson, 1987).

Strukturkalkning är en annan åtgärd som snabbt kan förbättra markstrukturen. Lerjorden blir efter tillförsel av bränd eller släckt kalk smulig, lättbearbetad och aggregaten stabiliseras. Positiva effekter på markens struktur har redovisats av Berglund (1971), och Kindvall (1999).

Tubulering och strukturkalkning medför snabbare upptorkning på våren vilket gör det möjligt att så tidigare. Vid Avdelningen för jordbearbetning har möjligheterna till mycket tidig sådd utan föregående bearbetning på våren undersökts (Arvidsson, 1992; Arvidsson & Rydberg, 1994). Metoden har varit framgångsrik, speciellt på styva leror. Det finns emellertid alltid risk för skadlig packning om marken inte är tillräcklig upptorkad vid sådden. I kombination med tubulering och/eller strukturkalkning bör riskerna för skadlig markpackning vid tidig sådd minska.

Syfte

Syftet med undersökningen har varit att utvärdera tubuleringens användbarhet som komplement till täckdikning under svenska förhållanden. Forskningen ska ge underlag för bedömning av lönsamheten för tubulering enbart och i kombination med strukturkalkning. Effekterna av åtgärderna på upptorkning, markstruktur och genomsläpplighet studerades.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplatser och utförande

År 1997 startades två fältförsök, ett beläget på Ulfhälls gård, 4 km söder om Strängnäs och ett på Fiholmsby gård 15 km väster om Strängnäs. Lägeskoordinaterna för försöket på Ulfhäll är 6580800/1569900 och för Fiholmsby 6589350/1553650.

Försöksplan

Försöksplanen var trefaktoriell med leden

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

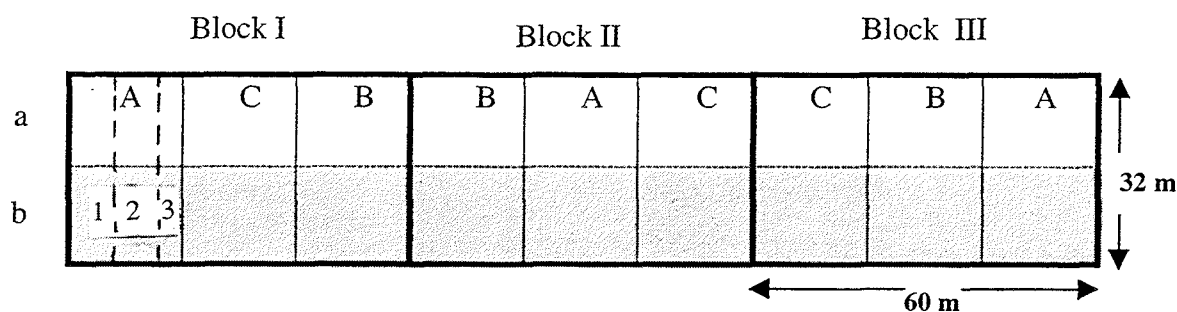
a = Kontroll

b = Strukturkalkning

Ett försök omfattade totalt 3 block (60 x 32 m) med 18 storrutor (20 x 16 m) och 54 smårutor (16 x 8 m eller 16 x 4 m). Såled 1 och 2 i de större smårutorna (16 x 8 m) och såled 3 i de mindre (16 x 4 m) (se figur 1).

Försöken såddes med såmaskin typ Väderstad-Rapid med såbredd på 4 m. Sådd av led 3 gjordes då jorden torkat upp i markytan så att den inte kladdade, men ej var möjlig att harva. Sådd av led 2 gjordes när marken var möjlig att harva i det led som torkat upp tidigast. Sådd av led 1 gjordes när konventionell såbäddsberedning var lämplig att utföra i kontrollerat.

Personal vid hushållningssällskapet i Södermanland utförde jordbearbetning, sådd, gödsling, växtskydd, skörd, planträkning, grundvattenståndsmätningar mm.



Figur 1. Försöksplan.

Täckdikning och tubulering

Försöken täckdikades sommaren 1997. På Ulfhäll lades ett täckdike mitt i försöket mellan led a och b. På Fiholmsby lades täckdiket i ena kanten på försöket på grund av marklutningen. Dräneringen lades på en meters djup och grusades upp till 0,4 m under markytan.

Försöket på Ulfhäll tubulerades den 7 juli och på Fiholmsby den 13 oktober. Förhållandena var goda med torr markyta och plastisk lera på tubuleringsdjupet. Vattenhalten på tubuleringsdjupet var vid Ulfhäll och Fiholmsby 39 respektive 29 volymprocent.

Jordprover hade tidigare tagits på en halv meters djup för att undersöka jordartens lämplighet för tubulering. Bollar på cirka 0,2 m diameter lades i vatten för att se hur länge de höll ihop. Bollarna höll ihop cirka 3 dygn som anses tillräckligt för att tubuleringen skulle lyckas (Theobald, 1963).

Försöken tubulerades vinkelrätt mot täckdiket med ett avstånd mellan tuberna på 3 meter och med ett djup på 0,5 m. Fallet på tuberna blev ca 5 promille. På hälften av den tubulerade försöksytan drogs dräneringsslang in samtidigt med tubuleringen. Tuben i marken hade en diameter på 10 cm och dräneringsslangen var 6 cm i diameter. Försöket på Ulfhäll tubulerades i växande gröda och det på Fiholmsby efter skörd.

Strukturkalkning

Innan höstplöjningen 1997 strukturkalkades halva försöket med 6 ton osläckt kalk (CaO) per hektar. Kalken spreds ut på markytan och plöjdes därefter in i matjorden.

Markundersökningar och fältstudier

Såbädd

Såbädden undersöktes direkt i samband med sådden. Metoden finns beskriven av Kritz (1983).

I undersökningen ingick följande:

- såbäddens ojämnheter
- såbäddens djup
- aggregatfördelningen > 5 mm 2 – 5 mm < 2 mm
- vattenhalt i lager: 1 (0 – 1,5 cm), 2 (1,5 – 3 cm), 3 (3,5 – 4 cm) och 4 (såbotten)
- antal kärnor per lager

Efter uppkomst räknades antalet plantor på en yta av 2 x 0,5 m².

Infiltration

Infiltrationsmätningar utfördes med en dubbelringinfiltrimeter. Infiltrimetern består av en inre mätcylinder med diametern 0,4 m och en yttre cylinder med diametern 0,6 m. Båda cylindrarna har höjden 0,2 m och är tillverkade av stålplåt med en tjocklek av 3 mm. Mätning görs i den inre cylindern och den yttre används för att minska läckaget av vatten sidledes. Vid en mätning grävdes matjordslagret bort och cylindrarna pressades ned cirka 8 cm i plogbotten. Marken inuti cylindrarna vattenmätades genom att fylla på med vatten och låta stå tills allt vattnet i cylindrarna infiltrerat i marken. Vid mätning fylldes cylindrarna upp med vatten och med jämna tidsintervall avlästes med djupmått hur mycket vattenytan sjunkit i den inre cylindern. Fyra upprepningar i varje block över tuber och 2 upprepningar mellan tuber utfördes.

Grundvattenstånd

Grundvattenståndsror sattes ut i försöken på hösten 1998 och 1999. Rören sattes mitt i storrutorna i blocken 1 och 11 till en meters djup. På våren efter tjällossningen avlästes grundvattenståndet två gånger per vecka. Registreringen av vattenytan utfördes med blåsrör. Innan rören togs bort för vårbruket avvägdes dessa för att få en referensnivå till markytan.

Laboratorieundersökningar

Markfysikalisk karakteristik

Fyra parallella ostörda cylinderprover togs ut i tio skikt ned till en meters djup. Fysikalisk karakterisering av markprofilerna på Ulfhäll och Fiholmsby gjordes med avseende på:

- porvolym
- vattenbindande förmåga vid sex olika trycksteg, 0,05 till 150 meter vattenpelare (m.vp.).
- torr skrymdensitet
- kompaktdensitet

- kompaktdensitet
- mättad konduktivitet för vatten
- texturanalys

Efter skörden hösten år 2000 togs ytterligare cylinderprover ut på försöksplatserna i nivån 5 – 10 cm för att bestämma den mättade konduktiviteten för kontroll respektive strukturkalkat led. Tjugo cylinderprover på varje led togs ut.

Ulfhäll

Resultaten redovisas i tabell 1, tabellerna 11 och 12 i bilaga 1 och i figurerna 2 och 3. Jordarten utgörs i matjorden av en måttlig mullhaltig styv lera och styv till mycket styv lera i alven. Lerhalten ökar i profilen från 48% i matjordskiktet till 62 % ler på 1 meters djup. Profilen har ett litet inslag av gyttja.

Porvolymen är i medeltal 53 %. Vid dräneringsjämvikten är luftvolymen 10% i matjorden och 5% på 0,5 meters djup. Vissningsgränsen är 24 % i matjorden. Mängden växttillgängligt vatten är $469 - 244 = 225$ mm.

Konduktiviteten är mycket låg i matjorden och hög i alven. K1 och K24 är konduktiviteten efter en timme respektive 24 timmar efter mätstart. Konduktiviteten är relativt stabil efter andra mätningen utom i nivån 10-20 cm där den redan låga konduktiviteten minskar betydligt. Skrymdensiteten minskar med djupet i alven från 1,4 till $1,0 \text{ g/cm}^3$.

Tabell 1. Mättad hydraulisk konduktivitet. Ulfhäll

Djup cm	K1 m/dygn	K24 m/dygn
0-10	0,14	0,15
10-20	0,041	0,013
20-30	0	0
30-40	4,4	3,7
40-50	3,1	2,4
50-60	0,54	0,72
60-70	0,21	0,39
70-80	0,91	1,9
80-90	0,95	1,1
90-100	0,37	0,52

K1 och K24, mätning efter 1 timme respektive 24 timmar efter mätstart

Fiholmsby

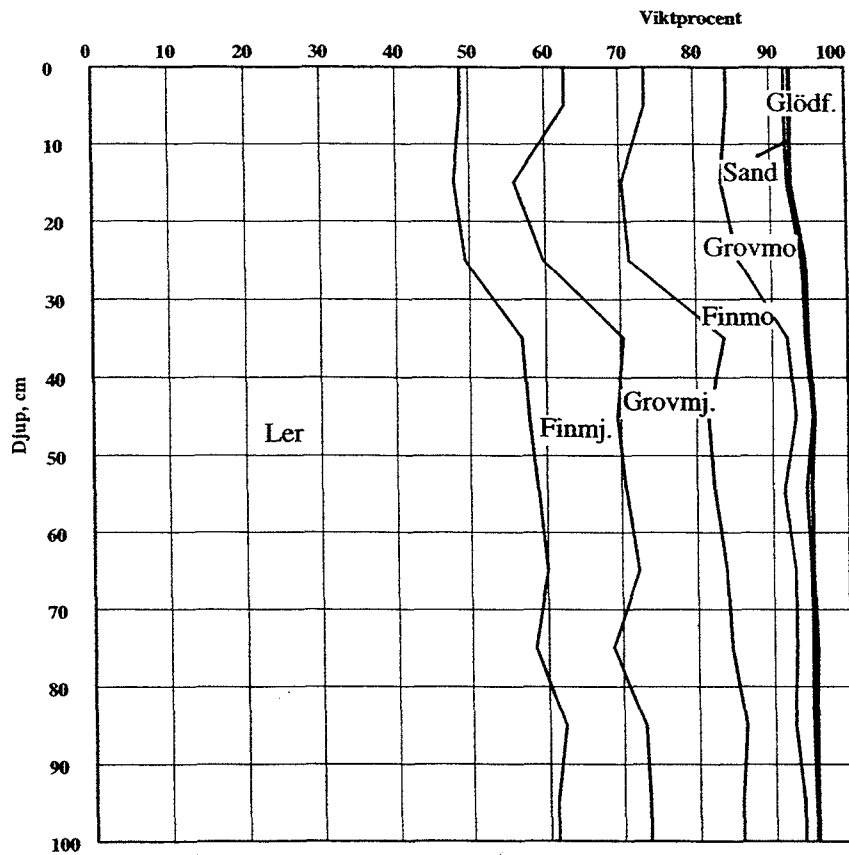
Resultaten redovisas i tabell 2, tabellerna 13 och 14 i bilaga 2 och i figurerna 4 och 5. Jordarten utgörs i matjorden av en något mullhaltig styv lera i matjorden och styv lera i övre alven och mycket styv lera i nedre alven. Lerhalten ökar från 49% i matjorden till 63% på 1 meters nivå. Även här som på Ulfhäll finns ett litet inslag av gyttja till 0,7 meters djup.

Porvolymen är i medeltal 50 %. Luftvolymen vid dräneringsjämvikt är i medeltal 7%. Vissningsgränsen är i medeltal 24% med ett lägsta värde på 20 % och ett högsta på 27 %. Växttillgängligt vatten är 444-235=209 mm. Konduktiviteten är i medeltal 3 m/dygn i matjord och alv till 0,7 meters djup.

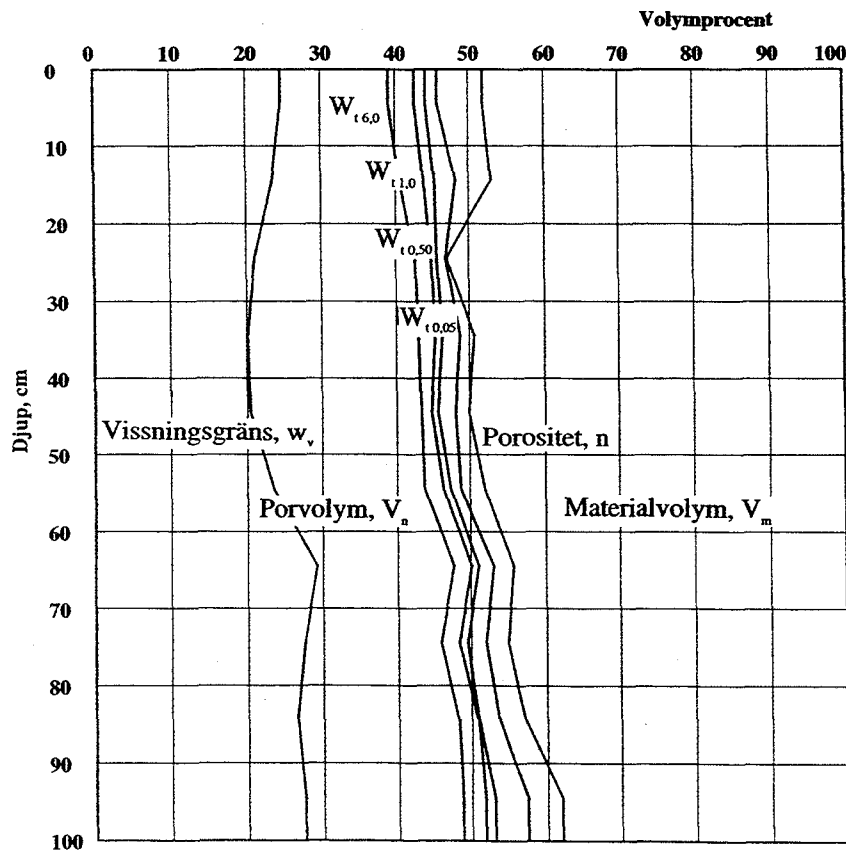
Tabell 2. Mättad hydraulisk konduktivitet. Fiholmsby

Djup cm	K1 m/dygn	K24 m/dygn
0-10	3,0	4,1
10-20	2,5	2,4
20-30	0,41	0,36
30-40	0,83	1,2
40-50	3,0	3,8
50-60	10	7,4
60-70	12	7,3
70-80	1,5	1,4
80-90	0,094	0,060
90-100	0,17	0,19

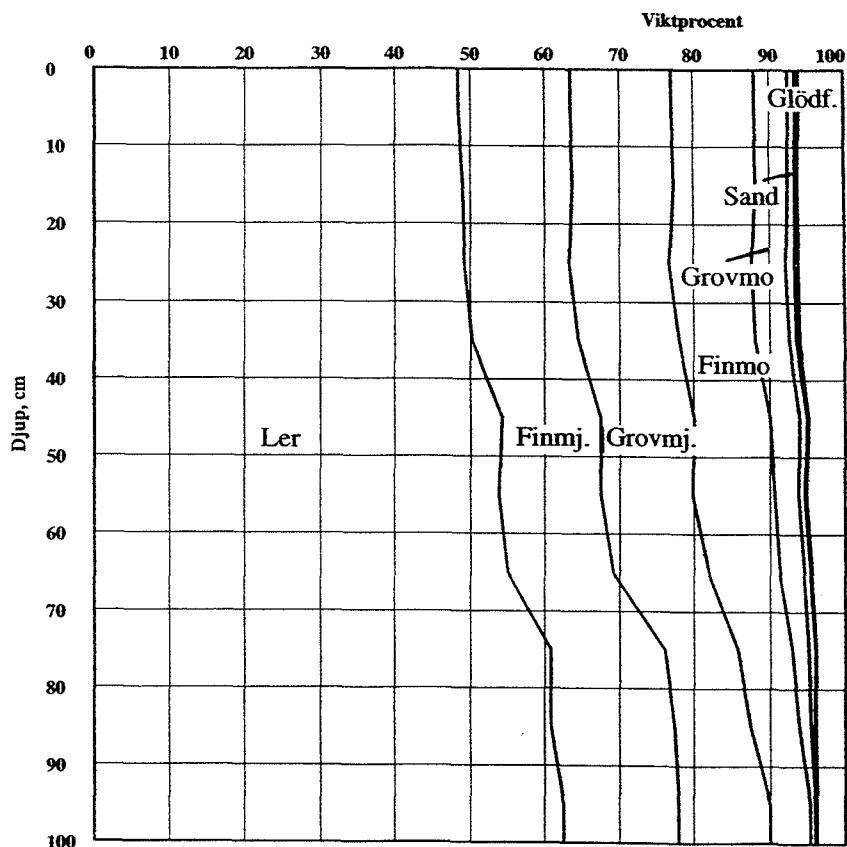
K1 och K24, mätning efter 1 timme respektive 24 timmar efter mätstart



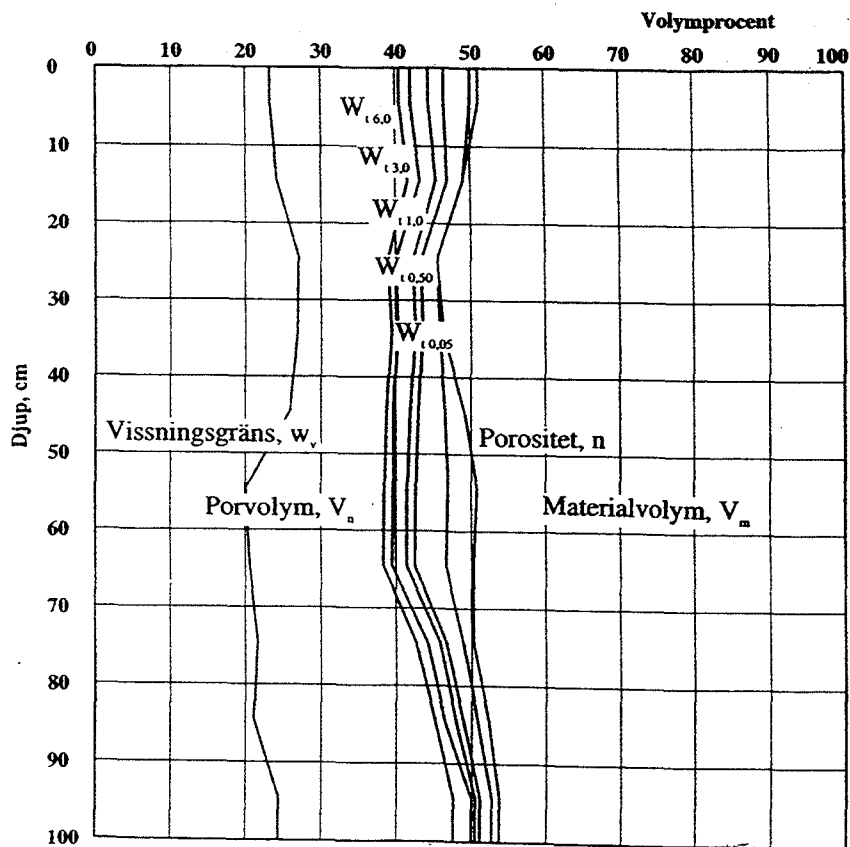
Figur 2. Kornstorleksfördelning och glödförlust. Ulfhäll.



Figur 3. Materialvolym, porvolym och tensionskurvor. Ulfhäll.



Figur 4. Kornstorleksfördelning och glödförlust. Fiholmsby.



Figur 5. Materialvolym, porvolym och tensionskurvor. Fiholmsby.

Väderlek

Tabell 3 visar månadsnederbörden och normalvärden för åren 1961 till 1990. Figur 9 i bilaga 5 visar dygnsvärden för åren 1999 och 2000.

Växtodlingsåret 1998 var nederbörden 42% över normalvärdet och temperaturen under det normala. Det betydde en sen sådd och sen skörd. På många håll i Sverige stod grödorna i vatten, vilket delvis kan förklaras av brister i täckdikningen.

Året 1999 var nederbörden över det normala fram till maj. Maj månad var nederbördsfattig, därefter följde en ganska torr sommar och varm höst. Nederbörden var lika med normalvärdet under säsongen.

År 2000 inleddes med en nederbördsfattig varm vår följt av en kylig regnrik sommar. Juni och juli fick mycket över det normala. Augusti och september var nederbördsfattiga. Den uppmätta nederbörden var 46% över normal nederbördsmängd under säsongen.

Tabell 3. Nederbörd vid SMHI:s station i Västerås

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	s:a
1998	30	*	23	25	35	90	110	75	50	58	18	41	555
1999	57	33	54	70	21	47	51	48	61	25	19	100	576
2000	13	17	24	20	47	85	174	17	7	119	123	82	728
Medel 1961- 1990	30	22	25	28	32	46	66	63	56	48	46	33	495

* Nederbördsräknaren ur funktion

RESULTAT

Fältundersökningar

Såbädd 1998

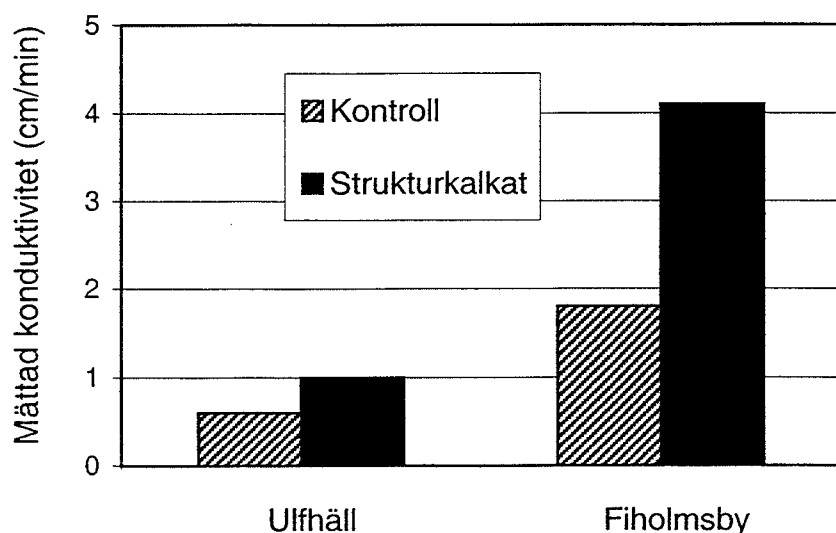
Resultat av såbäddsundersökningarna presenteras i tabellerna 15 och 17 i bilagorna 3 och 4. Vid Fiholmsby var bestånden jämna och väl etablerade i samtliga led. Som framgår av såbäddsundersökningen på Ulfhäll var såtid 2 otjänlig, vilket ledde till luckor i bestånden.

Såbädd 1999

Resultat av såbäddsundersökningarna presenteras i tabellerna 16 och 18 i bilagorna 3 och 4. Tubulering och strukturkalkning hade liten effekt på såbäddsegenskaperna, även om strukturkalkning tycks ha givit något högre andel små aggregat i såbädden och något högre vattenhalt i såbotten. Såtidpunkten hade stor inverkan, framför allt orsakade den första såtidpunkten en stor andel grova aggregat i såbädden.

Konduktivitet

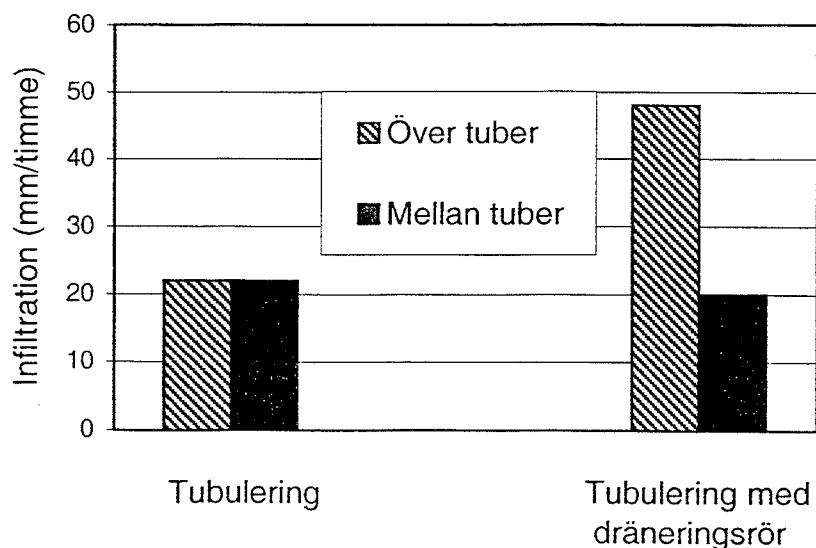
Figur 6 visar den mättade konduktiviteten för kontroll respektive strukturkalkat led. Konduktiviteten för försöksleden representerar ett medelvärde på 20 cylinderprover uttagna slumpmässigt i samtliga 3 block. Konduktiviteten blev dubbelt så hög på det strukturkalkade ledet jämfört med kontrolledet. Vid upptorkningen på våren kunde man se att det strukturkalkade ledet hade en bättre struktur än kontrolledet (J. Karlsson, pers. medd., 2001).



Figur 6. Mättad konduktivitet på nivån 5 – 15 cm. Ulfhäll och Fiholmsby, kontroll respektive kalkat led.

Infiltration

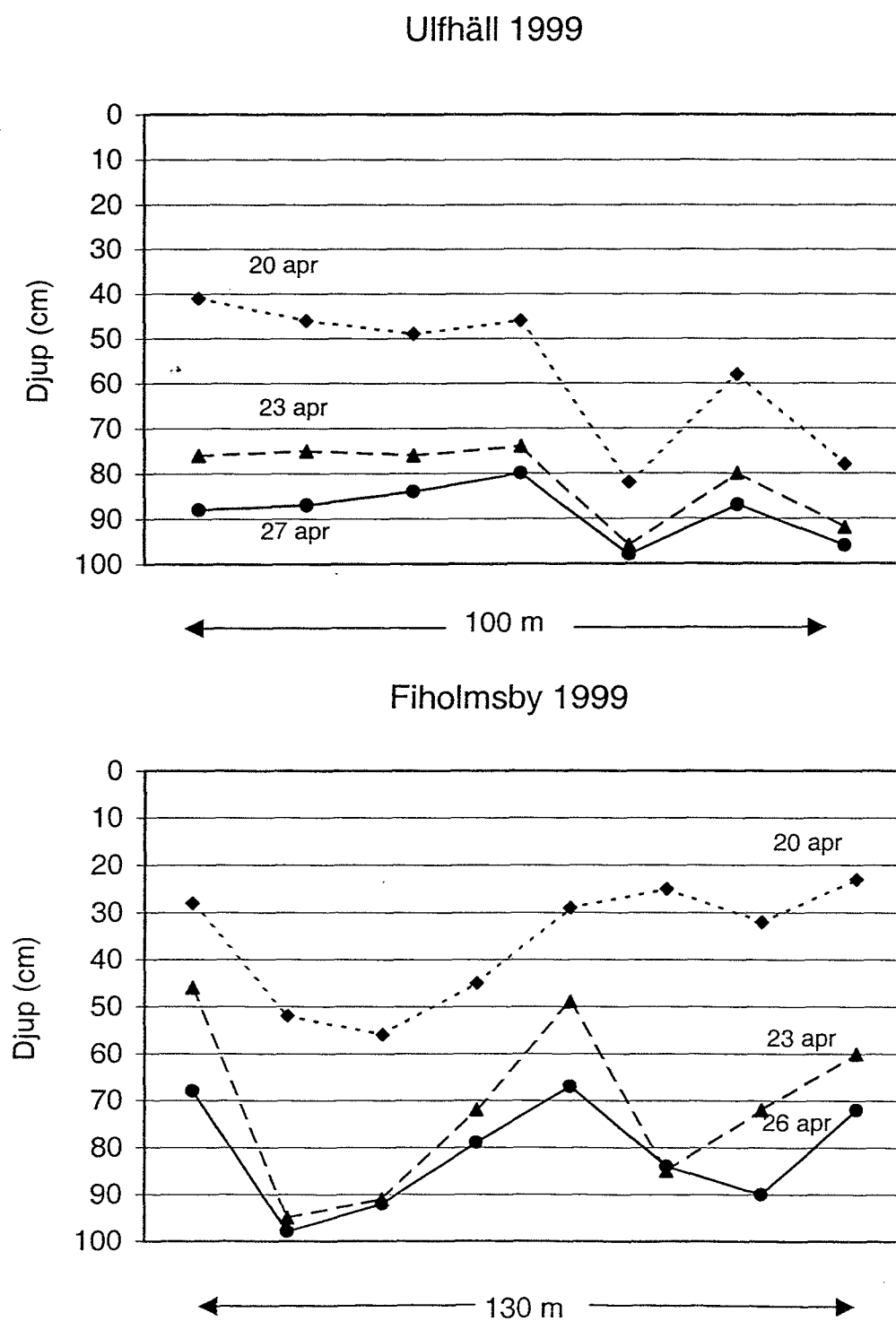
I figur 7 presenteras resultat av infiltrationsmätningar utförda vid Fiholmsby år 1999. Någon effekt på infiltrationen i led med konventionell tubulering jämfört med mellan tuber kunde inte uppmätas. För tubulering förstärkt med dränerings slang var infiltrationen 2,5 gånger större än mellan tuber.



Figur 7. Infiltration över tuber och mellan tuber på Fiholmsby.

Grundvattenstånd

I figur 8 redovisas grundvattenståndsmätningar under våren 1999. Under den period, 20-27 april, som visas i figur 8 föll ingen nederbörd. Under föregående 10-dagars perioden var nederbörden hela 50 mm. Grundvattennivån sjönk mellan 0,2 till 0,6 m under en veckas tid.



Figur 8. Grundvattennivåns variation inom försöken vid några olika tidpunkter efter nederbördsuppehåll.

Skörd och kvalitet

Ulfhäll 1998 - 2000

Resultat från skördeavkastning och kvalitet för åren 1998-2000 redovisas i tabellerna 4 till 6.

År 1998 såddes försöket med vårvete den 15 april, 11 maj och 18 maj för respektive såtidpunkter 3, 2 och 1. Uppkomsten inträffade den 30 april, 18 maj respektive 29 maj. Försöket skördades den 30 september. Skörden varierade mellan 99 - 107% jämfört med kontrolledet. Tubuleringen och kalkning hade liten inverkan på avkastningen. Såtid 2 gav en skördeökning med 7%. Antalet plantor per kvadratmeter var 30% lägre för såtid 2 och 3 jämfört med kontrolledet.

År 1999 såddes försöket med vårkorn den 27 april, 6 maj och 17 maj för respektive såtidpunkter 3, 2 och 1. Uppkomsten inträffade den 17 maj, 21 maj respektive 31 maj. Försöket skördades den 7 september. Skörden varierade mellan 84 - 108% jämfört med kontrolledet. Tubulering gav skördeminskning med 5%. Strukturkalkning ökade skörden med 4%. Den tidigaste såtiden utan bearbetning gav en skördeminskning med 16% medan såtid 2 gav en skördeökning med 8%. Antalet plantor per kvadratmeter var högst för såtid 2 och 3.

År 2000 såddes försöket med vårkorn den 1 april, 26 april och 5 maj för respektive såtidpunkter 3, 2 och 1. Uppkomsten inträffade den 25 april, 7 maj respektive 14 maj. Försöket skördades den 18 september. Skörden varierade mellan 90 - 104% jämfört med kontrolledet. Tubulering förstärkt med dräneringsslang gav skördeökning med 4%. Strukturkalkning ökade skörden med 4%. Såtiden 2 och 3 gav skördeminskningar med 3 respektive 10%. Antalet plantor per kvadratmeter var lägst för såtid 3.

Tabell 4. Effekter av tubulering, strukturkalkning och såtider på vårvetets avkastning och kvalitet. Ulfhäll 1998

Försöks- led	Kärn- skörd kg/ha	Rel. tal Fak. 1 A=100	Rel. tal Fak. 2 1=100	Rel. tal Fak. 3 a=100	Rymd- vikt g/l	Tusen- kornvikt g	Plant- antal m ²	Strå- styrka 0-100	Grön- skott 0-100
A1a	4170	100	100	100	717	30,0	336	83	0
A1b	4230	100	100	102	725	31,0	328	87	0
A2a	4530	100	109	100	740	32,5	256	77	0
A2b	4670	100	110	103	730	30,8	272	80	0
A3a	4090	100	98	100	711	36,9	208	77	0
A3b	4140	100	98	101	721	36,2	217	77	0
B1a	4210	101	100	100	733	30,7	316	90	0
B1b	4220	100	100	100	720	31,7	336	90	0
B2a	4400	97	104	100	727	30,7	242	83	0
B2b	4470	96	106	101	729	30,3	244	80	0
B3a	4220	103	100	100	722	37,1	228	70	0
B3b	4080	98	96	97	716	36,8	220	70	0
C1a	4270	102	100	100	709	30,5	332	90	0
C1b	4090	97	100	96	707	29,3	320	90	0
C2a	4460	98	105	100	706	30,0	240	73	0
C2b	4460	95	109	100	722	29,8	244	63	0
C3a	4530	111	106	100	695	37,4	232	67	0
C3b	4050	98	99	89	709	36,7	244	63	0
A	4310	100			724	32,9	268	80	0
B	4270	99			725	32,9	268	81	0
C	4310	100			708	32,3	268	74	0
1	4200		100		719	30,5	328	88	0
2	4500		107		726	30,7	236	76	0
3	4180		100		712	36,9	224	71	0
a	4320			100	718	32,9	268	79	0
b	4270			99	720	32,5	272	78	0

LSD F1=200 kg/ha, LSD F2=160 kg/ha, LSD F1*F2=270 kg/ha, LSD F3=100 kg/ha, LSD F1*F3=190 kg/ha LSD F2*F3=190kg/ha. Värdet på LSD (least significance difference) anger den minsta skillnad i avkastningen som behövs för att det ska vara statistisk signifikans.

Medelfelet = 2,4%.

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

a = Kontroll

b = Strukturkalkning

Tabell 5. Effekter av tubulering, strukturkalkning och såtider på vårkornets avkastning och kvalitet. Ulfhäll 1999

Försöks- led	Kärn- skörd kg/ha	Rel. tal Fak. 1 A=100	Rel. tal Fak. 2 1=100	Rel. tal Fak. 3 a=100	Rymd- vikt g/l	Tusen- kornvikt g	Plant- antal m ²	Strå- styrka 0-100	Grön- skott 0-100
A1a	5450	100	100	100	676	52,7	323	100	7
A1b	5300	100	100	97	674	52,9	308	100	5
A2a	5480	100	101	100	682	55,2	332	100	0
A2b	5600	100	106	102	669	54,3	349	100	0
A3a	3750	100	69	100	666	51,6	322	100	0
A3b	5020	100	95	134	673	51,7	351	100	0
B1a	4870	89	100	100	670	50,6	278	100	12
B1b	4950	94	100	102	662	50,3	317	100	5
B2a	5360	98	110	100	659	51,9	294	100	0
B2b	5540	99	112	103	668	52,1	328	100	0
B3a	3600	96	74	74	668	50,0	323	100	0
B3b	3910	78	79	109	681	50,9	312	100	0
C1a	5090	94	100	100	683	51,7	287	100	10
C1b	4670	88	100	92	649	50,8	271	100	3
C2a	5240	96	103	100	676	53,3	369	100	0
C2b	5680	101	122	108	678	52,0	400	100	0
C3a	4590	123	90	100	664	52,7	379	100	0
C3b	4610	92	99	100	664	50,7	371	100	0
A	5100	100			673	53,1	331	100	2
B	4700	92			668	51,0	309	100	3
C	4980	98			669	51,9	346	100	2
1	5050		100		669	51,5	297	100	7
2	5480		108		672	53,1	345	100	0
3	4240		84		669	51,3	343	100	0
a	4820			100	672	52,2	323	100	3
b	5030			104	720	51,7	334	100	1

LSD F1=840 kg/ha, LSD F2=430 kg/ha, LSD F1*F2=870 kg/ha, LSD F3=350 kg/ha, LSD F1*F3=740 kg/ha, LSD F2*F3=520kg/ha.

Medelfelet = 3,3%.

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

a = Kontroll

b = Strukturkalkning

Tabell 6. Effekter av tubulering, strukturralkning och såtider på vårkornets avkastning och kvalitet. Ulfhäll 2000

Försöks- led	Kärn- skörd kg/ha	Rel. tal Fak. 1 A=100	Rel. tal Fak. 2 I=100	Rel. tal Fak. 3 a=100	Rymd- vikt g/l	Tusen- kornvikt g	Plant- antal m ²	Strå- styrka 0-100	Grön- skott 0-100
A1a	5140	100	100	100	788	37,1	389	100	0
A1b	5210	100	100	101	765	37,4	412	100	0
A2a	5020	100	98	100	781	39,5	392	100	0
A2b	5060	100	97	101	760	37,1	417	100	0
A3a	4240	100	94	115	777	39,0	333	100	0
A3b	4870	100	94	115	777	39,0	333	100	0
B1a	4970	97	100	100	772	38,5	362	100	0
B1b	5150	99	100	104	794	38,1	399	100	0
B2a	4890	97	98	100	788	38,3	415	100	0
B2b	5090	101	99	104	776	40,4	388	100	0
B3a	4350	103	88	100	770	40,5	311	100	0
B3b	4620	95	90	106	776	38,7	282	100	0
C1a	5290	103	100	100	776	39,6	398	100	0
C1b	5350	103	100	101	770	36,0	380	100	0
C2a	4940	98	93	100	772	37,0	479	100	0
C2b	5160	102	96	104	770	36,3	417	100	0
C3a	4990	118	94	100	762	36,2	346	100	0
C3b	5040	103	94	101	784	41,0	353	100	0
A	4920	100			775	38,5	369	100	0
B	4850	98			779	39,1	360	100	0
C	5130	104			772	37,7	396	100	0
1	5180		100		778	37,8	390	100	0
2	5030		97		774	38,1	418	100	0
3	4690		90		775	39,4	316	100	0
a	4870			100	777	38,7	373	100	0
b	5060			104	775	38,2	376	100	0

LSD F1=480 kg/ha, LSD F2=180 kg/ha, LSD F1*F2=420 kg/ha, LSD F3=100 kg/ha, LSD F1*F3=340 kg/ha, LSD F2*F3=210kg/ha.

Medelfelet = 1,9%

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

a = Kontroll

b = Strukturralkning

Fiholmsby 1998 - 2000

Resultat från skördeavkastning och kvalitet för åren 1998-2000 redovisas i tabellerna 7 till 9.

År 1998 såddes försöket med vårvete den 15 april, 15 april och 11 maj för respektive såtidpunkter 3, 2 och 1. Uppkomsten inträffade den 29 april, 29 april respektive 18 maj. Försöket skördades den 6 oktober. Skörden varierade mellan 85 - 101% jämfört med kontrolledet. Tubulering och strukturkalkning gav små effekter på skörden. Såtid 2 och 3 gav var för sig en skördeminskning med 15%. Antalet plantor per kvadratmeter uppvisade små skillnader för de olika leden.

År 1999 såddes försöket med vårkorn den 26 april, 29 april och 6 maj för respektive såtidpunkter 3, 2 och 1. Uppkomsten inträffade den 15 maj, 18 maj respektive 21 maj. Försöket skördades den 1 september. Skörden varierade mellan 94 - 113% jämfört med kontrolledet. Tubulering gav skördeökning med 12%. Strukturkalkning ökade skörden med 8%. Såtid 2 och 3 gav en merskörd med 8 respektive 6%. Antalet plantor per kvadratmeter var högst för såtid 2 och lägst för såtid 3.

År 2000 såddes försöket med ärter den 31 mars, 27 april och 3 maj för respektive såtidpunkter 3, 2 och 1. Uppkomsten inträffade den 25 april, 10 maj respektive 14 maj. Försöket skördades den 29 augusti. Skörden varierade mellan leden med 92 - 108% jämfört med kontrolledet. Tubulering gav en merskörd på 6%. Strukturkalkade ledet gav en skördeminskning med 8%. Såtid 2 och 3 gav en merskörd på 8 respektive 5%. Antalet plantor per kvadratmeter var störst för den normala såtidpunkten och lägst för såtid 3.

Tabell 7. Effekter av tubulering, strukturralkning och såtider på vårvetets avkastning och kvalitet. Fiholmsby 1998

Försöks- led	Kärn- skörd kg/ha	Rel. tal Fak. 1 A=100	Rel. tal Fak. 2 1=100	Rel. tal Fak. 3 a=100	Rymd- vikt g/l	Tusen- kornvikt g	Plant- antal m ²	Strå- styrka 0-100	Grön- skott 0-100
A1a	6100	100	100	100	765	36,9	228	93	0
A1b	5900	100	100	97	756	36,2	232	93	0
A2a	5170	100	85	100	748	42,7	224	100	0
A2b	5230	100	89	101	747	41,9	204	100	0
A3a	5200	100	85	100	740	43,1	216	97	0
A3b	5230	100	89	101	747	42,6	220	97	0
B1a	6100	100	100	100	769	37,0	232	93	0
B1b	5960	101	100	98	765	37,7	216	93	0
B2a	5090	98	83	100	743	41,2	204	97	0
B2b	5430	104	91	107	742	42,4	200	97	0
B3a	4950	95	81	100	745	42,3	192	100	0
B3b	5230	100	88	106	743	41,8	220	100	0
C1a	6040	99	100	100	762	37,1	240	93	0
C1b	5890	100	100	97	761	36,5	232	90	0
C2a	5010	97	83	100	746	44,0	204	93	0
C2b	5180	99	88	104	744	43,3	212	93	0
C3a	5010	96	83	100	727	43,2	212	100	0
C3b	5120	98	87	102	750	43,3	216	100	0
A	5470	100			751	40,6	220	97	0
B	5460	100			751	40,4	212	97	0
C	5370	98			748	41,2	220	95	0
1	6000		100		763	36,9	228	93	0
2	5190		86		745	42,6	208	97	0
3	5120		85		742	42,7	212	99	0
a	5410			100	750	40,8	212	96	0
b	5460			101	751	40,6	212	96	0

LSD F1=380 kg/ha, LSD F2=210 kg/ha, LSD F1*F2=410 kg/ha, LSD F3=90 kg/ha, LSD F1*F3=270 kg/ha, LSD F2*F3=210kg/ha.

Medelfelet = 1,7%.

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

a = Kontroll

b = Strukturralkning

Tabell 8. Effekter av tubulering, strukturkalkning och såtider på vårkornets avkastning och kvalitet. Fiholmsby 1999

Försöks- led	Kärn- skörd kg/ha	Rel. tal Fak. 1 A=100	Rel. tal Fak. 2 I=100	Rel. tal Fak. 3 a=100	Rymd- vikt g/l	Tusen- kornvikt g	Plant- antal m ²	Strå- styrka 0-100	Grön- skott 0-100
A1a	3350	100	100	100	812	35,6	310	100	0
A1b	4080	100	100	122	813	34,8	348	100	0
A2a	3900	100	116	100	820	36,7	375	100	0
A2b	4260	100	104	109	812	36,7	365	100	0
A3a	2760	100	82	100	802	35,4	302	100	0
A3b	3580	100	88	130	813	35,5	300	100	0
B1a	4020	120	100	100	807	37,9	347	100	0
B1b	4110	101	100	102	809	36,6	347	100	0
B2a	4160	107	104	100	808	36,8	339	100	0
B2b	4470	105	109	107	806	37,4	366	100	0
B3a	3690	134	92	100	803	36,7	297	100	0
B3b	4330	121	105	117	806	38,7	321	100	0
C1a	3980	119	100	100	803	36,7	357	100	0
C1b	3920	96	100	98	808	37,9	379	100	0
C2a	4200	108	106	100	809	39,4	393	100	0
C2b	4350	102	111	104	806	38,8	395	100	0
C3a	3960	144	100	100	793	36,3	298	100	0
C3b	3750	105	96	95	804	40,2	311	100	0
A	3660	100			812	35,8	333	100	0
B	4130	113			807	37,4	336	100	0
C	4030	110			804	38,2	356	100	0
1	3910		100		809	36,6	348	100	0
2	4220		108		810	37,6	372	100	0
3	3680		94		804	37,1	305	100	0
a	3780			100	806	36,8	335	100	0
b	4090			108	809	37,4	348	100	0

LSD F1=570 kg/ha, LSD F2=250 kg/ha, LSD F1*F2=560 kg/ha, LSD F3=200 kg/ha, LSD F1*F3=460 kg/ha, LSD F2*F3=300kg/ha.

Medelfelet = 2,7%.

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

a = Kontroll

b = Strukturkalkning

Tabell 9. Effekter av tubulering, strukturkalkning och såtider på ärternas avkastning och kvalitet. Fiholmsby 2000

Försöks- led	Kärn- skörd kg/ha	Rel. tal Fak.1 A=100	Rel. tal Fak. 2 I=100	Rel. tal Fak. 3 a=100	Rymd- vikt g/l	Tusen- kornvikt g	Plant- antal m ²	Strå- styrka 0-100	Grön- skott 0-100
A1a	3540	100	100	100	815	179,3	104	23	0
A1b	3220	100	100	91	814	182,7	113	23	0
A2a	3330	100	94	100	816	182,6	89	43	0
A2b	3180	100	99	96	815	185,8	89	17	0
A3a	3170	100	89	100	804	226,8	69	33	0
A3b	3170	100	99	100	798	220,6	76	33	0
B1a	3470	98	100	100	812	179,3	115	10	0
B1b	3120	97	100	90	806	177,1	103	10	0
B2a	3750	113	108	100	810	169,6	101	13	0
B2b	3560	112	114	95	808	174,1	92	17	0
B3a	3840	121	111	100	804	219,3	75	47	0
B3b	3480	110	112	91	799	217,4	72	47	0
C1a	3160	89	100	100	806	180,2	99	10	0
C1b	3000	93	100	95	811	167,8	105	10	0
C2a	3700	111	117	100	819	173,3	103	37	0
C2b	3490	110	116	94	800	215,9	85	10	0
C3a	3790	120	120	100	806	215,9	63	37	0
C3b	3060	97	102	81	809	168,9	73	37	0
A	3270	100			810	196,3	87	29	0
B	3540	108			807	189,5	93	24	0
C	3370	103			809	187,0	72	23	0
1	3250		100		811	177,7	107	14	0
2	3500		108		811	183,6	93	23	0
3	3420		105		803	211,5	71	39	0
a	3530			100	810	191,8	91	28	0
b	3250			92	807	190,0	90	23	0

LSD F1=430 kg/ha, LSD F2=340 kg/ha, LSD F1*F2=590 kg/ha, LSD F3=150 kg/ha, LSD F1*F3=350 kg/ha, LSD F2*F3=350kg/ha.

Medelfelet = 2,8%

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

a = Kontroll

b = Strukturkalkning

Ulfhäll och Fiholmsby 1998-2000.

Tabell 10 visar en sammanställning av 5 skördeår med stråsåd. År 2000 var det ärter på Fiholmsby som inte är med i sammanställningen. Tubulering gav en skördeminskning på Ulfhäll med 4% och en merskörd på Fiholmsby med 7%. Tubulering förstärkt med dräneringsslang gav en skördeökning på Ulfhäll och Fiholmsby med 1 respektive 4%.

Såtid 2 gav en merskörd på Ulfhäll med 4% och en skördeminskning på Fiholmsby med 3%. Såtid 3 gav en signifikant skördeminskning med 10% på båda försöksplatserna.

Strukturkalkning ökade skörden i medeltal med 4%.

Tabell 10. Sammanställning av medelavkastningen för åren 1998-2000 på Ulfhäll och Fiholmsby

Försöksled	Ulfhäll		Fiholmsby	
	Kärnskörd Kg/ha	Rel. tal	Kärnskörd Kg/ha	Rel. tal
A	4776	100	4565	100
B	4605	96	4795	107
C	4805	101	4700	104
1	4813	100	4955	100
2	5003	104	4705	97
3	4371	91**	4400	90**
a	4672	100	4595	100
b	4786	102	4775	105

* = signifikansnivå

A = Kontroll

B = Tubulering

C = Tubulering med dräneringsrör

1 = Konventionell såbäddsberedning med normal såtid

2 = Konventionell såbäddsberedning och tidig sådd

3 = Sådd utan harvning och så tidigt som möjligt

a = Kontroll

b = Strukturkalkning

DISKUSSION

Möjligheten att erhålla en effektiv dränering på styva lerjordar, genom att komplettera täckdikningen med tubulering, beror främst på tubernas hållbarhet och om genomsläppligheten kan förbättras i övre delen av profilen. Den milda och nederbördsrika vintern och våren 1997-98 gjorde att grundvattennivån låg mycket högt i marken och tuberna blev stående vattenfyllda och kollapsade delvis på båda försöksplatserna. Tubuleringseffekten var bättre på Fiholmsby än på Ulfhäll på grund av det större fallet på tuberna vid Fiholmsby och att övre delen av markprofilen på Ulfhäll var mycket tät och hade en låg konduktivitet.

Kalkningens inverkan på markstrukturen har i tidigare försök visat sig ha god effekt på avkastningen. Kalken har även effekter på upptorkningen vilket medför tidigare vårbruk. Vid vårbruket på försöksplatserna kunde man observera att markytan på det kalkade ledet hade fått en grynigare struktur. Strukturförbättring bekräftades också vid konduktivitetmätning, där konduktiviteten fördubblades i centrala matjorden. Såbäddsundersökningen visade också att aggregaten i såbäddens mellersta del blivit mindre i storlek. Strukturkalkningen gav något högre skörd, i medeltal med 4% för båda försöksplatserna utom för ärterna som gav en skördeminskning på 8%. Orsaken till detta kan vara att kalken bundit en del fosfor. Ärtor fordrar nämligen god tillgång på fosfor (D. van Alphen de Veer, pers. medd., 2001).

Tubulering och strukturkalkning medför snabbare upptorkning på våren vilket gör det möjligt att så tidigare. Det finns emellertid alltid risk för skadlig packning om marken inte är tillräcklig upptorkad vid sådden. I kombination med tubulering och/eller strukturkalkning bör riskerna för skadlig markpackning vid tidig sådd minska.

Skörderesultaten från såtid 2 visade i medeltal på måttliga, ej signifikanta merskördar på 4% för Ulfhäll. Resultatet för samma såtid på Fiholmsby drogs ned av skördeminskningen år 1998 med 14%. De påföljande åren var merskörderna i medeltal 8%. En orsak till skördeökningen var att planttätheten i genomsnitt var 4% högre jämfört med kontrolleret.

En förutsättning för en bra etablering vid vårsådd utan bearbetning är att marken jämnats till väl på hösten efter plöjning. Fördelar förutom besparade körningar är att en tidig uppkomst förlänger växtsäsongen. Nackdelar kan vara ojämn markyta, hög markfuktighet och därmed risk för markpackning och syrebrist. Ogräs kan också gynnas av vårsådd utan föregående harvning.

Med den tidigaste såtiden utan vårbearbetning, blev skördeminskningen i medeltal 10% signifikant lägre för sammanlagt fem skördeår. Variationerna mellan försöksplatserna och åren var relativt stora. Planttätheten var genomsnitt 13% lägre jämfört med kontrolleret. På Ulfhäll blev det en del luckor i beståndet vid uppkomsten på grund av ojämn markyta. År 1998 på Fiholmsby blev den konventionella såtiden i det närmaste optimal jämfört med de tidiga såtiderna. Avkastningen blev i medeltal 14% lägre för dessa detta år.

Samspelseffekter mellan tubulering, strukturkalkning och såtider gav inga signifikanta merskördar.

LITTERATUR

- Arvidsson, J. 1992. Tidig sådd - högre skörd till lägre kostnad? SLU, Uppsala. Fakta/Mark - växter nr 8.
- Arvidsson, J. & Rydberg, T. 1994. Early sowing, a way to reduce costs, increase yield and improve soil structure? Proceedings of 13th International Conference of ISTRO, Aalborg, Denmark.
- Berglund, G. 1956. Tubulering. Resultat av svenska tubuleringsförsök utförda under åren 1948-56. Grundförbättring 1956:1, s. 154-176.
- Berglund, G. 1971. Kalkens inverkan på jordens struktur. Lantbrukshögskolan, Inst. för lantbrukets hydroteknik. Grundförbättring 1971:2, s. 81-93.
- Björkman, N. 1999. Tubulering, strukturkalkning och tidig sådd på två styva lerjordar i Sverige - effekter på såbäddsberedning, plantetablering och skörd. Bachelorprojekt. Institut for jordbrugsvidenskab. Laboratoriet for agrohydrologi og klimatologi. Den Kgl. Veterinaer- og Landbohøjskole, Köpenhamn, Danmark.
- Farr, E. & Henderson, W. C. 1986. Land Drainage. Chapter 12: Subsoiling, mole drainage and permeable fill. Longman.
- Johansson, W., Mattson, L., Thyselius, L. & Wallgren, B. 1993. Energigrödor från biogas - Effekter på odlingsystem. Jordbrukstekniska institutet, SLU, Uppsala. JTI-rapport 161.
- Johansson, W. 1996. Markvård - en förutsättning för resurssnål och miljövänlig växtproduktion. Växtpressen maj 1996, s. 10 - 12.
- Kindvall, T. 1999. Strukturkalkning på lerjordar - effekter på markstruktur och sockerbets-skörd. SLU, Uppsala. Inst för markvetenskap, Avd för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande 99:1.
- Kritz, G. 1983. Såbäddar för vårsäd. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 65.
- Ljung, G. 1987. Mekanisk analys. Beskrivning av en rationell metod för jordartsbestämning. SLU, Uppsala. Inst för markvetenskap, Avd för hydroteknik. Avdelningsmeddelande 87:2.
- Mulqueen, J. 1985. The development of gravel mole drainage. J. Agric. Eng. Res. 32, s.143-151.
- Olovsson, I. 1987. Tubulering - En metod att förbättra dräneringen på jordar med låg genomsläpplighet. SLU, Uppsala, Inst för markvetenskap, Avd för hydroteknik. Avdelningsmeddelande 87:4.
- Spoor, G. 1987. Drainage developments in the United Kingdom between 1961 - 1986. Proceedings, Symposium 25th International Course on Land Drainage. IRLI publication 42, s. 114 -121.
- Spoor, G. 1987. Machinery developments for reducing draught and improving the grading characteristics of mole ploughs. Proceedings of the fifth national drainage symposium. ASAE publication 07 - 87, s. 327 - 336.
- Teobald, G. H. 1963. Methods and machines for tile and other tube drainage. Rom: FAO Agric. Development Paper 78.

Personliga meddelanden

- Agronom D. Van Alpen de Veer. 2001. Hushållningssällskapet Södermanlands län.
- Lantmästare J. Karlsson. 2001. Hushållningssällskapet Södermanlands län.

BILAGOR

Bilaga 1. Markdata för Ulfhäll

Tabell 11. Kornstoleksanalys och mullhalt (viktprocent av fraktionen). Ulfhäll

Djup cm	Ler	Fin- Mjåla	Grov- mjåla	Fin- Mo	Grov mo	Mellan- sand	Grov- Sand	Mull
0-10	48,9	13,7	10,9	10,8	7,7	0,6	0,2	4,0
10-20	47,9	8,0	14,3	13,1	8,8	0,4	0,1	4,1
20-30	49,4	10,3	11,6	14,4	8,4	0,4	0,2	2,1
30-40	56,9	13,6	13,2	8,3	2,4	0,3	0,1	1,6
40-50	57,7	11,8	12,1	11,5	2,2	0,2	0,1	0,8
50-60	58,9	11,8	11,7	9,1	3,0	0,7	0,1	1,1
60-70	60,0	12,4	11,4	9,1	2,1	0,3	0,0	0,9
70-80	58,3	10,4	15,6	8,7	2,2	0,4	0,2	0,6
80-90	62,2	10,8	13,2	6,5	2,4	0,4	0,1	0,7
90-100	61,0	12,5	12,1	8,3	1,5	0,2	0,1	0,6

Tabell 12. Sammanställning av markfysikaliska data. Ulfhäll

Djup cm	Material- volym vol%	Por- volym vol%	Vattenhalt vid olika tensioner (m.v.p.)					Skrym- densitet g/cm ³	Kompakt- densitet g/cm ³
			0,05	0,50	1,0	6,00	150		
0-10	48,0	52,0	45,7	44,1	42,6	39,1	24,7	1,28	2,67
10-20	47,0	53,0	48,2	45,3	43,8	40,5	23,5	1,26	2,68
20-30	53,0	47,0	46,8	45,6	44,8	42,6	21,1	1,40	2,64
30-40	49,3	50,7	48,7	46,3	45,3	43,0	20,1	1,28	2,60
40-50	50,1	49,9	48,0	45,6	44,7	43,3	20,4	1,31	2,60
50-60	48,0	52,0	48,7	47,3	46,3	43,7	23,5	1,29	2,67
60-70	44,3	55,7	53,1	51,1	50,1	47,7	29,2	1,20	2,70
70-80	45,1	54,9	52,0	49,5	48,3	45,8	27,5	1,20	2,65
80-90	42,9	57,1	53,7	51,0	50,9	48,2	26,5	1,15	2,67
90-100	38,1	61,9	57,4	53,1	51,8	48,7	27,5	1,02	2,68
Summa:	465,8	534,2	502,4	478,9	468,6	442,6	244,0		

Bilaga 2. Markdata för Fiholmsby

Tabell 13. Kornstorleksanalys och mullhalt (viktprocent av fraktionen). Fiholmsby

Djup cm	Ler	Fin- mjåla	Grov- mjåla	Fin- mo	Grov mo	Mellan- Sand	Grov- sand	Mull
0-10	48,4	15,1	13,6	10,9	4,5	1,0	0,5	2,6
10-20	48,9	14,8	13,7	10,7	4,3	1,0	0,3	2,8
20-30	49,2	14,1	13,5	10,8	4,6	1,2	0,5	2,7
30-40	50,2	14,3	13,6	10,0	4,5	1,0	0,4	2,6
40-50	54,3	13,1	12,6	9,9	4,0	1,0	0,2	1,2
50-60	53,9	13,6	12,5	10,7	3,2	0,9	0,2	1,5
60-70	55,1	14,0	12,8	9,4	3,2	0,9	0,2	0,7
70-80	60,8	15,3	9,5	7,2	2,2	0,9	0,0	0,0
80-90	60,9	16,6	9,9	6,5	1,6	0,6	0,0	0,0
90-100	62,5	15,4	12,1	5,4	0,7	0,1	0,0	0,0

Tabell 14. Sammanställning av markfysikaliska data. Fiholmsby

Djup cm	Material -volym vol%	Por- volym vol%	Vattenhalt vid olika tensioner (m.v.p.)						Skrym- densitet g/cm ³	Kompakt- densitet g/cm ³
			0,05	0,50	1,00	3,00	6,00	150		
			vol%							
0-10	48,9	51,1	50,0	46,5	44,5	42,1	40,6	23,3	1,30	2,66
10-20	51,0	49,0	49,0	46,9	45,4	43,3	41,7	24,1	1,35	2,64
20-30	54,5	45,5	45,5	43,5	42,4	40,1	39,0	27,0	1,44	2,64
30-40	53,6	46,4	45,9	43,6	42,6	40,3	39,5	26,8	1,43	2,66
40-50	50,9	49,1	46,5	43,0	41,9	39,7	38,8	25,9	1,37	2,69
50-60	49,2	50,8	46,9	42,7	41,5	39,7	38,5	20,1	1,32	2,69
60-70	49,7	50,3	46,6	42,5	41,4	39,5	38,3	20,6	1,34	2,69
70-80	49,7	50,3	48,9	46,7	45,8	44,2	42,7	21,6	1,35	2,71
80-90	47,7	52,3	50,8	48,9	47,9	46,4	45,1	21,1	1,31	2,74
90-100	46,3	53,7	52,7	51,1	50,4	49,9	47,5	24,3	1,27	2,74
Summa	501,5	498,5	482,8	455,4	443,8	425,2	411,7	234,8		

Bilaga 3. Såbäddsundersökning vid Ulfhäll under 1998 och 1999

Tabell 15. Resultat från såbäddsundersökning vid Ulfhäll 1998

Försöksled	Bearbetnings- djup (mm)	Aggregatstorleksfördelning och antal kärnor per skikt										Vattenhalt					
		Skikt 1		Kärnor		Skikt 2		Kärnor		Skikt 3		Kärnor		Skikt			
		>5 mm	<2 mm	>5 mm	<2 mm	>5 mm	<2 mm	>5 mm	<2 mm	>5 mm	<2 mm	1	2	3	4		
Kontroll	27	34	29	37	3	22	47	11	22	28	50	20	13	15	15	25	
Tubulering	29	36	26	38	1	18	31	51	15	22	29	49	23	13	16	17	24
Tab. med dräneringsrör	26	38	25	37	6	26	28	46	9	20	28	52	22	13	15	17	23
Kontroll	25	38	26	36	4	27	29	44	11	24	27	49	25	14	16	17	25
Strukturkalkning	29	34	27	39	3	17	31	52	12	19	29	52	19	13	15	17	23
Normal såtid	40	34	33	34	1	14	15	53	10	15	32	53	35	10	12	14	21
Tidig sådd	22	48	23	29	2	28	23	43	10	23	25	52	28	14	17	18	24
Så tidig sådd som möjligt	21	25	25	50	6	26	26	47	15	26	26	48	7	15	17	19	27
<i>Signifikans</i>																	
Tubulering						*											*
Kalkning						*											*
Såtid	***	***	***	***	***	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tabell 16. Resultat från såbäddsundersökning vid Ulfhäll 1999

Försöksled	Ojämnhet (mm) markyta	Såbotten djup (mm)	Bearbetningsdjup (mm)	Aggregatstorleksfördelning						Vattenhalt						
				Skikt 1		Skikt 2		Skikt 3		Skikt						
				>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	1	2	3	4
Kontroll	47	43	34	76	18	5	49	35	17	31	42	27	6	9	13	25
Tubulering	41	38	33	77	16	7	51	33	16	34	37	29	6	10	12	23
Tab. med dräneringsrör	41	33	31	78	17	5	51	34	15	30	39	30	6	8	12	25
Kontroll	46	41	34	81	15	4	53	34	13	33	40	27	6	9	12	25
Strukturalkning	41	35	31	73	19	8	47	34	19	30	39	30	6	9	12	24
Normal såtid	44	38	35	77	19	5	47	38	15	29	40	31	3	5	10	25
Tidig sådd	51	39	47	73	20	7	42	34	24	25	37	38	8	14	16	24
Så tidig sådd som möjligt	34	36	16	82	13	6	62	30	8	42	41	17	7	8	11	24
<i>Signifikans</i>																
Tubulering				*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Kalkning				*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Såtid				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Bilaga 4. Såbäddsundersökning vid Fiholmsby under 1998 och 1999

Tabell 17. Resultat från såbäddsundersökning vid Fiholmsby 1998

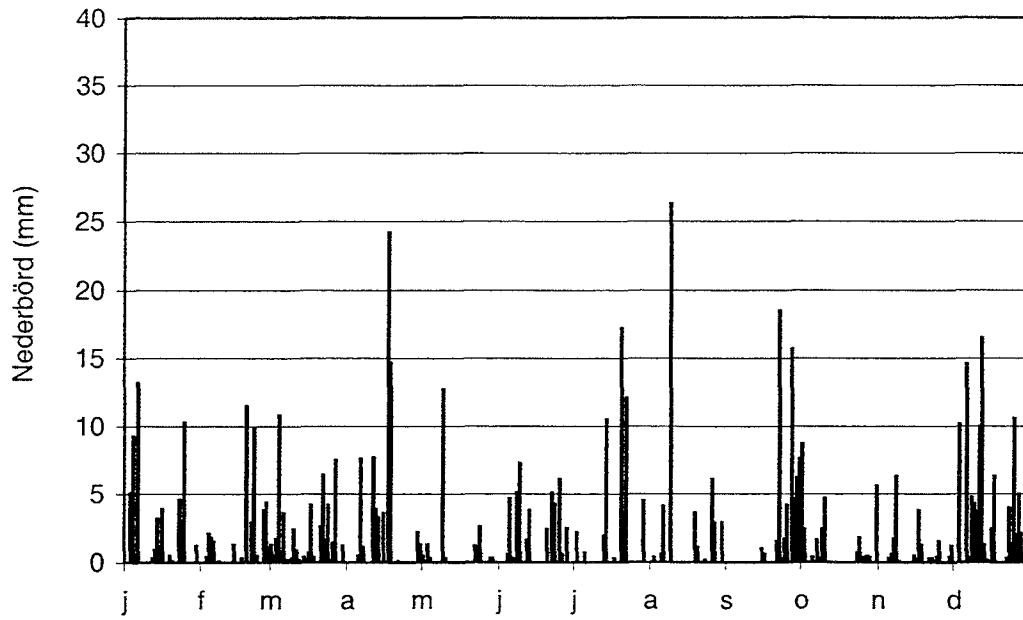
Försöksled	Bearbetnings- djup (mm)	Aggregatstorleksfördelning och antal kärnor per skikt												Vattenhalt			
		Skikt 1			Skikt 2			Skikt 3			Kärnor			Skikt		Kärnor	
		>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	1	2	3	4
Kontroll	35	32	48	20	0	21	51	28	4	19	47	34	24	11	15	17	24
Tubulering	33	29	49	22	1	20	49	31	6	20	48	33	19	12	15	17	25
Tab. med dräneringsrör	37	33	45	22	1	22	49	29	4	18	49	33	31	12	14	16	25
Kontroll	35	31	48	21	0	20	50	30	5	18	48	34	19	12	15	17	25
Strukturkalkning	35	31	47	21	1	21	50	29	4	19	48	33	28	11	14	17	24
Normal såtid	40	34	45	21	0	21	50	29	1	20	47	33	28	14	17	18	25
Tidig sådd	35	32	47	21	0	21	49	30	6	20	46	34	26	12	14	17	25
Så tidig sådd som möjligt	30	28	51	21	1	20	50	30	7	16	51	33	20	9	12	15	24
<i>Signifikans</i>			*		**				*					***	***	***	***
Tubulering											*						
Kalkning																	
Såtid																	

Tabell 18. Resultat från såbäddsundersökning vid Fiholmsby 1999

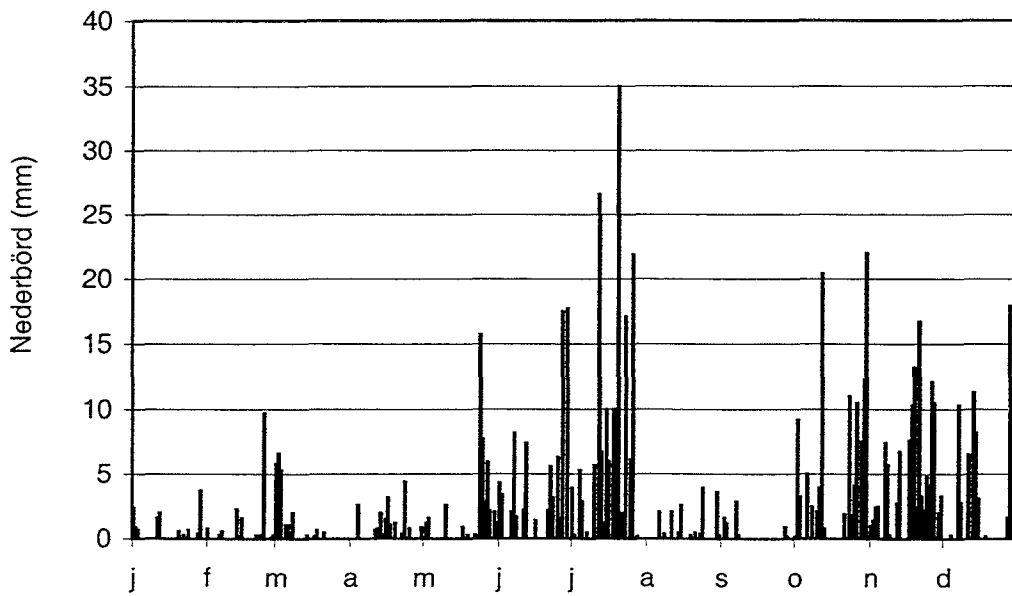
Försöksled	Ojämnhet (mm) markyta	Såbotten (mm)	Bearbetningsdjup (mm)	Aggregatstorleksfördelning												
				Skikt 1			Skikt 2			Skikt 3			Vattenhalt			
				>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	1	2	3	4
Kontroll	41	34	37	72	22	6	49	35	16	38	38	24	11	14	16	23
Tubulering	41	29	43	65	22	12	50	35	15	39	38	22	10	14	16	22
Tub. med dräneringsrör	43	31	39	70	24	6	49	36	15	41	36	23	10	14	17	22
Kontroll	44	33	39	72	20	8	51	34	14	40	38	23	10	14	16	21
Strukturkalkning	39	30	40	67	25	8	47	36	17	39	37	23	11	14	16	23
Normal såtid	44	33	45	58	27	14	35	42	23	27	40	33	7	11	14	21
Tidig sådd	37	25	46	72	22	6	47	36	16	38	38	23	11	14	17	22
Så tidig sådd som möjligt	25	39	28	78	19	3	66	28	7	54	34	12	13	16	17	24
<i>Signifikans</i>				***	*	***	***	***	***	***	**	***	***	***	*	*
Tubulering				***			***	***	***	***	**	***	***	***	*	*
Kalkning				***			***	***	***	***	**	***	***	***	*	*
Såtid				***			***	***	***	***	**	***	***	***	*	*

Bilaga 5. Nederbördsdata

VÄSTERÅS år 1999



VÄSTERÅS år 2000



Figur 9. Nederbörd vid SMHI:s station i Västerås under åren 1999 - 2000.

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. AVDELNINGSMEDDELANDE. Fr o m 1998

- 98:1 Lustig, T. Land Evaluation Methodology. Small-Scale Agro-Pastoralist Farming Systems. Agricultural community case study in the IV region of Chile. 91 s.
- 98:2 Jansson, P-E. Simulating model for soil water and heat conditions. Description of the SOIL model. 81 s.
- 98:3 Casanova, M. Influence of slope gradient and aspect on soil hydraulic conductivity measured with tension infiltrometer. Field study in the Central Zone of Chile. 50 s.
- 98:4 Ingvar-Nilsson, N. Variationsmönster hos grundvattennivåerna i skogsmark. Fältstudier i Norunda hösten 1995. 52 s.
- 98:5 Carlsson, M. Sources of errors in Time Domain Reflectometry measurements of soil moisture. 50 s.
- 98:6 Eckersten, H., Jansson, P-E., & Johnsson, H. SOILN model, User's manual. Version 9.2. 113 s.
- 98:7 Quang, v. P. Soil water flow dynamics on raised beds in an acid sulphate soil. Field study at Hoa An station, Mekong delta, Vietnam. 33 s.
- 98:8 Tri, V.K. Water flow paths during the rainy season in an acid sulphate soil. Field study in the plain of reeds of the Mekong delta, Vietnam. 40 s.
- 98:9 Eckersten, H., Jansson, P-E., Karlsson, S., Lindroth, A., Persson, B., Perttu, K., Blombäck, K., Karlberg, L. & Persson, G. Biogeofysik - en introduktion. 146 s.
- 99:1 Kindvall, T. Strukturkalkning på lerjordar - effekter på markstruktur och sockerbetsskörd. 55 s.
- 99:2 Börjesson, E. Naturliga system för rening av lakvatten i Ranstad - vilka är möjligheterna? 67 s.
- 99:3 Gärdenäs, A. (ed). Scale and variability issues in the soil-hydrological system. Workshop proceedings. The 25-27th of August 1999 at Wiks Castle, Sweden. 57 s.
- 99:4 Bengtson, L. Retention of colloids in lysimeter experiments on undisturbed macroporous clay soil. 43 s.
- 99:5 Wennman, P. Vegetationsfilter för rening av lakvatten - kväveaspekter. 45 s.
- 00:1 Stjernman, L. Gruvavfall som växtsubstrat - effekter av organiskt material. 58 s.
- 00:2 Björkman, N. Biologisk alvluckring - effekter av rödklöver och lusern på markstruktur och sockerbetsskörd. 58 s.
- 01:1 Gustafsson, H. The use of plants for soil remediation at Milford Haven Refinery in South Wales. 37 s.
- 02:1 Lundberg, M. Skador av is och ytvatten i vall i norra Sverige. 80 s.
- 02:2 Gustafsson Bjuréus, A. & Karlsson, J. Markstrukturindex – utvärdering av en metod att bedöma odlingssystemets uthållighet och jordarnas fysikaliska status. 167 S.
- 02:3 Andersson, J. Possible Strategies for Sustainable Land Use in the Hilly Area of Northern Vietnam. 88 s.
- 02:4 Berglund, K., Berglund, Ö. & Gustafson Bjuréus, A. Markstrukturindex – ett sätt att bedöma jordarnas fysikaliska status och odlingssystemets inverkan på markstrukturen. 132 s.
- 02:5 Eckersten, H., Jansson, P-E., Karlsson, S., Lindroth, A., Persson, B., Perttu, K., Blombäck, K., Karlberg, L., Persson, G., Cienciala, E., Kätterer, T., Gärdenäs, A. & Lewan, L. Biogeofysik - en introduktion. 146 s.
- 02:6 Lindström, J., Linnér, J. & Arvidsson, J. Tubulering – en kostnadseffektiv markvårdsåtgärd. 38 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
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
Box 7014
750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 11 85, 67 11 86

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics
P.O. Box 7014
S-750 07 UPPSALA, SWEDEN

Tel. +46-(18) 67 11 85, +46-(18) 67 11 86
