



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

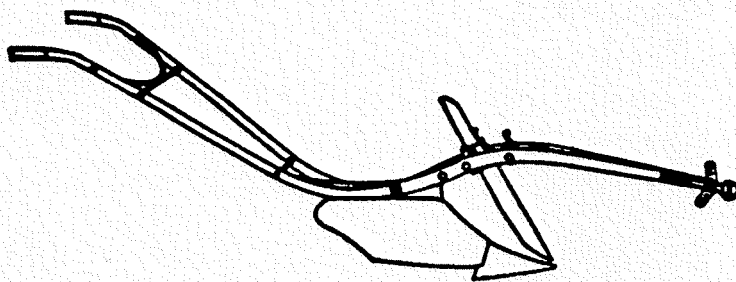
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

RAPPORTER FRÅN _____ JORDBEARBETNINGS-AVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Reports from the Division of Soil Management



Nr 85

1994

Johan Arvidsson och Inge Håkansson

**Finns packningsskador kvar efter plöjning?
Resultat från 21 långliggande fältförsök.**

*Do effects of soil compaction persist after
ploughing? Results from 21 Swedish long-term
field experiments.*

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R--85--SE

RAPPORTER från JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

- | Nr | År | | Nr | År | |
|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 1968 | Inge Håkansson: Fysikalisk och kemisk beskrivning av markprofiler från 8 platser i Uppland och Västergötland. 128 s. | 35 | 1973 | Lennart Henriksson: Redskap för säbäddberedning. Undersökningsmetoder och inledande studier. 35 s. <i>Implements for seedbed preparation. Methods of investigation and preliminary studies.</i> |
| 2 | 1968 | Inge Håkansson: Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning. 6 s. | 36 | 1973 | Inge Håkansson, József von Polgár: Försök åren 1969 och 1970 med en maskin för kombinerad säbäddberedning och sädd (Svenska Sockerfabriks AB:s värbrukningsmaskin). 26 s. <i>Experiments in the years 1969 and 1970 with a machine for combined seedbed preparation and sowing.</i> |
| 3 | 1968 | Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Försök med harvning till vårsädd 1941-1959. 29 s. <i>Field trials with harrowing to spring-sown cereals 1941-1959.</i> | 37 | 1974 | Lennart Engström: Intervjuundersökning om extremt tidig sädd våren 1973. 33 s. <i>A sampling study into extremely early spring sowing in Sweden in 1973.</i> |
| 4 | 1968 | Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen: Inledande försök med gödsel radmyllning kombinerat med sädd 1964-1966. 37 s. | 38 | 1974 | Lennart Henriksson: Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetsätt och arbetsresultat. 144 s. <i>Studies of the mode of working and the working results of some soil tillage implements.</i> |
| 5 | 1968 | Lennart Henriksson: Orienterande försök med bearbetning till höstvetete. 7 s. | 39 | 1975 | Tomas Rydberg: Plöjningsfri odling i Sverige. En intervjuundersökning 1974. 21 s. |
| 6 | 1968 | Lennart Henriksson: Försök med olika sätider. 7 s. | 40 | 1975 | Ulf Olsson: Redskap för säbäddberedning, arbetsätt och arbetsresultat. 55 s. <i>Implements for seedbed preparation; studies of the mode of working and the working results.</i> |
| 7 | 1968 | Reijo Heinonen: Berättelse över studieresa till Sovjet den 11-26 juli 1967. 13 s. | 41 | 1975 | Inge Håkansson: Rapport över studieresa till USA hösten 1974. 15 s. |
| 8 | 1968 | Inge Håkansson: Markfysikaliska studier i ett växtföljdsförsök på Ås den 15-16 juli 1966. 13 s. | 42 | 1976 | Inge Håkansson: Elva försök med alvuckring och djupplöjning i Syd- och Västsvet 1964-1975. 35 s. <i>Eleven Swedish field experiments with subsoiling and deep ploughing 1964-1975.</i> |
| 9 | 1968 | Bo Thente: Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod. 41 s. | 43 | 1976 | Peter Edling: Redskap och intensitet vid värbruk till potatis. Resultat av 11 försök i Norrland 1965-1969. 10 s. <i>Eleven experiments in northern Sweden with spring tillage for potatoes.</i> |
| 10 | 1968 | Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo: Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. 13 s. | 44 | 1976 | Göran Kritz: Säbäddens utformning på vårsädda fält III. Stickprovsundersökning 1969-72. Primärdata för 300 provplatser. 76 s. <i>Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden III. Sampling investigation 1969-72. Primary results from 300 investigated places.</i> |
| 11 | 1968 | Lennart Fergedal: Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967. 9 s. | 45 | 1976 | PROCEEDINGS of the 7th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO. |
| 12 | 1968 | Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Alvuckringsförsök 1937-1963. 32 s. | 46 | 1976 | Inge Håkansson, József von Polgár: Modellförsök med säbäddens funktion. I. Säbädden som skydd mot avdunstning. 52 s. <i>Model experiments into the function of the seedbed. I. The seedbed as a protective layer against drought.</i> |
| 13 | 1968 | Reijo Heinonen: Tidig vårsädd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i säbäddberedning och sädd av stråsädd. 19 s. | 47 | 1976 | Lars Gunnar Nilsson: Texturanalys och jordartsklassifikation. Rapport från ett NJF-symposium i Uppsala 1976-03-09. 26 s. |
| 14 | 1968 | Erik Jakobsson: Plöjningsförsök med olika tiltbredder och vändskiveformer. 10 s. | 48 | 1976 | Inge Håkansson: Olika grödors känslighet för packningsgraden i matjorden. Två försök med vallväxter 1971-74. 17 s. <i>The sensitivity of different crops to the degree of compactness in the plough layer. Two field experiments with forage crops 1971-74.</i> |
| 15 | 1968 | Lennart Henriksson: Försök med grund plöjning. 9 s. | 49 | 1976 | Göran Kritz: Säbäddens utformning på vårsädda fält IV. Stickprovsundersökning 1969-72. En översiktlig studie av några viktiga faktorer. 33 s. <i>Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden IV. Sampling investigation 1969-72. A general survey of some important factors.</i> |
| 16 | 1968 | Stig Ledin: Olika halmedbrukningsmetoders verkan på kvickrot och på några frögräs. 21 s. | 50 | 1977 | Säbäddberedning och sädd. Uppsatser presenterade vid Lantbrukshögskolans försöksledarmöte 1977. |
| 17 | 1969 | Inge Håkansson, Börje Gillberg: Lufttrycket i traktordäckan under fältarbeten. En stickprovsundersökning hösten 1968. 32 s. <i>Investigation into the inflation pressure of the tires of Swedish tractors engaged in field work.</i> | 51 | 1977 | Lennart Henriksson: Stubbearbetsredskapens arbetsresultat med hänsyn till mark- och halmförhållandena. 32 s. <i>The results given by implements for stubble cleaning with regard to different soil- and straw conditions.</i> |
| 18 | 1969 | Göte Bertilsson: Studier över tryckets markpåverkan. 67 s. | 52 | 1977 | Arne Ljungars: Olika faktorer betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976. 43 s. <i>Importance of different factors on soil compaction by tractors. Measurements in 1974-1976. 43 p.</i> |
| 19 | 1969 | Peter Edling, Nils M. Nilsson, Inge Håkansson: Sju skånska försök med alvuckring och djupplöjning 1964-68. 26 s. <i>Seven experiments with subsoiling and deep ploughing in Southwestern Sweden 1964-68.</i> | 53 | 1977 | Inge Håkansson & József von Polgár: Modellförsök med säbäddens funktion. II. Försök med skiktade och oskiktade säbäddar. 22 s. <i>Model experiments into the function of the seedbed. II. Experiments with stratified and unstratified seedbeds. 22 p.</i> |
| 20 | 1969 | Bengt Reimersson, Gunnar Falk: Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. 8 s. <i>A field experiment with reduced soil compaction on a clay soil.</i> | 54 | 1978 | Ulf Olsson: Harvens konstruktion och harvningens utförande - inverkan på bearbetningsresultatet. 28 s. <i>Influence of harrow construction and harrowing on the tillage result. 29 p.</i> |
| 21 | 1970 | Lennart Henriksson: Olika redskapstyper för stubbearbetning. Jämförelser av arbetsätt och arbetsresultat. 19 s. <i>Different types of implements for stubblecultivation. A study of working methods and working results.</i> | 55 | 1978 | Olle Wallbom & Kjell Wretler: Förekomsten av några viktiga växtskadegörare vid plöjningsfri odling. 29 s. <i>Occurrence of some important plant diseases on ploughless cereal cropping. 29 p.</i> |
| 22 | 1970 | Inge Håkansson, Lennart Fergedal: Försök med jordpackningens ackumulativa efterverkningar. Preliminär redogörelse. 21 s. <i>Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction. Preliminary report.</i> | | | |
| 23 | 1971 | Göran Kritz, Inge Håkansson: Säbäddens utformning på vårsädda fält. Stickprovsundersökning 1969-70. 43 s. <i>Investigation into seedbed preparation and properties of the seedbed on spring sown fields in Sweden, 1969-1970.</i> | | | |
| 24 | 1971 | Lennart Henriksson: Tilljämning av plogtiltan på hösten. Försök med höstharvning och tillsatsredskap till plogen. 68 s. | | | |
| 25 | 1971 | Ann Pettersson: Nya redskap för gödselplacering och sädd. 50 s. | | | |
| 26 | 1971 | Lennart Fergedal: Jordpackning med traktor vid olika tider för vårsädd. 140 s. | | | |
| 27 | 1971 | Göran Kritz: Jordbearbetningsforskning i Europa. Rapport från en studieresa. 16 s. | | | |
| 28 | 1972 | Helmut Frese: Zur Frage spezialisierter oder interdisziplinärer Forschung am Boden. 15 s. | | | |
| 29 | 1972 | Inge Håkansson, Sven Alvelid: Två försök i Kalmar län med halmedplöjning för att minska vinderosionen. 4 s. | | | |
| 30 | 1972 | Ann Pettersson, Sten Wikström: Inledande undersökningar om radmyllning till potatis. 50 s. | | | |
| 31 | 1972 | Peter Edling, Lennart Fergedal: Modellförsök med jordpackning 1968-69. 71 s. | | | |
| 32 | 1973 | Åke Huhtapalo, Ann Wikström, Sten Wikström: Försök med kombisåmaskiner 1971-72. 46 s. | | | |
| 33 | 1973 | Inge Håkansson: Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Röbbäcksdalen. 1969-72. 20 s. <i>Effect of heavy machinery when harvesting ley crops. Three field experiments in northern Sweden 1969-72.</i> | | | |
| 34 | 1973 | Göran Kritz: Säbäddens utformning på vårsädda fält. Stickprovsundersökning 1969-72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76 s. | | | |

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning

Rapporter från jordbearbetnings-
avdelningen. Nr 85, 1994
ISSN 0348-0976
ISRN SLU-JB-R--85--SE

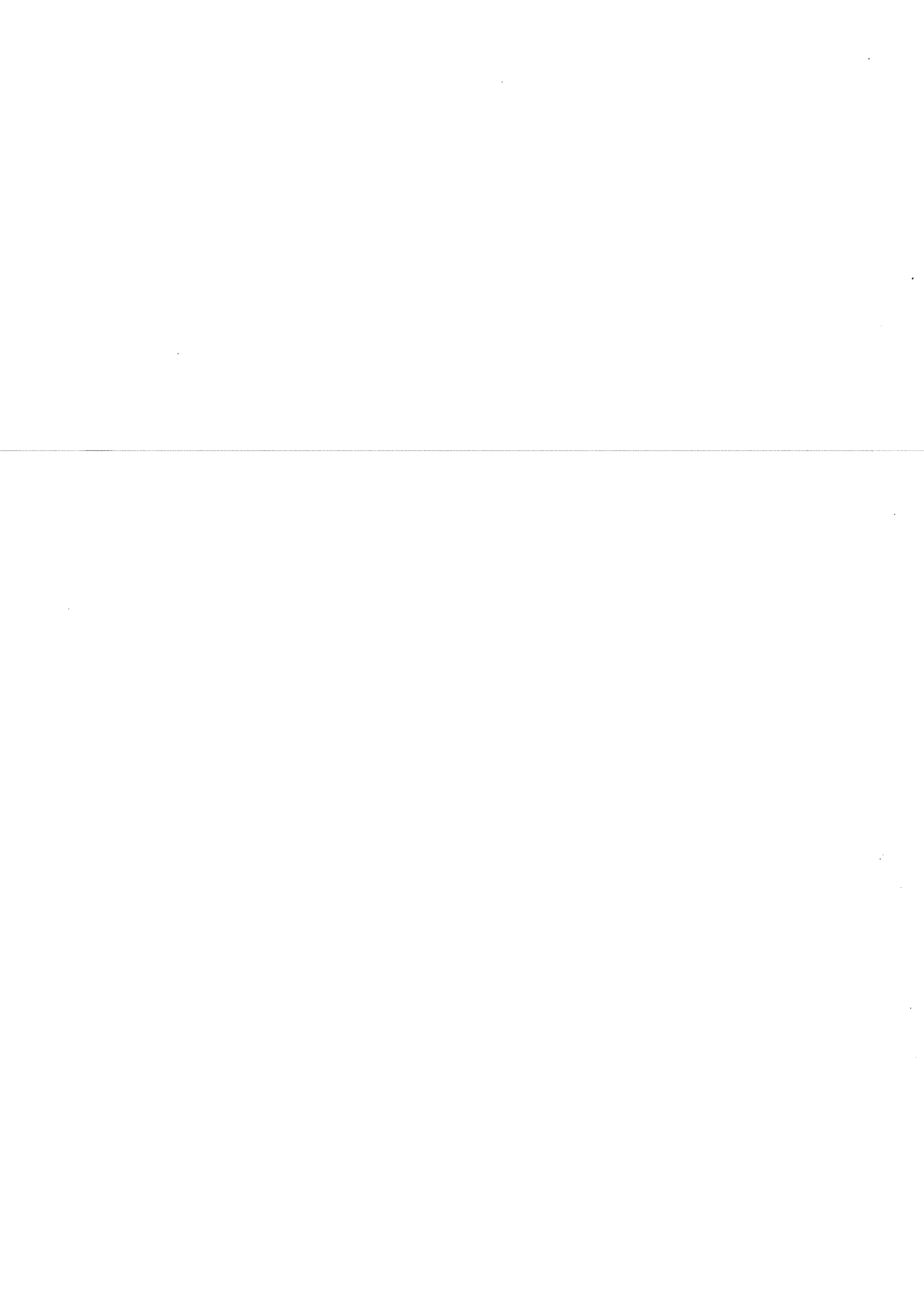
Johan Arvidsson, Inge Håkansson

**FINNS PACKNINGSSKADOR KVAR EFTER PLÖJNING?
RESULTAT FRÅN 21 LÅNGLIGGANDE FÄLTFÖRSÖK.**

*DO EFFECTS OF SOIL COMPACTION PERSIST AFTER PLOUGHING?
RESULTS FROM 21 SWEDISH LONG-TERM FIELD EXPERIMENTS.*

*Om vi med vårt öga kunde genomtränga och se det inre av jorden, från pol till pol,
eller från våra fötter ända till antipoderna, då skulle vi med fasa urskilja en kropp
ohyggeligt genomborrad av sprickor och håligheter.*

T. Bumet 1694



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introduktion | 2 |
| Material och metoder | 3 |
| Försökens utförande | 3 |
| Försöksplatser | 4 |
| Årliga mätningar och observationer | 4 |
| Markfysikaliska mätningar | 5 |
| Växtnäringsupptagning | 6 |
| Statistisk bearbetning | 6 |
| Resultat och diskussion | 7 |
| Markfysikaliska studier | 7 |
| Såbäddsundersökningar | 7 |
| Porositet | 7 |
| Porstorleksfördelning, genomsläpplighet för vatten och luft, aggregatstorleksfördelning | 8 |
| Penetrationsmotstånd | 8 |
| Aggregathållfasthet och -stabilitet | 9 |
| Växtnäringsupptagning | 10 |
| Avkastning | 11 |
| Avkastning - medeltal för enskilda platser | 11 |
| Avkastning - variation mellan år | 14 |
| Avkastning - jordart - plantetablering | 16 |
| Avkastning - grödvis | 17 |
| Avkastning - skördenivå | 17 |
| Avkastning - vattenhalt i marken vid packningstillfället | 18 |
| Avkastning - väder | 18 |
| Avkastning - ogräs | 18 |
| Slutsatser och sammanfattande diskussion | 19 |
| Sammanfattning | 20 |
| Summary | 21 |
| Referenser | 22 |
| Bilaga - resultat årsvis från samtliga försöksplatser | 24 |

INTRODUKTION

Jordpackning är ett område inom lantbruksforskningen, där man gjort förhållandevis omfattande undersökningar, både i Sverige och internationellt. En teori för utbredning av tryck i marken lades t.ex fram av Nichols och Randolph 1925. Också i Sverige vaknade intresset för jordpackning tidigt. I samband med mekaniseringen av jordbruket på 40- och 50-talen märkte man negativa effekter av maskinernas packning, en utveckling som förstärktes av övergången till kreaturslös drift och ensidig spannmålsodling på många gårdar. I början av 60-talet startades därför en omfattande fältförsöksverksamhet för att utröna vad jordpackning hade för effekt på skörden, framförallt vid spannmålsodling.

Packningens effekter kan kort delas in i tre grupper: 1. Kortsiktig effekt av packning av matjorden. När marken packas förändras dess skrymdensitet, vilket får en direkt effekt på bl.a. penetrationsmotstånd för rötter, vattentransport och syreförsörjning i marken. Denna påverkan sker på alla jordtyper. 2. Långsiktig effekt av packning av matjorden. I konventionella odlingssystem luckras jorden årligen, i Sverige vanligtvis genom plöjning. Luckringen medför att tidigare skador av packning till viss del repareras. En del kvarstår dock, och det är denna typ av strukturskador som behandlas i denna rapport. 3. Skador av packning i alv. Denna typ av skador repareras mycket långsamt.

Också internationellt har ett stort antal fältförsök utförts där man studerat packningens inverkan på skörden. Under punkt 1 ovan har t.ex. Lipiec et al. (1991), i överensstämmelse med svenska försök (Håkansson, 1990), funnit att det finns en optimal skrymdensitet för jorden, som normalt blir för lucker av plöjning. Alvpackningens effekter på avkastningen har studerats av ett flertal länder i samarbete, däribland Sverige (Håkansson et al., 1985). Dessutom har många systemförsök genomförts, där man genomgående använt lågtrycksdäck eller fasta spårssystem (Chamen et al. 1992; Vermeulen & Klooster, 1992; Dickson et al. 1992; Douglas et al., 1992). I den sista typen av försök blandas dock kort- och långsiktiga effekter enligt punkt 1, 2 och 3 ovan.

Syftet med de mångåriga försök som presenteras i denna rapport var att renodla effekterna under punkt 2, d.v.s. de packningsskador som kvarstår efter plöjning, att studera deras verkan på mark och gröda samt hur länge skadorna finns kvar i marken. Detta har uppnåtts genom att jorden packats före plöjning, varefter packade och opackade led bearbetats på samma sätt under resten av året. Så vitt vi vet finns det inte någon annanstans ett motsvarande försöksmaterial. Delar av resultaten från dessa försök har presenterats tidigare och kunnat användas i rådgivning (Eriksson et al., 1974, Håkansson, 1987). Tillsammans med resultat från andra typer av försök, under punkt 1 och 3, har materialet också använts till en modell för att beräkna den sammanlagda effekten av packning på skörden (Arvidsson & Håkansson 1991). Med hjälp av modellen kan den ekonomiska förlusten av packning, och värdet av olika motåtgärder, beräknas för enskilda gårdar.

MATERIAL OCH METODER

Försökens utförande

Sammanlagt har 21 försök genomförts i fem serier: R2-7101, -7103, -7104 -7105 och -7108. De första försöken startades i början på 1960-talet och de två senaste pågår fortfarande. Försöken har haft en likartad uppläggning: i samtliga fall har ett huvudled där matjorden packats genom körning med traktor och vagn på hösten *före* plöjning jämförts med ett kontrollled utan extra packning. Axelbelastningen har normalt varit under 4 ton, för att begränsa packningens verkan till att gälla matjorden. Packning har skett spår intill spår i försöksrutan en eller flera gånger. Året efter packningen har försöksplatsen brukats med konventionell teknik med samma behandling av packade och ej packade rutor, och skörden följande höst har bestämts. Packningen har sedan upprepats varje höst mellan skörd och plöjning, vanligtvis under en period på 7-10 år. Skörden har bestämts varje år och dessutom under några (oftast 5) år efter packningens avslutande. De olika serierna har innehållit variationer på denna försöksplan, bl.a. med olika körmängd, ringtryck och fuktighetsförhållanden vid packning, och ibland med packning av både matjord och alv.

De grödor som odlats är i första hand korn och havre. De flesta konventionella jordbruksgrödorna har dock ingått i försöken, t.ex. höstvetete, vårvete, ärtor, potatis, sockerbetor och våroljeväxter. I regel har man följt växtföljden på övriga fältet.

Serie R2-7101 innehöll 6 försök enligt följande plan:

- A = Kontroll (ingen extra packning)
- B = Stark packning och ältning i matjorden
- C = Stark packning och ältning i matjorden och plogfåran

Led B packades spår intill spår, oftast 2 ggr. Den extra ältningen i plogfåran erhöles i regel genom att plöjningstraktorn ej drevs framåt av sin egen motor utan bogserades av en traktor. Plöjningen i dessa led utfördes med en enskärig plog. Jämfört med normal plöjning med en treskärig plog innebär detta att det blev 6 gånger så mycket körning i plogfåran i led C och en kraftig ältning genom slimningen vid bogsering.

I serie R2-7103 ingick 3 försök enligt följande plan:

- A = Kontroll (ingen extra packning)
- B = Normal packning och ältning i matjorden
- C = Stark packning och ältning i matjorden enstaka höst
- D = Stark packning och ältning i matjorden varje höst (mosvarande led B i serie R2-7101)

"Normal packning" avsåg att motsvara ungefär den normala körmängden under ett år och detta led packades 1 gång spår intill spår, medan led C och D packades 2-3 ggr.

I serie R2-7104 ingick också 3 försök med följande försöksplan:

- A = Kontroll (ingen extra packning)
- B = Normal packning och ältning i matjorden
- C = Stark packning och ältning i matjorden (motsv. led B i serie R2-7101)
- D = Stark packning och ältning i matjorden och plogfåran

Led med normal och stark packning behandlades som i serie -7103. Den extra packningen i plogfåran

erhölls genom att plöjningstraktorn bogserades, liksom i led C i serie R2-7101.

Serie R2-7105 innehöll 7 försök enligt följande plan:

- A = Kontroll (ingen extra packning)
- B = Normal packning och ältning i matjorden
- C = Stark packning och ältning i matjorden (motsv. led B i serie R2-7101)

Led med normal och stark packning behandlades som i serie -7103.

Försöken enligt ovanstående försöksplaner är alla avslutade. Den sista serien med denna typ av försök, R2-7108 med två försök, pågår fortfarande. Försöksplanen innehåller 6 led:

- A = Kontroll (ingen extra packning)
- B = Normal packning och ältning i matjorden, lågtrycksdäck på vagnen, normala fuktighetsförhållanden
- C = Stark packning och ältning i matjorden, lågtrycksdäck, normala förhållanden
- D = Stark packning och ältning i matjorden, högtrycksdäck, normala förhållanden
- E = Normal packning och ältning i matjorden, lågtrycksdäck, våta förhållanden
- F = Stark packning och ältning i matjorden, lågtrycksdäck, våta förhållanden

Våta förhållanden har erhållits genom att man väntat med att utföra packningen tills höstregnen gjort marken våt, eller med hjälp av bevattningsanläggning.

Ett sätt att ange körintensiteten är att ange antal tonkm/ha, d.v.s. packningsekipagets vikt multiplicerat med körsträckan per hektar. "Normal" och "stark" packning enligt ovan motsvarade då i genomsnitt ca 120 resp. 350 tonkm/ha (normal körmängd under ett helt år är för spannmålsodling 100-150 tonkm/ha). Vid extra packning av alven tillkom 60-100 tonkm/ha för både matjord och alv. Den genomsnittliga körmängden på varje enskild försöksplats anges i tabell 1.

Försöksplatser

Försöken var placerade runt om i Sverige och på skiftande jordar, med lerhalter från 10 till 59 %. Ingen mulljord ingår dock i materialet. I tabell 1 visas kornstorleksfördelning, pH, K-AL, P-AL samt körmängd för försöksplatserna. Försök C 7A och C 7B var ursprungligen ett försök, men delades i två, eftersom jordarten skiftade starkt inom försöket. Försöksplatsen i M 430 präglades av mycket låg genomsläpplighet för vatten, trots att den var normalt dränerad. I försök O 100 överlagrades matjorden, med 13 % ler, en alvjord med styv lera.

Årliga mätningar och observationer

Varje år mättes skörd, stråstyrka vid skörd, skördens vattenhalt, rymdvikt och renhet. Jordens vattenhalt bestämdes vid packningstillfället och vid såbäddsberedningen. I de flesta fall mättes jordens ojämnhet före såbäddsberedning, genom mätning av högsta och lägsta punkten längs en linje tvärs över plogtiltorna. Från fjärde året fram till packningens avslutande gjordes planräkningar vid 69 av totalt 107 försöksår.

Tabell 1. Kornstorleksfördelning, pH, K-AL och P-AL i matjorden, samt antal tonkm/ha i normalt och starkt packade led för försöksplatserna i serierna R2-7101, R2-7103, R2-7104, R2-7105 och R2-7108

| Försök nr. | Län | Kornstorlek, vikts-% | | | | | Kemisk analys, mg/100 g jord | | | Tonkm/ha, led: | |
|---------------------|-----|----------------------|-------|----|------|------|------------------------------|------|------|----------------|-------|
| | | Ler | Mjåla | Mo | Sand | Mull | pH | K-AL | P-AL | Normal | Stark |
| R2-7101: | | | | | | | | | | | |
| 7A/63 | C | 29 | 19 | 40 | 8 | 3.2 | 6,6 | 13,0 | 8,4 | | 296 |
| 7B/63 | C | 39 | 21 | 29 | 5 | 4.2 | 6,3 | 16 | 5,5 | | 296 |
| 46/66 | C | 24 | 26 | 43 | 2 | 4.3 | 5,8 | 12 | 5,9 | | 367 |
| 125/66 | R | 25 | 20 | 42 | 10 | 2.0 | | | | | 282 |
| 287/66 | N | 41 | 30 | 17 | 7 | 5.2 | 5,7 | 32 | 7,6 | | 310 |
| 889/66 | M | 18 | 17 | 36 | 25 | 2.6 | 6,8 | 13 | 25 | | 351 |
| R2-7103: | | | | | | | | | | | |
| 2/64 | M | 26 | 25 | 24 | 21 | 4.0 | 6,1 | 10 | 10,7 | 121 | 437 |
| 19/64 | C | 38 | 25 | 31 | 2 | 3.3 | 6,6 | 21 | 4,7 | 207 | 329 |
| 704/64 | M | 19 | 16 | 42 | 22 | 2.1 | 6,7 | 8,8 | 6,8 | 159 | 402 |
| R2-7104: | | | | | | | | | | | |
| 430/67 | M | 45 | 20 | 17 | 10 | 5.0 | | | | 65 | 299 |
| 431/67 | M | 27 | 14 | 44 | 10 | | | | | 61 | 337 |
| 790/68 | M | 10 | 5 | 28 | 51 | 6.6 | 7,0 | 10 | 22,2 | 62 | 319 |
| R2-7105: | | | | | | | | | | | |
| 68/77 | S | 23 | 26 | 40 | 9 | 2.9 | 6,0 | 10 | 4,4 | | |
| 100/77 ¹ | O | 13 | 8 | 60 | 15 | 3.3 | 6,0 | 8,5 | 4,8 | | |
| 115/71 | C | 15 | 7 | 47 | 28 | 2.2 | 6,7 | 8,0 | 5,8 | 255 | 332 |
| 120/71 | N | 11 | 6 | 49 | 30 | 4.3 | 6,4 | 6,0 | 8,0 | 126 | 502 |
| 191/74 | Y | 30 | 46 | 11 | 6 | 6.9 | | | | 93 | 333 |
| 213/71 | R | 14 | 10 | 65 | 6 | 4.4 | | | | 98 | 427 |
| 227/73 | AC | 10 | 28 | 49 | 4 | 8.1 | 5,6 | 16 | 10,0 | 98 | 311 |
| R2-7108: | | | | | | | | | | | |
| 179/85 | T | 59 | 24 | 7 | 1 | 8.8 | | | | 117 | 349 |
| 180/85 | T | 40 | 30 | 24 | 4 | 2.1 | | | | 116 | 349 |

¹Matjorden överlagrade en styv lera.

Markfysikaliska mätningar

Studier av markfysikaliska förhållanden gjordes tidigast fyra år efter försökens start. Mätningar gjordes främst i försök med minst 15 % ler, eftersom det tidigt stod klart att lerjordar påverkades i högre grad av packningen än lättare jordar. Flertalet mätningar utfördes endast vid ett tillfälle per plats, och det finns därför inte några kontinuerliga mätningar av hur markstrukturen förändrats på en och samma plats.

Såbäddens kvalitet: Såbädden karakteriserades vid totalt 12 tillfällen på 6 platser, enligt Kritz och Håkansson (1971). Därvid bestämdes harvningsdjup, såddjup, aggregatstorleksfördelning och vattenhalt i olika skikt av såbädden, såbottens vattenhalt, samt markytans och harvningsbottens jämnhet.

I augusti-september året efter den sista försöksmässiga packningen (7-10 år efter försökens start) gjordes följande mätningar på 12 av försöksplatserna:

Torr skrymdensitet: Torra skrymdensiteten i matjorden och övre delen av alven mättes genom bestämning av jordvolymen och vägning av jorden inom en ram (0,5 m² area) enligt Andersson & Håkansson (1963). Bestämningen gjordes normalt på två olika nivåer: från såbäddsbotten till senaste plöjningsdjup, samt därifrån ytterligare ca 7 cm nedåt. Efter bestämning av jordens kompaktdensitet kunde man också beräkna porositeten.

Mättad vattengenomsläpplighet, porstorleksfördelning, luftgenomsläpplighet, aggregatstorleksfördelning: Cylindrar med jordprover (70 mm diameter, 50 mm höga) togs ut i centrala matjorden (10-15 cm djup) samt omedelbart under senaste plöjningsdjup. Följande bestämningar gjordes sedan på laboratorium: mättad vattengenomsläpplighet, porstorleksfördelning samt luftgenomsläpplighet vid olika vattenavförande tryck. På torkade prover bestämdes aggregatstorleksfördelning.

Penetrationsmotstånd, aggregathållfasthet och -stabilitet (endast i försök T179/85): Markens penetrationsmotstånd mättes med en penetrometer till 50 cm djup vid tiden för vårbruk 1990 i försök T 179/85. Hållfastheten för torra aggregat bestämdes genom mätning av hur stor kraft som krävdes för att trycka sönder ett aggregat mellan två skivor enligt Dexter och Kroesbergen (1985). Enskilda aggregats stabilitet bestämdes genom att de skakades i en vattenflaska under 30 minuter, varefter lösningen fick sedimentera under 24 timmar. Därefter mättes vätskans grumlighet, vilken utgör ett mått på den mängd ler som lösts upp. Testerna gjordes på aggregatprover som tagits i kontrollerad höst och vår, och i packade led på hösten både före och efter packning samt på våren.

Ett stabilitetsindex, I, beräknades genom att mängden upplöst ler vid skakning i vatten och hållfastheten hos torra aggregat vägdes samman enligt Watts och Dexter (1992):

$$I=(1-T/T_r)(1-Y/Y_r)$$

där T=vätskans grumlighet (omvänt proportionell mot stabiliteten) efter skakning av aggregat i vatten, och Y=hållfasthet hos torra aggregat, båda för fältprover. T_r och Y_r är samma egenskaper bestämda för aggregat som skapats artificiellt efter en homogenisering av jorden som förstört dess struktur. Ett stabilitetsindex nära 1 betyder att jorden har en väl utbildad naturlig struktur, ett index nära 0 innebär att jordens struktur är kraftigt störd eller att jorden naturligt har en svag strukturkapacitet.

Växtnäringsupptagning

I ett av försöken (179/85) gjordes 1990 och 1991 studier av växtnäringsupptagningen under vegetationsperioden. Grödan klipptes nära markytan vid fyra tillfällen, 1 m² per ruta. Skörden bestämdes vid varje tillfälle och plantornas innehåll av kväve, fosfor, kalium, kalcium, magnesium, svavel, natrium, järn, bor, koppar, zink och mangan analyserades.

Statistisk bearbetning

Försöksresultaten har bearbetats statistiskt med hjälp av SAS (Statistical Analysis System) enligt gängse statistiska metoder. Signifikansnivå anges med *(p<0,05), **(p<0,01) ***(p<0,001) eller n.s. (ej signifikant). I några fall anges också LSD_{0,05}, d.v.s minsta signifikanta skillnad mellan ledmedelvärden med 95 % konfidens.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Markfysikaliska studier

Packningen gav, i varje fall på styvare jordar, tydliga effekter på markstrukturen som kvarstod även efter plöjning. Markytans ojämnhet ökade och jorden blev mer kohesiv vilket gjorde att plogtillorna inte föll sönder. Trots att förändringarna i struktur ofta var synliga för ögat, uppvisade resultaten av de markfysikaliska mätningarna så stor variation att det var svårt att fastställa de förändringar i markstruktur som packningen medfört. I denna rapport presenteras i första hand en sammanfattning av mätningarna från samtliga försöksplatser, snarare än att försöka karakterisera markstrukturen på enskilda platser. Resultat avseende såbäddens kvalitet, porositet, porstorleksfördelning samt genomsläpplighet för vatten och luft har tidigare presenterats av Håkansson et al. (1985).

Såbäddsundersökningar

Resultatet av såbäddsundersökningar vid 12 tillfällen presenteras i tabell 2. Packningen gjorde såbotten mera ojämn, medan harvningsdjup, sådjup och markytans ojämnhet inte påverkades signifikant. Packningen orsakade också en signifikant lägre andel fina aggregat i såbäddens båda översta skikt. Vattenhalten var signifikant lägre i hela såbädden och i såbotten i packade led, vilket försämrade förhållandena för groning. Troligtvis berodde den lägre vattenhalten på den grövre strukturen i ytlagret, vilken orsakade en högre avdunstning i packade led.

Porositet

Markens porositet på 12 av försöksplatserna redovisas i tabell 3. Packningen orsakade en signifikant sänkt porositet i matjorden, i genomsnitt 1,7 %. Packning av matjorden orsakade en sänkt porositet också i alvens översta del, och extra alvpackning sänkte porositeten ytterligare. Det fanns inte någon tydlig trend i materialet att porositetsminskningen skulle varit beroende av jordarten.

Tabell 2. Såbäddsundersökning gjord direkt efter sådd. Medeltal för 12 mätningar på 6 platser med lerhalter mellan 15 och 40%. I det packade ledet ingår i vissa fall även extra packning av alven. $LSD_{0,05}$ =minsta signifikanta skillnad mellan ledmedelvärden med 95 % konfidens

| | | Kontroll | 350 tonkm/ha | $LSD_{0,05}$ |
|----------------------|----------|----------|--------------|--------------|
| Harvningsdjup (cm) | | 4,2 | 4,5 | n.s. |
| Sådjup (cm) | | 3,3 | 3,6 | n.s. |
| Ojämnhet (cm): | markytan | 4,1 | 4,0 | n.s. |
| | såbotten | 2,9 | 3,2 | 0,3 |
| Aggregat < 2mm (%): | 0-1,5 cm | 38,1 | 32,4 | 3,4 |
| | 1,5-3 cm | 49,2 | 45,7 | 3,5 |
| | 3-4,5 cm | 51,0 | 49,5 | n.s. |
| Vattenhalt (vikts-%) | 0-1,5 cm | 10,8 | 9,5 | 0,8 |
| | 1,5-3 cm | 13,5 | 11,8 | 1,0 |
| | 3-4,5 cm | 15,5 | 13,3 | 1,1 |
| | 4,5-6 cm | 19,4 | 17,5 | 1,0 |

Tabell 3. Porositet på 12 försöksplatser, mätt under sommaren efter sista försöksmässiga packningen. A=kontroll, B=Matjordspackning, ca 350 tonkm/ha, C=som B, men med extra packning av alven. LSD_{0,05}=minsta signifikanta skillnad mellan ledmedelvärden med 95 % konfidens

| Försök nr | Lerhalt (%) | Matjord | | | LSD _{0,05} | Plogsula | | | LSD _{0,05} |
|-------------|-------------|---------|------|------|---------------------|----------|------|-----|---------------------|
| | | A | B | C | | A | B | C | |
| 790/68 | 10 | 49,1 | 47,1 | 46,9 | | 43,8 | 42,1 | | |
| 889/66 | 18 | 36,9 | 36,1 | 35,2 | | 36,3 | 33,6 | | |
| 704/64 | 19 | 37,7 | 36,2 | | 34,3 | 31,6 | | | |
| 46/66 | 24 | 54,4 | 49,3 | 49,6 | | 42,6 | 42,0 | | |
| 125/66 | 25 | 45,2 | 42,4 | 41,1 | | 39,5 | 37,0 | | |
| 2/64 | 26 | 44,2 | 42,6 | | 41,1 | 39,7 | | | |
| 431/67 | 27 | 48,7 | 46,4 | 46,3 | | 42,4 | 41,2 | | |
| 7A/63 | 29 | 43,4 | 42,0 | 41,6 | 39,2 | 37,4 | 34,2 | | |
| 19/64 | 38 | 45,9 | 43,5 | | | | | | |
| 7B/63 | 40 | 45,5 | 46,2 | 44,3 | 43,5 | 43,0 | 41,1 | | |
| 287/66 | 41 | 52,8 | 50,5 | 53,5 | | | | | |
| 430/67 | 46 | 49,4 | 50,2 | 49,8 | | 48,3 | 50,3 | | |
| Medeltal | | | | | | | | | |
| 12 (4) exp. | | 46,1 | 44,4 | | 1,0 | 39,5 | 37,9 | 1,5 | |
| 9 (8) exp. | | 47,3 | 45,6 | 45,4 | 1,2 | | 41,7 | 1,4 | |

Porstorleksfördelning, genomsläpplighet för vatten och luft, aggregatstorleksfördelning

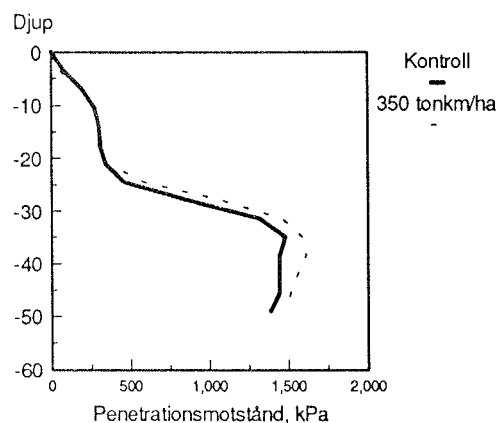
Packningen sänkte i genomsnitt andelen grova porer (motsvarande 5 till 500 cm vattenavförande tryck). Skillnaden var mera uttalad i alven än i matjorden. Det var dock svårt att påvisa några skillnader i genomsläpplighet för luft och vatten, i varje fall i matjorden. Spridningen kring medelvärdet var dock något mindre i kontrolledet. I plogsulan var genomsläppligheten normalt lägre i packade led.

Aggregatstorleksfördelningen i matjorden skiljde sig inte heller signifikant mellan leden. I plogsulan var dock oftast strukturen grövre i packade led.

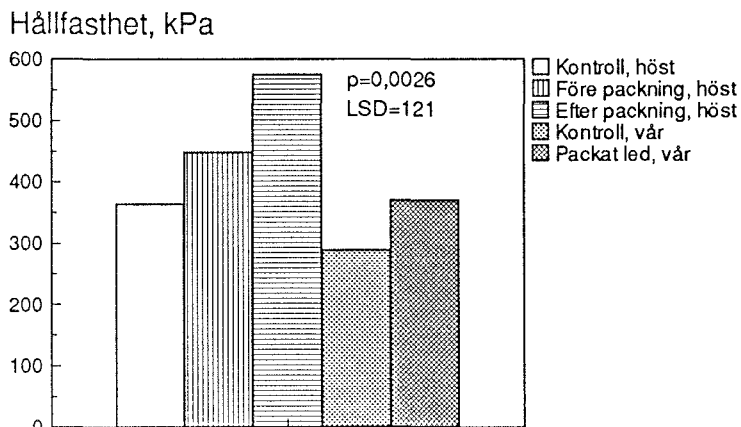
Penetrationsmotstånd

Vid mätning av markens penetrationsmotstånd i försök T 179/85 på våren uppmättes inga skillnader i matjorden (figur 1). I alven var penetrationsmotståndet något högre i packade led. Resultatet visar att största delen av packningseffekten försvunnit i och med plöjningen.

Figur 1. Penetrationsmotstånd vid tiden för vårbruk i försök T 179/85. Mätningen gjord 1990.



Figur 2. Hållfasthet för torra aggregat från prover uttagna vår och höst i försök T 179/85, fem år efter försökets start.



Aggregatens hållfasthet och stabilitet

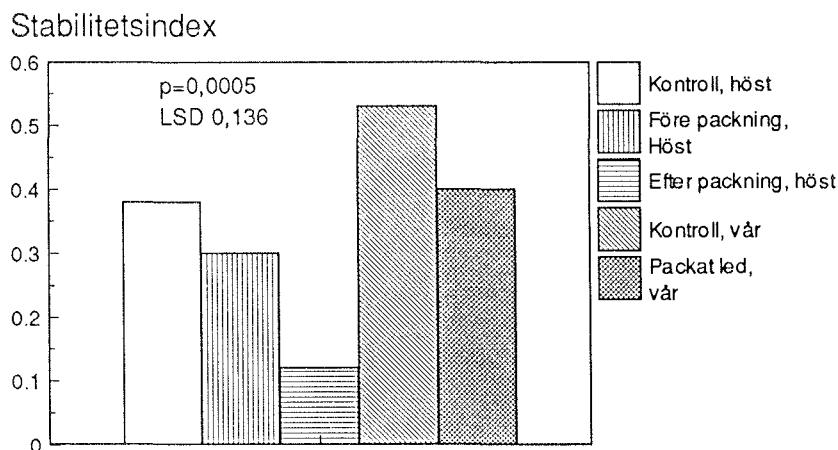
Aggregathållfasthet i kontrollerad och packat led i försök 179/85 redovisas i figur 2. Av de prover som togs på hösten var aggregat från packade led starkare än aggregat från kontrollerad led redan innan årets packning, som ytterligare ökade hållfastheten.

Även efter plöjning och vinterns frostverkan var packade aggregat starkare, även om skillnaden på våren ej var signifikant. Anledningen till att aggregatens hållfasthet ökade är sannolikt att naturliga sprickor och svaghetszoner försvann vid packning och ältning, vilket gjorde att jorden torkade ihop homogent till en massiv klump. Samma fenomen orsakade troligtvis också den grövre strukturen i såbädden. Att torra aggregat är starka innebär att de blir svåra att penetrera för rötter, vilket kan minska upptagningen av vatten och näring.

Aggregatens stabilitet vid skakning i vatten, mätt som mängd upplöst ler, försämrades av packningen. Försämringen av stabiliteten följde samma trend som ökningen av styrkan hos torra aggregat, med signifikanta skillnader mellan kontroll och packade led både vår och höst. En minskad stabilitet kan bero på att sammanhållande krafter i aggregaten förstörts av packningen.

I en jord med bra struktur är det önskvärt att torra aggregat har låg hållfasthet, medan våta aggregat bör vara stabila (Watts & Dexter, 1992). När dessa egenskaper vägdes samman i ett stabilitetsindex, visade det sig att packningen på hösten sänkte detta index kraftigt, och att en del av skillnaden kvarstod våren efter (figur 3).

Figur 3. Stabilitetsindex, enligt Watts & Dexter (1992) för aggregat uttagna vår och höst i försök T 179/85, fem år efter försökets start.



Växtnäringsupptagning

Relativ halt av kväve, fosfor och mangan (kontroll=100) i grödan under 1990 i led med körmängden 350 tonkm/ha visas i figur 4. I början av säsongen var halterna av kväve och fosfor signifikant lägre än i kontrolledet. Speciellt fosforkoncentrationen var låg i det packade ledet, och låg vid första klippningstillfället under gränsvärdet för optimal tillväxt. Skillnaderna jämnades dock ut med tiden, och vid skörd var halterna t.o.m. något högre i packade led. Koncentrationen av mangan var istället signifikant högre i packade led vid de tre första klippningarna. I samma figur visas också hur relativa skörden förändrades, packat led hade som lägst ca 65 % av kontrolledets biomassa och vid skörd drygt 80 %.

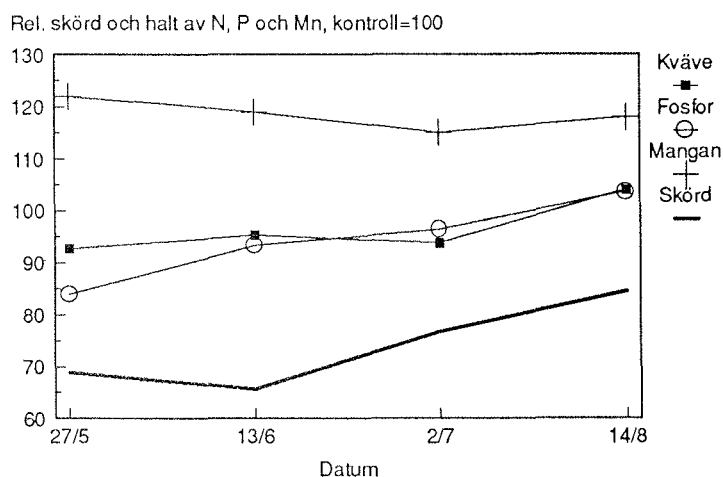
Eftersom halterna vid skörden var ungefär lika för de båda leden innebär det att skillnaderna i total upptagning av växtnäringsämnen (kg/ha) främst var en funktion av skillnaden i avkastning. Det packade ledet tog fram till skörd upp 16 kg mindre kväve och 3,5 kg mindre fosfor än kontrolledet.

Tendenserna var liknande 1991. Främst fosforkoncentrationen var lägre i packade än opackade led i början av säsongen, men skillnader i halter av växtnäringsämnen jämnades ut efter hand. Skörden blev 22 % lägre i packade led, vilket gjorde att upptagningen av kväve och fosfor blev 27 resp 5,6 kg/ha lägre än i kontrolledet.

En anledning till att vi jämfört halterna av kväve och fosfor är att upptagningen sker på olika sätt. Kväve, i form av nitrat, tas i första hand upp via massflöde, vilket innebär att nitratjonen transporteras som en del av vattenströmmen in i roten. Fosfor, som binds betydligt hårdare, transporteras främst via diffusion. Detta innebär, att växten måste hålla en låg koncentration av fosfor närmast roten, så att fosfor diffunderar till roten p.g.a. en koncentrationsskillnad i marklösningen. Upptagningen av fosfor sker därför främst i rotens omedelbara närhet, och växten är mera beroende av ett vittförgrenat rotsystem för att ta upp fosfor än för kväve (Glinski & Lipiec 1991). Det faktum att fosforupptagningen i denna studie påverkats mera än kväveupptagningen är därför en indikation på att rötternas tillväxt eller funktion är störd. Störningen sker dessutom tidigt under vegetationsperioden. Mangan tas upp av växterna som tvåvärd jon, Mn^{2+} , men kan oxideras i marken till tre- och fyrvärd mangan. Den högre koncentrationen av mangan i packade led kan tyda på att syreförsörjningen där var sämre än i kontrolledet.

Det kan finnas flera förklaringar till att skillnader i halter av växtnäringsämnen jämnats ut under vegetationsperioden. Under 1990 var t.ex. försommaren torr, medan senare delen av sommaren var regnig. Den högre vattenhalten i marken senare på säsongen underlättade antagligen både rottillväxt och transport av näringsämnen. Dessutom kunde rötterna efterhand växa ner i alven och ta en större andel av sin näring därifrån.

Figur 4. Relativ skörd och halt av kväve och fosfor (kontroll=100) i led med körmängd 350 tonkm/ha. Analyser från fyra tillfällen 1990 i försök T 179/85.



Avkastning

Avkastning - medeltal för enskilda platser

Den genomsnittliga avkastningen på enskilda platser i serierna R2-7101-08 redovisas i tabellerna 4 till 8. Skörden i packade led anges i procent av skörden i kontrollerdet (ingen extra packning). Redovisningen avser skörd från och med fjärde året efter packningens start fram till packningens avslutande (den årliga packningen visade sig nämligen resultera i ett jämviktsläge efter 4 år - skördesänkningens förändring med tiden redovisas dock mera utförligt på sid. 15). En årsvis redovisning av resultaten på varje enskild plats görs i bilaga 1.

I kommande avsnitt görs en mer ingående analys av packningens inverkan på avkastningen: inverkan av jordart, gröda, skördenivå o.s.v behandlas under enskilda rubriker. Här ska endast ges några allmänna kommentarer till utfallet i respektive serie.

I samtliga försöksserier (sammanlagt 21 försök) ingår ett led med packning i matjorden motsvarande ca 350 tonkm/ha (ungefär två till tre gånger den normala årliga körmängden vid spannmålsodling). Denna körmängd orsakade i regel en skördesänkning på 10-20 % på lerjordar och något lägre på lättare jordar. I försök nr N 120 gav packningen inte någon skördesänkning, och i M 790 tycks packningen t.o.m. ha haft positiva effekter. I det sistnämnda försöket konstaterades förekomst av havrecystnematoder, och möjligen kan nematoderna ha missgynnats av packningen.

Det led med extra packning av alven som ingick i serie R2-7101 och R2-7104 (totalt 9 försök) gav i genomsnitt inte någon skördesänkning jämfört med packning av enbart matjorden. Resultatet varierade mellan försöksplatser och mellan år. Om man väljer att titta på de år då packade led gav signifikant lägre skörd än opackade (sammanlagt 20 försöksår i dessa serier) finner man att matjordspackningen sänkte skörden i genomsnitt 23 %, matjord- + alvpackning 27 %. Negativ effekt av alvpackning erhöles i försök nr C 7A, C 7B, N 287 och M 431, och speciellt i det sistnämnda försöket gav alvpackningen skördeföruster under hela försöksperioden. Alla försök utom ett var placerade på lerjordar, främst mellanleror, och det är svårt att uttala sig om skillnader i känslighet för alvpackning mellan jordarter. Det kan verka förvånande att den extra ältningen och packningen i plogfårans botten inte gav mera entydiga skördesänkningar, t.ex. i försök M 430 där genomsläpligheten var naturligt låg och där enbart matjordspackning sänkte skörden nästan 40 %. Körmängden vid den extra packningen, uttryckt i antal tonkm, var dock ganska liten jämfört med den totala körmängden. En förklaring kan också vara att plogbottens struktur var förstörd sedan tidigare och att ytterligare packning inte gjorde så stor skada. En störning av jorden i form av ältning kan också, åtminstone på kort sikt, minska jordens hållfasthet (Dexter et al 1988), vilket möjligen kan ha minskat penetrationsmotståndet för rötter.

I serierna R2-7103, -7105 och -7108 (totalt 15 försök) ingår led med olika körmängder, ca 120 resp. 350 tonkm. I R2-7103 och R2-7108 gav den högre körmängden ca dubbel skördesänkning jämfört med den låga. I flera av försöken i serie R2-7105 var skörden i stort oförändrad vid den låga körmängden, och sjönk 5-10 % vid den höga. Det tycks därför som om skördesänkningen, åtminstone till en viss gräns, var proportionell mot körmängden. I serierna R2-7101 och R2-7104 orsakade den extra packningen vid plöjning, som också ökade körmängden i matjorden med 60-100 tonkm, i genomsnitt inte någon skördesänkning. Detta kanske är en indikation på att avkastningssänkningen planade ut någonstans vid 300-400 tonkm /ha.

I serie R2-7108 ingår dessutom led med olika ringtryck och körning vid olika fuktighet i marken. I led med körmängd 350 tonkm/ha, körda vid normal markfuktighet, har högtrycksdäck sänkt skörden i genomsnitt 15 %, jämfört med 10 % för lågtrycksdäck. Packning vid fuktiga förhållanden har sänkt skörden med 22 %, trots att lågtrycksdäck använts.

Tabell 4. Skörderesultat för serie R2-7101. Skörden i packade led anges i procent av kontrolledet (ingen extra packning), och avser resultaten från fjärde året efter försökets start till den årliga packningens avslutande

| Län, försöksnr | Jordart | Antal försöksår | Packning i matjord (ca 350 tonkm/ha) Ingen packning=100 | Packning i matjord (ca 350 tonkm/ha) + extra packning i alv |
|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| C 7A/63 | mmh ML | 6 | 90 | 86 |
| C 7B/63 | mmh ML | 6 | 92 | 87 |
| C 46/66 | mmh Mo LL | 7 | 94 | 97 |
| R 125/66 | nmh ML | 5 | 90 | 98 |
| N 287/66 | mmh SL | 2 | 83 | 79 |
| M 889/66 | nmh Mä ML | 3 | 91 | 93 |
| Medeltal | | | 90 | 90 |

Tabell 5. Skörderesultat för serie R2-7103. Skörden i packade led anges i procent av kontrolledet (ingen extra packning), och avser resultaten från fjärde året efter försökets start till den årliga packningens avslutande

| Län, försöksnr | Jordart | Antal försöksår | Packning i matjord (ca 120 tonkm/ha) Ingen packning=100 | Packning i matjord (ca 350 tonkm/ha) enstaka höst | Packning i matjord (ca 350 tonkm/ha) varje höst |
|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| M 2/64 | mmh Mä ML | 5 | 91 | 88 | 88 |
| C 19/64 | mmh ML | 14 | 96 | 95 | 88 |
| M 704/64 | nmh Mä LL | 7 | 93 | 95 | 80 |
| Medeltal | | | 93 | 93 | 85 |

Tabell 6. Skörderesultat för serie R2-7104. Skörden i packade led anges i procent av kontrolledet (ingen extra packning), och avser resultaten från fjärde året efter försökets start till den årliga packningens avslutande

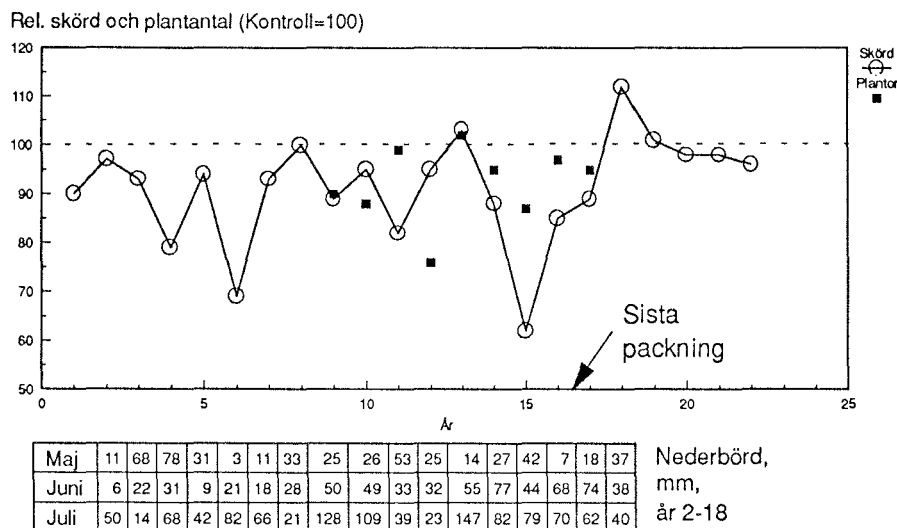
| Län, försöksnr | Jordart | Antal försöksår | Packning i matjord (ca 120 tonkm/ha) Ingen packning=100 | Packning i matjord (ca 350 tonkm/ha) | Packning i matjord (ca 350 tonkm/ha) + alv |
|----------------|---------|-----------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|
| M 430/67 | mmh SL | 5 | 75 | 61 | 62 |
| M 431/67 | ML | 6 | 95 | 87 | 79 |
| M 790/68 | mr l Sa | 5 | 105 | 109 | 121 |
| Medeltal | | | 92 | 86 | 87 |

Tabell 7. Skörderesultat för serie R2-7105. Skörden i packade led anges i procent av kontrolledet (ingen extra packning), och avser resultaten från fjärde året efter försökets start till den årliga packningens avslutande

| Län, försöksnr | Jordart | Antal försöksår | Packning i matjord (ca 120 tonkm/ha) Ingen packning=100 | Packning i matjord (ca 350 tonkm/ha) |
|----------------|-----------|-----------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| S 68/77 | nmh Mo LL | 4 | 93 | 91 |
| O 100/77 | mmh l Mo | 6 | 99 | 89 |
| C 115/71 | mmh Mo LL | 4 | 101 | 89 |
| N 120/71 | mmh l Mo | 3 | 96 | 102 |
| Y 191/74 | mr ML | 4 | 101 | 89 |
| R 213/71 | nmh l Mo | 4 | 103 | 96 |
| AC 227/73 | mr l Mo | 3 | 100 | 94 |
| Medeltal | | | 99 | 93 |

Tabell 8. Skörderesultat för serie R2-7108. Skörden i packade led anges i procent av kontrolledet (ingen extra packning), och avser resultaten från fjärde året efter försökets start till den årliga packningens avslutande

| Län, försök nr | T 179/85 | T 180/85 | Samtliga |
|------------------------------------------|----------|----------|----------|
| Jordart | mr SL | nmh SL | |
| Antal försöksår | 4 | 4 | |
| Kontroll | 100 | 100 | 100 |
| 120 tonkm/ha, normal fukt lågtrycksdäck | 94 | 98 | 96 |
| 350 tonkm/ha, normal fukt lågtrycksdäck | 84 | 96 | 90 |
| 350 tonkm/ha, normal fukt, högtrycksdäck | 77 | 93 | 85 |
| 120 tonkm/ha, våta förh. lågtrycksdäck | 84 | 94 | 89 |
| 350 tonkm/ha, våta förh. lågtrycksdäck | 70 | 85 | 78 |

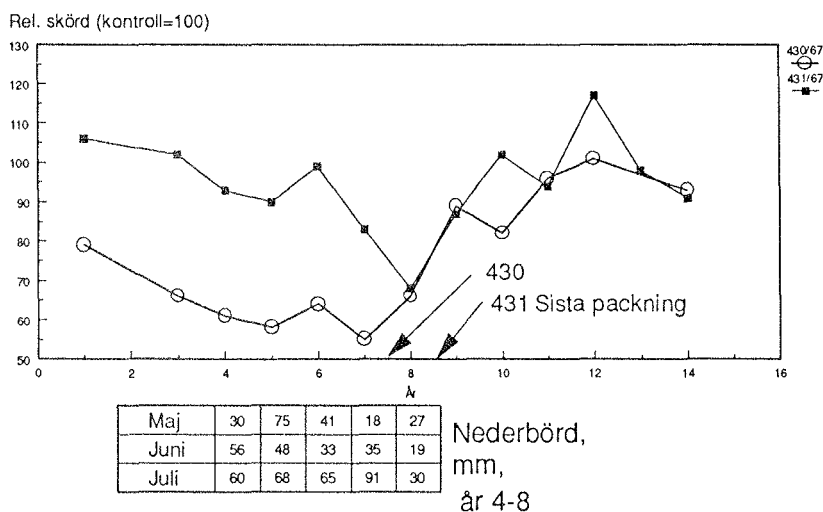


Figur 5. Avkastningens förändring med tiden i packat led (350 tonkm/ha), samt plantetablering i försök C 19 vid Ultuna. I tabellform visas nederbörd under sommaren enskilda försöksår.

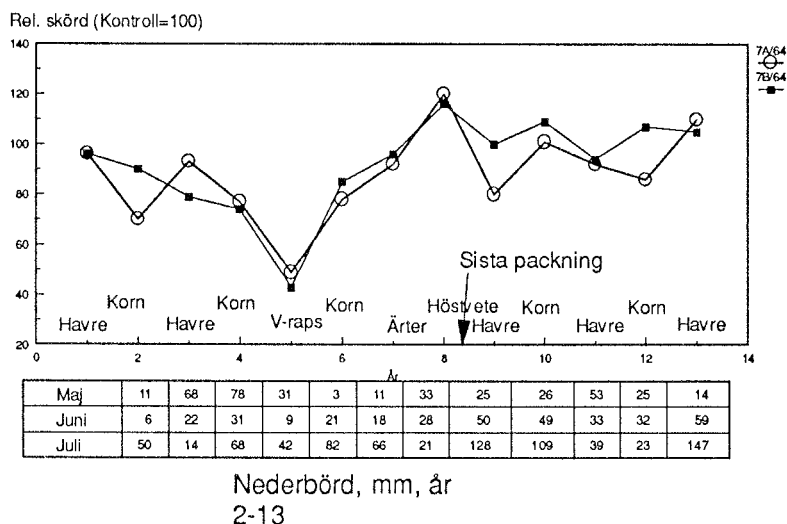
Avkastning - variation mellan år

Hittills har endast avkastningen i medeltal för enskilda försöksplatser redovisats, men det föreligger en avsevärd variation mellan åren på samma plats. I figur 5 visas avkastningen i led med packning 350 tonkm/ha i försök C 19 från starten 1964 t.o.m. slutåret 1986. Skördeförlusten varierade kraftigt, mellan 0 och 40 procent. I figuren redovisas också plantantalet de år planträkning utförts. Antalet plantor var normalt något lägre i packade led, men det går ej att direkt relatera skördevariationen till skillnader i plantantal. (Sambandet mellan skörd och plantetablering i hela försöksmaterialet redovisas på sidan 16.) I tabellform redovisas också nederbörden under maj, juni och juli år 2 till 18. Det är dock svårt att förklara skillnader i packningseffekter med skillnader i nederbörd. T.ex. gav packningen stort utslag år 6, då försommaren var torr. Största skördesänkningen inträffade dock år 15, som hade en ganska gynnsam fördelning av nederbörden under sommaren.

I figur 6 redovisas resultat från två försök med olika jordarter placerade på samma gård, Lönhult utanför Helsingborg, M 430 på mellanlera och M 431 på styv lera. (På gården utfördes ett tredje försök, M 790



Figur 6. Skördens förändring med tiden i packat led (350 tonkm/ha) på två försöksplatser placerade på samma gård, M 430 och M 431, samt nederbörd under sommaren enskilda försöksår.



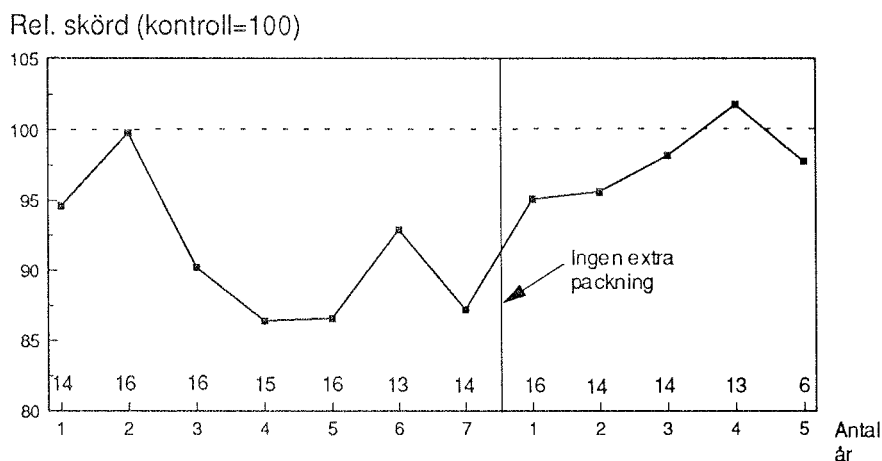
Figur 7. Skörd i packat led (350 tonkm/ha) i två försök på Ultuna med samma växtföljd men olika jordart.

på lätt jord, där packningen inte ledde till någon skördesänkning.) Den skördeförlost som orsakats av packning var av olika storlek på försöksplatserna men varierade likartat med tiden: en nedåtgående trend de första 5 åren, en liten uppgång år 6, och ytterligare en nedgång år 7. År 8 avviker dock, skörden gick upp något i försök M 430, medan den hade sitt lägsta värde under perioden i M 431.

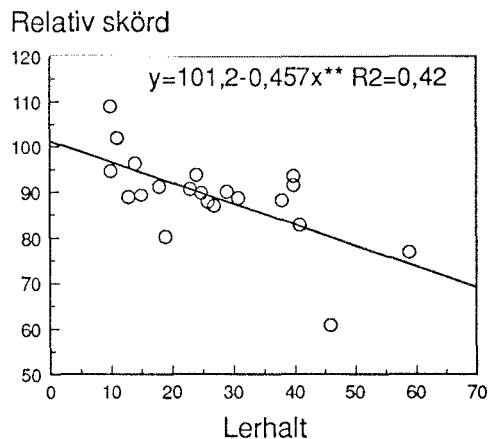
I figur 7 visas resultatet från två försök vid Ultuna: C 7A och C 7B. Ursprungligen var det avsett som ett försök, men delades i två p.g.a. skillnader i jordart. I figuren visas också gröda för varje enskilt år: samma gröda odlades i båda försöken. Liksom för försöken M 430 och M 431 följer avkastningskurvorna varandra tämligen väl under försöksperioden.

Avkastningens utveckling med tiden i samtliga försök med lerhalt högre än 15 % visas i figur 8. Avkastningen sjönk under de första åren, men stabiliserades från år 4 och tycks sedan inta ett jämviktsläge. Vid packningens avslutande gick skörden snabbt upp mot ursprungsnivån. Från tredje året efter packningens avslutande var det endast signifikanta skillnader mellan led i tre fall: i två med höjd skörd och ett med sänkt i packade led.

Figur 8. Relativ avkastning i led som packats 350 tonkm/ha, från försökens start till deras avslutande. Medeltal för försök med mer än 15 % ler.



Figur 9. Relativ avkastning i packade led (350 tonkm/ha) som funktion av markens lerhalt. Varje ring motsvarar medeltal för en enskild försöksplats från år 4 till packningens slut.



Avkastning - jordart - plantetablering

Jordarten var en viktig faktor med avseende på hur packningen påverkade avkastningen. I figur 9 visas hur den relativa skörden i packade led sjönk med stigande lerhalt: Avkastningssänkningen var störst på de styvaste jordarna och nästan obefintlig på de lättaste.

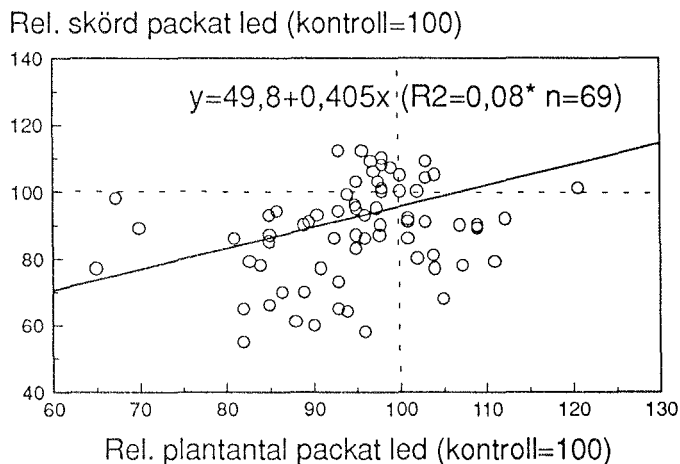
På jordar med aggregatstruktur förstörs den naturligt uppbyggda ordningen och strukturen inom och mellan aggregat av packning. På enkelkornjordar ändras partiklarnas läge vid själva packningstillfället. Den naturliga strukturen och bindningen mellan partiklar är dock så svag på dessa jordar, att jorden efter plöjning får ungefär samma struktur vare sig jorden packats eller inte. Värt att notera är dock att i intervallet 15-40 % ler var skördesänkningen mellan 5 och 20 %, utan någon koppling till lerhalten.

Nära kopplat till jordarten är packningens inverkan på plantetablering. På framförallt styva lerjordar är mängden växttillgängligt vatten i såbädden låg. En grövre struktur som ger sämre avdunstningsskydd kan därför resultera i sämre uppkomst. I avsnittet om markfysikaliska effekter redovisades hur packningen försämrade såbäddens kvalitet.

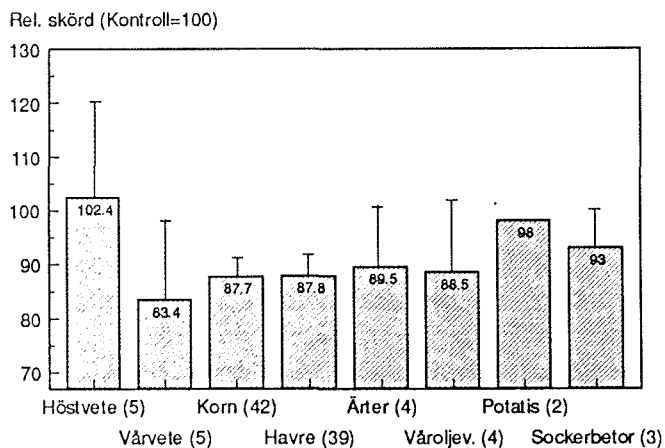
Planträkning gjordes 69 av totalt 107 försöksår, och det genomsnittliga plantantalet var 5,1 % lägre i led med kör mängden 350 tonkm/ha (genomsnittliga skördeförlusten dessa år var 11,7 %). I figur 10 visas skörden i packade led som funktion av plantantalet. Skörden hade ett signifikant samband med plantantalet ($p=0,020$), men förklaringsgraden är mycket låg, $R^2=0,08$. Packningens inverkan på etablering var signifikant kopplad till lerhalten, om än med en lika låg förklaringsgrad:

Relativt antal plantor, packat led = $100,2 - 0,211 \cdot \text{lerhalt}$ ($p=0,0177$, $R^2=0,08$)

Figur 10. Relativ skörd i packat led som funktion av relativt antal plantor (kontroll = 100 för både skörd och plantantal).



Figur 11. Avkastning i packade led (350 tonkm/ha) i procent av kontrollled, uppdelat efter enskilda grödor. Antal skördeår inom parentes. Linje på stapeln anger halva längden av ett 95% konfidensintervall för respektive gröda.



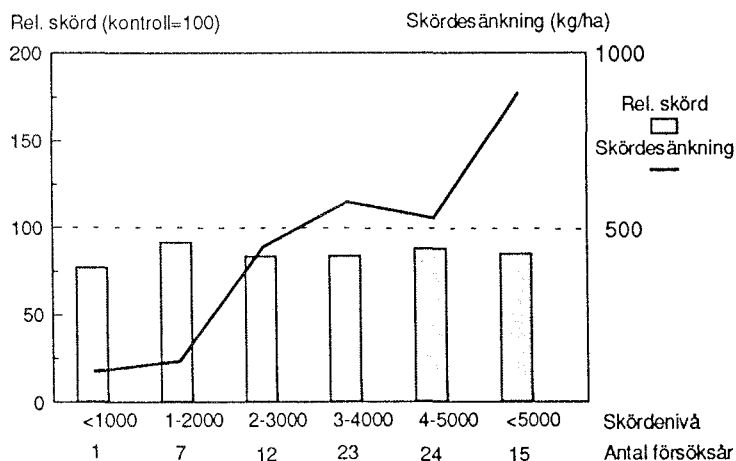
Avkastning - grödvis

De flesta konventionella jordbruksgrödor odlades i försöken. Korn och havre dominerade med sammanlagt 81 av 107 försöksår räknat från fjärde året efter start till packningens slut. I figur 11 visas hur olika grödor reagerade på packning. Vårsädeslagen, korn, havre och vårvetete reagerade likartat, med skördesänkningar på 12-18 % i genomsnitt. Höstvetete tycks ha klarat packning bättre, och hade i medeltal t.o.m. något högre skörd i packade led: i två fall erhöles signifikanta skördeökningar på 15-20 %. En anledning till att höstvetete klarade sig bättre än vårsådda grödor kan vara att rotutvecklingen i matjorden sker tidigare, innan jorden hårdnat på försommaren. En del av förklaringen kan också vara att packning innan höstvetete skedde tidigare än för andra grödor, och därför under något torrare förhållanden. För alla grödor utom korn och havre är dock antalet försök så få att skattningarna för enskilda grödor blir osäkra. Dessutom föreligger ett samspel mellan grödval och jordart. Det är dock intressant att notera att för småfröiga växter, såsom våroljeväxter, sockerbetor och lin (endast 1 försöksår) var skördesänkningarna av ungefär samma storlek som för vårstråsäd. Sämre förhållanden för plantornas etablering borde relativt drabbat småfröiga växter hårdare.

Avkastning - skördenivå

Hittills har endast relativtal för olika led presenterats. Rent praktiskt har naturligtvis den absoluta skördesänkningen i kg/ha störst betydelse. I figur 12 redovisas skördesänkning av packning uppdelat på olika skördenivåer, dels relativtal, dels i absoluta tal (försöksplatser med mindre än 15% ler och försök med höstvetete har uteslutits vid beräkningen). Upp till 4000 kg var förlusten i kg/ha i stort sett proportionell mot skördenivån. I klassen 4-5000 kg/ha finns en tendens till att skördesänkningen planade ut, men i försök med skörd över 6000 kg/ha var skördesänkningen i procent lika hög som för 2-4000 kg. Det tycks alltså som om skördesänkningen i procent var i stort oberoende av skördenivån. Variansen för medelvärdena är dock stor (95 % konfidensintervall är ca 262, 207, 209 resp. 367 kg/ha för de fyra högsta skördenivåerna).

Figur 12. Rel. avkastning och skördesänkning kg/ha i packat led (350 tonkm/ha) jämfört med kontrollled, uppdelat efter skördenivå i kontrollledet. Försöksplatser med mindre än 15 % ler och försök med höstvetete är uteslutna.



Avkastning - vattenhalt i marken vid packningstillfället

När försöksplatserna packades togs normalt prover för att bestämma vattenhalten i marken. Det var dock inte möjligt att med hjälp av regressionsanalys koppla vattenhalten vid enskilda körtillfällen till skörden nästkommande år. Dessutom visade det sig att vattenhalten i viktsprocent ofta var dåligt korrelerad till den direkta effekten av packning, t.ex. spårdjup. För medeltal på enskilda försöksplatser kan man spåra samband, t.ex. M 430 som oftast var mycket våt vid packning och också är den plats där packningen orsakade den högsta skördesänkningen. Den säkraste observationen av vattenhaltens betydelse är dock jämförelsen mellan led C och F i serie 7108, körning med 350 tonkm/ha vid normala respektive fuktiga förhållanden. Skördesänkningen var i genomsnitt 10 % i led C och 22 % i led F. Vid 120 tonkm/ha var skördesänkningen 4 resp 11 % (B-led resp. E-led).

Avkastning - väder

I avsnittet om variation i skörden mellan år på enskilda försöksplatser gavs också uppgifter om nederbördsförhållanden under maj, juni och juli. Vid bearbetningen av försöksmaterialet har vi försökt att finna samband mellan avkastning och väderlek. En tänkbar hypotes är t.ex. att packningen skulle kunna ge större förluster under år som är mycket torra eller mycket våta. Under torrår krävs en god rotutveckling för upptagning av vatten och näring, samtidigt som marken hårdnar vid upptorkning vilket försvårar rotutvecklingen. Eftersom aggregaten relativt blir hårdare i packade än i opackade led borde packningen därför ge större utslag under torrår. Dessutom ställs naturligtvis större krav på såbäddens kvalitet under en torr försommar. Under våta år däremot, skulle en försämrad markstruktur i packade led kunna orsaka syrebrist och därav skördesänkning. Det är dock mycket svårt att i försöksmaterialet finna stöd för denna hypotes. Kraftiga skördesänkningar har visserligen noterats under torrår, men det finns också torra försöksår där packning gav litet utslag. Det är likaså svårt att finna något stöd för att packning skulle orsakat större effekter under våtår.

Det faktum att vi i vår översikt inte funnit något direkt samband mellan väderlek och avkastning behöver naturligtvis inte betyda att något sådant samband inte finns. Med noggranna dygnsvisa väderleksdata samt en modell för vattenhaltens förändring i marken, helst också kopplad till grödans känslighet i olika stadier kanske det hade varit möjligt att finna ett samband. En indikation på att strukturskadorna har betydelse under såväl goda som dåliga tillväxtbetingelser är dock att skördesänkningen tycks ha varit oberoende av skördenivån. Om packningen ger större utslag när grödan utsatts för kraftiga påfrestningar i form av torka eller vattenmättnad borde effekten blivit större under försöksår med låg avkastning.

Avkastning - ogräs

Rotogräs missgynnades av packning. Högre kvickrotsförekomst i kontrollerad än i packade led observerades i flertalet försök, skillnaderna var stora i försök M 431 och O 100. I försök C 46 var förekomsten av åkertistel störst i kontrollerad. Skillnaden i avkastning mellan packade och opackade led var därför troligtvis något lägre än om försöken hade hållits rena från rotogräs. Det är inte möjligt att avgöra om packningens inverkan på kvickrot och åkertistel berodde på förändringar av markstrukturen eller på mekanisk åverkan vid själva packningstillfället.

Mängden ettåriga ogräs var ofta högre i packade led p.g.a. luckor som uppstod vid försämrad etablering.

SLUTSATSER OCH SAMMANFATTANDE DISKUSSION

Packningen försämrade markstrukturen allvarligt. Skillnader i struktur mellan led var ofta synliga direkt för ögat, och kunde mätas bl.a. i skillnader i såbäddens kvalitet, markens porositet och aggregatens hållfasthet och stabilitet. Packningseffekten var direkt kopplad till jordarten: strukturförändringar som kvarstod efter plöjning uppträdde främst på aggregerade jordar.

Förändringarna i markstruktur gav i sin tur effekt på grödans avkastning. Det kanske viktigaste resultatet i de serier som presenteras här är själva storleken på avkastningssänkningen, som gör det möjligt att kvantifiera packningens betydelse och värdet av olika motåtgärder mot packning. Skördesänkningen var relaterad till jordarten, och steg med ökande lerhalt. Enligt den regressionskvation som redovisas på sid 16 skulle den försöksmässiga årliga packningen med 350 tonkm/ha vid 30 % lerhalt motsvara en skördeförstap på 12,5 %. Den normala sammanlagda årliga körmängden på en gård vid spannmålsodling är oftast drygt 100 tonkm/ha, vilket alltså vid 30 % lerhalt skulle motsvara 3-4 % skördesänkning om denna antas proportionell mot körmängden. För att bedöma vad jordpackning kostar bonden totalt krävs det dock att man lägger in de ettåriga effekterna av packning samt alvpackning enligt den uppdelning som görs på sidan 2.

Ett viktigt resultat är också tidsaspekten av packningens verkningar. Skörden sjönk under de 3-4 första åren, för att därefter ställa in sig i ett jämviktsläge. Fyra till fem år efter det att packningen avslutats var skörden tillbaka på samma nivå som kontrollerdet.

De vårsådda grödor som odlades i försöken reagerade med avseende på avkastning ungefär lika på packningen. Höstvetete var i genomsnitt mindre känsligt än övriga grödor och gav vid ett par tillfällen signifikant skördehöjning i packat led, möjligen beroende på en större mängd restkväve i marken.

Man kan fråga sig vad som främst orsakat skördesänkningen i dessa försök. Rent definitionsmässigt innebär packning att jordens porvolym minskar, vilket avspeglar sig i de spår som bildas vid körning på marken. Genom att jorden plöjdes efter packningen utjämnades nästan ledskillnader i markens porositet, som var i genomsnitt 1,7 % lägre i packade än i opackade led vid mätningar under den efterföljande vegetationsperioden. Från ettåriga packningsförsök (Eriksson et. al., 1974) vet vi att denna skillnad i porositet i sig inte är tillräcklig för att förklara skillnaderna i skörd. På vissa försöksplatser, t.ex. M 889/66 och M 704/64, var också skillnader i porositet mellan leden små medan skördeskillnaderna var stora. Detta innebär att packningens effekter på mark och skörd måste bero på att bindningarna mellan markpartiklarna ändrats, snarare än direkta skillnader i porositet. Den grövre strukturen i såbädden och den högre hållfastheten hos aggregat i packade led visar också att en sådan förändring ägt rum. En tänkbar uppdelning i olika faktorer som påverkat skörden är följande:

1. Sämre plantetablering, p.g.a. såbäddens försämrade egenskaper.
2. Ökad avdunstning p.g.a. en grövre struktur i ytlagret.
3. Försämrad rotutveckling, p.g.a. att jordens mekaniska egenskaper ändrats.
4. Försämrad syreförsörjning, p.g.a. minskad porositet, ev. försämrad porkontinuitet.
5. Andra effekter, t.ex. strukturens inverkan på mineralisering och denitrifikation.

Helt klart är att plantetableringen försämrades, såbäddens kvalitet och grödans uppkomst var båda sämre i packade led. Korrelationen mellan plantornas etablering och skördebortfall i packade led är dock låg, och bortfallet i antal plantor är alldeles för lågt för att förklara skillnaden i skörd mellan led.

Det försämrade avdunstningsskyddet som följer av en grövre struktur i såbädden kan ha ökat avdunstningen, vilket indikeras av den lägre vattenhalten i såbotten i packade led. På så sätt var mindre mängd vatten tillgängligt för växterna, och marken kan ha förhårdnats tidigare, vilket i så fall försämrade

möjligheterna för rotutveckling. Någon kontinuerlig mätning av vattenhaltens förändring i packade och opackade led har dock inte gjorts, ej heller av hur penetrationsmotståndet i marken förändrats med tiden.

Jordpackning leder normalt till ett ökat mekaniskt motstånd i marken och därmed försämrade förhållanden för rotutveckling. Några direkta mätningar av rotutveckling har dock ej gjorts. I försök T 179/85 gjordes mätningar av penetrationsmotstånd, aggregathållfasthet och växtnäringssupptagning, som indirekt kan ge ledtrådar om rotutvecklingen. Penetrometermätningarna på våren visade att plöjningen luckrat jorden så att ingen skillnad i penetrationsmotstånd mellan led kunde uppmätas i fuktig jord. Packningen och ältningen förändrar dock markens struktur, så att jorden homogeniseras och blir hårdare vid upptorkning. Detta visas både av den grövre strukturen i såbädden och den högre hållfastheten hos torra aggregat. Ökningen i aggregatens hårdhet medförde troligen att möjligheterna till rotutveckling försämrades. Den minskade fosforupptagningen som redovisas i avsnittet om växtnäring är också en indikation på att rotutvecklingen blev störd.

En försämrad struktur borde också kunna leda till större risk för vattenmättnad och därav följande syrebrist, speciellt inne i kompakta aggregat. Några direkta mätningar av syrehalten i marken har ej gjorts. Den minskade porositeten och lägre andelen grova porer som konstaterats i packade led har dock inneburit att syreförsörjningen sannolikt försämrats. Den högre koncentrationen av mangan i packat led i försök 179/85 är också en indikation på en sämre syreförsörjning i marken.

I stort sett alla kemiska, fysikaliska och biologiska processer påverkas av markens struktur. Mineralisering av kväve och denitrifikation är exempel på processer som kan ha påverkats av packningen, men som inte studerats i dessa försök.

Skillnader i kvickrotsförekomst mellan led minskade sannolikt utslaget av packningen ett par procentenheter, jämfört med om försöken hållits rena från kvickrot. En faktor som inte diskuterats tidigare är den översläpning av jord som skett mellan försöksrutorna. Rutorna var oftast 5-6 meter breda, och efter hand skedde ett visst utbyte av jord mellan packade och ej packade rutor, som troligtvis minskade utslaget av packningen.

Spridningen i materialet var mycket stort, och variationerna var svårförklarade. I medeltal för försöksplatser var skördesänkningen nära knuten till lerhalten. Skördebortfallet på en enskild försöksplats mellan år kunde dock variera mellan t.ex. 0 och 30 %, och ändå vara svårt att koppla till variation i plantetablering, nederbörd, gröda eller vattenhalt vid packningstillfället. En tänkbar hypotes, baserad på punkterna 1 till 4 ovan, vore att packningen skulle ge störst effekt under riktigt torra eller våta år: under torrår beroende på sämre etablering och rotutveckling p.g.a. mekaniskt motstånd, under våta år p.g.a. syrebrist. Något direkt stöd för en sådan hypotes har vi inte funnit, utan istället att packningen ofta hade stor effekt även då grödans betingelser var goda, och avkastningen var hög.

SAMMANFATTNING

I sammanlagt 21 fleråriga, fastliggande försök i fem olika serier, R2-7101, R2-7103, R2-7104, R2-7105 och R2-7108, undersöktes hur strukturskador av packning som kvarstår efter plöjning påverkar marken och grödornas avkastning. Försöksplanerna varierade men samtliga innehöll ett huvudled med kraftigt packning (kör mängd 350 ton/ha) av matjorden genom körning med traktor och vagn på hösten före plöjning. Axelbelastningen översteg normalt ej 4 ton, vilket innebar att packningens verkningar i huvudsak begränsades till matjorden. Den försöksmässiga packningen upprepades varje höst under minst 10 år. Skörden bestämdes varje år till ca 5 år efter packningens avslutande, och jämfördes med ett kontrollled, som ej utsattes för någon försöksmässig packning men i övrigt brukades på samma sätt. De olika

försöksplanerna innehöll variationer på detta huvudled, med bl.a. olika körmängd, packning av både matjord och alv, körning med olika ringtryck och vid olika fuktighet. Försöksplatserna var placerade på mineraljordar runt om i Sverige, med lerhalter från 10 till 59 %.

Packningen ledde på lerjordar till förändringar av markens struktur. Såbäddens kvalitet försämrades genom att andelen fina aggregat i såbädden minskade, vilket också ledde till att vattenhalten i såbotten var lägre i packade led. Packningen minskade också markens porositet och andelen grova porer, samt ökade torra aggregats hållfasthet. Resultaten av mätningarna av markens fysikaliska egenskaper innehöll dock en stor variation, och det var svårt att entydigt fastställa skillnader i markens struktur mellan leden.

Studier av växtnäringssupptagning i ett av försöken visade, att bl.a. halten av fosfor var lägre i packade led än i kontrollerad i plantans tidiga stadier. Vid skörd var halten av de flesta näringsämnen ungefär lika, men den lägre skörden gjorde att total upptagning i kg/ha blev lägre i packade led.

Skörden sjönk de första åren efter försökens start, men föreföll att från fjärde året anta ett jämviktsläge. 3-4 år efter packningens avslutande var skörden i packade led tillbaka på samma nivå som i kontrollerad. Från fjärde året till packningens avslutande genomfördes totalt 107 försöksår med en genomsnittlig avkastningssänkning på 11,4 % i led packade med 350 tonkm/ha. Den relativa skörden (kontroll=100), i medeltal för enskilda platser var kopplad till lerhalten enligt:

$$\text{Relativ skörd} = 101,2 - 0,457 \times \text{lerhalt}^{**} \quad (R^2 = 0,42)$$

Övriga led som ingick i försöken visade att skördesänkningen verkade vara proportionell mot körmängden, åtminstone upp till 300-400 tonkm/ha. Extra packning av alven orsakade på vissa försöksplatser skördesänkningar, men sänkte i genomsnitt inte skörden jämfört med enbart matjordspackning. Höjt ringtryck i packningsekipaget sänkte skörden liksom körning vid fuktiga förhållanden.

Packningen sänkte skörden ungefär lika mycket i samtliga vårsådda grödor som odlades, medan skörden i försök med höstvet i genomsnitt var 2 % högre än i kontrollerad. Skördesänkningen i procent i packade led föreföll vara oberoende av skördenivån.

Plantetableringen var sämre i packade led, som i genomsnitt innehöll 5,1 % lägre antal plantor än kontrollerad. Skördesänkning i packade led var signifikant kopplad till antal plantor jämfört med kontrollerad, men förklaringsgraden var låg och skillnader i plantetablering förklarar endast en liten del av packningens effekter på avkastningen.

Spridningen i försöksmaterialet var stor, och det visade sig mycket svårt att knyta skörderesultat under enskilda försöksår till t.ex. skillnader i vattenhalt vid packningstillfället eller nederbördsförhållanden under vegetationsperioden. Det är dock klart, att effekterna av jordpackning på skörden gav sig tillkänna under år med såväl goda som dåliga tillväxtförhållanden.

SUMMARY

Soil compaction effects, persisting after ploughing, was investigated in totally 21 long-term field experiments in Sweden. Emphasis was laid on crop yield, but soil physical properties (dry bulk density, porosity, water retention curve, saturated hydraulic conductivity, air permeability, seedbed properties, aggregate size distribution and tensile strength of aggregates), nutrient uptake and plant establishment was also determined. The experiments had two treatments in common: one control treatment with no extra traffic, and one treatment where the soil was compacted by traffic with a tractor and trailer in the autumn prior to ploughing, with an intensity of 350 Mgkm/ha (the weight of the machinery, multiplied by the

distance driven per hectare). During the rest of the year, the experiment was conventionally tilled, and in the same way for the different treatments. The compaction was repeated each autumn for about 10 years, and the yield was determined each year and about five years after the termination of the experimental traffic. The individual experiments also included other treatments, i.e. different traffic intensities, ground pressures, soil moisture contents when applying extra traffic and compaction of the subsoil as well as the topsoil.

The compaction affected the soil structure on clay soils. There was a lower amount of fine aggregates in the seedbed in the compacted treatments, which also led to a lower soil moisture content in the seedbed. Compaction decreased the porosity and the proportion of big pores (<0,15 mm) and increased the tensile strength of dry aggregates. However, there was a big variation in the results, and there were no clear differences between treatments for some properties, i.e. saturated hydraulic conductivity.

The compaction caused a cumulative decline in yield the first years after the start of the experiments, but from the fourth year the effects did no longer increase. Four to five years after the experimental traffic was terminated, the yield in the compacted treatment was the same as in the control. From the fourth year until the end of the compaction period, there were totally 107 location-years with a mean yield loss of 11.4 % in the treatment with a traffic intensity of 350 Mgkm/ha. The average yield in the compacted treatment (control=100) at specific sites was correlated to the clay content of the soil:

$$\text{Relative yield} = 101.2 - 0.457 \times \text{clay content}^{**} \quad (R^2=0.42)$$

Results from other treatments indicated the yield loss to be linearly correlated to the traffic intensity up to 300-400 Mgkm/ha. Extra compaction of the subsoil lowered yield on some sites, but not on average for all sites. Higher ground pressure and traffic at higher moisture content lowered yield.

Soil compaction effects on yield was about the same for all spring-sown crops, whereas it did not decrease yield in winter wheat. The yield decrease in percent seemed to be independent of the yield level in kg/ha.

The number of plants were 5.1 % lower in the compacted treatment than in the control. The yield decrease was significantly correlated to the number of plants, but with a low coefficient of determination.

Results were highly variable between years at the same site, but it was very difficult to correlate yield to differences in water content at the time of traffic or the weather conditions during the growing period. However, it is clear that soil compaction affected yield in years with good as well as bad conditions for crop growth.

This report is translated to English and submitted to Soil & Tillage Research, Elsevier.

REFERENSER

Andersson, S. & Håkansson, I., 1963. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIV. Grundförbättring 16:1-26.

Arvidsson, J. & Håkansson, I., 1991. A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. Soil & Tillage Res., 20: 319-332.

Chamen, W.C.T., Watts, C.W., Leede, P.R. & Longstaff, D.J., 1992. Assessment of a wide span vehicle (gantry) and soil and cereal crop responses to its use in a zero traffic regime. Soil & Tillage Res., 24: 319-336.

Dexter, A.R. & Kroesbergen, B., 1985. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. *J. Agric. Eng. Res.*, 31:139-147.

Dexter, A.R., Horn, R. & Kemper, W.D., 1988. Two mechanisms for the age-hardening of soil. *Journal of Soil Science*, 39, 163-175.

Dickson, J.W., Campbell, D.J. & Ritchie, R.M., 1992. Zero and conventional traffic systems for potatoes in Scotland, 1987-1989. *Soil & Tillage Res.*, 24: 397-419.

Douglas, J.T., Campbell, D.J. & Crawford, C.E., 1992. Soil and crop responses to conventional, reduced ground pressure and zero traffic systems for grass silage production. *Soil & Tillage Res.*, 24: 421-440.

Eriksson, J., Håkansson, I. & Danfors, B., 1974. Jordpackning - markstruktur - gröda. Jordbrukstekniska institutet, rapport 354.

Glinski, J. & Lipiec, J., 1991. Soil physical conditions and plant roots. Monografi, CRC Press, Boca Raton, Florida.

Håkansson, I., 1985. Swedish experiments on subsoil compaction by vehicles with high axle load. *Soil Use and Management*, 1: 113-116.

Håkansson, I., 1987. Hur långvariga är jordpackningens verkningar? *SLU Info, Fakta mark/växter nr 14*.

Håkansson, I., 1990. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil and Tillage Res.*, 16: 105-120.

Håkansson, I., Wiklert, P. & Thunholm, B., 1985. Long-term effects of compaction by farm machinery on some ecologically important physical properties of soils. *Soil ecology and management, Intecol Bulletin 1985:12*.

Lipiec, J., Håkansson, I., Tarkiewicz, S. & Kossowski, J., 1991. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. *Soil & Tillage Res.*, 19:307-317.

Kritz, G. & Håkansson, I., 1971. Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969-70. *SLU, rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 23*.

Nichols, M. L. & Randolph, J.W., 1925. A method of studying soil stresses. *Agr. Eng.* 6: 134-135.

Vermeulen, G.D. & Klooster, J.J., 1992. The potential of a low ground pressure system to reduce soil compaction on a clayey loam soil. *Soil & Tillage Res.*, vol. 24: 337-358.

Watts, C.W. & Dexter, A.R., 1992. Soil stability measurement. Stencil, Silsoe Research Institute, Silsoe, Bedford, England.

BILAGA 1. Resultat årsvis från samtliga platser i serierna R2-7101, R2-7103, R2-7104, R2-7105 och R2-7108.

Resultat från försöksserie R2-7101.

Serie R2-7101 innehöll 6 försök enligt följande plan:

- A = Kontroll (ingen extra packning)
- B = Stark packning och ältning i matjorden
- C = Stark packning och ältning i matjorden och plogflåran

Tabell 9. Resultat försök C 7A/63, Ultuna egendom, Uppsala. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Försöket skördades ej år 1, resultatet år 2 är ett medeltal från försöken 7A och 7B. Resultatet år 6 har ej använts i sammanställningar. Skördesiffror efter år 10 avser endast efterverkan av packningen

| År | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------|-------|------|-------|------|--------|------|-------|--------|-------|------|-------|------|-------|
| Gröda | Havre | Kom | Havre | Kom | V-raps | Kom | Ärter | H-vete | Havre | Kom | Havre | Kom | Havre |
| A=100 | 5200 | 2800 | 4020 | 3940 | (540) | 4000 | 4070 | 4390 | 1260 | 5050 | 6020 | 5220 | 2940 |
| B | 96 | 70 | 93 | 77 | 49 | 78 | 92 | 120 | 80 | 101 | 92 | 86 | 110 |
| C | 96 | 60 | 89 | 74 | 75 | 57 | 88 | 115 | 90 | 105 | 88 | 93 | 101 |
| Sign. | - | *** | * | *** | - | * | * | * | - | - | - | - | - |

Tabell 10. Resultat försök C 7B/63, Ultuna egendom, Uppsala. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Försöket skördades ej år 1, resultatet år 2 är ett medeltal från försöken 7A och 7B. Resultatet år 6 har ej använts i sammanställningar. Skördesiffror efter år 10 avser endast efterverkan av packningen

| År | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------|-------|------|-------|------|--------|------|-------|--------|-------|------|-------|------|-------|
| Gröda | Havre | Kom | Havre | Kom | V-raps | Kom | Ärter | H-vete | Havre | Kom | Havre | Kom | Havre |
| A=100 | 5200 | 3170 | 2550 | 4540 | (630) | 4400 | 4590 | 4820 | 1580 | 4800 | 5730 | 4930 | 3440 |
| B | 96 | 90 | 79 | 74 | 43 | 85 | 96 | 116 | 100 | 109 | 94 | 107 | 105 |
| C | 96 | 88 | 78 | 74 | 31 | 74 | 98 | 108 | 92 | 110 | 90 | 105 | 103 |
| Sign. | - | * | - | * | *** | * | - | * | - | - | ** | - | - |

Tabell 11. Resultat försök R 125/66, Gamlegården, Tun. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Försöket skördades ej år 4. Skördesiffror efter år 9 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| Gröda | Kom | Havre | Kom | Havre | Havre | Havre | Kom | Havre | Havre | Kom | Havre |
| A=100 | 4110 | 4830 | 3250 | 4030 | 3980 | 4190 | 3580 | 2400 | 1880 | 1960 | 2770 |
| B | 92 | 97 | 98 | 98 | 103 | 100 | 77 | 70 | 65 | 96 | 79 |
| C | 92 | 96 | 88 | 92 | 113 | 105 | 94 | 86 | 68 | 104 | 90 |
| Sign. | *** | - | - | - | - | - | * | - | - | - | - |

Tabell 12. Resultat försök N 287/66, Vapnö, Halmstad. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Försöket skördades ej år 4. Skördesiffror efter år 9 avser endast efterverkan av packningen. Ingen försöksmässig packning gjordes hösten före år 4 och 5, d.v.s. till vallen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-------|------|-------|----------|--------|---------|--------|--------|----------|------|--------|---------|--------|-------|
| Gröda | Kom | Havre | Åkerböna | Vall I | Vall II | V-raps | V-vete | Åkerböna | Kom | Vall I | Vall II | H-vete | Havre |
| A=100 | 3860 | 4420 | 3140 | 9270 | 4000 | 1640 | 3880 | 4210 | 3720 | 4850 | 6980 | 5620 | 6640 |
| B | 86 | 92 | 70 | 92 | 99 | 107 | 99 | 86 | 79 | 101 | 95 | 101 | 103 |
| C | 82 | 85 | 74 | 90 | 97 | 109 | 123 | 82 | 76 | 98 | 94 | 104 | 105 |
| Sign. | *** | * | * | - | - | - | - | - | * | - | - | - | - |

Tabell 13. Resultat försök M 889/66, Jordberga, Klagstorp. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Försöket skördades ej år 10. Skördesiffror efter år 8 avser endast efterverkan av packningen. Försöket packades ej hösten innan år 4

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 |
|-------|--------|------|----------|--------|---------|--------|---------|--------|------|--------|---------|
| Gröda | V-vete | Kom | Vitsenap | V-vete | S-betor | V-vete | S-betor | V-vete | Kom | H-vete | S-betor |
| A=100 | 5150 | 5130 | 2540 | 3240 | 10070 | 3050 | 9360 | 6420 | 4750 | 6540 | 9720 |
| B | 95 | 101 | 97 | 97 | 85 | 93 | 90 | 90 | 93 | 107 | 99 |
| C | 96 | 96 | 94 | 103 | 89 | 102 | 89 | 89 | 89 | 107 | 103 |
| Sign. | ** | - | - | - | ** | - | ** | * | * | * | - |

Tabell 14. Resultat försök C 46/66, Stora Kopparberg, Bredänge, Tierp. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Försöket skördades ej år 10. Skördesiffror efter år 10 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|--------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|
| Gröda | V-vete | Havre | Kom | Kom | Kom | Havre | Havre | Kom | Havre | Kom |
| A=100 | 2950 | 3680 | 1550 | 2290 | 1390 | 2740 | 1240 | 3990 | 3430 | 1350 |
| B | 93 | 98 | 91 | 88 | 97 | 101 | 95 | 89 | 102 | 86 |
| C | 98 | 97 | 92 | 89 | 94 | 105 | 99 | 88 | 104 | 97 |
| Sign. | * | - | * | - | - | - | - | ** | - | - |

Tabell 15. Resultat försök C 46/66, forts. Skördesiffror efter år 10 avser endast efterverkan av packningen

| År | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------|------|-------|------|------|-------|
| Gröda | Kom | Havre | Kom | Kom | Havre |
| A=100 | 3820 | 5820 | 3510 | 2250 | 4450 |
| B | 105 | 104 | 99 | 101 | 103 |
| C | 113 | 104 | 101 | 106 | 107 |
| Sign. | * | - | - | - | - |

Resultat från försöksserie R2-7103

I serie R2-7103 ingick 3 försök enligt följande plan:

- A = Kontroll (ingen extra packning)
- B = "Normal" packning och älting i matjorden
- C = Stark packning och älting i matjorden enstaka höst
- D = Stark packning och älting i matjorden varje höst (mosvarande led B i serie 7101)

Tabell 16. Resultat försök M 2/64, Skartofta boställe, Bjärsjölagård. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativt av A. Försöket skördades ej år 10. Skördesiffror efter år 10 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|------|-------|--------|--------|----------|-------|---------|------|-------|-------|
| Gröda | Kom | Havre | Vall I | Höskom | Höstraps | Havre | S-betor | Kom | Havre | Havre |
| A=100 | 4060 | 4390 | 4600 | 3290 | 2890 | 3850 | 7640 | 4380 | 3680 | 3150 |
| B | 113 | 97 | 98 | 99 | 98 | 94 | 92 | 85 | 97 | 87 |
| C | 106 | 97 | 98 | 120 | 99 | 99 | 91 | 80 | 103 | 65 |
| D | 104 | 90 | 92 | 113 | 103 | 104 | 97 | 84 | 99 | 56 |
| Sign. | * | - | - | - | - | - | - | * | - | - |

Tabell 17. Resultat försök M 2/64, forts. Skördesiffror efter år 10 avser endast efterverkan av packningen

| År | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------|--------|----------|----------|------------|------|
| Gröda | Vall I | Höstraps | Höstvete | Foderbetor | Kom |
| A=100 | 3090 | 2650 | 4370 | 45 500 | 4080 |
| B | 97 | 109 | 100 | 91 | 100 |
| C | 89 | 106 | 98 | 98 | 99 |
| D | 91 | 108 | 92 | 99 | 99 |
| Sign. | - | - | - | - | - |

Tabell 18. Resultat försök M 704/64, Svalövs lantbruksskola, Svalöv. Skörd i A-led anges i kg/ha, B, C och D som relativt av A. Försöket skördades ej år 10. Skördesiffror efter år 10 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|------|-------|---------|-------|------|----------|---------|---------|------|------|
| Gröda | Kom | Havre | Vårvete | Havre | Kom | Höstvete | S-betor | Vårvete | Kom | Kom |
| A=100 | 4570 | 4230 | 4570 | 5190 | 3160 | 4990 | 9370 | 3370 | 3660 | 4180 |
| B | 100 | 104 | 97 | 91 | 94 | 91 | 97 | 96 | 89 | 92 |
| C | 99 | 100 | 99 | 98 | 88 | 99 | 94 | 105 | 73 | 107 |
| D | 100 | 84 | 86 | 77 | 82 | 80 | 92 | 89 | 62 | 75 |
| Sign. | - | *** | *** | *** | ** | *** | - | ** | *** | *** |

Tabell 19. Resultat försök M 704/64, forts. Skördesiffror efter år 10 avser endast efterverkan av packningen

| År | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------|--------|----------|----------|------|---------|
| Gröda | Vall I | Höstraps | Höstvete | Kom | S-betor |
| A=100 | 5540 | 4690 | 5420 | 5640 | 6160 |
| B | 102 | 103 | 100 | 101 | 100 |
| C | 103 | 97 | 104 | 100 | 97 |
| D | 101 | 102 | 103 | 96 | 94 |
| Sign. | - | - | - | - | - |

Tabell 20. Resultat försök C 19/64, Ultuna egendom, Uppsala. Skörd i A-led anges i kg/ha, B, C och D som relativtal av A. Försöket skördades ej år 10. Skördesiffror efter år 17 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-------|-------|------|-------|---------|------|------|-------|----------|-------|------|-------|
| Gröda | Havre | Kom | Havre | Vårrops | Kom | Kom | Ärter | Höstvete | Havre | Kom | Havre |
| A=100 | 4670 | 3040 | 4750 | 2580 | 1970 | 4200 | 4020 | 5230 | 2330 | 6460 | 5410 |
| B | 86 | 90 | 99 | 86 | 97 | 89 | 104 | 100 | 101 | 98 | 99 |
| C | 89 | 97 | 93 | 94 | 99 | 102 | 106 | 104 | 106 | 100 | 86 |
| D | 90 | 97 | 93 | 79 | 94 | 69 | 93 | 100 | 89 | 95 | 82 |
| Sign. | - | * | * | * | - | *** | - | - | ** | - | *** |

Tabell 21. Resultat försök C 19/64, forts. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Skördesiffror efter år 17 avser endast efterverkan av packningen

| År | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
|-------|------|-------|------|-------|---------|------|-------|------|--------|---------|-------|
| Gröda | Kom | Havre | Kom | Havre | Vårvete | Kom | Havre | Kom | Vårrys | Vårvete | Havre |
| A=100 | 4420 | 4650 | 4870 | 5950 | 4570 | 4180 | 4480 | 5720 | 2090 | 4340 | 5770 |
| B | 93 | 104 | 94 | 85 | 93 | 97 | 98 | 101 | 99 | 103 | 102 |
| C | 89 | 104 | 91 | 65 | 93 | 92 | 108 | 102 | 97 | 105 | 95 |
| D | 95 | 103 | 88 | 62 | 85 | 89 | 111 | 102 | 97 | 102 | 97 |
| Sign. | * | - | - | ** | *** | - | - | - | - | - | - |

Resultat från försöksserie R2-7104

I serie R2-7104 ingick 3 försök med följande försöksplan:

A = Kontroll (ingen extra packning)

B = "Normal" packning och ältning i matjorden

C = Stark packning och ältning i matjorden (motsv. led B i serie R2-7101)

D = Stark packning och ältning i matjorden och alv

Tabell 22. Resultat försök M 431/67, Lönhult, Mjöhult. Skörd i A-led anges i kg/ha, B, C och D som relativt av A. Skördesiffror efter år 9 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|------|----------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|
| Gröda | Kom | Höstrybs | Kom | Havre | Kom | Kom | Havre | Kom | Havre | Havre |
| A=100 | 3950 | 620 | 3510 | 4170 | 3640 | 3620 | 5900 | 3780 | 1490 | 2910 |
| B | 103 | 99 | 103 | 99 | 103 | 94 | 96 | 82 | 95 | 88 |
| C | 106 | 126 | 102 | 93 | 90 | 99 | 83 | 68 | 87 | 102 |
| D | 103 | 111 | 99 | 89 | 59 | 101 | 76 | 57 | 94 | 85 |
| Sign. | - | - | - | - | *** | - | *** | *** | - | - |

Tabell 23. Resultat försök M 431/67, forts. Skördesiffror efter år 9 avser endast efterverkan av packningen

| År | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------|------|-------|----------|-----------|
| Gröda | Kom | Havre | Höstvete | Åkerbönor |
| A=100 | 3580 | 4570 | 4120 | 3740 |
| B | 92 | 105 | 98 | 107 |
| C | 94 | 117 | 98 | 91 |
| D | 76 | 116 | 95 | 95 |
| Sign. | * | - | - | - |

Tabell 24. Resultat försök M 430/67, Lönhult, Mjöhult. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativt av A. År 2 ingår ej i övriga sammanställningar. Försöket skördades ej år 13. Skördesiffror efter år 8 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 |
|-------|------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|----------|---------|-------|
| Gröda | Kom | Havre | Kom | Havre | Havre | Kom | Havre | Kom | Havre | Havre | Höstvete | Å-bönor | Havre |
| A=100 | 4510 | 640 | 3780 | 4350 | 2580 | 3610 | 5300 | 2470 | 3650 | 5080 | 2390 | 4560 | 5000 |
| B | 81 | 38 | 85 | 80 | 68 | 74 | 73 | 82 | 96 | 85 | 102 | 104 | 95 |
| C | 79 | 34 | 66 | 61 | 58 | 64 | 55 | 66 | 89 | 82 | 96 | 101 | 93 |
| D | 74 | 22 | 63 | 61 | 63 | 57 | 51 | 76 | 87 | 80 | 102 | 96 | 81 |
| Sign. | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | ** | *** | - | - | - |

Tabell 25. Resultat försök M 790/68, Lönhult, Mjöhult. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Skördesiffror efter år 8 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|----------|------|----------|------|-------|
| Gröda | Kom | Havre | Kom | Kom | Kom | Havre | Kom | Havre | Höstvete | Kom | Höstvete | Kom | Havre |
| A=100 | 3020 | 2960 | 3230 | 1740 | 2290 | 3400 | 1790 | 1240 | 3660 | 1890 | 1670 | 4070 | 5660 |
| B | 110 | 103 | 101 | 99 | 109 | 105 | 109 | 102 | 101 | 110 | 115 | 96 | 99 |
| C | 106 | 102 | 99 | 108 | 112 | 105 | 109 | 108 | 104 | 109 | 132 | 98 | 97 |
| D | 106 | 104 | 102 | 104 | 124 | 105 | 138 | 129 | 103 | 107 | 150 | 95 | 103 |
| Sign. | - | - | - | - | ** | - | * | *** | - | - | * | - | - |

Resultat från försöksserie R2-7105

Serie R2-7105 innehöll 7 försök enligt följande plan:

A = Kontroll (ingen extra packning)

B = "Normal" packning och ältning i matjorden

C = Stark packning och ältning i matjorden (motsv. led B i serie R2-7101)

Tabell 26. Resultat försök N 120/71, Skottorps säteri, Gamla Skottorp. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Försöket packades ej hösten innan år 5. Skördesiffror efter år 7 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|------|------|------|--------|--------|---------|------|--------|--------|---------|
| Gröda | Kom | Kom | Kom | V-raps | H-vete | Potatis | Kom | V-raps | H-vete | Potatis |
| A=100 | 2860 | 4490 | 4110 | 2150 | 6310 | 28800 | 4680 | 1860 | 3960 | 38900 |
| B | 102 | 99 | 109 | 93 | 96 | 95 | 100 | 90 | 100 | 103 |
| C | 107 | 104 | 108 | 92 | 101 | 100 | 113 | 103 | 111 | 91 |
| Sign. | - | - | - | - | - | - | ** | - | - | - |

Tabell 27. Resultat försök O 100/77, Åby säteri, Hunnebostrand. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Skördesiffror efter år 9 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Gröda | Kom | Kom | Havre | Havre | V-rybs | H-vete | Havre | Kom | Havre | Kom | Kom | Kom | Råg | Kom |
| A=100 | 4620 | 2690 | 3070 | 4060 | 2040 | 5240 | 4750 | 4720 | 4530 | 3130 | 3650 | 2640 | 4210 | 2890 |
| B | 98 | 91 | 114 | 118 | 87 | 112 | 94 | 91 | 93 | 101 | 98 | 95 | 101 | 97 |
| C | 95 | 83 | 108 | 112 | 75 | 96 | 84 | 88 | 78 | 99 | 94 | 95 | 94 | 92 |
| Sign. | - | - | - | ** | ** | - | *** | - | * | - | - | - | - | * |

Tabell 28. Resultat försök R 213/71, Slättbohagen, Lundsbrunn. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Skördesiffror efter år 7 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|
| Gröda | Havre | Kom | Havre | Havre | Havre | Kom | Kom | Havre | Kom |
| A=100 | 4060 | 3440 | 4100 | 3520 | 2240 | 2780 | 3390 | 4240 | 3080 |
| B | 91 | 107 | 103 | 102 | 97 | 103 | 108 | 105 | 101 |
| C | 99 | 99 | 95 | 96 | 89 | 95 | 105 | 97 | 109 |
| Sign. | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabell 29. Resultat försök S 68/77, Lerdala, Kristinehamn. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Skördesiffror efter år 7 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|-------|------|------|------|--------|
| Gröda | Kom | Vårrys | Havre | Kom | Kom | V-raps | Havre | Havre | Kom | Kom | Kom | V-rybs |
| A=100 | 4540 | 1460 | 5190 | 3750 | 3230 | 2090 | 6420 | 4380 | 3740 | 2540 | 2350 | 980 |
| B | 98 | 104 | 99 | 83 | 96 | 93 | 100 | 106 | 105 | 103 | 106 | 108 |
| C | 101 | 107 | 97 | 78 | 91 | 97 | 96 | 103 | 101 | 93 | 100 | 102 |
| Sign. | - | - | - | *** | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabell 30. Resultat försök C 115/71, Fredrikslund, Uppsala. Försöket skördades ej år 3. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Skördesiffror efter år 7 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|--------|------|
| Gröda | Kom | Havre | Havre | Kom | Kom | Kom | Havre | V-vete | Kom |
| A=100 | 5010 | 2350 | 5060 | 4340 | 4730 | 4370 | 5470 | 3810 | 4220 |
| B | 93 | 106 | 100 | 96 | 110 | 96 | 102 | 105 | 96 |
| C | 89 | 105 | 87 | 70 | 109 | 91 | 93 | 90 | 89 |
| Sign. | * | - | - | * | * | - | - | - | - |

Tabell 31. Resultat försök AC 227/73, Jordbruksförsöksstationen, Röbbäcksdalen. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Skördesiffror efter år 7 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|------|------|-------|------|-----------|------|------|-------|---------|------|------|--------|
| Gröda | Kom | Kom | Havre | Kom | Potatis | Kom | Kom | Havre | Potatis | Kom | Kom | Vall I |
| A=100 | 3340 | 4060 | 4200 | 2300 | 4520 (ts) | 3170 | 2860 | 3430 | 3940 | 2680 | 2830 | 7520 |
| B | 104 | 89 | 105 | 110 | 101 | 97 | 93 | 91 | 101 | 103 | 99 | 103 |
| C | 106 | 95 | 100 | 101 | 96 | 92 | 86 | 90 | 110 | 100 | 101 | 95 |
| Sign. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabell 32. Resultat försök Y 191/74, Försöksstationen, Offer. Skörd i A-led anges i kg/ha, B och C som relativtal av A. Skördesiffror efter år 7 avser endast efterverkan av packningen

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|------|-------|---------|------|------|------|-----------|-------|---------|------|------|--------|
| Gröda | Kom | Havre | Potatis | Kom | Kom | Kom | Foderraps | Havre | Potatis | Kom | Kom | Vall I |
| A=100 | 3120 | 3960 | 5560 | 5210 | 3020 | 4050 | 6200 | 2580 | 2440 | 5150 | 1880 | 8370 |
| B | 102 | 92 | 96 | 100 | 108 | 99 | 96 | 99 | 108 | 103 | 110 | 106 |
| C | 95 | 94 | 92 | 94 | 93 | 90 | 82 | 82 | 86 | 102 | 100 | 104 |
| Sign. | - | - | ** | ** | * | * | * | * | ** | - | - | - |

Resultat från försöksserie R2-7108

Försöksserie R2-7108 pågår fortfarande. Försöksplanen innehåller 6 led:

A = Kontroll (ingen extra packning)

B = "Normal" packning och ältning i matjorden, lågtrycksdäck, normala förhållanden

C = Stark packning och ältning i matjorden, lågtrycksdäck, normala förh.

D = Stark packning och ältning i matjorden, högtrycksdäck, normala förh.

E = "Normal" packning och ältning i matjorden, lågtrycksdäck, våta förh.

F = Stark packning och ältning i matjorden, lågtrycksdäck, våta förhållanden

Tabell 33. Resultat försök T 179/85, Nederby, Fellingsbro
Skörd i A-led anges i kg/ha, övriga led som relativtal av A.
År 3 odlades vårraps som ej skördades p.g.a. missväxt.

| År | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------|------|-------|-------|------|-------|--------|
| Gröda | Kom | Havre | Havre | Kom | Havre | V-vete |
| A=100 | 4710 | 2530 | 3420 | 4440 | 5350 | 2810 |
| B | 98 | 106 | 95 | 94 | 96 | 91 |
| C | 91 | 82 | 88 | 88 | 84 | 77 |
| D | 93 | 79 | 81 | 87 | 79 | 60 |
| E | 89 | 85 | 91 | 86 | 87 | 73 |
| F | 89 | 76 | 77 | 82 | 78 | 42 |
| Sign. | ** | ** | *** | *** | *** | *** |

Tabell 34. Resultat försök T 180/85, Åbyhammar, Fellingsbro.
Skörd i A-led anges i kg/ha, övriga led som relativtal av A

| År | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|
| Gröda | Havre | Kom | V-vete | Ärter | Lin | Havre | Havre |
| A=100 | 3860 | 5490 | 4190 | 3820 | 2140 | 5940 | 2860 |
| B | 97 | 101 | 99 | 97 | 96 | 96 | 102 |
| C | 93 | 114 | 98 | 88 | 96 | 98 | 101 |
| D | 101 | 110 | 89 | 77 | 103 | 95 | 100 |
| E | 102 | 104 | 94 | 91 | 84 | 97 | 102 |
| F | 102 | 107 | 90 | 80 | 80 | 91 | 87 |
| Sign. | * | ** | - | - | - | - | - |

RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr År

- 56 1978 Åke Huhtapalo: Kombisådd av kväve och fosfor till vårsåd. 27 s.
Combi-drilling of nitrogen and phosphorus with spring cereals. 27 p.
- 57 1979 Inge Håkansson: Försök med jordpackning vid hög axelbelastning. Markundersökningar 1-2 år efter försökens anläggande. 15 s.
Experiments with soil compaction at high axle load. Soil investigations 1-2 years after the experimental compaction. 15 p.
- 58 1979 Inge Håkansson & József von Polgár: Modellförsök med såbäddens funktion. III. Försök med syrebrist i såbädden. 17 s.
Model experiments into the function of the seedbed. III. Experiments with oxygen deficiency in the seedbed. 17 p.
- 59 1980 Tomas Rydberg: Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. 21 s.
Big-plot experiments with ploughless farming, 1976-78. 21 p.
- 60 1980 Working group on soil compaction by vehicles with high axle load. Report of meeting in Uppsala 1980. 56 p.
- 61 1981 Behovet av forskning och försök inom mark-teknikområdet. En inventering utförd av samarbetskommittén för mark-teknik vid Sveriges Lantbruksuniversitetets Lantbruksvetenskapliga fakultet. Sekreterare: Lennart Henriksson. 46 s.
- 62 1981 Skördevariationerna i växtodlingen - orsaker och motåtgärder. Seminarium anordnat av Samarbetskommittén för Mark-Teknik på Ultuna 1981-04-09. 64 s.
- 63 1981 Nils M. Nilsson: Plöjningsdjup och tiltbredder vid höstplöjning. 30 s.
Ploughing depths and widths of furrow slice in autumns ploughing. 30 p.
- 64 1982 Jan Cederlund: Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd). Examensarbete. 54 s.
- 65 1983 Göran Kritz: Såbäddar för vårstråsåd. En stickprovsundersökning. 187 s.
Physical conditions in cereal seedbeds. A sampling investigation in Swedish spring-sown fields. 187 p.
- 66 1983 N.M. Nilsson: Höst- eller vårplöjning till vårsådd på kapillära jordar. Resultat från 12 fältförsök åren 1971-75. 57 s.
Autumn- or spring ploughing before spring sowing on capillary soils. Results from 12 field trials during 1971-1975. 57 p.
- 67 1984 Berth Mårtensson: Harvsådd - Preliminära försöksresultat 1979-83. 20 s.
Once-over sowing - Preliminary results of trials 1979-1983. 20 p.
- 68 1984 Mats Edh: BANDSÅDD - en studie av olika billar för bandsådd. Examensarbete. 44 s.

- 69 1984 József von Polgár: Vältning efter vårsådd. 16 s.
Rolling after spring sowing. 16 p.
- 70 1986 Tomas Rydberg: Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. 35 s.
Effects of ploughless tillage on soil physical and soil chemical properties in Sweden. 35 p.
- 71 1986 Jordpackning: Skördepåverkan - Motåtgärder - Ekonomi. Rapport från NJF-seminarium i Sigtuna 28-30 oktober 1986. 187 s.
Soil compaction: Effects - Counter-measures - Economy. 187 p.
- 72 1986 Bo Thunholm: Termiska egenskaper i åkermark skattade på grundval av den årliga temperaturvariationen. 18 s.
Thermal properties of the subsoil estimated from annual temperature variations. 18 p.
- 73 1987 Lennart Henriksson: Försök med olika harvar 1977-1985. 32 s.
Field trials with different harrows 1977-1985. 32 p.
-
- 74 1987 Tomas Rydberg & Torbjörn Öckerman: Plöjningsfri odling - Dess inverkan på rotutveckling och evaporation. 52 s.
The effects of ploughless tillage on root development and evaporation. 52 p.
- 75 1987 Hans Svensson: Jordpackningens inverkan på sockerbetans rotutveckling och skördens storlek. 31 s.
Effects of soil compaction on root development and yield of sugarbeets. 31 p.
- 76 1987 Tomas Rydberg: Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. 53 s.
Studies in ploughless tillage in Sweden 1975-1986. 53 p.
- 77 1988 Reduceret jordbearbejdning. Rapport från NJF-seminarium i Horsens, Danmark 9-11 februari 1988. 240 s.
Reduced cultivation. 240 p.
- 78 1990 Inge Håkansson, Mary McAfee, Sixten Gunnarsson: Verkan av körning med traktor och vagn vid vallskörd. Resultat från 24 försöksplatser. 41 s.
Effects of traffic during harvest on yield of grass leys. Results from field trials on 24 Swedish sites. 41 p.
- 79 1990 Krister Nilsson: Packningsskador vid konservärtskörd - ekonomiska konsekvenser och åtgärder för att minska packningen. 16s.
Estimation of the economic consequences of soil compaction when harvesting canning peas. 16 p.
- 80 1990 Tomas Rydberg, Mary McAfee, Börje Gillberg. Djupplöjning på lätta mineraljordar. 50 s.
Effects of subsoiling on crop yields on light mineral soils. 50 p.
- 81 1992 Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström, Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg: 1991 års jordbearbetningsförsök. 58 s.

- 82 1992 Johan Arvidsson, Inge Håkansson: En modell för att beräkna jordpackningens effekter på grödornas avkastning. 23 s.
An empirical model for estimating the crop yield losses caused by machinery induced soil compaction. 23 p.
- 83 1992 Maria Stenberg, Reynaldo A. Comia, Tomas Rydberg, Inge Håkansson, Sixten Gunnarsson: Harvsådd i konventionella och plöjningsfria bearbetningssystem. 18 s.
Soil and crop responses to different tillage systems. 18 p.
- 84 1992 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Maria Stenberg, Tomas Rydberg, Mats Tobiasson, Hans Pettersson, Sixten Gunnarsson, Ararso Etana, Inge Håkansson, Ingrid Karlsson, Karin Blombäck.
Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1992. 86 s.
- 85 1994 Johan Arvidsson, Inge Håkansson: Finns packningsskador kvar efter plöjning? Resultat från 21 långliggande fältförsök. 31 s.
Do effects of soil compaction persist after ploughing. Results from 21 Swedish long-term field experiments. 31 p.
-