

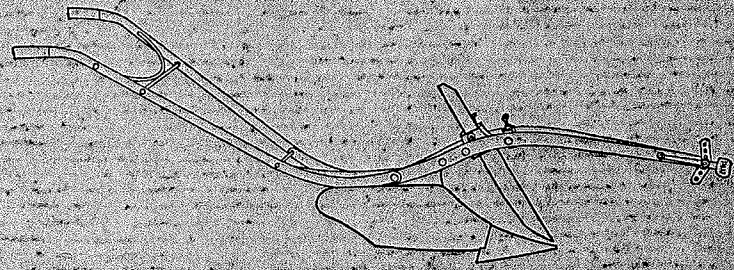
Lantbrukshögskolan

UPPSALA

RAPPORTER FRÅN
JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Agricultural College of Sweden, 750 07 Uppsala 7

Reports from the Division of Soil Management



NR 22

1970

Inge Håkansson,
Lennart Fergedal:

FÖRSÖK MED JORDBECKNINGENS ACKUMU-
LATIVA EFTERVERKNINGAR. PRELIMINÄR
REDOGÖRELSE.

Lantbrukshögskolan, 750 07 Uppsala 7.

Rapporter från jordbearbetnings-
avdelningen.

Nr 22. 1970.

Inge Håkansson,
Lennart Fergedal:

FÖRSÖK MED JORDPACKNINGENS ACKUMULATIVA EFTER-
VERKNINGAR. PRELIMINÄR REDOGÖRELSE.

Experiments with the accumulative after-effects
of soil compaction. Preliminary report.

Innehållsförteckning:

	Sid.
Introduktion	2
Försöksplaner och metodik	4
Resultat	6
Diskussion	14
Sammanfattning	17
Summary	18
Litteraturförteckning	20

Introduktion

Försöksverksamhet på jordpackningsområdet har förekommit i vårt land sedan ett tiotal år. Omfattningen var från början ringa men har efterhand ökat. Endast ett mindre antal försöksredogörelser har dock hittills publicerats. Flertalet gäller försök, som visar jordpackningens kortsiktiga verkningar (Håkansson 1966, 1970, Fergedal 1968, 1970, Reimersson & Falk 1969). I dessa försök har matjordens centrala del och bottenlager under vårbruket genom olika stark körning givits olika packningsgrader. Mätningar har visat, att den packningsgrad, som jorden erhåller på våren, bibehålles i stort sett oförändrad under hela vegetationsperioden (Andersson & Håkansson 1966, Håkansson 1966), och följaktligen är av betydelse för grödan under hela dess utveckling. De ovan nämnda försöksredogörelserna visar, att grödans utveckling och avkastning är starkt beroende av packningsgraden i matjorden. Olika jordar har dock mycket olika packningskänslighet.

Tung körning på fälten har emellertid också mera långsiktiga verkningar. Särskilt då körning sker, när jorden har hög vattenhalt, utsätts denna för packning och ältning med genomgripande inverkan på strukturtillståndet. När jorden efteråt plöjs, luckras den visserligen igen, men verkningarna av packningen och ältningen kan inte utplånas helt. Strukturen förblir grövre än den eljest skulle ha varit. Tiltornas inre delar förblir tätare och mera sammanhängande. Plöjningen går tyngre (se exempelvis Olvegård 1970). Tiltläggningen blir ofta sämre, särskilt om fältytan är spårig och ojämn. Ej heller frosten förmår utplåna packningens verkan. En tidigare packad jord har således ännu på våren en grövre struktur. Allt detta leder till sämre förutsättningar för såbäddsberedningen och till ökat bearbetningsbehov. Ökat antal körningar medför i sin tur starkare packning o.s.v.

I jord, som varit packad, blir markstrukturen ibland mindre stabil och jorden blir mera slammingsbenägen. En packad jord är mera svårgenomsläpplig för vatten än en lucker. Dräneringen försvåras och risken för ytvattenbildningar ökar. Högt vattenmättnad kan i sig själv vara ogynnsam för strukturen men därtill kommer, att upptorkningen försenas. Man tvingas köra på våt mark och åstadkommer nya strukturskador.

Tung körning kan alltså få negativa efterverkningar, som kan bli bestående under lång tid. Upprepas packningen och ältningen erhålls ackumulerade efterverkningar. Sådana kan för närvarande antas ha stor betydelse för brukningsegenskaperna men också för avkastningen på

många av våra åkerjor­dar. Fälten utsätts nämligen för ofta återkommande packningar. Håkansson (1965) har beräknat att varje punkt på fältytan överfars av tungt belastade hjul i genomsnitt flera gånger om året. För mellansvenska förhållanden kan ett normalvärde på 3 till 5 gånger per år och för sydsvenska förhållanden på upp till 7 gånger per år anges. En betydande del av körningen sker, när jorden är våt och tryckkänslig. Under vårbruket har sålunda matjordens djupare delar fortfarande hög vattenhalt. Vid skördearbeten och andra höstarbeten kör man ofta på våt mark.

Förutom av jordens vattenhalt bestäms packningens verkan framför allt av trycket i hjulens an­liggningsytor mot marken. Approximativt och under vissa förutsättningar kan man säga, att trycket i hjulens an­liggningsytor är liktydigt med lufttrycket i däcken. Särskilt höga tryck får man därför för transportvagnar utrustade med högtrycksdäck.

Det finns hittills endast få försök, som belyser avkastningens beroende av jordpackningens ackumulativa efterverkningar. I Skaraborgs län (Olvegård 1965, 1966, 1970 a) finns sedan några år två större fastliggande packningsförsök. I dessa jämförs ett "tungt" brukningssystem (normal traktor­användning) med ett "lätt" brukningssystem (vinschade redskap). Den tunga resp. lätta brukningen tillämpas vid alla körtillfällen. I försöken har stora skördesänkningar för den tunga brukningen erhållits. Det är emellertid att märka, att detta är en samlad effekt av packningens kortsiktiga verkningar och av dess efterverkningar.

Kunskaperna om den biologiska och ekonomiska betydelsen av jordpackningens ackumulativa efterverkningar är således små. Verkningarna måste antas vara mycket olika stora på olika jor­dar. Säkerligen inverkar också klimatförhållandena och odlingsinriktningen. Vidare bestäms packningens omfattning av maskinutrustningen och av det sätt på vilket maskinerna används. Jordbearbetningsavdelningen vid Lantbrukshögskolan har därför med början hösten 1963 succesivt anlagt en serie fastliggande försök, som belyser packningens ackumulativa efterverkningar. För närvarande pågår drygt 10 försök i Skåne, Halland, Västergötland och Uppland. Försöken kommer att fortsätta ytterligare ett antal år, eftersom skillnaderna i avkastningen mellan de olika försöksleden hittills har ökat år från år. Denna redogörelse är därför preliminär och ofullständig. Den omfattar hittills erhållna avkastningsresultat från de enskilda försöken och åren samt en enkel sammanställning av dessa, en del mät- och observationsresultat samt en kort-

fattad diskussion.

Flertalet av de försök, som omfattas av denna redogörelse ingår i riksförsöksprogrammet vid försöksavdelningen för jordbearbetning. (Försök- en enligt planerna R2-7103 och R2-7101 utom försök L 446/67). Några har genomförts med hjälp av forskningsanslag vid forskningsavdelningen för jordbearbetning. (Försök L 446/67 samt försöken enligt plan F2-7104).

Försöksplaner och metodik.

Avsikten med försöken är att belysa betydelsen för grödornas avkastning av jordpackningens ackumulativa efterverkningar. De försöks- mässiga packningarna följs därför av en plöjning innan nästa gröda sås. Normalt görs packningarna på senhösten, när marken är vatten- mättad och följs omedelbart av höstplöjning. Följande försöksled in- går i de olika försöken.

Försök enligt plan R2-7101:

- A. Skonsam behandling.
- B. Kraftig packning och ältning i matjorden.
- C. Kraftig packning och ältning i matjorden samt i plogfårans botten.

Försök enligt plan R2-7103:

- A. Normal packning och ältning i matjorden.
- B. Skonsam behandling.
- C. Kraftig packning och ältning i matjorden enstaka höstar. Dessemel- lan skonsam behandling.
- D. Kraftig packning och ältning i matjorden varje höst.

Försök enligt plan F2-7104:

- A. Skonsam behandling.
- B. Normal packning och ältning i matjorden.
- C. Kraftig packning och ältning i matjorden.
- D. Kraftig packning och ältning i matjorden samt i plogfårans botten.

I fortsättningen kommer försöken enligt de olika planerna att behandlas tillsammans. Följande gemensamma försöksledsbeteckningar kommer därvid att användas:

- E. Skonsam behandling (= 7101 A, 7103 B resp. 7104 A).
- F. Normal packning och ältning i matjorden varje höst (= 7103 A, resp. 7104 B).
- G. Kraftig packning och ältning i matjorden varje höst (= 7101 B, 7103 D resp. 7104 C).
- H. Kraftig packning och ältning i matjorden enstaka höstar (= 7103 C).
- J. Kraftig packning och ältning i matjorden samt i plogfårans botten varje höst (= 7101 C resp. 7104 D).

Förfaringssättet vid packningarna är något olika på de olika försöksplatserna beroende på vilken utrustning, som finns tillgänglig. Följande beskrivning kan ges:

E. Skonsam behandling: Ingen packning på hösten. Plöjningen görs med hjälp av vinsch, med lätt hel- eller halvbandstraktor e.d. Tidigare plöjdes i en del fall med häst.

F. Normal packning: Packningen görs med traktor och tämligen lätt vagn med måttliga ringtryck, ibland enbart med traktor. Vid varje packningstillfälle beläggs rutorna med spår en gång. Normal traktorplöjning tillämpas. Vid normal jordbruksdrift erhåller man varje år en motsvarande packningsintensitet på större delen av fältytorna.

G och H. Kraftig packning: Packningen görs med traktor och tungt lastad vagn, vanligen med höga ringtryck. Rutorna överfars spår intill spår, ibland flera gånger. Ofta blir försöksrutorna mycket spåriga och sönderkörda. Normal traktorplöjning tillämpas. Försöksled G packas varje höst. Försöksled H packas endast enstaka höstar (se tabell 1) och behandlas dessemellan skonsamt. I praktisk jordbruksdrift erhålls denna packningsintensitet endast under vissa år med ogynnsamma förhållanden. Smärre arealer, t.ex. nära in- och utfarter på fälten, kan dock årligen bli behandlade på detta sätt.

J. Kraftig packning i matjorden samt i plogfårans botten: Matjorden packas först som i försöksled G. Plöjningen görs därefter med 1-skärig plog och två traktorer. Den plöjande traktorn körs på lägsta växel och bogseras av den andra traktorn, som körs på högre växel. Båda traktor-

erna går alltså i botten på varje plogfåra och tvingas där till stark slirning.

Försöken genomförs som blockförsök med 4 samrutor. Bruttoreutornas storlek är vanligen 5 x 20 m och packningen liksom plöjningen sker i rutornas längdriktning. Grödan har på några få undantag när (se tabell 1) varit vårstråsäd. Vårbruket genomförs lika på samtliga led och så skonsamt som tillgänglig utrustning medger. Ibland har traktor med dubbelmonterade hjul och lågt ringtryck använts, ibland halvbands-traktor e.d. Bearbetningar och sådd görs tvärs över rutorna. I vissa fall, när stora skillnader i bearbetningsegenskaper mellan de olika försöksleden förekommit, har man varit tvungen att bearbeta de packade leden ett större antal gånger än de skonsamt behandlade.

Resultat.

Avkastningsresultaten för de enskilda försöken återfinns i tabell 1. I Diagram 1-3 har tidsutvecklingen för packningseffekterna i de olika försöksleden sammanställts. Sammanlagt har 15 försök startats. Av dessa pågår 12 fortfarande. Två försök har slopats på grund av ojämna försöksplatser och ett av annan anledning.

Flertalet försök är placerade på lerjordar. Endast två av försöksplatserna har lättare jordar och på en av dessa har försöket dessutom måst slopas. Resultaten är därför nästan helt begränsade till lerjordar.

Av de redovisade resultaten framgår, att packningen i huvudsak inverkat ogynnsamt på grödan. Skillnaderna mellan leden har i regel blivit större ju längre försöken legat. På de olika platserna har emellertid olika stora utslag erhållits. Detta kan bero på jordarnas olikartade känslighet men dessutom kan skillnader i utförandet av packningarna ha spelat in, likaså skillnader i markens fuktighet vid packningstillfällena samt olikartade klimatförhållanden. De årliga variationerna inom försöksplatserna har också varit stora beroende på att packningarna under skilda år blivit olika effektiva samt att frostens verkan under vintern växlat. Under olika år ställs det också olika stora krav på strukturtillståndet i marken, eftersom väderleksförhållandena under vegetationsperioden växlar.

I försök M 2/64 utgjordes grödan ett av försöksåren av vall, varvid ingen försöksmässig packning utfördes. Även de följande åren avvek

packningarna från planen. Därför är endast de två första årens avkastningsresultat medtagna i diagramsammanställningarna. Ytterligare några försöksresultat har uteslutits ur sammanställningarna, nämligen sådana, där försöksplatsen visat sig vara mycket ojämn eller där avkastningen av någon anledning varit mycket låg. (Se tabell 1!)

På försök M 431/67 var grödan på försommaren 1968 tydligt bättre på de skonsamt behandlade och normalt packade leden än på de kraftigt packade. Emellertid uppträdde liggsäd och denna blev svårare ju bättre grödan var. Detta var säkerligen orsaken till, att de kraftigt packade leden gav högst skörd. Resultaten är ändock medtagna i sammanställningarna.

Diagramsammanställningarna är gjorda på följande sätt. Relativtalen för respektive försöksled är inprickade för de enskilda försöken och åren. År 1 anger första året efter resp. försöks anläggande, år 2 andra året o.s.v. Medelvärdet av de inprickade relativtalen har inritats för varje år och en rät sambandslinje har inlagts på fri hand med utgångspunkt från relativtalet 100 år 0. Försöksresultaten ger ingen anledning att dra någon krökt sambandslinje. Till detta medverkar dock bl.a., att antalet enskilda försöksresultat blir mindre med ökat antal år efter försökens start. Den räta linjen får inte extrapoleras, ty förr eller senare måste linjen börja kröka och till slut bli horisontell. Hur lång tid detta tar kan ännu inte bedömas. Försöken måste därför fortgå tills vidare.

I diagram 1 sammanställs avkastningsresultaten för försöksled G (kraftig packning och ältning i matjorden varje höst), i diagram 2 för försöksled F (normal packning och ältning i matjorden varje höst) och i diagram 3 för försöksled J (kraftig packning och ältning i matjorden samt i plogfårans botten varje höst). För att underlätta en jämförelse mellan leden har avkastningsresultaten för led G inlagts också i diagrammen 2 och 3, varvid endast de försök utnyttjats, i vilka leden F resp. J ingår.

Det har ej ansetts befogat, att i nuvarande skede göra någon statistisk analys för hela försöksserien. Det kan emellertid ändå betraktas som säkerställt, att packningarna orsakat skördesänkningar och att dessa blivit större med tiden. Under de första åren har det varit ett ungefärligen rätlinigt samband mellan skördesänkningen och tiden. Ju kraftigare packningen av matjorden varit, desto större har skördesänkningen blivit. Kraftig packning varje höst har efter en femårsperiod sänkt skörden

med inemot 20 procent, "normal" packning med omkring 6 procent. Den intensiva körningen i plogfårans botten i försöksled J har däremot endast haft ringa effekt. Den skillnad som framkommer i diagram 3 mellan leden G och J kan nämligen till en del bero på, att även matjorden är mera packad i led J än i led G.

Strukturförhållandena i matjorden har påverkats mycket starkt av de tunga körningarna. På försöksled G har rutorna ibland, under våta höstar, "körts sönder" fullständigt. (Se fig. 1!) I sådana fall har matjorden ältats snarare än packats. Under torrare förhållanden har spår- bildningen varit mindre och en mera ren packningsverkan har erhållits. Vid plöjningen av de starkt packade rutorna har täta, sammanhängande och ofta oregelbundna tiltor erhållits och markytan har blivit ojämn (fig. 2 c). Vid plöjning av skonsamt behandlade rutor däremot har tiltorna blivit söndermulade och regelbundna och markytan tämligen jämn (fig. 2 a). På "normalt" packade rutor har plöjningen vanligen givit sammanhängande och regelbundna tiltor och medelmåttig ojämnhet på markytan (fig. 2 b).

Skillnaderna mellan leden vad beträffar matjordens struktur, tiltornas utseende och markytans ojämnhet har ej utjämnats under vintern. I tabell 2 visas resultaten av uppmätningar av markytans ojämnhet (råhet) på våren före vårbrukets början. Mättekniken beskrivs av Heinonen & Håkansson (1967). I de enskilda fallen var, på ett par undantag när, de packade rutorna betydligt ojämna än de opackade. Av genomsnittsvärdena framgår klart, att ojämnheten på våren är större, ju starkare packningen varit på hösten.

Efter samma bearbetning på våren i de olika försöksleden har såbädden normalt varit grövre och ojämna i de packade leden än i det skonsamt behandlade. I enstaka fall har skillnaderna varit så stora, att extra harvningar måst företagas i de starkt packade rutorna för att en acceptabel såbädd skulle erhållas.

Den grövre och ojämna såbädden har speciellt under torra vårar lett till ojämna uppkomst i de packade rutorna. I en del fall har skörden därigenom försenats starkt. Strukturanalys av såbädden genom torrsällning har företagits i några fall. Vid några andra tillfällen har förekomsten av större kokor i såbädden bestämts genom kokräkning i fält. I tabell 3. redovisas resultatet av en kokräkning, som gjordes efter ~~av~~ av höstrybs år 1968 på försök M 431/67. Den torra väderleken efter sådden av detta försök medförde försenad groning och uppkomst på de

kraftigt packade leden G och J beroende på den mycket kokiga såbädden. Övervintringen blev dålig på dessa led och på våren var rybsen klart sämre än på de mildare behandlade leden E och F, där grödan fått en god start på hösten och en bra övervintring.

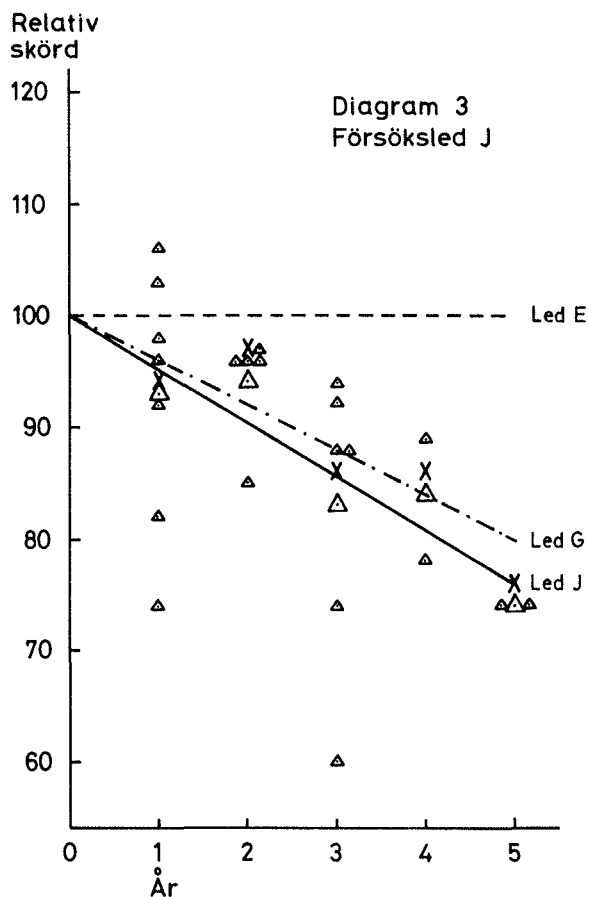
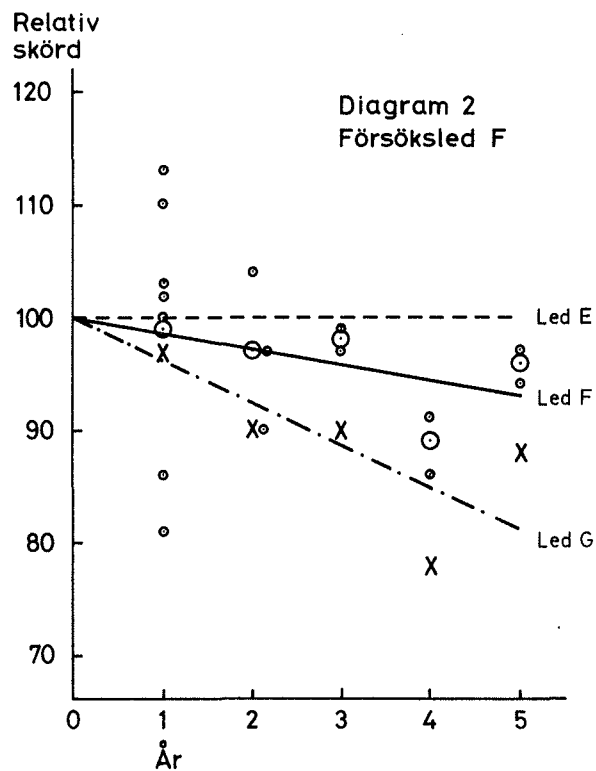
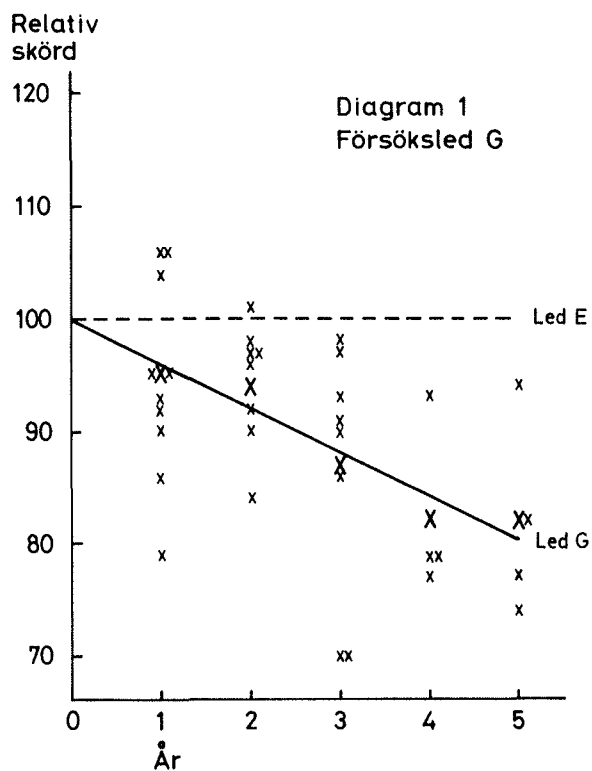
Vid plöjningen har som nämnts tiltorna i de packade leden blivit mera kompakta och sammanhängande än i de opackade och stora skillnader har kvarstått ännu på våren. I några av försöken har markens hållfasthets-egenskaper mätts med s.k. vingborr (Jfr. Schaffer 1967) vid ett eller flera tillfällen. I tabell 4 redovisas de härvid erhållna resultaten. Värdena i tabellen utgör relativa mått på markens skärhållfasthet vid mättillfällena. Då denna är mycket starkt beroende av markens vattenhalt finns det ingen anledning att beräkna absolutvärdena. Hållfastheten är genomgående högre i de packade leden än i de opackade. Detta är en stark indikation på att större dragkraftsbehov vid bearbetning av de packade leden än av de opackade (Jfr. Olvegård 1970 a).

Tabell 1. Avkastningsresultat för de enskilda försöken och åren. Försöksledds-beteckningar se sid. 5!

Försöksplats Försöksnummer Jordart i matj.	Datum för packning	Skördeår	Gröda	Avkastningsresultat Crop yields					Signifi- kansgrad ²⁾	Anm.	
				kg/ha	Rel.tal. (E=100)	Rel.numbers					Level of signifi- cance ²⁾
Place	Date for compaction	Year	Crop	E	F	G	H	J			
<u>Försök enligt plan R2-7101:</u>											
Jordberga, Klagstorp M 889/66. ΔLL	24.11 1966	1967	Vårvede	5.150		95		96	**		
	7.12 1967	1968	Korn	5.130			101	96	-		
	13.11 1968	1969	Vitsenap	2.540				97	-		
Ekdalen, Nyvång L 446/67. ML	8.11 1967	1968	Havre ¹⁾	5.030		91		88	-	Ojämn försöksplats. Försöket slopat.	
Vapnö, Halmstad M 287/66. SL	27.10 1966	1967	Korn	3.860		86		82	***		
	21.11 1967	1968	Havre	4.420			92	85	*		
	30.10 1968	1969	Åkerböna (ts)	3.140		70		74	*		
Horshaga, Vedum R 104/67. 1Mo	11.11 1967	1968	Potatis ¹⁾	28.000		110		114	-	Mycket ojämn för- söksplats. E-ledet miss- gynnat. Försöket slopat.	
	26.11 1968	1969	Korn ¹⁾	3.700			105	105	-		
Gamlegården, Tun R 125/66. SL	9.11 1966	1967	Korn	4.110		92		92	***		
	23.10 1967	1968	Havre	4.830			97	96	-		
	14.11 1968	1969	Korn	3.250		98		88	-		
Ultuna, Uppsala Lh 7A. LML	15.11 1963	1964	Korn	Ej skördat. Försöket sprutskadat.							
	24.10 1964	1965	Havre	5.200		96		96	-	Medeltal försök 7A o. B.	
	28.10 1965	1966	Korn	2.800		70		60	***		
	26.10 1966	1967	Havre	4.020			93	89	*		
	16.10 1967	1968	Korn	3.940			77	74	***		
30.10 1968	1969	Vårrips ¹⁾	540			49	75	-	Insektsskador.		
Ultuna, Uppsala Lh 7B. SML	15.11 1963	1964	Korn	Ej skördat. Försöket sprutskadat.							
	24.10 1964	1965	Havre	5.200		96		96	-	Medeltal försök 7A o. B.	
	28.10 1965	1966	Korn	3.170		90		88	*		
	26.10 1966	1967	Havre	2.550			79	78	-		
	16.10 1967	1968	Korn	4.540			74	74	*		
30.10 1968	1969	Vårrips ¹⁾	630			43	31	***	Insektsskador.		
Bredånge, Tierp Lh 46. LL	2.11 1966	1967	Vårvede	2.950		93		98	*		
	23.10 1967	1968	Havre	3.680			98	97	-		
	25.11 1968	1969	Korn	1.550		91		92	*		
<u>Försök enligt plan R2-7103:</u>											
Skartofta, Bjärsjölagård M 2/64. LML	17.11 1964	1965	Korn	4.060	113	104		106	*	} Packningarna avvikande från försöksplanen.	
	14.10 1965	1966	Havre ¹⁾	4.390	97	90		97	-		
	Ingen pack.	1967	Vall I ¹⁾	(ts) 4.600	98	92		98	-		
	28.08 1967	1968	Höstkorn ¹⁾		3.290	99	113		120		-
	1.08 1968	1969	Höstraps ¹⁾	2.890	98	103		99	-		
Skoljordsbruket, Svalöv M 704/64. ΔLL	22.11 1964	1965	Korn	4.570	100	100		99	-	Led H packat.	
	10.12 1965	1966	Havre	4.230	104	84		100	***	Led H ej packat.	
	21.11 1966	1967	Vårvede	4.570	97	86		99	***	Led H ej packat.	
	16.11 1967	1968	Havre	5.190	91	77		98	***	Led H ej packat.	
	11.11 1968	1969	Korn	3.160	94	82		88	**	Led H packat.	
Ultuna, Uppsala Lh 19. ML	27.10 1964	1965	Havre	4.670	86	90		89	-	Led H packat.	
	27.10 1965	1966	Korn	3.040	90	97		97	*	Led H ej packat.	
	21.10 1966	1967	Havre	4.750	99	93		93	*	Led H packat.	
	13.10 1967	1968	Vårrips	2.580	86	79		94	*	Led H ej packat.	
13.10 1968	1969	Korn	1.970	97	94		99	-	Led H packat.		
Bredånge, Tierp Lh 26. LL	9.11 1965	1966	Korn	1.780	102	95		100	-	Försöket slopat. Ersatt med Lh 46.	
<u>Försök enligt plan F2-7104:</u>											
Lönhult, Mjöhult M 430/67. SL	28.10 1967	1968	Korn ¹⁾	4.510	81	79		74	***	Sen sådd. Ögynnsamma förhållanden.	
	14.10 1968	1969	Havre ¹⁾	640	38	34		22	***		
Lönhult, Mjöhult M 431/67. LML	2.11 1967	1968	Korn	3.950	103	106		103	-	Liggsädesgradering 1968: E=100 (liggsäd på hela ytan), F=90, G=43, J=35. Insekts- skador 1969.	
	24.08 1968	1969	Höstrybs ¹⁾	620	99	126		111	-		
Lönhult, Mjöhult M 790/68. 1Sa	21.10 1968	1969	Korn	3.020	110	106		106	-		

¹⁾ Avkastningsresultaten ej medtagna i diagramsammanställningarna (Jfr. texten).
These yield results not included in the diagrams.

²⁾ * 0,05 ≥ P > 0,01, ** 0,01 ≥ P > 0,001, *** 0,001 ≥ P



Teckenförklaring:

Enskilda försöksresultat

Individual results

x = försöksled G

o = --- F

△ = --- J

Årsmedelvärden

Mean values

X = försöksled G

○ = --- F

△ = --- J

Diagram 1-3. Sammanställning av försöksresultaten för försöksled G (kraftig packning och ältning i matjorden), försöksled F (normal packning och ältning i matjorden) och försöksled J (kraftig packning och ältning i matjorden samt plogfårans botten). De enskilda relativa avkastningsvärdena samt årsmedelvärdena har prickats in och en rät sambandslinje dragits. Relativtalet 100 anger skörden i försöksled E (skonsam behandling). I diagram 2 och 3 har som jämförelse även årsmedelvärden och sambandslinjer för led G inlagts, varvid endast de försök utnyttjats, i vilka led F resp. J ingår.

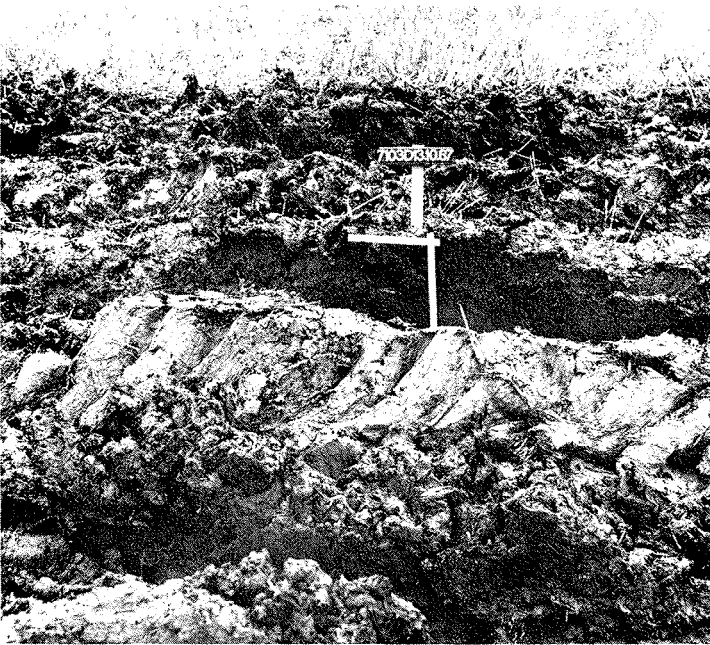


Fig. 1



Fig. 2a



Fig. 2b

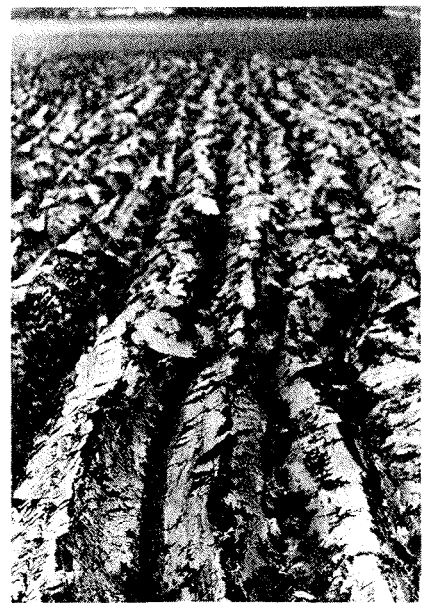


Fig. 2c

Fig. 1. Vid packningen av försöksled G (kraftig packning och ältning i matjorden) bildas under våta höstar djupa spår och matjorden utsätts för stark ältning. Försök Lh 19 den 13.10.1967.

Fig. 2. Olika försöksled strax efter plöjningen en våt höst. Försök Lh 19 den 20.10.1967. Fr.v. försöksled E (skonsam behandling), försöksled F (normal packning och ältning i matjorden) och försöksled G (kraftig packning och ältning i matjorden).

Tabell 2. Markytans ojämnhet (råhet) på våren strax före vårbrukets början. Medeltal av samtliga observationer för de olika försöksserierna.

Försöks- serie	Antal obser- vationer	Råhet, cm, i försöksled Roughness of soil surface, cm			
Experiment series	Number of observations	E	F	G	H
R2-7101	14	9,9		12,1	11,9
R2-7103	7	11,9	13,9	17,4	
F2-7104	4	12,1	14,2	15,3	16,6

Tabell 3. Försök M 431/67. Förekomst av kokor i såbädden den 17.9.1968. Antal synliga kokor med diameter större än 5 cm räknade inom en yta av 0,5 m². Dessutom är största observerade kokans största diameter mätt. Medeltal av 10 parallellbestämningar per led.

	Försöksled. Treatment			
	E	F	G	J
Antal kokor per 0,5 m Number of clods	10,2	14,0	23,7	24,8
Största kokans diameter, cm Diameter of the biggest clod, cm	8,0	8,7	11,0	10,3

Tabell 4. Resultat av vingbormmätningar vid några tillfällen på Ultunaförsöken. Värdena anger genomsnittligt vridmoment vid mätning på djupet 10-20 cm och utgör relativa mått på markens skärhållfasthet.

Försök nr.	Tidpunkt	Vridmoment, kpcm, i försöksled Torque, kpcm, in treatment			
Experim. no.	Date	E	F	G	H
Lh 7 A	3.5.1965 (Före vårbruket)	135		290	
Lh 7 B	3.5.1965 (" ")	115		234	
Lh 19	24.8.1965 (Före skörden)	491	538	643	638
Lh 19	9.5.1966 (Före vårbruket)	74	105	101	90
Lh 19	21.5.1970 (Efter vårbruket)	294	310	333	348
Lh 19	6.7.1967 (På sommaren)	456		474	614

Diskussion.

De erhållna försöksresultaten visar, att packning och ältning av matjorden genom körning med tunga maskiner för lerjordarnas del ger negativa, ackumulativa efterverkningar i form av försämrad markstruktur, brukningssvårigheter och sänkt avkastning. Avkastningssänkningens storlek tycks ungefärligen stå i proportion till intensiteten i körningen. I försöken har det led, i vilket kraftig packning upprepat vart annat eller vart tredje år, givit ungefär samma avkastning som ledet med "normal" packning upprepad varje år.

En mycket intensiv packning och ältning av matjorden, jämförbar med den man har i försöksled G, erhåller man i praktiskt jordbruk årligen endast på smärre arealer, på vändtegar, nära in- och utfarter på fälten, i vissa surhålur o.d. Endast enstaka år blir hela fält behandlade på detta sätt, exempelvis vid sockerbetsskörd under våta förhållanden. Över större delen av fälten har man däremot årligen en körmängd, som ungefär motsvarar den i försöksled F (normal packning och ältning). I praktiskt jordbruk är körningen utspridd över året, i försöken samlad vid ett tillfälle men effekterna torde trots detta vara jämförbara.

I praktiken har man naturligtvis stora skillnader i körintensitet olika gårdar emellan. Verkan av en viss körning beror dessutom av fuktigheten i marken vid körtillfället. Denna växlar starkt med årstiden, grödan, väderleken, dräneringsförhållandena på platsen m.m. En del av körningen i det praktiska jordbruket sker, när marken är torrare än vad den är vid körningen i försöken. Av detta skäl kan därför efterverkningarna bli något mindre än i försöken. Den ringa rutstorleken i försöken (c:a 100 m²) verkar emellertid i motsatt riktning. På en packad jord försämras vattengenomsläppligheten. Dräneringen försvåras och risken för ytvattenbildning ökar. Dessa faktorer, i synnerhet den ökade risken för ytvattenbildning, slår inte igenom på försöksrutor av den aktuella storleken. För att så skulle blivit fallet hade tio gånger så stora rutor behövts. Sammanfattningsvis kan man därför uppskatta, att körningen i försöken får ungefär samma verkan på grödan som motsvarande körning i praktiken.

Försöken ger oss då för lerjordarnas del möjlighet till följande skattning av den ackumulativa efterverkan av de hittills genomförda tunga körningarna i praktiken. På särskilt utsatta områden har man, för närvarande en skördeförlust på 20 procent eller mera. I genomsnitt för lerbordsarealen torde skördeförlusten vara minst 5 procent, troligen

närmare 10 procent.

Man kan anta, att packningens verkan är mindre på de lättare jordarna. Det finns dock tecken, som tyder på, att packningen orsakar betydelsefulla ackumulativa efterverkningar även på sådana jordar. Hårda jordklumpar, troligen orsakade av tidigare packningar, är exempelvis på många håll ett skördetekniskt problem vid mekaniserad potatisskörd. Det är en angelägen uppgift att komplettera försöksserien med några försök på jordar med lågt lerinnehåll.

Körningen i plogfårans botten i försöksled J har haft ganska liten effekt på avkastningen, exakt hur stor kan dock inte avgöras (jfr. föregående kapitel). Några undersökningar av strukturförändringarna i alven har ännu ej gjorts men förmodligen är dessa ej stora. Plogbotten har emellertid redan före försökens anläggande vid plöjningarna varit överfaren av traktorhjul ett flertal gånger. De därvid använda traktorerna har varit ungefär lika stora som de i försöken använda. Eventuella tidigare packningsskador kan antas bestå fortfarande.

Det står nu helt klart, att tung körning på våra lerjordar medför negativa efterverkningar. Dessa beror inte på sänkt porositet i marken utan i första hand på försämrade strukturförhållanden. Till detta kommer emellertid den direkta verkan av packningen under såbäddsberedningen, varigenom porositeten i matjorden sänks. En lätt packning kan då ibland verka positiv, genom att icke önskvärda grövre håligheter mellan tiltorna trycks samman. En kraftigare packning verkar i regel negativt. Den optimala packningsgraden varierar dock starkt mellan olika jordar och beror dessutom av yttre faktorer, exempelvis nederbörden under vegetationsperioden. (Jfr. bl.a. Håkansson 1966, 1967, 1970, Fergedal 1968, 1970)

Idealet ur avkastningssynpunkt synes således på lerjordarna vara, att undvika alla packningar under året utom eventuellt en lätt packning under såbäddsberedningen. På flertalet lerjordar skulle detta sannolikt medföra en avkastningsstegring på mer än 10 procent, på de starkast packningskänsliga jordarna betydligt mera. Även på de lättare jordarna är det troligen bäst att undvika alla packningar utom en måttlig packning under såbäddsberedningen. Inflytandet av packningarna på avkastningen torde dock på flertalet lättare jordar vara avsevärt mindre än på lerjordarna.

Det nyss sagda förutsätter, att man direkt kan sätta samman resultaten

av ettåriga försök med olika packningsgrader och av försök med packningens efterverkan. Detta kan emellertid inte utan vidare tas för givet, utan behöver kontrolleras med direkta försök, i vilka man jämför ett normalt och ett "lätt" brukningssystem tillämpade vid alla fältarbeten under året. De i inledningen nämnda försöken i Skaraborgs län (Olvegård 1965, 1966, 1968, 1970 a) är av detta slag. I dessa försök har packningens inflytande på avkastningen varit mycket stort. Det är önskvärt, att några försök med likartad målsättning startas även i andra delar av landet.

De tunga körningarna kan naturligtvis inte helt undvikas i det praktiska jordbruket, i varje fall inte för närvarande. På olika sätt kan man emellertid minska packningarnas ogynnsamma verkningar. Maskinernas packningsverkan beror bl.a. av lufttrycken i däcken. Under alla fältarbeten bör man därför hålla så låga ringtryck som möjligt. Det betyder t.ex., att man vid varje nytt arbete med en traktor bör anpassa ringtrycket efter den aktuella belastningen (Håkansson & Gillberg 1969).

På mera packningskänsliga jordar, troligen på en betydande del av våra lerjordar, är det lönsamt att använda en däcksutrustning, som tillåter lägre ringtryck än den nu använda. Dubbelmontering eller stark "överdimensionering" av traktorernas bakhjul medger exempelvis att lufttrycken sänks till $0,6 \text{ kp/cm}^2$ eller därunder. Även på andra maskiner och transportfordon kan hjuldimensionerna behöva ökas.

Skördearbetena bör organiseras så, att transportfordonen går så lite som möjligt på fälten, även om marken har god bärighet. Vid traktorarbetena bör man ha redskap, som till sin storlek är väl anpassade till traktorerna, så att man undviker onödig körning men även alltför stark slirning.

En god maskin- och arbetskapacitet på gården gör, att arbetena bättre hinns med under gynnsamma perioder. En större traktor (inom vissa gränser) behöver inte medföra starkare packning utan kan, om den används rätt, faktiskt ha motsatt effekt. Förutsättningen är, att däcksutrustningen tillåter låga ringtryck.

Man bör också anpassa odlingsinriktningen så, att man kan utföra fältarbetena vid lämpliga tidpunkter under året. Höstsådda grödor är ur denna synpunkt i regel bättre än vårsådda grödor. Risken för starkt försenad skörd är mindre och marken är i regel torrare vid såhjäddberedningen.

Man bör också utnyttja möjligheterna att minska jordens packningskänslighet. Viktigast härvidlag är en god dränering och ytvattenavledning. Detta är en grundförutsättning för att man överhuvudtaget skall kunna hålla jorden i ett gott strukturtillstånd. Under senare år har också kalkning med bränd eller släckt kalk, nedbrukad omedelbart efter tillförseln, i fältförsök visats ha stor betydelse för jordens strukturtillstånd och packningskänslighet (Berghlund 1967, Olvegård 1970b).

Sammanfattning.

Årligen upprepad packning och ältning av matjorden har visat sig ge betydande ackumulativa efterverkningar. I försöken, som huvudsakligen legat på lerjordar, har verkningarna under de första åren i stort sett tilltagit rätlinigt med tiden och varit ungefärligen proportionella mot intensiteten i körningen.

Årligen upprepad intensiv körning har efter en femårsperiod givit skördesänkningar på inemot 20 procent. (Huvudsakligen vårstråsäd i försöken). En motsvarande körintensitet har man emellertid i praktiskt jordbruk endast på smärre, särskilt utsatta delar av fälten eller under enstaka år.

En mera normal körintensitet har efter en femårsperiod givit skördesänkningar på c:a 6 procent och dessa kommer sannolikt att bli större med tiden. Man kan därför anta, att efterverkningarna av tidigare års tunga körningar för närvarande på lerjordarna orsakar en genomsnittlig skördenedsättning på inemot 10 procent. Tyvärr kan ännu inte några motsvarande siffror för lättare jordar anges.

Skördesänkningarna är så stora, att det är ekonomiskt betydelsefullt att så långt möjligt söka motverka packningen. En god dränering och ytvattenavledning gör jorden mindre packningskänslig. Kalkning tycks verka i samma riktning. Låga ringtryck i däcken gör att packningsverkningarna minskar. På känsliga jordar kan dubbelmontering av traktorhjulena tillgripas. Det är också av betydelse att organisera arbetena väl, så att onödiga körningar på fälten undviks och att fältarbetena i största möjliga omfattning sker, när marken är torr.

Summary:Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction.
Preliminary report.

Since 1963 a succession of fifteen experiments with the accumulative after-effects of soil compaction by heavy machines have been started in different parts of Sweden. Twelve of the experiments are still running. The clay content in the plough layer at the different places varies between 10 and 50 per cent, as given in the following table.

Clay content, per cent	10-15	15-25	25-40	40-50
Number of places	2	4	6	3

In most cases the crops are spring sown cereals. The compactions are made late in the autumn, immediately before ploughing, when the soil is normally wet and sensitive to compaction. A treatment as mild as possible is compared with annually repeated "normal" and "severe" compactions made with tractors and loaded trailers. On all other occasions during the year the experimental plots are treated equally and as mildly as possible. Some differences between the treatments at the different places have occurred, depending upon the machines available. The experiments are arranged according to three different plans but this paper treats them as a single group. The different experiments include three or four of the following five treatments.

- E. A treatment as mild as possible.
- F. "Normal" compaction of the plough layer every year.
- G. "Severe" compaction of the plough layer every year.
- H. "Severe" compaction of the plough layer on occasional years.
- I. "Severe" compaction in the plough layer and the bottom of the plough furrow every year.

Treatment F is approximately as intensively compacted as most fields in normal practical farming but for these the compactions are distributed throughout the year. Treatment G is as severely compacted as the most severely compacted parts of the fields.

The individual crop yield results can be found in Table 1. The soils at the different places are differently sensitive to compaction. Diagrams 1 - 3 show the crop yield as a function of time for the treatments G, F and I respectively, with the number of years after the

start of each individual experiment on the horizontal axis and the relative crop yield (Treatment E = 100) on the vertical axis. Each individual result is plotted, the average value for each year is calculated and the relationship between yield and time is shown by a straight line.

After five years the yield decrease caused by "normal" compaction is about 6 per cent and by "severe" compaction nearly 20 per cent. The maximum effects do not seem to have been reached yet. The influence of the compaction in the plough furrow is rather small. During the first few years the increase of the effects seems to be approximately linear with the time and also to be approximately proportional to the intensity of the passage of heavy machines.

Large differences in soil structure and in roughness of the soil surface are observed throughout the year. The frost in the winter cannot compensate the effects of the compaction. Figs. 1 - 2 show photographs from one of the experiments, Lh 19 on a clay loam soil, on two occasions during a wet autumn. Fig. 1 shows treatment G immediately after the compaction, Fig. 2 shows treatments E, F and G after the ploughing.

Table 2 shows "roughness numbers" for the soil surface in the spring before the seed bed preparation. The values in the table are mean values of all measurements made in the different series of experiments according to a technique described by Heinonen & Håkansson (1967). The soil surface in the spring is more uneven the more intensive the compaction has been.

Table 3 shows the number of visible clods with a diameter larger than 5 cm in the seed bed within an area of 0.5 m^2 . These measurements were carried out after seed bed preparation in one of the experiments. The largest diameter of the biggest clod is also given. The figures illustrate the often observed fact, that the seed bed preparation is more difficult the more intensive the compaction has been.

Table 4 shows the results of measurements with a wing borer according to Schaffer (1967) in the horizon 10 - 20 cm. The figures give the torque in kpcm and can be regarded as relative measures of the shear strength in the soil.

When the results are discussed it is stated that the accumulative after-effects of soil compaction are economically important on soils

rich in clay and that it is necessary to try to counteract them. Good drainage makes the soil less sensitive to compaction. Liming seems to have the same effect. Low inflation pressure in the tires is very important. It is also necessary to take full advantage of dry periods for carrying out all field operations with heavy machines.

Litteratur

- Andersson, S. & Håkansson, I., Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XVI. Strukturodynamiken i matjorden. En fältstudie. GRUNDFÖRBÄTTRING 19 (1966), s. 191 - 228.
- Berglund, G., Struktureffekter av kalk. AKTUELLT FRÅN LANTBRUKSHÖGSKOLAN, nr 113, 1967, s. 15.
- Fergedal, L., Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967. RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN. Nr. 11. 1968.
- Fergedal, L., Strukturproblem vid vårbruket. LANTBRUKSNYTT 1970:3, s. 8.
- Heinonen, R. & Håkansson, I., A rapid field method for assessing the roughness of the soil surface. WEST EUROPEAN METHODS FOR SOIL STRUCTURE DETERMINATIONS. Ghent 1967. s. VII, 38-40.
- Håkansson, I., Några markstrukturaspecter på den moderna jordbruksdriften. GRUNDFÖRBÄTTRING 18 (1965), s. 89 - 98.
- Håkansson, I., Försök med olika packningsgrader i matjorden och alvens översta del. GRUNDFÖRBÄTTRING 19 (1966), s. 281 - 332.
- Håkansson, I., Tål marken våra tunga maskiner? FÖRSÖK OCH FORSKNING 1967, Nr 2.
- Håkansson, I., Jordpackning - ett problem på de flesta jordar. LANTMANNEN 1970:6, s. 12 - 15.
- Håkansson, I., & Gillberg, B., Lufttrycket i traktordäcken under fältarbeten. En stickprovsundersökning hösten 1968. RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN. Nr 17. 1969.
- Olvegård, P., Stensfältförsöket. SKARABORGS LÄNS HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPSTIDNING 1965:6, s. 105 - 106.
- Olvegård, P., Stensfältförsöken. SKARABORGS LÄNS HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPSTIDNING 1966:6, s. 123 - 125.

- Olvegård, P., Stensfält - Skultorpsförsöken. SKARABORGS LÄNS HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPS TIDNING 1968:6, s. 19 - 22.
- Olvegård, P., Stensfält - Skultorpsförsöken. SKARABORGS LÄNS HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPS TIDNING 1970:1, s. 18 - 19.
- Olvegård, P., Kalkförsök på lerjord. RLF-TIDNINGEN 1970:20, s. 32.
- Reimersson, B. & Falk, G., Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN Nr 20. 1969.
- Schaffer, G., Determination of structure strength by measuring the shearing resistance. WEST EUROPEAN METHODS FOR SOIL STRUCTURE DETERMINATIONS. Ghent 1967. s. VI, 4 - 5.