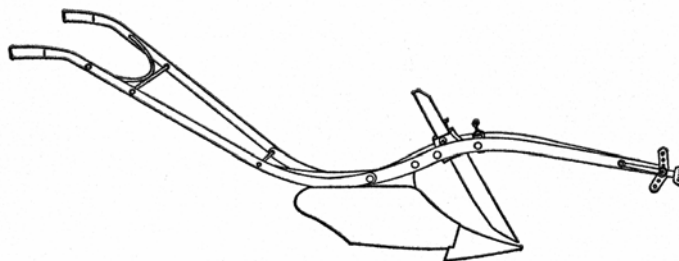




Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences,
Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 52

2006

Olof Pålsson

**Fältförsök med reducerad bearbetning i
Skåne och Halland.**

*Field experiments with reduced tillage in Skåne
and Halland*

ISSN 1102-6995

ISRN SLU-JB-M--52--SE

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| Förord..... | 3 |
| 1. Inledning | 4 |
| 2. Sammanfattning | 5 |
| 3. Summary..... | 6 |
| 4. Bakgrund..... | 8 |
| 4.1 Markens penetrationsmotstånd och skrymdensitet..... | 8 |
| 4.1.1 <i>Def. av penetrationsmotstånd och skrymdensitet</i> | 8 |
| 4.1.2 <i>Påverkan av maskiner och redskap</i> | 8 |
| 4.1.3 <i>Påverkan av bearbetningssystem</i> | 9 |
| 4.1.4 <i>Påverkan av mullhalten</i> | 9 |
| 4.2 Genomsläpplighet..... | 9 |
| 4.3 Rotutveckling..... | 10 |
| 4.3.1 <i>Funktion och tillväxt</i> | 10 |
| 4.3.1 <i>Vädrets påverkan</i> | 10 |
| 4.3.3 <i>Bearbetning och tillväxt</i> | 11 |
| 4.4 Daggmaskar..... | 11 |
| 4.4.1 <i>Arter i Sverige</i> | 11 |
| 4.4.2 <i>Krav på miljö</i> | 11 |
| 4.4.3 <i>Livscykel</i> | 12 |
| 4.4.4 <i>Effekter av daggmask på jorden</i> | 13 |
| 4.4.5 <i>Daggmask och bearbetning</i> | 14 |
| 5. Material och metoder..... | 15 |
| 5.1 Försöksplats..... | 15 |
| 5.1.1 <i>Skåne och Halland</i> | 15 |
| 5.1.2 <i>Ultuna, Uppsala</i> | 16 |
| 5.2 Försöksplan..... | 16 |
| 5.2.1 <i>Skåne och Halland</i> | 16 |
| 5.2.2 <i>Ultuna, Uppsala</i> | 16 |
| 5.3 Mätningar i försöken..... | 16 |
| 5.3.1 <i>Penetrometermätning</i> | 16 |
| 5.3.2 <i>Genomsläpplighet</i> | 17 |
| 5.3.3 <i>Klorofyll</i> | 17 |
| 5.3.4 <i>Rotutveckling</i> | 18 |
| 5.3.5 <i>Daggmaskar</i> | 18 |
| 5.3.6 <i>Skörd</i> | 19 |
| 5.3.7 <i>Allmänna observationer</i> | 19 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 6. Resultat..... | 19 |
| 6.1 Penetrometer..... | 19 |
| 6.2 Genomsläpplighet..... | 24 |
| 6.3 Klorofyll..... | 25 |
| 6.4 Rotutveckling..... | 25 |
| 6.5 Daggmaskar..... | 26 |
| 6.5 Skörd..... | 30 |
| 6.6 Allmänna observationer..... | 31 |
| | |
| 7. Diskussion..... | 33 |
| 7.1 Penetrationsmotstånd..... | 33 |
| 7.2 Genomsläpplighet..... | 33 |
| 7.3 Rotutveckling | 34 |
| 7.4 Klorofyll | 34 |
| 7.5 Daggmaskar..... | 34 |
| 7.6 Skörd..... | 35 |
| | |
| 8. Slutsats..... | 35 |
| | |
| 9. Litteraturförteckning..... | 36 |

Förord

Detta arbete är ett examensarbete för Agronomutbildningen på Ultuna som avslutar min mark/växt utbildning. Arbetet motsvarar 20 poäng med en del praktiskt arbete i fält och en del sammanställning och litteraturstudie. Det praktiska delen utfördes till stor del under sommar och höst 2005 på tre olika försöksplatser, Charlottenlund, Väby och Ultuna. Litteraturstudie och sammanställning utfördes under våren 2006. Arbetet har utförts på avdelningen för jordbearbetning på institutionen för markvetenskap, SLU och handledare har varit Johan Arvidsson.

Marken på försöksgårdarna har undersökts för att visa på skillnader som uppkommer på grund av olika bearbetningssystem. Att försöksplatsernas placering var Skåne och Halland, långt från Uppsala, var aldrig några problem. Ett bra stöd fanns alltid från min handledare som varit tillgänglig och öppen för diskussion om allt som berörde mitt arbete. Ett stort tack.

Vidare vill jag tacka Johanna Laurell och Olov Hillerström för det tidskrävande arbetet med att undersöka dagmaskförekomsten på Ultuna och i Skåne. Med er hjälp blev det en ganska trevlig, lättsam tillställning och tiden kändes inte så lång. Tack.

Till sist vill jag tacka hela avdelningen för jordbearbetning för en god stämning där alla ställer upp och hjälper varandra.

Olof Pålsson

Uppsala, juni 2006.

1. Inledning

Med anledning av ett ökat intresse för reducerad jordbearbetning ökar också behovet att undersöka hur markens biologiska och fysikaliska egenskaper förändras då djupare luckring uteblir. I detta arbete har olika markegenskaper undersökts som visar på skillnader mellan olika bearbetningsmetoder.

De biologiska effekterna är t.ex. hur ogräsförekomst, rotutveckling och marklevande djur som dagmask påverkas av bearbetningsmetoden. Dagmasken skapar vertikala gångar, makroporer, där vattenöverskott snabbt kan transporteras ner genom profilen. Även rotgenomträngning och omsättningen av det organiska materialet påverkas av hur mycket dagmask det finns i marken.

De fysikaliska egenskaperna som undersökts är genomsläpplighet och markmotstånd mellan olika bearbetningar. Den utelämnade djupare bearbetningen luckrar inte marken som blir tätare. Det i sin tur kan påverka grödans rotmotstånd och genomsläppligheten av vatten.

Dessa biologiska och fysikaliska egenskaper lägger en del av grunden för hur en gröda utvecklas och förutsättningar för en god skörd.

Mätningarna i fält har utförts i sju försök, i olika grödor, på två olika platser i södra Sverige: Charlottenlunds gård i Skåne och på Väby gård i Halland. Anledningen är att jordarten skiljer sig mellan dessa platser med något styvare i Skåne och lättare jord i Halland. Båda gårdarna tillämpar grund bearbetning eller ”mullsådd” till samtliga grödor i växtföljden. Ett långliggande försök med liknande försöksplan har undersökts på Ultuna.

2. Sammanfattning

Under sommaren 2005 undersöktes hur några markegenskaper påverkas då olika bearbetningssystem används på åkern. Både markens fysikaliska och biologiska egenskaper undersöktes på tre olika platser i Sverige. Platserna var Charlottenlund i Skåne, Väby gård i Halland och Ultuna i Uppland. Tre försök låg i Skåne med något styvare jord och fyra låg i Halland på lättare jord, alla med olika grödor. Leden i Skåne och Halland var (1) mullsådd, (2) konventionell plöjning till 20 cm djup samt (3) grund plöjning till 12-15 cm djup. Försöken ska ligga under tre år och mätningarna utfördes det första året försöken fanns. På Ultuna har ett långliggande försök undersökts där liknande led ingick.

I försöket samlades värden in för olika egenskaper som kan visa på skillnader mellan de olika bearbetningsmetoderna. Parametrar som undersöktes var penetrationsmotstånd, genomsläpplighet, klorofyllhalt, rotutveckling, dagmaskförekomst och skörd.

Tydliga ledskillnader fanns för de undersökta egenskaperna mellan leden. För penetrationsmotståndet, som kan ge en bild av rotmotståndet, syntes den djupare luckringen med plogen. I mullsådda led var motståndet större i samtliga försök jämfört med plöjda. Mullsådda led hade ett mer kompakt övre matjordslager p.g.a. utebliven luckring. På 5-10 cm djup skiljde sig kurvorna för motstånd mellan mullsådda och plöjda rutor. På Väby syns också skillnaden mellan djupt och grunt plöjda led tydligt. Penetrationsmotståndet ökade för grund plöjning på ca 12 cm medan djup plöjning fortsatte på samma låga nivå ner till ca 20 cm. Också på Ultuna var motståndet lägst i plöjt led.

Genomsläppligheten undersöktes i Skåne och Halland. Resultaten visar att utebliven luckring påverkade genomsläppligheten som var lägre på djupet 15-20 cm i mullsådda led. I samtliga försök fick genomsläppligheten de högsta värdena i djupt plöjda led. Samtliga led hade dock mycket god genomsläpplighet med höga värden.

För att se hur rotutvecklingen påverkades togs jordcylindrar ut på 10-20 cm djup i höstvetet på Väby och Charlottenlund. Trenden var tydlig. Färre rötter hade utvecklats på detta djupet i mullsådda led med signifikanta skillnader på Charlottenlund.

En stor del av detta arbete behandlade hur dagmasken påverkas av olika bearbetning. Två arter var vanligt förekommande: stor dagmask och åkerdagmask. Generellt visar resultaten att dagmask missgynnas av djupt plöjda led då maskgångar och halmrester försvinner. Åkerdagmask fanns i signifikant lägre antal i plöjda led på Väby, detsamma gällde för stor dagmask på Charlottenlund. Indelning i köns mogna och icke köns mogna dagmaskar indikerar hur återväxten ser ut. Resultaten är osäkra men pekar på något fler icke köns mogna maskar i plöjda led där populationen återhämtar sig efter bearbetningen. Indelning beroende på vilket djup maskarna befann sig på visar på hur artena lever. Fler åkerdagmaskar hittades i övre matjordslagret medan ett större antal av stor dagmask fanns i skiktet 10-20 cm.

Skörderesultaten visade på små skillnader. I Skåne gav de plöjda leden högst skörd både i spannmål och sockerbetor. I Halland var mönstret ej lika tydligt men plöjda led hade lite högre skörd utom för höstvetete. Skördevariationen var dock stor och ledskillnaderna var inte statistiskt signifikanta.

3. Summary

To make the tillage more effective many Swedish farmers abandon the mouldboard plough and use reduced tillage systems. A change in soil, both physical and biological, occurs when the tillage system is changed.

This study have investigated how the infiltration, penetration resistance, root development and earthworm population were influenced by different tillage systems. The different treatments of the experiments were (1) ploughless tillage, (2) conventional tillage with a mouldboard plough to a depth of 20 cm and (3) shallow mouldboard ploughing to 15 cm. Seven field experiments were carried out at two places in southern Sweden, four in Väby in Halland with sandy soils, three at Charlottenlund on loam soils, in different crops. One experiment on a clay soil in Uppsala was also investigated.

Measurements with penetrometer were done in the spring in each of the plots in all experiments. The infiltration measurements were done with rings in the beginning of June in six of the experiments in southern Sweden. The number and weight of earthworms were determined by digging in the experiment at Ultuna and one at Väby, and the formalin method was used in one experiment at Charlottenlund. Root development was determined in one experiment at Väby and one at Charlottenlund. Soil cores were sampled at 10-20 cm depth and in the laboratory, the soil was rinsed away and the amount of roots were determined.

The results for penetration resistance showed that ploughless tillage makes the soil more compact when the loosening is absent. In ploughless tillage the resistance was higher than for mouldboard ploughing in the layer 10 to 20 cm. The resistance differed already at a depth of 5 cm, showing that the loosening in the ploughless treatment was very shallow. The lower resistance in mouldboard ploughed soil reached deepest for the greatest ploughing depth.

At Charlottenlund, the amount of roots was approximately half in the ploughless tillage compared to the conventional ploughing treatment. At Väby there were only small differences in root growth between treatments.

The deep ploughed treatments had the highest rate of infiltration. However, the infiltration rates were high and should not be detrimental to crop growth in any treatment.

A great part in this study dealt with earthworms and how tillage effects the population. Mainly two species were found in the experiments, *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa*. Generally you can say that both species were inhibited in the treatments with deep ploughing. The *L. terrestris* was more inhibited than *A. caliginosa*. The reason for this may be that *L. terrestris* belong to the deep digging earthworms while *A. caliginosa* mainly lives in the topsoil. Deep tillage destroys the deep digging earthworm's burrows and decrease the population. Furthermore the straw is absent on the surface in mouldboard ploughed systems. The deep digging species are favoured by getting their food on the surface.

Differences in yield were not statistically significant. There was a tendency for lower yield in sugar beets grown with ploughless tillage ($p=0,08$). The reason may be the absence of loosening.

In conclusion, the tillage system had a clear effect on almost all properties studied. The soil was clearly more compacted in the ploughless tillage treatment. Infiltration rates were still sufficient in all treatments. Earthworms populations were greater in the unploughed soil. Increased mechanical resistance decreased root growth at Charlottenlund which may have affected yield negatively, especially for sugar beets.

4. Bakgrund

4.1 Markens penetrationsmotstånd och skrymdensitet

4.1.1 Definition av penetrationsmotstånd och skrymdensitet

Penetrationsmotstånd och skrymdensitet är två begrepp som används då ett fälts markegenskaper ska beskrivas. Jordens skrymdensitet (volymvikt) säger hur packad den är och är direkt kopplad till jordens porositet. Vid packning ökar jordens skrymdensitet och vid luckring minskar den. Definitionen på packning av en jord är en ökning av skrymdensiteten då markens porer har pressats samman.

Med ökad packning ökar samtidigt jordens hållfasthet och kraften för genomträngning. Penetrationsmotstånd är den kraft som behövs för att trycka ner en metallstav i marken (Håkansson, 2000). Vid genomträngning av jorden måste marken deformeras. Den kraft som behövs varierar beroende på olika jordar och bearbetningar. Marken kan antingen packas p.g.a trafik av hjul eller under det redskap som bearbetar (Brady m.fl., 1999).

4.1.2 Påverkan av maskiner och redskap

Penetrometer är ett lätt sätt att mäta markens motstånd och hållfasthet. Värdena ger en uppfattning om hur tät en jord är och hur lätt det är för rötter att växa igenom. Värdena från penetrometern kan dock inte direkt översättas till rötternas motstånd. Anledningen är att penetrometern trycks rakt ner medan rötterna växer mer krokigt ner i marken. Ibland följer rötterna maskgångar med mycket litet motstånd och då motståndet blir för stort kan de vika av och söka nya passager. Det finns en hel del försök som visar att rottillväxten minskar då motståndet i marken är för stort (Håkansson, 2000).

Förtätade skikt undersöks ofta avseende genomsläpplighet men en del penetrometermätningar har gjorts för att se hur tät en mark är och hur den påverkats av olika bearbetningar. Just detta visade Birkás m.fl. (2004). Efter tre år med samma bearbetning kunde de visa på förtätade skikt under redskapets bearbetningsdjup. Denna förtätning hade ofta en utsmetad yta och avsaknaden av porer hämmade rötter och vatteninfiltration.

Även Brandhuber m.fl. visade 2004 på liknande skikt i marken som var orsakade av olika bearbetningsredskap. Penetrationsmotstånd mättes i marken efter att olika bearbetningar hade skett. Olika jordar och bearbetningsredskap fanns med i försöket. I de rutorna som hade lättare jord hade förtätningarna blivit störst. På de lite styvare jordarna fanns också en antydning till förtätning men inte lika stark som i den lättare jorden.

4.1.3 Påverkan av bearbetningssystem

Bearbetning på olika djup påverkar markens volymförhållanden. Obearbetad jord under bearbetningsdjup har en högre densitet jämfört med den bearbetade jorden. Rydberg (1987) visade att skiktet 10-15 cm var tätare precis under grunt bearbetningsdjup. Det som skiljde var andelen luftfyllda porer som var lägre vid utebliven luckring.

Försök har gjorts där plogdjupet har minskats från 20-25 cm till 10 cm. Motståndet i marken ökade signifikant på djupet 15-40 cm där ingen luckring skedde. Den gamla trafiksulan påverkades dock inte utan hade samma densitet som tidigare (Rasmussen, 1999).

Trafiksulan undersöktes av Düring m.fl. (1999). De visade att en tydlig ökning i motståndet fanns i plöjda led vid 25-30 cm djup, strax under plogdjup. Denna förtätning fanns inte vid direktsådd.

4.1.4 Påverkan av mullhalten

Düring m.fl. (1999) såg också att mullhalten påverkades av vilket bearbetningssystem som användes. Densiteten på jorden i ytan skiljde sig mellan konventionell plöjning och direktsådd. De översta 3 cm av jorden hade signifikant lägre densitet i obearbetade system. Orsaken var att en bearbetning späder ut det organiska materialet i en större volym jord. Vid direktsådd blandas mullen endast ut i det översta lagret och halten blir högre.

4.2 Genomsläpplighet

Genom att mäta genomsläppligheten i olika bearbetningssystem kan skillnader undersökas. I Kanada 2004 gjordes ett försök där grund bearbetning jämfördes med direktsådd. Bearbetningen gjordes med rotorharv till ca 10 cm och undersökningarna utfördes under sex år. För att se hur det organiska materialet påverkade, togs det bort i vissa led, i både led med bearbetning och direktsådd. Infiltrationsringarna som användes placerades på 10 cm djup. Infiltrationen var högre i de bearbetade systemen och där skörderesterna togs bort var infiltrationen lägre. Orsaken kan vara att struktur och maskar missgynnas (Baldev, 2004).

Kus` m.fl. undersökte 2005 hur infiltrationen från ytan till 14 cm skiljde sig mellan bearbetningsled. Försöksleden var konventionell plöjning (20 cm), grund bearbetning (5 cm) och direktsådd. Vid försöket användes infiltrationsringar och det utfördes på hösten direkt efter skörd. Resultatet visade att infiltrationen gick fortast i plöjda led följt av grund bearbetning. Mest långsamt gick det i det direktsådda ledet.

För att jämföra olika jordar finns det en klassindelning för vattengenomsläpplighet utvecklad av Thomasson (1975).

| Genomsläpplighet (cm/min) | Klassning | Dränerings-effekt |
|---------------------------|----------------------|-------------------|
| Mindre än 0,007 | Låg eller mycket låg | Svag |
| 0,007-0,02 | Medelgod | God |
| 0,02-0,07 | Hög | God |
| 0,07-0,7 | Mycket hög | God |
| Mer än 0,7 | Extremt hög | Mycket god |

4.3 Rotutveckling

4.3.1 Funktion och tillväxt

Rötternas främsta uppgift är att förankra växten i jorden, ta upp vatten och näring samt att vara ett lagringsorgan för bienna och perenna arter (Fogelfors, 2001). För att dessa uppgifter ska fungera så är det viktigt att utvecklingen inte hämmas av olika saker. Det som kan påverka rötterna är mekaniskt motstånd, täta skikt och toxiska ämnen i marken. Av dessa betyder det mekaniska motståndet mest. Motståndet skiljer sig mellan jordarterna där motståndet är större i en lätt jord jämfört med en lerjord (Heinonen 1985).

Då rötterna växer fram i marken tar de den lättaste vägen dvs. maskgångar, porer från gamla rötter m.m. Om porerna inte är tillräckligt stora måste rötterna pressa undan jorden för att få plats. Om jorden då är för hård går det inte och utvecklingen kommer att hämmas. Vatteninnehållet i marken spelar stor roll för hur stort det mekaniska motståndet är. Blötare jord har ett lägre motstånd och kan röra sig lättare då en rot växer fram. T.ex. kan vatteninnehållet avgöra om rötterna kan växa igenom en trafiksula som är tät vid torra förhållanden (Brady m.fl., 1999).

4.3.2 Vädrets påverkan

En grödas kvot mellan ovanjordisk och underjordisk biomassa påverkas av vädret. Om det är en kall vår sker tillväxten av ovanjordisk biomassa långsamt medan rötterna inte hämmas lika mycket, grödans skott/rot kvot minskar.

Även nederbörden kan påverka hur rötterna växer. Frekvent nederbörd med en ständigt blöt matjord kan orsaka syrebrist och ge ett grunt rotsystem. Om matjorden är torr men ett rikt vattenförråd finns nere i marken utvecklas rötterna mer på djupet, om markstrukturen tillåter det (Heinonen 1985).

Är förhållandena alltför dåliga hämmas dock hela plantans utveckling och färre rötter utvecklas. En mycket torr höst kan rotutvecklingen hämmas jämfört med en höst med mer normala nederbörds mängder. En höstsådd grödas rotutveckling studerades 1958 och 1959 där den torra hösten 1959 kraftigt hämmade rötternas tillväxt. Grödan återtog aldrig det den förlorat och hade lägre rotdjup vid tidpunkten för skörd jämfört med året innan (Hallgren, 1961).

4.3.3 Bearbetning och tillväxt

Andelen rötter som utvecklas på ett djup i marken beror också på bearbetning. En jord som plöjs årligen utvecklar fler rötter i området under 10 cm medan system utan bearbetning har en större andel rötter i det övre matjordslagret. Lättare jordar med större andel sand har ett större behov av luckring för att rötterna ska kunna växa obehindrat (Beaton m.fl., 2005).

1987 gjordes studier på tre platser i Uppland där rotutvecklingen undersöktes mellan plogfri och plöjd åker. Slutsatsen blev att rottillväxten genomgående hade hämmats i det centrala matjordslagret vid plogfri odling. Anledningen var att det mekaniska motståndet var större vid utebliven luckring. På platser där jordarten var lättare var effekterna med mindre rötter större. På samma vis var det också sämre rottillväxt precis under plogdjup i alla plöjda led (Rydberg, 1987).

Liknande försök gjordes av Chen m.fl. (2005) där rottillväxten undersöktes mellan olika bearbetningar. Här undersöktes de korta effekterna av reducerad bearbetning på täta leror i Kanada. Man såg att skiktet där konventionell djupare bearbetning hade luckrat fanns fler utvecklade rötter i sidled jämfört med icke bearbetad åker. Den totala längden på rötterna som växte lateralt var större.

4.4 Daggmaskar

4.4.1 Arter i Sverige

I Sverige finns det 14 kända arter av daggmask men det är främst fyra som är vanligt förekommande i jordbruket. De maskar som är vanliga på jordbruksmark är lång daggmask, *Aporrectodea longa*, åkerdaggmask, *A. caliginosa*, rosa daggmask, *A. rosea* och stor daggmask, *Lumbricus terrestris* (Lofs, 1991). Arterna som berörs nedan är i första hand dessa fyra vanligt förekommande på åkern.

4.4.2 Krav på livsmiljö

Tillgången på mask på åkern styrs mycket av hur marken ser ut, fysiskt och kemiskt. De olika arterna av mask har liknande krav på miljön, där många olika faktorer påverkar. Jordens fuktighet, textur, pH och organiskt material som är födan bestämmer om livsmiljön är bra eller dålig. Om dessa egenskaper förändras, ökar eller minskar förekomsten av daggmask i jorden.

Daggmaskarna är verksamma vid temperaturer över 6°C, om fuktigheten är tillräcklig. Marktemperaturer över 30°C är skadliga och vid torra och kalla somrar har man sett att antalet maskar kan minska mycket. Den troliga orsaken är att aktiviteten är låg och uppförökningen går mer långsamt.

Undersökningar i Danmark visar att en del maskar gräver ner sig på frostfritt djup, 40-70 cm, för att övervintra. Denna årliga vandring då ett antal maskar går på djupet är av stor betydelse för markens bördighet. Porer skapas som påverkar växtrötter och markens luftutbyte (Andersen, 1997).

Det finns även en annan möjlighet att skydda sig mot köld och övervintra. Genom att minska blodvolymen och öka jonkoncentrationen i kroppen kan maskar övervintra i frusen mark nära markytan. Det är framförallt arter av *Lumbricus* som har denna egenskap (Lee 1985).

Vid torra markförhållanden går maskarna också djupare eller går de i dvala, diapaus, då maskarna kräver 100 % luftfuktighet för att inte torka ut och dö. Vid diapaus bildar

masken en kammare som den täcker med skyddande sekret som hindrar uttorkning. Här rullar den ihop sig och väntar på att klimatet åter ska bli gynnsamt (Andersen, 1997).

Tillgången på organiskt material som mat har också stor betydelse för antalet daggmaskar i ett fält. Butt och Lowe undersökte 2002 i laboratorium hur organisk gödsel påverkade tillväxten på främst stor och lång daggmask. De visar att båda maskarnas populationsstorlek ökade kraftigt då stallgödsel tillfördes. Intressant var också att tillväxten var större då gödseln lades ut på ytan utan att blandas ner i jorden. För att ta reda på om skillnaderna berodde på störningen från inblandningen eller om maskarna gynnas av naturligt födosök på markytan gjordes ett annat försök med stor daggmask. Där visades betydelsen av att gödseln placeras på ytan utan störning. Gödseln placerades på tre olika djup, 0 cm, 3 cm och 8 cm utan att bearbeta jorden. Tillväxten i maskens biomassa var störst där masken kunde hämta maten från ytan.

I en undersökning av sambandet mellan det organiska materialet och masktillgången i fält gjordes i långliggande försök på tre platser i Skåne. Försöken har legat sedan 1951 (två st.) respektive 1959 med tre olika behandlingar. Skörderesterna har tagits bort, eldats upp eller bearbetats ner. Rapporten visar att biomassan av maskarna var lägst i de rutor där det organiska materialet bränts upp. Försöket visar också att växtföljden har betydelse. Mest mask hittades i växtföljden där vall och stallgödsel återkom regelbundet, maskens förekomst är styrd av tillgången på mat. (Larsson m.fl. 2005).

De flesta daggmaskarna kan inte leva i marker med pH under 6. Det är främst maskar av släktet *Lumbricus*, t.ex. stor daggmask som kan leva på lägre pH. Blir pH lägre än 5 klarar den dock inte av att behålla sin saltbalans och den dör. Andra daggmaskar är känsligare och vill helst ha neutral eller svagt basisk jord för att trivas. Detta är en av anledningarna till att det under det översta jordlagret i en granskog finns mycket icke omsatt material, s.k. mår (Andersen, 1997).

4.4.3 Livscykel

Daggmaskar är s.k. hermafroditer vilket betyder att de både har hanligt och honligt könsorgan. Parning sker dock ändå, i de flesta fall, mellan två daggmaskar. Fortplantningen består av två delar där de båda maskarna först fungerar som hanar. Maskarna finner varandra och lägger sig med buksidorna mot varandra. Sädsvätska pressas ut vid gördeln som för övrigt visar att masken är köns mogen. Vätskan från den andra masken lagras i sädessäckar och sedan återvänder de till sina gångar. Den stora daggmasken parar sig alltid uppe på markytan efter ett regn och ofta i skydd av mörker. För övriga arter sker arternas parningen under mark. Rosa daggmask kan också fortplanta sig utan partner, s.k. jungfrufödelse. Den honliga fasen börjar med att det runt gördeln utvecklas näringsvätska som bildar ett lager. Lagret som innehåller ägg växer och arbetas bakåt. När den passerar sädessäckarna pressas sädsvätskan ut och befruktning sker. Ägget fortsätter bakåt och lämnas i marken som en färdigbildad kokong (Andersen, 1997). Lång daggmask kan lägga 3-13 kokonger per år medan maskar som lever mer ytligt lägger 25-26 per år. Ju längre upp i ytan de lever ju fler kokonger bildas pga lägre

överlevnad med fler skadliga faktorer som torka och predatorer. Faktorer som påverkar antalet kokonger är tillgång på organiskt material. Tiden då de läggs bestäms av marktemperaturen och den bestämmer även när kokongen kläcks. För rosa daggmask är den kortaste tiden 1,5 månad med optimala förhållanden men om kokongen läggs sent på hösten kan det dröja 8 månader innan den kläcks. Inom ca ett år blir maskarna åter könsmogna och kan reproducera sig. Livslängden är svår att sätta om men inte mer än 2 år i fält, medan livslängden i laboratorium har visat att maskar kan leva upp till 10 år (Lee, 1985).

4.4.4 Effekter av daggmasken på jorden

Daggmaskar är de markdjur som utgör den största biomassan i odlad jord och har stor betydelse för nedbrytningsprocessen i marken (Fogelfors, 2001). Hur de påverkar jorden kan sammanfattas i fem punkter (Pitkänen, 1993).

1. Kväverikt slem lämnas längs maskgångarna.
2. Slem från masken förstärker aggregaten och förbättrar markstruktur
3. Maskgångar påverkar infiltration och näringstransport i profilen
4. Grödans rotgenomträngning blir djupare
5. Stora mängder skörderester blandas ner i marken.

Alla arter rör sig inte i samma mönster i marken, deras gångsystem ser olika ut. Det är främst stor och lång daggmask som skapar de vertikala gångarna som är viktiga för näring, luft och vattentransport. För stor daggmask kan gången bli upp till fyra meter djup medan lång daggmask inte gräver lika djupt, ca 1 meter. Maskarna gräver en ensam permanent djupgående gång där de transporterar ner organiskt material. Gången ger även skydd mot väderförändringar. I det övre jordlagret, där födosöket sker, ser det lite olika ut, där gångsystemet förgrenar sig mer hos lång daggmask jämfört med stor daggmask. Dessa arter transporterar och lämnar nästan hela sitt näringsrika avfall på markytan i form av små högar. De övriga arterna gör inte på detta sätt utan lämnar avfallet nere i marken. Avfallshögar som bildas är mycket näringsrika. Övriga vanliga maskar i åkermark, rosa daggmask och åkerdaggmask, gräver mest horisontella gångar i det övre jordlagret och endast vertikala då väderbetingelserna gör det nödvändigt (Anderssen, 1997).

Ett arbete av Bouché och Al-Addan (1996) undersökte hur sambanden såg ut mellan masktillgången, gångsystemets omfattning och infiltrationen. Där visades signifikanta positiva samband mellan maskens biomassa och vattenledande förmågan i marken ($r = 0,975$). Antal sidogångar och längden på gångarna påverkade också genomsläppligheten. Med dessa makroporer kommer också fördelen med luftutbytet och enklare rotutveckling.

4.4.5 Daggmask och bearbetning

Åkern som daggmaskens livsmiljö är speciell. Intensiv odling med mycket skörderester på en kort tid och inget markskydd på vintern som gör att tjälen kan bli djup påverkar. Användningen av pesticider och årlig bearbetning av marken stör och förstör maskar och

gångssystem. Många försök har gjorts inom ämnet där sambanden mellan bearbetning och maskförekomst har undersökts.

Düring m.fl. (1999) gjorde en sammanfattning av långliggande försök i Tyskland där konventionell odling med plöjning (25 cm) har jämförts med plogfri odling. Maskförekomsten bedömdes efter antalet synliga maskgångar ≥ 1 mm på olika djup. På djupet under 10 cm fanns det betydligt mindre maskaktivitet i plöjda led. Här har de djupgrävande maskarna störts så mycket att antalet minskat. I det övre jordlagret fanns det ingen signifikant skillnad i maskförekomst.

Liknande resultat visar Rasmussen (1999) där det framförallt är stor daggmask som förekommer i större omfattning i oplöjda försöksrutor. Olika arter påverkas alltså olika beroende av vilken bearbetning som sker. Det är de djupgrävande daggmaskarna som missgynnas mest vid bearbetning.

Nuutinen och Pitkänen (1997) kopplade ihop betydelsen av djupgrävande maskar för vattnets rörelse med bearbetningen. Vattnet rörde sig lika i marken mellan de olika bearbetningarna, höstplöjt och grund höstbearbetning. Det som var gemensamt i försöksrutorna, där maskarna räknades och artbestämdes, var att de djupgrävande arterna som stor och lång daggmask var få. Den dominerande arten i försöket var åkerdaggmask och den verkade inte ha någon effekt på infiltrationen. För struktur och genomsläpplighet verkar det alltså vara två arter som är viktiga i åkermark, stor och lång daggmask.

En av anledningarna till att mer djupgrävande mask fanns i reducerade system förklaras av Kladivo (2001). Förutom att störningen är mindre vid grundare bearbetning skapar skörderester på ytan bättre levnadsförutsättningar. Tidigare har det visats att djupgrävande maskar helst hämtar sin föda på ytan men även perioden som maskarna kan vara aktiva ökar. Senare upptorkning av fälten på våren med skörderester som avdunstningsskydd gör att maskarna kan vara aktiva en längre tid på året. Även tiden på hösten förlängs då temperaturen sjunker mer långsamt i marken. Maskarna hinner gräva ner sig och gå i vintervila innan tjälen går på djupet.

Skulle masken skadas vid bearbetningen finns det en möjlighet att såret läker och den kan leva vidare. Det beror på vilket segment som går av och vilken del som avlägsnas, fram eller bakdel. Förloras en del av bakkdelen finns det stor chans att masken överlever. Masken rullar ihop sig och går i dvala medan såret läker och växer ut. Framdelen tål inte alls liknande skador men kan läka om en liten del avlägsnas. Skulle området som innehåller könsorganet och mage skadas överlever inte masken. Såret kan dock läka men masken dör när näringsreserverna är slut (Andersen 1997).

Hur stora skadorna blir som uppkommer av bearbetning beror mycket på vilket redskap som använts och hur många överfarter som sker. Konventionell plöjning har visat sig vara ganska skonsam mot maskarna. Vid plöjning kommer ca 5-10 % av maskarnas biomassa upp till ytan, blottade för predatorer. Ungefär 25 % av dessa är dödligt skadade av bearbetningen och överlever inte. Rotormaskiner orsakar en betydligt större dödlighet

på 60-70 %. Återväxten är relativt snabb om ingen ny berbetning sker. Inom ett år kan populationen vara återställd (Edwards, 1998).

De förtätningar som bildas i marken vid bearbetning är inget större problem för stor och lång dagmask. Man har sett att dessa maskar har förmågan att gräva sig igenom tämligen täta skikt i marken. Anledningen är att maskar inte pressar sig igenom utan äter sig fram (Andersen, 1997).

5. Material och metoder

5.1 Försöksplats

5.1.1 Skåne och Halland

Hösten 2004 lades försök med reducerad bearbetning ut på två platser i södra Sverige, försöksserie R2-4051. Försöksgårdarna var Charlottenlunds gård utanför Ystad, Skåne, och Väby gård utanför Falkenberg, Halland. Dessa brukare tillämpar reducerad bearbetning eller ”mullsådd” med grund bearbetning och denna bearbetning ligger till grund för det reducerade ledet i försöken. Anledningen till att försöken ligger på två platser är att jordarna skiljer sig något med lättare jord i Halland och något styvare i Skåne. Försöken ska ligga under tre år.

Tre försök på tre olika fält fanns på Charlottenlund med följande grödor under 2005.

| | | | |
|----------|-------------|----------|-------------|
| Gröda | Malkorn | Höstvete | Sockerbetor |
| Sort | Class | Tommi | Philippa |
| Förfrukt | Sockerbetor | Malkorn | Höstvete |

På Väby gård låg fyra försök samt två länsförsök med samma plan. Två av försöken på Väby utvintrade, ett höstvetefält och ett höstrapsfält, pga sen etablering och stor nederbörd. Grödorna 2005 var följande.

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| Gröda | Höstvete | Vårkorn | Rågvete | Höstkorn |
| Sort | Harnesk | Barke | Algalo | Rolf |
| Förfrukt | Havre | Höstvete | Höstvete | Rågvete |

Odlingsåret 2005 var ett mycket torrt år i Skåne, med lägre nederbörds mängder än normalt. Det torra vädret gjorde att angreppen av svamp inte var några problem. Värst led försöket med malkorn som visade på brådmognad på vissa delar. I Halland var det inte lika torrt och inga försök led av torka. Några större svampangrepp fanns inte heller i försöken i Halland.

5.1.2 Ultuna, Uppland

Ett försök som också har ingått i undersökningen är långliggande på Ultuna, försök R2-4007. Grödan på fältet 2005 var Stork havre med förfrukt höstvetete. Försöket är långliggande och startades 1974 för att undersöka de långsiktiga effekterna i marken orsakat av olika bearbetningsdjup och bearbetningsmetoder.

5.2 Försöksplan

5.2.1 Skåne och Halland

I vaje försök ingår tre led med olika bearbetningar, mullsådd, konventionell plöjning (20 cm) och grund plöjning (12-15 cm). Försöken var randomiserade i tre block.

Led A Plöjningsfri odling (mullsådd)

Led B Plöjning (20 cm)

Led C Plöjning (12-15 cm)

Försöken har behandlats lika vad gäller sådd, gödsling och bekämpning och åtgärderna har utförts av brukaren. Bearbetningen av plöjda led har utförts av Hushållningssällskapen i Skåne respektive Halland. Bearbetningen i plöjda led är plog med tiltpackare på Väby. På Charlottenlund har plöjningen jämnats med två överfarter med tallriksredskap (Catros) eller crosskillervält. Två överfarter har gjorts innan sådd i de plogfria leden med befintliga redskap som används på gårdarna.

5.2.2 Ultuna, Uppland

I detta försök ingår fem olika led med fyra upprepningar, block. Alla led behandlas lika och det är endast bearbetningen som skiljer dem åt. Upplägget ser ut på följande vis.

Led A Plöjning varje år

Led B Plöjning vissa år, övriga år endast yttlig bearbetning

Led C Plöjning vissa år, övriga år luckring till plogdjup

Led D Aldrig plöjning, enbart yttlig bearbetning

Led E Aldrig plöjning, luckring till plogdjup

Plöjning i led B och C har inte skett de senaste tre åren. I detta försök har mätning gjorts av penetrationsmotstånd och maskförekomst.

5.3 Mätningar i försöken

5.3.1 Penetrometermätning

För att mäta motståndet i marken och illustrera rotmotståndet användes en penetrometer av märket Eijkelkamp som trycktes ner till 35 cm djup med avläsning varje cm. Konen på penetrometerutrustningen hade tvärsnittsytan 1 cm² och 30° vinkel. 15 provstick gjordes diagonalt i samtliga försöksrutor i alla grödor på Charlottenlund och 10 provstick per ruta

på Väby. Mätningarna utfördes på Charlottenlund den 6-7 maj och den 8 maj på Väby, då god markfukt fanns kvar i marken. De fall då sten påverkade provet avbröts sticket och raderades. Mätningarna på Ultuna skedde den 16 maj med 15 stick per provruta.

5.3.2 Genomsläpplighet

Infiltrationsmätningarna på Charlottenlund utfördes i försöken med höstvet och korn första veckan i juni. På Väby gjordes mätningarna i korn, höstvet, korn och höstraps andra veckan i juni.

I rutorna grävdes en hylla ut där 15 cm höga cylindrar placerades ut på 15 cm djup. Cylindrarna med diametern 15 cm slogs ner 5 cm och vatten fylldes på till en nivå 5 cm ovanför markytan.

Fyra cylindrar användes i varje ruta i vetet och två i kornet på Charlottenlund.

Cylindrarna mättades med vatten i två minuter och sedan startades mätningen. Efter fem minuter mättes hur mycket vattnet hade sjunkit. Mer vatten fylldes på för en andra mätning som gjordes efter ytterligare fem minuter. Vatten fylldes på en sista gång och mätning gjordes efter fem minuter.

På Väby användes två ringar per ruta där det gjordes tre mätningar på samma vis som ovan. Med kännedomen av tiden och hur mycket vattnet hade sjunkit kunde genomsläppligheten bestämmas i de olika leden.

5.3.3 Klorofyll

Under sommaren observerades färgskillnader mellan leden i veteförsöket på Charlottenlund. Därför gjordes en mätning av bladens klorofyllinnehåll.



Kalksalpetermätare

Mätningen gjordes även i vetet i Halland. 90 mätningar i Skåne och 60 i Halland gjordes på slumpvist utvalda blad i varje ruta i försöken med höstvet.

För mätningarna användes en kalksalpetermätare som känner av absorbansen från olika gröna blad. En ljusstråle, med speciell våglängd som absorberas av klorofyll, skickas genom bladet. Hur mycket ljus som passerar bladet talar om vilket innehåll som finns. Ju högre värde mätaren visar ju grönare är bladen (Kjellquist, 1999). Mätningarna utfördes i sen degmognad i slutet av juli då vatten och näringsupptag i grödan var avslutad.

5.3.4 Rotutveckling

För att se om det fanns någon skillnad i rotutveckling mellan bearbetningsleden togs jordcylindrar ut. Liknande hylla som för infiltrationsmätningarna grävdes på 10 cm djup. Cylindrarna slogs ner ytterligare 10 cm i marken och togs alltså ut mellan 10 och 20 cm djup. Vid detta djupet kan den oluckrade jorden i de reducerade leden undersökas. Fyra cylindrar togs i varje försöksruta i led A och B strax efter skörd i slutet av augusti. Cylindrarna togs ut i försöken med höstvetete på Väby och Charlottenlund.

Jordproverna slammades upp i avjonat vatten och hölls genom olika stora filter för att skilja på rötter och jord. Rötterna sköljdes och placerades jämnt fördelade under en scanner. Bilden bearbetades sedan i dator där den totala rotlängden för de olika leden kunde bestämmas.

5.3.5 Daggmaskar

För att se hur maskförekomsten påverkades av bearbetning har två metoder använts i försöken. Metoderna som användes var formalinmetoden och grävmetoden. Vid båda metoderna delades maskarna upp i köns mogna och icke köns mogna; adulter och juveniler. På laboratorium artbestämde maskarna.

Vid grävmetoden på Ultuna användes en 25 * 25 * 20 cm stålram som slogs ner i marken i varje försöksruta. Ramen bröts upp ur marken och jorden tömdes ut på svarta plastsäckar. På Väby användes måttband för att gräva upp rätt volym. Jorden delades upp i två djup, 0-10 cm och 10-20 cm. Därefter började räkningen då jorden bröts sönder i små delar för att finna maskarna. Maskarna könsbestämde direkt och lades i märkta burkar med vatten, för att senare artbestämmas. Grävmetoden användes på Väby och Ultuna. Led A och B undersöktes på Väby och led A, B och D Ultuna.



Grävmetoden på Väby, Halland



Maskar indelade i adult och juvenil

Vid formalinmetoden mättes en kvadrat upp på marken, 70 * 70 cm. 10 liter utspädd formalin i 5 %:ig lösning hölls jämnt över rutorna som sedan täcktes över med svart plast. Detta för att inte maskarna skulle tveka att krypa upp, då de inte tål solens ljus. Anledningen till att de kryper upp är att deras slemhinnor på huden irriteras. Maskarna sköljdes av och lades i uppmärkta plastburkar med vatten för senare artbestämning och vägning. Formalinmetoden användes i två led på Charlottenlund, led A och B. Två undersökningar gjordes i varje försöksrutaruta.



Formalin på Charlottenlund



Täckning av rutorna

5.3.6 Skörd

Försöken i Skåne och Halland skördades av Hushållningssällskapen. Vattenhalt, rymdvikt, proteinhalt och falltal analyserades. Försöket på Vipången skördades av avdelningen för jordbearbetning, SLU.

5.3.7 Allmänna observationer

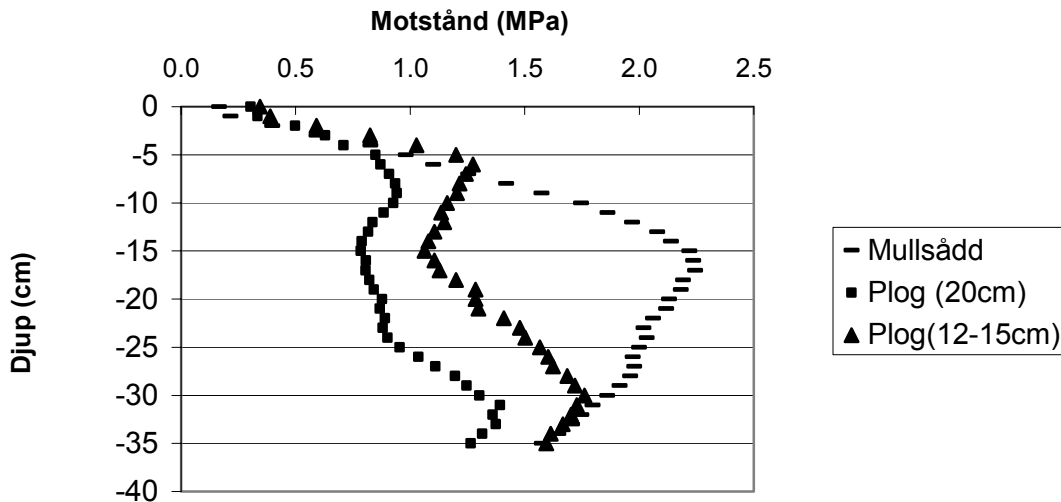
I försöken har allmänna observationer gjorts under växtsäsongen. Framst är det skillnader i ogräsförekomst och spillplantor som har studerats. För sockerbetorna har även rotform och förgrening undersökts samt storleken på sockerbetorna och hur de sluter sig.

6. Resultat

6.1 Penetrometer

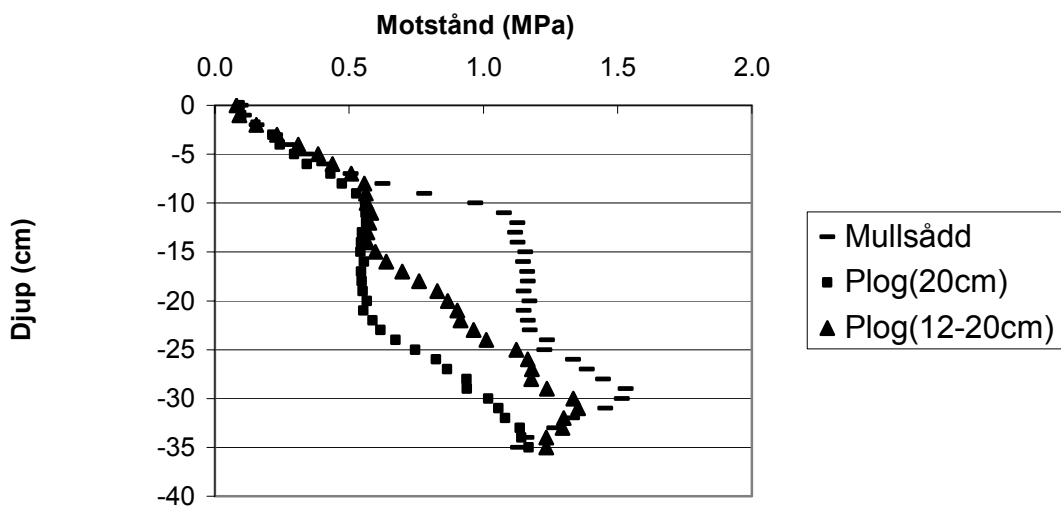
Resultatet visar hur olika bearbetningar och luckringar påverkar penetrationsmotståndet i matjordslagret. Tydliga skillnader kan urskiljas mellan de olika leden. Mullsådda led (led A) hade ett mer kompakt övre matjordslager jämfört med de två plöjda både på Charlottenlund (figur 1-3) och Väby (figur 4-7). I Väby syns skillnader mellan grundare och djupare plöjning tydligt. I kornförsöket på Charlottenlund fanns mycket sten som gjorde mätningarna svåra och resultatet något osäkert.

Figur 1 visar tydliga skillnader mellan leden med större motstånd i de obearbetade skikten. På djupet 15-25 cm fanns det signifikant lägre motstånd i plöjda led jämfört med reducerade (led A).



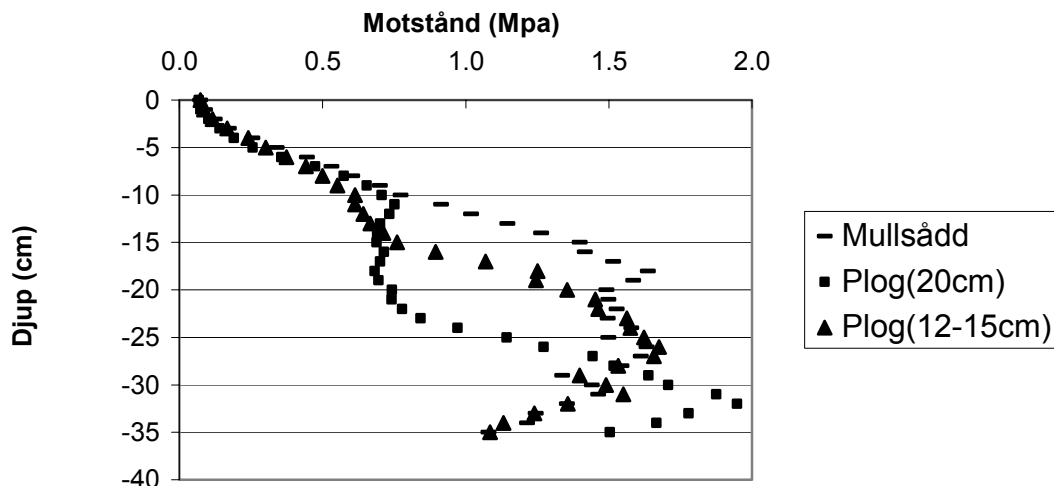
Figur 1. Penetromettermätning i höstveten i olika led på Charlottenlund.

I figur 2 syns skillnaden mellan djup och grund plöjning tydligt, led B och C. Vid 15 cm djup ökar motståndet i led C medan motståndet är samma i led B ner till ca 22 cm. Skillnaderna är signifikanta på djupet 15-25 cm mellan de plöjda leden och led A.



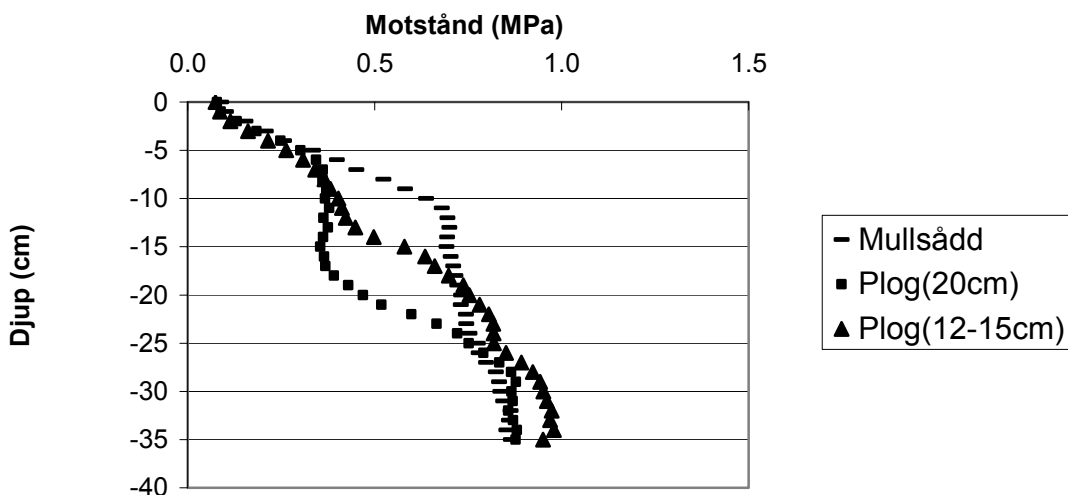
Figur 2. Penetromettermätning i sockerbetor i olika led på Charlottenlund.

Penetromettermätningen i kornet (figur 3) störcdes av mycket småsten i jorden, därav den något hackiga figuren. Vi ser ändå samma tendenser som i andra grödor med mer kompakt jord i det mulsådda ledet (led A) i de övre jordskiktet. Skillnaderna var signifikanta mellan led A och B i skiktet 20-25 cm.



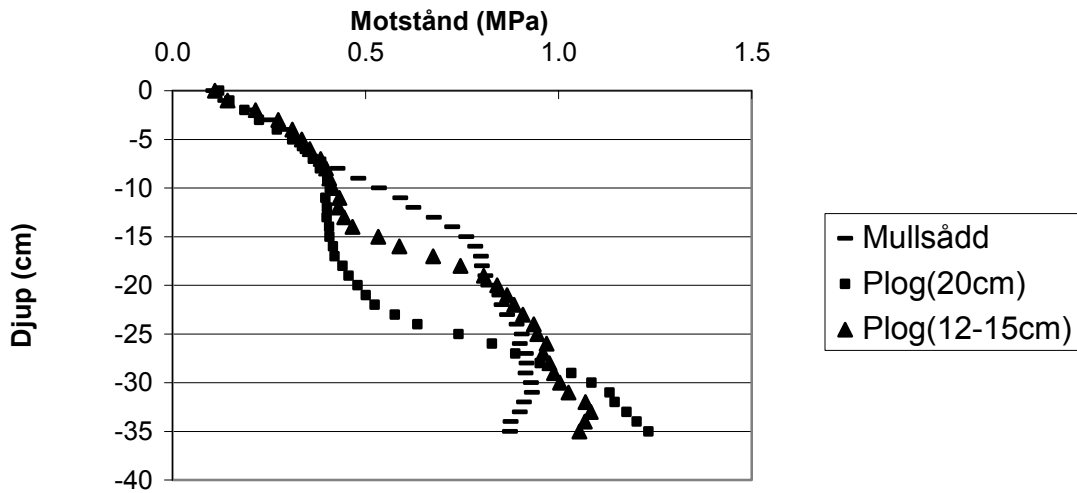
Figur 3. Penetrometermätning i vårkorn i olika led på Charlottenlund.

Penetrometermätningarna på Väby visar jämna och synliga skillnader mellan leden. I figur 4 syns också hur grund och djup plöjning, led C och B, har påverkat marken. Skillnaderna mellan led A och B var signifikanta på 12-30 cm djup. På 18-21 cm fanns signifikanta skillnader mellan led B och C.

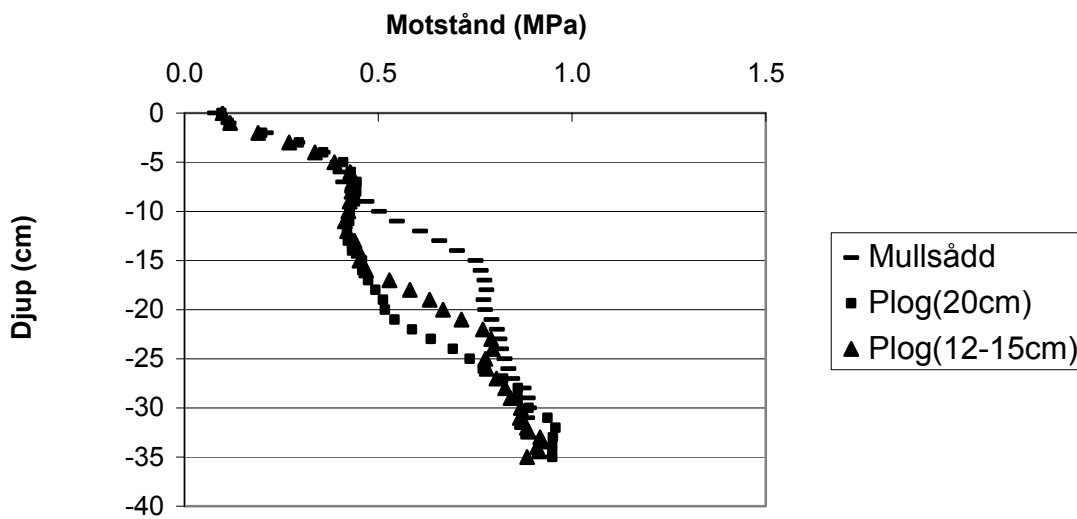


Figur 4. Penetrometermätning i vårkorn i olika led på Väby.

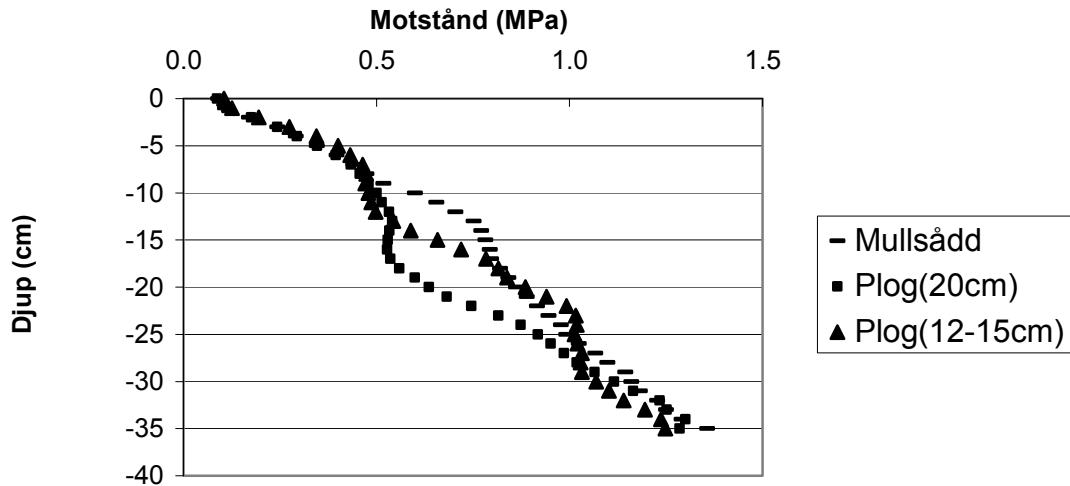
Även i höstrapsen i figur 5 syns skillnader mellan leden. För mulsådden syns det jämnt ökande motståndet ner till strax under bearbetningsdjup. Penetrationsmotståndet i höstvetet på Väby (figur 6 och 7) visar på liknande resultat och trender som övriga försök. För höstvetet fanns signifikans mellan led A och led B på djupet 17-27 cm och för höstrapsen på 17-30 cm.



Figur 5. Penetromettermätning i höstraps i olika led på Väby.

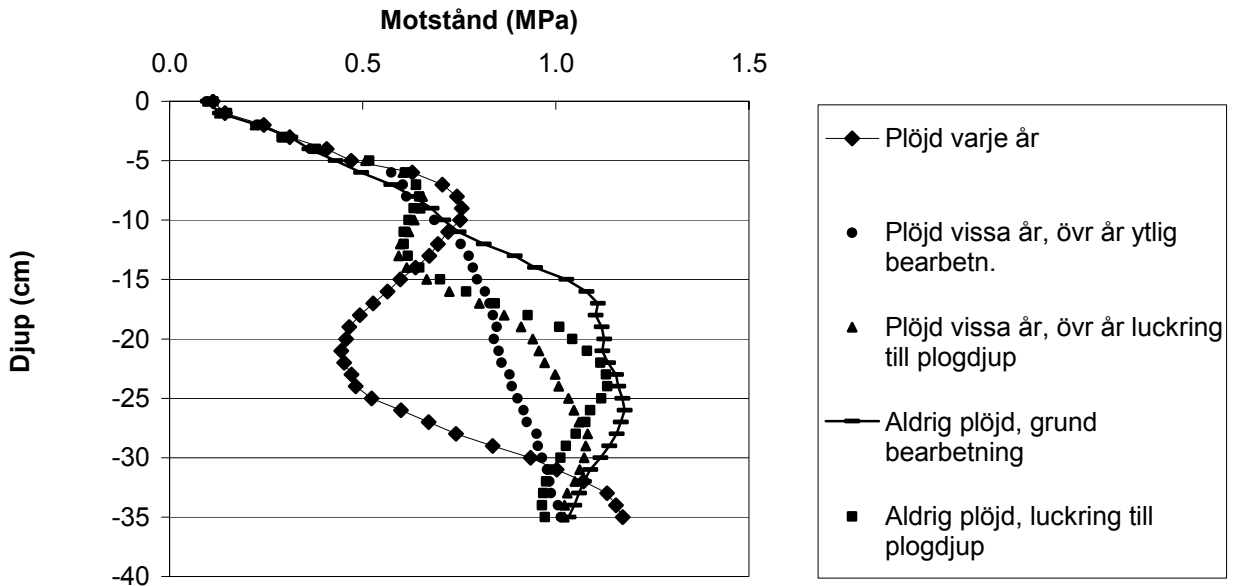


Figur 6. Penetromettermätning i höstvet i olika led på Väby.



Figur 7. Penetromettermätning i höstveten i olika led på Väby.

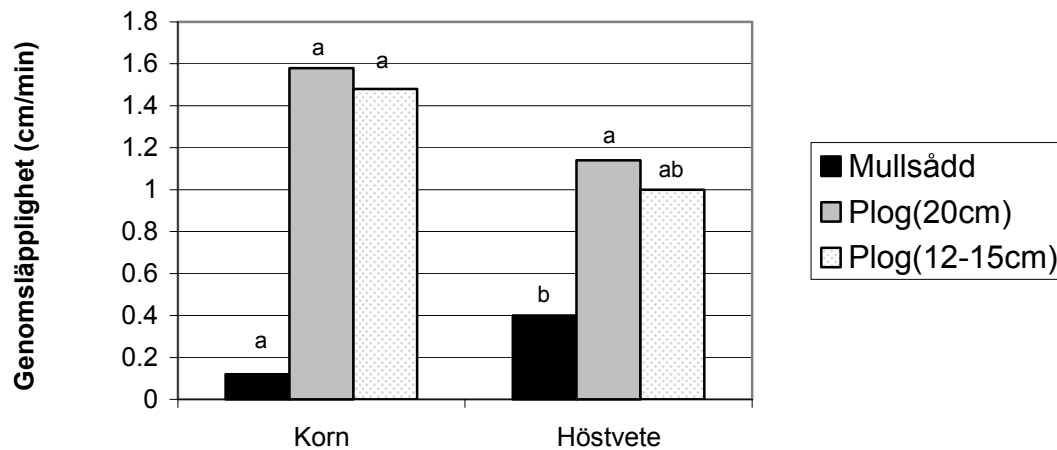
Figur 8 visar penetromettermätning i samtliga led på Vipängen, Ultuna. Led A som plöjs varje år visar lägst motstånd till största djupet. Led D som aldrig plöjs och endast har ytlig bearbetning visar på ett jämnt ökande motstånd till djupet 15 cm där det planar ut. Led E som luckras till plogdjup varje år visar ett större motstånd än led A. Skillnaderna mellan aldrig plöjt och plöjt varje år är signifikanta på 17-30 cm.



Figur 8. Penetromettermätning efter havre i olika led på Vipängen, Ultuna.

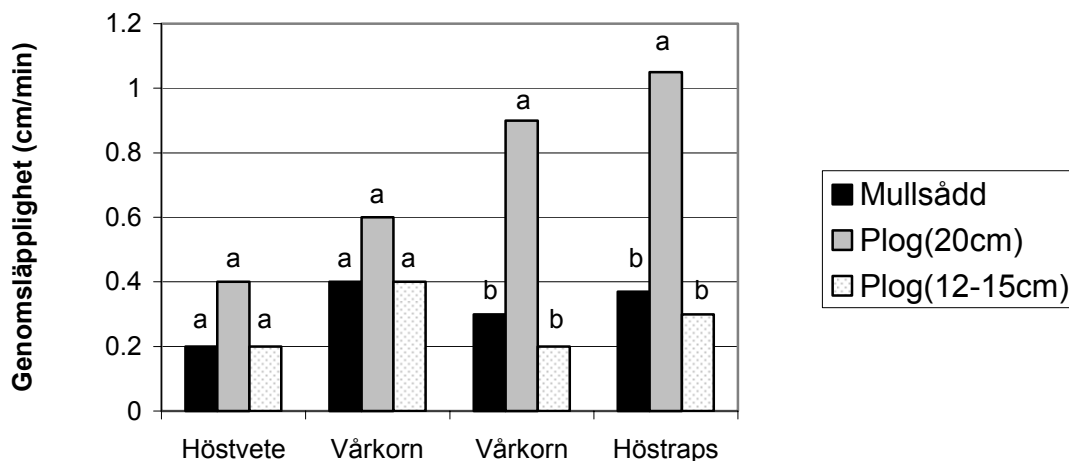
6.2 Genomsläpplighet

Genomsläppligheten på 15 cm djup skiljde sig mycket mellan de olika leden på de olika gårdarna. Mätningarna på Charlottenlund (figur 9) visar lägre infiltration i led A medan ingen större skillnad fanns mellan led B och C. Ingen luckring har skett i led A under 15 cm. Sjunkhastigheten är ändå mycket hög enligt klassindelningen i led A och extremt hög i led B och C.



Figur 9. Genomsläpplighet (cm/min) på Charlottenlund i korn och höstvetete. Staplar med lika bokstäver är inte signifikant skilda i de olika grödorna.

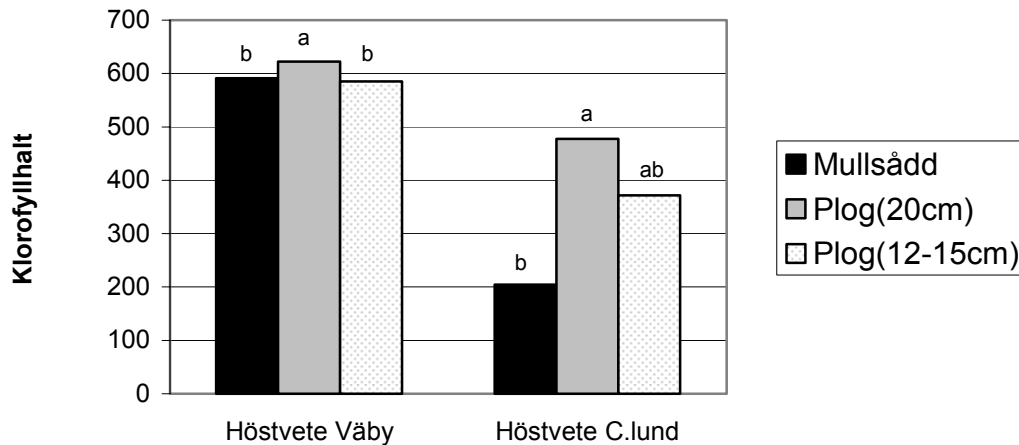
Även på Väby gav djup plöjning den största genomsläppligheten (figur 10) men skillnaden mellan A och C var inte lika stor som på Charlottenlund. Klassningen ligger i mycket hög genomsläpplighet. För led B i ett kornförsök och ett rapsförsök är klassen extremt hög.



Figur 10. Genomsläpplighet i vete, korn och raps på Väby. Staplar med lika bokstäver är inte signifikant skilda i de olika grödorna.

6.3 Klorofyll

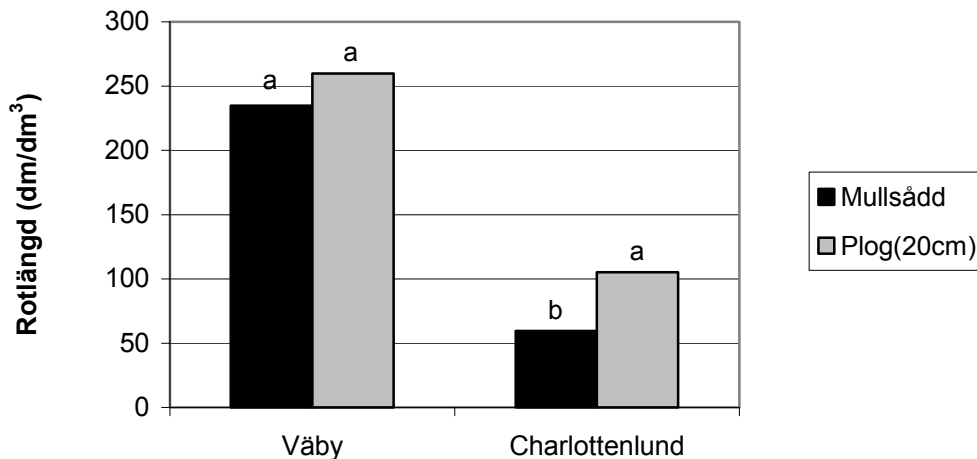
Genomgående lägre värde på klorofyllinnehållet fanns i Skåne i höstveten jämfört med Halland. Innehållet av klorofyll (figur 11) skiljde sig mellan leden speciellt på Charlottenlund. De reducerade leden visade ett lägre innehåll av klorofyll jämfört med plöjda. Led B hade den högsta halten klorofyll både på Charlottenlund och Väby. Djupare plöjning gav ett högre värde än den grundare plöjningen i led C. Skillnaderna på Charlottenlund kunde man ana med ögonen vid provtillfället.



Figur 11. Klorofyllhalt i höstveten på de olika gårdarna mellan de olika bearbetningarna. Staplar märkta med samma bokstav är inte signifikanta på de olika försöksplatserna.

6.4 Rotutveckling

Rotutvecklingen var ungefär lika för olika led på Väby. På Charlottenlund var dock skillnaderna stora och statistiskt signifikanta (figur 12). Längre rötter har utvecklats i det djupt plöjda ledet jämfört med det mulsådda. Rotlängden var generellt större på Väby med lättare jord jämfört med Charlottenlund.



Figur 12. Skillnader i rotlängd på Väby och Charlottenlund mellan olika led. Staplar med lika bokstäver är inte signifikant skilda på de olika försöksplatserna.

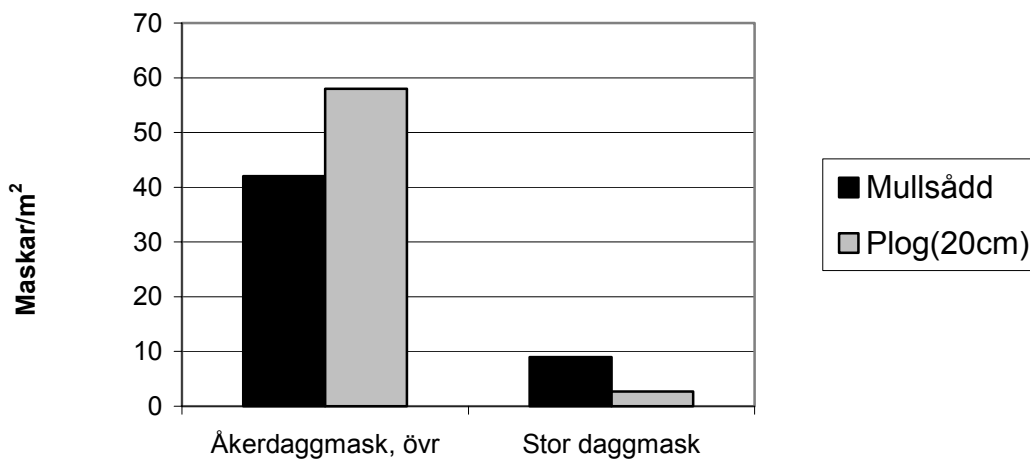
6.5 Daggmaskar

Vid samtliga maskundersökningar hittades i huvudsak två arter, åker- och stor daggmask. Lång daggmask förekom i så låg omfattning att de inte nämns i resultaten. Förekomsten av rosa mask var också låg och har slagits ihop med åkerdaggmasken i resultatet.

Vid formalinmetoden på Charlottenlund i höstvetestubb fanns rikligt med mask. Främst var det juveniler (diagram 6) från åkerdaggmask som hittades. Juvenila åkerdaggmaskar förekom i större omfattning i det plöjda ledet. Stor daggmask fanns i betydligt lägre antal än åkerdaggmask.



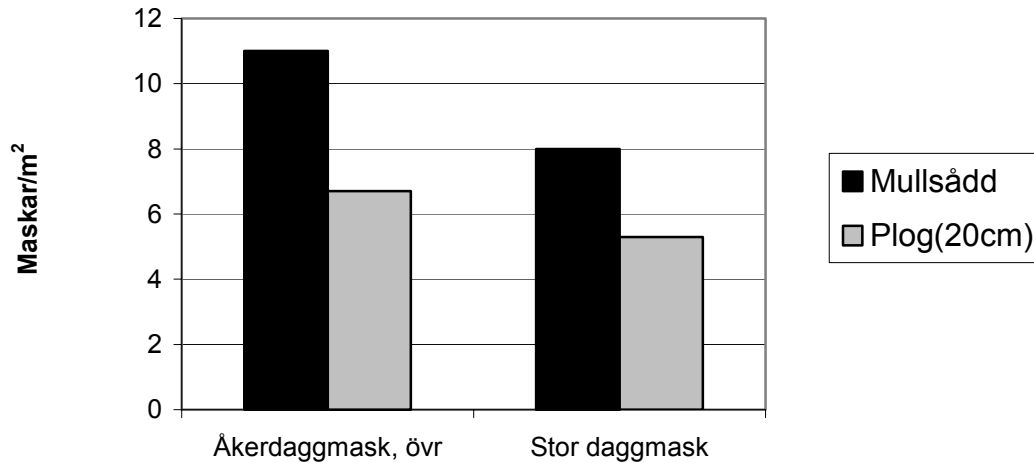
Juvenil stor daggmask med formalinmetoden.



Figur 13. Förekomsten av juvenil åkerdaggmask och stor daggmask på Charlottenlund.

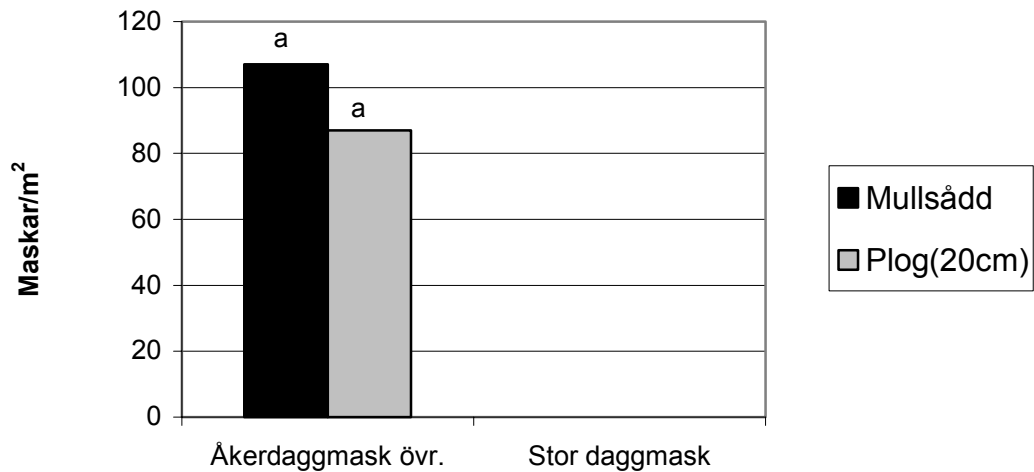
På Charlottenlund var antalet könsmogna daggmaskar större både för stor daggmask och åkerdaggmasken i led A (figur 14). Antalet daggmaskar som var adulta är dock betydligt färre än de juvenila (figur 13). Båda arterna har missgynnats och minskat i antal i led B. Detta ca ett år efter att senaste bearbetningen utfördes.

Signifikant skillnad mellan leden fanns för totala antalet av stora daggmask på Charlottenlund, dock ej för åkerdaggmasken.



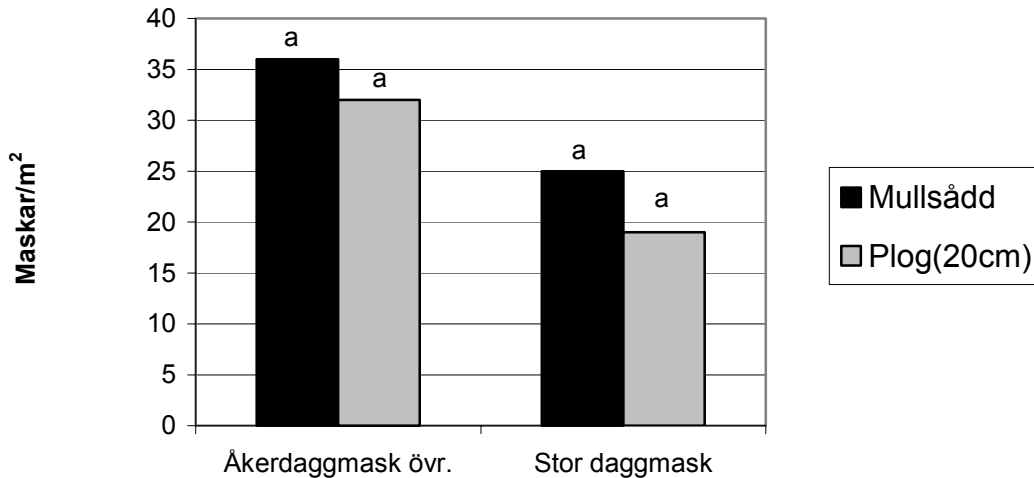
Figur 14. Förekomsten av adult åkerdaggmask och stor daggmask på Charlottenlund.

På Väby hittades inga juveniler av stor daggmask (figur 15). Åkerdaggmasken var något vanligare i led A. Signifikant skillnad fanns mellan leden för totala antalet åkerdaggmaskar. Ingen signifikans fanns för stor daggmask.



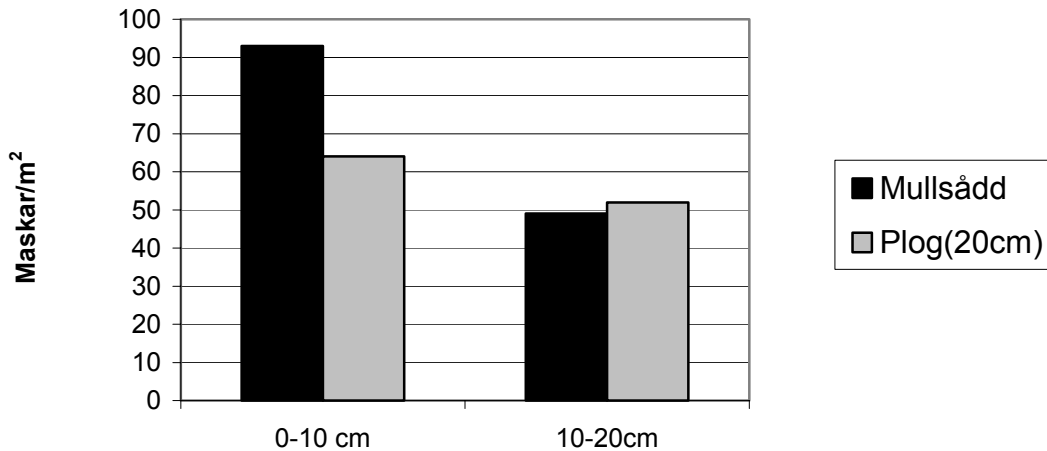
Figur 15. Förekomsten av juvenil åkerdaggmask och stor daggmask på Väby. Skillnaden mellan leden var ej signifikanta.

Adulta maskar på Väby (figur 16) var fler i reducerade led, både stor daggmask och åkerdaggmask.



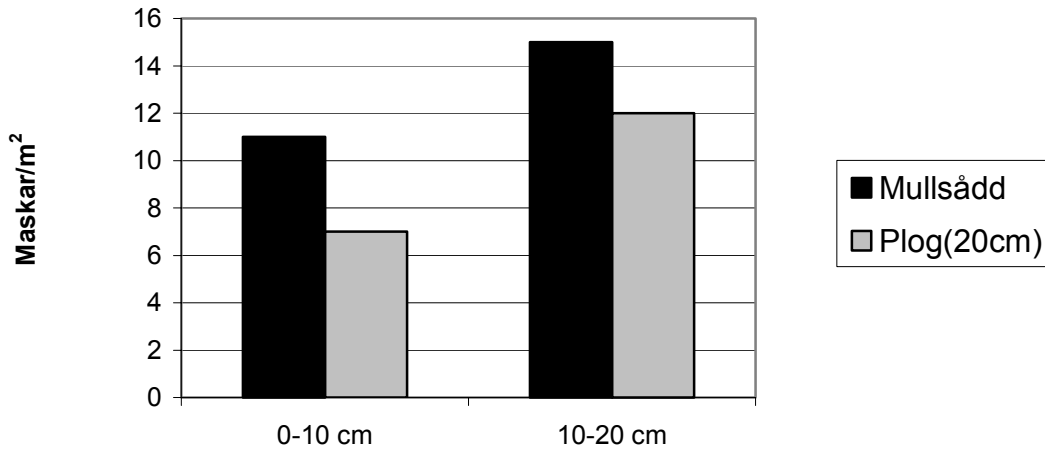
Figur 16. Förekomsten av adult åkerdaggmask och stor daggmask på Väby. Skillnaden mellan leden var ej signifikanta.

På Väby delades maskarna även in beroende på vilket djup de befann sig på. Figur 17 visar att fler åkerdaggmaskar fanns i det övre skiktet, 0-10 cm både i led A och B. Tydligast är skillnaderna i led A där skörderesterna lämnas ytligt. Figuren visar samtliga maskar, både aduler och juveniler.



Figur 17. Förekomsten av åkerdaggmask för olika djup och led med grävmetoden på Väby.

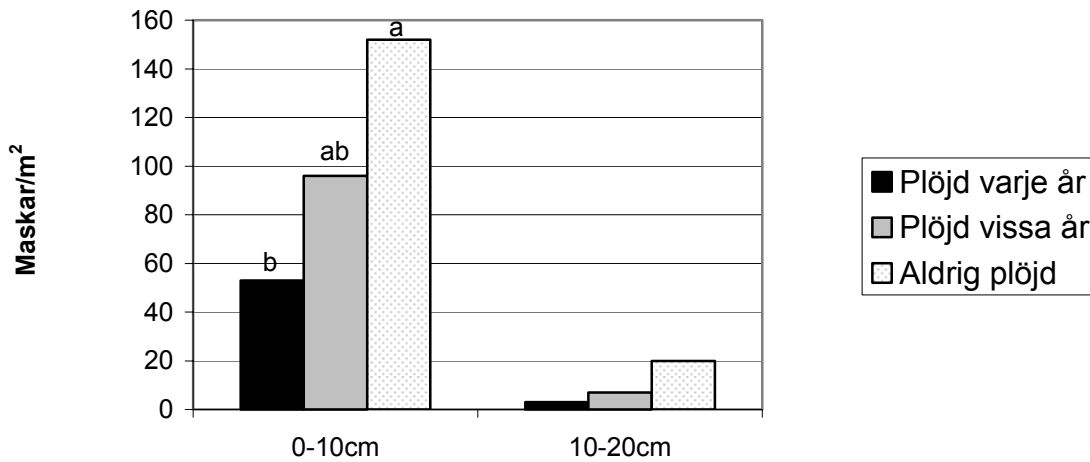
Antalet av stor daggmask var tvärt om mot åkerdaggmasken större i skiktet 10-20 cm i både led A och B (figur 18). Figuren visar samtliga maskar, både aduler och juveniler.



Figur 18. Förekomsten av stor daggmask för olika djup och led med grävmetoden på Väby.

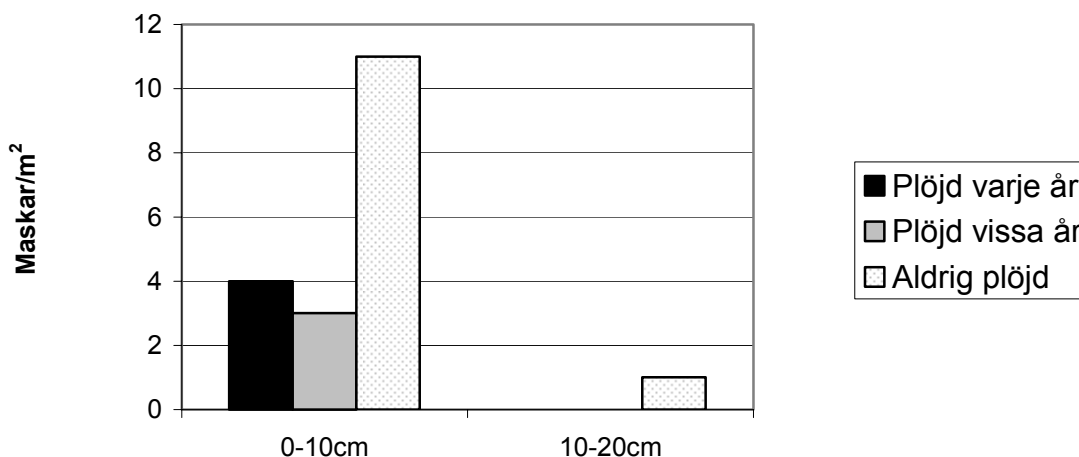
Antalet åkerdaggmaskar på Vipängen, Ultuna (figur 19) var flest i led D. Lägst var antalet i det årligt plöjda rutorna, led A. Förekomsten av mask var större i det översta lagret i samtliga undersökta led. Diagrammet visar samtliga maskar, både adulta och juveniler.

Totala antalet åkerdaggmaskar var signifikant skilda mellan aldrig plöjda led och led som var plöjda varje år.



Figur 19. Åkerdaggmask på Vipängen, Ultuna fördelat mellan led och djup. Staplar med lika bokstäver är inte signifikant skilda på de olika försöksplatserna.

Nästan inga exemplar av stor daggmask grävdes upp på Vipängen i skiktet 10-20 cm (figur 20). Endast två maskar fanns i aldrig plöjda och inga i leden som plöjs varje och vissa år. De senaste tre åren har plöjning skett i leden som plöjs ibland. I skiktet 0-10 cm fanns det flest maskar i leden som aldrig plöjts. Både adulta och juvenila maskar ingår i fiuren. För stor daggmask fanns ingen signifikant skillnad mellan leden för det totala antalet daggmaskar.



Figur 20. Stor dagmask på Vipängen, Ultuna fördelat mellan led och djup.

6.6 Skörd

På Charlottenlund (tabell 1) var skördarna av höstvet och sockerbeter störst i de djupt plöjda leden. Kornet hade lägsta skörden i led B men skillnaderna var små och ej signifikanta.

Tabell 1. Skörd på Charlottenlund, försöksserie R2-4051.

| Försöksnr. | M-800-2004 | M-802-2004 | M-801-2004 |
|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| Bearbetning | Veteskörd (kg/ha) | Kornskörd (kg/ha) | Sockerbeter (pol.sock,t/ha) |
| Led A | 9860 | 5730 | 9,2 |
| Led B | 10520 | 5540 | 10,8 |
| Led C | 10710 | 5740 | 9,7 |
| Signifikans | n.s | n.s | p=0,08 |

Skördarna på Väby (tabell 2) skiljer sig mellan leden men inget entydigt mönster kan urskiljas. Led A gav högst höstveteskörd medan den gav lägsta rågvetesörd. För de höstsådda försöken blev sådden sen och de hade ojämna bestånd på våren. Det kan förklara en del av de stora skördeskillnaderna. Skillnaderna var inte signifikanta.

Tabell 2. Skörd på Väby, försöksserie R2-4051.

| Försöksnr. | N-273-2004 | N-271-2004 | N-276-2005 | N-296-2004 |
|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| Bearbetning | Vete (kg/ha) | Korn (kg/ha) | Korn (kg/ha) | Rågvete(kg/ha) |
| Led A | 7560 | 5510 | 6020 | 5940 |
| Led B | 6850 | 5690 | 5630 | 6190 |
| Led C | 7020 | 5390 | 6090 | 6430 |
| Signifikans | n.s | n.s | n.s | n.s |

Skörden på Vipängen (tabell 3) visar på små skillnader i skörd 2005. I medeltal har leden B och E plöjs vart femte år. Medelskörd för åren 1975-2005 redovisas. Luckring med plog varje år har inte visat sig ge några skördeökningar i detta försök.

Tabell 3. Skörd på Vipängen, försöksserie R2-4007.

| Försöksnr. | CX-141-74 | 1975-2005 |
|-------------|-----------------|-----------------|
| Bearbetning | Havre (rel.tal) | Skörd (rel.tal) |
| Led A | 100 | 100 |
| Led B | 100 | 104 |
| Led C | 100 | 104 |
| Led D | 100 | 104 |
| LedE | 100 | 103 |
| Signifikans | n.s | |

6.7 Allmänna observationer

De observationer som utfördes skedde i huvudsak på Charlottenlund. I sockerbetorna observerades spillplantor av vete (figur 21) i led A. Skillnaderna mellan leden var tydliga. Ingen skillnad kunde ses mellan led B och C. Även tidpunkten då betblasten täckte gångarna mellan raderna skiljde sig (figur 22). Led A slöt sig senare och hade långsammare utveckling än de plöjda leden. Vid skörd syntes dock ingen skillnad. Okulär bedömning gjordes också av betornas rotform. Fler sidorötter hade utvecklats i led A (figur 23) jämfört med led B (figur 24). Antalet extra anlagda grenar på betorna var 2,7 i led A och 1,7 i led B.

Spillplantor observerades även i höstveteförsöket på Charlottenlund (figur 25), främst i de mullsådda leden där det fanns kornplantor. På Väby kunde svaga färgskillnader observeras i kornet mellan leden (figur 26). Led B och C hade en grönare nyans jämfört med led A.



Figur 21. Förekomst av spillplantor av höstvete i sockerbetor i led A, 19/7 2005.



Figur 22. Skillnader i blastutveckling mellan plöjda och reducerade led, 19/7 2005. Närmast i bilden led A framför led B.



Figur 23. Sockerbetor från led A.



Figur 24. Sockerbetor från led B



Figur 25. Spillplantor av korn i höstvet.



Figur 26. Mitt i bilden kan gränsen anas mellan plöjt och mullsådda led. Något mörkare nyans i plöjda rutor syns längst bort i bilden, vid pinnen. Närmast syns en ljusare nyans i rutorna med mullsådd.

7 Diskussion

7.1 Penetrationsmotstånd

Penetrationsmotståndet kan grovt jämföras med rötternas motstånd då de växer ut i marken (Håkansson, 2000). Som resultaten visar fanns det stora skillnader mellan de olika bearbetningarna. Genom att göra en luckring minskas motståndet i marken i den del som bearbetas. Med djupare bearbetning ökar volymen jord som grödans rötter lätt kan penetrera. Tillväxten av rötterna ”kostar” grödan mindre kraft i en luckrad jord. Dessa skillnader i motstånd kan tydligt mätas ca ett halvt år efter bearbetningarna.

I figurerna är det svårt att uttala sig om det finns någon trafiksula eller förtätning efter hjul och redskap. Vi kan konstatera att luckringen tydligt visar sig som skillnader i motstånd i olika led. Gemensamt för alla figurer i Skåne och Halland är den punkten då kurvorna från leden skiljer sig åt. I de övre 5 cm följer de varandra men mellan 5 och 10 cm viker kurvan från led A ifrån led B och C. En ökning i motstånd kommer alltså redan på 5 till 10 cm djup i led A.

Försöket på Ultuna är från 1974 medan gårdarna i Skåne inte har haft reducerad bearbetning lika lång tid. I figur 8 som visar långsiktiga effekter av bearbetningar på Ultuna ser vi att kurvan för aldrig plöjt (led D) liknar kurva för grund bearbetning i Skåne och Halland (led A). Marken reagerar alltså lika på bearbetningen och motståndet följer samma mönster även om bearbetningssystemen inte är lika gamla. I figuren ser vi också att plog och kultivator inte luckrar på samma sätt. Plogen ger en mer lucker profil jämfört med luckring till samma djup med kultivator. Redskapen ska arbeta på samma djup men åstakommer olika luckring. Anledningen kan vara att bearbetningen med kultivator inte blev så djup som den var avsedd att vara.

7.2 Genomsläpplighet

Att det fanns skillnad mellan led A och B när det gäller genomsläpplighet på 15 cm djup råder det ingen tvekan om. Makroporerna där vattnet leds ner verkar alltså vara fler i de

plöjda leden. Genomsläppligheten var ändå mycket god i samtliga led. Att skillnaden inte var stor mellan led B och C på Charlottenlund är svårt att förklara. På detta djupet i led C ska inte marken vara luckrad och mer påminna om genomsläppligheten i led A. På Väby var skillnaderna mellan A och C inte lika stora och så borde det även sett ut på Charlottenlund. Anledningen kan vara skillnader i bearbetningsdjup eller att mätningen skedde på större djup än planerat.

Inga större skillnader fanns mellan de olika försöksplatserna, genomsläppligheten var ungefär lika. Skillnaden i jordart mellan Skåne och Halland har inte inverkat.

7.3 Rotutveckling

På både Charlottenlund och Väby fanns det skillnader i utvecklade rötter mellan de olika bearbetningarna. I led A, i skiktet där proverna togs ut, hade ingen luckring skett.

Penetrationsmotståndet i led A visar också högre värde på detta djup jämfört med djupt plöjda led.

Det mekaniska motståndet i marken är den faktor som påverkar rotutvecklingen mest (Heinonen, 1985). Det större motståndet i led A kan förlara att grödan hade utvecklat färre rötter. Att fler rötter hade utvecklats på Väby jämfört med Charlottenlund kan bero på att torkan i Skåne gjort att marken blivit så hård att rötterna hämmades.

7.4 Klorofyll

Skillnader fanns i klorofyllhalten mellan leden, speciellt i höstvetet på Charlottenlund. På Väby var skillnaderna inte alls lika stora. Nederbörden i Halland var också större än i Skåne.

Orsaken till färgskillnaderna kan bero på lite olika saker. Svamptrycket som var mycket lågt den torra sommaren påverkade troligtvis inte avmognaden i de mullsådda leden.

Gradering gjordes och bladfläckarna var få.

Att det skulle vara skillnad i utvecklingsstadium är tänkbart, att de reducerade leden skulle ge vetet en snabbare utveckling. Det som talar emot detta är att marken är kallare på våren och det tar längre tid att värma upp marken p.g.a. skörderesterna i ytan (Lee, 1985). Långsammare upptorkning skulle tvärtom ge reducerade led eftersatt utveckling jämfört med plöjda.

En tredje orsak som kan förklara färgskillnaderna är olika stor rotmassa mellan leden, eller på vilket djup som den största delen rötter finns. Penetrationsmätningarna visade att marken blir mer tät då luckring uteblir. Kraften för att genomtränga matjorden är större i led A jämfört med B. Som Beaton m.fl. (2005) visade utvecklades fler rötter under 10 cm i djupt bearbetad mark jämfört med direktsådd där fler rötter fanns närmare ytan. Vid ett torrt år kan man tänka att vattnet inte räcker till i det övre matjordslagret och grödan löper större risk att lida av brist på vatten och näring.

7.5 Daggmaskar

Daggmask missgynnas mer av en djupare bearbetning jämfört med en grundare (Kladivo, 2001; Düring m.fl. 1999). I försöken visas liknande resultat främst på Charlottenlund där både stor daggmask och åkerdaggmasken var vanligare i reducerade led. Populationen av stora daggmask var fler båda som juvenil och adult. För åkerdaggmasken ser det lite annorlunda ut och då främst fördelningen mellan juvenil och adult. Andelen juveniler var betydligt fler i de djupt plöjda leden. Det visar att populationen är på väg att återhämta

sig efter bearbetningen ca 11 månader tidigare. Det tar ungefär 12 månader för maskarna att bli könsmogna efter det att de kläcks, beroende på markbetingelser (Lee, 1985). Maskräkningen skedde i höstvetet som plöjdes i början av september 2004 så maskarna kunde inte ha nått adult stadium. Storleksmässigt och att de är i juvenilt stadium kan stämman om uppförökningen var stor på senhösten och våren innan undersökningen skedde. De maskar som överlevt plogen har större möjlighet till att reproducera sig och mer tillgång till organiskt material.

Även på Väby var maskarna fler i reducerade led. Här delades maskarna även in beroende på vilket djup de befann sig på. Man ser att fler åkerdagmaskar fanns i det övre matjordslagret medan den stora dagmasken var vanligare på djupet 10-20 cm. Skillnaderna var tydligast för åkerdagmasken i led A där mer organiskt material lämnats i ytan. Resultatet visar på maskarnas levnadssätt med djupgående och ytligt levande maskar. I led B där marken plöjts var skillnaderna mindre mellan de olika djupen 0-10 och 10-20 cm, speciellt för åkerdagmasken. Livsbetingelserna och då framför allt det organiska materialet har brukats långt ner och maskarna flyttar djupare ner i marken.

På Vipängen ser vi liknande resultat för åkerdagmasken som var mer vanligt förekommande i det övre matjordslagret i alla led. Tydligast var det i led D som aldrig plöjts. Där maten fanns där fanns dagmasken. Från Vipängen kan vi också konstatera att både stor dagmask och åkerdagmask var vanligare i led som inte bearbetas djupt.

7.6 Skörd

De färgskillnader som syntes i höstvetet på Charlottenlund avspeglar sig i skörden med lägre skörd i led A. Dock fanns inga signifikanta skillnader i spannmålsskörd i något försök, både i Skåne, Halland eller Uppland. I sockerbetorna på Charlottenlund var det nära signifikans ($p=0,08$). Högre skörd fanns i led B där luckringen var djup. Betor i led A hade mer förgrenade rötter som tyder på större morstånd i marken. På Vipängen visade skörden 2005 inte på några skillnader. Under de 20 åren som försöket har legat har inte plöjning varje år resulterat i större skörd. Fördelarna med djupare luckring visade sig inte i detta försöket.

8 Slutsats

Bearbetningsdjupet påverkar markens egenskaper mycket. Utebliven luckring vid mullsådd orsakar ett mer kompakt matjordlager med större penetrationsmotstånd, jämfört med plöjd mark. Genomsläppligheten var större för plöjda led men var ändå mycket hög i de mullsådda. Ingen skada uppkom i försöken på grund av låg genomsläpplighet, samtliga led hade höga värden. Resultaten från maskundersökningen visade att djupare bearbetning med plog hämmar och minskar antalet dagmaskar. Det ökade motståndet i marken då djupare luckring uteblir kan även påverka rotutvecklingen. Färre rötter hade utvecklats i mullsådda led jämfört med plöjda. Den gröda som led mest av minskad luckring var sockerbetorna som gav lägre skörd och utvecklade fler sidorötter.

9 Litteraturförteckning

Al-Addan, F., & Bouché, M. B., 1996. Earthworms, water infiltration and soil stability: Some new assessments. *Soil Biology and Biochemistry* 29, 441-452.

Andersen. C., 1997 Regnorm, Natur og museum ISBN 87-89137-57-4 årgång 36 nr. 4

Baldev Singh & Malhi S.S. 2004. Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperate environment. *Soil and tillage research* 85, 2006, 142-153.

Beaton, 2005 Soil Fertility and Fertilizers 17:th ed sid. 362-371.

Chen, Y., Cavers, S., Lobb, D., Monero, F., Tessier, F., 2005. Short-term tillage effects on soil con index and plant development in a poorly drained, heavy clay soil. *Soil and tillage research* 82, 161-171.

Birkás, M., Jolankai, M., Gyuricza, C. & Percze, A. 2004. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil and tillage research* 78, 185-196.

Brady N.C. & Weil, R.R. 1999. *The Nature and Properties of Soils*. 12:th edition, Sid. 117-170. Upper Saddle River, New Jersey, USA.

Brandhuber, R., Fenner, S., Koch, H-J., Shhäfer-Landefeld, L. & Stockfisch, N. 2004. Effects of agricultural machinery with high axel load on soil properties of normally managed fields. *Soil and tillage research* 75, 75-86.

Butt, K.R., & Lowe, C. N. 2002. Influence of organic matter on earthworms production and behavior: a laboratory-based approach with applications for soil restoration. *European Journal of Soil Biology* 38, 173-173.

Düring, R.-A. & Tebrügge, F. 1999. Reduced tillage intensity- a review of results from long-term study in Germany. *Soil and tillage research*, 53, 15-28.

Edwards, C. A., 1998. *Earthworms Ecology*, sid. 50-57. St. Lucie Press, Washington DC, USA.

Fogelfors, H., (red). 2001. *Växtproduktion i lantbruket*. Borås. Natur och Kultur/LTs förlag.

Hallgren, G. Red. 1961. Om sambandet mellan markstruktur, rotutveckling och upptorkningsförlopp. *Tidskrift för jordbrukets rationalisering genom grundförbättringar*. Nr 4.

- Heinonen, R. 1985. *Soil management and crop water supply*. 4:th ed. Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Håkansson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. Omfattning-effekter-motåtgärder. *Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen*. Nr 99. SLU, Uppsala.
- Kjellquist, T., 1999, Nu introducerar vi Kalksalpetermätaren, *Växtpressen, februari 1999*, sid 8-9.
- Kladivo, Eileen L. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil and tillage research* 6, 61-76.
- Kus`, J. Lipiec, J. Nosalewicz, A. & Slowińska-Jurkiewicz, A. 2005. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. *Soil and tillage research*. (Article in press).
- Larsson, H. & Mattsson, L. 2005. Att föra bort eller bruka ner halmen påverkar mullhalt, dagmask och skadedjuret. *Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för markvetenskap, avdelningen för växtnäringslära, Rapport 210*. Uppsala. ISSN: 0348-3541
- Lee, K. E., 1985. *Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use*. Sid 67-88. North Ryde: Academic press, Australia.
- Lofs, A. 1991. *Myllans mästare, Nr 4*. Sveriges natur, Naturföreningens tidskrift..
- Nuutinen, V., & Pitkänen, J., 1997. Earthworm's contribution to infiltration and surface runoff after 15 years of different soil management. *Applied Soil Ecology* 9, 411-415.
- Pitkänen, J., 1993 Effects of tillage and straw management on earthworm's burrows in soil.
- Rasmussen, K.J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil and tillage research*, 53, 3-14.
- Rydberg, T. 1987. *Studier i plöjningsfri odling i Sverige, 1975-1886*, Nr 76. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala, Sverige.