



# Effekt av olika odlingsssystem på markstruktur och avkastning

## Pargårdsstudie i Skåne

---

Linnéa Frisk och Clara Kihlstrand

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institution för Mark och Miljö, SLU  
Agronom - Mark/Växt  
Serietitel, 2023:10  
Uppsala 2023





# Effekt av olika odlingssystem på markstruktur och avkastning. Pargårdsstudie i Skåne

*The Effect of Different Cropping Systems on Soil Structure and Yield. A Paired Study in Skåne.*

Linnéa Frisk och Clara Kihlstrand

**Handledare:** Örjan Berglund, SLU, Mark och Miljö  
**Bitr. handledare:** Kerstin Berglund, SLU, Mark och Miljö  
**Extern bitr. handledare:** Jens Blomquist, Agraria Jord och Ord  
**Examinator:** Thomas Keller, SLU, Mark och Miljö

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i Biologi  
**Kurskod:** EX0894  
**Program/utbildning:** Agronomprogrammet mark/växt  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för Vatten och Miljö  
**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2023  
**Omslagsbild:** Jens Blomquist, Agraria Jord och Ord  
**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

**Nyckelord:** Markhälsa, reducerad jordbearbetning, Conservation Agriculture, plöjning, mellangröda, höstvetete, aggregatstabilitet, dagmaskar, pH, dragkraft, infiltration och vattenhalt.

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för mark och miljö

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

## Sammanfattning

Metoderna att odla jordbruksmark är många. Dessa odlingssystem påverkar markstrukturen och markhälsan på olika vis. Markhälsa är ett begrepp som blir allt viktigare. Under 2023 kommer EU med nya markdirektiv som ska säkra långsiktig odling och hjälpa till att nå klimatmålen. I samband med att strategier tas fram och beslut fattas, är det viktigt att korrekt fakta ligger till grund för dem. Detta är viktigt eftersom gemeneman måste anpassa sig efter besluten och åtgärderna kan få olika effekter. Syftet med detta kandidatarbete är att genom fältstudier undersöka och analysera hur olika odlingssystem påverkar markstruktur samt avkastning.

Fältstudierna har genomförts på två pargårdar inom ramen för en pargårdsstudie. Gårdarna i respektive par ligger nära varandra geografiskt och förutsätts ha samma jordarter samt väderlek. Den ena gården i paret tillämpar ett alternativt odlingssystem, vilket innebär att jordbearbetningen är mer eller mindre reducerad och att mellangrödor eventuellt odlas i växtföljden. På den andra gården tillämpas ett konventionellt odlingssystem, vilket innebär att vändande jordbearbetning med plog används.

För att granska hur odlingssystem påverkar markstruktur och avkastning har ett antal egenskaper undersökts i fält och laboratorium. I denna studie genomfördes mätningar av pH, vattenhalt i matjorden, dragkraftsbehov och bränsleförbrukning, aggregatstabilitet, vatteninfiltration, antal och vikt av dagmaskar, jordanalys samt bedömning av markprofil.

Resultaten tyder på att odlingssystemet påverkar biologisk aktivitet, såsom förekomst av dagmaskar och specifika dagmaskarter men även mullhalt och nedbrytning av organiskt material. Odlingssystem med minskad jordbearbetning tycks gynna de biologiska förutsättningarna i jorden som i förlängningen är positiva för markstruktur. Resultaten för de fysikaliska och kemiska egenskaperna i jorden varierade och indikerar generellt inte att det ena odlingssystemet är bättre än det andra. Variation i resultat mellan de två gårdsparen tyder på att åkermarkens geologi, topografi och klimat är viktiga faktorer för vilket odlingssystem som är bäst lämpat. På grund av få mätningar och stor variation i mätningarna går det inte att statistiskt säkerställa resultaten för infiltration, dagmaskmätning, turbiditet, vattenhalt och avkastning. De är viktiga indikatorer och därför vore det intressant att genomföra fler mätningar för att verifiera effekten av de olika odlingssystemen.

Sammanfattningsvis visar denna studie att det finns många indikatorer som kan användas för att bedöma markstruktur och hur den påverkar markhälsa. Studien visar även att det är svårt att undersöka och jämföra olika odlingssystemets effekt på markstruktur och avkastning. Det framgår också att fler faktorer än jord- och årsmån bör vara lika, såsom växtföljd och utsädesort, för att med säkerhet utvärdera just odlingssystemets effekt. Markstruktur är en av många viktiga faktorer för att långsiktigt uppnå god avkastning. Det är därför viktigt att fortsatt utveckla och utvärdera odlingssystemens påverkan på markstruktur och markhälsa.

*Nyckelord:* Markhälsa, reducerad jordbearbetning, Conservation Agriculture, plöjning, mellangröda, höstvet, aggregatstabilitet, dagmaskar, pH, dragkraft, infiltration och vattenhalt.

## Abstract

The methods of cultivating agricultural land are numerous, and these cultivation systems affect the soil structure and soil health in various ways. Soil health is a concept that is becoming increasingly important, and in 2023, the EU will introduce new soil directives that aim to ensure long-term cultivation and help achieve the climate goals. It is always important to have accurate facts available for the decisions that are made, and ultimately, that everyone must adapt to. The purpose of this thesis is to investigate and analyze how different cultivation systems affect soil structure and yield through field studies.

The field studies were conducted on two pair of farms, as part of a farm study. The farms in each pair are geographically close to each other and are assumed to have the same soil types and weather conditions. One farm in the pair applies an alternative cultivation system, which means that soil cultivation is more or less reduced, and that cover crops might be included in the crop rotation. The other farm applies a conventional cultivation system, which involves plowing with a turning plow.

To examine how cultivation systems affect soil structure and yield, a number of properties were studied in field and laboratory. In this study, measurements of pH, soil moisture content, tractive force and fuel consumption, aggregate stability, water infiltration, number of earthworms, soil analysis, and assessment of soil profile were conducted.

The results suggest that the cultivation system affects biological activity, such as the presence of earthworms and specific earthworm species, as well as organic matter content and decomposition. Cultivation systems with reduced tillage seem to benefit the biological conditions in the soil, which are ultimately positive for soil structure. The results for the physical and chemical properties of the soil vary and generally do not indicate that one cultivation system is better than the other. The variation in results between the two farm pairs suggests that the geology, topography, and climate of the farmland are important factors in determining which cultivation system is best suited. Due to few measurements and significant variation in the results, the results cannot be statistically confirmed for infiltration, earthworm measurement, turbidity, water content, and yield. These are important indicators, and therefore, it would be interesting to conduct more measurements to verify the effect of different cultivation systems.

In conclusion, this study shows that there are many indicators that can be used to assess soil structure and how it affects soil health. The study also shows that it is difficult to investigate and compare the effects of different cultivation systems on soil structure and yield. It is also apparent that other factors besides soil and climate, such as crop rotation and cultivars, should be the same to accurately evaluate the effect of the cultivation system. Soil structure is one of many important factors for achieving good long-term yields, and it is therefore important to continue to develop and evaluate the impact of cultivation systems.

*Keywords:* Soil health, reduced tillage, Conservation Agriculture, ploughing, intermediate crop, winter wheat, aggregate stability, earthworms, pH, tractive force, infiltration and water content.

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>8</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>11</b>
<b>Förkortningar.....</b>	<b>15</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>16</b>
1.1 Markhälsa – definition .....	17
1.2 Markhälsa – indikatorer.....	17
1.2.1 Markens pH .....	17
1.2.2 Daggmaskar .....	18
1.2.3 Aggregatstabilitet och vatteninfiltration.....	19
1.2.4 Markpackning .....	20
1.2.5 Marktextur och mullhalt.....	21
1.3 Odlingssystem.....	22
1.3.1 Växtföljd .....	22
1.3.2 Reducerad bearbetning och direktsådd.....	23
1.3.3 Dragkraftsbehov .....	23
1.3.4 Mellangrödor.....	23
1.3.5 Conservation agriculture.....	24
1.4 Syfte .....	25
1.5 Avgränsning och utformning .....	25
1.5.1 Uppdelning av arbetet mellan författarna .....	25
1.6 Statistisk analys .....	26
1.7 Litteratursökning .....	26
<b>2. Material och metod.....</b>	<b>27</b>
2.1 Pargårdar .....	29
2.1.1 Helsingborg.....	29
2.1.2 Ystad.....	33
2.2 Metod .....	38
2.2.1 Markvårdsapplikation – ”Hur mår min jord?” .....	38
2.2.2 Mätning av pH.....	39
2.2.3 Daggmaskar .....	40
2.2.4 Aggregatstabilitet .....	41
2.2.5 Dragkraftsmätning och vattenhalt.....	42
2.2.6 Skördemätning.....	43
<b>3. Resultat och diskussion.....</b>	<b>44</b>
3.1 Helsingborg .....	44
3.1.1 ”Hur mår min jord?”.....	44
3.1.2 Infiltration .....	48

3.1.3	Markens pH .....	49
3.1.4	Daggmaskmätning .....	50
3.1.5	Turbiditet och elektrisk konduktivitet.....	51
3.1.6	Dragkraft och bränsleförbrukning .....	53
3.1.7	Vattenhalt.....	54
3.1.8	Avkastning .....	55
3.2	Ystad .....	57
3.2.1	"Hur mår min jord?".....	57
3.2.2	Infiltration .....	60
3.2.3	Markens pH .....	61
3.2.4	Daggmaskmätningar.....	63
3.2.5	Turbiditet och elektrisk konduktivitet.....	65
3.2.6	Dragkraft och bränsleförbrukning .....	66
3.2.7	Vattenhalt.....	68
3.2.8	Avkastning .....	69
3.3	Jämförelse Helsingborg och Ystad .....	70
<b>4.</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>75</b>
	<b>Tack</b>	<b>76</b>
	<b>Referenser.....</b>	<b>77</b>
	<b>Bilaga 1.....</b>	<b>81</b>
	<b>Bilaga 2.....</b>	<b>82</b>
	<b>Bilaga 3.....</b>	<b>83</b>



# Tabellförteckning

Tabell 1. Odlade grödor 2019–2022 på de två gårdarna i helsingborgsparet .....	30
Tabell 2. Överfarter som genomfördes i fält under växtsäsongen 2021–22 på Krokstorps gård.....	32
Tabell 3. Överfarter som genomfördes i fält under växtsäsongen 2021–22 på Jordshög	32
Tabell 4. Odlade grödor 2019–2022 på de två gårdarna i ystadsparet .....	36
Tabell 5. Antalet överfarter i fält, redskap och arbetsdjup på Charlottenlund .....	36
Tabell 6. Antalet överfarter i fält, redskap och arbetsdjup på Teglagården .....	37
Tabell 7. Resultat för Test 1 Allmänna frågor om skiftet på Krokstorp respektive Jordshög. Resultatet är en sammanställning av lantbrukarnas svar på frågorna i testet vid intervju. Gubbarna indikerar hur bra eller dåligt lantbrukaren upplever markstrukturen i fältet samt dess inverkan på gröda, dragkraft och infiltration. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre markstruktur enligt "Hur mår min jord?" .....	44
Tabell 8. Sammanställning av resultat från Test 2 Markstrukturtest i "Hur mår min jord?" på de tre platserna i respektive fält som undersökts. Gubbarna indikerar hur god eller dålig markstrukturen är. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre är markstruktur enligt "Hur mår min jord?" .....	46
Tabell 9. Kärnskörd för höstvetesorterna Informer och Hallfreda (kg/ha) redovisat för respektive skörderuta och medelskörd för de tre rutorna (skördat 2022-08-15) samt den uppskattade skörden* av lantbrukaren på Krokstorp (skördat 2022-08-15) och Jordshög (skördat 2022-08-16). Vattenhalt 15 %. Relativtal för jämförelse av skördarna redovisas också i tabellen .....	56
Tabell 10. Uppmätt tusenkornvikt (g) för höstvetesorterna Informer och Hallfreda i respektive skörderuta samt medel för skörderutorna på Krokstorp samt Jordshög (skördat 2022-08-15). Uppmätt tusenkornvikt (g) för höstvetesorterna Informer och Hallfreda i respektive skörderuta samt medel för skörderutorna på Krokstorp samt Jordshög (skördat 2022-08-15). Vattenhalt 15 % .....	56

Tabell 11. Rymdvikt för höstvetesorterna Informer och Hallfreda på Krokstorp och Jordshög (g/l) (skördat 2022-08-15). Vattenhalt 15 %.....	56
Tabell 12. Jämförelse av medelvärden för kärnskörd, tusenkornvikt och rymdvikt för sorterna Informer och Hallfreda med mätarsort under tidsperioden 2018–2022 i sortförsök. 15 % vattenhalt. Resultat för skördad kärna är hämtad från: Sortförsök i Område A. Tusenkornvikt samt Rymdvikt är hämtad från: Sortförsök i Sverige. Källa: (Sortval.nu n.d.).....	57
Tabell 13. Resultat för Test 1 Allmänna frågor om skiftet på Charlottenlund respektive Teglagården. Resultatet är en sammanställning av lantbrukarnas svar på frågorna i testet vid intervju. Gubbarna indikerar hur bra eller dåligt lantbrukaren upplever markstrukturen i fältet samt dess inverkan på gröda, dragkraft och infiltration. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre markstruktur enligt "Hur mår min jord?" .....	58
Tabell 14. Sammanställning av mätningar för Test 2: Markstrukturtest i "Hur mår min jord?" på de tre platserna i respektive fält som undersökts. Gubbarna indikerar hur god eller dålig markstrukturen är. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre är markstruktur enligt "Hur mår min jord?" .....	59
Tabell 15. Tabellen visar kärnskörd av höstvete den 2022-08-15. Siffrorna visar kg/ha vid en vattenhalt på 15 % och är mätt i kg/ha. Vid beräkning av relativtal är det plöjda systemet 100 .....	69
Tabell 16. Rymdvikten för Charlottenlund samt Teglagården i gram/liter vid en vattenhalt på 15 %. Skörd har skett 2022-08-15 .....	69
Tabell 17. Tusenkornvikt för Charlottenlund samt Teglagården i gram vid en vattenhalt på 15 %. Skörd har skett 2022-08-15 .....	69
Tabell 18. Mätresultat för skördad kärna: Sortförsök i Område A. Tusenkornvikt samt Rymdvikt: Sortförsök i Sverige. Jämförelse av sorterna Linus och Praktik för perioden 2018–2022. Skörd av kärna har skett vid en vattenhalt på 15 % .....	70
Tabell 19. Infiltrationen i mm/timme på två djup (grund och djup) samt en bra, representativ samt dålig plats i fältet för varje gård. De mätningarna som är grön- och fetmarkerade är de som är bäst, ur ett växtperspektiv, för varje par	71
Tabell 20. Skillnaden i pH mellan alla fyra gårdarna.....	71
Tabell 21. Turbiditet [NTU] och elektrisk konduktivitet [uS/cm] för varje gård. Aggregaten i storleken 2–5 mm har blivit bevattnade i en regnsimulator i två omgångar. Bevattningarna har skett med en intensitet på 32 mm/h .....	72

- Tabell 22. Dragkraftsbehovet mätt i kilonewton samt bränsleförbrukning i liter per timme och hektar för de fyra gårdarna. De mätningar som är grön- och fetmarkerade är de mätningar som anses bäst för varje par ..... 73
- Tabell 23. Vattenhalten i volymprocent på två djup; 10 och 20 cm. De mätningar som är grön- och fetmarkerade är de som är bäst, ur ett växtperspektiv, för varje par 73
- Tabell 24. Avkastning, tusenkornvikt och rymdvikt för varje gård. De mätningar som är grön- och fetmarkerade är de mätningar som anses bäst för varje par ..... 74

## Figurförteckning

- Figur 1. Skiss över fält för att illustrera utformning av försöken. Tre skörderutor (1, 2 och 3) i en representativ del av fältet. Ruta 2 utgör en representativ plats. Bra plats i fältet utgör en plats med få överfarter. Dålig plats utgör en plats som utsatts för många överfarter eller tunga ekipage..... 28
- Figur 2. Lastmaskin med pallgafflar respektive skopa i Helsingborg (A) och Ystad (B). Foto: Clara Kihlstrand ..... 28
- Figur 3. Karta över de två fälten utanför Helsingborg och deras belägenhet i förhållande till varandra. .... 29
- Figur 4. Jordartskarta för de två fälten i gårdsstudien utanför Helsingborg. Position för representativ, bra och dålig plats där mätningar genomförts är markerade med punkter. .... 30
- Figur 5. Medelnederbörd per månad i Helsingborg under normalperioden 1991–2020 samt den totala månadsnederbörden under höstvetets växtsäsong 2021–22. Mätdata för normalperiod är hämtad från NASA och mätdata för 2021–22 är hämtad från SMHI:s mätstation i Helsingborg. .... 31
- Figur 6. Medeltemperatur för normalperioden 1991–2020 samt medeltemperatur under höstvetets växtsäsong 2021–22. Mätdata för normalperioden är hämtad från NASA och mätdata för 2021–22 är hämtad från SMHI:s mätstation i Helsingborg..... 31
- Figur 7. Fälten där mätningarna har utförts i Ystadparet samt avståndet mellan fälten... 33
- Figur 8a och b. Jordartskarta för Charlottenlund (8a) samt jordartskarta för Teglagården (8b). Mätningarna utfördes vid de svarta punkterna..... 34
- Figur 9. Medeltemperaturen för normalperioden 1991–2020 per månad samt medeltemperaturen per månad för höstvetets växtodlingssäsong 2021–2022. Mätdata för normalperioden är hämtad från NASA på Charlottenlund. Mätdata för 2021–2022 är hämtad på SMHI för Malmö airport. Detta då mätstationen i Ystad inte mätt lufttemperaturen för tidsintervallet. .... 35
- Figur 10. Medelnederbörd per månad för området för normalperioden 1991–2020 samt månadsnederbörden i Ystad för september till december 2021 till januari till augusti 2022. Mätdata är hämtad från SMHI för centrala Ystad. .... 35

Figur 11. Uppmätning av djup (A), aggregat med maskhål (B), bedömning av aggregat (C), provning av jordmotstånd (D), förberedelse av infiltrationsmätning (E och F) samt infiltrationsmätning (G). Foto: Clara Kihlstrand och Linnéa Frisk.....	39
Figur 12. pH-mätning med FieldScout. Foto: Linnéa Frisk. ....	40
Figur 13. Mätning och insamling av daggmaskar i fält. Foto: Jens Blomquist. ....	41
Figur 14. Insamling av aggregat (A), sållning av aggregat (B och C), regnsimulering (D), proverna efter första bevattning (E) samt setup för mätning av turbiditet och elektrisk konduktivitet (F). Foto: A-C Clara Kihlstrand, D-F Judith Schubert, Inst. f. mark och miljö, SLU.....	42
Figur 15. Dragkraftsmätning i fält (A) med dragöglan utrustad med töjningsgivare (B) samt mätning av vattenhalt med Wet-Sensor (C). Foto: Clara Kihlstrand (A och C) och Jens Blomquist (B). ....	43
Figur 16. Dåligt omsatta växtrester i profiler på representativ plats (A) och dålig plats (B) på Jordshög. Foto: Clara Kihlstrand .....	47
Figur 17. Synliga maskhål i profil på bra plats (A), större aggregat från representativ plats med synliga daggmaskar (B) samt aggregat med maskhål från dålig plats (C) på Krokstorp. Foto: Clara Kihlstrand.....	48
Figur 18. Infiltration (mm/h) vid bra, representativ och dålig plats i fälten på Krokstorp och Jordshög. Mätningarna genomfördes på två djup, grund (ca 10 cm djup) och djup (ca 30 cm djup). ....	49
Figur 19. Medel-pH på tre olika djup på de två gårdarna. Bokstäverna visar signifikans. p-värdet är beräknat för varje gård. Staplar som inte har samma bokstav är signifikant olika. Mätningarna i Helsingborg påvisar en signifikant skillnad på 15 cm djup då p-värdet var $\leq 0,05$ mellan gårdarna.....	49
Figur 20. Mätning av antal daggmaskar på respektive gård uppdelat efter släkten ( <i>Lumbricus</i> alt. <i>Allolobophora</i> ) samt utvecklingsstadium (juvenil alt. adult) på Krokstorp och Jordshög 2022-10-23 .....	51
Figur 21. Den totala vikten samt antalet daggmaskar av de två släktena <i>Lumbricus</i> och <i>Allolobophora</i> , utan hänsyn till utvecklingsstadium, i respektive fält. Mätningar är genomförda 2022-10-23. Fyra mätningar har upprepats i varje fält och varje mätning innebar att daggmaskar samlades in från en yta om 0,55 m x 0,55 m under 15 minuter.....	51
Figur 22. Turbiditet samt elektrisk konduktivitet (EC) i lakvattnet från regnsimulering av aggregatprover (2–5 mm) från Krokstorp och Jordshög vid två bevattningstillfällen. Ingen signifikant skillnad fanns för turbiditeten. För EC uppmättes signifikans. Punkter som inte har samma bokstav är signifikant skilda.....	52

- Figur 23. Dragkraftmätningar utförda vid två djup på de båda gårdarna Krokstorp och Jordshög. På Jordshög har två upprepningar skett vid 10 cm djup respektive fyra upprepningar på 20 cm djup. På Krokstorp har fyra upprepningar skett på de två olika djupen. Alla staplarna är signifikant skilda från varandra..... 53
- Figur 24. Bränsleförbrukning per timme samt hektar vid dragning av en kultivator på två olika djup. Staplarna visar bränsleförbrukning/h och punkterna bränsleförbrukning/ha. Värdena är signifikant skilda från varandra om bokstäverna inte är samma. Signifikans har beräknats för bränsleförbrukning/h samt bränsleförbrukning/ha. .... 54
- Figur 25. Vattenhalt i % direkt efter kultivering av halmstubb uppmätt med en Wet-Sensor på 10 och 20 cm djup. Ingen signifikans mellan mätresultaten gick att utläsa. Felstaplarna visar medelfelet för varje djup och mätplats. .... 55
- Figur 26. Växtrot från bra plats på Charlottenlund (A), samt växtrot från bra grop på Teglagården (B)..... 60
- Figur 27. Infiltrationen (mm/h) vid bra, representativ och dålig plats på fälten vid Charlottenlund och Teglagården. Mätningarna gjordes på två djup, grund (cirka 10 cm djup) och djup (cirka 30 cm djup)..... 61
- Figur 28. Medel pH på de olika djupen och gårdarna. Felstaplarna visar medelfelet för varje medelresultat. Bokstäverna visar signifikans. p-värdet är beräknat för varje gård. Staplar som inte har samma bokstav är signifikant olika. Mätningarna i Ystad påvisar en signifikant skillnad då p-värdet var  $\leq 0,05$  mellan gårdarna på alla tre djupen; 5, 15 samt 25 cm. .... 62
- Figur 29. Antal daggmaskar per m<sup>2</sup> i fältet uppdelat efter art och ålder. Mätningarna har skett på tre mätrutor om 0,55\*0,55 m och är utförda 2022-10-28 Mätvärdena är uppdelade per daggmaskart samt om daggmasken är juvenil eller adult. Signifikans samt medelfel ej beräknat då för många nollor uppmättes. .... 63
- Figur 30. Daggmaskhål på Charlottenlund, dålig plats (A), daggmaskhål på Charlottenlund representativ plats (B) samt daggmask och daggmaskhål på Teglagården bra plats (C)..... 64
- Figur 31. Antal och vikt av daggmaskar och de två släktena Lumbricus och Allolobophora för Charlottenlund och Teglagården. Fyra mätningarna har utförts per fält och gård på en ruta av 0,55\*0,55 m och är utförda 2022-10-28. .... 65
- Figur 32. Turbiditet samt elektrisk konduktivitet (EC) i lakvattnet från regnsimulering av aggregatprover (2–5 mm) från Charlottenlund och Teglagården vid två bevattningstillfällen. Ingen signifikans finns för turbiditeten. För EC uppmättes signifikans vid bevattning 1. Punkter som inte har samma bokstav är signifikant olika..... 66

- Figur 33. Dragkraftmätningar utförda vid två djup på de båda gårdarna Charlottenlund och Teglagården. På Teglagården har två upprepningar skett vid 10 cm samt 20 cm djup. På Charlottenlund har fyra upprepningar skett på de två olika djupen. Mätningarna är utförda 2022-08-17. Ingen signifikant skillnad uppmättes på respektive djup. Signifikans uppmättes mellan djupen..... 67
- Figur 34. Bränsleförbrukning per timme samt hektar vid dragning av en kultivator på två olika djup. Värdena är signifikant skilda från varandra om bokstäverna inte är samma. Signifikans har beräknats bränsleförbrukningen/h samt bränsleförbrukningen/ha var för sig. .... 67
- Figur 35. Vattenhalten i volym-% direkt efter kultivering av halmstubb uppmätt med en Wet-Sensor. Mätningarna är utförda 2022-08-17. Ingen signifikans mellan mätresultaten gick att utläsa. .... 68
- Figur 36. Daggmaskantal samt vikt (juveniler och adulta adderade) för varje släkte och gård i pargårdstudien. L står för Lumbricus och A för Allolobophora. Mätningarna är utförda efter kultivering på Charlottenlund, efter plöjning på Teglagården, före plöjning på Jordshög och i mellangröda på Krokstorp. .... 72
- Figur 37. Matjordsaggregat från tre platser på Krokstorp. Bra plats (A) representativ plats (B) och dålig plats (C). Foto: Clara Kihlstrand ..... 82
- Figur 38. Matjordsaggregat från tre platser på Jordshög. Bra plats (A) representativ plats (B) och dålig plats (C). Foto: Clara Kihlstrand ..... 82
- Figur 39. Matjordsaggregat från tre platser på Charlottenlund. Bra plats (A) representativ plats (B) och dålig plats (C). Foto: Clara Kihlstrand ..... 83
- Figur 40. Matjordsaggregat från tre platser på Teglagården. Bra plats (A) representativ plats (B) och dålig plats (C). Foto: Clara Kihlstrand ..... 83

## Förkortningar

CA	Conservation Agriculture
EC	Elektrisk konduktivitet
SLU	Sveriges Lantbruksuniversitet
SGU	Sveriges Geologiska Undersökning
EU	Europeiska Unionen
n.d.	No date



# 1. Inledning

Begreppet markhälsa har blivit alltmer aktuellt under de senaste åren. Anledningen är en försämrad jord- och markhälsa som riskerar att leda till en minskad biologisk mångfald och bördighet. Samtidigt utlyser EU försämrad markhälsa som ett hot mot jordbruket och dess förmåga att kunna producera hälsosamma livsmedel. EU menar även att försämrad markhälsa innebär en risk för människors hälsa (EU n.d.).

2023 inför EU ett nytt markdirektiv gällande markhälsa (EU n.d.). Det nya markdirektivet för en frisk jord och mark ska bidra till att nå målen i EU:s gröna giv med huvudmålet att bli världens första klimatneutrala region. Målen inom den gröna giv är: “netto noll utsläpp av växthusgaser till 2050, ekonomisk tillväxt frikopplad från resursanvändningen samt att inga människor eller platser ska lämnas utanför” (EU 2021). I EU:s nya markstrategi för 2030 lyder målen att:

“EU:s samtliga markekosystem senast år 2050 ska vara hälsosamma och mer motståndskraftiga och därför kan fortsätta leverera sina viktiga funktioner. Det inte förekommer någon nettomarkexploatering och att markföroreningarna reduceras till nivåer som inte längre är skadliga för människors hälsa eller ekosystemen. Jordar skyddas och förvaltas på ett hållbart sätt och att återställning av förstörda marker bli gängse standard” (EU n.d.)

Det är inte bara EU som ser vikten av en god markhälsa utan även på nationell nivå är frågan viktig. Det är av stor vikt att vara mån om markens hälsa för att säkerställa framtida odling. En jord med god markhälsa medger en bra växtplats med förutsättning att hantera biotisk och abiotisk stress. En god markhälsa leder till exempel till bättre infiltration, den bidrar till biodiversitet samt ett effektivt utbyte av gas mellan mark och atmosfär. Jordbearbetning påverkar markens hälsa samt förutsättningarna att odla genom att exempelvis förändra strukturen i marken och dess sammansättning av organiskt material (Williams et al. 2020). För att arbeta för en god markhälsa är det intressant att undersöka hur olika jordbearbetningsmetoder och odlingssystem påverkar markhälsan.

## 1.1 Markhälsa – definition

En definition av markhälsa är markens kapacitet att producera, bidra till ekosystemtjänster samt vara miljömässigt hållbar ur växtens, djurens och människans perspektiv. För att säkerställa en god markhälsa bör därför markanvändningen inte tära på markens förmåga, utan bibehålla eller förbättra markhälsan (European Environment Agency 2023).

En dålig markstruktur kan leda till dålig markhälsa med delvis kompakta skikt. När växtrötter möter kompakta skikt uppstår ett mekaniskt motstånd och växter måste lägga större energi än nödvändigt på att nå livsviktiga resurser såsom växtnäring och vatten. När inte rötter fram till resurser blir växter stressade. Då växter har en viss plasticitet leder stress till ökad kolallokering till underjordisk biomassa. Detta kan i förlängningen leda till en minskad ovanjordisk biomassa och försämrade avkastning (Fogelsson 2015). Detta kan i förlängningen leda till en minskad ovanjordisk biomassa och försämrade avkastning (Fogelsson 2015). Marken har förlorat sin kapacitet att vara miljömässigt hållbar och bidra till ekosystemtjänster, samtidigt som den är produktiv (European Environment Agency 2023).

## 1.2 Markhälsa – indikatorer

För att fastställa hur bra eller dålig markhälsa är behövs olika mätbara indikatorer. Det krävs en god förståelse för fysikaliska, kemiska och biologiska markegenskaper för att avgöra betydelsen av dem. Det finns markegenskaper som är något enklare att mäta, såsom innehåll av näringsämnen, textur, pH, mineralogi, skrymdensitet, vattenhalt, markfauna samt innehåll av kat- och anjoner. Medan andra markegenskaper, såsom aggregatstabilitet, växtrötternas djup, katjonbyteskapacitet, hydraulisk konduktivitet, erosion samt adsorption av kat- och anjoner, kräver mer avancerade mätmetoder. Enligt Europeiska miljöbyrån indikerar dessa egenskaper markhälsans status. Markens produktivitet, vattenhållandeförmåga och möjlighet att lagra in kol kan indikera en god markhälsa. Erosion, markpackning och förlust av biodiversitet tyder på dålig markhälsa (European Environment Agency 2022). För att undersöka markhälsan har ett visst antal indikatorer för markstruktur valts ut i denna studie.

### 1.2.1 Markens pH

Mätning av pH innebär att antalet vätejoner i marklösningen mäts. Försurning sker vid tillskott av vätejoner till marklösningen. Markens pH varierar med årstider och mellan olika platser i fältet. Detta innebär att marken har ett pH intervall (Eriksson et al. 2011).

Växter tar upp näringsämnen i jonform, dessa näringsämnen tas upp både som katjoner ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) och anjoner ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Vid växters upptag av anjoner måste de även ta upp vätejoner från marklösningen som motsvarar anjoners laddning. På samma sätt fungerar det när växter tar upp katjoner men då frigör växter i stället vätejoner till marklösningen. Det är vanligast att växter har ett överskott av katjoner, vilket innebär ett nettotillskott av vätejoner till marklösning och en naturlig markförurning. Vanligtvis neutraliseras denna process då växter bryts ned. Om växter skördas kommer biomassa tas bort från fältet och markförurning ske (Eriksson et al. 2011).

Något som påverkar huruvida katjoner och anjoner är växttillgängliga är surhetsgraden i marken, pH (Eriksson et al. 2011). Riktvärdet för pH på måttligt mullhaltiga (mullhalt <6 %) leriga jordar (lerhalt 5-15 %) samt lättlera (15-25 %) ligger på 6,2 respektive 6,3 i Sverige (Jordbruksverket 2022). Det är vid detta pH som marken har störst kapacitet att leverera de flesta näringsämnena till växter. Vid för högt och lågt pH byter kat- och anjoner form och är inte längre växttillgängliga. Olika näringsämnen har olika optimala pH då de är som mest växttillgängliga (Eriksson et al. 2011).

Fältförsök på Lanna försöksstation i Västergötland påvisar att kalkning, i syfte att höja pH, påverkar matjordsskiktet samt det översta skiktet av alven. Vid kalkning binder  $\text{Ca}^{2+}$  in till negativt laddade lermineraller samt humuspartiklar i marken och bildar komplex. Detta gör att  $\text{Ca}^{2+}$  inte rör sig snabbt nedåt i profilen (Eriksson et al. 2011).

pH har även positiv effekt på aggregatbildning. I lerjordar med högt pH och hög karbonatkoncentration bildas stora aggregat. En åtgärd för att höja pH är spridning av kalk. Det resulterar även i ökad mikrobiell aktivitet och högre halt organiskt material i marken, samt bidrar till högre skörd (Bronick & Lal 2005).

### 1.2.2 Daggmaskar

Daggmaskar tillhör fältets makrofauna och trivs bäst vid neutralt pH, väl-dränerade förhållanden och vid en mullhalt på 3–4 % (Haldén 2018). Daggmaskarna är viktiga bland annat då de bidrar till växttillgängliga näringsämnen som utan daggmaskars nedbrytningsprocess inte blir växttillgängliga (Fogelsson 2015). Daggmaskar bidrar även i denna nedbrytningsprocess till en förbättrad aggregatstabilitet och en ökad aggregatstorlek. Detta då deras ekskrementer blir som ett klister vilket binder ihop lerhumuskomplex (Larsson 2002).

Anektiska daggmaskar gräver djupa vertikala daggmaskgångar som är halvpermanenta. De går upp till markytan för att få tag på näring i form av organiskt material. Denna process innebär att de är beroende av att vertikala gångars kontakt med markytan för att överleva (Chan 2001; Larsson 2002). Anektiska daggmaskar bidrar till makroporer som är viktiga för markens infiltrationskapacitet och

gasutbyte. Växtrötter kan även följa maskgångar nedåt i profilen och behöver på så sätt inte behöva lägga lika mycket resurser på denna tillväxt (Berglund & Bjurén 2008).

Endogeiska daggmaskar gräver nätverk av horisontella gångar och är inte lika djupgående som de anektiska. Endogeiska daggmaskar är även mindre till storlek. De livnär sig på jord innehållande organiskt material och behöver inte komma upp till ytan för att få tag på näring (Chan 2001). Deras gångar bidrar till makroporer, vattenrörelse och bättre gasutbyte (Larsson 2002).

Epigeiska daggmaskar är den tredje gruppen daggmaskar som återfinns i den svenska faunan. Dessa livnär sig på organiskt material och lever främst vid markytan. De har en hög reproduktions- och tillväxthastighet (Chan 2001).

Försök visar att plöjning trycker tillbaka daggmaskpopulationer i större utsträckning än grund kultivering och direktsådd (Chan 2001). Det är främst anektiska daggmaskar som påverkas av plöjning då deras vertikala gångar skärs sönder vilket gör att daggmaskar inte längre kan ta sig upp till ytan för att hämta föda (Fogelsson 2015; Haldén 2018). Även endogeiska daggmaskar störs av plöjning då de begravs eller exponeras för UV-ljus och predatorer i den vändande processen (Haldén 2018). Det kan dock även vara positivt för endogeiska daggmaskar att organiskt material vänds ner i profilen (Fogelsson 2015). Ett lågt antal daggmaskar kan även bero på brist på föda om det organiska materialet i marken är för lågt (Mattsson & Larsson 2005). Markpackning är en annan aspekt som påverkar daggmaskar negativt, då det försvårar grävandet av gångar. Det är en av anledningarna till att daggmaskar gynnas av strukturkalkning, samtidigt som det bidrar till ett neutralt pH (Haldén 2018).

### 1.2.3 Aggregatstabilitet och vatteninfiltration

Aggregatstabilitet och vatteninfiltration är två viktiga indikatorer på jordens markhälsa samt markstruktur. Stabila aggregat och en god förmåga att infiltrera vatten är viktiga förutsättningar för en bra växtplats, där grödan kan etableras och få sina behov tillgodosedda. Dålig aggregatstabilitet riskerar att leda till problematik med erosion, skorpbildning och otillfredsställande vatteninfiltration, vilket riskerar såväl skördens kvalitet som kvantitet (R. A. Young 1984).

Jordens textur är en viktig faktor för aggregatbildning. Andelen ler i en jord ger stor inverkan på dess egenskaper, detta beror på lerets ytaktiva egenskaper såsom dess stora katjonbyttarkapacitet (Fogelsson 2015). Andra faktorer som påverkar aggregatbildning i jordbruksmark är klimat, antropogena aktiviteter och den odlade grödan. Markegenskaper såsom mikrobiell aktivitet, kapaciteten av utbytbara joner, näringsinnehåll samt tillgängligt vatten (vattenhalt) interagerar och bidrar också till aggregatbildning (Kodešová et al. 2009; Le Bissonnais 2016).

För att aggregaten ska vara stabila är olika processer viktiga. Vid bildandet av mikroaggregat är laddningen hos jonerna i marken av stor vikt. När sedan

mikroaggregaten binds samman till makroaggregat är biologiska processer betydande (Eriksson et al. 2011). Komplexbildning av flockade lerpartiklar, humus och organiskt material, till följd av elektronisk laddning, ger en cementerande effekt som bidrar till stabilare aggregat. Katjoner utgör därvid bryggor mellan lerpartiklar och organiskt material. I jordar med låg mullhalt får exempelvis fria järn- och aluminiumoxider motsvarande cementerande effekt. Ytterligare en viktig biologisk aspekt som påverkar aggregatbildning samt aggregatens stabilitet är rötter och hyfers utsöndring av organiska föreningar. Detta bidrar till sammanhållning av de primära partiklarna (Bronick & Lal 2005; Kodešová et al. 2009).

För att kontrollera utlakning, ytavrinning och säkerställa grödans vattentillgång är infiltration en viktig aspekt (Franzluebbers 2002). Porerens storlek och fördelning samt kontinuitet är viktiga faktorer för infiltration (Skaalsveen et al. 2019). Infiltrationen sker främst i jordens makroporer. Dessa bildas av maskgångar, porkanaler efter växtrötter och sprickbildningar (Rölin 2003).

Turbiditet ger ett mått på lerkoncentrationen i vattnet och det indikerar hur väl aggregaten hålls samman. EC är ett mått på ledningsförmåga och hög EC tyder på mycket lösta joner i dräneringsvattnet. Vid kalkning höjer man halten kalciumjoner i markvätskan (hög EC) vilket bidrar till att lerpartiklarna slår ihop sig till aggregat (Blomquist 2021).

#### 1.2.4 Markpackning

Marken består av fast material och porer. Vanligtvis är jordens porositet (porvolym) 40–60 %. Porer inkluderar makro- och mikroporer vilka innehåller vatten eller luft. När trycket på marken blir högre än vad markens hållfasthet uppgår till kommer markpackning ske. Markpackning medför att markens torra skrymdensitet ökar. Markens hållfasthet skiljer sig åt bland annat beroende på aggregatstabilitet samt om den är bevuxen, blöt eller torr (Eriksson et al. 2011).

Jordens torra skrymdensitet ( $\rho$ ) beräknas genom att ta den torra jordvikten ( $m(s)$ ) genom jordens skrymvolym ( $V$ , total jordvolym) (Ekvation 1). När markpackning sker pressas jordpartiklar närmare varandra (Eriksson et al. 2011). Detta leder främst till att porer större än 0,03 mm minskar samt minskad porositet (Rölin 2003).

*Ekvation 1. Torr skrymdensitet.*

$$\rho = \frac{m(s)}{V}$$

I förlängningen kan markpackning göra att växtrötter möter ett mekaniskt motstånd i kompakta skikt. När rötter möter ett mekaniskt motstånd så kommer de inte kunna ta sig förbi det skiktet för att nå de resurser som den behöver. Rötter måste då växa horisontellt för att hitta en väg nedåt i profilen. Vilket i sin tur leder till att växter lägger mer resurser på den underjordiska biomassan än vad som skulle skett om marken inte varit packad. När växter måste fördela sina resurser på detta

vis kommer den ovanjordiska biomassan inte uppnå sin fulla potential (Elmquist & Arvidsson 2014). Idag tros packningsskador i matjorden resultera i en kärnavkastningsminskning på 5–10 % på de större gårdarna i Sverige. Även alvpackning är ett stort problem. Detta som en följd av tyngre maskiner och ekipage med fel däcktryck, spridning av exempelvis slam med tunga spridare samt skörd av potatis och sockerbetor vid blöta markförhållanden. På fält med odling av potatis och sockerbetor har en skördeminskning på 6 % uppmätts efter markpackning (Rölin 2003).

Att jordpartiklar trycks närmre varandra innebär att dragkraftsbehovet ökar och att markens infiltrationskapacitet minskar vilket gör att vatten riskerar att bli stående. Detta kan leda till syrebrist hos växande grödor då gasutbytet blir satt ur spel (Elmquist & Arvidsson 2014). Dragkraftsbehovet har i försök visat sig vara större på tunga lerjordar jämfört med lättare jordar (Arvidsson et al. 2010).

Olika jordar drabbas på olika sätt av packningsskador. Alvpackning på såväl lätta jordar som lerjordar blir om inte permanenta åtminstone kvarstående i decennier. På lätta jordar syns dessa skador från ett djup på 25–30 cm medan djupet för samma packningsskador i lerjordar återfinns på 35–40 cm (Rölin 2003).

### 1.2.5 Marktstruktur och mullhalt

Texturen i en jord byggs upp av enskilda korn av olika storlekar (grus, sand, mo, mjäla och ler), som bidrar till att jorden får olika egenskaper. Det är vanligtvis två, tre eller flera kornstorleksgrupper i en naturlig jordart. Sammansättningen av kornstorlekar och hur de är bundna till varandra ger upphov till en jord med enkelkornstruktur alternativt aggregatstruktur. Grundegenskaper som kommer av texturen är specifik yta, plasticitet och kohesion (Eriksson et al. 2011).

Jordens mullhalt är av betydelse för marktstrukturen och för att uppnå goda odlingsbetingelser. Långsiktigt kan kvarlämnande av skörderester samt halm få tydlig inverkan på mullhalten och särskilt på mullfattiga jordar. Det finns riktvärden som säger att mullhalten bör vara minst 3,5–4 vikt-% i en välfungerande odlingsjord (Rölin 2003).

Jordens vattenhållande förmåga, fältkapacitet, beror på jordens porsystem vilket är ett resultat av jordens textur och struktur. För en god växtplats är porsystemets utseende och fördelning av vatten- respektive luftfyllda porer viktig. Jordbearbetning påverkar strukturen hos matjorden och därmed fältkapaciteten (Eriksson et al. 2011). Mullhaltiga jordar, jordar med hög andel organiskt material, har bättre vattenhållande förmåga än en helt minerogen jord. Det organiska materialet bidrar till lägre skrymdensitet (Arvidsson 1998; Lal 2020).

## 1.3 Odlingssystem

I det traditionella odlingssystemet sker jordbearbetning i hög grad med hjälp av plogen. Mark plöjs för att beredas inför nästa gröda. Vid plöjning vänds det översta jordskiktet för att luckra upp jorden samt störa ogräs (Hydbom 2017)

Sedan länge har det även praktiserats alternativa odlingssystem. Ett av de vanligaste alternativa odlingssystemen innefattar reducerad jordbearbetning. I detta begrepp inbegrips flera metoder; till exempel kultivering, direktsådd med eller utan mellangröda (Jordbruksverket 2008). En specifik inriktning inom reducerad jordbearbetning är Conservation Agriculture. En övergång till reducerad jordbearbetning handlar ofta om att plöjning som metod är kostsam på svårbrukade jordar. Detta kan vara struktursvaga jordar eller jordar med erosion- och infiltrationsproblem (Fogelsson 2015).

### 1.3.1 Växtföljd

Förfrukten till nästkommande gröda kan ha en stor inverkan på dess avkastning (Lindén 2008). Effekter som förfrukt kan ha är; sanerande effekt mot växtskadegörare och växtsjukdomar, kväveefterverkan, påverkan på markstruktur och mullhalt samt minskat ogrässtryck. Det är inte bara förfrukt som spelar roll för nästkommande gröda utan även fältets hela växtföljd (Fogelsson 2015).

Höstraps (*Brassica napus ssp. napus*) har en sanerande effekt mot växtskadegörare i en spannmålsdominerad växtföljd samtidigt som höstraps bidrar med kväveefterverkan på uppemot 30 kg N/ha (Lindén & Engström 2006). Raps har även ett djupgående pårotssystem vilket ger en uppluckrande effekt (Aronsson et al. 2012). Meravkastningen med höstraps som förfrukt till höstvetete är 800–1200 kg/ha (Lindén & Engström 2006; Fogelsson 2015).

Vitklövern (*Trifolium repens*) rotsystem är grunt och krypande (Fogelsson 2015). Vitklöver är en baljväxt och kan således binda in kväve i symbios med rhizobiumbakterier som återfinns i vitklövern rotnölar. Rhizobiumbakterier binder in N<sub>2</sub> från atmosfären och får kol från växter i utbyte mot att växten får ammonium (Fogelsson 2015; Roberts et al. 2017). Vitklöver har en kväveefterverkan på uppemot 40 kg N/ha och ger en meravkastning på 700–1000 kg/ha som förfrukt till höstvetete (Lindén 2008).

Havre (*Avena sativa*) som förfrukt till höstvetete har en viss sanerande effekt mot växtskadegörare. Den bidrar även med en kväveefterverkan (Lindén & Engström 2006). Meravkastningen med havre som förfrukt uppgår enligt försök till 400–800 kg/ha (Fogelsson 2015).

Höstvetete som förfrukt till höstvetete bidrar inte till ett mervärde i avkastning eller till någon sanerande effekt mot växtskadegörare (Lindén & Engström 2006; Fogelsson 2015).

### 1.3.2 Reducerad bearbetning och direktsådd

Reducerad bearbetning innefattar flera begrepp. Odlingsssystem som kan användas i stället för plöjning är direktsådd eller jordbearbetning med kultivator. Dessa metoder används för att undvika tunga överfarter, högre bränsleförbrukning och bibehålla den naturliga markstrukturen. Vid kultivering vänds inte jorden och kultivering kan ske på olika bearbetningsdjup beroende på odlingsssystem. Direktsådd innebär att grödan sås direkt i förfruktens stubb och att jorden således inte bearbetas. Positiva effekter i detta system är minskat dragkraftsbehov, minskad vind- och vattenerosion, bättre markhälsa samt minskade maskinkostnader (Jordbruksverket 2008).

Försök har visat att användning av odlingssystemet direktsådd under en femårig växtrotation genererar en minskad skörd på 10 % (Büchi et al. 2019). Kemisk bekämpning med glyfosat innan sådd är i princip nödvändigt för att kunna tillämpa direktsådd (Kudsk & Mathiassen 2020). Denna åtgärd minskar den interspecifica konkurrensen mellan den odlade grödan och andra arter (ogräs). Direktsådd leder till en ökad herbicidanvändning och därmed en ökad risk för resistensproblematik. Detta är en av de större miljömässiga utmaningarna i odlingsssystem med direktsådd.

Vid långliggande försök skiljer sig skörderesultaten mellan plöjt och olika kultiveringsdjup åt. Vid ett bearbetningsdjup på 10 cm syns en skördeminskning i kultiverade system på 6 % gentemot ett plöjt system, medan skördeminskningen blir 4 % vid ett kultiveringsdjup på 15 cm. På ett kultiveringsdjup på 20 cm blir skördeminskningen 3 %. Dessa försök har genomförts på en måttligt mullhaltig (3–6 % organisk substans) mellanlera (25–40 % lerhalt) (Myrbeck 2016).

### 1.3.3 Dragkraftsbehov

I ett traditionellt plöjt odlingsssystem, såväl som i ett odlingsssystem med reducerad jordbearbetning, kan olika bearbetningsdjup tillämpas. Dragkraftsbehovet påverkas av bearbetningsdjupet, men även av jordarten, topografin samt vilket redskap som använts. Störst dragkraft kräver enligt försök den vändande plöjningen. I lättare jord, 20 % ler, kräver plogen på 20 cm djup en dragkraft på 10 kN/m arbetsbredd, plog med plogdjup på 13 cm kräver 7 kN/m arbetsbredd och en kultivator kräver 5 kN/m arbetsbredd på samma djup (Jordbruksverket 2008).

### 1.3.4 Mellangrödor

En mellangröda kan antingen sås i renbestånd efter skörd eller sås in med huvudgrödan (Jordbruksverket 2023). I begreppet mellangröda innefattas; fånggrödor, täckgrödor och bottengrödor (Aronsson et al. 2023). Olika mellangrödor



lämpar sig olika bra beroende på geografiska förutsättningar, odlingssystem, jordmån, växtföljd med mera (Aronsson et al. 2012).

Om en mellangröda hanteras på rätt sätt kan den bidra till flera positiva effekter. Exempelvis kan den genom att hålla marken bevuxen minska växtnäringssläckning och erosionsproblematik. En mellangröda med goda rottegenskaper kan verka uppluckrande i såväl matjords- som alvskiktet. Den kan även lämna efter sig växtnäring vilket är positivt för nästkommande gröda. Mellangrödan kan dessutom verka sanerande mot växtsjukdomar, hålla ogräs i schack samt öka mullhalten och således lagra in kol (Aronsson et al. 2012). Inlagring av kol kan ske tack vare den ökade andelen av organiskt material som mellangrödor bidrar med till marken. Den mullhaltsökande effekten gör även att de bidrar till förbättrad markstruktur. I vissa studier har även mellangrödor påvisat en förbättrad aggregatstabilitet (Kirkegaard et al. 2008).

Icke önskvärda effekter av mellangrödan är exempelvis uppförökning av växtsjukdomar och växtskadegörare. Blir mellangrödan för kraftig vid insådd med huvudgrödan kan interspecifik konkurrens uppstå. En annan effekt är att mellangrödan kan bli kvar som ogräs till nästkommande växtodlingsårs huvudgröda (Aronsson et al. 2012).

### 1.3.5 Conservation agriculture

Conservation agriculture (CA) är ett odlingssystem som bygger på tre grundprinciper. Dessa principer innebär; en minimering av mekanisk bearbetning av jorden, att åtminstone 30 % av arealen ska vara bevuxen året om samt att det finns en diversifierad växtföljd. Såväl kvarlämnade skörderester som odling av en täckgröda i fält är godkända tillvägagångssätt för att tillämpa den andra grundprincipen (Kienzle & Njenga 2022).

Syftet med CA är att störa så lite som möjligt i jorden och på så sätt gynna naturliga processer som leder till bättre markförhållande och odlingsförutsättningar. Genom att tillämpa CA förväntas andelen organiskt material öka i jordens övre skikt och bidra till goda markfysikaliska egenskaper. Detta motverkar i sin tur erosion, näringsläckage och förbättrar utnyttjandet av vatten. Den minimerade bearbetningen bidrar även till minskad störning av de marklevande djur och mikroorganismer som finns i jorden. Dessutom är det tids- och resurseffektivt. Principen om bevuxen mark reducerar risken för erosion ytterligare, täckningen medför också bättre infiltrationskapacitet och bevarar markfuktighet. De förväntade konsekvenserna av odlingssystemet är bättre resiliens mot extremväder, positiva effekter och bra utnyttjande av ekosystemtjänster samt en anpassad odling vid/i klimatförändringar (Kertész & Madarász 2014; Reeves et al. 2016; Boudiar et al. 2022). Odlingssystemet CA kräver emellertid mer kemiska bekämpningsmedel, då mekanisk bekämpning i form av jordbearbetning inte är ett alternativ i denna typ av odlingssystem. Användning av herbiciden glyfosat är därför vanligt förekommande

och ett förbud av detta preparat skulle försvåra tillämpningen av CA (Fogliatto et al. 2020; Kudsk & Mathiassen 2020).

## 1.4 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka hur olika odlingssystem påverkar markstruktur och skörd. För att få mer kunskap om detta har en pargårdsstudie genomförts i Skåne, med två gårdspår. Det ena gårdspåret är beläget utanför Helsingborg medan det andra ligger utanför Ystad. På en av gårdarna i respektive par tillämpas ett alternativt odlingssystem i form av; reducerad bearbetning eller användning av direktsådd och mellangrödor. Denna gård jämförs med en intilliggande gård som tillämpar konventionell jordbearbetning, i form av plöjning. Utöver pargårdsstudierna har en litteratursammanställning genomförts för att granska effekten av olika odlingssystem på markstruktur och avkastning. Resultaten kommer att användas för att bättre förstå hur jordbearbetning och olika odlingssystem påverkar markstruktur och avkastning.

## 1.5 Avgränsning och utformning

I denna rapport kommer två pargårdar jämföras utifrån olika jord- och markegenskaper för att se hur dessa egenskaper påverkar markstruktur och skördeavkastning under svenska förhållanden. De faktorer som undersöks i denna rapport är vattenhalt, pH, infiltration, aggregatstabilitet, dagmaskförekomst och dragkraftsbehov samt bedömning av markstruktur och odlingsförutsättningar med hjälp av markvårdsapplikationen ”*Hur mår min jord?*”.

### 1.5.1 Uppdelning av arbetet mellan författarna

I arbetet har inledning och bakgrund samt syftet med studien skrivits gemensamt. I avsnittet om *Markhälsa* har Clara beskrivit indikatorerna aggregatstabilitet, vatteninfiltration, marktextur samt mullhalt och Linnéa; markens pH, markpackning samt dagmaskar. I avsnittet om *Odlingssystem* har Clara beskrivit begreppet Conservation agriculture samt reducerad bearbetning och direktsådd medan Linnéa skrivit om växtföljd, dragkraftsbehov samt mellangrödor. Material och metod har skrivits enligt följande uppdelning, Clara har beskrivit förutsättningarna för gårdspåret utanför Helsingborg samt metoderna för aggregatstabilitet, dagmaskmätningar samt testerna i markvårdsapplikationen ”*Hur mår min jord?*”. Linnéa har beskrivit förutsättningarna för gårdspåret utanför Ystad samt metoderna för dragkraftsmätningar, vattenhalt och pH-mätning. I resultat- och diskussionsavsnittet har Clara redogjort samt diskuterat resultaten för

gårdarna utanför Helsingborg, medan Linnéa gjort en likadan analys för gårdarna utanför Ystad. Avslutningsvis har en jämförelse av samtliga gårdar samt slutsats skrivits gemensamt.

## 1.6 Statistisk analys

Statistiken beräknades i programmet JMP med en tvåvägs ANOVA. Plats och djup/upprensning var de fasta parametrarna i analysen. Gårdarna i Ystad och Helsingborg analyserades var för sig och ingen statistisk analys har skett mellan gårdarna. I JMP analyserades pH (djup 5, 15 och 25 cm), vattenhalt (djup 10 och 20 cm), dragkraft och bränsleförbrukning (djup 10 och 20 cm) samt turbiditet och EC (bevattning ett och två). Mätdata analyserades mellan gårdarna dels för varje parameter samt mellan de olika nominala parametrarna.

Infiltrationsmätningarna är statistiskt beräknade genom att transformera mätdata ( $\ln$ ) innan de analyserades med en tvåvägs ANOVA i programmet JMP. Mätvärdena mellan gårdarna ansågs vara signifikant skilda åt då p-värdet var  $\leq 0,05$ .

Daggmaskmätningar hade många nollvärden. Detta gör att den statistiska metoden blev för komplicerad inom ramen för ett kandidatarbete. Dessa resultat är därför inte statistiskt analyserade.

När ordet ”tendens” används i resultatdelen innebär detta att resultaten inte är statistiskt skilda från varandra men att man visuellt kan se en tendens.

Medelfelen som presenteras i diagrammen under resultat är beräknade med hjälp av JMP.

Den statistiska analysen utfördes av studenterna med hjälp av statistiker från SLU Fältforsk som även hjälpt till med tolkning av mätningar.

## 1.7 Litteratursökning

För att söka information har sökverktygen Web of Science och Scopus använts. Sökord som använts är *aggregate stability*, *conservation agriculture*, *cover crops*, *earthworms*, *infiltration*, *no-tillage*, *preceding crop*, *reduced tillage* och *soil texture and structure*.

## 2. Material och metod

Fältstudierna genomfördes på två pargårdar i Skåne. Dessa två pargårdar utgör en pargårdsstudie. De två gårdarna i varje par ligger geografiskt nära varandra och antas ha samma förutsättningar när det kommer till väder och marktextur. De olika gårdarna tillämpar olika odlingssystem. Den ena gården i varje par tillämpar konventionellt jordbruk med plöjning. Den andra gården i paret tillämpar ett alternativt odlingssystem såsom reducerad jordbearbetning, CA, direktsådd och/eller mellangrödor.

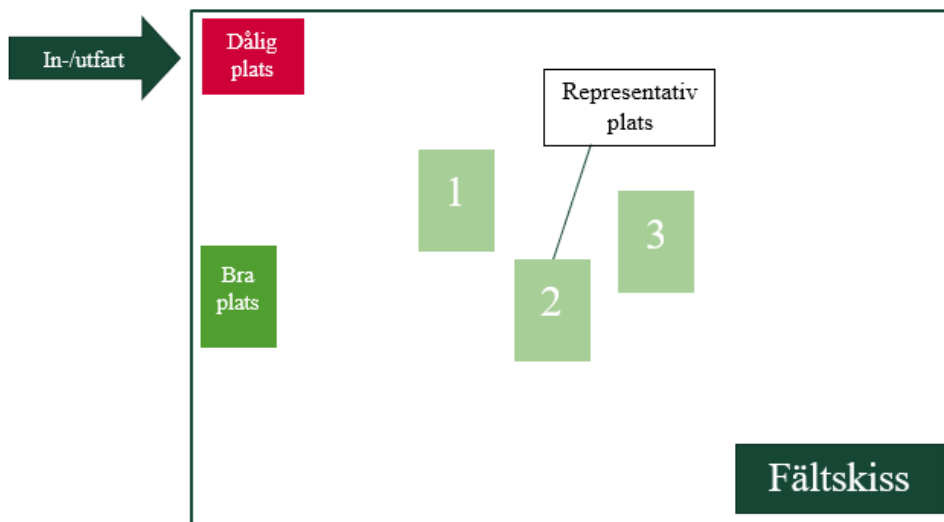
På alla fyra gårdar odlades höstvetete (*Tritium aestivum*) växtodlingsåret 2021–22 och användes som mätare för studien. Utifrån de indikatorer som uppmätts på fältet används skördeavkastningen på höstvetete för att se hur den kan ha påverkats av dessa indikatorer.

### *Odlingssystem*

I varje par jämfördes två olika odlingssystem; ett alternativt odlingssystem med ett traditionellt. I Ystad jämförs gården Charlottenlund med Teglagården. Charlottenlund använder sig av reducerad jordbearbetning med kultivator. Teglagården plöjer cirka 50 % av arealen varje år. I Helsingborg jämfördes gården Krokstorp med Jordshög. Krokstorp använder sig av Conservation agriculture (CA) och direktsådd medan Jordshög plöjer, men hela arealen plöjs inte varje år.

### *Upplägg av försöksrutor*

I varje par valdes två fält som anses vara likartade gällande klimat, väder och jordart ut. På en representativ plats i varje fält lades tre skörderutor ut i anslutning till varandra (ruta 1, 2 och 3). Insamling av aggregat för mätning av turbiditet och EC skedde i alla tre skörderutor, även skördemätning skedde i de tre försöksrutorna. Resterande mätningar genomfördes i ruta 2. Gällande metoden “*Hur mår min jord?*” användes tre platser på fältet; en bra, en representativ och en dålig. Skörderuta 2 representerar den representativa platsen i fältet (Figur 1).



Figur 1. Skiss över fält för att illustrera utformning av försöken. Tre skörderutor (1, 2 och 3) i en representativ del av fältet. Ruta 2 utgör en representativ plats. Bra plats i fältet utgör en plats med få överfarter. Dålig plats utgör en plats som utsatts för många överfarter eller tunga ekipage.

- Bra - plats som utsatts för få överfarter. På alla fyra gårdarna var det en plats i fältkanten.
- Representativ - Plats som utsatts för, ett för fältet, normalt antal överfarter. Ruta 2 används som den representativa platsen på alla fyra gårdarna.
- Dålig - Plats som utsatts för många överfarter eller tunga ekipage. Exempelvis in- och utfart till fältet.

I respektive ruta, bra, representativ och dålig, grävdes tre gropar till de tre djupen 10, 30 samt 50–70 cm. Grävningen skedde i Helsingborg med pallgafflar och i Ystad med skopa då det var för torrt och hårt för att gräva för hand (Figur 2). I groparna som grävdes till 10 samt 30 cm djup genomfördes infiltrationsmätningar och i gropen 50–70 cm inspekterades olika markstrukturella indikatorer i enlighet med instruktioner i markvårdsapplikationen "Hur mår min jord?". Alla mätningar skedde i ett nytröskat fält (inom fem dagar efter skörd) och i stubb.



Figur 2. Lastmaskin med pallgafflar respektive skopa i Helsingborg (A) och Ystad (B).  
Foto: Clara Kihlstrand

## 2.1 Pargårdar

### 2.1.1 Helsingborg

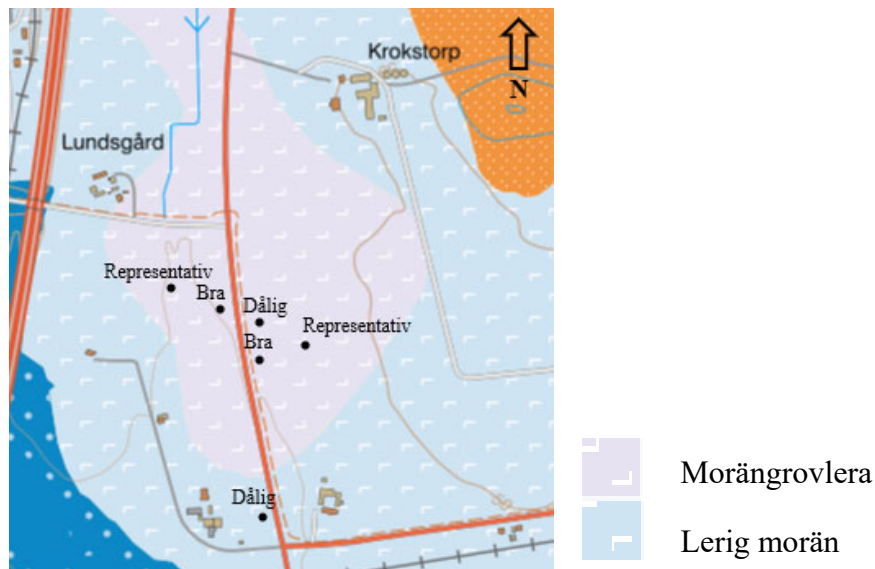
Krokstorps gård ligger strax utanför Helsingborg i Påarp, öster om E6:an. På Krokstorp tillämpas CA, vilket i praktiken innebär att direktsådd och mellangrödor används i odlingsystemet samt att jorden inte vänds med plog på gården. Gården med konventionell odling i denna studie heter Välluvs Boställe och drivs genom företaget Jordshögs Jordbruks AB (fortsättningsvis benämns gården och fältet med namnet Jordshög). De två fält som användes i denna studie är belägna på varsin sida om en landsväg (Figur 3).



Figur 3. Karta över de två fälten utanför Helsingborg och deras belägenhet i förhållande till varandra.

Bergarten på platsen består av slam-, silt- och lersten, vilket är vanliga klastiska sedimentära bergarter (Sveriges geologiska undersökning 2023). Den dominerande jordarten är sandig lättlera och lerhalten i de två fälten ligger på ca 15 % (Figur 4) (Sveriges geologiska undersökning 2023). Det är ett kustnära klimat på platsen vilket kännetecknas av kraftiga vindar, lägre nederbörd och mindre temperaturvariationer (SMHI n.d.c). Årsmedelnederbörden i området är 706 mm (SMHI normalperiod 1991–2020) och under växtsäsongen 2021–22 var den totala årsnederbörden 687 mm. Månadsnederbörden varierade under den aktuella växtsäsongen och var både lägre och högre i jämförelse med normalperioden (Figur 5). Årsmedeltemperaturen under normalperioden 1991–2020 är uppmätt till 9,2 °C och under växtsäsongen 2021–22 var medeltemperaturen 9,7 °C (Lantmet n.d.; NASA

n.d.). Generellt var temperaturen något högre än den tidigare medeltemperaturen (Figur 6).

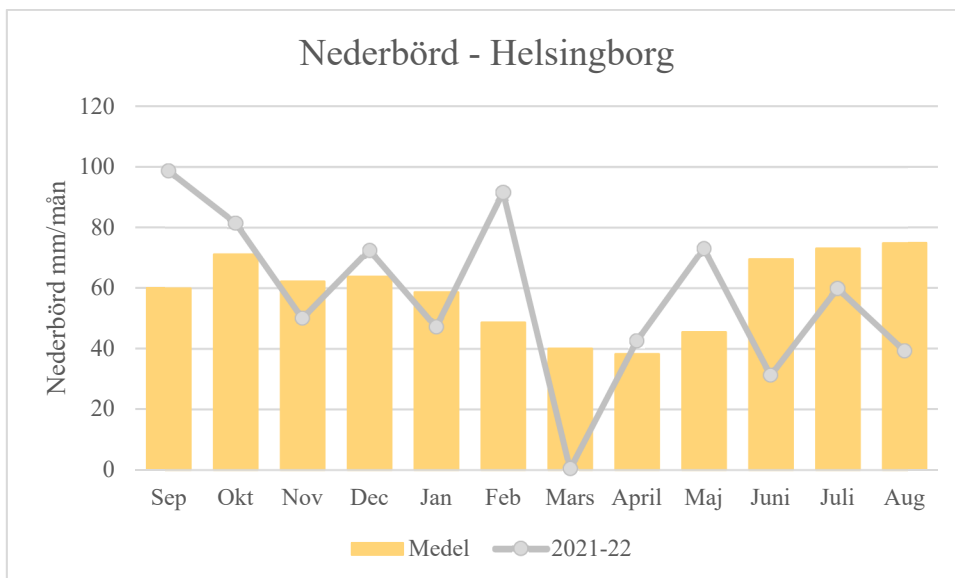


Figur 4. Jordartskarta för de två fälten i gårdsstudien utanför Helsingborg. Position för representativ, bra och dålig plats där mätningar genomförts är markerade med punkter.

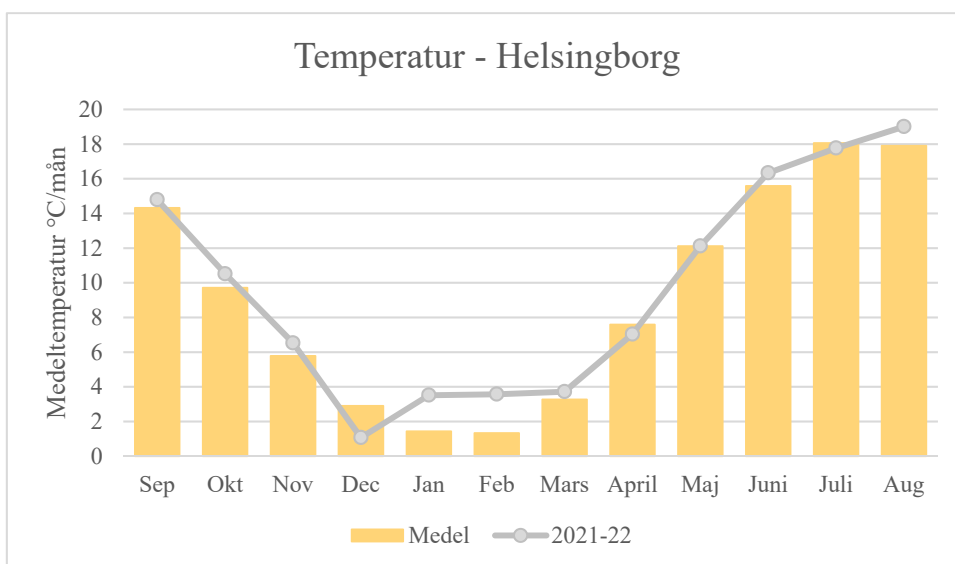
På gårdarna odlades havre respektive höstvetete som förfrukter inför höstvetet (Tabell 1).

Tabell 1. Odlade grödor 2019–2022 på de två gårdarna i helsingborgsparet

Plats	Gård	Gröda 2019	Gröda 2020	Gröda 2021	Gröda 2022
Helsingborg	Jordshög	Vårkorn	Höstraps	Höstvetete	Höstvetete
Helsingborg	Krokstorp	Höstraps	Höstvetete	Havre	Höstvetete



Figur 5. Medelnederbörd per månad i Helsingborg under normalperioden 1991–2020 samt den totala månadsnederbörden under höstvetets växtsäsong 2021–22. Mätdata för normalperiod är hämtad från NASA och mätdata för 2021–22 är hämtad från SMHI:s mätstation i Helsingborg.



Figur 6. Medeltemperatur för normalperioden 1991–2020 samt medeltemperatur under höstvetets växtsäsong 2021–22. Mätdata för normalperioden är hämtad från NASA och mätdata för 2021–22 är hämtad från SMHI:s mätstation i Helsingborg.

### Krokstorp

På Krokstorp lämnades halmen kvar i fält under de senaste tre växtodlings-säsongerna. Inför havren 2021 såddes en mellangröda hösten 2020. Det finns en välfungerande dränering i fältet som är gjord i modern tid. Lantbrukaren angav att det var längesedan det tillfördes någon kalk i fältet. Under växtsäsongen 2019 och 2020 spreds det biogödsel i fältet med en inhyrd gödselspridare med en totalvikt på 19 850 kg. 2019 togs en ny markkartering fram för gårdens fält.



Enligt tidigare studier i samma försöksrutor på fältet uppmättes kolhalten till 2 %, vilket innebär att mullhalten på Krokstorp ligger på ca 4 % (Magnusson 2022).

På Krokstorps gård kombisåddes höstvetesorten *Informer* den 20 september 2021 med en NPK-gödning. Utsädesmängden var 170 kg/ha, sådjupet 5 cm och radavståndet 25 cm. Totalt genomfördes 13 överfarter i fältet (Tabell 2). Det utfördes tre jordbearbetande körslor, inklusive sådd, under växtsäsongen. Utöver detta spreds fyra gödselgivor under våren. Ytterligare tre givor med olika typer av mikronäring spreds i kombination med växtskydd i fält. Totalt genomfördes fem körningar med växtskydd i fält, där olika kombinationer av herbicider, fungicider samt tillväxtreglering användes. Den 15 augusti 2022 skördades höstvetet.

Tabell 2. Överfarter som genomfördes i fält under växtsäsongen 2021–22 på Krokstorps gård

Arbetsmoment	Antal överfarter	Redskap	Arbetsdjup (cm)
Hantering av skörderester	1	Halmharv	1
Sådd	1	Såmaskin	5
Vältning	1	Vält	-
Växtnäring	4		-
Växtskydd	5		-
Skörd	1		-
<b>Totalt</b>	<b>13</b>		

### Jordshög

Under de tre tidigare åren hos Jordshög lämnades växtresterna från höstvetet och rapsen kvar medan halmen efter vårkornet togs bort.

Enligt tidigare studier i samma försöksrutor på fältet uppmättes kolhalten till 1,9 %, vilket innebär att mullhalten på Jordshög ligger på ca 3,8 % (Magnusson 2022).

På Jordshög såddes höstvetesorten *Hallfreda* i fältet den 20 september 2021 i kombination med mineralgödsel. Utsädesmängden var 165 kg/ha, sådjupet 3 cm och radavståndet 12,5 cm. Totalt genomfördes 12 överfarter i fältet (Tabell 3). Det utfördes fyra jordbearbetande körslor, inklusive sådd, under växtsäsongen. Under våren lades ytterligare tre mineralgödselgivor. Totalt genomfördes tre herbicidbehandlingar i fältet, två på hösten och en på våren, samt en fungicidbehandling i maj. Den 16 augusti 2022 skördades höstvetet.

Tabell 3. Överfarter som genomfördes i fält under växtsäsongen 2021–22 på Jordshög

Arbetsmoment	Antal överfarter	Redskap	Arbetsdjup (cm)
Plöjning	1	Plog	18
Såbäddsberedning	1	Harv	5
Sådd	1	Såmaskin	3
Vältning	1	Vält	-
Växtnäring	3		-
Växtskydd	4		-
Skörd	1		-
<b>Totalt</b>	<b>12</b>		

## 2.1.2 Ystad

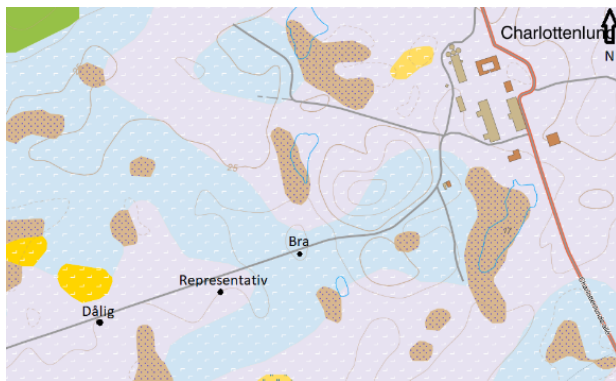


*Figur 7. Fälten där mätningarna har utförts i Ystadparet samt avståndet mellan fälten.*

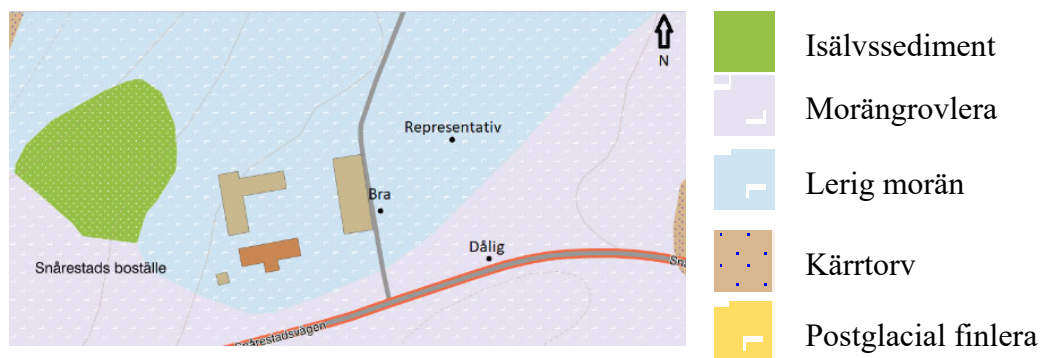
Gårdarna Charlottenlund och Teglagården är belägna strax öster om Ystad. Avståndet mellan fälten är 2,5 kilometer (Figur 7). Jordarten på fälten skiftar mellan lerig morän till morängrovlera (Figur 8a och b). Bergarten på de två fälten är kalksten.

Ystad tillhör det varmtempererade klimatet med lövskog (SMHI n.d.a). Klimatet i Ystad bjuder till följd av det öppna landskapet på blåst, som ibland kan vara väldigt kraftig. Samtidigt drabbas området av kraftiga skyfall, torka och snöstormar (SMHI n.d.c). Årsmedelnederbörden på platsen 2021–22 var 621 mm och årsmedeltemperaturen 9,3°C, vilket är 0,8°C grader över normaltemperaturen (NASA n.d.; SMHI n.d.b; Fogelsson 2015)

8a



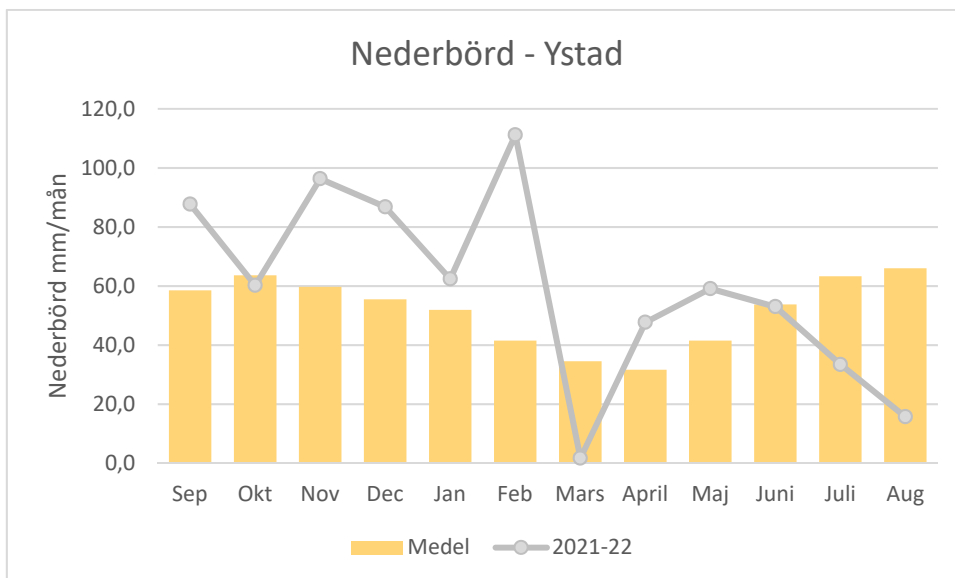
8b



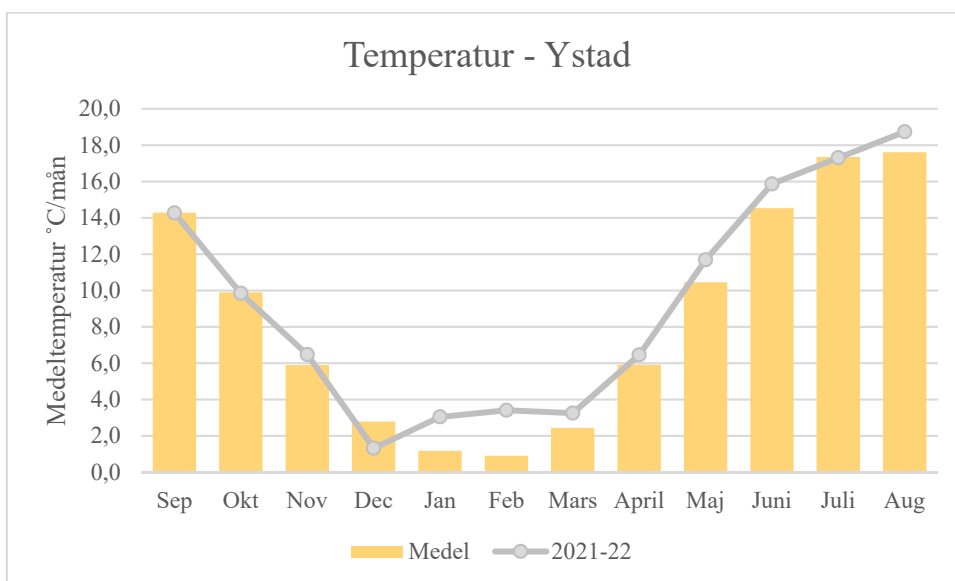
Figur 8a och b. Jordartskarta för Charlottenlund (8a) samt jordartskarta för Teglagården (8b). Mätningarna utfördes vid de svarta punkterna.

När mätningarna utfördes på platsen i mitten av augusti 2022 var marken väldigt torr. Detta förändrades av en torr vår och nederbördsfattig juli-augusti. Mellan den 16 juli och den 16 augusti föll endast 16,6 mm regn. Lite nederbörd i juli-augusti i samband med en medeltemperatur för samma tidsperiod på 18,3°C ledde till en sensommartorka (Figur 9 och Figur 10).

Gårdarna tillämpar olika odlingsystem och har även olika växtföljder (Tabell 4). Båda gårdarna odlar sockerbetor och på Charlottenlund sker slamspridning. Båda gårdarna kalkade under 2021. Charlottenlund struktorkalkade med Nordkalk Fostop OLS medan Teglagården underhållskalkade med sockerbrukskalk. För att få ner kalken kultiverade Charlottenlund två gånger till ett djup av 15–18 cm efter spridning. I vanliga fall kultiverade Charlottenlund ner till ett djup av 12 cm. Teglagården plöjde ner kalken till vanligt plogdjup, 21 cm. Vilket även var Teglagårdens normala plogdjup.



Figur 9. Medeltemperaturen för normalperioden 1991–2020 per månad samt medeltemperaturen per månad för höstvetets växtodlingssäsong 2021–2022. Mätdata för normalperioden är hämtad från NASA på Charlottenlund. Mätdata för 2021–2022 är hämtad på SMHI för Malmö airport. Detta då mätstationen i Ystad inte mätt lufttemperaturen för tidsintervallet.



Figur 10. Medelnederbörd per månad för området för normalperioden 1991–2020 samt månadsnederbörden i Ystad för september till december 2021 till januari till augusti 2022. Mätdata är hämtad från SMHI för centrala Ystad.

Tabell 4. Odlade grödor 2019–2022 på de två gårdarna i ystadsparret

Plats	Gård	Gröda 2019	Gröda 2020	Gröda 2021	Gröda 2022
Ystad	Teglagården	Sockerbetor	Vårkorn	Vitklöver	Höstvete
Ystad	Charlottenlund	Sockerbetor	Vårkorn	Höstraps	Höstvete

### Charlottenlund

Sedan 2001 tillämpar Charlottenlund odlingssystemet reducerad jordbearbetning. Reducerad jordbearbetning kan innebära flera olika metoder. I Charlottenlunds fall innebär det kultivering med ett jordbearbetningsdjup till cirka 12 cm. Anledningen till att Charlottenlund började använda sig utav reducerad jordbearbetning var dels att gården hade erosionsproblematik i terräng med höjdskillnad, vilket vid kraftigare regn ledde till att det översta jordlagret eroderade i backarna. Samtidigt var det dyrt i form av bränsle att plöja de kuperade fälten och priset för spannmål var väldigt lågt. Idag ser Charlottenlund fler positiva aspekter än de tidigare nämnda med odlingssystemet. De upplever ett ökat antal dagmaskar i fält och att de har snabbare till sådd då de inte plöjer, detta gör att de känner att de kan parera såfönstren bättre.

Enligt tidigare studier i samma försöksrutor har kolhalten uppmätts till 1,7 % vilket innebär att mullhalten på Charlottenlund ligger på runt 3,4 % (Magnusson 2022). Lerhalten i fältet är runt 18 %. Under växtodlingsåret 2021–22 skedde fyra överfarter i jordbearbetande syfte. Sådd med höstvetesorten *Praktik* skedde den 22 september med en utsädesmängd på 145 kg/ha, ett djup av fyra centimeter och med normalt radavstånd, 12,5 cm. Gården lade tre givor med mineralgödsel, en giva med mikronäring samt en kvävegiva med hjälp av *Cropsat*. Gården utförde fyra herbicidbehandlingar, två fungicidbehandlingar samt en insekticidbehandling. Tröskning skedde den 15 augusti (Tabell 5).

Tabell 5. Antalet överfarter i fält, redskap och arbetsdjup på Charlottenlund

Arbetsmoment	Antal överfarter	Redskap	Arbetsdjup (cm)
Hantering av skörderester	1	Harv	2
Såbäddsberedning	1	Styvpinnskultivator	12
Sådd	1	Såmaskin	4
Vältning	1	Vält	-
Växtnäring	5		-
Växtskydd	7		-
Skörd	1		-
<b>Totalt</b>	<b>17</b>		

### *Teglagården*

Teglagården tillämpar konventionell plöjning som odlingssystem. De har brukat gården sedan 2000 och fälten på Teglagården har plöjts sedan långt tillbaka. Under ett växtodlingsår plöjer Teglagården cirka 50 % av arealen, om jorden inte plöjs så kultiveras den.

Enligt tidigare studier i samma försöksrutor har kolhalten uppmätts till 1,25 % vilket innebär att mullhalten på Teglagården ligger på runt 2,5 % (Magnusson 2022). Lerhalten i fältet är runt 16 %. Under växtodlingsåret 2021–22 skedde sex överfarer i jordbearbetande syfte. Sådd av brödvetesorten *Linus* skedde den 19 september med en mängd av 125 kg/ha, ett sådjup på 4 cm och ett normalt radavstånd, 12,5 cm. Gården lade fyra givror med mineralgödsel samt en giva kläckavfall (20 m<sup>3</sup>/ha). Kläckavfall inkluderar; ej befruktade ägg, befruktade icke kläckta ägg samt äggskal. (Malmén et al. 2003). Gården genomförde fyra herbicidbesprutningar samt en fungicidbesprutning. Tröskning skedde den 15 augusti (Tabell 6).

*Tabell 6. Antalet överfarer i fält, redskap och arbetsdjup på Teglagården*

Arbetsmoment	Antal överfarer	Redskap	Arbetsdjup (cm)
Stubbearbetning	1	Skumplog	2
Plöjning	1	Plog	21
Såbäddsberedning	1	Harv	6
Sådd	1	Såmaskin	-
Vältning	2	Vält	-
Växtnäring	5		-
Besprutning	5		-
Skörd	1		-
<b>Totalt</b>	<b>17</b>		

## 2.2 Metod

### 2.2.1 Markvårdsapplikation – ”Hur mår min jord?”

Markvårdsapplikationen ”Hur mår min jord?” är framtagen för att underlätta och möjliggöra analys av odlingsförhållanden och jordens markstruktur. Detta är viktiga indikatorer för att förutse grödans förutsättning att etablera sig, nå bra tillväxt och slutligen ge god avkastning, nu och i framtiden. Underlaget och frågeställningar är framtagna utifrån resultat från tidigare forskningsprojekt vid dåvarande Institutionen för markvetenskap, SLU (Berglund & Gustafson Bjuréus 2008).

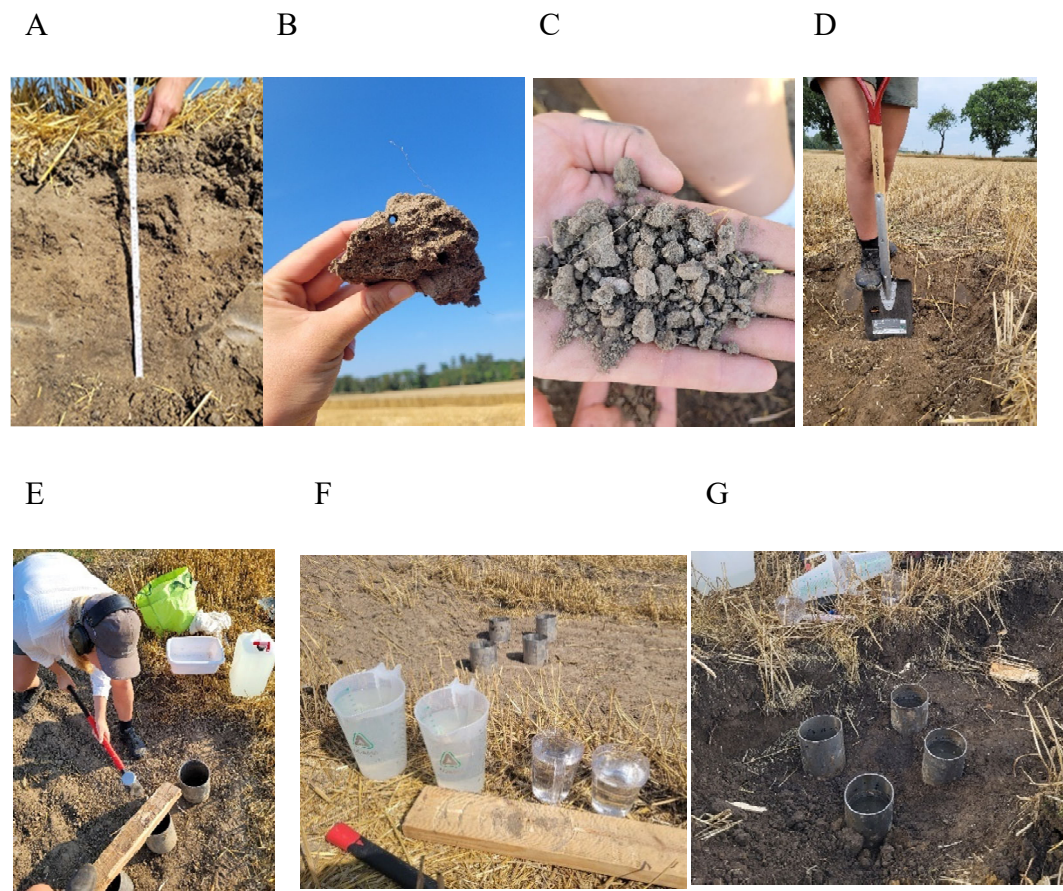
Tre tester genomfördes i och utifrån erfarenhet i försöksfälten på respektive gård med hjälp av markvårdsapplikationen ”Hur mår min jord?”. Frågorna besvarades genom intervjuer med lantbrukarna (14 april 2023) och mätningar i fält (augusti 2022).

Test 1, *Allmänna frågor om skiftet*, besvarades med hjälp av lantbrukaren då dessa frågor behandlade den erfarenhet som finns från att odla på det enskilda fältet. Frågorna berörde hur markens egenskaper påverkar bearbetning samt grödans etablering, utveckling och avkastning (Bilaga 1).

Test 2, *Markstrukturtest*, genomfördes på tre platser i varje fält och groparna representerade delar av fältet med bra, dålig och representativ markstruktur. För att genomföra testerna användes spade, kniv och tumstock. Inledningsvis angavs förutsättningarna på platsen, det vill säga typ av plats bra/dålig/representativ, jordart, gröda, förfrukt, typ av jordbearbetning samt markförhållanden torrt/fuktigt/blött. I testet noterades bearbetningssula/or genom att upprepade gånger sticka knivspetsen in i jordprofilväggen från markytan och nedåt. Jordmotståndet i marken uppskattades genom att räkna spadtramp som krävdes för att få ner spaden till cirka 10–15 cm djup. Fortsättningsvis bedömdes matjordens struktur genom att bryta loss jord från gropväggen och trycka sönder större aggregat. Genom att utvärdera huruvida aggregaten var avrundade och porösa eller skarpkantade och kompakta gav det en bild av jordens struktur. Dessutom bedömdes strukturen utifrån brottytan då en större jordklump bröts itu. En ojämn och skrovlig brottyta tyder på att strukturen är bra, medan en slät yta med få ojämnheter tyder på att strukturen generellt är sämre. Avslutningsvis innefattar *markstrukturtestet* även bedömning av biologiska aspekter såsom mullhalt, förekomst av daggmaskar och maskgångar samt växtrester och växtrötternas utseende. Jordens lukt och omsättningen av växtrester indikerar även hur god markstrukturen är (Figur ).



Test 3, *Infiltrationstest*, genomfördes på två djup (cirka 10 och cirka 30 cm djup) och i fyra upprepningar på respektive plats (bra/dålig/representativ), på samtliga gårdar. I testet användes cylindrar, tumstock och vatten för att mäta infiltrationshastigheten. Cylindrarna placerades och slogs ned 3–4 cm i marken, med hjälp av en gummiklubba och bräda. Höjden 10 cm från markytan markerades på insidan av cylindern och därefter fylldes vatten på med försiktighet till markeringen. Starttid för infiltration noterades och efter 30 minuter mättes höjden på nytt alternativt noterades tidpunkt då allt vatten infiltrerat (Figur 11).



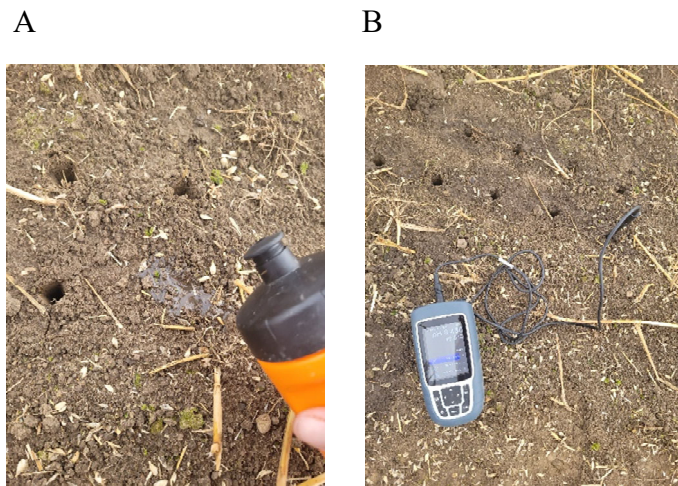
Figur 11. Uppmätning av djup (A), aggregat med maskhål (B), bedömning av aggregat (C), prövning av jordmotstånd (D), förberedelse av infiltrationsmätning (E och F) samt infiltrationsmätning (G). Foto: Clara Kihlstrand och Linnéa Frisk.

### 2.2.2 Mätning av pH

pH uppmättes med hjälp av en portabel pH-mätare avsedd för mätning direkt i fält, en så kallad *FieldScout*. Mätaren kalibrerades först genom att placera den i en buffert med pH 4 och sedan en annan med pH 7. När kalibreringen var genomförd utfördes mätningarna på tre djup; 5, 15 samt 25 centimeter. Till varje djup gjordes tio 2 cm djupa hål och destillerat vatten hälldes i hålen. När vattnet sjunkit undan stacks pH-mätaren ner i hålet. Mätvärdet lästes av när pH-mätaren stabiliserat sig



(Figur 12). Mellan varje provtagning sköljdes pH-mätaren med destillerat vatten och återställdes till ett normalvärde. Provtagningen skedde i den representativa rutan (ruta 2 i Figur 1).



Figur 12. pH-mätning med FieldScout. Foto: Linnéa Frisk.

### 2.2.3 Daggmaskar

För att mäta antalet daggmaskar i fälten placerades en ram med arean 25x25 cm slumpmässigt ut på en plats där vegetationen sedan togs bort. Vegetation togs bort inuti ramen samt 15 cm utanför ramen åt alla håll. Fem liter blandning av diskmedel och vatten, med 20 ml flytande YES diskmedel per liter vatten, hälldes sedan ut inuti ramen och lät infiltreras. Därefter samlades de daggmaskar in som tog sig upp till markytan inom ramen samt 15 cm utanför ramen åt alla håll under följande 15 minuter. Det innebär att mätningen genomfördes på en yta om 55 x 55 cm (Figur 13). Daggmaskarna räknades och placerades i etanol 70 % för att släktbestämmas samt vägas i laboratorium. Mätningen upprepades fyra gånger i varje fält. På gårdarna utanför Ystad genomfördes mätningarna den 28 oktober i ett fält där höstvetete såddes i mitten av september respektive i plöjd jord efter förfrukten vete. I det fält där alternativ bearbetning tillämpats hade stubben av förfrukten höstvetete bearbetats en gång med kultivator i början av september. Plöjningen genomfördes 11–13 dagar före mätningen. På gårdarna utanför Helsingborg genomfördes mätningen den 23 oktober i den mellangröda som etablerades i mitten av augusti, direkt efter tröskning, på gården med direktsådd. På gården med konventionell bearbetning genomfördes dubbla mätningar. Den första mätningen utfördes i stubb efter höstvetetet den 23 oktober och den andra mätningen i plöjd jord den 5 november, cirka 11 dagar efter plöjning.

På laboratoriet delades daggmaskarna grovt in i släktena *Lumbricus* och *Allolobophora* samt om de var juveniler eller adulta. Vid vägning av daggmasksläktena slogs juvenilerna och de adulta daggmaskarna ihop och de vägdes enbart beroende på släkte.



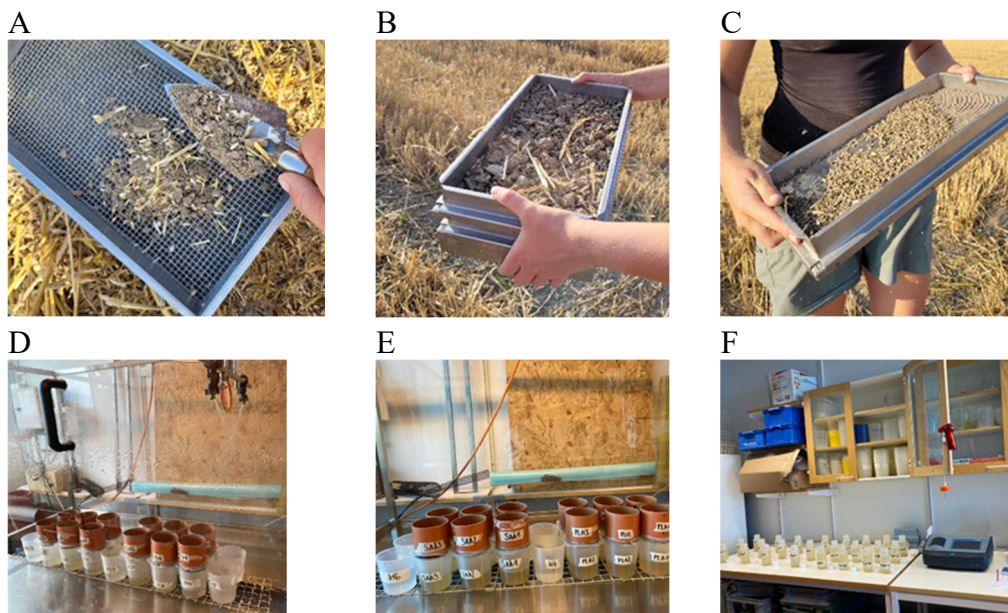
Figur 13. Mätning och insamling av daggmaskar i fält. Foto: Jens Blomquist.

#### 2.2.4 Aggregatstabilitet

Genom att undersöka stabiliteten hos aggregat vid uppblötning kan en bedömning av det torra aggregatets kapacitet och motståndskraft att inte dispergera genomföras (Soil Health Institute n.d.). Uppblötning kan ske i en regnsimulator eller genom att doppa aggregaten i vatten. Genom att fånga upp utlakningsvattnet i regnsimulatoren eller använda det vatten som aggregaten doppats i kan turbiditet (grumlighet) och elektrisk konduktivitet (EC) mätas (Rieke et al. 2022).

För att mäta aggregatstabilitet genomfördes en insamling av aggregat i storleken 2–5 mm i höstvetestubb i mitten av augusti. För att efterlikna att markytan och halmen blivit bearbetad användes en järnkratta vilket medförde att tillräckligt med jord lossade och därmed kunde aggregat samlas in. Aggregaten sållades fram med hjälp av ett såll i två nivåer. Det översta sållets maskvidd var 5 mm och det nedre 2 mm. Genom denna metod samlades aggregat i rätt storlek upp i det nedre sållet, medan mindre aggregat med medeldiameter <2 mm trillade genom maskorna i det nedresållet och sorterades bort (Figur 14). Provtagningen upprepades i alla tre skörderutor på respektive gård, vilket innebar att tre aggregatprover samlades in per gård. Proverna skickades till SLU Ultuna för att med hjälp av regnsimuleringar analysera aggregatstabilitet. Proverna torkades inledningsvis på laboratoriet för att sedan utsättas för två regnsimuleringar med 24 timmars mellanrum. Varje simulering pågick under 75 minuter med regnintensiteten 32 mm/h. I samband med varje regnsimulering samlades dräneringsvattnet upp. Vattenproverna (dräneringsvattnet) skakades och fick sedan sedimentera under 4 h 43 minuter och därefter bestämdes turbiditet (NTU) samt elektrisk konduktivitet ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) i proverna. Provtagningen gjordes på 56 mm djup från vattenytan. Vattnets grumlighet

(turbiditet) beror på att lerpartiklarna lossnat från aggregaten och är ett indirekt mått på aggregatstabiliteten (Figur 14).



Figur 14. Insamling av aggregat (A), sållning av aggregat (B och C), regnsimulering (D), proverna efter första bevattning (E) samt setup för mätning av turbiditet och elektrisk konduktivitet (F). Foto: A-C Clara Kihlstrand, D-F Judith Schubert, Inst. f. mark och miljö, SLU

## 2.2.5 Dragkraftsmätning och vattenhalt

Syftet med att utföra dragkraftsmätningar är att undersöka skillnaden i dragkraftsbehov på de olika fälten beroende på vilket jordbearbetningssystem som tillämpats.

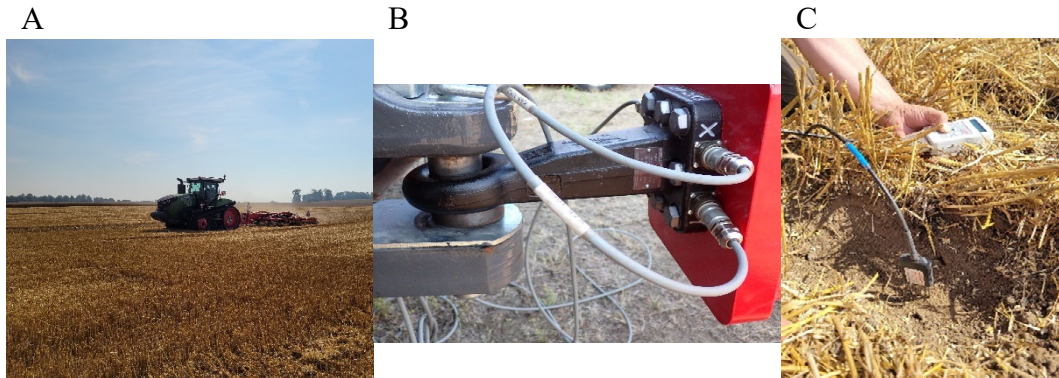
För att mäta dragkraften genomfördes fyra till åtta körningar per fält i orörd halmstubb. Två till fyra mätningar på 10 centimeters djup och två till fyra på 20 centimeters djup. Körningarna skedde med samma hastighet och platserna som valdes ut upplevdes likvärdiga.

Utav detta kunde dragkraften (kN), bränsleförbrukning (l/h) samt förbrukning per hektar (l/ha) beräknas. Dragkraften mättes i dragöglan medan bränsleförbrukningssiffrorna (l/h) och (l/ha) är teoretiska siffror baserade på tre faktorer; dragkraften, körhastigheten (GPS) samt arbetsbredden. För att kunna mäta dragkraften i dragöglan var draget utrustat med töjningsgivare, tunna trådar som mätte och registrerade krafter i tre riktningar. Jordbearbetningen skedde med en kultivator, (Opus 500 med fem meters arbetsbredd), dragen av en Fendt 943 VARIO MT (Figur 15).

Direkt efter dragkraftmätningarna mättes vattenhalten med hjälp av en Wet-Sensor på djupen; 10 och 20 cm. Detta för att se om vattenhalten skiljer sig åt beroende på jordbearbetningssystem.



För att genomföra vattenhaltsmätningarna stacks Wet-Sensorn och dess tre sensorer ner i den nykultiverade jorden på önskat djup. Detta upprepades tre gånger per djup och fält.



Figur 15. Dragkraftsmätning i fält (A) med dragöglan utrustad med töjningsgivare (B) samt mätning av vattenhalt med Wet-Sensor (C).

Foto: Clara Kihlstrand (A och C) och Jens Blomquist (B).

## 2.2.6 Skördemätning

Avkastning mättes i de tre försöksrutorna på den representativa platsen (Figur 1). Tröskningen av skörderutorna skedde med hjälp av Hushållningssällskapets försökströska. Utöver denna mätning angav lantbrukarna kärnskörd/ha vilket är en uppskattad skörd över hela fältet.

I skördemätningarna tas skörderesultatet i kg/ha med en vattenhalt på 15 %, tusenkornvikten samt rymdvikten i beaktning. Tusenkornvikten är vikten på tusen sädeskärnor (NE n.d.). Rymdvikten är vikten av en specifik volym av sädeskärnor (Eriksson et al. 2011).

Skördar med olika vattenhalt räknas om till samma vattenhalt, 15 % (Ekvation 2).

$$\frac{(Skörd * (1 - x))}{0,85} = Skörd (15 \% vh)$$

Ekvation 2. Omräkning av skörd till 15 % vattenhalt.  $x$  är den ursprungliga procentandelen vatten i skörden. 0,85 används för att få fram skörden vid 15% vattenhalt.













## 3. Resultat och diskussion

### 3.1 Helsingborg


#### 3.1.1 "Hur mår min jord?"

Resultaten för Test 1 *Allmänna frågor om skiftet* visade att erfarenheten av bearbetning, grödans etablering och tillväxt samt infiltrationskapacitet i fältet är god hos lantbrukarna på respektive gård (Tabell 7). Sammantaget fick odlingssystemet med direktsådd och mellangrödor medelpoängen 3 poäng i *test 1* medan odlingssystemet med vändande bearbetning fick 2,8 poäng. Skillnaden beror på att det emellanåt förekommer skorpbildning i det konventionella odlingssystemet. Lantbrukaren påpekade att det sammanfaller med sådd av sockerbetor, vilket är en gröda som inte odlas på den alternativa gården.

*Tabell 7. Resultat för Test 1 Allmänna frågor om skiftet på Krokstorp respektive Jordshög. Resultatet är en sammanställning av lantbrukarnas svar på frågorna i testet vid intervju. Gubbarna indikerar hur bra eller dåligt lantbrukaren upplever markstrukturen i fältet samt dess inverkan på gröda, dragkraft och infiltration. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre markstruktur enligt "Hur mår min jord?"*

	Krokstorp	Jordshög
Bearbetning av jord		
Etablering av gröda		
Grödans konkurrensförmåga		
Vatteninfiltration		
Skorpbildning		
Stabila skördenivåer		
Medeltal	3	2,8

 = Oj här behövs det krafttag för att förbättra strukturen!

 = Här finns det en del att göra åt markstrukturen!

 = Mycket bra markstruktur! Vårda den!

Lantbrukarnas allmänna uppfattning om fälten i studien, men även generellt i området, är att jordarna är lättbearbetade året om. Detta ger även upphov till lågt dragkraftsmotstånd. På grund av att det är lätta jordar torkar de upp snabbt och det

går därför att komma på jordarna tidigt under våren. Lantbrukaren på Jordshög menar att det vid plöjning är möjligt att så direkt med en lämplig såmaskin, men berättar att det på gården normalt även sker en harvning före sådd. Bearbetningen tenderar ibland att resultera i ett för fint bruk. Det finns små skillnader i fältet som tillhör Jordshög, där styvare jord i mitten av fältet är den tyngsta delen att bearbeta. I den södra delen av fältet innehåller jorden mer mull, vilket gör att den torkar långsammare.

Etableringen av gröda i de två fälten beskrivs som god. Lantbrukarna återger att det är jämn och snabb uppkomst som resulterar i jämnhöga bestånd i respektive fält. Fortsatt är grödan frisk och frodig, den konkurrerar väl med ogräsen och det blir inte något luckigt bestånd. I Jordshögs fält återfinns en rand med mer gul jord som torkar snabbare till följd av att ett gammalt stengärde som gått diagonalt genom fältet. I denna jord blir det ett grövre bruk och etableringen blir därför inte densamma som i resten av fältet.

Enligt lantbrukarna fungerar dräneringen bra och det är vanligen inte något stående vatten efter kraftiga regn i de två fälten. I fältet på Jordshög finns det ett undantag, där ett område i den södra delen av fältet kan få stående vatten vid höga nederbörds mängder. Denna plats ligger intill bebyggda tomter och i en liten svacka. Resultat för infiltrationsmätning redovisas under avsnitt 3.1.2. Historiskt har det förekommit skorpbildning i fältet som tillhör Krokstorp, men sedan förändringen av skördesystemet 2016 har det inte bildats någon skorpa. I det konventionellt bearbetade fältet på Jordshög är erfarenheten att skorpa förekommer ibland. Det kan bildas lite skorpa om sådd av sockerbetor sammanfaller med efterföljande höga regnmängder.

Skördenivåerna är jämna och stabila i fältet och mellan år. På Jordshög menar lantbrukaren att avkastningen inte utgör någon rekordskörd i området, men anses inte heller vara dålig. Lantbrukaren på Krokstorp påpekar även att fältet är litet vilket bidrar till att variationen är liten.

Resultaten för Test 2 *Markstrukturtest* på gårdarna utanför Helsingborg indikerar att det fanns både faktorer som tyder på bra, mindre bra och dålig markstruktur i de två fälten. Generellt gav testet en indikation på bättre markstruktur i det fält där direktsådd tillämpas och mellangrödor odlas. Medelpoängen i detta test var högre på Krokstorp på samtliga platser, vid jämförelse av motsvarande plats i respektive fält. Den representativa och bra platsen i fältet på Jordshög hade dock högre poäng än den dåliga platsen på Krokstorp (Tabell 8). Jordmotståndet var stort oavsett plats i fält och gård/odlingssystem, med undantag för den representativa och bra platsen i Jordshögs fält.

Tabell 8. Sammanställning av resultat från Test 2 Markstrukturtest i "Hur mår min jord?" på de tre platserna i respektive fält som undersökts. Gubbarna indikerar hur god eller dålig markstrukturen är. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre är markstruktur enligt "Hur mår min jord?"

	Krokstorp			Jordshög		
	Representativ	Bra	Dålig	Representativ	Bra	Dålig
Jordmotstånd markyta						
Jordmotstånd bearbetningsula						
Struktur matjord						
Mullhalt matjord						
Täta skikt						
Växtrester utseende						
Växtrötter utseende						
Förekomst av dagmaskar						
Medeltal	2,3	2,4	1,9	2	2,1	1,6

= Oj här behövs det krafttag för att förbättra strukturen!

= Här finns det en del att göra åt markstrukturen!

= Mycket bra markstruktur! Vårda den!

Matjordens struktur och mullhalt visade övervägande positiva resultat oavsett fält. På de två bra platserna fanns det inte någon tydlig skillnad i strukturen i matjorden, utan aggregaten är avrundade och brottytan skrovlig oavsett fält. Däremot bedömdes aggregaten mer skarpkantade och brottytorna jämnare i den matjord som togs ut på den representativa respektive dåliga platsen på Jordshög i jämförelse med Krokstorp (Figur 37 och Figur 38 i Bilaga 2). Bedömningen av mullhalt på respektive plats var svår att bedöma i fält på grund av torra förhållanden. Men vid visuell uppskattning av färgskillnader mellan matjord och alv ansågs den vara större i allmänhet på Jordshög. Matjorden var mörkare än alven, vilket tyder på högre mullhalt i matjorden. Det kan vara motsägelsefullt då växt- och skörderester vänds ner i det konventionella odlingsystemet, medan de lämnas kvar i den övre profilen då direktsådd tillämpas. Den uppmätta kolhalten i skörderutorna visade däremot att mullhalten var högre på Krokstorp än Jordshög (Magnusson 2022).

Såväl i det alternativa som i det konventionella odlingsystemet bedömdes det finnas täta och kompakta skikt i markprofilen. Djupen varierade och de täta alternativt kompakta skikten förekom grundare i profilen på Krokstorp medan jorden var lucker på större djup i Jordshögs fält. Oavsett odlingsystem syntes det att skikten påverkar fördelning och tillväxt av rotsystemen. Det mekaniska motståndet blev för stort i dessa skikt vilket ledde till att växtrötterna böjde av och vissa var förtjockade. På Krokstorp var växtrötterna, trots kompakta skikt, jämnt fördelade i profilen medan det täta skiktet på Jordshög resulterade i en mer ojämn

fördelning. Antalet växtrötter avtog i profilen med djupet och förekom främst i maskhål och maskgångar.

En tydlig skillnad i markprofilerna på de två fälten var förekomsten av växtrester. På Jordshög återfanns ett lager med växtrester på 20–22 cm djup som inte var nedbrutna (Figur 16). Växtresterna på den dåliga platsen i fältet upplevdes sämre nedbrutna än på de andra två platserna. Jorden luktade friskt oavsett plats i fält och gård, men detta kan bero på de torra förhållanden som rådde. På Krokstorp återfanns inga växtrester i profilen utan de tycktes vara väl förmultnade.

A



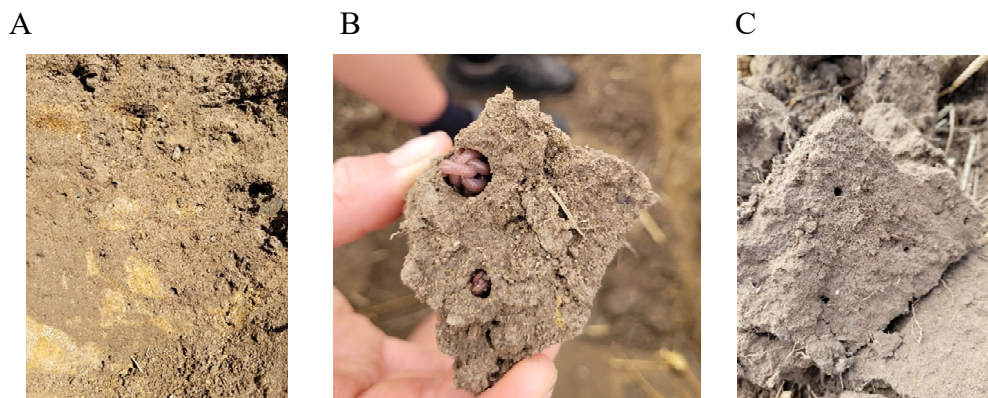
B



Figur 16. Dåligt omsatta växtrester i profiler på representativ plats (A) och dålig plats (B) på Jordshög. Foto: Clara Kihlstrand

På Krokstorp var antalet daggmaskar på fältets olika platser stort i antal oavsett platsens status (Figur 17). Vid jämförelse inom fältet var det ändå skillnad, där den representativa platsen hade ännu större antal maskar och maskgångar i jämförelse med den bra gropan. Den bra gropan hade i sin tur fler maskar och maskgångar än den dåliga platsen. Vid jämförelse med det andra fältet i studien var antalet daggmaskar fler på Krokstorp. På Jordshög bedömdes det finnas en del daggmaskar och maskhål på den bra platsen, medan det på den representativa och dåliga återfanns endast ett fåtal. I ”Hur mår min jord?” angavs antalet daggmaskar ligga på mellannivån oavsett grop, även om det finns skillnader inom fältet. Resultaten i de två fälten tyder på att reducerad bearbetning, i detta fall direktsådd, gynnar daggmaskarna och leder till större förekomst av dem. Resultatet från den speciella daggmaskundersökningen redovisas under avsnittet 3.1.4.





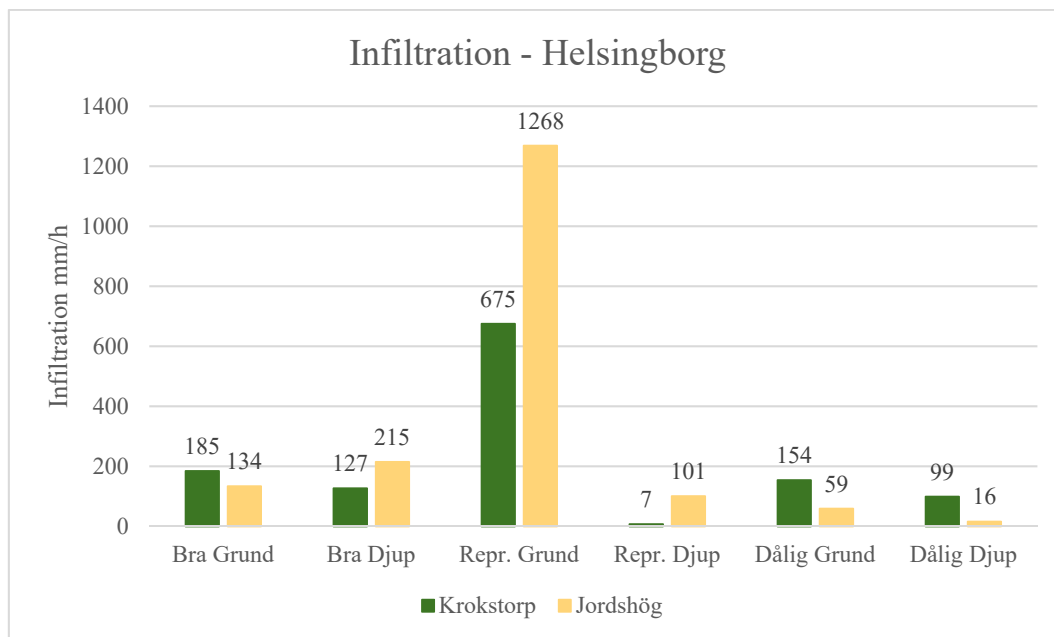
Figur 17. Synliga maskhål i profil på bra plats (A), större aggregat från representativ plats med synliga daggmaskar (B) samt aggregat med maskhål från dålig plats (C) på Krokstorp. Foto: Clara Kihlstrand.

### 3.1.2 Infiltration

Resultatet för infiltration uppmättes med hjälp av *Test 3 Infiltrationstest* i markvårdsapplikationen ”Hur mår min jord?”. Infiltrationsmätningarna indikerar att infiltrationskapaciteten var god i fälten, med undantag för den djupa mätningen på den representativa platsen i fältet med alternativ bearbetning (Figur 18). Resultaten saknar signifikanta skillnader och den stora spridningen av mätvärden för de olika upprepningarna tyder på en osäkerhet i metoden under rådande förhållanden med mycket torr jord och gott om torrsprickor. Utifrån detta resultat går det därför inte att fastställa att det ena odlingssystemet har bättre infiltrationsförmåga och markstruktur än det andra. Även i andra studier har svårigheten att härleda infiltrationsförmågan till markstrukturens förhållande och odlingssystemet uppmärksammas (Skaalsveen et al. 2019). Det visar att detta är ett område som är nödvändigt och viktigt att fortsatt utforska under olika klimat- och odlingsförhållanden.

En god infiltrationsförmåga är positiv i samband med såväl kraftiga som lätta regn. Risken vid kraftiga regn är att matjordens aggregat slås sönder och jorden slammar igen. Detta kan försämra infiltrationskapaciteten mycket och leda till att grödan utsätts för syrebrist. Aggregatstabilitet är därför viktigt och bidrar till jordens infiltrationsförmåga. Sprickbildning och gångar efter såväl växtrötter som daggmaskar bildar också viktiga kanaler för vatten att infiltrera genom (Jordbruksverket 2008).

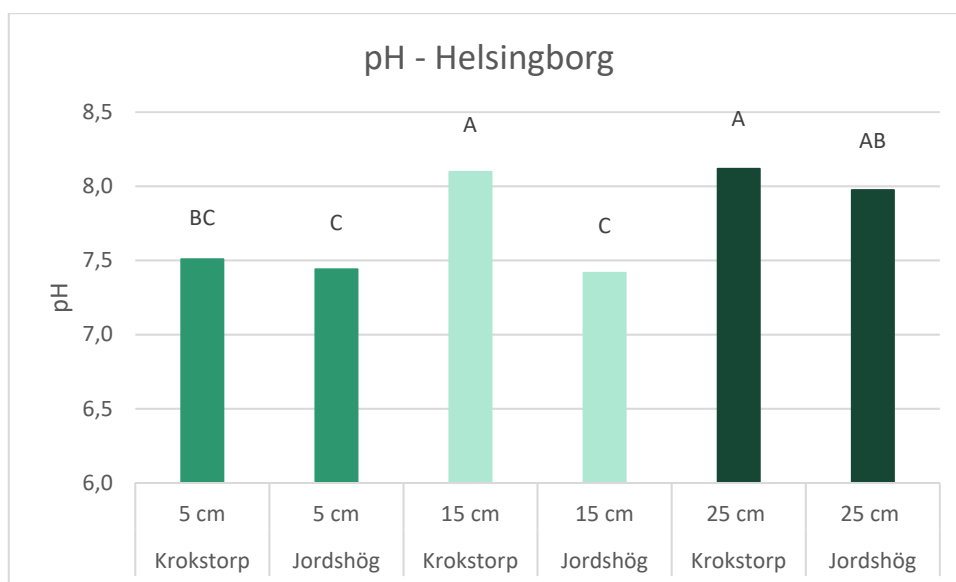
De torra förutsättningarna bidrog till att mätmetoden var svår att genomföra. Det var en stor utmaning att få ner cylindrarna i jorden och säkerställa att vatten inte rann ut ovanpå jorden, i stället för att infiltrera ned. Mätmetoden hade varit enklare att tillämpa under mer fuktiga förhållanden.



Figur 18. Infiltration (mm/h) vid bra, representativ och dålig plats i fälten på Krokstorp och Jordshög. Mätningarna genomfördes på två djup, grund (ca 10 cm djup) och djup (ca 30 cm djup).

### 3.1.3 Markens pH

Resultatet för pH-mätningar på gårdarna utanför Helsingborg visar att pH varierade mellan pH 7,44 och pH 8,12, beroende på plats och djup (Figur 19).



Figur 19. Medel-pH på tre olika djup på de två gårdarna. Bokstäverna visar signifikans.  $p$ -värdet är beräknat för varje gård. Staplar som inte har samma bokstav är signifikant olika. Mätningarna i Helsingborg påvisar en signifikant skillnad på 15 cm djup då  $p$ -värdet var  $\leq 0,05$  mellan gårdarna.

Det lägsta mätvärdet uppmättes på 5 cm djup oavsett fält, medan det högsta pH-värdet är uppmätt på 25 cm djup i båda fälten. Skillnaden i pH mellan de två fälten

var som störst på 15 cm djup. Generellt var pH-värdena i de två fälten, oavsett djup, högre än det mål-pH som anges enligt svenska rekommendationer från Jordbruksverket (Jordbruksverket 2022). Det har inte kalkats i fälten under de senaste tre åren, vilket annars kan bidra till högre pH.

Vid analys av jordprover från ruta ett och tre i fälten uppvisade de två gårdarna lägre pH. På Krokstorp visade mätningen att pH är 6,75 medan det på Jordshög var pH 6,6. Resultaten som är uppmätta i fält stämmer därmed inte överens med analysen på laboratoriet. Olika mätmetoder kan vara förklaring till detta, det kan även bero på mätfel med pH-mätaren *FieldScout* alternativt lokala skillnader inom fältet.

Utifrån detta resultat syntes inga stora skillnader vad gäller pH mellan de två olika odlingssystemen. Det faktum att växtrester lämnats kvar i de två fälten motverkar den naturligt försurande effekt som näringsupptag i växten bidrar till och kan delvis förklara att pH inte var lägre. Bergarten på platsen innehåller fältspat och kalcit/kalkspat, vilket är två mineraler som är rika på kalcium. Kalcit är exempelvis mycket lättvittrat och kan ge ett pH mellan 7 och 8 (Eriksson et al. 2011). Detta kan förklara att pH var något högre än mål-pH. Det högre pH-värdet bidrar till aggregatbildning, vilket är positivt för jorden som växtplats.

### 3.1.4 Daggmaskmätning

I studien har två daggmaskssläkten påträffats; *Allolobophora* och *Lumbricus*. Daggmaskarna i *Allolobophora*-släktet tillhör gruppen endogeiska daggmaskar och *Lumbricus* tillhör gruppen anektiska daggmaskar.

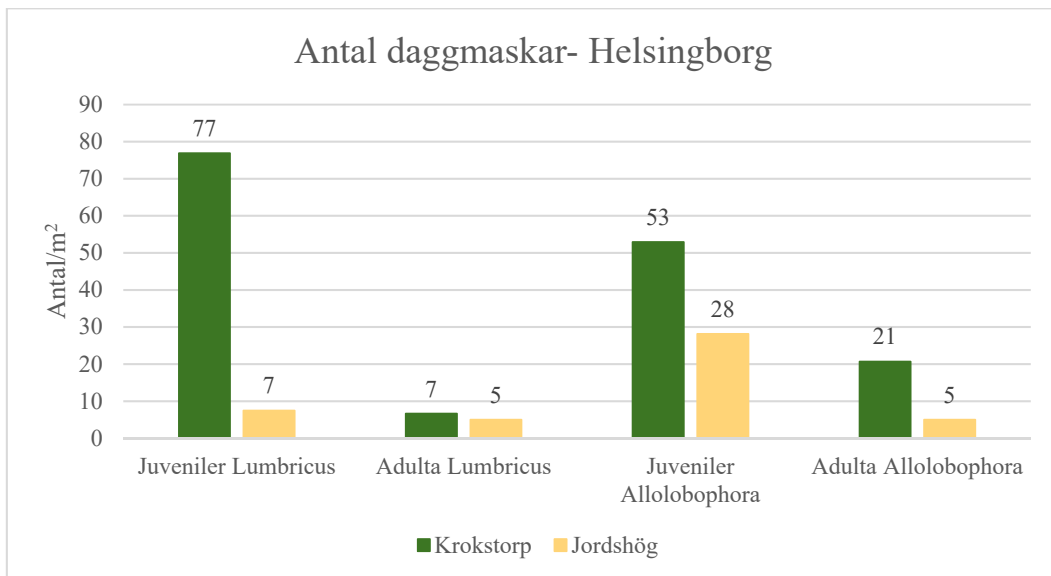
Resultatet för daggmasksmätningarna indikerar att antalet daggmaskar var fler i det odlingssystem som tillämpar direktsådd (Figur 20). Det finns flera andra studier i Europa som tidigare visat att direktsådd gynnar förekomsten av daggmaskar (Gerard & Hay 1979; Kladivko 2001; Anken et al. 2004).

Allmänt i försöken förekom fler juveniler i antal oavsett fält, även om antalet var betydligt lägre i det plöjda fältet. Den totala vikten av daggmaskarna, för respektive daggmaskssläkte, var i förhållande till antalet och utvecklingsstadiumsfördelningen överensstämmande (Figur 21). Det finns ingen signifikans eller statistisk säkerhet i resultatet, men siffrorna väcker intresse att undersöka daggmasksförekomsten i fälten ytterligare.

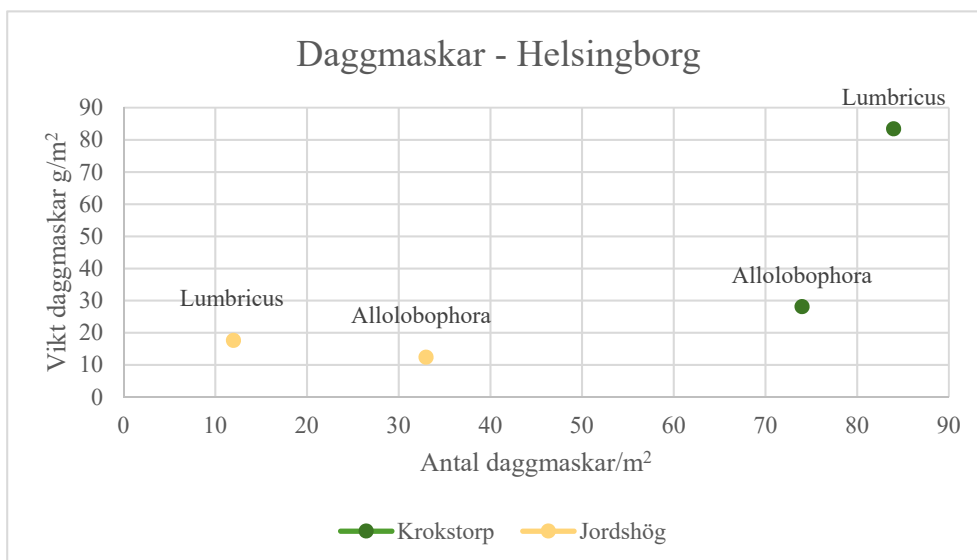
Det var störst skillnad i förekomst av arten *Lumbricus* i de två fälten, vilket stämmer överens med tidigare studier som visar att djupgående daggmaskarter påverkas mer av plöjning (Kladivko 2001). Det endogeiska släktet *Allolobophora* tycks vara marginellt vanligare än *Lumbricus* i det plöjda systemet enligt vår mätdata.

Tillgång på organiskt material är viktig för daggmaskarna eftersom det är en förutsättning för att de ska få näring. Skillnad i pH, markpackning och koncentration av näringsämnen är andra viktiga aspekter. Enligt markstrukturtestet

i "Hur mår min jord?" är strukturen något bättre i fältet med direktsådd, vilket gynnar daggmaskarna.



Figur 20. Mätning av antal daggmaskar på respektive gård uppdelat efter släkten (*Lumbricus* alt. *Allolobophora*) samt utvecklingsstadium (juvenil alt. adult) på Krokstorp och Jordshög 2022-10-23



Figur 21. Den totala vikten samt antalet daggmaskar av de två släktena *Lumbricus* och *Allolobophora*, utan hänsyn till utvecklingsstadium, i respektive fält. Mätningar är genomförda 2022-10-23. Fyra mätningar har upprepats i varje fält och varje mätning innebär att daggmaskar samlades in från en yta om 0,55 m x 0,55 m under 15 minuter.

### 3.1.5 Turbiditet och elektrisk konduktivitet

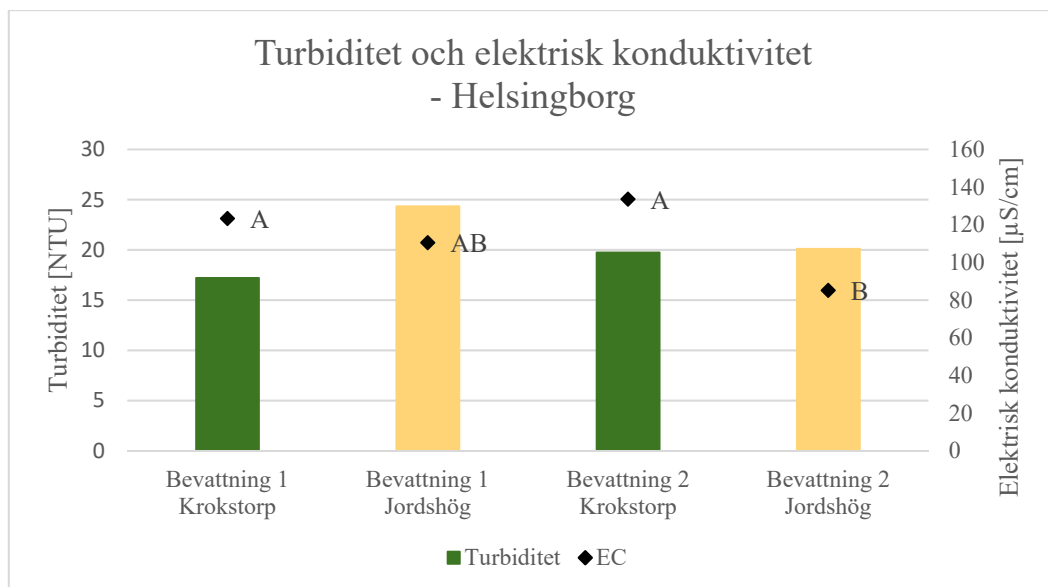
Turbiditets- och EC-mätningarna tyder på att aggregatstabiliteten var bättre hos aggregaten från fältet med direktsådd (Figur 22). Resultatet visar att dräneringsvattnet som runnit genom aggregaten från Krokstorp har lägre

grumlighet och indikerar därmed att lerpartiklarna i dessa aggregat var starkare bundna till varandra. I detta dräneringsvatten uppmättes även högre EC, vilket innebär att vattnet innehåller fler lösta joner. Den elektriska laddningen är positiv ur aggregatstabilitetssynpunkt. Hög andel joner i lerjordar, främst tvåvärdiga katjoner (såsom  $\text{Ca}^{2+}$  och  $\text{Mg}^{2+}$ ), är särskilt viktiga i bildandet av stabila aggregat.

Bättre aggregatstabilitet i odlingsystem utan jordbearbetning har påvisats även i andra studier i norra Europa, i exempelvis Danmark, Tyskland och Belgien (Abdollahi et al. 2014; Pulido Moncada et al. 2014; Urbanek & Smucker 2014).

Aggregatstabiliteten i odlingsystemet med direktsådd kan bero på andel organiskt material, förekomst av daggmaskar som bidrar till stabilitet och ett fördelaktigt pH. Såväl mullhalt som antalet daggmaskar påverkas av den minimerade bearbetningen eftersom det gynnar de naturliga processerna. Tidigare undersökningar av daggmaskförekomst i olika odlingsystem har även visat att antalet daggmaskar påverkar aggregatstabilitet (Gerard & Hay 1979). Genom att röra mindre i jorden bevaras mer organiskt material i det översta skiktet vilket ger en ökad mullhalt (Franzluebbers 2002).

Tendensen att det var sämre aggregatstabilitet i odlingsystemet med plog kan eventuellt bero på färre antal daggmaskar eller djupare uppluckring som sker vid bearbetning. Det finns många naturliga processer som gynnar aggregatstabilitet och den djupa bearbetningen stör dessa.



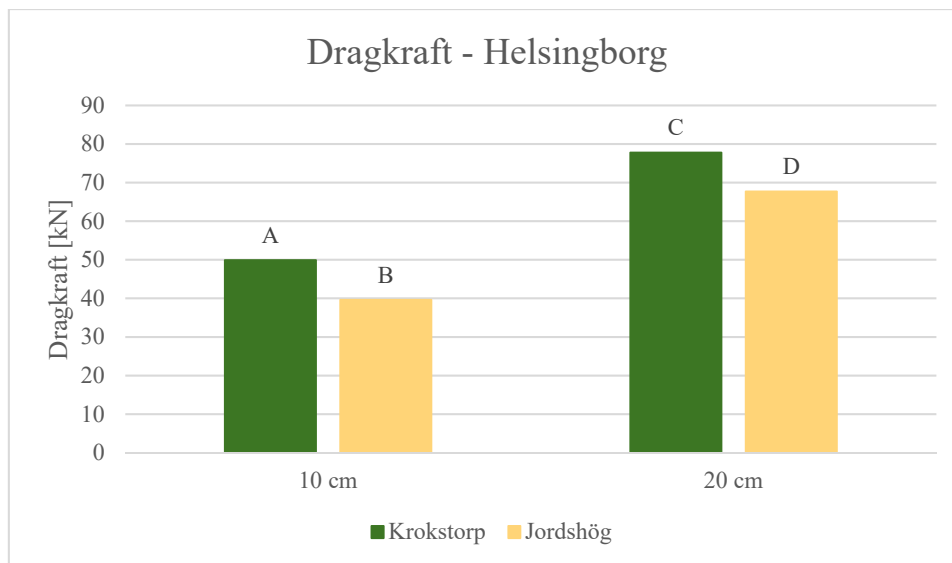
Figur 22. Turbiditet samt elektrisk konduktivitet (EC) i lakvattnet från regnsimulering av aggregatprover (2–5 mm) från Krokstorp och Jordshög vid två bevattningsstillfällen. Ingen signifikant skillnad fanns för turbiditeten. För EC uppmättes signifikans. Punkter som inte har samma bokstav är signifikant skilda.

### 3.1.6 Dragkraft och bränsleförbrukning

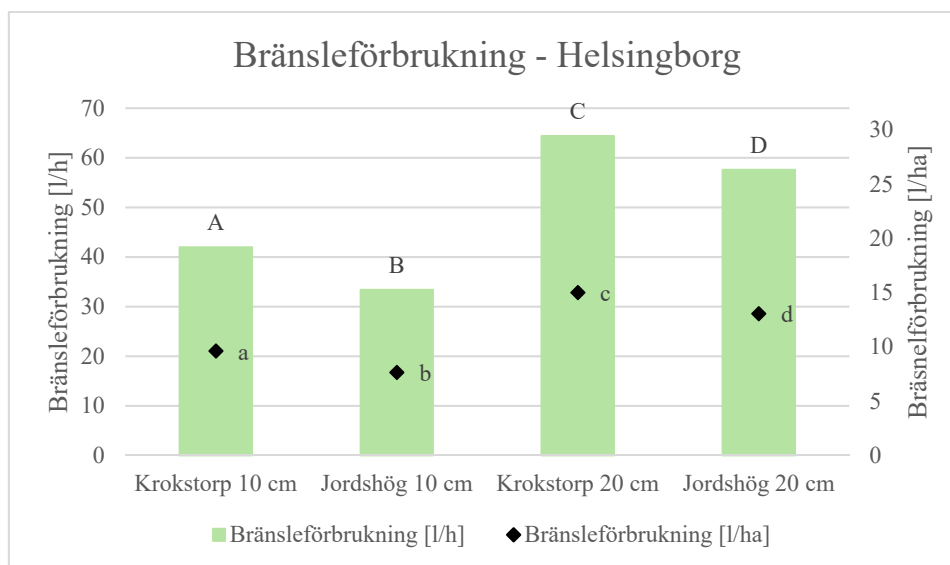
Resultatet för mätningarna av dragkraftsbehov och bränsleförbrukning visar att såväl dragkraften som bränsleförbrukningen var högre och större, oavsett djup, i fältet med direktsådd (Figur 23 och Figur 24). Samtliga mätningar är signifikant skilda och skillnaderna tyder på att jorden var mer uppluckrad i det plöjda fältet. Det innebär att de översta 20 cm i profilen var mer kompakta och utgjorde ett större motstånd, vilket krävde högre dragkraft vid bearbetning i det direktsådda fältet på Krokstorp. Vid större dragkraftsbehov blir det även högre bränsleförbrukning.

Utifrån den praktiska tillämpningen på de två gårdarna bör dragkraftsbehovet och bränsleförbrukningen skilja sig åt eftersom de bearbetar olika mängd jord. Det krävs större dragkraft och mer bränsle för att vända jorden i det konventionella bearbetningssystemet. Därmed är behovet i slutändan lägre i det reducerade bearbetningssystemet.

Markpackning sker under det djup som bearbetas i det enskilda fältet. Det innebär att mätningarna på 10 cm respektive 20 cm djup är genomförda nedanför bearbetningsdjupet och i tillpackad jord på Krokstorp, som endast rör i jorden ner till 5 cm djup i samband med sådd. På Jordshög bearbetas jorden ner till 18 cm djup, vilket förklarar att dragkraften är mindre.



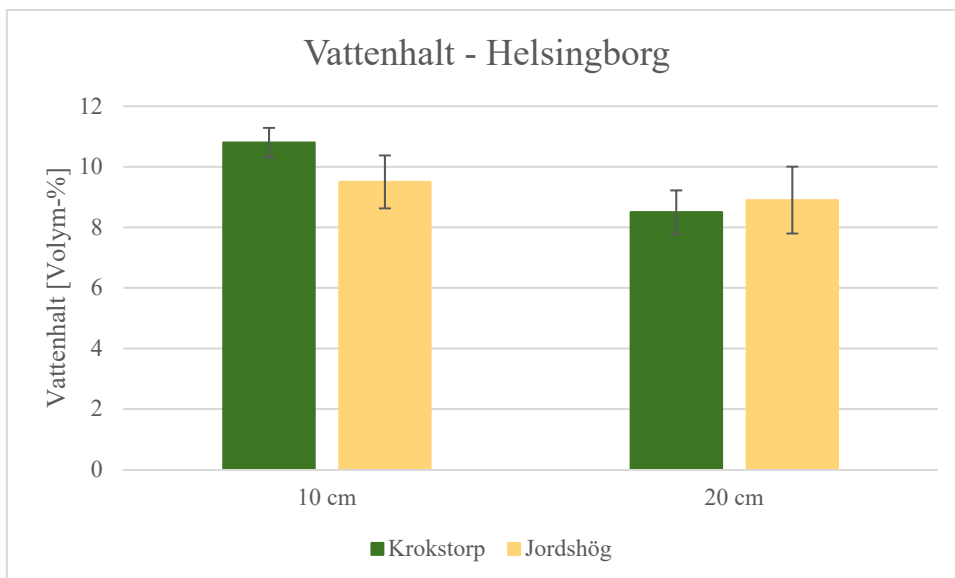
Figur 23. Dragkraftmätningar utförda vid två djup på de båda gårdarna Krokstorp och Jordshög. På Jordshög har två upprepningar skett vid 10 cm djup respektive fyra upprepningar på 20 cm djup. På Krokstorp har fyra upprepningar skett på de två olika djupen. Alla staplarna är signifikant skilda från varandra.



Figur 24. Bränsleförbrukning per timme samt hektar vid dragning av en kultivator på två olika djup. Staplarna visar bränsleförbrukning/h och punkterna bränsleförbrukning/ha. Värdena är signifikant skilda från varandra om bokstäverna inte är samma. Signifikans har beräknats för bränsleförbrukning/h samt bränsleförbrukning/ha.

### 3.1.7 Vattenhalt

Mätningarna av vattenhalt i de två fälten, på djupen 10 och 20 cm, visade inga signifikanta skillnader mellan fälten. Resultaten ryms inom ett konfidensintervall på 90 %. På 10 cm djup var den uppmätta vattenhalten högre i fältet med direktsådd, medan det på 20 cm djup var högre vattenhalt i det plöjda fältet (Figur 25). Vid mätningen av vattenhalt var förhållandena varma och torra, vilket förklarar den låga vattenhalten i de två fälten. Även om resultatet saknar signifikans så tycks det finnas en skillnad i det översta skiktets vattenhållande förmåga. Jorden i fältet som är direktsått hade högre vattenhalt. Studier från USA har visat att odlingssystem utan jordbearbetning har bättre vattenhållande förmåga (Soane et al. 2012). Detta är en viktig och intressant aspekt för framtidens lantbruk där risken för längre och mer torra perioder utgör ett hot. Därför vore det intressant att undersöka detta vidare och genomföra fler mätningar för att avgöra om tendensen faktiskt stämmer.



Figur 25. Vattenhalt i % direkt efter kultivering av halmstubb uppmätt med en Wet-Sensor på 10 och 20 cm djup. Ingen signifikans mellan mätresultaten gick att utläsa. Felstaplarna visar medelfelet för varje djup och mätplats.

### 3.1.8 Avkastning

Resultatet för avkastning visar att den skördade biomassan från de tre skörderutorna i genomsnitt var något högre på Krokstorp och låg på 10 949 kg/ha medan motsvarande siffra på Jordshög var 10 817 kg/ha (Tabell 9). Däremot är den av uppskattade skörden för hela fältet nästan 500 kg högre per hektar Jordshög än på Krokstorp. Tusenkornvikten var i medel 64 g på Krokstorp jämfört med 50 g på Jordshög (Tabell 10). Rymdvikten var 30 g/l högre på Krokstorp än Jordshög (Tabell 11).

Radavstånd är en viktig faktor som påverkar grödans konkurrenssituation. I ett bestånd med tätt avstånd i och mellan rader blir den intraspecifika konkurrensen högre, medan den interspecifika konkurrensen riskerar att bli hög i ett bestånd med bredare radavstånd. Höstvetet på Krokstorp såddes med dubbelt radavstånd (25 cm) och höstvetet på Jordshög såddes med 12,5 cm radavstånd. Ett bredare radavstånd bidrar till ett större ljusinsläpp i beståndet, vilket är gynnsamt för grödans tillväxt och avkastning. Det finns emellertid en risk att ogräs konkurrerar om ljuset också och därför är det viktigt med en god ogräskontroll. Dubbelt radavstånd medger att plantorna i beståndet får större utrymme till bestockning. På Krokstorp var radavståndet en anpassning till den såmaskin som användes samt resultatet av minimerad bearbetning eftersom ett bredare radavstånd leder till mindre störning i marken.



Tabell 9. Kärnskörd för höstvetesorterna *Informer* och *Hallfreda* (kg/ha) redovisat för respektive skörderuta och medelskörd för de tre rutorna (skördat 2022-08-15) samt den uppskattade skörden\* av lantbrukaren på Krokstorp (skördat 2022-08-15) och Jordshög (skördat 2022-08-16). Vattenhalt 15 %. Relativtal för jämförelse av skördarna redovisas också i tabellen

	<b>Skörd biomassa (kg/ha)</b>			
	Krokstorp <i>Informer</i>		Jordshög <i>Hallfreda</i>	
	Värde	Relativtal	Värde	Relativtal
Skörderuta 1	10 614		11 313	
Skörderuta 2	11 588		10 612	
Skörderuta 3	10 644		10 526	
Medel	10 949	101	10 817	<u>100</u>
Uppskattad skörd*	9 230	95	9 676	<u>100</u>

Tabell 10. Uppmätt tusenkornvikt (g) för höstvetesorterna *Informer* och *Hallfreda* i respektive skörderuta samt medel för skörderutorna på Krokstorp samt Jordshög (skördat 2022-08-15). Uppmätt tusenkornvikt (g) för höstvetesorterna *Informer* och *Hallfreda* i respektive skörderuta samt medel för skörderutorna på Krokstorp samt Jordshög (skördat 2022-08-15). Vattenhalt 15 %

	<b>Tusenkorvikt (g)</b>	
	Krokstorp <i>Informer</i>	Jordshög <i>Hallfreda</i>
	Skörderuta 1	63,4
Skörderuta 2	63	49,3
Skörderuta 3	64,5	51
Medel	64	50

Tabell 11. Rymdvikt för höstvetesorterna *Informer* och *Hallfreda* på Krokstorp och Jordshög (g/l) (skördat 2022-08-15). Vattenhalt 15 %

	<b>Rymdvikt (g/l)</b>	
	Krokstorp <i>Informer</i>	Jordshög <i>Hallfreda</i>
	Skörderuta 1	795
Skörderuta 2	791	824
Skörderuta 3	777	815
Medel	788	818

I sortförsök (2018–22) i område A (Sydvästra Götaland) har höstvetet *Informer* högre relativtal vad gäller kärnskörd (kg/ha) och tusenkornvikt (g) än *Hallfreda*, medan relativtalet för rymdvikt är lika (Tabell 12) i jämförelse med en mätarsort (Sortval.nu n.d.). Sortförsöken indikerar att *Informer* generellt ger högre avkastning, men det var inte lika tydligt i detta försök. Det tyder på att odlingssystemet påverkar avkastning och att det sker en skördeförlost vid reducerad bearbetning, vilket tidigare studier i Europa även visat (Anken et al. 2004; Büchi et al. 2019). En annan studie hänvisar till att det inte är någon större skillnad i skörd av höstsådda grödor mellan de två odlingssystemen efter lämplig förfrukt, men att effekten i vårsådda grödor är större. Då grödan i ett reducerat odlingssystem inte uppnår samma skörd (Skaalsveen et al. 2019).

Skillnad i tusenkornvikt mellan de två höstvetesorterna i denna studie var större än i de svenska sortförsöken (2018–22) (Sortval.nu n.d.). Det kan bero på att odlingssystem och genomförda behandlingar var olika i denna studie medan sorterna behandlas lika i sortförsöket.

Ur ett ekonomiskt perspektiv kan odlingssystemet med direktsådd vara mer lönsamt trots lägre skörd. Det vägs nämligen upp av lägre maskin- och bränslekostnader samt mindre arbetstid (Jordbruksverket 2008).

Tabell 12. Jämförelse av medelvärden för kärnskörd, tusenkornvikt och rymdvikt för sorterna Informer och Hallfreda med mätarsort under tidsperioden 2018–2022 i sortförsök. 15 % vattenhalt. Resultat för skördad kärna är hämtad från: Sortförsök i Område A. Tusenkornvikt samt Rymdvikt är hämtad från: Sortförsök i Sverige. Källa: (Sortval.nu n.d.)

Sort	Skörd kärna (kg/ha)			Tusenkorvikt (g)			Rymdvikt (g/l)		
	V	R	N	V	R	N	V	R	N
Informer	11 357***	106	20	51,7***	110	67	808***	99	67
Hallfreda	10 739	101	20	45,2***	96	67	808*	99	67
Mätarsort	10 666	<u>100</u>	20	46,9	<u>100</u>	67	817	<u>100</u>	67













V = värde, R = relativtal, N = antal observationer. Antal \* visar signifikans.


## 3.2 Ystad


### 3.2.1 "Hur mår min jord?"

Resultaten för Test 1 *Allmänna frågor om skiftet* visar att erfarenheten av bearbetning, grödans etablering och tillväxt samt infiltrationskapacitet i fältet är god hos lantbrukarna på respektive gård (Tabell 13). Resultat för Test 1 Allmänna frågor om skiftet på Charlottenlund respektive Teglagården. Resultatet är en sammanställning av lantbrukarnas svar på frågorna i testet vid intervju. Gubbarna indikerar hur bra eller dåligt lantbrukaren upplever markstrukturen i fältet samt dess inverkan på gröda, dragkraft och infiltration. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre markstruktur enligt "Hur mår min jord" (Tabell 13). Lantbrukarna har fått svara på ett antal frågor från "Hur mår min jord?".

Tabell 13. Resultat för Test 1 Allmänna frågor om skiftet på Charlottenlund respektive Teglagården. Resultatet är en sammanställning av lantbrukarnas svar på frågorna i testet vid intervju. Gubbarna indikerar hur bra eller dåligt lantbrukaren upplever markstrukturen i fältet samt dess inverkan på gröda, dragkraft och infiltration. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre markstruktur enligt "Hur mår min jord?"

	Charlottenlund	Teglagården
Bearbetning av jord		
Etablering av gröda		
Grödans konkurrensförmåga		
Vatteninfiltration		
Skorpbildning		
Stabila skördenivåer		
Medeltal	3	3

 = Oj här behövs det krafttag för att förbättra strukturen!

 = Här finns det en del att göra åt marksstrukturen!

 = Mycket bra markstruktur! Vårda den!

Lantbrukarna uppger att fältet under normala förhållanden är lättbearbetade. Lerhalten varierar framför allt på Charlottenlund, då det fältet är mer kuperat och har högre lerhalt i backarna. Detta medför att det finns skillnader i dragkraftsmotstånd inom fältet. Även om det på gårdarna tillämpas olika bearbetningsmetoder, så räcker det med en överfart med respektive redskap. På Charlottenlund används ett smalare redskap i förhållande till traktorn för att kunna hålla jämn fart över hela fältet.

Till följd av nivåskillnaderna i fälten påverkas infiltrationskapaciteten och kraftfulla regn kan leda till ytavrinning. Detta medför att vatten, vid kraftiga regn, tidvis kan bli stående i svackor, men att det infiltrerar med tiden. Lantbrukaren på Charlottenlund påpekar att skillnader i infiltrationshastighet även är beroende av jordart, men att det inte är några dramatiska skillnader i fältet. Den generella bilden är att infiltrationsförmågan på fälten är god. Mätningar från den speciella infiltrationsmätningen redovisas under avsnittet 3.2.2.

Erfarenheten på gårdarna är att det vanligtvis inte bildas någon skorpa i fälten. På Charlottenlund har det hänt att skorpa bildats vid häftiga regn efter sådd av sockerbeter.

Båda lantbrukarna beskriver att årsmånen är avgörande för vilken skörd det blir, men att variationen anses vara naturlig och inte bero på jordens markstruktur.

Resultaten för Test 2 *Markstrukturtesten* på gårdarna utanför Ystad visade att det fanns indikatorer som tyder på god, mindre bra och dålig markstruktur. Testerna i det fält där reducerad bearbetning tillämpas indikerade att parametrarna för markstruktur var jämna eller bättre, i jämförelse med det fält där jorden plöjts (Tabell 14). Sämst markstruktur har enligt "Hur mår min jord?" dålig plats, Charlottenlund och representativ plats, Teglagården.

Tabell 14. Sammanställning av mätningar för Test 2: Markstrukturtest i "Hur mår min jord?" på de tre platserna i respektive fält som undersökts. Gubbarna indikerar hur god eller dålig markstrukturen är. Grön gubbe ger 3 poäng, gul 2 poäng och röd 1 poäng. Ju närmare ett medeltal på 3 gården har desto bättre är markstruktur enligt "Hur mår min jord?"

	Charlottenlund			Teglagården		
	Representativ	Bra	Dålig	Representativ	Bra	Dålig
Jordmotstånd markyta						
Jordmotstånd bearbetningssula						
Struktur matjord						
Mullhalt matjord						
Täta skikt						
Växtrester utseende						
Växtrötter utseende						
Förekomst av dagmaskar						
Medeltal	2,3	2,1	1,6	1,6	2	1,8

= Oj här behövs det krafttag för att förbättra strukturen!

= Här finns det en del att göra åt marksstrukturen!

= Mycket bra markstruktur! Vårda den!

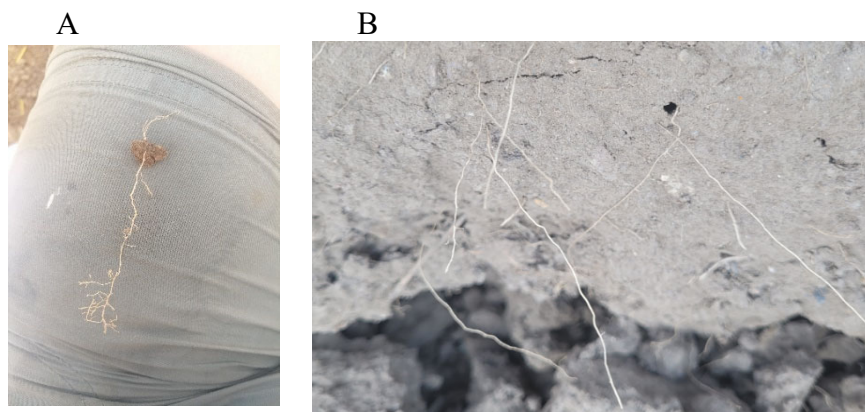
Vid mätning av jordmotståndet visade mätningarna att det var högt motstånd oavsett plats och djup. Mätningarna antyder att markstrukturen var dålig, men på grund av rådande väderförhållande i samband med mätningarna kan det stora motståndet tänkas bero på mycket torra förhållanden.

Matjordens struktur var varierande och allmänt bättre i det fältet med reducerad bearbetning. På Charlottenlund fanns en gradvis förändring i bedömning av matjorden från den bra, representativa till den dåliga platsen i fältet. Matjorden bestod av avrundande aggregat som föll sönder i mindre porösa aggregat och vars brottytor var skrovliga på den bra platsen. I jämförelse med den dåliga platsen hade den representativa matjordens aggregat även bra struktur. På den dåliga platsen i detta fält upplevdes däremot matjordens struktur kantigare. Brottytorna var jämnare jämfört med de två andra platserna i fältet, även om det finns tendenser till skrovlighet även här. Vid jämförelse mellan gårdarna är matjordens struktur i det fält där jorden plöjts, kantigare och brottytorna var något ojämna till jämna (Figur 39 och Figur 40 i Bilaga 3).

Matjorden var något mörkare än alven, men skillnaden var liten. Störst färgskillnad syntes i den dåliga gropen på Teglagården och minst färgskillnad syntes i gropen representativ på Teglagården. Den okulära bedömningen var svår då det var torrt på platsen. Vid tidigare mätningar i fälten har mullhalten på Teglagården uppmätts till 2,5 % och Charlottenlund 3,4 % (Magnusson 2022).

Det återfanns täta och kompakta skikt i de två fälten som medförde att växtrotterna böjde av i samtliga jordprofiler. I det fält där reducerad bearbetning tillämpats var tillväxten och fördelningen av växtrotterna gradvis sämre vid

jämförelse av den bra-, representativa- och dåliga platsen. På den representativa platsen var rötterna friska och jämnt fördelade medan de på den bra samt dåliga platsen avtog på djupet och växte i maskgångar. Växtrötterna i profilen på den dåliga platsen tenderade dessutom att vara gul- och brunaktiga. Det går därför att konstatera att det fanns variationer gällande hur friska växtrötterna var inom fältet. I det plöjda fältet växte växtrötterna på den representativa platsen främst i maskhål och sprickor. På djupet var växtrötterna i denna profil lite förtjockade och brungula. Däremot återfanns vita och friska växtrötter i den bra och dåliga profilen (Figur 26). Andelen växtrötter i dessa profiler avtog med djupet.



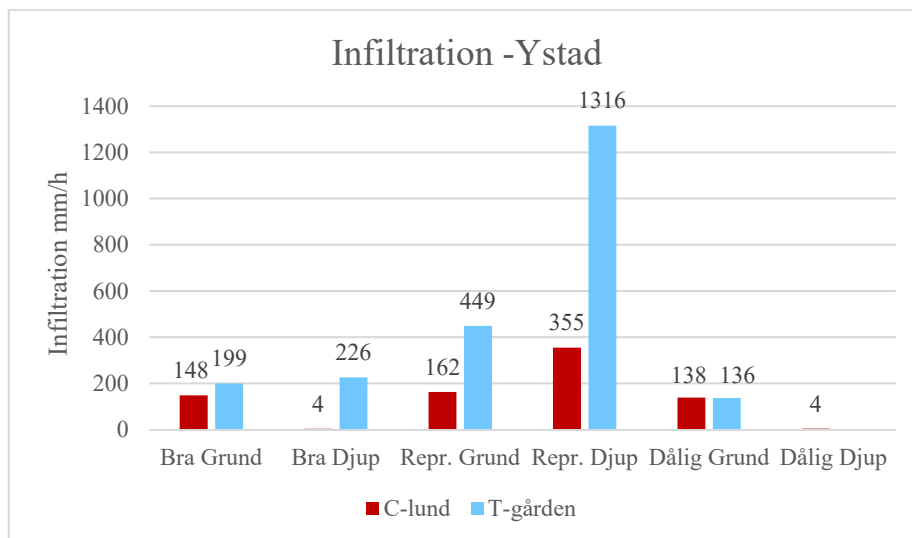
Figur 26. Växtrot från bra plats på Charlottenlund (A), samt växtrot från bra grop på Teglagården (B).

Jordarna i de två fälten luktade friskt och växtresterna var väl omsatta på de olika platserna. På den representativa platsen, i det plöjda fältet, återfanns ett litet lager med växtrester på 20 cm djup.

Vid bedömning av antalet dagmaskar i profilerna var det tydligt att det fanns fler dagmaskar och gångar i profilerna på en representativ eller bra plats i fältet oavsett vilket odlingsystem. I profilerna på de dåliga platserna var det tydligt färre maskhål vid jämförelse inom fälten och det fanns inte några synliga dagmaskar vid mätningarna. Det var skillnad mellan fälten, där antalet dagmaskar och maskhål var högre i odlingsystemet med reducerad bearbetning i jämförelse med det plöjda systemet oavsett plats i fält. Resultatet indikerar att reducerad bearbetning gynnar dagmaskarna vilket även syns i mätresultaten. Mätningarna från den speciella dagmaskundersökningen redovisas under avsnittet 3.2.4.

### 3.2.2 Infiltration

Infiltrationskapaciteten var i de flesta mätningarna mycket god ( $>12\text{mm/h}$ ), med vissa undantag, framför allt på 30 cm djup vid den dåliga platsen (Figur 27).



Figur 27. Infiltrationen (mm/h) vid bra, representativ och dålig plats på fälten vid Charlottenlund och Teglagården. Mätningarna gjordes på två djup, grund (cirka 10 cm djup) och djup (cirka 30 cm djup).

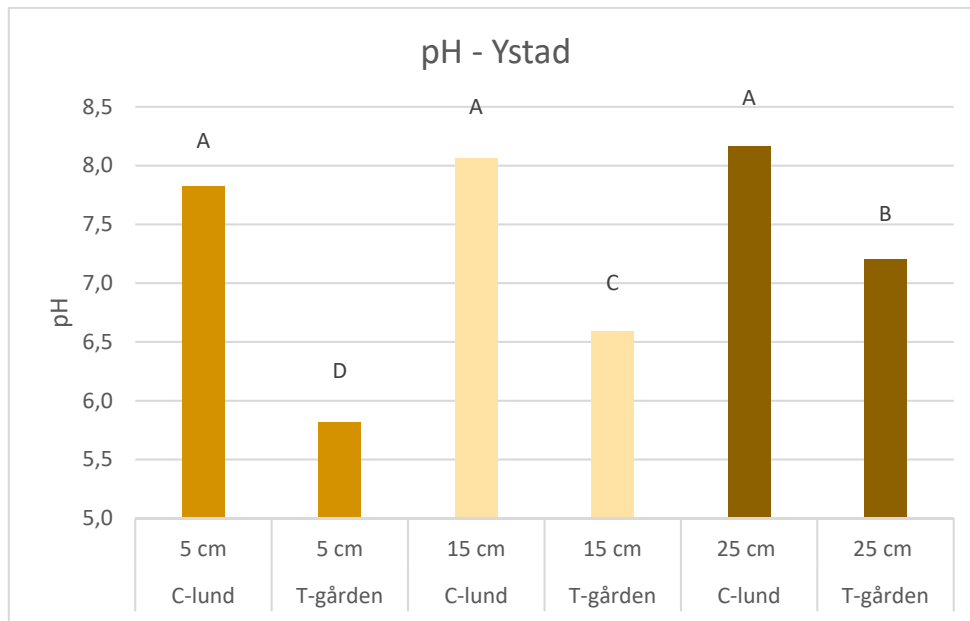
Jordarna består av en lerhalt på 16–18 % vilket gör dem mer benägna att infiltrera vatten än en styvare lera. Till följd av att de två gårdarna består av likartad jordmån borde det endast varit växtföljd och bearbetningsmetod som spelat roll för mätresultaten. Den reducerade bearbetning borde, till följd av större dagmaskantal, haft mer vertikala porer än det plöjda systemet och således en bättre infiltrationskapacitet (Larsson 2002). Mätmetoden blev vid de torra förhållandena osäker då marken hade många torrspäckor och det krävdes en stor kraft för att få ner cylindrarna till tillräckligt markdjup.

En god infiltrationskapacitet är viktigt ur flera aspekter. Det är dels viktigt att vatten inte blir stående på växande gröda då detta förhindrar växters respiration (Elmqvist & Arvidsson 2014). Vid regn är det även viktigt med en god aggregatstabilitet för att denna inte ska bli sönderslagen (Soil Health Institute n.d.).

Utifrån mätningarna och den osäkra mätmetoden går det ej att fastslå att det ena eller andra odlingsystemet har bättre infiltration. I framtida försök bör mätningarna göras under mindre torra betingelser.

### 3.2.3 Markens pH

Mätningarna av pH med *Field-Scout* i Ystad påvisade ett högre pH i de tre djupen på Charlottenlund jämfört med Teglagården (Figur 28). På Teglagården steg pH med djupet kraftigare än på Charlottenlund. I jordanalyserna från Eurofins var pH vid Teglagården på 6,75 (ruta 1 och 3) och 7,85 vid Charlottenlund. Data som stämmer överens med de pH-värden som uppmättes i fält.



Figur 28. Medel pH på de olika djupen och gårdarna. Felstaplarna visar medelfelet för varje medelresultat. Bokstäverna visar signifikans.  $p$ -värdet är beräknat för varje gård. Staplar som inte har samma bokstav är signifikant olika. Mätningarna i Ystad påvisar en signifikant skillnad då  $p$ -värdet var  $\leq 0,05$  mellan gårdarna på alla tre djupen; 5, 15 samt 25 cm.

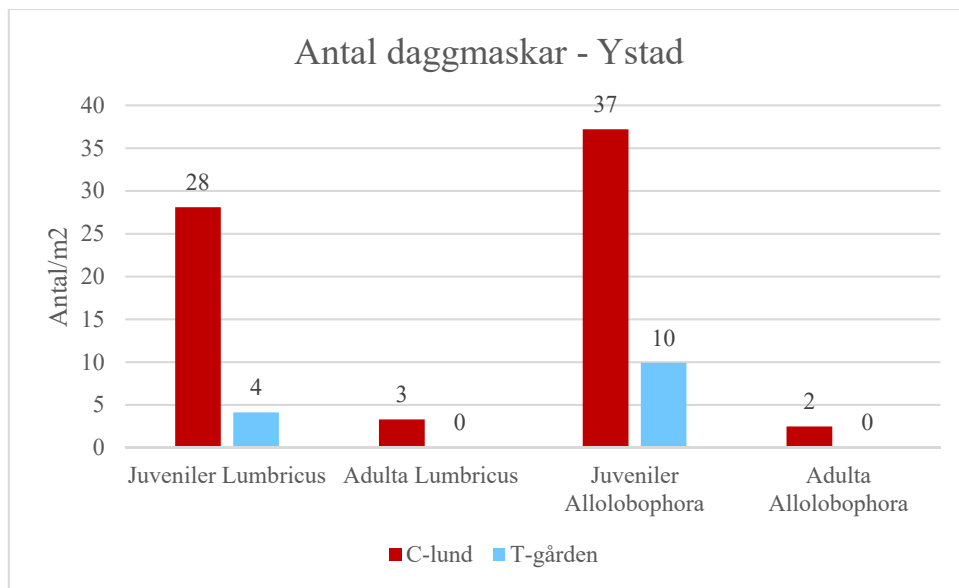
pH på Charlottenlund höll sig jämnare över djupet än på Teglagården. På Charlottenlund skiftade pH mellan 5 cm till 25 cm från 7,82 till 8,16 (0,34 enheter). På Teglagården skiftade resultaten från 5,82 på 5 cm djup till 7,20 på 25 cm (1,38 enheter). Detta skulle kunna förklaras av hur  $\text{Ca}^{2+}$  binder in till ler och humuspartiklarna i marken (Eriksson et al. 2011). Gårdarna utförde kalkning under 2021 men av olika anledningar. Charlottenlund strukturalkade medan Teglagården underhållskalkade. Efter kalkning brukade Charlottenlund ner klak till ett djup av 15–18 cm med en kultivator två gånger. Teglagården plöjde ner kalk. Detta gör att omrörningen av jorden är mindre på Charlottenlund än Teglagården och skulle kunna leda till att kalciumjonerna håller sig bundna till de negativa partiklarna i marken från strax under bearbetningsdjup och uppåt i profilen efter de två djupare kultiveringarna. Vilket skulle stämma överens med fältförsök från Lanna, i Västergötland, som visat att  $\text{Ca}^{2+}$  28 år efter kalkning var bunden till det översta markskiktet (0-40 cm) med huvuddelen av  $\text{Ca}^{2+}$  i matjorden (Eriksson et al. 2011).

Alla resultat mellan gårdarna på de olika djupen är signifikant skilda från varandra. Detta har troligen med kalkstrategi att göra då de har kalkat med olika kalkmedel. Det är viktigt att pH är på en bra nivå även på djupet då det är där rötterna i många fall tar upp näring i form av joner. Är pH för högt eller lågt binds växnäring in i icke växttillgänglig form (Eriksson et al. 2011).

### 3.2.4 Daggmaskmätningar

I studien har två daggmaskssläkten påträffats; *Allolobophora* och *Lumbricus*. Daggmaskarna ur släktet *Allolobophora* gräver horisontella gångar och tillhör gruppen endogeiska daggmaskar. *Lumbricus* gräver i större utsträckning vertikala gångar, och tillhör gruppen anektiska daggmaskar.

Daggmaskmätningarna uppvisade tydliga tendenser i antal daggmaskar mellan de två gårdarna både när det kommer till juveniler och adulta samt *Lumbricus* och *Allolobophora* (Figur 29). Mätningarna innehöll mycket nollmätningar vilket gör att ingen statistik har beräknats på mätningarna.



Figur 29. Antal daggmaskar per m<sup>2</sup> i fältet uppdelat efter art och ålder. Mätningarna har skett på tre mätrutor om 0,55\*0,55 m och är utförda 2022-10-28. Mätvärdena är uppdelade per daggmaskart samt om daggmasken är juvenil eller adult. Signifikans samt medelfel ej beräknat då för många nollor uppmättes.

Anledningen till den stora skillnaden mellan gårdarna beror troligen på flera samlade anledningar. En kan vara att Teglagården plöjer. Forsök har visat att plöjning trycket tillbaka daggmaskpopulationen i större utsträckning än reducerad jordbearbetning (Chan 2001). Detta resultat stämmer även överens med resultaten utförda på gårdarna utanför Ystad. Anledningen till den stora skillnaden mellan gårdarna beror troligen på flera samlade anledningar. En kan vara att Teglagården plöjer. Forsök har visat att plöjning trycket tillbaka daggmaskpopulationen i större utsträckning än reducerad jordbearbetning (Chan 2001).

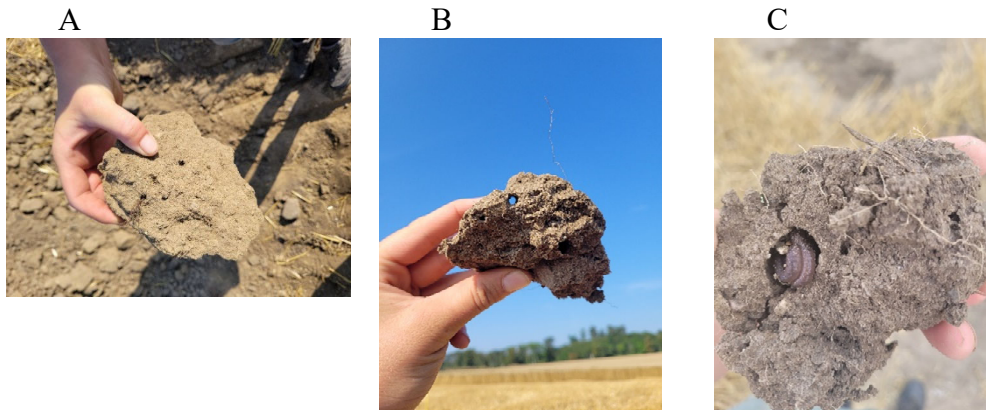
Även markpackning bidrar till en minskad daggmaskpopulation (Haldén 2018). I samband med groparna undersöktes kompakta skikt, dessa påvisade en större markpackning på Teglagården. Markstrukturmässigt fick Teglagården 1,8 i betyg i "Hur mår min jord?" och Charlottenlund 2. Daggmaskgångar bidrar till en ökad



markporositet vilket är positivt för infiltration, gasutbyte och rötter (Figur 30) (Berglund & Gustafson Bjuréus 2008).

En tredje anledning till den stora skillnaden mellan daggmaskpopulationerna kan vara halten av organiskt material i fälten. Charlottenlund har 0,9 % högre mullhalt än Teglagården.

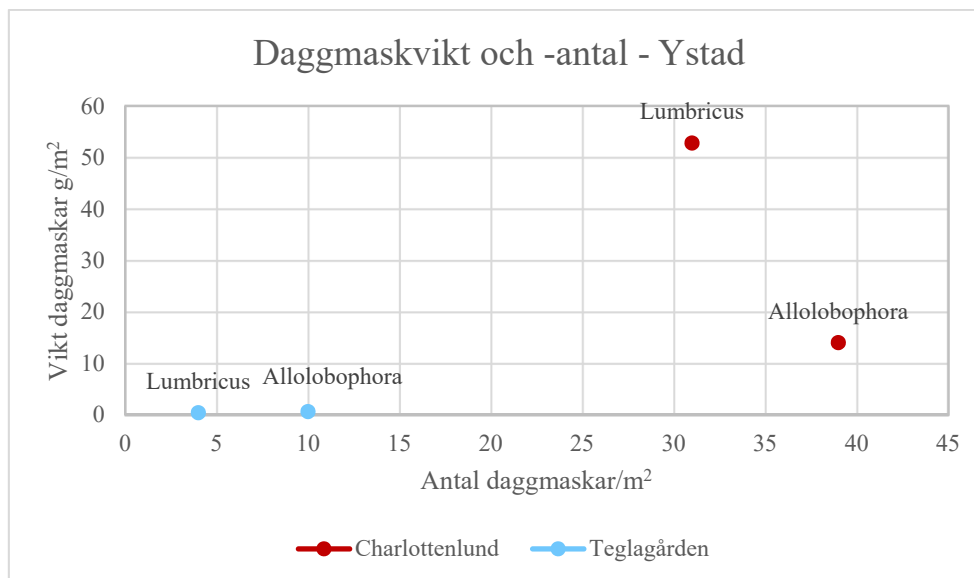
Det är allmänt större andel juveniler än adulta daggmaskar i systemen.



Figur 30. Daggmaskhål på Charlottenlund, dålig plats (A), daggmaskhål på Charlottenlund representativ plats (B) samt daggmask och daggmaskhål på Teglagården bra plats (C).

Daggmaskvikten beräknades för släkterna, där juveniler och adulta är adderade (Figur 31). Tydliga tendenser syntes mellan det plöjda odlingsystemet och det system med reducerad bearbetning. På Charlottenlund återfanns 52,7 gram *Lumbricus* daggmaskar per m<sup>2</sup> medan det återfanns 0,4 gram *Lumbricus* daggmaskar per m<sup>2</sup> på Teglagården. Skillnaden mellan *Allolobophora* daggmaskarna, horisontellt grävande, är även den stor, om än inte lika stor. På Charlottenlund återfanns 16 g/m<sup>2</sup> och på Teglagården 0,6 g/m<sup>2</sup>. Detta skulle kunna bero på att de till större utsträckning är beroende av det organiska materialet i markprofilen. De behöver inte gå upp till markytan såsom anektiska daggmaskar måste för att hämta föda. Det innebär att endogeiska daggmaskar inte påverkas av plöjningen i samma utsträckning som anektiska daggmaskar. Men att de påverkas är tydligt. Ju mindre störning av jorden desto fler daggmaskar i systemet (Chan 2001; Fogelsson 2015; Haldén 2018).

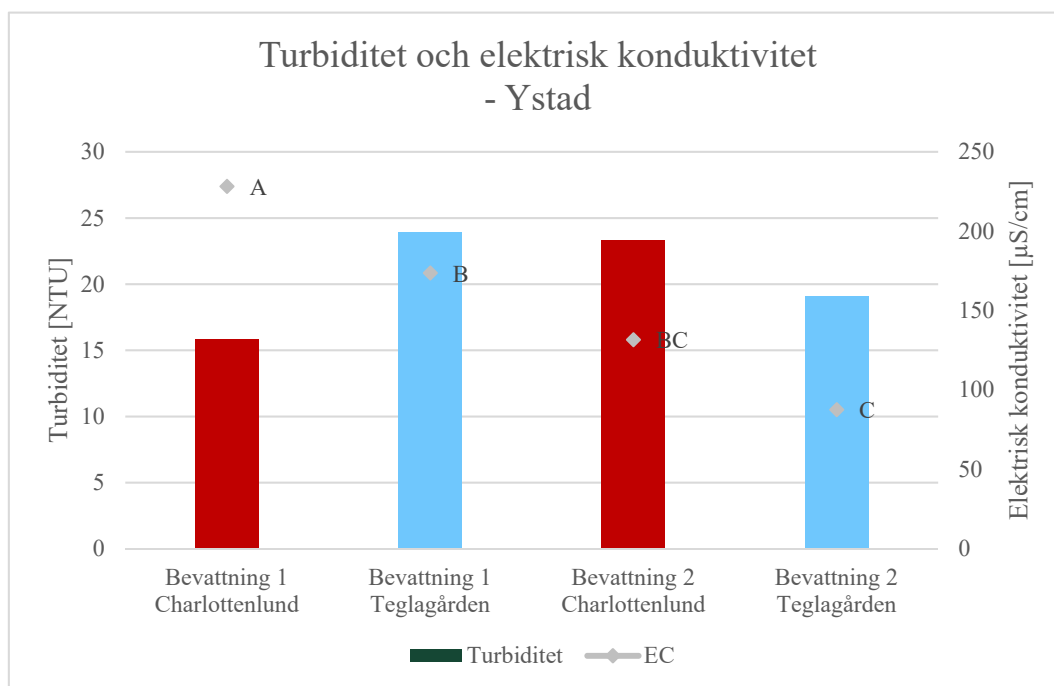
För framtida mätningar vore det intressant att mäta porositet och torr skrymdensitet för att se hur markpackning påverkar daggmaskar. Det vore även intressant att gräva gropar för att upprepa mätningar på djupet. Detta för att se om skillnaden mellan de anektiska och endogeiska daggmaskarna då hade blivit mindre.



Figur 31. Antal och vikt av daggmaskar och de två släktena Lumbricus och Allolobophora för Charlottenlund och Teglagården. Fyra mätningarna har utförts per fält och gård på en ruta av 0,55\*0,55 m och är utförda 2022-10-28.

### 3.2.5 Turbiditet och elektrisk konduktivitet

Mätningarna från turbiditeten påvisade ingen signifikant skillnad men det fanns tendenser som indikerade på en bättre aggregatstabilitet på Charlottenlund. Turbiditeten var lägre på Charlottenlund än Teglagården vid bevattning 1 och högre på Charlottenlund vid bevattning 2 (Figur 32). Detta tyder på att lakvattnet från Charlottenlund vid bevattning 1 är mindre grumligt än Teglagården och att aggregatstabilitet var bättre i det reducerade odlingsystemet.



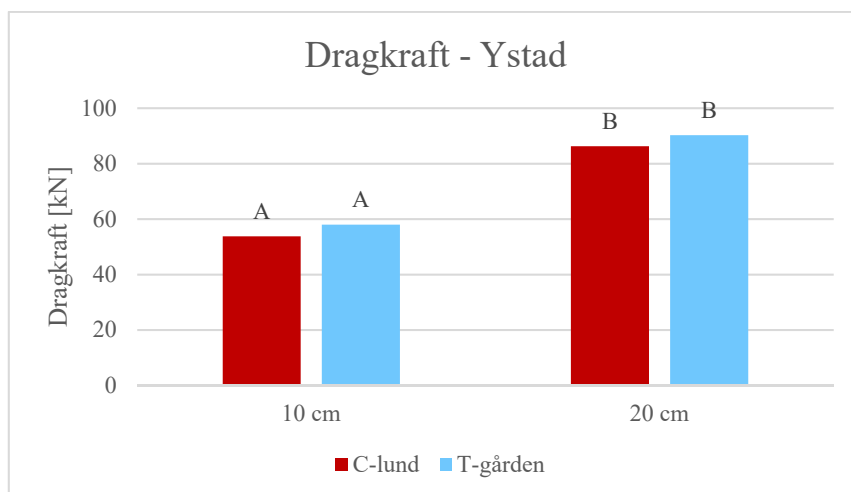
Figur 32. Turbiditet samt elektrisk konduktivitet (EC) i lakvattnet från regnsimulering av aggregatprover (2–5 mm) från Charlottenlund och Teglagården vid två bevattningstillfällen. Ingen signifikans finns för turbiditeten. För EC uppmättes signifikans vid bevattning 1. Punkter som inte har samma bokstav är signifikant olika.

Anledningen till detta skulle kunna vara att Charlottenlund har högre mullhalt och dagmaskantal vilket bidrar till förbättrad aggregatstabilitet (Larsson 2002; Rölin 2003). Charlottenlund strukturskalkade under 2021 vilket kan ha bidragit till förbättrad aggregatstabilitet. Tvåvärt positiva kalciumjoner kan vid strukturskalkning binda in till lerpartiklar och humus och möjliggöra att dessa kan bindas samman (Bronick & Lal 2005; Kodešová et al. 2009). Vid bevattning 2 är lakvattnet grumligare på Charlottenlund än Teglagården vilket indikerar på en bättre aggregatstabilitet på Teglagården.

Hög EC tyder på en stor andel lösta joner i lakvattnet. EC var signifikant högre på Charlottenlund vid såväl bevattning 1 som 2 (Figur 32). Detta kan bero på att de inte bearbetar djupare än 12 cm och därav får en anrikning av lösta joner i det översta markskiktet.

### 3.2.6 Dragkraft och bränsleförbrukning

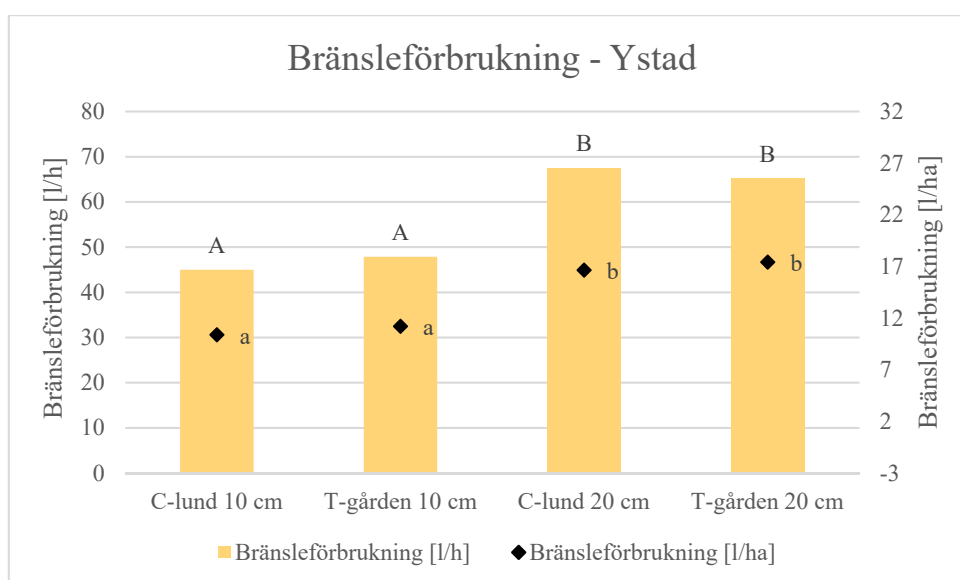
I mätningarna av dragkraftsbehovet var det något större på Teglagården vid de båda djupen (Figur 33), skillnaden var ej signifikant. En signifikant skillnad finns mellan djupen; 10 och 20 cm. Detta stämmer överens med att det kräver större kraft att bearbeta en större jordvolym (Jordbruksverket 2008).



Figur 33. Dragkraftmätningar utförda vid två djup på de båda gårdarna Charlottenlund och Teglagården. På Teglagården har två upprepningar skett vid 10 cm samt 20 cm djup. På Charlottenlund har fyra upprepningar skett på de två olika djupen. Mätningarna är utförda 2022-08-17. Ingen signifikant skillnad uppmättes på respektive djup. Signifikans uppmättes mellan djupen

På Charlottenlund utfördes mätningarna i ett kuperat fält, där lerhalten var högre i backarna, vilket leder till en större dragkraft. Detta skulle kunna vara två anledningar till ett högre dragkraftmotstånd (Jordbruksverket 2008).

Bränsleförbrukningen (l/h) på Charlottenlund visade tendenser på att vara något lägre på 10 cm djup och något högre på 20 cm djup än Teglagården (Figur 34), skillnaden var ej signifikant. Vid bränsleförbrukningen (l/ha) låg Charlottenlund lägre på de båda djupen.

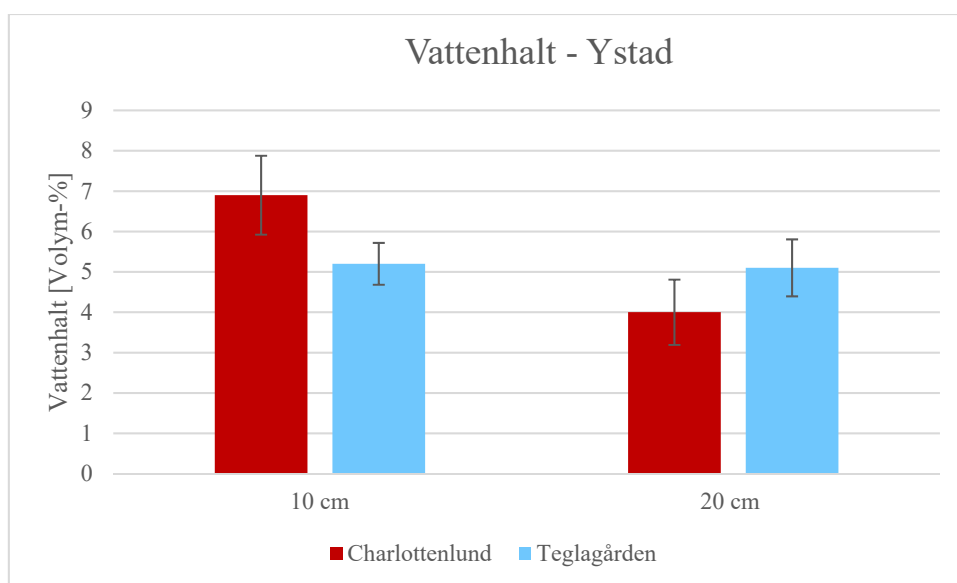


Figur 34. Bränsleförbrukning per timme samt hektar vid dragning av en kultivator på två olika djup. Värdena är signifikant skilda från varandra om bokstäverna inte är samma. Signifikans har beräknats bränsleförbrukningen/h samt bränsleförbrukningen/ha var för sig.

Anledningen till den högre bränsleförbrukningen per timme på Charlottenlund på 20 cm kan bero på topografin (Jordbruksverket 2008). I praktiken blir skillnaden i dragkraft och bränsleförbrukning tydligare då Teglagården bearbetar ner till cirka 20 cm i jämförelse med Charlottenlund som endast bearbetar till cirka 12 cm. Vilket innebär att Teglagården alltid i praktiken kommer ha ett större dragkraftsmotstånd och bränsleförbrukning.

### 3.2.7 Vattenhalt

Vattenhalten är uppmätt med Wet-Sensor i samband med dragkraftmätningarna. På 10 cm djup var vattenhalten i volym-% störst på Charlottenlund och på 20 cm var den störst på Teglagården (Figur 35). Skillnaden i vattenhalt uppvisar ingen signifikans.



Figur 35. Vattenhalten i volym-% direkt efter kultivering av halmstubb uppmätt med en Wet-Sensor. Mätningarna är utförda 2022-08-17. Ingen signifikans mellan mätningsresultaten gick att utläsa.

Förhållandena vid tidpunkten var väldigt torra vilket bidrar till en låg vattenhalt i jorden. Tre mätvärden togs per djup. Enligt litteraturstudien borde vattenhalten varit högre på Charlottenlund på de båda djupen då mullhalten var högre på Charlottenlund, vilket inte är fallet (Arvidsson et al. 2010). I mätningarna hade Charlottenlund en högre vattenhalt på 10 cm djup men inte på 20 cm djup.

För framtida mätningar kan det vara en idé att göra fler upprepningar per fält och djup för att få fram en eventuell signifikans. Mätningarna skulle även kunna genomföras till ett större djup samt med fördel göras under mindre torra betingelser.

### 3.2.8 Avkastning

Skördemätningarna i de tre försöksrutorna visar att Charlottenlund hade en något högre skörd. Större differens mellan gårdarna blev det när den uppskattade skörden av hela fältet jämfördes. Charlottenlund har en högre kärnskörd även där (Tabell 15). Rymdvikten var större på Charlottenlund (Tabell 16). Medan tusenkornvikten var högre på Teglagården (Tabell 17). Den större rymdvikten innebar att Charlottenlund hade fler men mindre matade kärnor än Teglagården. Gårdarna odlade olika utsädesorter och Charlottenlund använde sig av sorten *Praktik* och Teglagården av *Linus*. Att Teglagården hade en större rymdvikt stämmer överens med att *Praktik* som höstvetesort är kärnsättare och bildar många ax/planta (Skånefrö 2022). Rymdvikt- och tusenkornviktmätningarna överensstämmer även med sortförsök. Kärnskörderna från sortförsök indikerar att *Praktik* normalt ger en något lägre skörd än *Linus* (Tabell 18). Kärnskördemätningarna på gårdarna blev tvärtom.

Tabell 15. Tabellen visar kärnskörd av höstvetete den 2022-08-15. Siffrorna visar kg/ha vid en vattenhalt på 15 % och är mätt i kg/ha. Vid beräkning av relativtal är det plöjda systemet 100

	Skörd biomassa (kg/ha)			
	Charlottenlund		Teglagården	
	Värde	Relativtal	Värde	Relativtal
Skörderuta 1	13 406		13 687	
Skörderuta 2	13 588		12 769	
Skörderuta 3	13 450		12 900	
Medel	13 481	103	13 119	<u>100</u>
Uppskattad skörd	12 444	113	10 976	<u>100</u>

Tabell 16. Rymdvikten för Charlottenlund samt Teglagården i gram/liter vid en vattenhalt på 15 %. Skörd har skett 2022-08-15

	Rymdvikt (g/l)			
	C-lund	Relativtal	T-gården	Relativtal
	Skörderuta 1	842		821
Skörderuta 2	852		814	
Skörderuta 3	849		816	
Medel	848	104	817	<u>100</u>

Tabell 17. Tusenkornvikt för Charlottenlund samt Teglagården i gram vid en vattenhalt på 15 %. Skörd har skett 2022-08-15

	Tusenkornvikt (g)			
	C-lund	Relativtal	T-gården	Relativtal
	Skörderuta 1	48		50,7
Skörderuta 2	47,3		50,7	

Skörderuta 3	47,6		52,4
Medel	47,6	93	51,3
			<u>100</u>

Tabell 18. Mätresultat för skördad kärna: Sortförsök i Område A. Tusenkornvikt samt Rymdvikt: Sortförsök i Sverige. Jämförelse av sorterna Linus och Praktik för perioden 2018–2022. Skörd av kärna har skett vid en vattenhalt på 15 %

Sort	Skörd kärna (kg/ha)			Tusenkorvikt (g)			Rymdvikt (g/l)		
	V	R	N	V	R	N	V	R	N
Linus	10 699	100	20	45***	96	67	793***	97	67
Praktik	10 499	98	20	42,5***	91	67	829***	101	67
Mätarsort	10 666	<u>100</u>	20	46,9	<u>100</u>	67	817	<u>100</u>	67

V = värde, R = relativtal, N = antal observationer. Antal \* visar signifikans. (Sortval.nu n.d.)

I försök har det uppmätts att plöjning, i snitt, avkastar 4 % mer än kultivering vid ett bearbetningsdjup på 15 cm (Myrbeck 2016). I mätningar från gårdarna avkastade det reducerade systemet 3 % högre i försöksrutorna och 13 % högre vid den uppskattade skörden. Det finns många faktorer som påverkar avkastning. Exempelvis hade gårdarna olika förfrukter och växtföljder (Tabell 4).

Höstraps som var förfrukt till höstvetete på Charlottenlund är uppluckrande, sanerande mot växtskadegörare och växtsjukdomar och har kväveefterverkan. Försök visar att höstraps som förfrukt till höstvetete ger en meravkastning på kärnskornden på 800-1200 kg/ha (Lindén & Engström 2006; Fogelsson 2015). På Teglagården odlades vitklöver som förfrukt till höstvetete. Vitklöver bidrar även den med kväveefterverkan och minskat tryck av växtskadegörare och växtsjukdomar. I försök har vitklöver påvisat en meravkastning till kärnskornden av höstvetete på 700-1000 kg/ha (Lindén 2008).

Andra faktorer som påverkar avkastning är exempelvis infiltration, dagmaskantal och utsädessort. Det går inte att avgöra om det är just skillnader i infiltration, dagmaskantal, förfrukt eller något annat som påverkar skillnaden i kärnskörd.

I framtida försök bör gårdarna som ingår i pargårdstudien odla samma utsädessort och ha samma växtföljd för att kunna dra en tydlig slutsats utifrån mätningarna.

### 3.3 Jämförelse Helsingborg och Ystad

#### *Infiltration*

Enligt de uppmätta mätningarna var infiltrationen i huvudsak god på samtliga platser (Tabell 19). Mätningarna var mycket varierande och osäkerhet i mätmetoden bidrar till att ingen säker slutsats kan dras. Markförhållanden var väldigt torra och jorden sprack lätt upp. Det var svårt att få ner mätcylindrarna till

ett tillfredställande markdjup. Detta bidrog till att mätningar fick upprepas och ibland fick den nedersta kanten av cylindern täckas med lera för att vattnet inte skulle läcka ut.

Tabell 19. Infiltrationen i mm/timme på två djup (grund och djup) samt en bra, representativ samt dålig plats i fältet för varje gård. De mätningarna som är grön- och fetmarkerade är de som är bäst, ur ett växtperspektiv, för varje par

	Infiltration [mm/h]			
	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
Bra grund	<b>185</b>	134	148	<b>199</b>
Representativ Grund	675	<b>1268</b>	162	<b>449</b>
Dålig grund	<b>154</b>	59	<b>138</b>	136
Bra djup	127	<b>215</b>	4	<b>226</b>
Representativ Djup	7	<b>101</b>	355	<b>1316</b>
Dålig djup	<b>99</b>	16	-	-

### Markens pH

Mätningarna för pH är starkt förknippade med platsen och de grundförutsättningar som finns, exempelvis bergart och lerhalt. Då kalkning skett vid olika tillfällen i de olika fälten är det svårt att avgöra hur odlingsystemen påverkar pH.

pH-mätningarna på gårdarna utanför Ystad visar tydligt att skillnaden mellan pH på de två gårdarna avtar på djupet. Detta mönster syns inte i fälten utanför Helsingborg (Tabell 20).

Tabell 20. Skillnaden i pH mellan alla fyra gårdarna

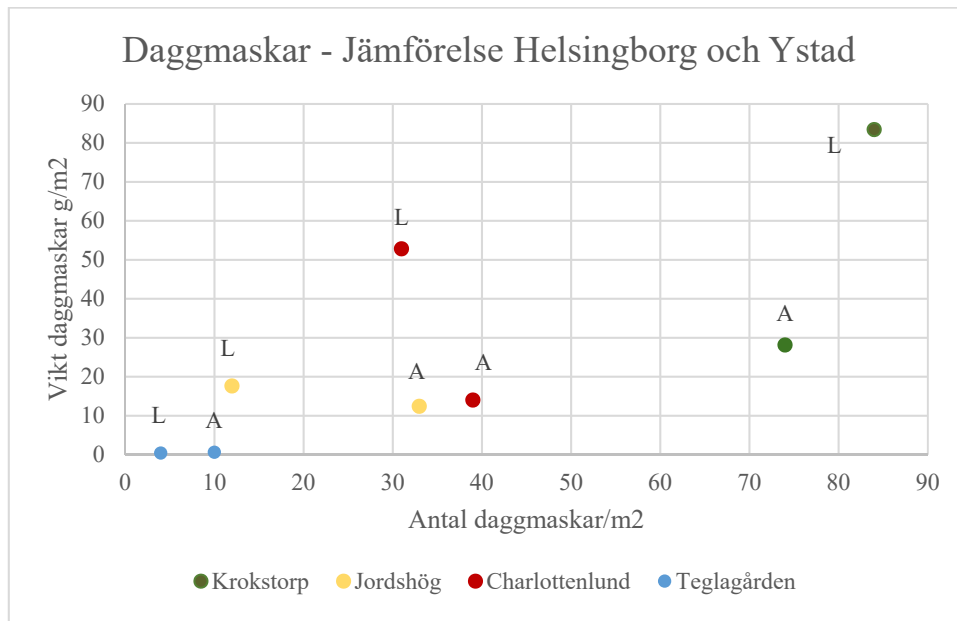
Djup (cm)	pH			
	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
5	7,44	7,51	7,82	5,82
15	8,1	7,42	8,07	6,59
25	8,12	7,97	8,16	7,2

### Daggmask

Tydliga tendenser fanns som indikerade att det alternativa odlingsystemet hade fler daggmaskar än det konventionella systemet (Figur 36). Det fanns även betydligt fler daggmaskar i det direktsådda systemet på Krokstorp än på Charlottenlund där reducerad jordbearbetning sker. Skillnaden mellan mätningarna på Jordshög och Teglagården kan dels bero på skillnader i pH, mullhalt och så vidare. Skillnaderna skulle även kunna bero på att mätningarna på Jordshög är utförda innan plöjning, i höstvetestubb, medan mätningarna på Teglagården är utförda efter plöjning. Det kan innebära att ju mindre jordbearbetning desto bättre



för daggmaskar. Skillnad kan även bero på en rad andra olikheter såsom mullhalt, pH, näringsinnehåll och så vidare. I framtida studier bör mätningarna ske i mer likvärdiga förhållande gällande bearbetning.



Figur 36. Daggmaskantal samt vikt (juveniler och adulta adderade) för varje släkte och gård i pargårdstudien. L står för Lumbricus och A för Allolobophora. Mätningarna är utförda efter kultivering på Charlottenlund, efter plöjning på Teglagården, före plöjning på Jordshög och i mellangroda på Krokstorp.

### Turbiditet och EC

Turbiditeten tyder på stabilare aggregat och mer växttillgängliga joner i det övre jordskiktet (0–5 cm) på gårdarna med reducerad jordbearbetning i alla försök förutom på turbiditeten vid bevattning 2 i Ystadparet (Tabell 21). Att gårdarna med reducerad jordbearbetning och direktsådd har högre EC vid ytskiktet kan innebära att de får en anrikning av joner där till följd av att de inte bearbetar ner jorden på djupet.

Tabell 21. Turbiditet [NTU] och elektrisk konduktivitet [uS/cm] för varje gård. Aggregaten i storleken 2–5 mm har blivit bevattnade i en regnsimulator i två omgångar. Bevattningarna har skett med en intensitet på 32 mm/h

	Turbiditet [NTU]			
	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
Bevattning 1	17	24	16	24
Bevattning 2	20	20	23	19
	EC [uS/cm]			
	Krokstorp	Jordshög	C-lund	T-gården
Bevattning 1	123	110	228	174
Bevattning 2	134	85	132	88

### Dragkraft och bränsleförbrukning

Mätningarna för dragkraft och bränsleförbrukning tyder på ett lägre dragkraftsbehov på Jordshög och Charlottenlund. Skillnaden mellan gårdarna är mindre i Ystad än i Helsingborg (Tabell 22). Anledningen till att Jordshög har ett lägre dragkraftsbehov än Krokstorp beror troligen på odlingsystem. På Jordshög blir de översta cirka 20 cm uppluckrade i samband med plöjning vilket inte sker på Krokstorp som applicerar CA. På samma sätt sker en uppluckring till cirka 20 cm på Teglagården. Då Charlottenlund kultiverar till 12 cm syns inte samma tendens i Ystadparet.

Tabell 22. Dragkraftsbehovet mätt i kilonewton samt bränsleförbrukning i liter per timme och hektar för de fyra gårdarna. De mätningar som är grön- och fetmarkerade är de mätningar som anses bäst för varje par

Dragkraft [kN]				
Djup (cm)	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
10	50	<b>39</b>	<b>54</b>	58
20	78	<b>68</b>	<b>86</b>	90

Förbrukning [l/h]				
	Krokstorp	Jordshög	C-lund	T-gården
10	42	<b>33</b>	<b>45</b>	48
20	64	<b>58</b>	67	<b>65</b>

Förbrukning [l/ha]				
	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
10	10	<b>8</b>	<b>10</b>	11
20	15	<b>13</b>	<b>16,6</b>	17,4

### Vattenhalt

Mätningarna för vattenhalt indikerade på samma tendens för de båda paren. På 10 cm djup var vattenhalten högst på de alternativa gårdarna medan det på 20 cm var högst vattenhalt på de konventionella gårdarna (Tabell 23).

Tabell 23. Vattenhalten i volymprocent på två djup; 10 och 20 cm. De mätningar som är grön- och fetmarkerade är de som är bäst, ur ett växtperspektiv, för varje par

Vattenhalt [volym-%]				
Djup (cm)	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
10	<b>10,8</b>	9,5	<b>6,9</b>	5,2
20	8,5	<b>8,9</b>	4	<b>5,1</b>

### Avkastning

Mätningarna från pargårdsstudierna motsäger varandra och i Helsingborg hade gården med det plöjda odlingsystemet högst uppskattad skörd. I Ystadparet har Charlottenlund, som har reducerad jordbearbetning, högst avkastning (Tabell 24).

På Krokstorp användes dubbelt radavstånd (25 cm) i jämförelse med de andra tre gårdarna. Det är en anpassning till den såmaskin som användes vid sådd och till minimerad bearbetning som stör så lite som möjligt i jorden. Effekten av detta med avseende på avkastning är svår att fastställa i denna studie.

Alla fyra gårdarna odlade olika höstvetesorter. Vissa sorter är kärnsättare, andra ger en högre avkastning, biomassamässigt och så vidare. Det går inte att dra någon entydig slutsats av mätningarna. De två olika platserna har även haft olika grundläggande bördighet, årsmån och har olika odlingsförutsättningar. Sett över flera växtsäsonger går olika sorter olika bra, beroende på årsmån. Det försvårar att bestämma hur odlingsystemet påverkat avkastning, när det odlats olika höstvetesorter.

Tabell 24. Avkastning, tusenkornvikt och rymdvikt för varje gård. De mätningar som är grön- och fetmarkerade är de mätningar som anses bäst för varje par

	Avkastning [kg/ha]			
	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
Medel	<b>10 949</b>	10 817	<b>13 481</b>	13 119
Uppskattad	9230	<b>9676</b>	<b>13 481</b>	10 700

	Tusenkorvikt [g]			
	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
Medel	<b>64</b>	50	48	<b>51</b>

	Rymdvikt [g/l]			
	Krokstorp	Jordshög	Charlottenlund	Teglagården
Medel	788	<b>818</b>	<b>847</b>	817

## 4. Slutsatser

Störst mätskillnad mellan de olika odlingssystemen visade daggmåskmåtningarna. Det var tydligt att både endogiska och anektiska daggmåskar påverkades av jordbearbetning. Det fanns även mer daggmåsk i det direktsådda systemet än det system med reducerad jordbearbetning. Det kan innebära att all jordbearbetning påverkar daggmåskar negativt och att ju lägre intensitet i jordbearbetning som används desto bättre - ur daggmåskars perspektiv. Det är svårt att mäta hur stor nytta daggmåskar gör och med vilket värde de bidrar i lantbruket. Fortsatta studier av daggmåskförekomst i olika odlingssystem är ändå viktigt för att skapa en förståelse.

Denna pargårdsstudie visar att det finns många olika aspekter att ta hänsyn till vid bedömning av markstruktur och undersökning av hur den påverkas i olika odlingssystem. Det finns även andra faktorer som påverkar avkastning såsom pH, marktextur, utsädesort, växtnäring och växtskydd. Det är därför en utmaning att särskilja vad det är som påverkar vilken del av markstrukturen och hur mycket de olika delarna påverkar avkastningen.

Det är viktigt att fortsätta inhämta information om hur olika odlingssystem påverkar markhälsan och således avkastningen. För att utveckla förståelsen vore det intressant att använda sig av fler pargårdar i en liknande studie. Det skulle möjliggöra att utvärdera anpassning av odlingssystem under olika förutsättningar. På så vis kan kunskap spridas och nutida och framtida utmaningar kan mötas på bästa sätt.

# Tack

Ett stort tack till vår handledare Örjan Berglund samt biträdande handledare Kerstin Berglund. Tack för er vägledning under arbetets gång. Vi vill också rikta ett varmt tack till vår externa handledare Jens Blomquist, Agria Jord och Ord. Tack för din handledning i fält och även under skrivprocessen. Tack även till Johannes Forkman på SLU Fältforsk för hjälpen vi fått med statistik och din pedagogik. Avslutningsvis vill vi särskilt tacka lantbrukarna som ställt upp i intervjuer, delat med sig av sin erfarenhet och hjälpt oss i fält när det behövts. Det har varit av stort värde för oss i vårt arbete!

## Referenser

- Abdollahi, L., Munkholm, L., Garbout, A. (2014). Tillage System and Cover Crop Effects on Soil Quality: II. Pore Characteristics. *Soil Science Society American Journal*. 78(1), 271-279. <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.07.0302>
- Anken, T., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J., Perhacova, K. (2004). Long-term tillage system effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil and Tillage Research*. 78 (2), 171–183. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.02.005>
- Aronsson, H., Bergkvist, G., Stenberg, M., Wallenhammar, A-C. (2012). *Gröda mellan grödorna - samlad kunskap om fånggrödor*. (Ra 2012:21). Jordbruksverket. [https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra12\\_21.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra12_21.pdf)
- Aronsson, H., Ernfors, M., Kätterer, T., Bolinder, M., Svensson, SE., Hansson, D., Prade, T., Bergkvist, G. (2023). *Mellangrödor i växtföljden - för kolinlagring och effektivt kväveutnyttjande*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 179).
- Arvidsson, J. (1998). Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory compression experiments. *Soil and Tillage Research*. 49(1), 159–170. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00164-0](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00164-0)
- Arvidsson, J., Hillerström, O., Keller, T., Magnusson, M., Eriksson, D. (2010). *Rapporter från jordbearbetningen Dragkraftsbehov och maskinkostnad för olika redskap och bearbetningssystem*. (117). Uppsala: Mark och miljö, SLU.
- Berglund, K., Gustafson Bjuréus, A. (2008). *Markstrukturtest i fält*. (8). Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för hydroteknik. <https://res.slu.se/id/publ/18733>
- Blomquist, J. (2021). *Effects of structure liming on clay soil*. Diss. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. <https://res.slu.se/id/publ/114345>
- Boudiar, R., Alshallash, K.S., Alharbi, K., Okasha, S.A., Fenni, M., Mekhlouf, A., Fortas, B., Hamsi, K., Nadjem, K., Belagrouz, A., Mansour, E., Mekhlouf, M. (2022). Influence of Tillage and Cropping Systems on Soil Properties and Crop Performance under Semi-Arid Conditions. *Sustainability*. 14 (18), 11651. <https://doi.org/10.3390/su141811651>
- Bronick, C.J., Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*. 124 (1-2), 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>
- Büchi, L., Georges, F., Walder, F., Banerjee, S., Keller, T., Six, J., van der Heijden, M., Charles, R. (2019). Potential of indicators to unveil the hidden side of cropping system classification: Differences and similarities in cropping practices between conventional, no-till and organic systems. *European Journal of Agronomy*. 109, 125920. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125920>
- Chan, K.Y. (2001). An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity — implications for functioning in soils. *Soil and*

- Tillage Research*. 57 (4), 179–191. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00173-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00173-2)
- Elmqvist, H., Arvidsson, J. (2014). *Höstvete mot nya höjder*. Stockholm: Mark och miljö, SLU. <https://www.odlingibalans.com/projekt/h%C3%B6stvete-mot-nya-h%C3%B6jder-11948703>
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. 1:6. Lund: Studentlitteratur AB.
- EU (2021). *A European Green Deal*. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) [2023-04-19]
- EU (n.d.). *Markstrategi för 2030*. [https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy\\_sv](https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy_sv) [2023-04-19]
- European Environment Agency (2023). *Soil monitoring in Europe - Indicators and thresholds for soil health assessments*. (8) Luxembourg: European Environment Agency.
- Fogelsson, H. (2015). *Vår Mat - Odling av åker och trädgårdsgrödor. Biologi förutsättningar och historia*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Fogliatto, S., Ferrero, A. & Vidotto, F. (2020). Chapter Six - Current and future scenarios of glyphosate use in Europe: Are there alternatives? *Advances in Agronomy*. 163, 219–278. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.05.005>
- Franzluebbers, A.J. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research*. 66 (2), 197–205. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00027-2)
- Gerard, B.M. & Hay, R.K.M. (1979). The effect on earthworms of ploughing, tined cultivation, direct drilling and nitrogen in a barley monoculture system. *The Journal of Agricultural Science*. 93 (1), 147–155. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086238>
- Haldén, P. (2018). *Daggmasken – din medarbetare i jorden*. [Faktablad]. Jordbruksverket.
- Hydbom, S. (2017). *Tillage practices and their impact on soil organic carbon and the microbial community*. Diss. Lund: Lund University
- Jordbruksverket (2008). *Reducerad jordbearbetning*. (28) Jordbruksverket. [https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_jo/jo08\\_28.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo08_28.pdf)
- Jordbruksverket (2022). *Kalkning*. <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/kalkning> [2023-04-24]
- Jordbruksverket (2023). *Ersättning för mellangroda*. <https://jordbruksverket.se/stod/jordbruk-tradgard-och-rennaring/jordbruksmark/kolinlagring-och-minskat-kvavelackage/odla-mellangroda> [2023-04-20]
- Kertész, Á. & Madarász, B. (2014). Conservation Agriculture in Europe. *International Soil and Water Conservation Research*. 2 (1), 91–96. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30016-2](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30016-2)
- Kienzle, J. & Njenga, B. (2022). Conservation Agriculture. *FAO*. <https://www.fao.org/3/cb8350en/cb8350en.pdf> [2023-03-19]
- Kirkegaard, J., Christen, O., Krupinsky, J. & Layzell, D. (2008). Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research*. 107 (3), 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.010>
- Kladivko, E.J. (2001). Tillage systems and soil ecology. *Soil and Tillage Research*. 61 (1), 61–76. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00179-9](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00179-9)
- Kodešová, R., Rohošková, M. & Žigová, A. (2009). Comparison of aggregate stability within six soil profiles under conventional tillage using various laboratory tests. *Biologia*. 64 (3), 550–554. <https://doi.org/10.2478/s11756-009-0095-6>

- Kudsk, P. & Mathiassen, S.K. (2020). Pesticide regulation in the European Union and the glyphosate controversy. *Weed Science*. 68 (3), 214–222. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.59>
- Lal, R. (2020). Soil organic matter and water retention. *Agronomy Journal*. 112 (5), 3265–3277. <https://doi.org/10.1002/agj2.20282>
- Lantmet (n.d.). *Lantmet - Väder och prognoser*. <https://www.ffe.slu.se/lm/LMHome.cfm?LMSUB=1> [2023-04-26]
- Larsson, H. (2002). *4T - Tillväxt till tio ton - Daggmaskar*. Borgeby.
- Le Bissonnais, Y. (2016). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*. 67 (1), 11–21. [https://doi.org/10.1111/ejss.4\\_12311](https://doi.org/10.1111/ejss.4_12311)
- Lindén, B. (2008). *Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsådesgrödors avkastning och kvävetillgång – en litteraturöversikt*. (14). Skara: SLU.
- Lindén, B. & Engström, L. (2006). *Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvetete – inverkan på kvävedynamiken i marken och på vetets avkastning*. (4). Skara: Avdelningen för precisionsodling.
- Magnusson, S. (2022). *Effekten av olika brukningsmetoder på kolinlagring i åkermark*. Lunds Universitet. Centre of Environmental and Climate Science.
- Malmén, L., Wittgren, H.B., Lorentzon, K. & Reich, M.C. (2003). *AVEK – livsmedelsavfall i ekonomiskt och ekologiskt hållbar hantering*. 713. SIK.
- Mattsson, L. & Larsson, H. (2005). *Att föra bort eller bruka ner halmen påverkar mullhalt, daggmaskar och skadedjur - Undersökningar i långliggande försök i Skåne*. Uppsala: Markvetenskap, SLU. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/mom/publications/misc/rapport-210.pdf>
- Myrbeck, Å. (2016). *Rapporter från jordbearbetningen – Jordbearbetningens årsrapport 2016*. (136). Jordbruksverket.
- NASA (n.d.). *POWER | Data Access Viewer*. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> [2023-05-12]
- Nationalencyklopedin (n.d.). *Tusenkorntvikt*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/ordbok/svensk/rymdvikt> [2023-03-27]
- Pulido Moncada, M.A., Helwig Penning, L., Timm, L.C., Gabriëls, D. & Cornelis, W. (2014). Visual examinations and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses. *SOIL & TILLAGE RESEARCH*, 140, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.02.009>
- R. A. Young (1984). A Method of Measuring Aggregate Stability Under Waterdrop Impact. *Transactions of the ASAE*, 27 (5), 1351–1354. <https://doi.org/10.13031/2013.32970>
- Reeves, T.G., Thomas, G. & Ramsay, G. (2016). *Save and Grow in Practice: Maize, Rice, Wheat. A Guide to Sustainable Cereal Production*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i4009e.pdf> [2023-04-19]
- Rieke, E.L., Bagnall, D.K., Morgan, C.L.S., Flynn, K.D., Howe, J.A., Greub, K.L.H., Mac Bean, G., Cappellazzi, S.B., Cope, M., Liptzin, D., Norris, C.E., Tracy, P.W., Aberle, E., Ashworth, A., Bañuelos Tavarez, O., Bary, A.I., Baumhardt, R.L., Borbón Gracia, A., Brainard, D.C., Brennan, J.R., Briones Reyes, D., Bruhjell, D., Carlyle, C.N., Crawford, J.J.W., Creech, C.F., Culman, S.W., Deen, B., Dell, C.J., Derner, J.D., Ducey, T.F., Duiker, S.W., Dyck, M.F., Ellert, B.H., Entz, M.H., Espinosa Solorio, A., Fonte, S.J., Fonteyne, S., Fortuna, A.-M., Foster, J.L., Fultz, L.M., Gamble, A.V., Geddes, C.M., Griffin-LaHue, D., Grove, J.H., Hamilton, S.K., Hao, X., Hayden, Z.D., Honsdorf, N., Ippolito, J.A., Johnson, G.A., Kautz, M.A., Kitchen, N.R., Kumar, S., Kurtz, K.S.M., Larney, F.J., Lewis, K.L., Liebman, M., Lopez Ramirez, A., Machado, S., Maharjan, B., Martinez



- Gamiño, M.A., May, W.E., McClaran, M.P., McDaniel, M.D., Millar, N., Mitchell, J.P., Moore, A.D., Moore, P.A., Mora Gutiérrez, M., Nelson, K.A., Omondi, E.C., Osborne, S.L., Osorio Alcalá, L., Owens, P., Penayewtukhiw, E.M., Poffenbarger, H.J., Ponce Lira, B., Reeve, J.R., Reinbott, T.M., Reiter, M.S., Ritchey, E.L., Roozeboom, K.L., Rui, Y., Sadeghpour, A., Sainju, U.M., Sanford, G.R., Schillinger, W.F., Schindelbeck, R.R., Schipanski, M.E., Schlegel, A.J., Scow, K.M., Sherrod, L.A., Shober, A.L., Sidhu, S.S., Solís Moya, E., St. Luce, M., Strock, J.S., Suyker, A.E., Sykes, V.R., Tao, H., Trujillo Campos, A., Van Eerd, L.L., van Es, H.M., Verhulst, N., Vyn, T.J., Wang, Y., Watts, D.B., Wright, D.L., Zhang, T. & Honeycutt, C.W. (2022). Evaluation of aggregate stability methods for soil health. *Geoderma*, 428, 116156. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116156>
- Roberts, R., Jackson, R.W., Mauchline, T.H., Hirsch, P.R., Shaw, L.J., Döring, T.F. & Jones, H.E. (2017). Is there sufficient Ensifer and Rhizobium species diversity in UK farmland soils to support red clover (*Trifolium pratense*), white clover (*T. repens*), lucerne (*Medicago sativa*) and black medic (*M. lupulina*)? *Applied Soil Ecology*. 120, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.030>
- Rölin, Å. (2003). *Markens egenskaper och markvård i ekologisk grönsaksodling*. Jordbruksverket.
- Skaalsveen, K., Ingram, J. & Clarke, L.E. (2019). The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review. *Soil and Tillage Research*, 189, 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.01.004>
- Skånefrö, A. (2022). *Höstvete Praktik*. Skånefrö. <https://skanefro.se/shop/alla/lantbrukare/praktik/> [2023-04-25]
- SMHI (n.d.a). *Jordens huvudklimattyper*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/jordens-klimat/jordens-huvudklimattyper-1.640> [2023-04-11]
- SMHI (n.d.b). *Ladda ner meteorologiska observationer*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airtemperatureInstant,stations=all> [2023-05-02]
- SMHI (n.d.c). *Skånes klimat*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatet-i-sveriges-landskap/skanes-klimat-1.4827> [2023-04-11]
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F. & Roger-Estrade, J. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, 118, 66–87. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>
- Soil Health Institute (n.d.). *Recommended Measurements for Scaling Soil Health Assessment*. Soil Health Institute. [https://soilhealthinstitute.org/app/uploads/2022/10/SHI\\_SoilHealthMeasurements\\_factsheet.pdf](https://soilhealthinstitute.org/app/uploads/2022/10/SHI_SoilHealthMeasurements_factsheet.pdf) [2023-04-26]
- Sortval.nu (n.d.). *sortval.nu*. <http://sortval.nu/> [2023-04-28]
- Sveriges geologiska undersökning (2023). *Bergarter*. <https://apps.sgu.se/kartvisare/>. <https://www.sgu.se/om-geologi/berg/bergarter/> [2023-03-31]
- Urbanek, E. & Smucker, A. (2014). Tensile and erosive strength of soil macro-aggregates from soils under different management system. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 62, 324–333. <https://doi.org/10.2478/johh-2014-0034>
- Williams, H., Colombi, T. & Keller, T. (2020). The influence of soil management on soil health: An on-farm study in southern Sweden. *Geoderma*. 360, 114010. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114010>

# Bilaga 1

Sammanställning av frågor i markvårdsapplikationen "Hur mår min jord?" som används i samband med intervju tillsammans med lantbrukarna.

## Test 1 *Allmänna frågor om skiftet*

1. Är det lätt att bearbeta jorden?
  - a. Svårbearbetad jord som kräver många överfarter. Stort dragkraftsbehov.
  - b. Jordbearbetningen kräver ibland många överfarter. Relativt stort dragkraftsbehov.
  - c. Lättbearbetad jord, litet dragkraftsbehov.
2. Är grödans etablering god?
  - a. Ojämn uppkomst och luckiga bestånd.
  - b. Något ojämn uppkomst och etablering av grödan.
  - c. Jämn och snabb uppkomst. Jämnhög bestånd.
3. Är grödan frisk och frodig och konkurrerar väl med ogräsen?
  - a. Hämmad tillväxt, missfärgning, eller stora ogräsproblem.
  - b. Något ojämn tillväxt, lite missfärgning, eller vissa ogräsproblem.
  - c. Frisk och frodig gröda, och mycket små ogräsproblem.
4. Infiltrerar vatten snabbt?
  - a. Stående vatten kvar länge efter kraftiga regn eller bevattning.
  - b. Vattnet rinner undan sakta, lite pölar.
  - c. Vanligen inget vatten stående kvar efter kraftiga regn eller bevattning.
5. Förekommer skorpbildning?
  - a. Skorpa bildas ofta, även efter lätta regn.
  - b. Skorpa förekommer ibland, särskilt efter kraftigt regn eller bevattning.
  - c. Skorpa bildas aldrig.
6. Är skördenivåerna stabila?
  - a. Stor skördevariation inom fältet och mellan åren.
  - b. Viss skördevariation inom fältet och mellan år.
  - c. Jämna och – för området och jordarten – goda skördar.

## Bilaga 2

Jämförelse av matjordsaggregat från paren utanför Helsingborg



*Figur 37. Matjordsaggregat från tre platser på Krokstorp. Bra plats (A) representativ plats (B) och dålig plats (C). Foto: Clara Kihlstrand*



*Figur 38. Matjordsaggregat från tre platser på Jordshög. Bra plats (A) representativ plats (B) och dålig plats (C). Foto: Clara Kihlstrand*

## Bilaga 3

Jämförelse av matjordsaggregat från paren utanför Ystad.



*Figur 39. Matjordsaggregat från tre platser på Charlottenlund. Bra plats (A) representativ plats (B) och dålig plats (C). Foto: Clara Kihlstrand*



*Figur 40. Matjordsaggregat från tre platser på Teglagården. Bra plats (A) representativ plats (B) och dålig plats (C). Foto: Clara Kihlstrand*