



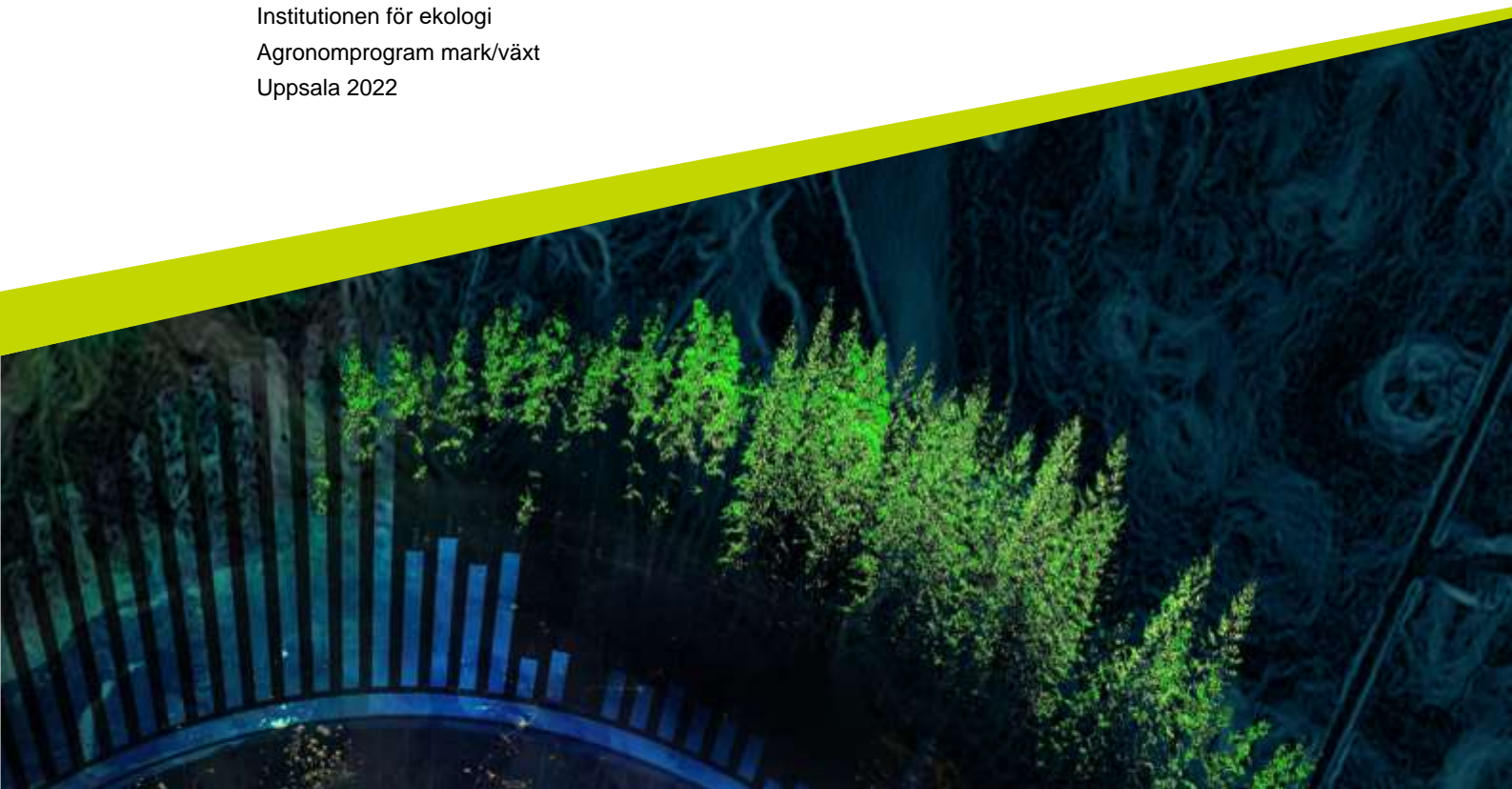
# Hur påverkas daggmaskar av markpackning?

---

*How does soil compaction affect earthworms?*

Kifilo Oumar

Kandidatarbete i biologi (15 hp)  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för ekologi  
Agronomprogram mark/växt  
Uppsala 2022



# Hur påverkas dagmaskar av markpackning?

*How does soil compaction affect earthworms?*

Kifilo Oumar

<b>Handledare:</b>	Maria Viketoft, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
<b>Examinator:</b>	Jan Bengtsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
<b>Omfattning:</b>	15 hp
<b>Nivå och fördjupning:</b>	Grundnivå, G2E
<b>Kurstitel:</b>	Självständigt arbete i biologi
<b>Kurskod:</b>	EX0894
<b>Program/utbildning:</b>	Agronomprogram mark/växt
<b>Kursansvarig inst.:</b>	Institutionen för vatten och miljö
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Utgivningsår:</b>	2022

**Nyckelord:** Dagmask, markpackning, vetesort, anecisk, endogeisk, epigeisk

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för ekologi

## Publicering och arkivering

JA, jag ger härmed min 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

Det här arbetet gjordes med ett färdigställt dataset över antal och biomassa av daggmaskar från ett fältförsök med markpackning. Målet med arbetet har varit att undersöka om daggmaskarna har påverkats negativt av markpackning, i kombination med andra abiotiska faktorer som förekommer under varje växtsäsong. Med hjälp av det statistiska programmet R version R-4.0.3 gjordes en variansanalys med Fisher's Least Significant Difference (LSD) test med ett split-split-plot upplägg. Fältförsöket pågick i två år (2018–19), och studerade markpackning (behandlingsrutor) och inom dessa odlades olika vetesorter (sortrutor). Resultatet av de statistiska analyserna för det totala antalet daggmaskar visade att år hade en påverkan på antal daggmaskar ( $p=0,009$ ). Det fanns fler daggmaskar år 2018 än 2019. För den totala biomassan av daggmaskar visade analysen att år hade en påverkan ( $p=0,01$ ) men biomassan påverkades också av markpackning ( $p=0,02$ ). Det fanns även en interaktion mellan år och markpackning ( $p=0,0005$ ). Biomassan var högre år 2018 än 2019 och var högre i opackade parceller än i packade parceller. Vetesorten hade ingen effekt på vare sig antal eller biomassa av daggmaskar. I analysen undersöktes också hur de olika ekologiska grupperna av daggmaskar påverkats. Resultatet visade att både antal och biomassa av endogeiska arter påverkats av år ( $p=0,006$  och  $p=0,0001$ ) men för de djuplevande aneciska arterna var det endast antal som påverkades av år ( $p=0,02$ ). Generellt visade resultatet att daggmaskar påverkas negativt av markpackning.

*Nyckelord:* daggmask, markpackning, vetesort, anecisk, endogeisk, epigeisk

## Abstract

This thesis was done with a complete dataset on number and biomass of earthworms from a field trial studying soil compaction. The goal was to investigate if earthworms are negatively affected by soil compaction, in combination with other abiotic factors that occur during every growing season. An analysis of variance was done with Fisher's Least Significant Difference (LSD) test for a split-split-plot design with the statistic computer program R, version R-4.0.3. The field trial lasted 2 years (2018-19; main plot factor) and examined soil compaction (subplot factor) and within the subplots three wheat varieties were grown (sub-sub plot). The results from the statistical analysis showed that year had an impact on the total number of earthworms ( $p=0,009$ ). There were more earthworms in 2018 than in 2019. For the total biomass of earthworms, the analysis showed that year had impact ( $p=0,01$ ) and so did also soil compaction ( $p=0,02$ ). There were also an interaction between year and soil compaction ( $p=0,0005$ ). The biomass of earthworms in 2018 was higher than in 2019, and moreover this difference was higher in plots without compaction than in compacted plots. Wheat variety did not have an impact neither on the number nor on the biomass of earthworms. Analyses were also done to investigate how the ecological groups of earthworms were affected. The results showed that both the number and biomass of endogeic earthworms were affected by year ( $p=0,006$  and  $p=0,0001$ ) but for the deep-burrowing anecic earthworms, only the number of earthworms were affected by year ( $p=0,02$ ). In general, the results showed that earthworms are negatively affected by soil compaction.

*Keywords:* earthworms, soil compaction, wheat variety, anecic, endogeic, epigeic

# Förord

Det här arbetet genomfördes med ett befintligt dataset från ett fältförsök med markpackning. Det är den avslutande delen av grundnivån i agronomprogrammet mark/växt på Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetet har presenterats muntligt och diskuterats i ett seminarium.

Jag vill passa på att tacka min handledare Maria Viketoft som har hjälpt mig och bidragit med många smarta tips under arbetets gång. Ett stort tack till min examinator Jan Bengtsson på Sveriges lantbruksuniversitet.

Ett speciellt tack till Leonardo Olivetti som har bidragit med sin tid och hjälpt mig med smarta lösningar i programmet R.

Slutligen vill jag tacka alla som har på något sätt bidragit till att jag kunde genomföra det här arbetet.

Uppsala Maj 2021

Kifilo Oumar

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>8</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>9</b>
<b>Förkortningar .....</b>	<b>10</b>
<b>1. Inledning.....</b>	<b>11</b>
1.1. Bakgrund .....	11
1.1.1. Daggmaskar.....	11
1.1.2. Markpackning.....	12
1.1.3. Vetesorter .....	12
1.2. Litteraturstudie.....	12
1.2.1. Mål och syfte.....	13
1.2.2. Avgränsningar.....	13
<b>2. Material och metod.....</b>	<b>14</b>
2.1. Markpackningsförsök.....	14
2.1.1. Försöksplan .....	14
2.2. Markbehandling .....	15
2.3. Provtagning av daggmaskar.....	16
2.4. Databearbetning .....	16
<b>3. Resultat.....</b>	<b>18</b>
3.1. Antal daggmaskar.....	18
3.2. Biomassa av daggmaskar .....	19
<b>4. Diskussion.....</b>	<b>21</b>
<b>5. Slutsats.....</b>	<b>23</b>
<b>Referenser.....</b>	<b>24</b>

# Tabellförteckning

- Tabell 1 Markegenskaper vid start av växtsäsong (Weih et al. 2021).  
15
- Tabell 2 Sammanställning av resultatvärden från statistiska analyserna för antal  
aneciska, endogeiska och totala daggmaskar 18
- Tabell 3 Sammanställning av resultatvärden från statistiska analyserna för biomassa  
aneciska, endogeiska och totala biomassa daggmaskar 20



## Figurförteckning

Figur 1	Försöksplan bilden är från Hui Liu. ....	15
Figur 2	väderförhållanden under växtsäsongen år 2018 och 2019. (A) Total nederbörd per månad. (B) Antal dagar med nederbörd. (C) Medeltemperatur under växtsäsongen år 2018 och 2019. (D) Medelvärde för luftfuktighet under växtsäsongen. Väderdata är tagen från Lantmet väderstation, Uppsala Säby. ....	16
Figur 3	Stapeldiagram över antalet daggmaskar som identifierades under år 2018, 2019 och från parceller med vetesorten Alderon, Diskette samt Quarna. (A) Antal endogeisk daggmaskar i packad resp. opackad parcell. (B) Antal anecisk daggmaskar i packad resp. opackad parceller (C) Total antal daggmaskar i packad resp. opackad parceller. ....	19
Figur 4	Stapeldiagram över biomassa daggmaskar under år 2018, 2019 och från parceller med vetesorten Alderon, Diskette samt Quarna. (A) Biomassa endogeiska daggmaskar i packade resp. opackade parceller. (B) Biomassa aneciska daggmaskar i packade resp. opackade parceller (C) Total biomassan av daggmaskar i packade resp. opackade parceller. ....	20

## Förkortningar

SGU	Sveriges Geologiska Undersökning
SW test	Shapiro-Wilk test
KS test	Kolmogorov Smirnov test
LSD test	Least Significant Difference test
AITC	Allyl-isotiocyanat

# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

### 1.1.1. Daggmaskar

Daggmaskar utgör en del av markens makrofauna. En del lever på markytan och andra trivs bäst i jorden. Maskarna lever främst av organiskt material som finns på och i marken. Det tar ungefär ett år för daggmaskar att nå reproduktiv ålder. Vid denna ålder kan de lägga ägg som bevaras i kokonger. Under gynnsamma förhållanden kläcks äggen efter cirka en och en halv månad men vid ogynnsamma förhållanden kan det ta upp till åtta månader innan äggen kläcks. Daggmaskar trivs bäst i neutrala eller lite basiska jordar med bra struktur i kombination med hög fuktighet och en temperatur mellan 6 och 30 °C samt bra tillgång till organiskt material (Pålsson, 2006).

Det finns tre huvudgrupper av daggmaskar som förekommer i åkermark och dessa är epigeiska, aneciska samt endogeiska daggmaskar (Brown, 2015; Bottinelli et al. 2020). Epigeiska daggmaskar lever i förnan och i dött organiskt material. Dessa är ganska små i storleken och mörkröda i färgen. De gräver inte gångar ner i markprofilen och är de daggmaskar som påverkas mest i konventionella odlingssystem (Kanianska et al. 2016). I det här försöket hittades endast en art, *Lumbricus castaneus*, som räknas till epigeiska daggmaskar. Aneciska daggmaskar lever längre ner i markprofilen eftersom de är stora och kan gräva djupa vertikala gångar. De förekommer djupare ner särskilt vid ogynnsamma förhållanden såsom låga temperaturer på vintern eller höga temperaturer på sommaren. Aneciska daggmaskar är mörkröda vid huvudet men bleka vid svansen och de bildar en tydlig ringstruktur när de blir vuxna. Även om de lever längre ner i markprofilen så brukar de gräva sig upp på jakt efter föda och när de gräver sig ner brukar de bilda små jordklumpar som skyddar gången från att täppas igen. I det här försöket hittades *Lumbricus terrestris* och *Apporectodea longa*. Endogeiska daggmaskar lever en bit ner i markprofilen i sina horisontella gångar. Dessa arter är också små i storleken och har en färg som tenderar mot blekrosa. Det beror på att de sällan kommer upp till ytan om inte de tvingas göra det. Det fanns fyra olika daggmaskarter som tillhör

denna grupp i den här studien, nämligen *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa* och *Aporrectodea tuberculata*.

### 1.1.2. Markpackning

Markpackning är en fysisk egenskap som innebär att marken har packats ihop och förlorat sin struktur. Detta uppstår i samband med upprepat tryck av till exempel tunga maskiner mot marken. När marken packas ihop blir den hård och svårgenomtränglig. Det beror på att den förlorar en stor del av sin porvolym och blir kompakt. I en packad mark kan det uppstå syrebrist på grund av försämrat luftutbyte (Alexandersson, 2017). Då blir anaeroba mikroorganismer aktiva och när de tillväxer bildas toxiska substanser och en del organiska syror (Grath, 1994), och detta kan ha en negativ påverkan på markens makro- och mikrofauna.

### 1.1.3. Vetesorter

Vetesorterna Quarna, Alderon och Diskette är olika vårvetesorter, där Alderon ger en hög avkastning, Diskette en medelhög avkastning och Quarna som är lågväxt ger en låg avkastning (Hagman & Halling, 2018). Detta innebär att Alderon har en större rotbiomassa följt av Diskette och sist Quarna. En större rotbiomassa innebär en hög tillgång på biomassa för daggmaskarna.

## 1.2. Litteraturstudie

Daggmaskar har en stor betydelse för markstrukturen. Detta beror på att deras biologiska aktivitet skapar gynnsamma förutsättningar, såsom bättre luft- och vattengenomsläpplighet och ökad mängd lättillgänglig näring i marken, vilket också gynnar andra organismer i omgivningen och dessutom gynnar växter. Daggmaskarnas gångar utgör en stor del av markens makroporer i vilka luft och vatten tränger ner i markprofilen. De exkrementer som maskarna lämnar är rika på näring som blir lätt tillgänglig för växter. Slemmet från daggmaskar är också kväverikt och bidrar dessutom till att bilda stabila markaggregat (Pålsson, 2006). Vetenskapliga studier har visat att daggmaskars biologiska aktivitet ökar markens mikro-och makronäringsstatus (Sharma & Dhaliwal, 2021). Näringen kommer från det döda växtmaterial som finns tillgängligt i jorden. Under en växtsäsong kan maskarna bryta ner ungefär 6 ton växtmaterial per hektar och i en bördig äng kan det finnas mer än 4 ton daggmaskar per hektar (Jossi et al. 2011). Daggmaskar bidrar till en bättre markstruktur men de påverkas negativt av markpackning. Till exempel minskar längden på daggmaskarnas gångar med ökad skrymdensitet i en mark (Alexandersson, 2017), och antal och biomassa av daggmaskar har visats vara högre i opackad jord jämfört med packad jord (Söchtig & Larink, 1992; Orzech & Zaluski, 2019; Kanianska et al. 2016 och Johnson-Maynard et al. 2007). Den

negativa påverkan av markpackning på daggmaskar är bara temporär om det inte finns en kontinuerlig markpackning. Detta beror på att daggmaskar har en potential att regenerera markstrukturen efter att denna har blivit packad. Yvan et al. (2012) har visat att 24 månader efter markpackningen skedde har ett nätverk av gångar bildats i jorden som hade blivit packad och detta hålsystemet avspeglade hålsystemet i en opackad jord. Daggmaskar utnyttjar den näring som finns i jorden genom att jordmassan får passera hela tarmkanalen och i samband med detta får de också in sjukdomsframkallande svampar såsom rotröta (*Phytophthora*). På det här sättet bidrar daggmaskar till att bekämpa patogena svampar som finns i marken (Pålsson, 2006).

### 1.2.1. Mål och syfte

Målet med detta arbete har varit att undersöka hur daggmaskar påverkas av upprepad markpackning under två år i tre olika vetesorter. Detta gjordes genom att jämföra daggmaskssamhället i packad och opackad jord från parceller med de olika vetesorterna. Hypotesen i det här arbetet är att markpackning påverkar daggmaskssamhället negativt så att mängd och biomassa av daggmaskar är lägre i packad jord än i opackad jord oavsett vetesort.

### 1.2.2. Avgränsningar

Denna rapport tar inte upp något om hur jordarten påverkade resultatet och inte heller hur skörden av vårvetesorterna påverkats.

## 2. Material och metod

### 2.1. Markpackningsförsök

Försöket var placerat på Danmarks-Säby, syd-öster om Uppsala. Enligt Sveriges Geologiska Undersöknings (SGU) jordartskarta består jordarten på fälten främst av gyttejlera. Försöket pågick under två år, 2018 och 2019.

#### 2.1.1. Försöksplan

Försöket var upplagt som ett split-plot försök och täckte en 48x59 m stor yta (figur 1). Det var uppdelat i fyra block där varje block var 18x24 m. Vidare bestod varje block av två behandlingsrutor som var 18x12 m stora. Dessa behandlingsrutor var antingen packade eller opackade. Behandlingsrutorna var sedan uppdelade i sortrutor som var 2x12 m stora med olika vetesorter, alltså sammanlagt nio sortrutor i varje behandlingsruta. Sammanlagt bestod alltså försöket av 72 sortrutor. Fokus för denna studie var tre av sortrutorna (vetesorterna Quarna, Alderon och Diskette), dvs totalt 24 sortrutor och vetesorterna var inte placerade i samma rutor under de två åren.



Figur 1 Försöksplan år 2019, bilden är från Hui Liu på Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU.

## 2.2. Markbehandling

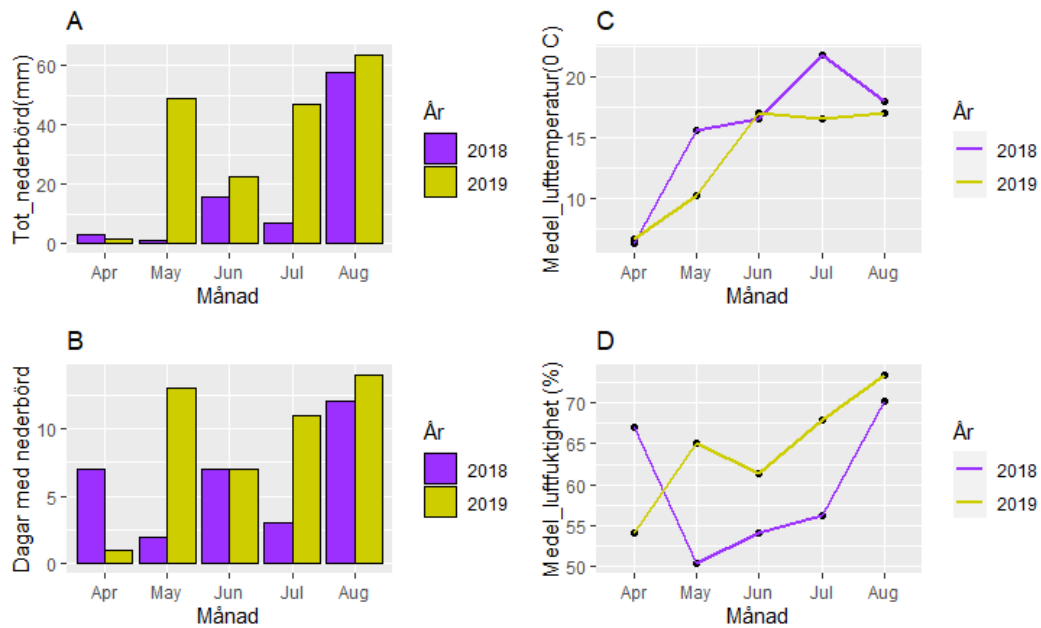
Jordpackningen gjordes med hjälp av en Volvo traktor av modell L50 med en maskinvikt på cirka 8 ton. Maskinen kördes vinkelrätt mot långsidan av rutan och hjulen placerades på ett sätt så att däckspåren överlappade varandra. Sammanlagt två körningar gjordes på varje packad ruta ungefär en månad före sådden. En yttlig såbäddberedning gjordes med en kultivator i både de packade och opackade parcellerna. I samband med sådden användes en såmaskin och sådjupet var på cirka 4 cm. Vid skörd användes en skördemaskin i alla parceller.

Markens näringsstatus innan markbehandling under år 2018 och 2019 såg ut som följande:

Tabell 1 Markegenskaper vid starten av växtsäsongen båda försöksåren (Weih et al. 2021).

<b>Markegenskaper</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Kolhalt (%)</b>	2,47	2,59
<b>Kväveinnehåll</b>	0,24	0,23
<b>pH-värdet</b>	5,8	5,7

Figur 2A visar tydligt en lång period (april och maj månad) utan nederbörd under 2018 och på grund av det har fältet bevattnats med cirka 10 mm vatten under dag 28 och 34 efter sådd, alltså fram till stråskjutning (DC-31). Medelvärdet för marktemperaturen 10 cm ner i översta profilen låg på 18,4 °C enligt väderdata från Lantmet väderstation, Uppsala Säby. Enligt dessa data har förutsättningarna varit bra för dagmaskar vid provtagningstillfället.



Figur 2 Väderförhållanden under växetsäsongen år 2018 och 2019: (A) Total nederbörd per månad, (B) Antal dagar med nederbörd, (C) Medeltemperatur under växetsäsongen år 2018 och 2019 och (D) Medelvärde för luftfuktighet under växetsäsongen. Väderdata är tagen från Lantmet väderstation, Uppsala Säby.

### 2.3. Provtagning av dagmaskar

Provtagning av dagmaskarna gjordes under vecka 33 år 2018 och under vecka 32 år 2019. Detta gjordes genom att gräva en 30x30 ruta ner till 25 cm djup i parcellerna där vetesorter Quarna, Alderon och Diskette planterats. Dagmaskarna handsorterades från jorden, sköljdes av och placerades i en burk med etanol. Därefter hälldes AITC- lösning i provgropen för att få upp dagmaskarna som eventuellt befann sig djupare ner i profilen. Dagmaskarna som samlades in på detta sätt placerades också i en burk med etanol. På labbet räknades och morfologiskt artbestämdes dagmaskarna för att sedan torkas och vägas för att bestämma biomassan.

### 2.4. Databearbetning

Insamlade data för antal och biomassa av dagmaskar användes för att göra en statistisk databearbetning. Data för de dagmaskarter som tillhörde samma ekologiska grupp slogs ihop medan dagmaskdelar som inte kunde identifieras inte togs med. Det var alltså totala antalet och totala biomassan samt antal och biomassa för endogeiska och aneciska dagmaskar som analyserades. Det hittades endast en



art tillhörande gruppen epigeiska daggmaskar så den ingår endast i den totala beräkningen.

Datorprogrammen som användes för databearbetning var Microsoft Excel och statistikprogrammet R, version R-4.0.3. Först gjordes ett homogenitetstest för att se om varianserna för de olika behandlingarna var homogena. Detta är viktigt för att kunna göra en variansanalys och om det inte finns homogena varianser kan data transformeras matematiskt genom att kvadrera eller logaritmera (Montgomery, 1991). Vidare gjordes en Shapiro-Wilk test och en Kolmogorov Smirnov test för att få reda på om residualerna var normalfördelade. Residualerna är normalfördelade om de statistiska beräkningarna visar ett p-värde som är större än 0,05 (Ghasemi & Zahediasl, 2012). I det här fallet logaritmerades data för att få datadistributionen att se ut mer som en normalfördelning, dock inte data på total biomassa eftersom dessa redan var normalfördelade. Därefter analyserades data med R-studio som ett split-split-plot försök med år som huvudfaktorn, behandlingsrutor som andra faktorn och sortrutor som tredje faktorn. Enligt faktorklassificeringen från Jones & Goos (2009), Kowalski & Potcner (2003) och Potcner & Kowalski (2004) är faktorerna år och behandlingsrutor faktorer som är svåra att ändra medan faktorn sortrutor är lätt att ändra. Ett försök med det här upplägget är alltså ett split-split-plot försök.

Fisher's Least Significant Difference (LSD) test användes som metod för att se om behandlingarna skiljde sig åt. För all analys använde en signifikansnivå på  $p < 0,05$ .

## 3. Resultat

I det här försöket hittades endast en individ av epigeisk grupp (*Lumbricus castaneus*) under år 2018 och den ingår i totala antalet och totala biomassan.

### 3.1. Antal daggmaskar

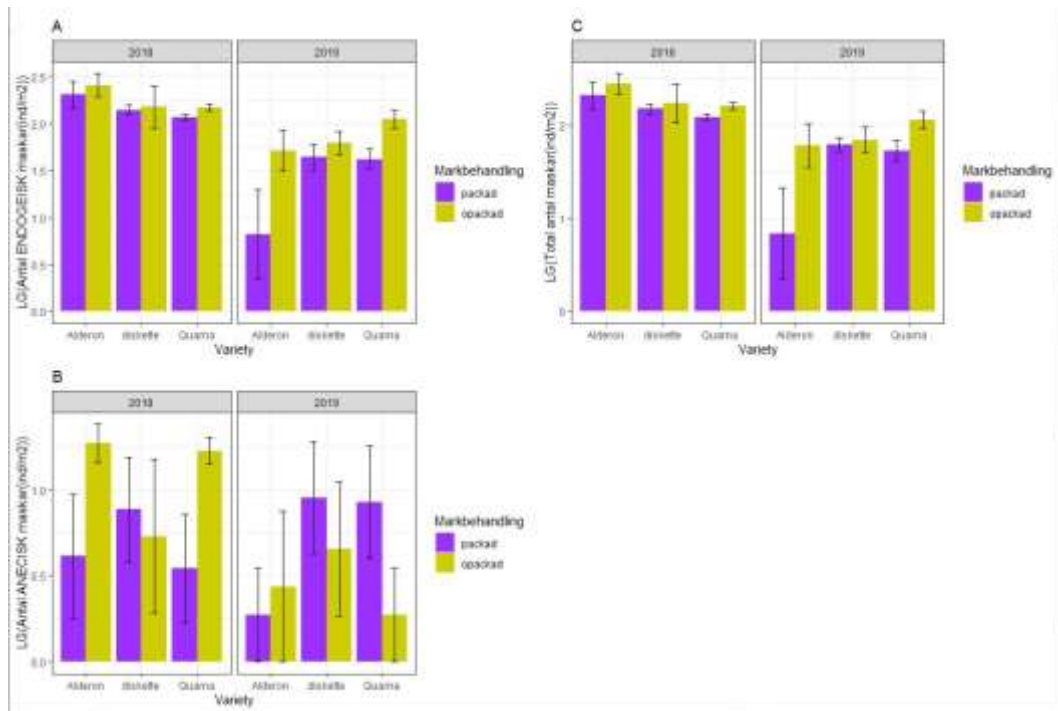
Totala antalet daggmaskar påverkades av år, med fler daggmaskar år 2018 än 2019 (tabell 2 och figur 3). De statistiska analyserna visade dessutom att det nästan fanns en signifikant effekt av markbehandling på totala antalet daggmaskar med fler daggmaskar i opackad jord än i packad jord (tabell 2 och figur 3).

Antalet endogeiska daggmaskar påverkades av år med fler daggmaskar år 2018 än 2019 (tabell 2 och figur 3). Vidare visar analysen att det nästan fanns en signifikant effekt av markbehandling (tabell 2). Antal endogeiska daggmaskar i opackad jord är högre än antal endogeiska daggmaskar i packad jord (figur 3).

Det finns också en signifikansskillnad mellan antalet aneciska maskar och år med fler antal aneciska maskar år 2018 än 2019 (tabell 2 och figur 3).

Tabell 2 Sammanställning av resultatvärden från de statistiska analyserna för antalet aneciska och endogeiska daggmaskar samt totala antalet daggmaskar

Respons	Faktor	F_värde	P_värde
Anecisk	år	15,88	0,02
Endogeisk	år	47,92	0,006
	markbehandling	5,90	0,051
Tot_antal	år	36,41	0,009
	markbehandling	5,61	0,055



Figur 3 Stapeldiagram över antalet daggmaskar som identifierades i markpackningsförsöket under år 2018 och 2019 i parceller med vetesorterna Alderon, Diskette och Quarna. (A) Antal endogeiska daggmaskar i packade resp. opackade parceller. (B) Antal aneciska daggmaskar i packade resp. opackade parceller (C) Totalt antal daggmaskar i packade resp. opackade parceller.

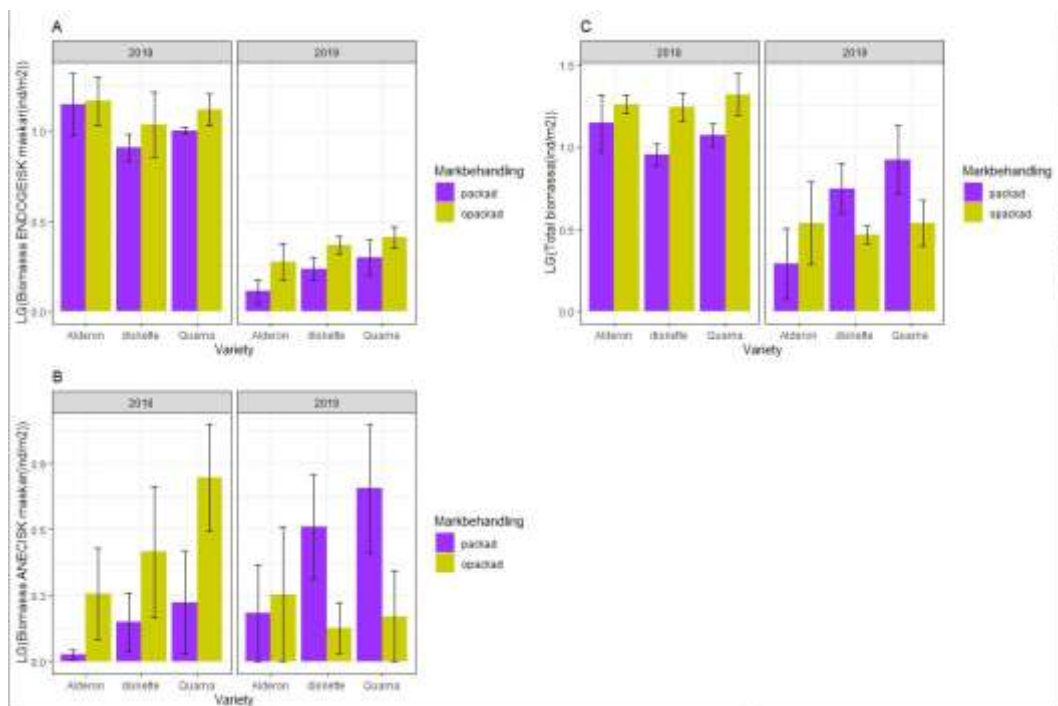
### 3.2. Biomassa av daggmaskar

Totala biomassan av daggmaskar påverkades av år med högre biomassa år 2018 än 2019 (tabell 3 och figur 4). Tabell 3 visar också att den totala biomassan av daggmaskar påverkades av markbehandling med högre biomassa i opackad jord än i packad jord. Det statistiska resultatet visar dessutom att det finns en interaktion mellan år och behandlingsrutor, dvs markpackningsbehandling (tabell 3).

Biomassan av endogeiska maskar påverkades också av år (tabell 3). Enligt figur 4 var biomassan av endogeiska daggmaskar högre år 2018 än 2019.

Tabell 3 Sammanställning av resultatvärden från de statistiska analyserna för biomassa av aneciska och endogeiska daggmaskar samt totala biomassan av daggmaskar

Respons	Faktor	F_värde	P_värde
Anecisk	år	0,03	0,86
Endogeisk	år	659,5	0,0001
Tot_biomassa	år	28,06	0,01
	markbehandling	9,05	0,02
	år:markbehandling	43,65	0,0005



Figur 4 Stapeldiagram över biomassan av daggmaskar i markpackningsförsöket under år 2018 och 2019 i parceller med vetesorterna Alderon, Diskette och Quarna. (A) Biomassan av endogeiska daggmaskar i packade resp. opackade parceller, (B) Biomassan av aneciska daggmaskar i packade resp. opackade parceller, och (C) Totala biomassan av daggmaskar i packade resp. opackade parceller.

## 4. Diskussion

Mina resultat visade att det totala antalet och den totala biomassan av daggmaskar påverkades av år (tabell 2 och tabell 3). Min förklaring är att förutsättningarna under växtsäsongen 2018 påverkade daggmaskssamhället negativt år 2019. Fler individer lyckades inte överleva eller reproducera sig i torkan som var under 2018.

Analysresultatet för den totala biomassan av daggmaskar visade också att det fanns mer biomassa i de opackade parceller än i de packade parceller (tabell 3). Detta kan möjligen bero på att många av de daggmaskar som fanns i marken i samband med jordpackningen kan ha krossats och dött vilket innebär en direkt minskning av biomassan av daggmaskar i de parcellerna. Jag tycker också att det är lättare att borra sig fram i en opackad jord och många daggmaskindivider kan ha vänt sig automatiskt mot områden som var lätta att gräva i. Den anaerobiska miljön som skapades i samband med packningen kan också ha skapat ogynnsamma förutsättningar för maskarna så att de fick en dålig start på växtsäsongen.

För antalet och biomassan av endogeiska daggmaskar visade mina resultat att de påverkades av år (tabell 2 och tabell 3). Detta är mycket rimligt eftersom den varma och torra perioden som varade under 2018 (figur 2) måste ha skapat ogynnsamma förutsättningar för maskarna så att deras antal och biomassa sjönk år 2019. Den här gruppen var den mest förekommande i detta försök och samma observation har rapporterats i andra försök (Brown, 2015; Jossi et al. 2011).

För antalet aneciska daggmaskar visade den statistiska analysen på att de också påverkades av år (tabell 2). Det beror på att aneciska daggmaskar är stora daggmaskar och missgynnas av att det blir dålig tillgång på föda. Torkan kan ha missgynnat dem år 2018 så att populationen minskade till 2019. Markbehandlingen hade ingen påverkan på denna grupp och en förklaring till detta kan vara att trycket från traktorn inte nådde djupare nivåer i markprofilen där dessa maskar befann sig.

I försöket hittades bara en art och endast en individ av epigeiska daggmaskar och detta kan bero på att denna art lever på markytan och är sårbar för de torra och varma försomrarna som rådde under båda åren. En annan förklaring är att det användes maskiner och redskap för jordbearbetning, sådd och skörd vilket kan ha gett en stor skada på epigeiska daggmaskar så att de dog ut. Andra vetenskapliga

försök har också rapporterat att denna grupp av daggmaskar är de mest sårbara i fält med konventionella odlingssystem (Kanianska et al. 2016).

Många studier som har fokuserat på samband mellan daggmaskar och markpackning har kommit fram till att markpackning påverkar daggmaskar negativt (Söchtig & Larink, 1992; Orzech & Zaluski, 2019; Kanianska et al. 2016 och Johnson-Maynard et al. 2007). Detta stämmer överens med mitt resultat i det här försöket.

För framtida studier skulle det vara intressant att inkludera även daggmaskdelar som inte kunde identifieras i den totala biomassan av daggmaskar. Detta för att öka datamängden och därmed få bättre resultat. Det skulle också vara intressant att mäta markens skrymdensitet vid säsongstart och innan provtagningen. På så vis skulle man kunna ta reda på om marken hade återhämtat sig från packningseffekten och därmed göra en bättre analys på daggmaskförekomsten i de packade och opackade parcellerna. Data över markfukt och marktemperatur skulle också bidra till bättre analys av mitt resultat och skulle också förbättra tolkningen av resultaten i framtida studier.

## 5. Slutsats

Försöket visade att de abiotiska faktorer som förekommer under varje växtsäsong har en viktig roll för daggmaskarnas överlevnad eftersom de kan skapa gynnsamma eller ogynnsamma förutsättningar för maskarna. Dessa faktorer ihop med markpackning påverkar daggmaskar negativt och särskilt de endogeiska maskarna. Vilken vetesort som odlas bidrar inte till någon skillnad i daggmaskförekomst i varken packad eller opackad jord.

## Referenser

- Abail, Z., & Whalen, J. K. (2019). *Earthworm contributions to soil nitrogen supply in corn-soybean agroecosystems in Quebec, Canada*. Canada: PEDOSPHERE, Elsevier.
- Alexandersson, S. (2017). *Markpackning och regenerering av markstruktur*. Uppsala: Institutionen för mark och miljö, SLU.
- Bottinelli, N., Hedde, M., Jouquet, P., & Capowiez, Y. (2020). *An explicit definition of earthworm ecological categories-Marcel Bouché's triangle revisited*. France: Elsevier.
- Brown, K. (2015). *Earthworm ecology*. UK: Earthworm society of Britain.
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). *Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians*. Iran: Endocrine Research Center.
- Grath, T. (1994). *Inverkan av jordpackning och anaeroba markförhållanden på grödornas näringsupptagning samt på rotröta och utveckling hos ärter*. Uppsala: Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Hagman, J., & Halling, M. (2018). *Sortval i ekologisk odling 2018*. Uppsala: Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU.
- Johnson-Maynard, J., Umiker, K., & Guy, S. (2007). *Earthworm dynamics and soil physical properties in the first three year of no-till management*. USA: Elsevier.
- Jones, B., & Goos, P. (2009). *D-optimal design of split-split-plot experiments*. Belgium & USA: Tiometrika.
- Jossi, W., Zihlmann, U., Anken, T., Dorn, B., & Van der Heijden, M. (2011). *Un travail du sol réduit protège les vers de terre*. Zurich: Recherche Agronomique Suisse.
- Kanianska, R., Jad'ud'ová, J., Makovníková, J., & Kizeková, M. (2016). *Assessment of Relationships between Earthworms and soil Abiotic and Biotic Factors as a Tool in Sustainable Agriculture*. Slovakia: Sustainability, MDPI.
- Kowalski, S. M., & Potcner, K. J. (2003). *How To Recognize A Split-Plot Experiment*. asq.
- Montgomery, D. C. (1991). *Design and analysis of experiments*. Arizona: Library of congress.
- Orzech, K., & Zaluski, D. (2019). *Chemical properties of soil and occurrence of earthworms in soil in response to soil compaction and different soil tillage in cereals*. Poland: Journal of Elementology.
- Potcner, K. J., & Kowalski, S. M. (2004). *How To Analyze A Split-Plot Experiment*. asq.
- Pålsson, Ö. (2006). *Fältförsök med reducerad bearbetning i Skåne och Halland*. Uppsala: Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Sharma, S., & Dhaliwal, S. (2021). *Conservation agriculture based practices enhanced micronutrients transformation in earthworm cast soil under rice-*



- wheat cropping system*. India: Department of Soil Science, Punjab Agriculture University, Elsevier.
- Söchtig, W., & Larink, O. (1992). *Effect of soil compaction on activity and biomass of endogeic lumbricids in arable soils*. Germany: Soil Biol. Biochem.
- Weih, M., Liu, H., Colombi, T., Keller, T., Jäck, O., Vallenback, P., & Westerbergh, A. (2021). *Evidence for magnesium-phosphorus synergism and co-limitation of grain yield in wheat agriculture*. Uppsala: Nature.
- Yvan, C., Stéphane, S., Stéphane, C., Pierre, B., Guy, R., & Hubert, B. (2012). *Soil Biology & Biochemistry*. France: Elsevier.