

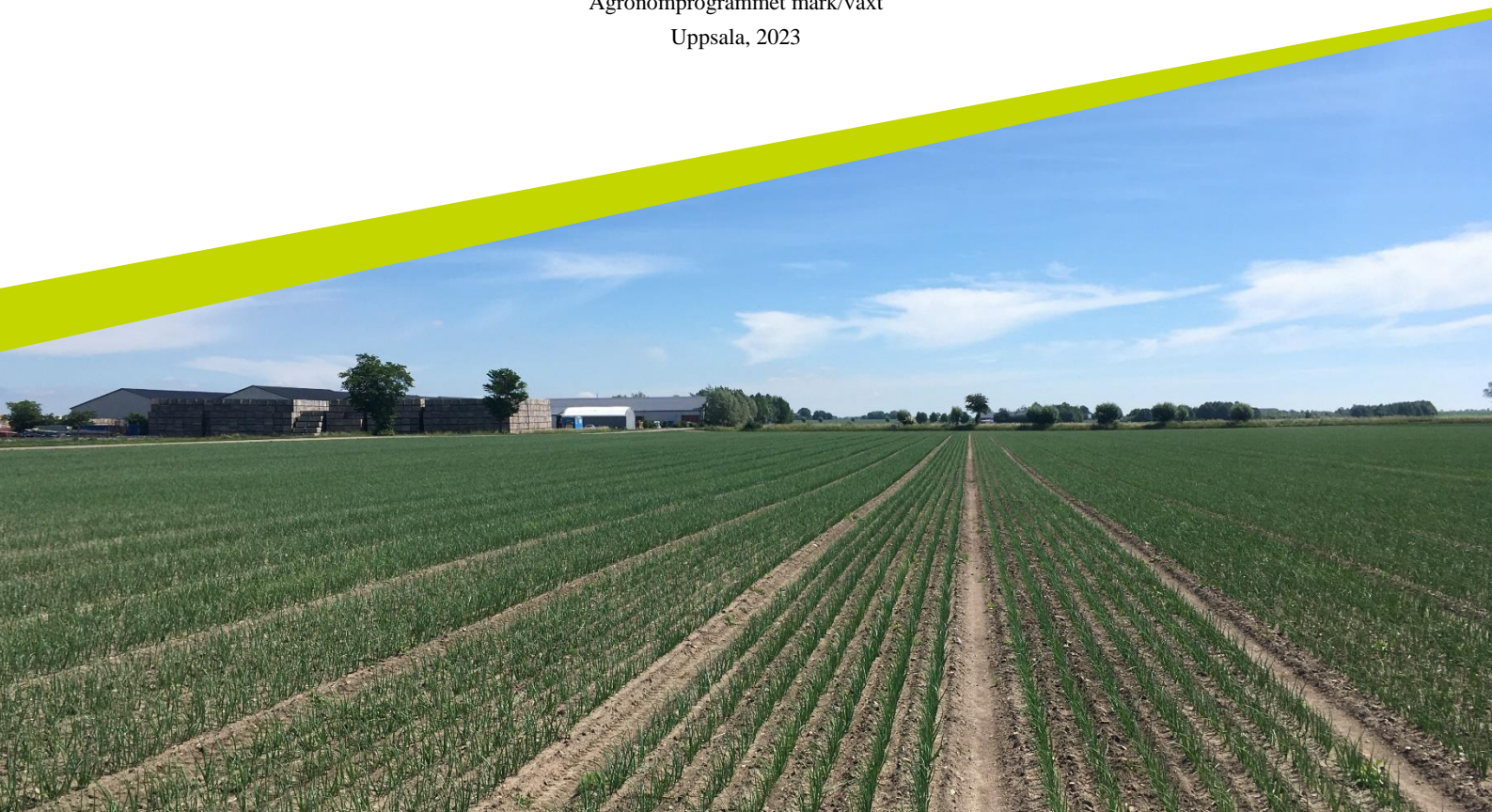


Jämförelse mellan olika system för ogräsrensning i lökodling

Autonomt · Manuellt · Kemiskt

Markus Sollenberg

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Naturresurser och jordbruksvetenskap
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Agronomprogrammet mark/växt
Uppsala, 2023



Jämförelse mellan olika system för ogrärensning i lökodling – Autonomt · Manuellt · Herbicider
Comparison of weeding systems in onion farming – Autonomous · Manual · Herbicides
Markus Sollenberg

Handledare: Theo Verwijst, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi
Bitr. handledare: Tomas Täuber, Ekobot
Examinator: Anneli Lundkvist, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Agronom Mark/Växt
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2023
Omslagsbild: Markus Sollenberg, 2022
Nyckelord: Artificiell intelligens, avkastning, handrensning, herbicider, kemisk bekämpning, lök, ogräsbekämpning, robot

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för Växtproduktionsekologi

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

Ogräs är ett stort problem i lökodling och kan orsaka stora skördeförkluster för lantbrukaren. För att jämföra effekterna av olika metoder för ogrärensning i lök på ogräspopulationernas marktäckning (ogräseffekt) samt lökodlingens avkastning och de skördade lökarnas storlek såddes därför ett randomiserat blockförsök med lök på Almhaga gård i Skåne, Sverige, den 13 april 2022.

I fältförsöket studerades sex rensningsmetoder som repeterades i fyra block. Handrensning utfördes regelbundet under hela odlingsperioden och kemisk bekämpning gjordes vid sju tillfällen. Rensning med robotar från Ekobot utfördes på fyra olika sätt: Robotrensning var tredje respektive var sjätte dag med avslutande handrensning samt robotrensning var tredje respektive var sjätte dag utan avslutande handrensning. Täckningsgrad av ogräs skattades tre gånger under maj-juni, blastlängd mättes för tio slumpmässigt utvalda lökar per behandling vid ett tillfälle i juni, skörd (färskvikt kg/ha) samt storleksklassificering (0-40, 40-60 och 60-80 mm) av producerad lök genomfördes i början av september.

Resultatet visade signifikant skillnad för blastlängd mellan leden robotrensning var tredje dag- (32,7 cm) och sjätte dag (32,4 cm) utan handrensning med handrensade ledet (27,7 cm) i block 4. Inga signifikanta skillnader i skörd eller storleksfördelningen fanns mellan behandlingarna. Medelskörden låg på ca 62 600 kg färskvikt/ha och storleksfördelning var 4% (0-40mm), 60% (40-60 mm) respektive 36% (60-80mm). För ogräseffekten observerades vissa signifikanta skillnader för ogräsen svinmålla (*Chenopodium album*), åkerbinda (*Fallopia convolvulus*) och korsört (*Senecio vulgaris*) men inte för baldersbrå (*Tripleurospermum inodorum*) och våtarv (*Stellaria media*). Sämre effekt erhöles mot svinmålla, åkerbinda och korsört i ledet med robotrensning var sjätte dag utan handrensning jämfört med de andra leden. Ogräs som roboten inte fick en fullträff på och blev rensade i tidigt stadium hade en tendens att växa sämre men ändå överleva och utveckla en förstärkt rothals. Detta kan möjligen förklara skillnaden mellan ogräsens olika respons på behandling, som kan förebyggas genom högre frekvens av robotrensning.

Studien visade att robotrensning gav samma effekt som handrensning och kemisk bekämpning gällande skörd och storleksfördelning. En enklare ekonomisk beräkning visade, vid en jämförelse mellan rådande prissättning för roboten och lön för handrensare, att en ekonomisk vinst på ekologiska gårdar fås vid ett ogrästryck som kräver mer än 120 timmar handrensning per hektar och år. Vanligtvis behövs runt 100–200 timmar handrensning per hektar för godkänt resultat men i särskilda fall kan det vara så högt som ≥ 500 timmar om ogrästrycket är stort. För konventionella gårdar krävs istället en skördeökning runt 10 % ifall robotrensning används istället för herbicider för att få en ekonomisk vinst. Lärdomarna från detta försök kommer att användas för att förbättra rensningstekniken hos robotarna. Framöver förväntas därmed en signifikant positiv effekt på skörd och ogräsbekämpning och i framtiden kommer ogrärensning med autonoma maskiner bli en allt vanligare syn inom lantbruket.

Nyckelord: Artificiell intelligens, avkastning, handrensning, herbicider, kemisk bekämpning, lök, ogräsbekämpning, robot

Abstract

Weeds may cause large yield reductions in onion cultivation. Therefore, a randomized block experiment with onions was performed in Skåne, Sweden in 2022 to compare the effects of different weed control methods in onions on weed population, ground cover (weed effect) as well as onion crop yield and harvested onion size.

In the field experiment, six weeding methods were studied and repeated in four blocks. Manual weeding was performed regularly throughout the cultivation period, and chemical herbicides were applied seven times. Weeding with robots from Ekobot was done in four different ways: robot weeding every third and sixth day with final manual weeding, and robot weeding every third and sixth day without final manual weeding. Weed coverage was assessed three times during May and June, and the length of onion shoots was measured once in June. Harvest (fresh weight kg/ha) and size classification (0-40, 40-60 and 60-80 mm) of the produced onions were carried out in early September.

A significant difference occurred in shoot length between the treatments of robot weeding every third day (32,7 cm) and every sixth day (32,4 cm) without manual weeding compared to the manually weeded plot (27,7 cm) in block 4. There were no significant differences in yield or size distribution between the treatments. The average yield was approximately 62 600 kg fresh weight/ha and the size distribution was 4% (0-40 mm), 60% (40-60 mm) and 36% (60-80 mm). For weed effect, some significant differences were observed for the weeds white goosefoot (*Chenopodium album*), black bindweed (*Fallopia convolvulus*) and common groundsel (*Senecio vulgaris*), but not for scentless false mayweed (*Tripleurospermum inodorum*) and chickweed (*Stellaria media*). The treatment with robot weeding every sixth day without manual weeding showed poorer effects against white goosefoot, black bindweed and common groundsel compared with the other treatments. Weeds that the robot missed and not weeded at an early stage tended to grow weaker but still survived and developed a strengthened root neck. This could possibly explain the variation in weed response to treatments, which can be prevented through a higher frequency of robot weeding.

The study demonstrated that robot weeding provided similar effects to manual weeding and chemical control regarding crop yield and size distribution. An economic analysis showed that on organic farms, using robots becomes economically advantageous when weed pressure requires more than 120 hours of manual weeding per hectare and year. Typically, around 100-200 hours of manual weeding per hectare are needed for acceptable results, but in special cases, it can be as high as ≥ 500 hours if the weed pressure is significant. For conventional farms, a yield increase of around 10% is required to achieve an economic benefit when using robot weeding instead of herbicides. The conclusion from these experiments will be used to improve the weeding technique of the robots. In the future, this is expected to have a significantly positive impact on weed control and crop yield. Weed control with autonomous machines is therefore anticipated to become a more common sight in agriculture.

Keywords: Artificial intelligence, chemical control, hand weeding, herbicides, onion, robot, weed control, yield



Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Abstract	4
Figurförteckning	7
Tabellförteckning	8
Förkortningar och förklaringar	8
1 Inledning	9
1.1 Varför studera ogräs i lök	9
1.2 Syfte	9
2 Litteraturgenomgång	10
2.1 Lökodling	10
2.2 Fältrobotik, Ekobot och roboten	11
2.3 Ekonomi och lökodling	15
3 Metod	17
3.1 Almhaga gård	17
3.2 Fältförsök	19
3.3 Statistik	21
4 Resultat	21
4.1 Ogräseffekt	21
4.2 Blastlängd	22
4.3 Skörd	22
4.4 Storleksfördelning	23
4.5 Bilder från blockförsöket	24
5 Diskussion	25
5.1 Blev resultaten som jag förväntade mig	25
5.2 Varför blev det som det blev	25
5.3 Med den kunskap jag har nu, hur skulle jag genomfört studien istället	25
5.4 Vad vore nästa steg i forskning och utveckling	26
5.5 Ekonomi	26
Slutsatser	27
Referenslista	29
Bilaga 1	32
Bilaga 2	33
Bilaga 3	34
Bilaga 4	35
Bilaga 5	35
Bilaga 6	36
Bilaga 7	37
Bilaga 8	38

Figurförteckning

Figur 1. Tidslinje över arbetetsgång.....	9
Figur 2. Lökens odlingssäsong.....	11
Figur 3. Odlingsområde för löktyperna.....	11
Figur 4. Lökfrön.....	11
Figur 5. Lökens utvecklingsstadier över odlingssäsongen.....	11
Figur 6. Flamning, mekanisk bearbetningsmetod.....	13
Figur 7. Radflamning.....	13
Figur 8. Hjälpmedel vid handrensning av lökodling.....	13
Figur 9. Fingerhjul för mekanisk bearbetning.....	13
Figur 10. Robotens arbetsverktyg.....	14
Figur 11. Det mekaniska verktygssystemet.....	14
Figur 12. Verktygsspets i slutet av mekanisk arm.....	14
Figur 13. Handkontroller för manuell körning.....	14
Figur 14. Robot- och bärarsystemet 2022.....	14
Figur 15. Design för roboten 2021.....	14
Figur 16. Ekonomisk känslighetsanalys för ekologisk lökodling.....	16
Figur 17. Ekonomisk känslighetsanalys för konventionell lökodling.....	16
Figur 18. Självkostnadspriset för ekologisk lök som funktion av skörd.....	16
Figur 19. Karta Almhaga gård.....	17
Figur 20. Årsnederbörd Söderslätts flygklubb sedan 1961 och 10 års glidande medelvärde.....	18
Figur 21. Temperatur och nederbörd för Höllviken mellan 1 januari till 17 oktober.....	18
Figur 22. Nederbörds avvikelse för våren 2022.....	18
Figur 23. Nederbörds avvikelse för sommaren 2022.....	18
Figur 24. Jordartskarta över fältet.....	18
Figur 25. Satellitbild över fält och blockförsök.....	18
Figur 26. Mer detaljerad beskrivning av strukturen för blockförsöket.....	20
Figur 27. Skörd blockförsöket.....	22
Figur 28. Skörd efter respektive storleksklass.....	23
Figur 29. Blockförsöket 30 maj.....	24
Figur 30. Blockförsöket 1 augusti.....	24
Figur 31. Rensning stora fältet 31 maj.....	24
Figur 32. Stora fältet 23 juni.....	24
Figur 33. Nollruta 3, bilden är tagen 1 augusti.....	24
Figur 34. Blockförsöket 1 augusti.....	24
Figur 35. Stora fältet med stränglagda löken cirka 1–2 veckor innan skörd.....	24

Tabellförteckning

Tabell 1. Upplägg för blockförsöket	20
Tabell 2. Ogräseffekten för respektive led	21
Tabell 3. Blastlängds mätning.....	22
Tabell 4. Total löskörd i färskvikt (kg/ha).....	22
Tabell 5. Storleksfördelning för löken.....	23

Förkortningar och förklaringar

AI – Artificiell intelligens

BBCH – Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und **CH**emische Industrie. En universell skala för att definiera grödors utvecklingsstadier (Feller et al. 1996).

Blockförsök/fältförsök – Experiment som utförs på jordbruksmark för att studera effekten av olika behandlingar. Exempelvis olika jordbearbetningar eller växtskydd (Forkman 2012).

Kanteffekt – Tomrum som uppstår mellan parcellerna i ett fältförsök ger upphov till fördelaktiga förhållanden för grödan i ytter raderna som får tillgång till mer solljus, växtnäring och vatten jämfört med grödan i de inre raderna (Lundkvist et al. 2019).

Robotik – Ett mångvetenskapligt forskningsfält som inkluderar läran om robotar och mekaniska automatiserade anordningar. Vilket innefattar bland annat ämnena mekanik, regler teknik och elektroteknik samt datavetenskap och artificiell intelligens. (Kullinger 2021; Wikipedia 2022)

Täckningsbidrag 1 (TB1) – Täckningsbidrag 1 (visar intäkter (inklusive miljöersättningar) minus direkta produktionsrelaterade kostnader och rörliga maskinkostnader) (Jordbruksaktuellt & Johnsson 2017)

Täckningsbidrag 2 (TB2) – Täckningsbidrag 2 (TB1- fasta maskinkostnader och arbetskostnader)

Verkningsmekanismer – Beroende på hur ett bekämpningsmedel angriper ogräs eller andra skadegörare delas dem upp i olika grupper. För herbicider delas verkningsmekanismerna upp enligt HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). Där det exempelvis kan handla om herbicider som hämmar fotosyntes eller förhindrar produktion av viktiga aminosyror (University of Minnesota 2018; Svenskt växtskydd 2022).

Flamning – En ogrässtrategi där ogräsen ovanjordiska växtdelar värms upp till nära 100 °C vilket gör att cellerna brister och vävnaden torkar ut. Ska normalt användas innan uppkomst av grödan men det finns undantag. Beroende på vilken ogräsfauna som finns på fältet är det olika effektivt (Ascard et al. 2015).

Vimpelstadiet – När löken är i BBCH 012 och kännetecknas av en ”vimpel” högst upp på lökplantan

Avräkningspris – Priset som lantbrukaren erhåller från sina produkter (Avräkningspris 2023)

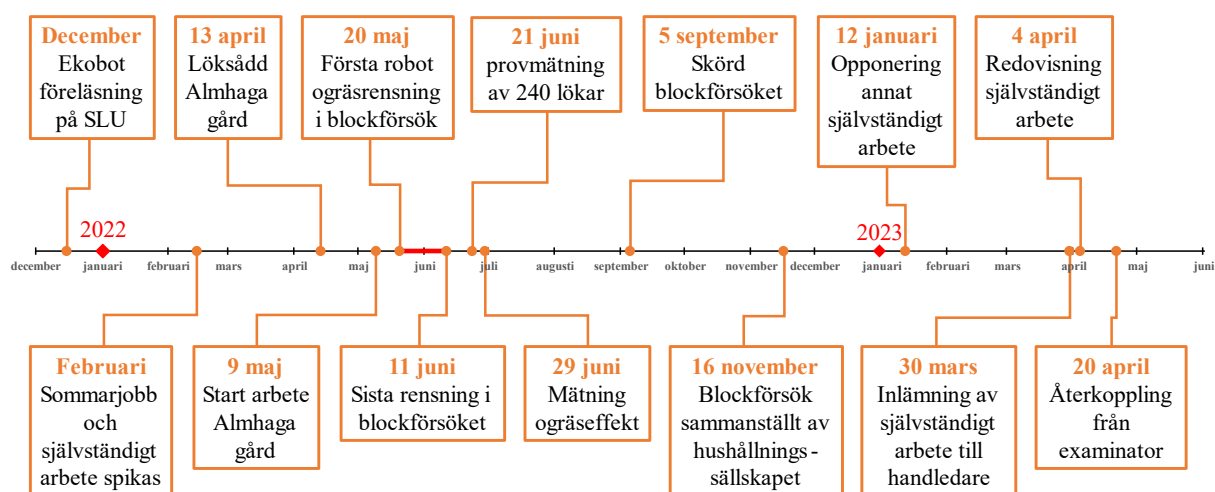
Självkostnadspris – Priset som behövs per kg lök för att ersätta produktion- och försäljningskostnad (Ascard et al. 2020)

-

1 Inledning

1.1 Varför studera ogräs i lök?

Lök är en gröda vilket är mycket dålig på att konkurrera med ogräs jämfört med andra grödor på grund av sitt låga bladyteindex. Ogräsen har därmed tillgång till solljus i princip hela växtodlingssäsongen. Fram till 2030 vill EU halvera användningen av bekämpningsmedel vilket är en stor utmaning för den konventionella lökodlingen. Under en tio årsperiod har flera nödvändiga herbicider förbjudits av kemikalieinspektionen vilket har lett till att det behövs nya metoder för att klara av omställningen. I denna rapport har det undersökts hur autonoma robotar, vilket skulle kunna vara en lösning, presterar jämfört med bekämpningsmedel och handrensning gällande skörd, ogräseffekt och storleksfördelningen hos de skördade lökarna. Figur 1 visar en övergripande tidslinje för arbetet som pågått mellan december 2021 och april 2023.



Figur 1. Tidslinje över arbetet som har pågått från december 2021 till april 2023.

1.2 Syfte

Syftet med studien var att jämföra effekten av sex olika ogrärensningsstrategier i lökodling på ogräseffekt, lökskörd och storlek på skördade lökar. Detta gjordes genom ett fältförsök på Almhaga gård i Skåne 2022. Metoderna som jämfördes var handrensning, odlarens egen praxis (kemisk bekämpning) samt fyra strategier av rensning utförd med en autonom robot från Ekobot. Hypotesen var att: rensning med ogräsrobot skulle prestera lika bra som handrensning och bättre än kemisk bekämpning.

2. Litteraturgenomgång

2.1 Lökodling

Löken har en tvåårig livscykel men skördas oftast redan efter första säsongen. Ifall löken odlas en till säsong är det primärt för att producera utsäde (se figur 2). Löken (*Allium cepa*) kan generellt delas in i tre sorter: kort-, medel- och långdagslök. Denna indelning baseras på latituden som löken ska odlas på och är avgörande för att mognadsprocessen ska kunna ske. Löken påbörjar allokering av energi till bulben så snart fyra blad har etablerats men fortsätter samtidigt med vegetativ tillväxt. När löken har fått cirka nio fullt utvecklade blad avtar den vegetativa tillväxten och all energi koncentreras till att utveckla bulben vid bladbasen som senare ska bli själva löken. Detta sker vid BBCH 41 (stadie 41) och kräver rätt dagslängd (Feller et al. 1996; Eberhardt 2023). Kortdagslök odlas upp till latitud 36° (södra USA, Indien, nästan hela Australien) och kräver cirka 10-12 timmar dagsljus för att initiera bulbutveckling. Medeldagslök (även kallad dagsneutralök) odlas ungefär mellan latitud 36°- 39° (cirka 12-14 timmars dagsljus), men många sorter är optimerade för 42°. Långdagslök odlas norr om latitud 36° och behöver 14-16 timmar dagsljus (Albert Steve 2012; Eberhardt 2023). Se figur 3 för en ungefärlig uppdelning av dessa områden.

Lök har ett grunt rotsystem vilket gör att den lätt utsätt för vattenstress. Vid långvarig torka hämmas rotutveckling vilket försämrar upptaget av vatten och växtnäringsämnen och minskar därmed avkastningen. Torka, näringsbrist och höga temperaturer kan även påskynda mognadsprocessen och resultera i mindre lökar. Speciellt under sommaren när löken ska mogna så ökar vattenbehovet ju närmare skörden närmar sig. Det är dock viktigt att avbryta bevattningen så fort blasten börjar lägga sig för att inte negativt påverka lagringsdugligheten (Rölin et al. 2003; Swainston 2023).

Löken trivs bäst på varma mullrika sandjordar som snabbt värms upp på våren. Öppna blåsiga fält minskar risken för lökflugan (*Delia antiqua*) och väl-dränerade jordar med lite sten är fördelaktigt (Dahlsjö & Mattson 2011; Goth 2012; Jordbruksverket 2014). Området kring Höllviken och Trelleborg är därför perfekta för lökodling. Löken är känslig för syrebrist vilket betyder att skorpbildning som kan ske på våren behöver undvikas (Rölin et al. 2003).

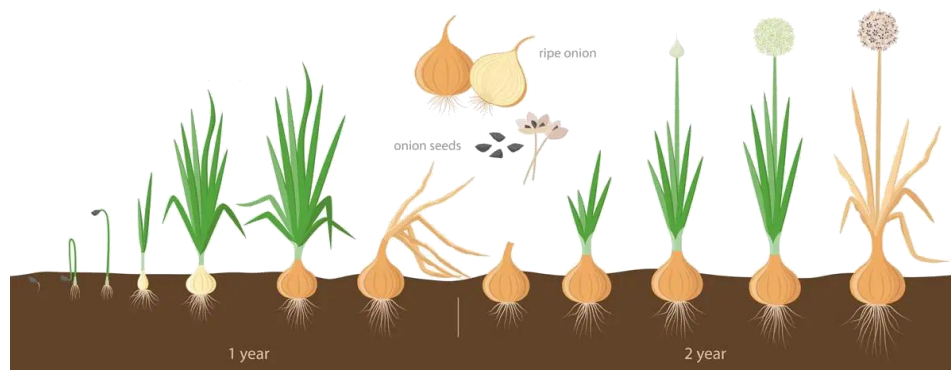
Enligt Dahlsjö & Mattson 2011 samt Jordbruksverket 2014 är det vanligaste problemskadegörarna i lök:

- **Ogräs:** Vitgröe (*Poa annua*) och örtogräs (särskilt nattskatta (*Solanum nigrum*))
- **Insekter:** Lökflugan, nejliktrip (*Thrips tabaci*), jordfly (*Agrotis segetum*) och nematoder (*Meloidogyne hapla*)
- **Svampar:** Lökbladsmögel (*Peronospora destructor*), vitmögel (*Sclerotium cepivorum*), fusariumröt (*Fusarium oxysporum*), gråmögel (*Botrytis Cinerea*) och bladfläcksjuka (*Embellisia hyacinthi*)

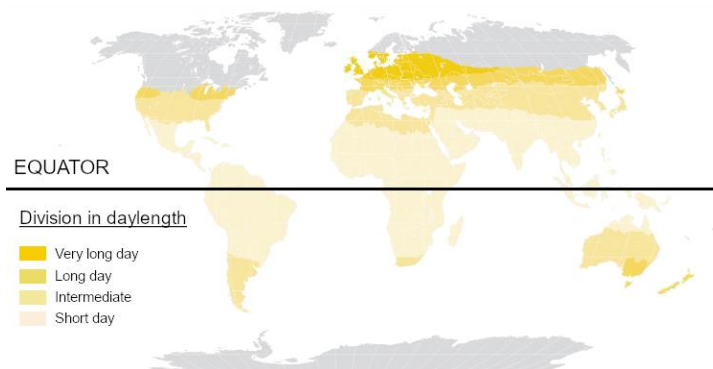
Lökodling liknar till stor del sockerbetsodling där sådd och bekämpning (främst mot svamp och ogräs i Almhaga området) sker under våren, se figur 4 för lökfrönas utseende.

Runt midsommar hackas jorden för att luckra upp och få ner värme i jorden. Lökens utvecklingsstadium under odlingsäsongen visas i figur 5 med det karakteristiska vimpelstadiet vid BBCH 012 (Feller et al. 1996). För att undvika fytotoxiska skador av herbicider på löken är det viktigt att följa leverantörernas rekommendationer om dosering, rätt tidpunkt och herbicidkombinationer (Qasem 2006; Uygur et al. 2010). Studier har även visat att rester av mesotrione och mesotrione tillsammans med atrazine från föregående årsgröda kan påverka löken negativt. Dessa ämnen är vanliga herbicider inom bland annat majsodling (Robinson 2008). Fytotoxiska effekter kan resultera i hämmad tillväxt, gulnande blad och minskad skörd (Hasanuzzaman et al. 2020).

Inom lökodling är harven det enda universalredskapet och allt annat är specialmaskiner för just lök. Såmaskin och skördemaskin har Almhaga gård införskaffat från Nederländerna där lökodling är betydligt mer omfattande än i Sverige. På hösten skördas löken genom att lossas från marken och sedan låta den ligga ute i fält för att torka. Beroende på vädret kan det handla om ett par dagar till någon vecka. Därefter samlar skördemaskinen in löken, vilket påminner om en potatisskördare utan rensverk.



Figur 2. Löken är en tvåårig gröda men oftast skördas den redan efter första säsongen. Lämnas den kvar till efterföljande säsong är det för att odla utsäde (Eberhardt 2023).



Figur 3. Ungefärliga odlingsområden för kort-, medel- och långdags lök (Gunter 2017). För att löken ska kunna påbörja mognadsprocessen (stadie 41) behöver rätt dagslängd uppnås.



Figur 4. Lökfrön (Eberhardt 2023)



Figur 5. Lökens utvecklingsstadier efter BBCH skalan. Stadie 012 (BBCH 012) visar vimpelstadiet. (Feller et al. 1996)

2.2 Fältrobotik, Ekobot och Roboten

Autonoma (självgående) jordbruksmaskiner är en snabbt växande marknad. Det uppskattas att marknaden för robotik inom lantbrukssektorn kommer att öka från 4,9 till 11,9 miljarder USD mellan 2021 och 2026 med särskild utveckling i Nordamerika (Markets and Markets 2021). Företaget Ekobot grundades av Ulf Nordbeck den 15 december 2016 och är 2022 det enda noterade bolaget på aktiemarknaden inom segmentet autonoma fältrobotar i Europa (DagensPS 2022).

Försäljningsmodellen ser ut som så att odlaren betalar en leasingavgift på 25 000 kr per månad för ett tre års kontrakt där Ekobot ansvarar för ogräsbekämpningen (Ekobot 2022b). Trots kostnaden motsvarar roboten många timmars manuell handrensning (som i många fall kan bli dyrare) samtidigt som EU förbjuder allt fler bekämpningsmedel. Beroende på ogrästrycket är det inte ovanligt att det krävs 100 till 200 timmar handrensning per hektar och år i grönsaksodling och i vissa fall kan det vara så högt som 500 timmar per hektar (Ascard et al. 2015). Mer om ekonomi i avsnitt *1.5 ekonomi och lökodling*.

Ekobot fokuserar för närvarande på ogräsbekämpning i lökodling men i framtiden är visionen att roboten även ska arbeta med flera grödor. För att förstå varför framför allt grönsaksodlingar är intresserade av autonoma fältrobotar behövs lite mer information. Lök var 2015 den tredje största frilandsodlade grödan i Sverige arealmässigt, med cirka 1300 hektar, endast morötter och jordgubbar odlas på en större areal (Från Sverige 2015). Konkurrensen med andra EU-länder är tuff då herbicider som exempelvis Buctril EC 225 vilket är effektivt mot baldersbrå och bägarnattskatta förbjuds i Sverige medan det förblir tillåtet i andra länder (LRF 2021). Under 2010 förbjöd även Kemikalieinspektionen användning av ogräsmedlen Totril EC 225 och Stomp SC i lökodling vilka har betraktats som stommen för ogräsbekämpning i lök, där dispens lyckades erhållas ändra fram till 2015 (Jordbruksaktuellt 2011; Kemikalieinspektionen 2016; Hansson et al. 2017).

I en studie från 2011 tillfrågades 18 lökodlare i Sverige, Åland och Finland om det tre största hoten mot deras lökodling, svaren var i följande ordning: förbud mot bekämpningsmedel, konkurrens med importerad lök, bristande förståelse bland myndigheter och uppköpare (Dahlsjö & Mattson 2011). Fler konkurrerande faktorer hos andra EU-länder är billigare arbetskraft, varmare klimat, längre odlingsäsong, osäkert avräkningspris på lök i Norden, lägre bränslekostnader och mer erfarenhet om stordrift. Något som emellertid kan vara till fördel för Sverige är mindre skadetryck från insekter (Mogren & Björkholm 2015).

Lök är känslig mot ogräskonkurrens under hela sin växtperiod, särskilt under det första 10 veckorna efter uppkomst så bör fälten vara ogräsfria tills löken har hunnit etablera sig. Ogräsbekämpning ska starta senast femte veckan efter uppkomst och utförs det senare än så resulterar det i avkastningsförluster kring 4-5 % per dag (Rölin et al. 2003; Hansson et al. 2017). Kan lantbrukaren därmed inte erhålla tillräcklig ogräskontroll utifrån tillgängliga bekämpningsmedel måste det därmed utvecklas nya metoder för att effektivt bekämpa ogräsen och behålla höga skördar.

Mekaniska och termiska metoder innefattar bland annat flamning (figur 6 och 7), handrensning (figur 8) och ogräsharvning med skrapplinnor eller fingerhjul (figur 9). För att mekanisk ogräsbekämpning ska få effekt behövs den utföras senast i hjärtbladstadiet för ogräsen. Samtidigt kan rensning nära lökraden tidigast ske vid vimpelstadiet (stadium 012) vid varsam körning, detta för att löken behöver vara tillräckligt stark. Flamning (figur 6) kan användas upp till BBCH 012 när löken är ungefär 1 cm hög utan att skörden påverkas nämnvärt. Selektiv flamning med snedställda brännare kan användas i senare stadier (se figur 7) från att lökblasten är 15 cm hög (Hansson et al. 2017). Flamning kan dock vara ganska dyr metod (~2500 kr/ha) särskilt om det behövs köra flera gånger med höga doser gasol för att bekämpa ogräsen. Efter att löken blivit stor och blasten sluter sig mellan raderna försvinner det flesta mekaniska alternativ och det som finns kvar är till största del handrensning där människor plockar ogräsen för hand, men detta är en väldigt arbetsintensiv metod (se figur 8) och kostar mycket pengar. Detta gör att när EU pressar mot en mindre användning av bekämpningsmedel måste nya alternativ utvecklas.



Figur 6. Flamning av ogräs (Grauert 2020)



Figur 7. Radflamning av ogräs (Grauert 2020)



Figur 8. Ibland används hjälpmedel vid handrensning (Grauert 2020)



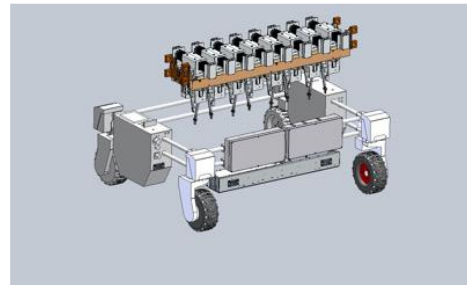
Figur 9. Mekaniska fingerhjul som även kan rensa i lökraderna (Ascard et al. 2015)

Roboten använder sig av åtta armar (se figur 10) för att utföra mekanisk ogräsrensning. Armarna tillsammans med annan utrustning är fästa på ett yttre chassi med plats för kameror och teknisk utrustning, se figur 11. Med sju kameror som vardera tar 15 bilder per sekund av marken, använder en AI-algoritm bilderna för att identifiera lök och ogräs. Sedan angrips ogräsen med slag från en verktygspets som sitter längst ut på armarna (figur 12), ju mindre ogräsen är desto bättre men dem måste vara synliga för kameran.

Rensningssystemet och GPS är oberoende av varandra. Roboten kan därmed rensa helt autonomt efter GPS signal eller manuellt med handkontroller, se figur 13. Roboten tar sig fram med fyra hjul och förflyttar sig med en hastighet kring 10 km/h, men på fälten rensar den med en hastighet av 15 cm per sekund. Det tar ungefär 7,5 timmar för att köra en hektar och en robot kan hantera ungefär 10 hektar lökodling per säsong. Maskinen har en variabel arbetsbredd kring två meter med en möjlig avvikelse på cirka tre decimeter beroende på hur lökraderna har satts. Ständiga uppdateringar sker för maskinen och 2022 års robot har genomgått en del förändringar, jämför figur 14 med figur 15 som är från 2021.



Figur 10. Mekaniska armar som utför rensningen (Ekobot 2022a)



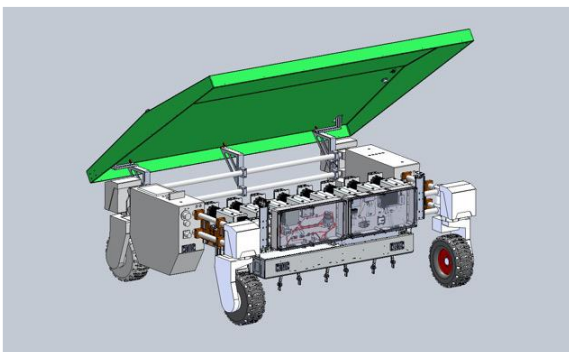
Figur 11. Det mekaniska verktygssystemet (Ekobot 2022b)



Figur 12. Verktygspets i slutet av en mekanisk arm.
Foto: Markus Sollenberg



Figur 13. Handkontroller för manuell körning med robot
(Tele radio 2023)



Figur 14. Robot- och bärarsystemet 2022 (Ekobot 2022b)



Figur 15. Design för roboten 2021 (Ekobot 2021)

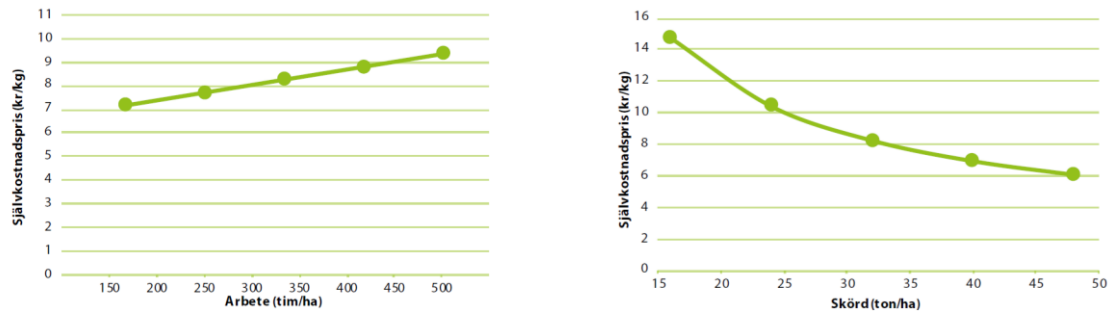
2.3 Ekonomi och lökodling

Gällande ekonomin för lökodlingen så avgör avräkningspriset mycket, precis som med all annan odling. Från en beräkning utförd 2020 gjordes övergripande kalkyler för två olika storlekar på en gård (Ascard et al. 2020). För gård 1 (ekologisk) brukades totalt en hektar grönsaksodling med 10 olika grödor som odlades på en yta av 1000 kvadratmeter vardera, totalt brukades 3 hektar odling. För gård 2 (ekologisk och konventionellt) fanns 20 hektar grönsaksodling med två olika grönsaker á 10 hektar per gröda och en total odlingsyta på 200 ha. För gård 1 brukades alltså 1000 kvadratmeter lök medan gård 2 brukade 10 ha. Intäkterna har beräknats från självkostnadspriset det vill säga vad odlaren behöver ha betalt för att få ett nollresultat efter odlings- och försäljningskostnader. I bilaga 1 kan dessa ekonomiska kalkyler ses för gård 2 som avkastar 60 ton/ha konventionell lök och 40 ton/ha för ekologisk lök i bilaga 2. När en känslighetsanalys utförs för gård 2 där arbete per hektar varierar samt efter avkastning, erhöles figur 16 och 17. Skörden är en stor faktor för självkostnadspriset på löken men även tillgången till maskiner som passar med storleken på gården är avgörande.

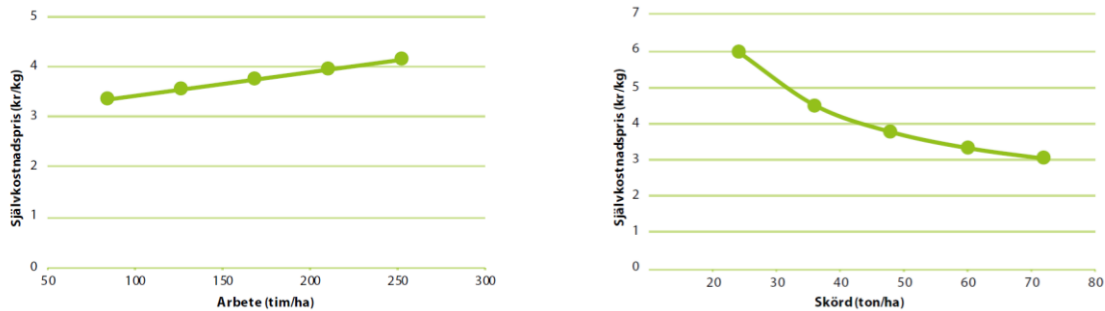
Ekologisk lök från gård 1 behövde ett självkostnadspris på 20,24 kr/kg för nollresultat jämfört med gård 2 som krävde 8,24 kr/kg vid samma säljbara skörd (32 ton/ha) vilket beror på en lägre effektivitet samt brist på nödvändiga maskiner, se figur 18. Viktigt att notera är att kalkylerna använt sättlök för ekologiska gårdar (60 000 kr/ha) medan konventionella gårdar använt sig av sådd lök (9 000 kr/ha). Oftast lönar det sig inte att köpa in dyra specialmaskiner vid odling av 1000 kvadratmeter lök. Räknas tidsåtgången för allt arbete per hektar för gård 1 hade det tagit 1920 timmar för att odla 1 hektar ekologisk lök jämfört med 335 timmar/ha för gård 2 (Ascard et al. 2020).

Bekämpningsmedel har länge varit ett enkelt sätt att hålla ned kostnaderna och producera stora mängder lök. I dagsläget är Sveriges och EU:s lagstiftning drivande i utvecklingen mot mindre användning av bekämpningsmedel. Men i framtiden kommer förmodligen denna utveckling ändå ske av sig själv då alltmer resistent ogräs uppstår samtidigt som allt färre bekämpningsmedel utvecklas på grund av för höga kostnader att utveckla nya verkningsmekanismer (Barzman et al. 2015). 2016 var cirka sju procent av Sveriges lökodling ekologisk (Svedberg 2016).

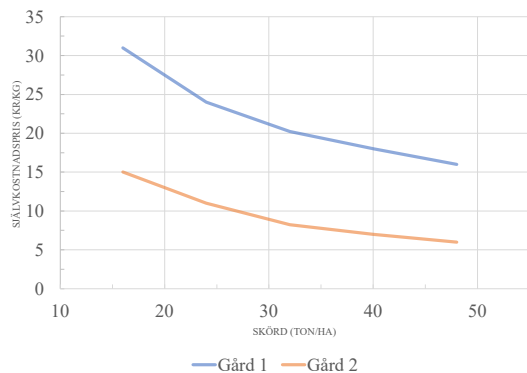
I bilaga 7 och 8 visas en översiktlig jämförelse i odlingskostnader för en konventionell och en ekologisk gård vid användande av roboten. Denna analys bygger på justeringar av Ascard's kalkyler som visar att för en konventionell gård är det möjligt att spara ungefär 9 000 kr genom minskade arbetskostnader och inga herbicider (Ascard et al. 2020). Genom en potentiell skördeökning på 10% på grund av att inga herbicider används, kan en total besparing på cirka 27 100 kr per hektar uppnås. För ekologiska gårdar erhålls en besparing på 29 425 kr per hektar till följd av minskade arbetskostnader. Ifall herbicider inte används på ett korrekt sätt kan lökens motståndskraft mot svamp försvagas vilket försämrar lagringsdugligheten. Kan då lagringsbortfallet minskas för löken på grund av ingen herbicidanvändning kan den ekonomiska kalkylen bli ännu bättre. Notera att Ascard's kalkyler har använt 125 timmar per hektar som handrensning för ekologiska gårdar vilket kan vara lågt för vissa gårdar med högt ogrästryck.



Figur 16. Ekonomisk känslighetsanalys för en odling med 10 hektar **ekologisk** lökodling. Där arbetsmängd och skörd varierar på x-axeln för att observera hur självkostnadspriset på y-axeln påverkas. Båda faktorerna ändras inte samtidigt (Ascard et al. 2020).



Figur 17. Ekonomisk känslighetsanalys för en odling med 10 hektar **konventionell** lökodling. Där arbetsmängd och skörd varierar på x-axeln för att observera hur lökens självkostnadspris(kr/kg) på y-axeln påverkas. Båda faktorerna ändras inte samtidigt (Ascard et al. 2020).



Figur 18. Självkostnadspriset för ekologisk lök genom variation av avkastning på x-axeln för gård 1 och 2 det vill säga kostnaden på löken (kr/kg) för att erhålla ett nollresultat efter alla odlings- och försäljningskostnader.

3 Metod

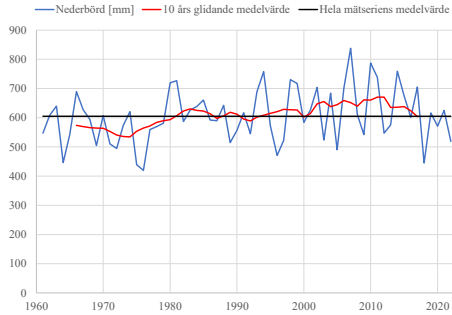
3.1 Almhaga gård

Företaget Almhaga grönsaker AB bildades 1965 och sedan dess har ägarna odlat lök på gårdens mark. På den tiden krävdes det mycket tid och arbete för att odla lök som då nästan skedde helt för hand. Fyrtio år senare valde företaget att fokusera mer på lök och 2022 brukades ungefär 300 hektar lök. Eftersom lök helst inte ska odlas oftare än vart femte år så roteras de runt i en växtföljd med över 2000 hektar blandat egen- och arrenderad mark. Främst handlar det om gul- och rödlök (2012 totalt cirka 11 000 ton gul och 3000 ton rödlök per år) men försök har även gjorts med vit- och schalottenlök som kräver lite annorlunda odlingsteknik (Goth 2012; Ryegård 2022). Figur 19 visar den geografiska platsen för Almhaga gård som befinner sig i ett område av klass 10 jordar vilket representerar de högst ekonomiskt avkastande jordbruksmarkerna i Sverige (Jordbruksverket 2013).

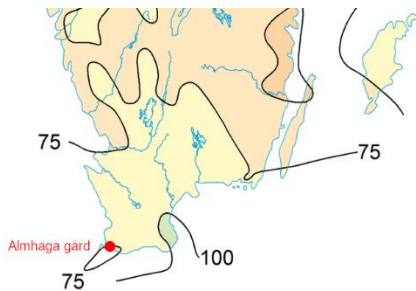


Figur 19. Almhaga gård där arbetet och studien har genomförts (Hitta.se 2022)

Klimatet i Skåne är klassificerat som Cfb enligt Köppens klimatklassificering det vill säga varmt tempererat klimat med regn över hela året med en varm sommar (SMHI 2009). Normalt regnar det runt 632 mm (1991–2020) vid Söderslätts flygklubb (ungefär 1,5 km från Almhaga) varje år vilket är något mindre än riksgenomsnittet på 681 mm, se figur 20 (SMHI 2022b;c). Jämförs perioden 1961–1990 med perioden 1991–2020 har årsnederbörden ökat med 50 mm för Söderslätt. Genom att använda sig av 10 års glidande medelvärde där fem år före och efter inkluderas (för året 1966 blir mätperioden 1961–1971) kan nederbördstrender studeras. I figur 21 visas nederbörd samt lägsta-, högsta- och medeltemperaturen för 2022. Säsongen bestod av en torrare vår (mars, april och maj) och sommar (juni, juli och augusti) än referensperiod 1991–2020 med cirka 50–75 % av den normala nederbörden, se figur 22 och 23. Eftersom lök kräver mycket vatten (särskilt över sommaren) konstbevattnas den för att kompensera vid underskott på regn vilket gör att avvikelsen i nederbörd inte påverkar lökodlingen i någon större utsträckning. Men ska skördenivåerna jämföras med ett annat år eller andra försök kan det ha en betydelse. Odlingssäsongen består av cirka 238 vegetationsdagar (antalet dagar med dygnsmedeltemperatur över 5 °C) jämfört med 195 i Mälardalen (SMHI 2023). Fältet där studien gjordes består av morängrovlera med cirka 20 % lerhalt (Piikki & Söderström 2017). Figur 24 visar jordartskartan för området där studien genomfördes och figur 25 visar i mer detalj hur blockförsöket var placerat på fältet.



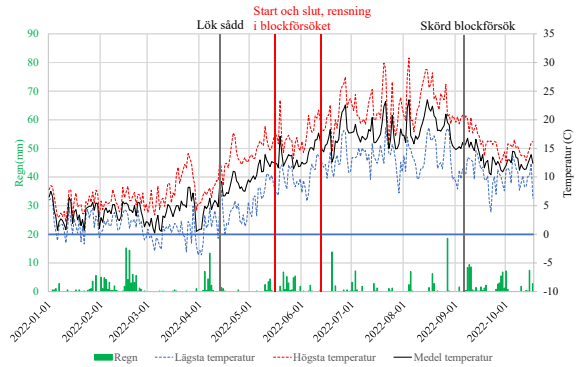
Figur 20. Årsnederbörd (mm), 10 års glidande medelvärde samt hela mätseriens medelvärde för Söderslätts flygklubb (cirka 1km från Almhaga) under perioden 1961-2020 (SMHI 2022c). För glidande medelvärde inkluderas mätvärden 5 år före och efter för att kunna se trender.



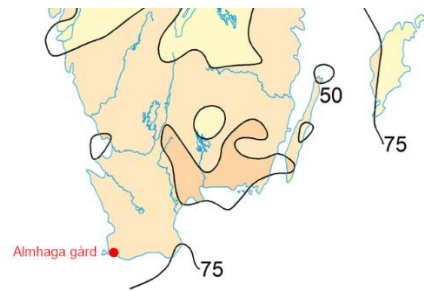
Figur 22. Nederbördsavvikelse 2022 jämfört med perioden 1991-2020 för våren (mars, april och maj) (SMHI 2022a)



Figur 24. Jordartskarta över fältet som visas i figur 8 (SGU 2020), som bestod av morängrovlera med 20% lera.



Figur 21. Temperatur och nederbörd för Höllviken cirka 4km från Almhaga mellan 1 jan till 17 okt (Lantmet 2022).



Figur 23. Nederbördsavvikelse 2022 jämfört med perioden 1991-2020 för sommar (juni, juli och augusti) (SMHI 2022a)



Figur 25. Satellitbild som visar struktur över blockförsök och stora fältet som rensades av roboten (Eniro 2022)

3.2 Fältförsök

Ett fältförsök såddes våren 2022 på Almhaga gård i Skåne. Jordarten var grovmoränlera med 20% lerhalt, se figur 24. Försöket bestod av 24 behandlingar som repeterades i fyra block, totalt 96 rutor (figur 26). Varje ruta var två meter bred och sex meter lång med en total yta på 1150 m². I denna uppsats presenteras resultat från sex led i försöket (tabell 1). Dessa led var: handrensning (led 3, markerad med blå ram), kemisk bekämpning (led 4, markerad med gul ram) (odlarens praxis), samt fyra strategier för robotrensning (led 16-19, markerad med röd ram). Information från övriga led är konfidentiell och kommer inte att tas upp i uppsatsen. Den 13 april såddes gul lök i försöket. Radavståndet var 25 cm och avståndet mellan lökarna i raden var fyra centimeter. Fröna placerades på två cm djup. Varje ruta bestod av sju rader med 146 lökar/rad vilket gav 1020 lökar/ruta.

Samtliga led (4, 16-19) utom handrensning (led 3) behandlades med 11 Boxer + glyfosat innan lökens uppkomst och försökets start. Detta eftersom (i) robotarna inte var tillgängliga förrän i mitten på maj i Skåne och (ii) för att kunna se hur robotarna presterade från start behövde dessa led nollställas.

Den nionde maj startade arbetet på Almhaga gård med att göra robotarna redo för körning. Körningarna i försöket utfördes manuellt med handkontroller (se figur 13) då det var andra försök runtomkring och ingen felkörning fick ske. Den första körningen utfördes 20 maj och den sista körningen 11 juni. Led 16 och 17 kördes totalt åtta gånger under säsongen vilket motsvarade en ogrärensning var tredje dag. Led 18 och 19 kördes fyra gånger motsvarande ogrärensning var sjätte dag. Led 16 och 18 handrensades en gång innan midsommar medan led 17 och 19 inte handrensades (se bilaga 3).

Ogräseffekt: Data för ogräseffekt samlades in under tre tillfällen: 23 maj, 13 juni och 29 juni. Bekämpningseffekten bedömdes genom procentuell uppskattning av ogräsens marktäckning i respektive ruta. Hundra procent innebär att samtliga ogräs har rensats bort och noll att alla är kvar. I uppsatsen presenteras data från sista registreringen (29 juni)

Blasthöjd: Den 21 juni mättes blasthöjden för 20 slumpmässigt utvalda lökar/ruta i leden 3-4 och 16-19 i två av fyra block (totalt 12 rutor och 240 lökar). Randomiseringen gjordes på följande sätt: Antalet lökar räknades först i rutorna då det inte var säkert alla innehöll exakt 1020 lökar. Därefter slumpades 20 nummer, ett till antalet räknade lökar med hjälp av hemsidan <https://www.random.org/>. Från rutans övre vänstra hörn valdes lökar genom att räkna till de slumpade numren och blastlängden mätes.

Skörd (färskvikt och storleksfördelning): Den femte september startade skörden av försöket. Cirka 200 lökar/ruta skördades manuellt för skattning av färskvikt och storleksfördelning. De skördade lökarna plockades ut från mittersta delen av rutan (figur 27). Lökskörden vägdes och färskvikt noterades per ruta. Därefter räknades vikten om motsvarande värden för hektarskördar. Lökarna sorterades i storleksordning (diameter för lökarna) och delades in i följande klasser: 0-40 mm, 40-60 mm och 60-80 mm. Potentiella mekaniska skador och fytotoxiska effekter hölls även under uppsikt och dokumenterades.

3.3 Statistik

I rapporten undersöktes om det fanns statistisk säkerställd skillnad mellan de sex olika försöks leden. Detta gjordes med hjälp av programmet Minitab (Minitab 2023). Först utfördes ett tvåsidigt one-way ANOVA analys med 95% konfidensintervall för att se om minst två led skilde sig åt (avvisa nollhypotesen). Sedan användes ett ”post hoc test”, specifikt Tukey-testet för att analysera skillnaderna (Glen 2021). För att kunna använda Tukey test krävs normalfördelade data, vilket kan kontrolleras analytiskt med Shapiro-Wilks eller grafiskt med normal probability plot eller Q-Q plot (Malato 2022). I denna rapport användes normal probability plots. Analysen utfördes genom att jämföra en responsvariabel (svinmålla, baldersbrå, total ogräseffekt, total skörd och så vidare) åt gången med data från samtliga block.

4 Resultat

4.1 Ogräseffekt

Registrering av bekämpningseffekt på ogräsen gjordes vid tre tillfällen (23 maj, 13 juni och 29 juni). Nedan presenteras resultat från den tredje och sista effektregistreringen. Resultaten kan ses i tabell 2 och visade på vissa signifikanta skillnader mellan leden för ogräsen svinmålla, åkerbinda och korsört men inte för baldersbrå och våtarv. Värden följda av samma bokstav är inte signifikant åtskilda. Resultaten visade signifikanta skillnader mellan leden. I led 3, 4, 16 och 18 var effekten mot ogräserna 100% medan effekten mot svinmålla var sämre i led 17 och effekten mot svinmålla, åkerbinda och korsört var signifikant sämre i led 19. För total ogräseffekt fanns signifikant skillnad mot led 19. För detaljerade data över ogräseffekterna, se bilaga 6.

Tabell 2. Medel ogräseffekten för respektive led i procent och ogräs samt signifikanserna i exponenten. Led 3: handrensning, led 4: kemisk bekämpning (odlarens praxis), led 16: robotrensning var tredje dag med avslutande handrensning, led 17: robotrensning var tredje dag utan avslutande handrensning, led 18: robotrensning var sjätte dag med avslutande handrensning, led 19: robotrensning var sjätte dag utan avslutande handrensning.

Ogräs	Led 3	Led 4	Led 16	Led 17	Led 18	Led 19
Svinmålla	100 ^a	100 ^a	100 ^a	93,3 ^b	100 ^a	77,5 ^c
Åkerbinda	100 ^a	100 ^a	100 ^a	87,5 ^a	100 ^a	52,5 ^b
Baldersbrå	100 ^a	100 ^a	100 ^a	92,5 ^a	100 ^a	60 ^a
Våtarv	100 ^a	100 ^a	100 ^a	99,5 ^a	100 ^a	50 ^a
Korsört	100 ^a	98,3 ^a	100 ^a	94,5 ^a	100 ^a	42,5 ^b
Totalt ogräs	100 ^a	99,7 ^a	100 ^a	93,5 ^a	100 ^a	56,5 ^b

4.2 Blastlängd

Resultaten från mätning av blastlängd i block 1 och 4 presenteras i tabell 3. I block 1 hittades signifikanta skillnader för blastlängden mellan led 3 (handrensning) och led 17 och 19 (robotrensning utan efterföljande handrensning). Leden med robotrensning hade lök med längre blast jämfört med handrensning.

Tabell 3. Blastlängds mätning (cm). Värderna följda av samma bokstav är inte signifikant åtskilda. Led 3: handrensning, led 4: kemisk bekämpning (odlarens praxis), led 16: robotrensning var tredje dag med avslutande handrensning, led 17: robotrensning var tredje dag utan avslutande handrensning, led 18: robotrensning var sjätte dag med avslutande handrensning, led 19: robotrensning var sjätte dag utan avslutande handrensning.

Block	Led 3	Led 4	Led 16	Led 17	Led 18	Led 19
1	27,7 ^b	29,3 ^{ab}	32,1 ^{ab}	32,7 ^a	32,1 ^{ab}	32,4 ^a
4	34,7 ^a	35,2 ^a	35,2 ^a	35,8 ^a	35,8 ^a	37,1 ^a

4.3 Skörd (kg/ha)

Resultaten visade inga signifikanta skillnader i skörd mellan leden, se tabell 4. Skörden (färskvikt, kg/ha) låg i snitt på cirka 62 600 kg/ha. Detta innebar att robotrensning gav samma effekt på lökskörden som handrensning och kemisk ogräsbekämpning. Figur 27 visar skörden av blockförsöket.



Figur 27. Skörd blockförsöket, alla sju raderna inkluderades inte för att minimera kanteffekter. Foto: Markus Sollenberg

Tabell 4. Total lökskörd (färskvikt, kg/ha). Medelvärden per block och led. Värderna följda av samma bokstav är inte signifikant åtskilda. Led 3: handrensning, led 4: kemisk bekämpning (odlarens praxis), led 16: robotrensning var tredje dag med avslutande handrensning, led 17: robotrensning var tredje dag utan avslutande handrensning, led 18: robotrensning var sjätte dag med avslutande handrensning, led 19: robotrensning var sjätte dag utan avslutande handrensning.

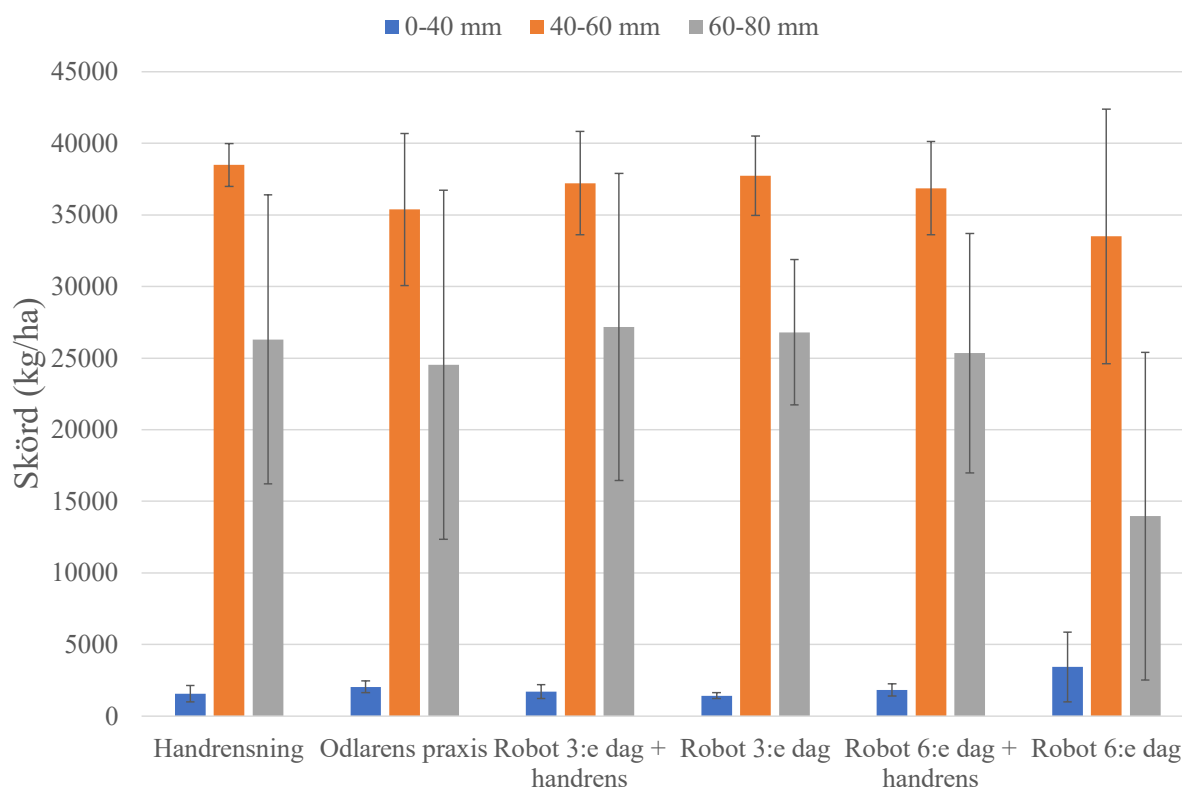
Block	Led 3	Led 4	Led 16	Led 17	Led 18	Led 19
1	71 284	72 450	75 484	68 017	66 034	62 534
2	71 400	52 500	68 600	61 017	54 833	63 117
3	73 150	75 134	52 383	64 050	71 400	48 767
4	49 700	48 417	68 017	70 817	63 934	29 283
Medel:	66 384 ^a	62 125 ^a	66 121 ^a	65 975 ^a	64 050 ^a	50 925 ^a

4.4 Storleksfördelning

Resultatet kan ses i tabell 5. För lökens storleksfördelning noterades att leden med lägre totalskörd fick en större andel mindre lökar. Detta beror sannolikt på att ogräsen tar upp plats och konkurrerar med lökens utveckling. Odlarna eftersträvar lök i storleken 60–80 millimeter så mycket som möjligt då det ger mer betalt än 40–60 och 80+. Led 16 hade den största totalt mängden av lök i storlek 60–80 medan led 19 hade minst. Led 19 hade störst andel mindre lökar. Inga mekaniska skador eller fyto tox kunder observeras på lökarna i något av leden, vare sig uttunning av beståndet eller missfärgad och missformad blast. För detaljerad skördedata för de olika storleksklasserna på lök (figur 28), se bilaga 4

Tabell 5. Medelvärden för storleksfördelning samt medelskörd. Siffrorna är angivna i procent och innanför parenteserna i kg/ha. Led 3: handrensning, led 4: kemisk bekämpning (odlarens praxis), led 16: robotrensning var tredje dag med avslutande handrensning, led 17: robotrensning var tredje dag utan avslutande handrensning, 18: robotrensning var sjätte dag med avslutande handrensning, led 19: robotrensning var sjätte dag utan avslutande handrensning.

Storlek	Led 3	Led 4	Led 16	Led 17	Led 18	Led 19
0–40 mm	2,5 ^a (1 575)	3,5 ^a (2042)	2,7 ^a (1 721)	2,2 ^a (1 429)	3,0 ^a (1 838)	9,2 ^a (3 442)
40–60 mm	59,5 ^a (38 500)	58,8 ^a (35 379)	57,7 ^a (37 217)	57,4 ^a (37 742)	58,3 ^a (36 867)	67,1 ^a (33 513)
60–80 mm	38,0 ^a (26 308)	37,5 ^a (24 529)	39,6 ^a (27 183)	40,4 ^a (26 804)	38,7 ^a (25 346)	23,6 ^a (13 971)



Figur 28. Skörd (kg/ha) efter respektive storleksklass på löken. Odlarna eftersträvar lök i storleken 60–80 millimeter så mycket som möjligt då det ger mer betalt än 40–60 mm och 80+ mm. Led 16 hade den största totalt mängden av lök i storlek 60–80 mm medan led 19 hade minst.

4.5 Bilder från blockförsöket



Figur 29. Blockförsöket 30 maj.
Foto: Markus Sollenberg



Figur 30. Bild tagen 1 augusti bakåt från led 16 block 4.
Foto: Markus Sollenberg



Figur 31. Körning stora fältet 31 maj.
Foto: Markus Sollenberg



Figur 32. Stora fältet 23 juni.
Foto: Markus Sollenberg



Figur 33. Nollruta 3, bilden är tagen 1 augusti.
Foto: Markus Sollenberg



Figur 34. Tagen 1 augusti från samma plats som figur 33 men åt motsatta hållet. Foto: Markus Sollenberg



Figur 35. Stora fältet med stränglagda löken cirka 1–2 veckor innan skörd. Bilden är tagen 16 september.
Foto: Markus Sollenberg

5 Diskussion

5.1 Blev resultaten som jag förväntade mig

Att robotrensning gav samma resultat på skörd och storleksfördelning som för handrensning och kemisk bekämpning förvånade mig inte. Under växtsäsongen kunde vi följa lökens utveckling och jag visste innan försöket startade att det inte är ovanligt med skördenedsättning på grund av herbicidanvändning. Tanken var att roboten skulle kunna motsvara denna minskning men sen i vilken omfattning var svårt att förutse.

I juni kunde det observeras att lök som inte behandlats med herbicider såg hälsosammare och grönare ut. Dessa observationer tillsammans med mätningarna av lökblasten indikerade på positiva resultat för robotrensning. När lökarna sedan växte och blev större fick roboten svårare att effektivt rensa ogräs. Runt den 14 juni avbröts rensningen eftersom lökblasten hade börjat slå i kamerahuset. Ogräs som växt sig för högt eller brett gjorde det svårt för roboten att bedöma rotens position.

Att robotrensning erhöll samma effekt som handrensning och kemisk bekämpning är lovande resultat och i framtiden förväntas statistiskt signifikanta skillnader i och med att roboten utvecklas.

5.2 Varför blev det som det blev

För led 19 (var sjätte dag utan handrensning) i block 4 bredvid nollruta 3 som fick väldigt låg skörd är sannolikheten stor att ett sprut-fel har uppstått. Ogrästrycket verkar ha varit ovanligt högt i rutan och eftersom rutan ligger precis bredvid nollrutan i block 3 kan en förväxling ha skett.

Robotarna rensade som de skulle i rutorna, där robotkörning var tredje dag var att föredra vid ett högre ogrästryck. Användningen av herbicider före lökens uppkomst bromsade ogräsens tillväxt och möjliggjorde för roboten att hinna med och rensa ogräsen under de tidiga utvecklingsstadierna, då roboten rensar som bäst. Roboten kan inte påbörja rensningen innan uppkomst och samtidigt får ogräsen inte hinna växa till sig så pass mycket att de kan etablera ett starkt rotsystem. Det observerades en tendens där ogräs som roboten inte lyckades dra upp med rotsystemet kunde växa vidare, utveckla en kraftig rothals och överleva. Dessa ogräs växte inte lika starkt som om de hade lämnats obehandlade, men de lyckades fortfarande överleva.

5.3 Med den kunskap jag har nu, hur skulle jag genomfört studien istället

Rensningen i blockförsöket hade kunnat starta tidigare. Lökfältet bör åtminstone hållas fritt från ogräs upp till tio veckor efter lökens uppkomst och ju tidigare rensningen startar desto bättre. För säsong 2022 användes dock jordherbicider innan uppkomst vilket fördröjde ogräsen och den sena starten fick förmodligen inte alltför stora konsekvenser. Sådd skedde 13 april varav löken kom upp efter cirka 7-10 dagar (Albert Steve 2012). Sedan avvaktades några dagar till för löken skulle bli tillräcklig synlig för kamerorna. Säsong 2023 kommer arbetet att starta tidigare (runt slutet på april).

5.4 Vad vore nästa steg i forskning och utveckling

Inför säsong 2023 kommer det bli intressant. Nya radhackor har installerats på robotarna som endast ska bearbeta marken ifall kamerorna upptäcker tillräckligt mycket ogräs i raderna som roboten inte hinner bekämpa med armarna. Jämfört med konventionell radhackning där hela fältet bearbetas minimeras då markstörningen vilket minskar risken för att ljusinducerade ogräsfrön ska gro. Utvecklingen går med andra ord fort framåt och det skulle vara intressant att följa upp robotens prestation framöver med nya blockförsök. I framtiden är det viktigt att roboten ska kunna rensa så långt in på odlingssäsongen som möjligt. Detta eftersom löken är dålig på att konkurrera med ogräsen på grund av sitt låga bladyteindex, vilket släpper in solljus ner till marken långt in på odlingssäsongen. Ogräsen kan därmed växa normalt nästan ända fram till skörd.

Att även undersöka skillnader i lagringsbortfall hade varit intressant. Efter löskörden testade Almhaga gård att lägga in lök från led 4 (herbicide) och led 17 (robot var tredje dag utan handrensning) i en stresskammare med temperaturer optimala för att utveckla rötter snabbare. För led 4 registrerades följande antal ruttna lökar med start från block 1 och uppåt: 4, 1, 16 och 7. Led 17 fick följande antal ruttna lökar med start från block 1 och uppåt: 4, 2, 6 och 3. Skillnaden mellan leden var inte signifikant men Ekobot-leden fick totalt nästan hälften så många ruttna lökar som herbicidledet. Kan en statistiskt säkerställd skillnad i lagringsbortfall visas framöver blir den ekonomiska kalkylen ännu bättre.

5.5 Ekonomi

I Inledningen introducerades ekonomiska teorier kring användningen av autonoma maskiner. Här spekulerar jag utifrån två scenarier baserat på om gården är konventionell eller ekologisk. Faktorer som ogrässtryck, arbetskostnader samt utgifter för växtskydd, bränsle, maskiner och redskap spelar en betydande roll.

Ekologisk gård: Roboten konkurrerar med metoder såsom handrensning, biologiskt växtskydd, traditionell mekanisk bearbetning, flamning och andra tekniker. Om gården enbart använder sig av handrensning och ogrässtrycket är så lågt att endast 100 timmar handrensning per hektar eller mindre behövs är roboten dyrare med nuvarande prissättning. Men när antalet timmar börjar närma sig 125, beroende på lantarbetarnas lön, erhålls en ekonomisk vinst. Enligt Ascard et al. (2015) är det inte ovanligt med en arbetsinsats på 100–200 timmar per hektar och i vissa extremfall över 500 timmar per hektar. Självfallet är det möjligt att minska antalet handrensningstimmar genom att använda mekanisk bearbetning, flamning och liknande metoder, men detta kostar förstås också pengar att utföra.

Konventionell gård: Roboten konkurrerar med herbicidkostnader (ungefär 2400 kr/ha, se bilaga 1), mekanisk bearbetning, förebyggande metoder, flamning med flera. Utmaningen för dessa gårdar är en lagstiftning som gradvis förbjuder viktiga bekämpningsmedel, avgörande för att upprätthålla en lökproduktion till låga priser. Detta driver gårdarna mot ekologiska metoder och deras förutsättningar. Sannolikt kommer övergången mot minskad bekämpningsmedelsanvändning att ske oavsett förr eller senare på grund av ökande resistens hos ogräs. Samtidigt utvecklats allt färre nya bekämpningsmedel och verkningsmekanismer.

Slutsatser

Studiens syfte var att jämföra sex ogräsrensningmetoder i lökodling med avseende på ogräseffekt, blasttillväxt, skörd och storleksfördelning. Medelskörden för samtliga led landade på 62 600 kg/ha. För skörd och storleksfördelning erhöles inga signifikanta skillnader. För ogräseffekten erhöles viss signifikans mellan leden för ogräsen svinmålla, åkerbinda och korsört, se tabell 2. Resultaten visade att det var nödvändigt med körning var tredje dag för att roboten skulle ge tillräcklig rensning. Ifall ogräsen passerar de tidiga stadierna för att sedan breda ut sig eller skapa ett starkt rotsystem ökar ogräskonkurrensen. Detta skedde för vissa av led 19 med högt ogrästryck. Roboten presterade bra under säsong 2022 och det har varit en mycket intressant studie att arbeta med. Lärdomarna från detta försök kommer att användas till att förbättra robotens rensningsteknik och i framtiden kommer det bli intressant att följa robotens utveckling.

Tack!

Jag vill ge ett särskilt tack till alla som hjälpt att göra detta självständiga arbete möjligt. Alla från Ekobot som har utvecklat roboten och låtit mig både sommarjobba och utföra detta intressanta arbete om den. Oskar Hansson med flera från Hushållningssällskapet i Skåne som designade försöksuppläget och Patrik Sjöberg som var försöksansvarig för robotrensning. Min handledare Theo Verwijst som har gett viktiga synpunkter på arbetet och guidat mig igenom det självständiga arbetet. Joakim Stattin som opponerade på arbetet och bidragit med viktiga synpunkter för att förbättra arbetet. Anneli Lundkvist som har varit examinator och också bidragit med många kommentarer. Tomas Täuber från Ekobot som har ställt upp med att läsa och ge feedback på arbetet. Alexandra som jag sommarjobbade tillsammans med på Ekobot och hjälpte till med att räkna 10 000 lökar i blockförsöket för att sedan mäta 240 av dessa.

Referenslista

- Agriwise & Jordbruksverket (2021). *TB kalkyl*. <https://www.agriwise.se/Web/web/kostnadsfria-kalkyler/> [2022-04-13]
- Albert Steve (2012). *Bulb Onion Growing: Day Length and Temperature*. <https://harvesttotable.com/bulb-onion-growing-day-length-and-temperature/> [2022-04-13]
- Ascard, J., Håkansson, B. & Söderlind, M. (2020). Ekonomi i grönsaksodling på friland – kalkyler för olika grödor och typföretag. *Jordbruksverket, Jönköping*. 64–67. <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/jo203.html#:~:text=grödor och ty-,Ekonomi i grönsaksodling på friland – kalkyler för olika grödor och,i tre olika stora typföretag.> [2022-04-13]
- Ascard, J., Hansson, D., Svensson, S.-E., Gustavsson, A.D., Elisabeth, Ö. & Bunnvik, C. (2015). *Ekologisk grönsaksodling på friland - Ogräsreglering*. *Jordbruksverket, Jönköping*. <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/p1092.html#:~:text=Denna skrift är en uppdaterad,fördröjd sådd och mekanisk ogräsbekämpning.> [2022-04-13]
- Avräkningspris (2023). *Nationalencyklopedin*. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/avräkningspris>
- Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A.N.E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J.E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J.R., Messéan, A., Moonen, A.C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.L. & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (4), 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/S13593-015-0327-9/FIGURES/8>
- DagensPS (2022). *Ekobot enda noterade bolaget i snabbt växande miljardindustri*. <https://www.dagensps.se/ps-partner/ekobot-enda-noterade-bolaget-i-snabbt-vaxande-miljardindustri/> [2022-04-13]
- Dahlsjö, A. & Mattson, L.-J. (2011). *Situationen för lökodlingen i Sverige, Åland och Finland*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekonomi, Uppsala. Självständigt arbete i företagsekonomi D. <https://stud.epsilon.slu.se/3735/>
- Eberhardt, D. (2023). *10 Onion Growing Stages: From Bulb & Seed + Growing Tips*. <https://natureofhome.com/onion-growing-stages-from-bulb-seed-spring/> [2023-08-06]
- Ekobot (2021). *Autonomous precision agriculture*. <https://www.ekobot.se/> [2022-04-18]
- Ekobot (2022a). *Ekobot robot system ready for launch 2022*. *Youtube*. <https://www.youtube.com/watch?v=7XFnkLyUJCU> [2022-04-18]
- Ekobot (2022b). Intern powerpoint presentation. Ekobot, Västerås.
- Eniro (2022). <https://www.eniro.se/> [2022-10-13]
- Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Heß, M., Klose, R., Meier, U., Stauß, R., Boom, T. van den & Weber, E. (1996). Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen I. Zwiebel-, Wurzel-, Knollen- und Blattgemüse: Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala mit Abbildungen. *Hef 8*, 47 (8), 193–206. https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00035696/95.041.pdf
- Forkman, J. (2012). Handbok i statistik för fältförsök. *Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU Fältforsk, Uppsala*, s. 29. <https://www.slu.se/fakulteter/nj/om-fakulteten/centrumbildningar-och-storre-forskningsplattformar/faltforsk/utbildning-och-teknik/forsokshandboken3/> [2022-04-13]
- Från Sverige (2015). *Odling av lök*. <https://fransverige.se/svenska-ravaror-all-varldens-mat/vilka-varor-marks/livsmedel-fran-sverige/odling-och-uppfodning/odling-av-lok/> [2022-04-21]
- Glen, S. (2021). *Tukey Test / Tukey Procedure / Honest Significant Difference*. <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/statistics-definitions/post-hoc/tukey-test->

honest-significant-difference/ [2023-03-02]

- Goth, M. (2012). *Växer med lök*. <https://www.ja.se/artikel/40372/vaxer-med-lok.html> [2022-04-12]
- Grauert, P. (2020). Production of organic Onions - Lökkonferens 2020. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/andra-enh/ltv/partnerskap-alnarp/motesplatser/dokumentation/seminarier-och-evenemang/2020/lokkonferensen/organic-onions--lokkonferens-2020.pdf> [2022-04-13]
- Gunter, G. (2017). Worldwide onion trading - An overview of world's number one onion export country. <https://partnerskapalnarp.slu.se/ekonf/20220126/GlobalLokmarknaden.pdf> [2022-04-13]
- Hansson, D., Björkholm, A. & Svensson, S.-E. (2017). Integrerad ogräsbekämpning i sådd lök. *Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi, Alnarp*, s. 36. <https://www.slu.se/forskning/kunskapsbank/ltv/integrerad-ograsbekampning-i-sadd-lok/> [2022-04-13]
- Hasanuzzaman, M., Mohsin, S.M., Bhuyan, M.H.M.B., Bhuiyan, T.F., Anee, T.I., Masud, A.A.C. & Nahar, K. (2020). Chapter 3 - Phytotoxicity, environmental and health hazards of herbicides: challenges and ways forward. In: Prasad Treatment and Remediation, M.N.V.B.T.-A.D. (ed.) [2022-04-13]: Butterworth-Heinemann, 55–99. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00003-9>
- Hitta.se (2022). <https://www.hitta.se/> [2022-10-13]
- Jordbruksaktuellt (2011). *Totril godkänt i lök till 2015*. <https://www.ja.se/Default.asp?p=39069&pt=144&pg=1> [2022-04-22]
- Jordbruksaktuellt & Johnsson, K. (2017). *Se till historien för vägledning*. <https://www.ja.se/artikel/54231/se-till-historien-for-vagledning.html> [2023-02-19]
- Jordbruksverket (2013). *Gradering av åkermark: Var finns klass 10 jordarna?* <https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2013/10/01/gradering-av-akermark-var-finns-klass-10-jordarna/> [2022-04-13]
- Jordbruksverket (2014). Odlingsvägledning, integrerat växtskydd - kepalök. *Jordbruksverket, Jönköping*. <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ovr283.html> [2022-04-13]
- Kemikalieinspektionen (2016). *Kemikalieinspektionen ger inte dispens för ogräsmålet Stomp*. <https://www.kemi.se/arkiv/nyhetsarkiv/nyheter/2016-03-31-kemikalieinspektionen-ger-inte-dispens-for-ograsmedlet-stomp> [2022-04-22]
- Kullinger, E. (2021). *Robotik*. <https://www.kau.se/elektroteknik/forskning/forskning-inom-elektroteknik/automation-och-robotik/robotik> [2023-08-01]
- Lantmet (2022). *SLU Fältforsk - N55.4187 E12.9682. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi, Uppsala*. <https://www.ffe.slu.se/lm/LMHome.cfm?LMSUB=0&ADM=0> [2022-04-13]
- LRF (2021). *Dispensavslag drabbar Sveriges lökodlare*. <https://www.lrf.se/om-lrf/organisation/branschavdelningar/lrf-tradgard/aktuellt-fran-lrf-tradgard/dispensavslag-drabbar-sveriges-lokodlare/> [2022-04-12]
- Lundkvist, A., Forkman, J., Nyman, P., Tuoremaa, L., Beste, L. & Braun, S. (2019). Försökshandboken 3.6 (kanteffekt). *Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi, Uppsala*. <https://www.slu.se/fakulteter/nj/om-fakulteten/centrumbildningar-och-storre-forskningsplattformar/faltforsk/utbildning-och-teknik/forsokshandboken3/#share-box-header> [2023-08-14]
- Malato, G. (2022). *A practical introduction to the Shapiro-Wilk test for normality. Towards Data Science*. <https://towardsdatascience.com/a-practical-introduction-to-the-shapiro-wilk-test-for-normality-5675e52cee8f> [2023-02-07]
- Markets and Markets (2021). *Agricultural Robots Market by Type*. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/agricultural-robot-market-173601759.html>

[2022-04-12]

- Minitab, I. (2023). MINITAB. <http://www.minitab.com/en-US/products/minitab/> [2022-04-13]
- Mogren, L. & Björkholm, A.-M. (2015). Framtidens utmaningar för svenska lökproducenter. <https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=65622> [2022-04-13]
- Piikki, K. & Söderström, M. (2017). *Lerhaltskartan - digital åkermarkskarta*. <https://www.sgu.se/samhallsplanering/planering-och-markanvandning/markanvandning/jordbruk-skog-och-fiske/lerhaltskartan-digital-akermarkskarta/> [2022-10-13]
- Qasem, J.R. (2006). Chemical weed control in seedbed sown onion (*Allium cepa* L.). *Crop Protection*, 25 (6), 618–622. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.008>
- Robinson, D. (2008). Atrazine Accentuates Carryover Injury from Mesotrione in Vegetable Crops. *Weed Technology*, 22, 641–645. <https://doi.org/10.1614/WT-08-055.1>
- Rölin, Å., Ögren, E., Ivarsson, P., Persson, G. & Ekerwald, L. (2003). Odlingsbeskrivningar för ekologiska grönsaker. *Jordbruksverket, Jönköping*, 11–14. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p7_24.pdf [2022-03-09]
- Ryegård, O. (2022). Roboten Ekobot. (5), 8–9. https://paper.agriprim.se/split_document.php?subfolder=Ekoweb/2022/&doc=Ekoweb nr 5 2022.pdf&title=%3EAgriprim Paper [2023-03-09]
- SGU (2020). *Kartvisaren Jordarter 1:25 000-1:100 000*. <https://www.sgu.se/produkter/kartor/kartvisaren/jordkartvisare/jordarter-125-000-1100-000/> [2022-10-13]
- SMHI (2009). *Jordens huvudklimattyper*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/jordens-klimat> [2022-04-15]
- SMHI (2022a). *Klimatdata - kartor*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/avvikelse/arstidsnederbord-procent-av-normal-avvikelse/var> [2022-10-18]
- SMHI (2022b). *Klimatindikator - nederbörd*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/klimatindikator-nederbord-1.2887> [2023-03-09]
- SMHI (2022c). *Nedladdning av griddad nederbörd- och temperaturdata*. <https://www.smhi.se/data/ladda-ner-data/griddade-nederbord-och-temperaturdata-pthbv> [2023-03-08]
- SMHI (2023). *Vegetationsperioden 1991-2020*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/fenologi/vegetationsperiod-1.6270> [2023-03-09]
- Svedberg, A. (2016). *Lökodlare nekas dispens att använda bekämpningsmedlet Stomp*. <https://sverigesradio.se/artikel/6437124> [2023-02-19]
- Svenskt växtskydd (2022). *Resistens*. <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ovr292.html> [2023-03-09]
- Swainston, D. (2023). *Fertilizing onions: expert tips to get bigger crops*. <https://www.homesandgardens.com/gardens/fertilizing-onions> [2023-08-08]
- Tele radio (2023). *Tiger G2*. <https://www.tele-radio.com/sv/produkter/tiger-g2/> [2023-08-30]
- University of Minnesota (2018). *Amino acid synthesis inhibitor herbicides*. <https://extension.umn.edu/herbicide-mode-action-and-sugarbeet-injury-symptoms/amino-acid-synthesis-inhibitor-herbicides> [2023-08-11]
- Uygun, S., Gurbuz, R. & Uygun, N. (2010). Weeds of onion fields and effects of some herbicides on weeds in Cukurova region, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1005>
- Wikipedia (2022). *Robotik*. <https://sv.wikipedia.org/wiki/Robotik> [2023-08-01]

Bilaga 1

Självkostnadspris för 10 hektar konventionell lökodling (Ascard et al. 2020, tabeller 23c, 31-34). Självkostnadspris definieras som kostnaden per kilogram lök(kr/kg) som krävs för att uppnå ett nollresultat. I detta fall 3,76 kr/kg.

Med okvalificerat arbete avses en person som inte har någon tidigare erfarenhet oftast säsongarbetare som arbetar med handrensning. Kvalificerat arbete avser traktorförare och arbetare med minst 6 års erfarenhet.

(Agriwise & Jordbruksverket 2021)

Intäkter	enhet	kvantitet	å-pris	summa	kommentar
Säljbar lök	kg	48 000	3,76	180 483	Självkostnadspris
Summa Intäkter				180 483	
Kostnader odling					
Arbete, kvalificerat	tim	32	283	9 056	Tabell 23c
Arbete, okvalificerat	tim	20	186	3 720	Tabell 23c
Frö (enheter à 250 000 frön)	fpn	3	3 000	9 000	
Fiberduk	m2	0	1,10	0	
Grundgödsling	kg	700	5,31	3 716	
Tilläggsgödsling	kg	600	1,97	1 182	
Drivmedel traktor arealbundet	tim	22	100	2 200	
El bevattning	kWh	600	0,96	576	
Herbicider	ggr	1	2 387	2 387	
Fungicider	ggr	1	3 221	3 221	
Insekticider	ggr	1	60	60	
Analyser	st	0,2	500	100	
Ränta rörelsekapital	kr	35 218	2%	704	
Summa rörliga odlingskostnader				35 923	
Maskiner		1	15 267	15 267	Tabell 31 och 32
Byggnader (Maskinhall)		1	427	427	Tabell 34
Arrende/jordränta		1	6 000	6 000	
Certifieringsavgift		0,005	7 000	35	
Summa fasta odlingskostnader				21 729	
Summa odlingskostnader				57 652	
Skörd					
Arbete, kvalificerat	tim	15	283	4 245	Tabell 23c
Arbete, okvalificerat	tim	15	186	2 790	Tabell 23c
Skördemaskiner		1	7 768	7 768	Tabell 32
Drivmedel traktor skörd.	tim	15	100	1 500	
Summa skördekostnader				16 303	
Lagring					
Arbete lagring	tim	4	283	1 132	Tabell 23c
Energi för torkning	kWh	60 000	0,10	6 000	
Lagerbyggnad		1	10 997	10 997	Tabell 34
Lagerlådor	kg	0	0,15	0	
Summa lagringskostnader				18 129	
Packning					
Arbete, kvalificerat	tim	14	283	3 881	Tabell 23c
Arbete, okvalificerat	tim	69	186	12 754	Tabell 23c
Sortering/packlinje		1	13 966	13 966	Tabell 33
Packeri		1	6 659	6 659	Tabell 34
El för packeri	kWh	500	0,96	480	
Säckar	st	4 800	1,00	4 800	10 kg säck
Returbackar hellåda hög	låda	0	4,34	0	inkl. etikett och pall
Summa packningskostnader				42 540	
Transport och försäljning					
Transport	pallar	80	450	36 000	60 säckar/pall
Försäljningskostnader	kr	180 483	2,0%	3 610	Schablon, se text
Summa försäljningskostnader				39 610	
Summa produktions- och försäljningskostnader				174 233	
Allmänna omkostnader					
Administration		1	2 083	2 083	
företagsledning		1	4 167	4 167	
Summa allmänna omkostnader				6 250	
Resultat				0	

Bilaga 2

Självkostnadspris för 10 hektar ekologisk lökodling (Ascard et al. 2020, tabeller 23c, 31-34). Självkostnadspris definieras som kostnaden per kilogram lök(kr/kg) som krävs för att uppnå ett nollresultat. I detta fall 8,24 kr/kg.

Intäkter	enhet	kvantitet	å-pris	summa	kommentar
Säljbar lök	kg	32 000	8,24	263 807	Självkostnadspris
Miljöstöd		1	5 000	5 000	
Summa Intäkter				268 807	
Kostnader Odling					
Arbete, kvalificerat	tim	53	283	14 952	Tabell 22c
Arbete, okvalificerat	tim	193	186	35 805	Tabell 22c
Plantor	st	100 000	0,60	60 000	
Fiberduk	m2		1,10	0	
Stallgödsel	kg	20 000	0,20	4 000	
Gröngödsel		1	5 421	5 421	Tabell 30
Organiska specialgödselmedel	kg	500	3,91	1 955	
Oorganiska specialgödselmedel	kg	0	0,00	0	
Bekämpningsmedel		1	0,00		
Drivmedel traktor arealbundet	tim	43,8	100,00	4 383	
El bevättning	kWh	600	0,96	576	
Gasol för flamning	kg	0	25,00	0	
Analys	st	0,2	500,00	100	
Ränta rörelsekapital	kr	127 193	2%	2 544	
Summa rörliga odlingskostnader				129 736	
Maskiner		1	15 119	15 119	Tabell 31 och 32
Byggnader		1	427	427	Tabell 34
Arrende/jorddränta		1	6 000	6 000	
Certifieringsavgift		0,01	7 000	35	
Summa fasta odlingskostnader				21 581	
Summa odlingskostnader				151 317	
Skörd					
Arbete, kvalificerat	tim	13	283	3 773	Tabell 22c
Arbete, okvalificerat	tim	13	186	2 480	Tabell 22c
Skördemaskiner		1	7 768	7 768	Tabell 32
Drivmedel traktor skörd.	tim	15	100	1 500	
Summa skördekostnader				15 521	
Lagring					
Arbete lagring	tim	4	283	1 132	Tabell 22c
Energi för torkning	kg	40 000	0,10	4 000	
Lagerbyggnad		1	10 997	10 997	Tabell 34
Lagerlådor	kg	0	0,15	0	
Summa lagringskostnader				16 129	
Packning					
Arbete, kvalificerat	tim	10	283	2 786	Tabell 22c
Arbete, okvalificerat	tim	49	186	9 157	Tabell 22c
Tvätt/sortering/packlinje		1	27 932	27 932	Tabell 33
Packeri och kyl		1	6 659	6 659	Tabell 34
El för packeri	kWh	500	0,96	480	
Säckar	st	3 200	1,00	3 200	10 kg säck
Returbackar hellåda hög	låda	0	4,34	0	inkl. etikett och pall
Summa packningskostnader				50 214	
Transport och försäljning					
Transport	kg	53	450	24 000	60 säckar/pall
Försäljningskostnader	kr	268 807	2,0%	5 376	Schablon, se text
Summa försäljningskostnader				29 376	
Summa produktions- och försäljningskostnader				262 557	
Allmänna omkostnader					
Administration		1	2 083	2 083	
Företagsledning		1	4 167	4 167	
Summa allmänna omkostnader				6 250	
Resultat				0	

Bilaga 3

Detaljerat körschema över körningar i led 16–19. Siffran och V/Ö avser om robot 3 eller 5 har kört respektive vilket väderstreck som har körts emot. Utifall roboten skulle rensa olika på vänster och höger sidan varierades körriktningen. Den sista körningen skulle genomförts 14 juni men denna dag var det demodag och därmed fanns inte tid för att rensa i blockförsöket. Några dagar senare bedömdes löken vara tillräckligt stor och löken började slå i kamerahuset och resningen i led 16–19 stoppades.

Led 16: var tredje dag + handrens

Led 17: var tredje dag utan handrens

Led 18: var sjätte dag + handrens

Led 19: var sjätte dag utan handrens

Månad: maj

Datum	Block 1 led 16	Block 1 led 17	Block 1 led 18	Block 1 led 19	Block 2 led 16	Block 2 led 17	Block 2 led 18	Block 2 led 19	Block 3 led 16	Block 3 led 17	Block 3 led 18	Block 3 led 19	Block 4 led 16	Block 4 led 17	Block 4 led 18	Block 4 led 19
14 (lör)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
15 (sön)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
16 (mån)																
17 (tis)																
18 (ons)																
19 (tors)																
20 (fre)																
21 (lör)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
22 (sön)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
23 (mån)																
24 (tis)																
25 (ons)																
26 (tors)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
27 (fre)	5Ö	5Ö	5V	5V	5V	5V	5Ö	5Ö	5Ö	5Ö	5V	5V	5V	5V	5Ö	5Ö
28 (lör)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
29 (sön)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
30 (mån)	3V	3V			3Ö	3Ö			3V	3V			3Ö	3Ö		
31 (tis)																

Månad: juni

Datum	Block 1 led 16	Block 1 led 17	Block 1 led 18	Block 1 led 19	Block 2 led 16	Block 2 led 17	Block 2 led 18	Block 2 led 19	Block 3 led 16	Block 3 led 17	Block 3 led 18	Block 3 led 19	Block 4 led 16	Block 4 led 17	Block 4 led 18	Block 4 led 19
1 (ons)																
2 (tors)	3Ö	3Ö	3Ö	3Ö	3V	3V	3V	3V	3Ö	3Ö	3Ö	3Ö	3V	3V	3V	3V
3 (fre)																
4 (lör)																
5 (sön)																
6 (mån)	3V	3V			3Ö	3Ö			3V	3V			3Ö	3Ö		
7 (tis)																
8 (ons)	3Ö	3Ö	3V	3V	3V	3V	3Ö	3Ö	3Ö	3Ö	3V	3V	3V	3V	3Ö	3Ö
9 (tors)																
10 (fre)																
11 (lör)	3V	3V			3Ö	3Ö			3V	3V			3Ö	3Ö		
12 (sön)																
13 (mån)																
14 (tis)	3Ö	3Ö	3Ö	3Ö	3V	3V	3V	3V	3Ö	3Ö	3Ö	3Ö	3V	3V	3V	3V
15 (ons)																
16 (tors)																
17 (fre)																
18 (lör)																
19 (sön)																

Bilaga 4

Detaljerad skördedata för respektive storleksfördelning och försöksled (kg/ha).

(kg/ha)	Led 3			Led 4			Led 16		
Block	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm
1	1 283	38 733	31 267	1 633	42 583	28 233	1 050	36 517	37 917
2	817	40 600	29 983	2 100	38 383	12 017	2 333	40 717	25 550
3	1 867	36 400	34 883	1 750	29 867	42 817	1 983	40 017	10 383
4	2 333	38 267	9 100	2 683	30 683	15 050	1 517	31 617	34 883
Medel	1 575	38 500	26 308	2 042	35 379	24 529	1 721	37 217	27 183

(kg/ha)	Led 17			Led 18			Led 19		
Block	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm
1	1 167	38 850	28 000	1 750	41 183	23 100	1 400	38 500	22 633
2	1 750	40 950	18 317	2 567	38 850	13 417	2 100	33 133	27 883
3	1 400	33 367	29 283	1 517	33 483	36 400	2 683	43 050	3 033
4	1 400	37 800	31 617	1 517	33 950	28 467	7 583	19 367	2 333
Medel	1 429	37 742	26 804	1 838	36 867	25 346	3 442	33 513	13 971

Bilaga 5

Storleksfördelningen hos löken för det olika leden (%).

(%)	Led 3			Led 4			Led 16		
Block	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm
1	1,80	54,34	43,86	2,25	58,78	38,97	1,39	48,38	50,23
2	1,14	56,86	41,99	4,00	73,11	22,89	3,40	59,35	37,24
3	2,55	49,76	47,69	2,33	39,75	56,99	3,79	76,39	19,82
4	4,69	77,00	18,31	5,54	63,37	31,08	2,23	46,48	51,29
Medel	2,55	59,49	37,96	3,53	58,75	37,48	2,70	57,65	39,65

(%)	Led 17			Led 18			Led 19		
Block	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm	0-40 mm	40-60mm	60-80 mm
1	1,72	57,12	41,17	2,65	62,37	34,98	2,24	61,57	36,19
2	2,87	67,11	30,02	4,68	70,85	24,47	3,33	52,49	44,18
3	2,19	52,10	45,72	2,12	46,89	50,98	5,50	88,28	6,22
4	1,98	53,38	44,65	2,37	53,10	44,53	25,90	66,14	7,97
Medel	2,19	57,43	40,39	2,96	58,30	38,74	9,24	67,12	23,64

Bilaga 6

Detaljerad data för ogräseffekten bland 5 olika ogräs för leden. Vid 100 % rensades alla ogräs och 0 % var alla kvar.

(%)		Led 3					Led 4				
Block	svinmålla	åkerbinda	baldersbrå	våtarv	korsört	svinmålla	åkerbinda	baldersbrå	våtarv	korsört	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	
Medel	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98,3	

(%)		Led 16					Led 17				
Block	svinmålla	åkerbinda	baldersbrå	våtarv	korsört	svinmålla	åkerbinda	baldersbrå	våtarv	korsört	
1	100	100	100	100	100	90	90	80	98	100	
2	100	100	100	100	100	90	70	90	100	90	
3	100	100	100	100	100	98	100	100	100	98	
4	100	100	100	100	100	95	90	100	100	90	
Medel	100	100	100	100	100	93,3	87,5	92,5	99,5	94,5	

(%)		Led 18					Led 19				
Block	svinmålla	åkerbinda	baldersbrå	våtarv	korsört	svinmålla	åkerbinda	baldersbrå	våtarv	korsört	
1	100	100	100	100	100	80	80	40	100	80	
2	100	100	100	100	100	80	70	100	100	90	
3	100	100	100	100	100	70	20	0	0	0	
4	100	100	100	100	100	80	40	100	0	0	
Medel	100	100	100	100	100	77,5	52,5	60	50	42,5	

Bilaga 7

Ekonomisk jämförelse för en ekologisk gård med och utan autonoma robotar (Ascard et al. 2020). För Ekobot alternativet har Ascard's analys modifierats utifrån vad roboten ersätter.

Ekologiskt planterad lök, Stor odling

40 ton/ha, 80% säljbart

Ekobot alternativ

Odlingskostnader per ha	enhet	kvantitet	a'	summa	kvantitet	a'	summa
Arbete, kvalificerat	tim	53	283	14 999 kr	38	283	10 754 kr
Arbete, okvalificerat	tim	193	186	35 898 kr	63	186	11 718 kr
Plantor/Frö	st	100 000	0,6	60 000 kr	100 000	0,6	60 000 kr
Fiberduk	m ²	0	1,1	0 kr	0	0	0 kr
Stallgödsel	kg	20 000	0,2	4 000 kr	20 000	0,2	4 000 kr
Gröngödsel		1	5421	5 421 kr	1	5421	5 421 kr
Organiska specialgödselmedel	kg	500	3,91	1 955 kr	500	3,91	1 955 kr
Oorganiska specialgödselmedel	kg	0	0	0 kr	0	0	0 kr
Bekämpningsmedel	kg	0	0	0 kr	0	0	0 kr
Drivmedel traktor arealbundet	tim	43,8	100	4 380 kr	33,8	100	3 380 kr
El bevattning	kWh	600	0,96	576 kr	600	0,96	576 kr
Gasol för flamning	kg	0	25	- kr	0	25	- kr
Analys	st	0,2	500	100 kr	0,2	500	100 kr
Ränta rörelsekapital	kr	127 193	2%	2 544 kr	127 193	2%	2 544 kr
Summa odlingskostnader				129 873 kr			100 448 kr
					Diff		29 425 kr
Självkostnad per ha				8,24 kr/kg			7,32 kr/kg

Bilaga 8

Ekonomisk jämförelse för en konventionell gård med och utan autonoma robotar (Ascard et al. 2020). För Ekobot alternativet har Ascard's analys modifierats utifrån vad roboten ersätter.

Konventionell direktsådd lök, stor odling

60 ton/ha, 80% säljbart

Ekobot alternativ

Odlingskostnader per ha	enhet	kvantitet	a'	summa	kvantitet	a'	summa
Arbete, kvalificerat	tim	32	283	9 056 kr	23	283	6 509 kr
Arbete, okvalificerat	tim	20	186	3 720 kr	0	186	0 kr
Frö (250 000st/enhet)	st	3	3 000	9 000 kr	3	3 000	9 000 kr
Fiberduk	m ²	0	1,1	0 kr	0	0	0 kr
Grundgödning	kg	700	5,31	3 717 kr	700	5,31	3 717 kr
Tilläggsgödning	kg	600	1,97	1 182 kr	600	1,97	1 182 kr
Drivmedel traktor arealbundet	tim	22	100	2 200 kr	18	100	1 800 kr
El bevattning	kWh	600	0,96	576 kr	600	0,96	576 kr
Herbicer	ggr	1	2 387	2 387 kr	0	2 387	0 kr
Fungicider	ggr	1	3 221	3 221 kr	1	3 221	3 221 kr
Insecticider	ggr	1	60	60 kr	1	60	60 kr
Analys	st	0,2	500	100 kr	0,2	500	100 kr
Ränta rörelsekapital	kr	35 218	2%	704 kr	35 218	2%	704 kr
Summa odlingskostnader				35 923 kr			26 869 kr
Totala kostnader				180 483 kr	Diff		9 054 kr
Självkostnad per ha				3,76 kr/kg			3,57 kr/kg

Möjlig besparing för en konventionell gård vid användning av roboten. Herbicer tenderar att försvaga lökens skydd mot skadegörare och kan även minska skörden. Vid skördeökning och mindre lagringsbortfall kan alltså besparingen bli ännu bättre.

Ökad skörd p.g.a. minskad kem	skörd	Självkostnad	Minskad kostnad/ha	Total vinst
6%	50,9 ton	3,55 kr	10 826 kr	9 054 + 10 826 = 19 880 kr
10%	52,8 ton	3,42 kr	18 045 kr	9 054 + 18 045 = 27 099 kr
15%	55,2 ton	3,27 kr	27 069 kr	9 054 + 27 069 = 36 123 kr