

## **Beslutsunderlag för bevattning i svenskodlad sparris (*Asparagus officinalis* L.)**

- Erfarenheter av marfuktighetsmätning i sparrisfält

Decision support for irrigation in asparagus (*Asparagus officinalis* L.)  
grown in Sweden

- Experience of soil moisture measurements in asparagus fields

*Josefine Lundblad*



**Beslutsunderlag för bevattning i svenskodlad sparris (*Asparagus officinalis* L.)**  
- Erfarenheter av markfuktighetsmätning i sparrisfält

*Josefine Lundblad*

**Handledare:** Helena Karlén, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

**Examinator:** Sven-Erik Svensson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i biologi

**Kurskod:** EX0493

**Program/utbildning:** Hortonomprogrammet

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2017

**Omslagsbild:** Josefine Lundblad

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Sparris, bevattning, bevattningsstyrning, markfuktighet, markfuktighetsmätning, undertrycksmätare

# Förord

Detta kandidatarbete i Biologi på 15 hp är skrivet vid Hortonomprogrammet 300 hp, Sveriges Lantbruksuniversitet Alnarp. Kandidatarbetet är till för att studenten självständigt ska fördjupa sig, planera, genomföra och presentera ett arbete inom en given tidsram. Harvard systemet enligt högskolan i Borås har använts som underlag vid referenshantering.

I mitt projekt har jag fördjupat mig i bevattning och markfuktighet kopplat till sparriskulturer. Arbetet behandlar hur ett underlag för effektiv bevattning i svenskodlad grön sparris kan utformas. Arbetet har jag gjort med koppling till ett projekt som drivs av HIR Skåne (Hushållningssällskapet) och SLU Alnarp och heter "Tillväxt för svensk sparrisproduktion".

Helena Karlén har varit min handledare och jag vill rikta ett stort tack för engagemang och stöd under hela processen. Stort tack även till Victoria Tönnerberg på HIR Skåne för inspiration, motivation och att jag fått ta del av den kunskap och det kontaktnät du besitter.

Tack även till odlarna Mats Olsson och Arne Persson för att jag fått ta del av era erfarenheter och använda mig av era sparrisfält i mitt fältförsök. Kontaktpersonerna på Sensefarm Anders Hedberg och Johnny Nilsson har varit till stor hjälp och jag är tacksam för all den direktsupport jag fått i anknytning till markfuktighetsmätningar.

Under perioden har även ett flertal studiebesök genomförts och jag vill tacka alla besökta sparrisodlare för era erfarenheter och reflektioner kring sparrisodling. Det har gett mig en verklighetsbild om hur det verkligen är att driva en sparrisodling i Sverige.

Slutligen min familj och vänner som varit med i processen, ett varmt tack till er för att ni tror på mig och finns där för mig.

Juni 2017

Alnarp

Josefine Lundblad



## Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	7
<b>Abstract</b> .....	8
<b>Introduktion</b> .....	9
<b>Markfuktighetskomplexet</b> .....	9
<b>Syfte och frågeställning</b> .....	10
<b>Avgränsning</b> .....	11
<b>Material och metod</b> .....	11
<b>Litteraturstudie</b> .....	13
<b>Sparrisplantan</b> .....	13
Årscykeln .....	13
Markfuktighetens inverkan.....	14
Responser på vattenstress.....	15
<b>Faktorer som påverkar markfuktigheten</b> .....	16
<b>Förekommande metoder för kontroll av markfuktigheten</b> .....	18
Vattenbudget.....	18
Prognosmodeller .....	18
Markfuktighetsmätning baserat på undertryck.....	18
Tensiometer.....	19
Sparrisplantans vattenbehov.....	19
<b>Bevattnings</b> .....	20
Bevattningsystem.....	20
Dagens klimatsituation och framtida scenarier.....	21
<b>Resultat</b> .....	23
Kritiska perioder för bevattning i grön sparris.....	23
<b>Fältstudie</b> .....	24
Markfuktighetsmätning i Ängelholm med Sensefarms system.....	24
Markfuktighetsmätning i Vellinge med Sensefarms system.....	26
<b>Diskussion</b> .....	30
<b>Användandet av Sensefarms markfuktighetsmätare</b> .....	32
<b>Framtida utveckling av bevattningsunderlag i svenskodlad sparris</b> .....	32
<b>Slutord</b> .....	35
<b>Källförteckning</b> .....	37

Bilagor:

1. Givarplacering Ängelholm
2. Givarplacering Vellinge



# Sammanfattning

Sparris är känd för sitt kulinariska värde som späd välsmakande primör. Svensk odlad sparris är allt mer efterfrågad med krav på högre avkastning som ett resultat. Högre avkastning skulle vara ett sätt att möta efterfrågan, men också bli ett effektivt sätt att konkurrera ut importen.

Sparriskulturens avkastning och kvalitet kan påverkas av en effektiv bevattning. Om markfuktighetens status i den aktiva rotzonen upprätthålls under vår och sommarmånaderna kan vitaliteten stärkas och positiva effekter ses på kommande års skörd.

De viktigaste faktorerna som påverkar markfuktigheten är markegenskaper som påverkar vattnets transport genom jordprofilen samt sparrisplantans fysiologi. För att skapa ett underlag för bevattningsstyrning är exempelvis markfuktighetsmätning som med hjälp av sensorer mäter undertryck, ett bra kompletterande instrument.

I ett fältförsök har markfuktighetsmätning med Sensefarms system testats i två olika sparrisfält i Skåne. Systemet bygger på givare placerade i marken, på två olika djup, 20 cm respektive 50 cm. Givarna ger konkreta mätvärden på markfuktigheten, vilket presenteras som undertryck (kPa). Sensefarms system för markfuktighetsmätning identifierade skillnader i markfuktighet utifrån rotdjup och signalerade hur både markfuktighet och marktemperatur förändrades under mätperioden våren 2017.

Slutsatsen är att markfuktighetsmätning i grön sparris med hjälp av Sensefarms givare kan ge ett underlag för hur bevattningsstyrning kan utformas. Markfuktighetsmätningen kan kombineras med värden för evapo-transpirerat vatten (bevattningsprognos) och utförandet av spaddiagnostik. Detta ger ett bra underlag för effektiv bevattning i sparriskulturer.

## Abstract

Asparagus is known as a tasty, tender delicacy throughout worldwide cuisine. The Swedish-grown asparagus is growing in demand, resulting in a need for a higher crop yield. The potential in yield outcome could be a solution for the rising market and successfully compete with imported asparagus.

The asparagus yield and quality increases with sufficient soil moisture and an effective irrigation method. If the soil moisture in the active root zone is sufficient during spring and summer, vitality rises and gives a positive yield increase.

The most important soil moisture factors identified are the soil texture/quality, water transport through the soil profile and also the asparagus physiology. Soil moisture measurements with sensors to monitor the soil moisture during season are recommended to create an effective irrigation method.

In a field study soil moisture was measured in two asparagus fields in Skåne. The equipment named Sensefarm, measure soil moisture in kPa at two depths with electronic sensors. As a result, differences in soil moisture were identified in association with the soil depth .The result also correlated with weather changes during the measured period.

The impact of soil moisture and optimal irrigation levels on asparagus plants needs further investigation. As a conclusion to be drawn from this study, soil moisture measurement can help in forming a well-regulated irrigation schedule.



# Introduktion

De senaste femton åren har den svenska odlingen av sparris (*Asparagus officinalis L.*) ökat explosionsartat. År 1999 fanns det 19 registrerade företag och 2014 var motsvarande siffror 92 stycken (Jordbruksverket 2015). De odlare arealerna ökade under samma period från 16 hektar år 1999 till 155 hektar. Detta innebär en tiodubbling av sparrisproduktionen och indikerar att det finns en efterfrågan på svenskodlad grön sparris som har förutsättningar att fortsätta stiga under förutsättning att kvalitet och priset är konkurrenskraftigt gentemot importen.

För att den positiva produktionsutvecklingen ska fortsätta i Sverige, krävs att lönsamhet och kunskapsläget höjs. I länder som Tyskland med lång tradition att odla sparris ligger skörden på ca 5,3 ton per hektar (Ziegler et al. 2014). Jämfört med ungefär 1,3 ton sparris per hektar i Sverige (Jordbruksverket 2015).

HIR Skåne och SLU Alnarp har därför ansökt och beviljats pengar från Tillväxt Trädgård till projektet ”Tillväxt för svensk sparrisproduktion” vars mål är att identifiera och fylla de fysiologiska och odlingsbetingade kunskapsluckor och därmed bidra till att utveckla odlingen, i första hand den gröna sparrisen. En tillgång i projektet är att studenter har rekryterats för att ta del av problemområdena och bidra med kunskap till projektet.

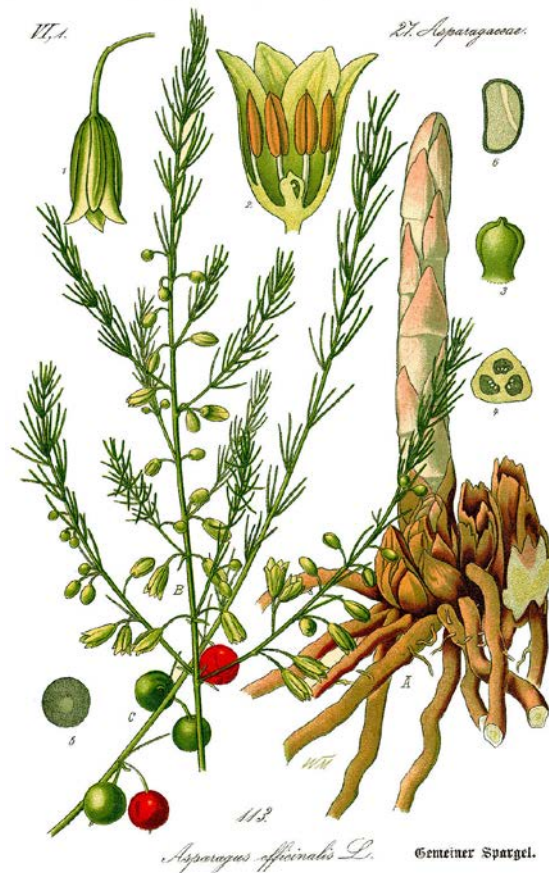
## Markfuktighetskomplexet

Markfuktigheten har en stor inverkan på sparriskulturens välmående, utveckling och skörd (Drost 1997). Utsätts sparrisplantan för ett underskott eller överskott av vatten bidrar det till vattenstress och essentiella funktioner hämmas. Denna kunskap är generellt välkänd för frilandsgrönsaker, men tyvärr inte inom sparrisodling. Där är markfuktighet och bevattning ofta en förbisedd faktor, flertalet odlare går på känsla när de vattnar, om de vattnar.

För att veta när man ska bevattna och hur mycket, krävs kunskaper om markfuktighetens variation i jordprofilen och vilka faktorer som påverkar variationen. Vädret är en viktig del som spelar stor roll i markfuktighetens variation. Nederbörd ökar markfuktigheten medan vind, sol och solstrålning genererar avdunstning och minskar markfuktigheten. Tyvärr kan inte väderfaktorer styras utan endast teoretiskt beskrivas eller analyseras genom prognoser och statistisk data. Markfuktigheten beror även på jordens sammansättning av textur och struktur. Textur och struktur är direkt kopplade till jordens egenskap att transportera vatten i jordprofilen. Vattnet transporteras från markytan ner i rotsystemet eller kapillärt från grundvatten. Dessa fenomen skapar variationer i markfuktigheten genom jordprofilen.

Sparrisplantan är själv en medverkande kraft då den upptar och avger vatten. Under högsommaren när skörden avslutats växer de små sparrisskotten upp och bildar 1-2 meter höga så kallade plymer, vilka kan ses till vänster i figur 1.

Plantans perenna och djupa rötter tar upp vatten och därigenom näring för att försörja den ovanjordiska plymen, se till höger i figur 1. Den stora biomassan som utgör rötter och plym omsätter stora mängder vatten under sommarsäsongen.



Figur 1. Sparrisplantans fysiologi. Till vänster i bilden ses bladbärande grenar kallade plym och till höger ses rotsystem med krona och knoppar samt ett utvecklat skott vilket skördas som sparris. *Asparagus officinalis* L. (Thome 2009).

För att skapa förutsättning för hög avkastning, god plantkvalité och plantetablering krävs jämn markfuktigheten under kritiska perioder när nederbörden inte räcker till. Ett välreglerat bevattningssystem kan vara en resurs vid dessa tillfällen. För att veta hur bevattningen ska regleras är ett beslutsunderlag för bevattningsoptimering en god hjälp på vägen.

## Syfte och frågeställning

Syftet med min rapport är att reda ut markfuktighetens betydelse i sparrisodlingar och vilka faktorer som påverkar markfuktigheten vilket i sin tur kan generera i högre plantkvalité och avkastning. Målet är att mäta markfuktigheten i två sparrisfält i Skåne och utifrån det få förståelse för markfuktighetens variation. Frågeställningar: (a) Mätning av markfuktigheten i två sparrisfält i Skåne. (b) Vilka faktorer som påverkar markfuktigheten och är viktiga vid bevattningsstyrning i sparrisodlingar? (c) Översiktligt beskriva vilka metoder som finns för att mäta markfuktigheten. (d) Hur kan markfuktigheten mätas med Sensefarm?

## Avgränsning

Markfuktighetsmätning sker i två fält under begränsad tid före skörd. Kemiska jordanalyser och jordartsbestämning från respektive fält är för omfattande moment och har därför uteslutits från arbetet. De slutsatser som görs baseras på litteratur, visuella iakttagelser och intervjuer med rådgivare och odlare.

## Material och metod

Litteraturstudien baseras på vetenskapliga artiklar och studier publicerade i databaserna Google Scholar och Web of Science. Tyskland och England är framgångsrika inom sparrisodling och medvetna urval av texter skrivna av yrkesverksamma från respektive land görs. Till stor hjälp är den gemensamma litteratursamlingen som skapats via ett dropbox konto, kopplat till projektet ”Tillväxt för svensk sparrisproduktion”. Informationen i dropbox innehåller bland annat utbildningsmaterial för rådgivare. Boken *Physiology of vegetable crops* (Drost 1997) är stor hjälp för att få förståelse för sparrisplantans fysiologi.

Litteraturstudien kompletterades med en markfuktighetsanalys utförd med markfuktighetsmätare från företaget Sensefarm. Mätaren består av en solcellsdriven dosa där undertrycksgivare är monterade (Björkholm et al. 2014). Givarna som är placerade på olika markdjup skickar via en sändarenhet en gång i timmen givarvärden som sammanställs i grafer kopplat till användarkontot. Värdena för undertrycket i marken mäts i kPa och temperatur i grader °C. Utöver fältarbete, analys och litteraturstudie har intervjuer och studiebesök gjorts hos sparrisodlare i Skåne som ingår i referensgruppen till sparrisprojektet.

### *Markfuktighetsmätning i sparrisfält, Ängelholm*

Sensefarms markfuktighetsmätare placerades för att mäta markfuktigheten för tvååriga sparrisplantor planterade 2016. Under sparrisplantorna, ca 25 cm ner, är en grov bevattningsslang placerad. Ventiler som doserar vattnet är fördelade med 60 cm avstånd på slangen. Beroende på plantornas avstånd hamnar ventiler under eller mellan plantor. Bevattningen är planerad att styras med tensiometer. Hur sparrisfältet ser ut kan ses i figur 2.

Det blå fältet illustrerar omkretsen av fältet och punkten illustrerar var givaren placerades. Jorden i anslutning till plantorna är kraftig med ett tydligt matjordslager i toppen och ca 30 cm ner i jordprofilen finns en tydlig rostfärgad sektion.

Val av givarnas placering i jorddjupet baserades på litteraturstudien och rekommendationer från bevattningsföretag bland annat Netafim och Sensefarm. Översta jordlagret har hög avdunstning och påverkas först vid väderförändringar, därför val av 20 cm. Längre ner i jordprofilen påverkas markfukten inte i lika stor omfattning av vädret däremot påverkar andra faktorer markfuktigheten så som kapillär verkan och rötternas aktivitet.

Valet att placera båda givarna 25 cm från plantan har praktiska och teoretiska anledningar. Praktisk anledning, rotsystemet nära kronan ska inte skadas vid den mekaniska bearbetningen av jorden. Teoretisk anledning, att placera givare allt för nära bevattningsslangen kan ge mätvärden som visar otydliga resultat när bevattningen sätts igång. Val att placera två givare vid bevattningsslang och två mellan ventilerna var för att se om det indikerade någon skillnad på givarvärdena om bevattningen sattes igång. En termometer placerades vid en plantas krona

och en annan termometer placerades fritt hängande i luften. För närmare beskrivning se bilaga 1.



Figur 2. Översiktsbild på sparrisfältet i Ängelholm, (GSD-Ortofoto 1, skala 1:30 000 © Lantmäteriet, 2017).

#### Markfuktighetsmätning i sparrisfält, Vellinge

Mätaren placerades för att mäta markfuktigheten i sjuåriga plantor med väl utvecklat rotsystem. Bevattning sker med ramp under sommarmånaderna om behov finns. I figur 3 ses fältet inringat och blå punkt illustrerar vart mätaren tillsammans med de två givarna placerats. Jorden i anslutning till mätaren är mörk, kraftig, tung och lerig. Stenar kunde noteras men endast i översta jordlagret. Valet av givarplacering på 20 cm och 50 cm djup baserades på samma anledningar som för fältet i Ängelholm, för närmare info om givarplacering, se bilaga 2.



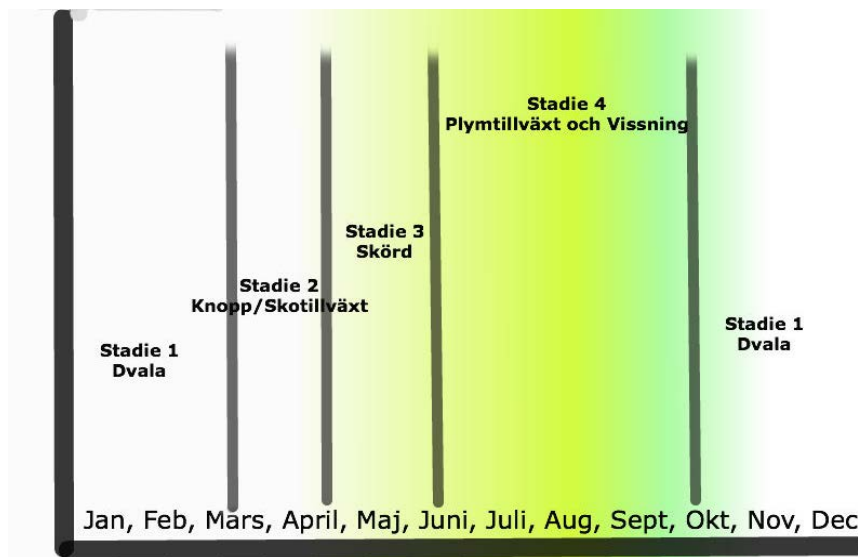
Figur 3. Översiktsbild på sparrisfältet Vellinge (GSD-Ortofoto 2, skala 1:30 000 © Lantmäteriet, 2017).

# Litteraturstudie

## Sparrisplantan

### Årscykeln

Sparrisplantan är en kulturväxt som under århundranden plockats, torkats och tillagats för både sina medicinala och kulinariska egenskaper. Den är naturligt växande över hela världen och är kommersiellt odlad i både tempererade och tropiska klimat (Hexamier 1914). Sparris skiljer sig däremot från de flesta frilandsgroänsaker då det är en perenn gröda och kan ge skörd i upp till 10 år (Limgroup 2016). I Sverige är förutsättningarna för odling av sparris goda och nordgränsen för odling är mellan zon 1 och 2 (Jensen 2003).



Figur 4. Generell årscykel indelad i fyra perioder.

I tempererade områden delas sparrisplantans årscykel upp likt årstiderna i fyra perioder, se figur 4. Årscykeln styrs huvudsakligen av marktemperatur, markfuktighet och ljus (Drost 1997). För att sträckningstillväxt av sidoknoppar som är i dvala över vintern ska starta krävs temperaturhöjning (Cloughley, Jamieson, Sinton och Wilson 2002) eller en torkperiod som följs av regn, vilket sker i tropiska områden (Drost 1997). Vegetationsperioden i tempererade områden definieras som den tid då klimatet är gynnsamt för att växtlighet ska tillväxa (SMHI 2017). Vegetationstiden infaller då medeldygnstemperaturen överstiger ca +5 °C. I Skåne inträffar detta i mars. När marktemperaturen stiger ca +10 °C påbörjas knopparnas sträckning till skott (Brückner, Geyer och Zeigler 2008). Temperaturen för tillväxt varierar bland annat mellan sortval, planteringsdjup och odlingsbetingelser.

Knopparna är skott som anläggs i ordningsföljd i en bestämd succession där det första anlaget är dominant. När det dominanta skottet bryts av eller skördas initieras tillväxt och sträckning av efterkommande knoppar (Drost 1997). Sträckning av sidoskotten sker tills att de är klara för skörd, det vill säga ca 20-25 cm (Jensen 2006). Skörden pågår mellan 2-8 veckor beroende på plantans ålder (Drost 1997). Skörden i Skåne avslutas runt midsommar. Täcks plantorna med väv eller odlas i tunnlar både påbörjas och avslutas skörden tidigare. Anledningen till att skörden är koncentrerad till endast några veckor om året beror på att kolhydratinlagringen i rötterna förbrukas vid skotttillväxt. En lång skördeperiod kan resultera i dålig utvecklad plym,

försämrad återhämtning av plantan och därmed minskning av nästkommande års skörd (Drost 1997).

När skörden är avslutad får skott växa upp. Blad och grenar utvecklas och bildar tillsammans den yviga plymen. Plymen blir 1-2 meter hög, och brer ut sig, vilket är fördel för maximal fotosyntes. Utvecklingen av skott till plym kan delas upp i två steg. Första steget är sträckning och andra steget är att bladverket vecklas ut och fotosyntesen tar fart (Cloughely et al. 2002). Plantan är beroende av den annuella plymen för att återupprätta kolhydratnivån i rötterna (Limgroup 2016). Inlagringen av kolhydrater som stärkelse behövs för att ge energi till nästa säsong och skörd (Drost och Wilson 2010).

Under sensommaren och hösten när dagarna blir kortare och temperaturerna sjunker vissnar plymen och kvar blir endast torra spröda kvistar. Under vintern är plantan i dvala och inväntar stigande marktemperaturer så knopptillväxt åter kan ta fart.

### **Markfuktighetens inverkan**

Markfuktigheten och dess betydelse för etablering, kvalitet och avkastning har konstaterats vara mycket viktig. Som ung nyetablerad planta är det en fördel med jämn markfuktighet då det gynnar de fortfarande ytliga rötterna till att utvecklas och ökar förutsättningen för välmående plantor (Drost 1997; Wilson, Siton och Freser- Kevern 1996). Studier har även visat att jämn markfuktigheten ökar avkastningen och kvalitet även i äldre sparrisfält (Cannell and Takatori, 1970 se Drost 1999). Växttillgängliga vattnet i fältet bör enligt rekommendationer inte understiga 50 % (Sandin 2006). Understigande nivåer kan orsaka symptom av vattenstress på plantorna.

#### *Knoppar och skott*

Knopparna är ett resultat av förra årets fotosyntes och händelser under växtsäsongen (Cloughely et al. 2002). Initieringen av knopptillväxt är kopplat till marktemperatur och/eller markfuktighet (Drost 1997). Exempel på vikten av markfuktigheten ses i tropiska områden där det inte finns säsongsväxlingar som i tempererade områden. För att initiera skotttillväxt utsätts då istället plantan för en torkperiod, när markfuktigheten sedan höjs igen signalerar det knoppsträckning.

Fenomenet med initiering orsakat av torka kan även ske oönskat i tempererade områden likt Sverige. Om markfuktigheten är låg under en längre tid under sommaren kan nederbörd på sensommaren vilseleda plantan till knoppsträckning. Nackdelen med återkommande skotttillväxt är att kolhydrater som lagrats som stärkelse i rötterna under sommaren används. Ojämn och dålig markfuktighet under sommaren kan generera i negativa effekter på nästa års skörd alternativt leda till plantdöd.

#### *Plym*

Plymen är 1-2 m hög, grenverket buskig och beklädda med små blad. Till skillnad från andra perenners grenverk är sparrisens plym inte förvedad utan är annuell och vissnar när säsongen är över (Hexamier 1914). Plymen är det fotosyntetiserande organ som genererar energi till plantan och kolhydratinlagring i rötterna. Sommartemperaturer, vind och solstrålning i kombination men storväxt plym skapar ett stort vattenbehov (Windäll 2010). På senhösten i samband med kortare dagar och lägre temperaturer vissnar plymen och bildar klorofyllfattiga buskar. Rekommendation är att plöja ner eller skära av den vissnade plymen (Jensen 2013). Arne Persson sparrisodlare i Ängelholm väljer att skära ner och avlägsna plymen helt vid

första höstfrosten. Att Arne väntar tills att det är frost i marken beror på att han vill undvika onödig maskinell packning av marken. Båda behandlingarna är effektiva för minskad risk för återkontaminering av svampsjukdomar och patogener.

### *Rotsystem*

Rotsystemet består av två olika typer av rötter, köttiga lagringsrötter och små fiberrötter. De grövre lagringsrötterna växer ut från den basala delen av knoppkronan och fiberrötterna växer ut från de grövre rötternas pericykel. De små fiberrötterna bidrar till att öka rötternas specifika yta vilket optimerar upptag av näring och växttillgängligt vatten. Rotsystemet växer sig starkare, djupare och bredare i samband med att plantan åldras (Drost 1997). De köttiga lagringsrötterna är långlivade men byts ut efterhand. Nya växer då ut från knoppkronan och lägger sig ovanpå de andra vilket skapar en drivande kraft upp som trycker kronan uppåt. Därför kan det hända att kronan i äldre sparrisfält ligger högre upp än de yngre planterade (Hexamier 1914; Drost 1997).

I unga planteringar uppskattas 60-90% av fiberrötterna befinna sig på 0,3 meters djup (Reijmerink, 1973 se Drost 1997). De ytligt växande fiberrötterna minskar i antalet med ökad plantålder och förflyttas längre ner i jordprofilen. Förändringar i mikroklimat och bearbetning med maskiner (Reijmerink, 1973; Tiedjens, 1926 se Drost 1997) är några av anledningarna. Lagringsrötterna och de små fiberrötterna har båda närings- och vattenupptagande förmåga (Drost 1997). Rötternas utveckling och tillväxt påverkas förutom av markfuktighet även av bearbetning med maskiner och jordprofilens textur och struktur (Drost och Wilson 2010).

### **Responseer på vattenstress**

Rotsystemet möjliggör plantorna att tillgodogöra sig växttillgängligt vatten från ett större område och responseer på vattenstress i sparriskulturer uppstår inte lika akut som för andra kulturer med grundare rotsystem (Drost 1997). När respons på vattenstress uttrycks, är det ofta för sent att införa markfuktighetsreglerande åtgärder.

Responseer på vattenstress hos sparriskulturer är inte alltid lättidentifierade. Hur symtom orsakade av överskott eller underskott av vatten beskrivs nedan i tabell 1. Notera att symtom kan vara ett resultat av flera stressfaktorer (Heissner et al. 2006).

*Tabell 1. Symtom av vattenöverskott och underskott i sparrisplantor. Egen sammanställning från följande referenser (Netajim u.å., Sandin 2006, Drost 1997, Drost och Wilcox-Lee 1997 och Heissner 2006)*

<b>Underskott</b>	<b>Överskott</b>
Minskade rotsystem	Syrebrist i marken
Minskad plym	Rötskador på krona och rötter
Minskat antal knoppar	Näringsbrist på grund av utlakning
Minskad tillväxthastighet av skott	Försämrad skörd
Minskad rotmassa	Dålig tillväxt
Minskad skottavkastning	
Tidig vissning av plym (kort assimileringstid)	
Försämrat växtnäringupptag	
Kolhydratlagring och balans	

Det har visats i en studie utförd vid Cornell University USA, att sparrisplantorna återhämtar sig fort och påverkas inte långsiktigt av en säsong med torka. Införs markfuktighetsreglerande åtgärder nästkommande säsong återfår plantan sin vitalitet (Drost och Wilcox-Lee 1997).

## Faktorer som påverkar markfuktigheten

### *Jordens egenskaper*

Jorden och dess egenskaper är ett viktigt element för markfuktigheten. Jordens förmåga att leverera växttillgängligt vatten beror på förhållandet mellan fasta partiklar i olika storlek, vätska och luft. Sand ger en torr genomsläpplig mager jordart. Finsand skapar förutsättning för binda vattnet kapillärt. Sten värmer jorden, men är till nackdel för maskinella verktyg på grund av förslitningsskador. Grus ger genomsläpplig, torr, mager jord. Mull har övervägande bäst vattenhållande förmåga och med en stigande mullhalt ökar kapaciteten för inbindning av vatten (Dahlin 2013). Ler med kornstorlek under 0,0002 mm skapar en stor specifikyta att attrahera vattenmolekyler på. När ler torkar krymper den och skapar sprickor och aggregat i jordstrukturen. Förutsättningar för syretillförsel och bindning till vatten skapas i de minsta sprickorna. Jordar där ler är inblandad kan vara mycket tunga och tar lång tid för marken att värmas upp (Dahlin 2013).

För att upprätthålla god markstruktur och främja etablering och god tillväxt så är det till fördel att plöja och mylla ner organiskt material. Problematiken med sparriskulturer är att dess kraftiga välförgrenade rotsystem gör det svårt att mylla ner organiskt material. Rekommendationen för att upprätthålla god markstruktur är intensivt förarbete och tillsättning av näringsrikt organiskt material till jorden innan plantering (Schulze 2016; Drost 2013).

### *Vatten och luft*

Fördelningen mellan luft och fasta partiklar, det vill säga densitet och porositet, är ett resultat av jordens textur egenskaper. Porerna som skapas mellan elementen fylls med vätska eller luft. Vätskan samlas i de små porerna eller binds direkt till partiklar och luften samlas i de större porerna. Relationen mellan porernas storlek och förmågan att binda vatten/luft är avgörande om växten kommer trivas eller inte. Relationen mellan porernas storlek påverkar också markens kapacitet att leverera växttillgängligt vatten (Dahlin 2016).

Porositeten i marken påverkas av den maskinella belastningen mellan raderna (Hann, Niziolomski, Rickson and Simmons 2016). Vid belastning kompakteras jorden och porstorleken minskar, så även syret. För sparriskulturens välförgrenade vertikala och horisontella rotsystem innebär det högre motstånd och minskade syreressurser (Hann et al. 2016; Dahlin 2013), vilket hämmar etablering och utveckling.

### *Kapillärkraft och tyngdkraft*

Utöver tyngdkraften vilket påverkar vattnets rörelse nedåt verkar kapillära krafter motsatt och fördelar vattnet vertikalt och horisontellt uppåt i markprofilen. Hur fort vattnet fördelar sig, det vill säga den kapillära stighastigheten i jordprofilen, beror på tidigare nämnt jordtextur och fördelning av partikelstorlekar i fältet. Stighastigheten ökar med minskad partikelstorlek (Dahlin 2013).

Vid placering av nedgrävd droppbevattningsslang är det främst de kapillära krafterna som jämnt fördelar vätskan i marken. Det är därför viktigt att inte placera bevattningen för djupt ner om marken inte har rätt textur, eftersom risken finns att bevattningsvattnet inte når rötterna som finns vid markytan (Netafim u.å.).



### *Fältkapacitet och växttillgängligt vatten*

Fältkapaciteten representerar det vatten som kvarstår efter att fritt vatten genom tyngdkraft transporterats bort och vatten som vandrat kapillärt funnit jämvikt. Fältkapaciteten är unik utifrån varje växtplats och beror bland annat på grundvattennivå, porstorlek och jordens textur i profilen. Fältkapaciteten har stor inverkan på förutsättningar för sparrisrötternas tillväxt. Lägre ner i jordprofilen ökar mängden vattenfyllda porer på bekostnad av syret (Dahlin 2013). Fältkapaciteten kan om önskas regleras genom dikesutgrävning. Denna åtgärd sänker kapillära pelaren och förhindrar vattendränkning av djupväxande rötter (Dahlin 2013; Jensen 2003).

Under tidiga våren är vanligtvis fältkapaciteten och grundvattennivåerna relativt höga som ett resultat av nederbörd, minimalt vattenupptag och låg avdunstning under vintern. Hög vattennivå i början på säsongen förskjuter första bevattningstillfället under våren. Låga grundvattennivåer tidigt på säsongen har dock rapporterats som en illavarslande trend i delar av Sverige, meddelar Sveriges Geologiska undersökning i ett pressmeddelande (SGU 2017). Om det är brist på vatten i områden så blir resultatet att första bevattningstillfället tidigareläggs. Mängden vatten som kan användas till bevattning senare under säsongen minskar även.

Växttillgängligt vatten rör sig mellan fältkapaciteten och icke-växttillgängliga vattnet. Icke-växttillgängligt vatten är inte tillgängligt för växterna att ta upp eftersom adhesionskrafterna mellan vatten och markpartiklar är för starka för att rötterna ska kunna tillgodogöra sig dem. När gränsen för icke växttillgängligt vatten utsätts plantorna för torka (Dahlin 2013).

### *Transpiration och evaporation*

Mängden avdunstat vatten är kopplat till säsong och plantstadium (Netafim u.å.).

Transpiration är det vatten som avdunstar från växten via klyvöppningar och är nödvändig egenskap för transport av näringsämnen och reglering av temperaturen (Sandin 2006).

Övervägande del av vattnet som tas upp via rothåren i rotsystemet avdunstar på detta sätt.

Evaporationen är det vatten som avdunstar direkt från marken. Fördelningen mellan andelen vatten som transpirerar eller evaporerar beror, liksom mängden avdunstat vatten, på säsong och plantstadium (Netafim u.å.)

### *Klimat*

Vind, nederbörd, solstrålning och temperatur är faktorer som påverkar markfuktigheten.

Vinden driver iväg evaporerat och transpirerat vatten. Högre temperaturer och solstrålning hjälper inte bara till vid plantutveckling utan bidrar även till ökad avdunstning. Nederbörd adsorberas och transporteras i jordprofilen och/eller tas upp av växten. Mindre mängd nederbörd fuktar övre jordlagret och/eller blir till droppar på sommarsäsongens bladverk.

Klimatet är det som minst kan styras över, metoder för att kompensera för klimatet har därför framtagits. Marktäckning, tunnlar, bevattning för att förhindra frostsador eller hämma knopptillväxt är några nämnda.

### *Jordbearbetning*

Olika typer av jordbearbetning är exempel på kulturåtgärder som både kan minska och öka markfuktigheten. Harvning och ogräsbekämpning vänder jorden och låter den exponeras för väder och vind, vilket ökar avdunstningen och minskar markfuktigheten. Marktäckning som görs för att öka temperaturen i marken genererar till tidigare skörd, men detta bidrar även till mindre avdunstningen från marken då täckmaterialet inestänger fukten.

## Förekommande metoder för kontroll av markfuktigheten

### **Vattenbudget**

Vattenbudgetering ger en teoretisk bild om fältets markfuktighet. Målet är att upprätthålla markfuktigheten nära grödans optimala markfuktighetsnivå. Genom att beräkna vatten-mängden som finns i marken och återge det vattnet som förlorats. Beräkningen innefattar inkommande vatten (nederbörd) och utgående vatten (transpiration, evaporation och avrinning). Med de nämnda parametrarna, kan det ganska exakt beräknas hur mycket vatten som finns och bör tillföras (Sandin 2006).

### **Prognosmodeller**

Prognosmodeller är internetbaserade system som hämtar väderdata från internationella klimatstationer. Användaren skriver in parametrar kopplat till odlingsplatsen exempelvis jordart, gröda, växtperiod och bevattningsgivor. Utifrån parametrarna och väderdata för önskad plats beräknas markfuktigheten samt kritiska punkter för bevattning (Sandin 2006). Enligt användare är det en relativt lättanvänd metod. Rekommendation är dock att komplettera prognosmodellen med markfuktighetsmätare för säkrare resultat (Eklöf, Albertson och Råberg 2010).

I stället för att använda internationella väderstationer finns möjlighet att installera en egen väderstation. De är relativt dyra och kräver visst underhåll, men med den ger mycket platsspecifik data och gör användaren oberoende av internationella stationer säger Mats Svensson som äger och driver Lönnslättis bär i en intervju.

### **Markfuktighetsmätning baserat på undertryck**

Markfuktighetsensorerer eller även kallat markfuktighetsgivare placeras i marken för att mäta markfuktigheten i undertrycket Pascal. Sensorerna består av en perforerad stålcylander med ett gipsblock som har två elektroder i sig. Resistansen mellan elektroderna minskar med blötare jord och ökar vid torrare jord. Verkyget som kopplar samman sensorerna, det vill säga sändarenheten, består av en solcellsdel och en dosa som avläser givarvärdena (Björkholm et al. 2014). Värdena sänds trådlöst till servrar och molntjänst. Den trådlösa funktionen möjliggör användarna att se värdena i mobil, dator och läsplatta via ett personligt konto. Informationen som skickas till servrar och molntjänst sammanställs i grafer (Sensefarm 2014; Björkholm et al. 2014). Sensefarm och WaterWatch system för markfuktighetsmätning, vilka kort presenteras nedan, är relativt lika. Några detaljer skiljer dem åt ur ett användarperspektiv. Nackdelen vilket gäller för båda är att uppkoppling krävs för att nå mätdatan. Fördelen är att de är lättanvända och ger översiktliga resultat (Eklöf, Albertson och Råberg 2010).

### *Sensefarms system*

Sensefarms system för markfuktighetsmätning är ett verktyg för att bevattningsoptimera i fältodlingar (Sensefarm 2014). I graferna där mätvärdena visas kan kritiska fält läggas in för bevattningstidpunkter. De kritiska punkterna har olikfärgade fält i graferna. Det går att få väderprognos, temperaturmätare och regnmätare tillkopplat systemet. Värdena för undertryck mäts i kPa och temperatur i grader °C (Björkholm et al. 2014).

Sensefarms system upplevdes vara korrekt, trovärdigt, lätt att använda och väl avvägt. Med lite stöd och information om acceptabelt undertryck för olika grödor är detta system ett tillräckligt gott beslutsstödsystem för bevattning för de allra flesta lantbrukare.

(Björkholm et al. 2014, s. 23)

#### *WaterWatch system*

WaterWatch system för markfuktighetsmätning och bevattningsoptimering. Värden som utgör kritisk gräns för bevattning presenteras i samma graf som markfuktighetsvärdena i form av en kurva som färgas röd. Utöver markfuktighetsmätning beräknar WaterWatch även tillgängligt vatten i marken. Tillgängliga vattnet beräknas utifrån inlagda värden för gröda, jordart och utvecklingsstadium. Det går även att koppla till väderprognos i systemet. WaterWatch är något dyrare än Sensefarm.

WaterWatch fördel ligger i den hänsyn och anpassning som finns i jordart och de olika grödor i vilken prognosen används.

(Björkholm et al. 2014, s. 23)

#### **Tensiometer**

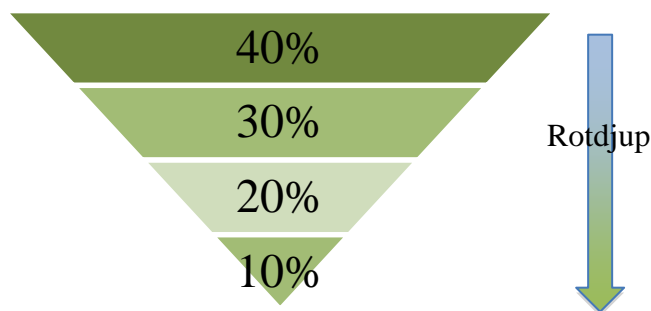
Tensiometern mäter hur hårt vattnet är bundet till marken genom att låta vatten passera genom ett poröst, keramiskt material, vilket är nedgrävt i marken. Delen av mätaren som befinner sig ovan mark är utrustad med en undertrycksmätare. Eftersom marken vill dra till sig vattnet i keramikdelen medför det ett undertryck som kan avläsas på övre delen av undertrycksmätaren. Ju hårdare vattnet är bundet desto högre undertryck (Sandin 2006).

Mätarna är dock mycket känsliga för hur man installerar dem och stora skillnader (50 %) kan finnas på små avstånd (10 cm) i jorden. Det är därför viktigt att inte förlita sig på en mätare i fält utan gärna ha minst tre eller flera på samma djup.

(Eklöf, Albertson och Råberg 2010, s.7)

#### **Sparrisplantans vattenbehov**

Rotfördelningen minskar med markdjupet (Drost 1997; Sandin 2006) detta visas i figur 5. Detta fenomen innebär även en påverkan på markfuktigheten i jordprofilen. I den övre delen av marken skapas låg eller hög markfuktighet först, detta på grund av hög exponering för sol, temperatur, vind och stor mängd rotmassa som suger upp vatten vid markytan.



Figur 5. Beskriver rotmassans fördelning i jordprofilen (modifierad bild, Sandin 2006, s.13).

Längre ner i profilen är vädrets påverkan inte lika stor. Då avgör rötternas upptagning och jordens kapacitet att transportera vatten markfuktigheten (Sandin 2006). Bevattning där översta 15-60 cm får tillgång till jämn markfuktighet är att eftersträva för kvalitativa välmående grödor (Netafim u.å).

## Bevattning

En generell uppfattning är att bevattning begränsar rotsystemets utbredning, det vill säga plantan klarar sin vattenförsörjning med ett mindre rotsystem än annars. En studie gjord på sparris genomförd av Daniel Drost (1999) har visat det motsatta och minskad bevattning och/eller utebliven bevattning i sparrisodlingar påverkar rötternas utveckling negativt (Drost 1999). I jordar med dålig struktur har bevattning bidragit till att rötterna lättare kan penetrera marken och därmed ta upp näring längre ner i jordprofilen (Sandin 2006).

Bevattningsmängder (mm) anpassas efter plantstadium, plantålder, rotdjup och efter vilken jordtyp man odlar i, se tabell 2. Innan man bevattnar är det därför viktigt att veta vilken typ av jord man har samt plantålder och i vilket stadium plantorna är i, se sida 19.

*Tabell 2. Jordart i matjorden och rekommenderade bevattningsgivor i mm per bevattningstillfälle (Linnér 2003)*

Jordart i matjorden	Rotdjup, cm	Bevattning, mm per gång
Mullhaltig sand	0-30	15-20
	0-50	25-30
Mullhaltig grovmo	0-30	25-30
	0-50	35-45
Mullhaltig lättlera	0-30	30-40
	0-50	40-50
Mullhaltig styv lera	0-30	25-30
	0-50	35-45
Mulljord	0-30	30-40
	0-50	40-50

Det har konstaterats att tillväxten på potatis är som bäst om vatteninnehållet i jorden hålls precis under fältkapaciteten (Sandin 2006). Droppbevattning gör jämn markfuktighet precis vid fältkapaciteten möjlig. Om man använder en annan bevattningsmetod är detta inte alltid möjligt då det både blir ekonomiskt och tidsmässigt krävande.

### Bevattningssystem

Resultatet av bevattningen är helt beroende av hur bevattningen styrs och vilket bevattningssystem som används. Vilket bevattningssystem som rekommenderas är plats-specifikt och bör bestämmas utifrån odlarens förutsättningar, ekonomi, plantålder och jordtyp. I studier har dock nedgrävd droppbevattning konstaterats ge bäst effekt på sparrisplantornas kvalitet och avkastning i frilandsodling (Sterrett, Ross och Savage 1990). Installera droppbevattning under mark i sparrisodlingar är inte alltid möjligt, för att ge en överblick presenteras därför några vanliga använda bevattningssystem och översiktligt dess för- och nackdelar i tabell 3.

Tabell 3. Några bevattningsanläggningar i sparrisfält och översiktligt dess för- och nackdelar (Netafim u.å; Arne Persson Ape produkter, Mats Olsson Lönnslettbar)

<b>Fördelar- Rampbevattning</b>	<b>Nackdelar</b>
Mindre arbete – i jämförelse med bevattningsslang.	Packning (ramp kopplat till bevattningsmaskin och kan dras av traktor).
Snabb avkylning av markyta och växande skott.	Vatten på plym- risk för patogener.
Applicering på redan planterade fält.	Vatten på plym- risk för böjning/brytning.
<b>Fördelar- Droppbevattning yta</b>	<b>Nackdelar</b>
Jämn kontrollerad bevattning	Ökad etablering av ogräs och jordnära patogener.
Snabb avkylning av markytan och växande skott.	Hög evaporation vid varmt klimat.
Applicering på redan planterade fält.	Sämre hållbarhet
Möjlighet till inkoppling av näringstillförsel.	Biologisk tillväxt i kopplingar och slang.
<b>Fördelar - Droppbevattning undermark</b>	<b>Nackdelar</b>
Jämn kontrollerad bevattning	Arbetskrävande eftersom placeras under mark.
Minskad risk för etablering av ogräs och patogener.	Utplaceras vid nyplantering.
Minskad risk för evaporation.	Biologisk tillväxt i kopplingar och slang.
Möjlighet till inkoppling av näringstillförsel.	Arbetskrävande vid felsökning så som stopp eller läckage.

### Dagens klimatsituation och framtida scenarier

Vattenbehovet i sparris kulturer som visas senare i arbetet i figur 8, är antagande utifrån dagens klimat i skånska fält. Sparris är i behov av vatten under sommarmånaderna eftersom det ger förutsättning för bättre plantkvalité och säkrar nästa års skörd. I framtiden kommer förutsättningarna förändras med högre avdunstning samt mindre nederbörd och kurvan i figur 8, kan komma att få en ännu tidigare och brantare lutning.

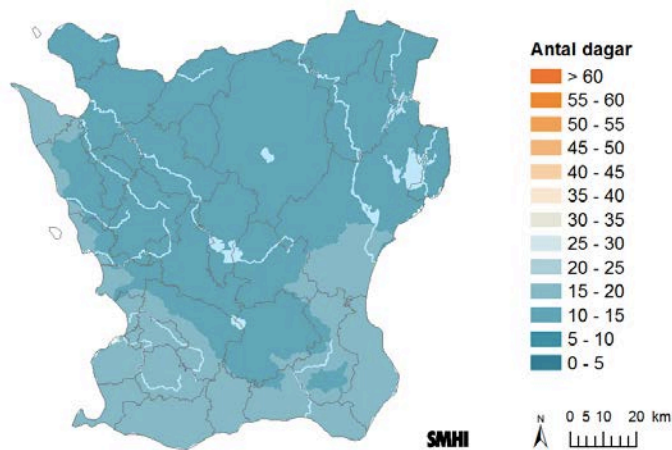
I rapporten "Framtidsklimat i Skåne län" (Ohlsson et al. 2015) beskrivs utifrån antagande och modeller dagens och framtidens klimatscenarier. Att uppskatta säkra framtidsscenarion är svårt, därför har man i rapporten utgått från två scenarion kallade RCP4,5 och RCP8,5. RCP4,5 bygger på begränsande utsläpp och kraftfull klimatpolitik. RCP8,5 bygger på scenarion med höga utsläpp och begränsad klimatpolitik. Beräknade medelvärden uppmätta mellan åren 1961-1990 används som referensvärden till de två framtidsscenarier som beskrivs.

Vårens medeltemperatur år 1961-1990 beräknas till 5,7 °C. De senaste 20 åren har en ökning setts av medeltemperaturen varje år och denna trend verkar hålla i sig. Högsta temperatur-

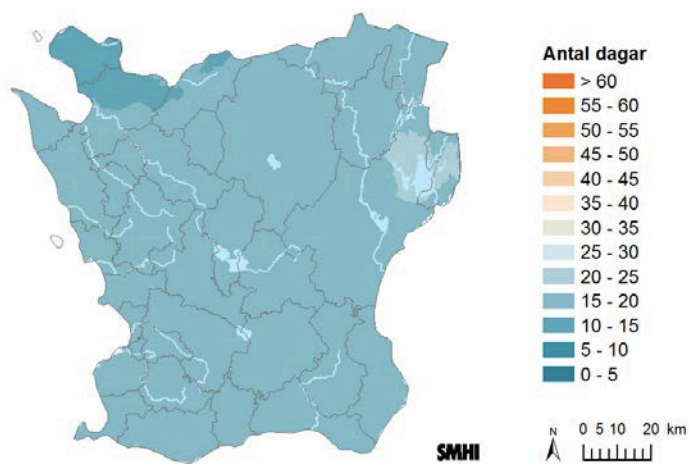
ökningen sker i nordöstra Skåne, minst ökning sker i kustnära regioner eftersom vattnet inte värms upp lika snabbt som landmassan. Vegetationstiden enligt referenssiffrorna (1961-1990) påbörjas i mars. Dock varierar datumen från år till år beroende på vinterns efterdyningar. I samband med den förväntade temperaturökningen på våren, beräknas därefter också vegetationstiden tidigareläggas ca 6-10 veckor i slutet av seklet.

Sommarens medeltemperaturer 15,4 °C verkar likt vårens också stiga, mest då i länets inre och nordöstra delar. Med stigande temperaturer förväntas mer avdunstning vilket genererar lägre grundvattennivåer och lägre markfuktighet.

Markfuktigheten 1961-1990 uppmäter 15-20 dagar med låg markfuktighet, figur 6. Tydliga förändringar kan ses redan åren 1991-2013, se figur 7. I framtiden beroende på scenario beräknas antal dagar med låg markfuktighet öka från 15-20 till 30-50 st. Vad som räkas som låg markfuktighet och på vilket djup markfuktigheten mätts framkommer inte i rapporten.



Figur 6. SMHI referensdata medelvärden för markfuktighet åren 1961-1990 (SMHI 2015a)



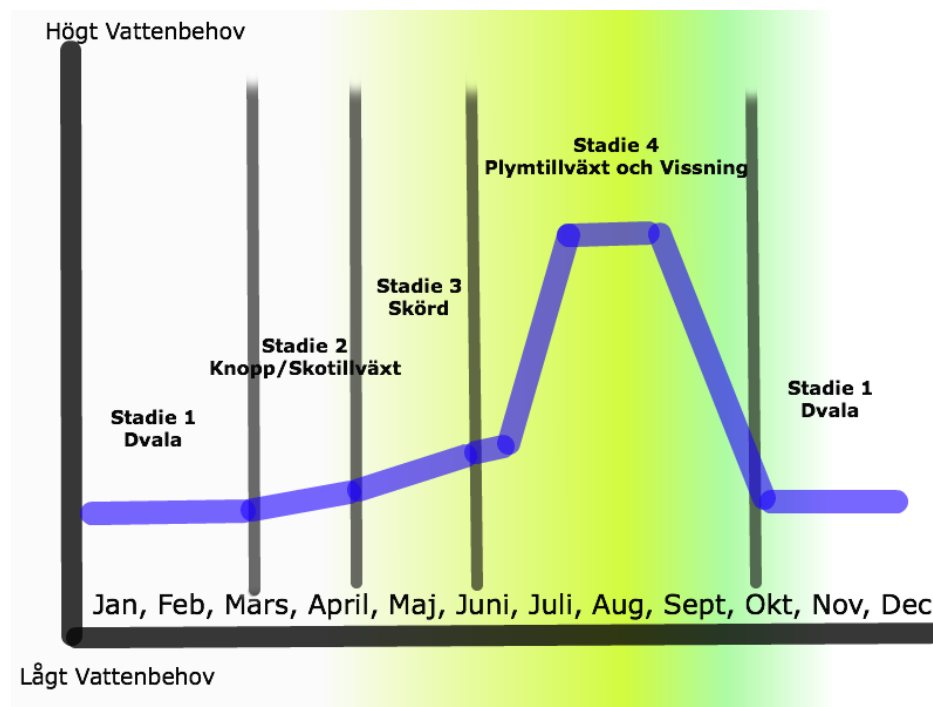
Figur 7. SMHI referensdata medelvärden för markfuktigheten åren 1991-2013 (SMHI 2015b).

Med ökade temperaturer i atmosfären ökar även mängden nederbörd (Ohlson et al. 2015). Medelnederbörden under våren är ganska så jämnt fördelat över länet. För referensperioden 1961-1990, ca 142 mm, dock är variationen stor mellan åren (60 mm som lägst och 270 mm som högst). I framtiden beräknas nederbörden under våren öka med 15-30 % beroende på scenario. Sommarens medelnederbörd 1961-1990 är ca 203 mm, men beräknas inte öka så mycket som vårens nederbörd (Ohlson et al. 2015).

## Resultat

### Kritiska perioder för bevattning i grön sparris

För att forma ett underlag för bevattningsoptimering är det viktigt att sammanställa plats-specifika faktorer som påverkar markfuktigheten och även få förståelse för markfuktigheten kopplat till grödans årscykel. Blå kurvan i figur 6 visar översiktligt plantans vattenbehov. Vattenbehovskurvan är baserad på en fullvuxen sparrisplanta, plantans tillväxt under året och generella klimat och atmosfära förändringar under årscykeln i skånska klimat.



Figur 8. Tänkbart vattenbehov för grön sparriskultur i skånskt klimat. Behovet relaterat på de fyra stadierna i årscykeln.

Stadie 1, oktober till mars, är plantan i dvala och vattenbehovet är minimalt. De inlagrade kolhydraterna levererar energi till plantan under denna period.

Stadie 2, när knoppar tillväxer och skott utvecklas är fortfarande vattenbehovet lågt. Under denna period är markerna fortfarande fuktiga efter vintern.

Stadie 3, när skörden startar och slutar, är en period då bevattning kan bli aktuellt. Plantan är inte i större behov av vatten men höga temperaturer och vind kan generera till torra marker vilket är missgynnande för plantan (Drost 1997).

Stadie 4, uppstår en pik i vattenbehovet. Den fullvuxna sparrisplantan kan under en solig och blåsig högsommardag evaporera 8-10 liter/m<sup>2</sup> (Limgroup 2016). Vilket gör stadie 4 till den mest kritiska perioden för bevattning.

I stadie 4 måste man då ersätta det evaporerade och transpirerade vattnet. Om man använder sig av en prognosmodell som anger mängden avdunstat vatten, så kan den mängd vatten, som krävs för att återställa markfukten tillföras, genom bevattning. Med hjälp av en markfuktighetsmätare kan sedan indikationer ges att bevattningen nått hela det aktiva rotdjupet.

Max undertryck som är rekommenderat under denna period är ca 40-80 kPa genom rotszonen. Överstiges 70-80 kPa utsätts plantan för vattenstress (UC IPM 2017; Netafim u.å.). Under högsommaren genererar fotosyntesen kolhydratinlagring i rötterna och kolhydratnivån som sjunkit under skörden ökar igen.

När högsommaren går mot höst i september-oktober sker en naturlig vissning av plantan. Vattenbehovet minskar i samband med lägre temperaturer och avtagande fotosyntes.

## Fältstudie

Undertrycks värden för markfuktigheten har insamlats från två sparrisfält, se bilaga 1 och 2 och sammanställts i grafer. Graferna vilka kan ses nedan är indelade i tre fält. Undre blå indikerar lågt undertryck och hög fuktighet, grönt medel markfuktighet och orange högt undertryck och låg markfuktighet. Fältens gränsvärden är inställda på generella bevattningsrekommendationer för potatis och kan manuellt ändras om andra värden önskas. På Y-axeln är mätvärden för markfuktigheten angivna i kPa och på X-axeln kan datum utläsas. Kurvorna har olika färger och vad linjerna motsvarar beskrivs i respektive figur.

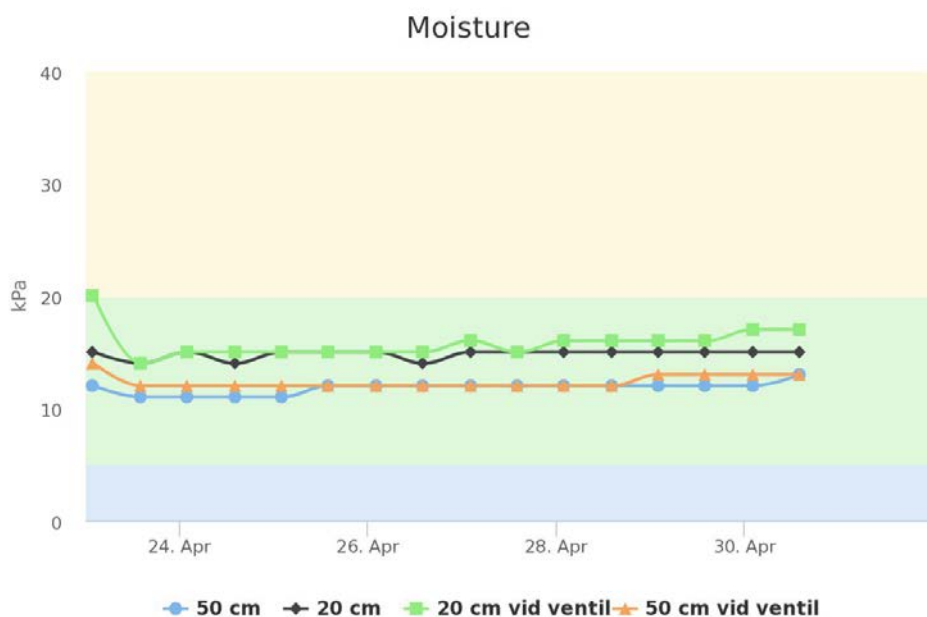
## Markfuktighetsmätning i Ängelholm med Sensefarms system

### *Period 23 april-1 maj*

Markfuktigheten i Ängelholm perioden 23 april - 1 maj, se figur 9. I början av perioden (23 april) kan fortfarande ostabilitet i givarna ses som en bidragande faktor av givarbytet. Syftet med att placera ut två givare vid en bevattningsventil var för att se bevattningens effekter på markfuktigheten, jämfört med två givare som var placerade mellan två ventiler.

Bevattningen användes dock aldrig under mätperioden. Istället gavs då möjligheten att analysera lokala avvikelser i marken. Det som kan konstateras utifrån figur 9 är att det skiljer på markfuktigheten beroende på hur djupt givarna är placerade. Givarnas placering, det vill säga placerade vid ventil eller inte följer varandra men är inte till 100 %, vilket är en indikation på lokala avvikelser i marken.





Figur 9. Markfuktigheten för perioden 24 april-1 maj på två olika djup, 20 cm respektive 50 cm på två placeringar, vid bevattningsventil och mellan två bevattningsventiler (Sensefarm graph 2017).

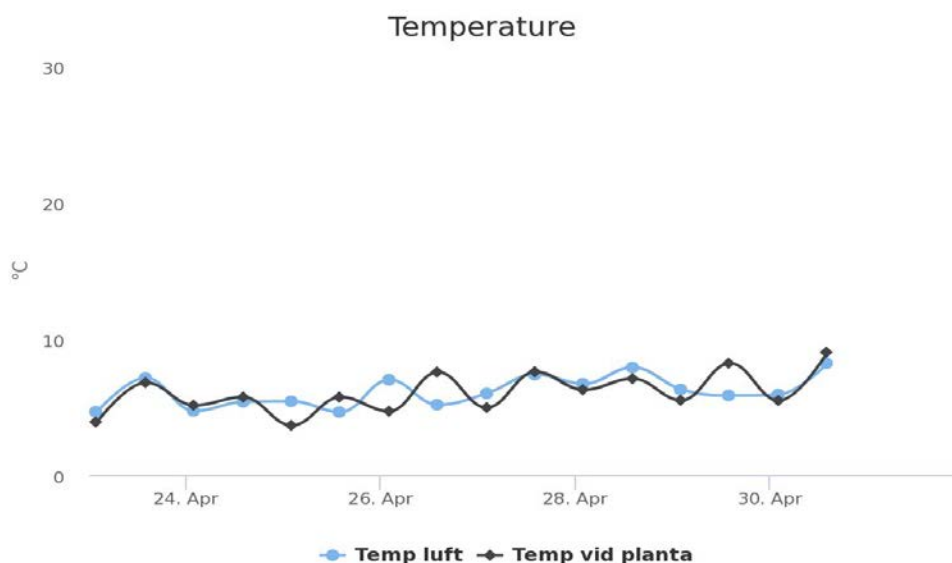
För att få förståelse för väderets inverkan på kurvorna har väderdata från LantMet bearbetats. Väderdata insamlad från mätstation Ängelholm [1607] belägen ca 1 mil nordväst från fältmätningen har sammanställts i tabell 4. Där redovisas daglig max och min temp, vind, nederbörd och solstrålning. Max och min temp har stor variation under dagen, men detta verkar inte i figur 9 visa någon märkbar skillnad på markfuktigheten.

I slutet av perioden (29-30 april) visar tabell 4 högre temperaturer, högre solstrålning och låg mängd nederbörd. Detta påverkade marken att torka upp, det vill säga undertrycket i marken steg (29-30 april) i figur 9. Sparrisen har inte utsatts för någon uttorkning under mätperioden eftersom mätvärdena ligger i det gröna området i figur, 9.

Tabell 4. Väderdata från väderstation Ängelholm [1607] för aktuell period 24 april – 1 maj (LantMet 2017a)

Datum	Temp min (°C)	Temp max (°C)	Vind (m/s)	Nederbörd (mm)	Solstrålning MJ/m <sup>2</sup>
24 April	3,1	8,5	5,8	12,7	12,8
25 April	2,2	8,0	5,3	0,5	18,1
26 April	0,7	10,1	2,8	0,3	26,1
27 April	0,1	9,8	2,4	2,4	20,7
28 April	4,1	10,1	3,5	3,5	11,5
29 April	1,9	11,8	3,0	3,0	12,8
30 Maj	- 1,5	12,6	1,9	1,9	25,6
1 Maj	1,7	14,1	4,4	4,4	33,2

Temperaturen (23 april-1 maj), se figur 10, skiljer sig mellan temperaturmätare placerad i luften och för den som är placerad vid kronan. Att kurvorna växlar beror på förändringar i dagstemperatur mellan dag och natt.



Figur 10. Temperatur variationen perioden 24 april- 1 maj i luften och vid plantas krona (Sensefarm graph 2017).

Jämförelse med data bearbetats från mätstation Ängelholm [1607], tabell 4, redovisas dagliga max och min temp vilket kan ge ett konstaterande att temperaturerna under dagarna växlar en del och detta avspeglar sig på kurvorna.

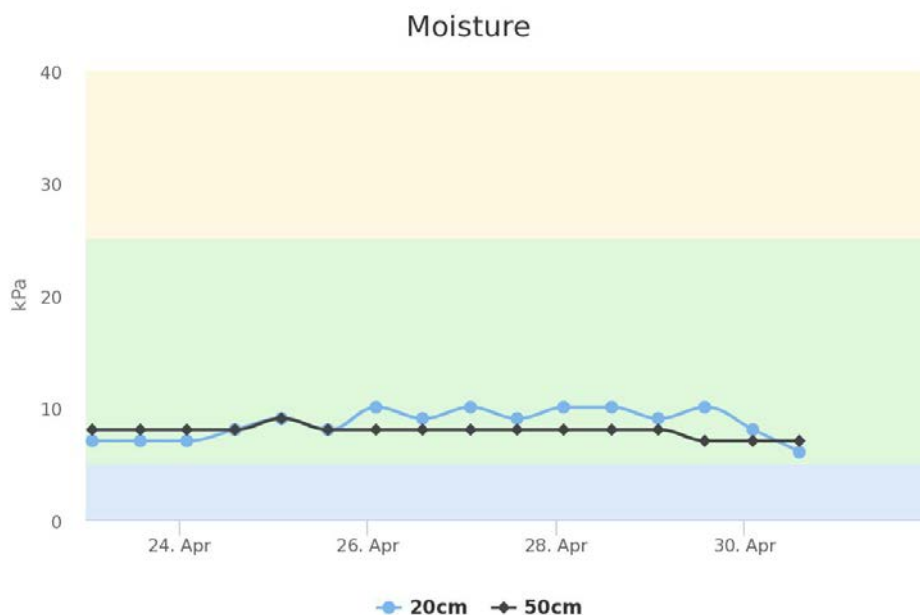
Högre lufttemperatur genererar högre markttemperatur med en viss förskjutning eftersom marken tar längre tid på sig att värmas upp. Kurvan över temperaturer, figur 10 visar stundvis höga markttemperaturer och lägre lufttemperatur och ibland är det högre lufttemperaturer än markttemperaturer, vilket kan vara ett resultat av detta.

I början av perioden (24 april) kom 12,4 mm nederbörd, detta i samband med vind kan ha skapat lägre temperaturer i markytan. I slutet av perioden (29 april-1 maj) ökar lutningen på kurvan något. Detta kan vara ett resultat av ökad solstrålning, låg nederbördsmängd och vind som torkar upp marken, se tabell 4. I figur 9, den 29 april-1 maj kan även en tendens ses på ökat undertryck som en anknytning till ovanstående.

## Markfuktighetsmätning i Vellinge med Sensefarms system

### Perioden 24 april-1 maj

Två givare placerades ut, 20 cm djup respektive 50 cm djup, ca 25 cm från plantan. Markfuktigheten har mätts 28 mars-1 maj. Närmare intervall 26 april-1 maj har även valts att analyseras.



Figur 11. Markfuktigheten i Vellinge för perioden 24 april-1 maj på två olika djup 20 cm respektive 50 cm (Sensefarm graph 2017).

Givarnas mätvärden (kPa) enligt figur 11, visar lågt undertryck det vill säga att marken är våt. Marken är mycket mer vattenfylld jämfört med Ängelholm, anledningen till detta kan vara markstrukturen. Plantorna är äldre än i Ängelholm vilket innebär stort rotsystem. Antaganden finns om att djupgående jordbearbetning för bättre markstruktur inte heller har skett nyligen.

Andra anledningen kan vara jordtypen som är kraftig moränjordlera vilket gör marken tung och mycket vattenhållande. Skillnaden i undertryck mellan givare på 20 cm och 50 cm djup är inte lika stor som i Ängelholm, vilket säkerligen beror på att jorden är vattenhållande.

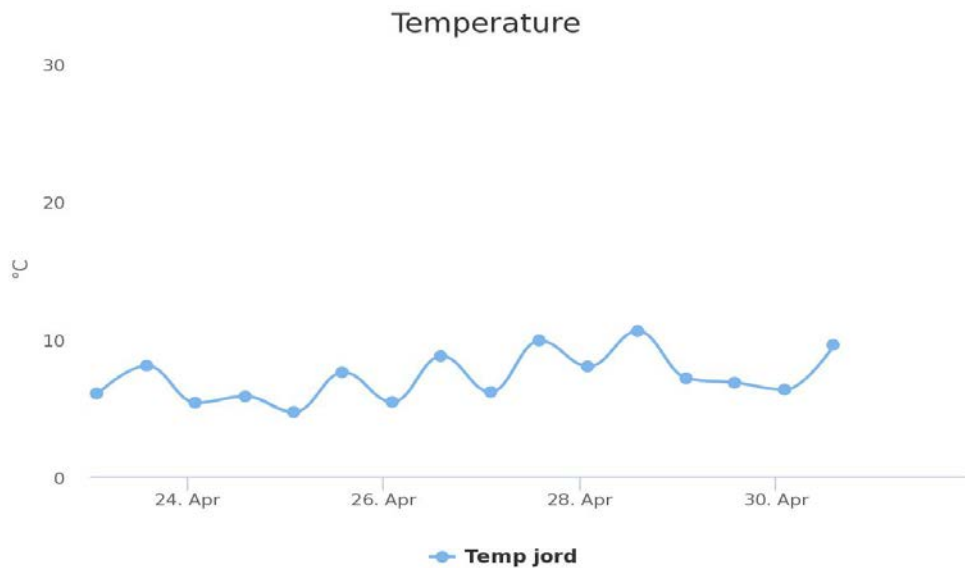
Väderdata i tabell 5 är insamlad från mätstation Vellinge-växa [35000] belägen ca 1 mil sydväst om fältstudien. I början av mätperioden (24 april) är undertrycket (kPa) för givaren på 20 cm, under mätvärdena för givaren på 50 cm, men detta ändras sedan till det motsatta efter den 26 april.

Tabell 5. Väderdata från väderstation Vellinge- Växa [35000] för aktuell period 24april – 1 maj (LantMet 2017b)

Datum	Temp min (°C)	Temp max (°C)	Vind (m/s)	Nederbörd (mm)	Solstålning MJ/m <sup>2</sup>
24 April	3,7	9,0	6,5	4,0	13,3
25 April	2,3	7,6	5,3	0,0	21,4
26 April	3,1	7,3	3,2	0,4	22,7
27 April	3,2	8,3	2,8	0,0	24,0
28 April	5,6	10,6	3,5	0,2	14,8
29 April	3,1	7,6	1,7	24,4	13,7
30 Maj	0,1	9,3	2,5	0,2	32,1
1 Maj	3,7	11,7	6,2	0,0	32,8

Enligt tabell 5 kan ökad solstrålning och vind varit bidragande faktorer till att marken börjat torka upp och undertrycket stiger. I slutet av perioden (29 april-1 maj) ses för givare (20 cm) först en uppåt-gående tendens som sedan vänder mot en kraftig lutning nedåt. Enligt tabell 5 har 24,4 mm nederbörd uppmätts under 29 april, vilket kan vara orsaken.

Dock är det egendomligt att undertrycket först stiger och sedan sjunker. Anledning kan vara att nederbörden kommit senare till fältet än vad som är beräknat för mätstationen. I samband med denna förändring sjunker mätvärdet för givare (50 cm) från 8 kPa till 7 kPa den 29 april, men ligger stadigt på 7 kPa. Nederbörden kan ha påverkat givare (50 cm) men inte nämnvärt.



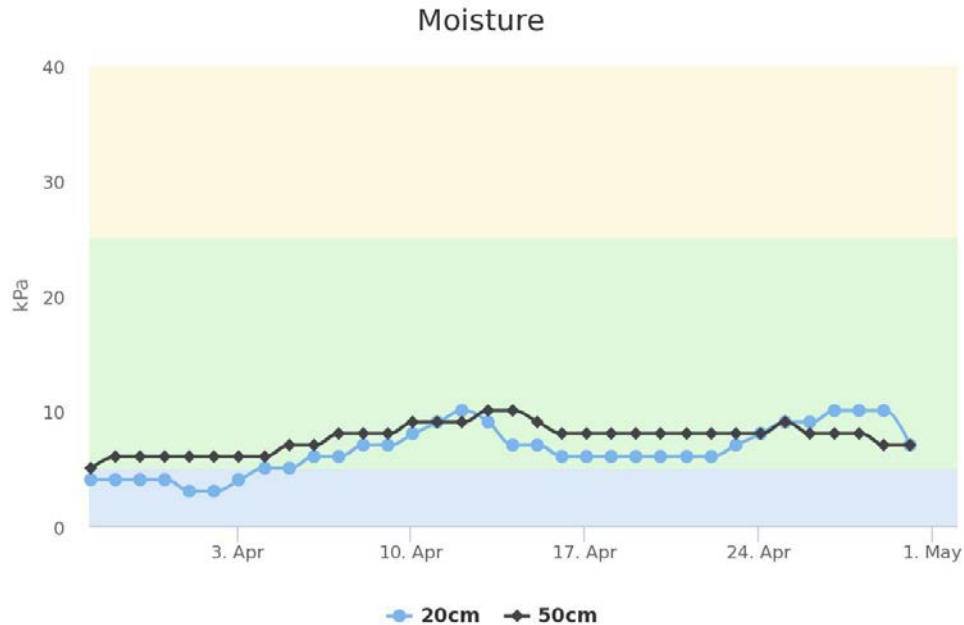
Figur 12. Temperaturvariationen i Vellinge perioden 23 april-1 maj vid plantas krona (Sensefarm graph 2017).

Temperaturen för Vellinge perioden 24 april-1 maj, figur 12, har följt dagsrytmens temperaturförändringar och värdena för solstrålning i tabell 5. Dock är det något förskjutet eftersom marken tar längre tid på sig att värmas upp och kylas ner.

### Vellige - Perioden 28 mars-1 maj

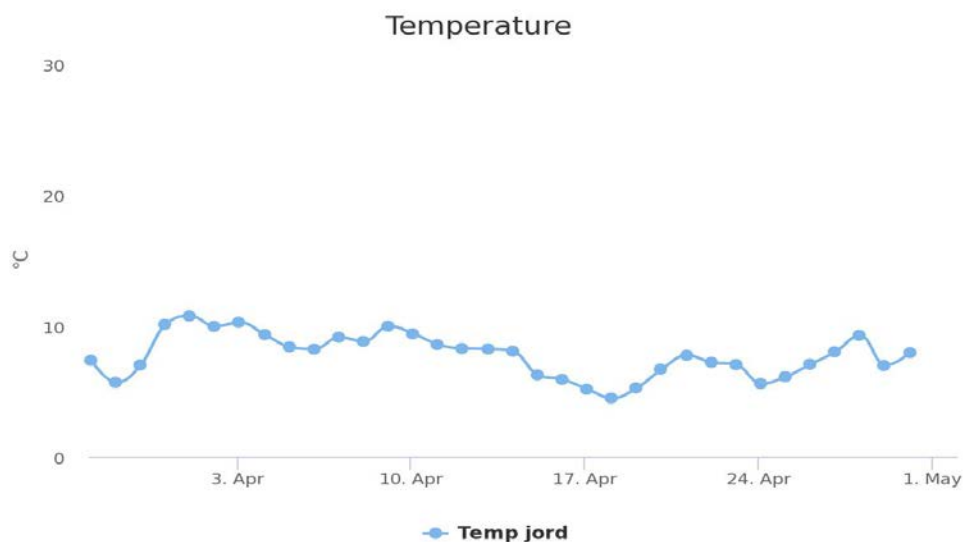
Grafen speglar en längre period då det sker tillväxt av sparrisplantans knoppar och skott. Undertrycket antas vara lågt i början av mätperioden det vill säga vattenrik mark, för att sedan stiga vilket ger torrare marker allt eftersom atmosfär-temperaturen stiger. Under hela perioden uppmättes 74 mm regn enligt mätstation Vellinge-Växa [35000].

Givaren placerad på 20 cm har lägre undertryck än den som är placerad på 50 cm vilket visas i figur 13. Det är alltså våtare i marken på 20 cm än på 50 cm. Större delen av perioden har det uppmätts lägre undertryck i övre marklagret än längre ner i jordprofilen, vilket inte var väntat på grund av antagande om atmosfärtemperaturens stigning skulle göra att marken torkade upp och i synnerhet påverka översta marklagret att torka upp först.



Figur 13. Markfuktigheten i Vellinge för perioden 28 mars-1 maj på två olika djup 20 cm respektive 50 cm (Sensefarm graph 2017).

Det har kommit en del nederbörd under perioden. Nederbörden kan ha påverkat undertrycket för givare på 20 cm att ligga under givare på 50 cm. Detta om nederbörden inte varit så kraftig att det nått ner till 50 cm givaren. Kurvorna i figur 13 verkar ändå följa varandra med viss fördröjning, vilket indikerar att givare 50 cm ändå påverkas av nederbörd och temperaturhöjning och vi kan gradvis se att undertrycket stiger och marken blir mindre blöt. Sparrisen har inte utsatts för någon uttorkning under mätperioden eftersom att låga undertrycksvärden har uppmätts hela perioden.



Figur 14. Temperaturvariationen perioden 28 mars-1 maj vid plantas krona (Sensefarm graph 2017).

Temperaturen i marken under perioden 28 mars-1 maj varierar en del, se figur 14. Förvånansvärt nog verkar det varmare i marken i början av perioden än i slutet av perioden. Marktemperaturen är dock tillräcklig för att sparrisplantorna ska tillväxa och skott senare under säsongen ska skördas.

## Diskussion

Bevattnings-system kan vara ett sätt att nå högre skördar i Sverige, men tillgång till ett bevattnings-system innebär också förutsättningar för att få en säkrare plantetablering, högre jämnare skörd och en bättre skördekvantitet. För att nå goda resultat räcker det inte bara med själva installationen av bevattnings-systemet, utan styrningen måste ske efter plantornas verkliga behov. Detta innebär, för att kunna veta och bestämma hur mycket och när det är som mest effektivt att vattna, behöver erfarenheter kompletteras med ett beslutsunderlag baserat på mätvärden.

Bevattnings-system påverkar inte bara skörden utan innebär fler positiva bieffekter. Mikrolivet gynnas eftersom markförhållanden för att nedbrytning ska ske med hjälp av mikroorganismer upprätthålls. Om mikrolivet är bra skapar det förutsättningar för fullständig nedbrytning vilket är gynnsamt för markstrukturen. Effektiv bevattnings-system där jämn markfuktighet eftersträvas förhindrar även återväxt av skott under sensommaren, vilket annars kan försämra nästa års skörd. Genom att tillföra de vattenmängder som verkligen behövs vid rätt tidpunkt minimeras även risken för urlakning eller att vattnet hinner evaporera innan det når rotsystemet.

Blickar vi framåt så presenteras i arbetet delar ifrån SMHI:s rapport "Framtidsklimat i Skåne län". Slutsatsen man kan dra är att det i framtiden kanske inte finns något annat alternativ än att installera ett välreglerat bevattnings-system för en högavkastande sparrisproduktion och ekonomisk hållbarhet. Klimatförändringarna är redan nu kännbara och ett varmare klimat är att vänta med större nederbördsmängder som varierar mellan år och året. Tendenser kan även ses att somrarna blir torrare och markfuktigheten lägre. Vatten är en resurs vi måste ta tillvara och inte se som en självklarhet. I Europaparlamentets och rådets vattendirektiv 2000/60/EG 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder för vattenpolitiskt område beskrivs "Vatten är ingen vara vilken som helst utan ett arv som måste skyddas, försvaras och behandlas på ett sådant". Vattendirektivet är framtaget som syfte till att skydda och förbättra EU:s alla vatten och är ett bevis på att vatten i många fall just tas som en självklarhet.

Markfuktighetens påverkas av ett komplex av faktorer där flera variabler samverkar som rör inkommande och utgående vatten. Viktigaste faktorn som påverkar inkommande vatten är nederbörd och markens vattenhållande förmåga. Viktigaste faktorerna för utgående vatten är markegenskaper som påverkar vattentransporten i jordprofilen samt transpiration och evaporationens storlek. Det sistnämnda kunde bekräftas i graferna från Vellinge och Ängelholm.

Sparrisplantor som tillväxer under goda markförhållanden utvecklar snabbt ett stort rotsystem och desto större rotsystem desto större jordvolym finns tillgängligt för plantans försörjning av vatten och däri lösta näringsämnen.

På våren innan och under skörd när de unga skotten tillväxer får inte markfuktigheten vara för låg. Vatten behövs när cellerna ska expandera och för celledelning och till alla transporter i

växten exempelvis transport av socker till och från rötterna där sockret lagrats som stärkelse (Taiz, Zeiger, Møller och Murphy 2015).

Efter skörd är det viktigt att plymen når full utveckling för att säkerställa att kolhydratnivån i rötterna återställs. En större plym genererar mer assimilat vid fotosyntes, men för att få en fullt utvecklad plym krävs en tillräcklig markfuktighet. Om markfuktigheten är för låg innebär det en risk för att energi för att utveckla plymen fördelas till rötterna istället. Fördelningen till rötterna är en nödgård som plantan gör för att öka rotmassan i jakt på vatten.

Under högsommaren är generellt temperaturerna höga, nederbörd låg och omsättningen på vatten stor. Detta tillsammans med en stor biomassa gör högsommaren (juni-augusti) till den viktigaste perioden för bevattning och kontroll av markfuktigheten på flera djup i skånskt klimat. Plymen transpirerar stora mängder vatten för att kyla ner bladverket. Upptaget av vatten används även till viktiga biosynteser i växten, framförallt fotosyntesen. Tillräckliga mängder vatten från rötterna måste därmed transporteras till plymen för att kompensera åtgången.

Om vattenstress diagnostiseras är det i många fall redan för sent att sätta in bevattningsreglerande åtgärder då skadorna inte kan repareras. Ett instrument som mäter markfuktighet har fördelen att kunna indikera när markfuktigheten närmar sig kritiska nivåer så att bevattning kan sättas in i tid.

Vid undertrycksmätning innebär 0 kPa att markens vattenförråd är välfyllt. Övre gränsen 1500 kPa innebär att permanent vissningsgräns är nådd och marken är mycket uttorkad (Taiz et al. 2015). Sensefarms markfuktighetsmätare mäter upp till 200 kPa enligt Anders Hedberg, kontaktperson på Sensefarm. Detta bör vara fullt tillräcklig i grönsaksodling i skånska klimat då en kritisk gräns för undertryck i frilandsodling generellt uppkommer vid 70-80 kPa (UC IPM 2017; Netafim u.å.). Kritiskt värde är beroende på vilken typ av gröda, rotdjup och plantstadium.

Markfuktighetsmätning är som många andra prognoser inte 100 % säker och viss felmätning kan uppstå. Exempelvis kan givare, drivna och lokala avvikelser i marken kan förekomma. Markfuktighetsmätning kan därför kompletteras med spaddiagnostik. Genom spaddiagnostik kan markfuktighetens fördelning i jordprofilen utvärderas. Fiberrötter, humusstrukturer, jordlager och markdjur kan även identifieras vid spaddiagnostiken, vilket är indikationer på markens status. Att samtidigt inspektera plymens vigör är till fördel för att upptäcka symptom kopplat till vattenstress. Med en lokal klimatstation kan väderförändringar direkt kopplas till markfuktigheten. Viktiga kopplingar för ett bevattningsunderlag är i synnerhet hur nederbörds mängder och bevattningen påverkar markfuktigheten på olika djup och hur temperaturer, solstrålning och vindar påverkar transpirationen och därmed markfuktigheten.

Det är viktigt att mäta markfuktighet på olika djup i jordprofilen eftersom variationer finns. Variationen uppkommer av vädrets inverkan på övre marklagret, fördelning av kapillära porer längs jordprofilen samt rotmassans fördelning i jordprofilen. Uppmätta värden illustrerar då skillnaderna mellan djupen och hur fort markfuktigheten förändras vilket är av vikt vid effektivt bevattning.

Om markfuktighetsmätningar med givare likt Sensefarm ska utföras i en odling så föreslår jag att man placerar givare på djupen 20 cm och 50 cm. Första givare vid markytan/översta

rotlagret. Andra givaren placeras längre ner, där inverkan av vädret inte är lika stor. I rotzonen är vattenupptaget som störst i intervallet 15-60 cm (Netafim u.å.) Lokala förändringarna och avvikelser i markstrukturen kan förekomma i fält och som odlare föreslår jag att ta hänsyn till detta vid beslut om hur många mätare som ska placeras ut på fältet.

## Användandet av Sensefarms markfuktighetsmätare

Period som valt att analyseras begränsades från 5 veckor till 8 dagar (24 april-1 maj) eftersom mätvärden från Ängelholm var opålitliga. Givarna ersattes med nya och efter den 24 april är rätt värden uppmätta. Anledningen till att givarna visade fel har i efterhand konstaterats bero på att mätarna använts som demoexemplar i tidigare fältförsök och avlagringar kan ha uppstått i givarna. Nya mätare har en liten felmarginal på <10 % (ett värde på 10 kPa kan likväl vara 11 kPa), men efterhand som de åldras kan det bli större fel i mätsvaret. Enligt Sensefarms kontaktperson Anders Hedberg bör därför mätarna bytas ungefär vart tredje år. Givarna kan kontrolleras genom att använda ett instrument som via spänning mäter om mätaren ha drivit, vilket jag använde i mitt försök. Man kan även testa att under några sekunder doppa givaren i vatten, om mätaren visar noll vet man att den inte drivit.

Under mätperioden var inte bevattningen igång i Ängelholm. Mätvärden visar därför den naturliga variationen under mätperioden av markfuktigheten på olika markdjup. Mätningen konstaterade även skillnader beroende på placering av givarna i markdjupet och tendenser kunde ses att givarna sakta påverkades av vädrets förändring mot vår och sommar. I Vellinge fastställdes antaganden om en vattenhållande lerjord. Lerjorden bidrog till hög markfuktighet det vill säga låga undertrycksvärden och det tog även längre tid för givarna att reagera på markfuktighets förändringar än för givarna i Ängelholm.

Sensefarms system för markfuktighetsmätning anser jag vara ett mycket bra verktyg för bevattningsoptimering. Installering av mätare är enkelt så länge man bestämt vart givarna ska placeras. Graferna över inhämtad data är lätta att tyda och dra slutsatser från. Önskvärt för en säkrare analys av markfuktighetskurvorna hade det varit via en lokal klimatstation. En noggrann utvärdering av jordens textur och struktur samt jordens fältkapacitet hade också gett tydligare riktlinjer över jordens markfuktighetsstatus. Att fortsätta studien över sommaren när sparrisplymen växer upp hade skapat en bredare bild av vattenbehovet och slutsatser kring markfuktighetens förändringar under en längre period. Att kombinera bevattningsprognos med Sensefarms markfuktighetsmätare är ett alternativ som varit intressant att testa.

## Framtida utveckling av bevattningsunderlag i svenskodlad sparris

I studier på stärkelsepotatis utförda av Lyckeby Starch har kritisk gräns för undertryck vid knölsättning identifierats som 30-40 kPa, men senare på säsongen kan acceptabla nivåer uppgå till 60-70 kPa (Lyckeby Starch 2014). I en annan studie där tester gjorts för olika optimala undertryck i potatisodling för ökad skörd (Eklöf, Albertson och Råberg 2010) konstaterades att 10-30 kPa gav bäst avkastning. Behandlingen där undertrycket var 40-70 kPa gav också skördeökning jämfört med helt obevattnat, dock inte lika hög avkastning som undertrycket 10-30 kPa. Sparrisen skiljer sig en del fysiologiskt från potatis men studiens utformning och upplägg kan vara en inspiration till framtida undersökningar.

I rekommendationer för sparris utges 70-80 kPa vara en kritisk nivå för bevattning (UC IPM 2017; Netafim u.å.). Optimala nivåer för markfuktigheten i sparrisodlingar är inte framarbetat



för Sensefarms markfuktighetsystem. Alternativet jag föreslår är att man som odlare applicerar stärkelsepotatisens gränsvärden från projektet vid Lyckeby Starch för att framarbete ett bevattningsunderlag till sin sparrisodling.

Att kombinera markfuktighetsmätningen med hjälp av en bevattningsprognos kan också rekommenderas. Att få uppgifter från prognosen om på evaporation och transpiration och sen kompensera vattenförlusterna från rotzonen med bevattning kan vara en lösning. Markfuktighetsmätaren kan då garantera att bevattningen nått önskat rotdjup. Markfuktighetsmätaren kan också identifiera om torka uppstår underifrån.

Tillvägagångssättet för en odlare att framarbete ett bevattningsunderlag med Sensefarms system kan alternativt se ut på följande sätt. Första året iakttas hur markfuktigheten varierar över en säsong och hur evaporation och transpiration ser ut med hjälp av bevattningsprognos. Detta för att skapa förståelse för låga respektive höga markfuktighetsvärden och storleken på evapo-transpirationen under säsongen.

Det kan under säsongen även vara intressant att identifiera och dokumentera vattenstress och uppskatta mängden skadad biomassa på grund av vattenstress under säsongen. Dokumentering av vikt kan förslagsvis även vara om återväxt av skott uppkommer, mäta plymens höjd och bredd, skördens storlek och andelen icke försäljningsbara skott. Bilder kan vara till hjälp för dokumentation för att jämföra plantans utveckling under säsongen och skillnader mellan år.

Kommande år kan reglerande åtgärder göras för att upprätthålla markfuktigheten exempelvis mellan 30 och 40 kPa (om möjligt) under växtsäsongen. Eller om undertycket närmar sig 70-80 kPa genomvattnas jordprofilen för att sedan låta torka upp till 70 kPa innan vattning sker igen. Dokumentation från föregående år kan då jämföras med kommande år och slutsatser om bevattningens effekter kan dras.

Prioriteringen att placera givare i nyplanterade sparrisplanter kan vara en rekommendation. Fiberrötter och lagringsrötterna ligger mycket grundligt och får inte torka ut. Markfuktighetsmätning i nyplanterade sparrisodlingar är därför viktigast eftersom kontinuerlig tillförsel av vatten behövs för rötternas möjlighet till etablering. Att placera givare på flera djup är inte nödvändigt i nyplanteringar då rotsystemet är grunt. Däremot är det av vikt i äldre etablerade planteringar.

I etablerade fält med sparrisplanter som har ett välutvecklat rotsystem är givarplacering på två djup att rekommendera. Den ytliga givaren signalerar mätvärden som påverkas i synnerhet av väder, men är även en första varning på om undertrycket börjar närma sig kritiskt gräns (70-80 kPa). Detta i kombination med bevattningsprognosen (mängden transpirerat och evaporerat vatten) så kan det tas beslut om bevattning. Den undre givaren signalerar även om det sker någon kapillär upptransport av vatten eller om uttorkning sker på detta djup.

Var i fältet som givarna ska placeras har både praktiska och representativa skäl. Mätaren som givarna är kopplade till är ca 1 meter hög och får inte vara i vägen. Samtidigt som mätaren inte får placeras på en plats som inte är representativ för fältet exempelvis i en hörna där dräneringen är stor och vinden hård.

Hur ofta man bör titta på markfuktighetskurvorna för att dra slutsatser om markfuktighetens förändringar som sedan kan generera till införandet av bevattning är platsspecifikt. Utifrån

min studie och erfarenheter så är det i mars inte nödvändigt att betrakta grafernas mätdata varje dag, en gång i veckan kan vara tillräckligt. I april-maj kan det bli aktuellt att titta 1-2 gånger per vecka och allteftersom säsongen fortskrider kan intervallerna mellan kontrollerna bli tätare. Att specifikt titta på markfuktighetskurvorna och bevattningsprognosen vid väderomslag är också ett råd som föreslås för att skapa förståelse för markfuktighetens variation.

## Slutord

Användandet av bevattning och speciellt effektiv bevattning är inte så utbrett i svenska sparrisodlingar. En anledning till detta kan vara att många odlare har sparrisverksamheten som ett komplement till annan verksamhet. Att flertalet odlare förlitar sig på att sparrisen är en torktålig gröda är också problematiskt. För om målet är att öka plantkvalité och skördeavkastning i framtiden så måste man tänka om.

Generellt är drivkraften för bevattningsoptimering med hjälp av markfuktighetsmätare i svenska odlingslandskapet låg. Att vattnet i Sverige i många fall är en självklarhet och är relativt billigt kan vara en anledning. Ett annat alternativ kan vara att odlare inte litat på digitala hjälpmedel och har inte tid, ekonomi eller intresse för att lära sig mer om dem.

I förslag på framtida tillvägagångssätt för att fortsätta utreda markfuktighetens inverkan på sparriskulturer tror jag att studier och beslutsunderlag som gjorts för potatis kan vara en inspiration. Outnyttjad kunskap från sparrisodlare och rådgivare i exempelvis Tyskland är också källor att inhämta lärdom från.

Avslutningsvis hoppas jag att fler inser den stora potential svensk sparris har, både som produkt på svenska marknaden och i odlingslandskapet. Genom ett gemensamt engagemang och internationellt söka, sammanställa och förmedla kunskap, så kan vi nog i framtiden med stolthet skörda högkvalitativ svenskodlad grön sparris med avkastningsgrad som i andra delar av Europa.



# Källförteckning

- Björkholm, A-M., Ekelöf, J., Gunnarsson, A., Hansson, M., Hedlund, K., Mårtensson, A. (2014). *Verktyg för bevattningsoptimering- tillämpning och värdering hos slutanvändarna*(Rapport från tillväxt trädgård).  
[http://194.47.52.113/janlars/tillvaxttradgard.slu.se\\_itj/uploads/dokument/Bevattningsoptimering.pdf](http://194.47.52.113/janlars/tillvaxttradgard.slu.se_itj/uploads/dokument/Bevattningsoptimering.pdf) [2017-04-18]
- Brückner, B., Geyer, M., Zeigler, J. (2008). *Spargenanbau- Grundlagen für eine erfolgreiche produktion und Vermarktung*. Hoenheim: Eugen Ulmer KG.
- Cloughley, C.G., Jamieson, P.D., Sinton, S.M., Wilson, D.R. (2002). *A Model of Asparagus Growth Physiology*, New Zealand: A. Uragami.
- Dahlin, S., Eriksson, J., Simonsson, M. (2013). *Marklära*. 1:2. Uppl. Malmö: Holmbergs.
- Drost, D. (1997). Asparagus. I: Wien H.C. (Red.) *The Physiology of vegetable crops*. Wallingford: CAB international, ss. 621-649.
- Drost, D. (1999). *Soil water deficits reduce growth and yield of asparagus*. Utah: B. Benson Acta Horticulturae, (479), 383-390.
- Drost, D. (2013). *Asparagus nutrient management* [faktablad]. (Field Vegetables 13/14) Warwickshire: Horticultural Development Company.
- Drost, D., Wilcox-Lee, D. (1997). Soil water deficits and asparagus: I. *Shoot, root, and bud growth during two seasons*. Scientia Horticulturae, 70(2), 131-143.
- Drost, D., Wilson, D. (2010). *Monitoring root length density and root biomass in asparagus(Asparagus Officialis) with soil cores*. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 31(2) ss. 125-137. DOI:  
<http://dx.doi.org/10.1080/01140671.2003.9514245> [2017-04-10]
- Eklöf, J., Albertson, J., Råberg, T. (2010). *Utvärdering av markfuktsensorer och prognosmodeller för styrning av bevattning i potatis*. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet. (Lantbruk trädgård jordbruk, 2010:41)  
[http://pub.epsilon.slu.se/8201/1/ekelof\\_et\\_al\\_110621\\_2.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/8201/1/ekelof_et_al_110621_2.pdf) [2017-04-15]
- Europaparlamentets och rådets vattendirektiv 2000/60/EG 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder för vattenpolitiskt område (EUT L 327,22.12.2000, s 1-73)  
[http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2000.327.01.0001.01.SWE](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=uriserv:OJ.L_.2000.327.01.0001.01.SWE) [2016-05-16]
- GSD-Ortofoto 1, skala 1:30 000 © Lantmäteriet.
- GSD-Ortofoto 2, skala 1:30 000 © Lantmäteriet.
- Hann, M.J., Niziolowski, J.C., Rickson, R.J., Simmons, R.W. (2016). *Tine options for alleviating compaction in wheelings*. Soil and Tillage research, 161, ss.47-52 DOI:  
<http://doi.org/10.1016/j.still.2016.03.008> [2017-04-12]

- Heissner, A., Schmidt, S., Schonhof, I., Feller, C., & Schreiner, M. (2006). *Spear yield and quality of white asparagus as affected by soil temperature*. *European Journal of Agronomy*, 25, 336-344.
- Hexamier, F.M., (1914) *Asparagus its culture for home use and för market a practical treatise on the planting, cultivation, harvesting, marketing, and preserving of asparagus, with notes on its history and botany*. New York: Orange Judd Company.  
<http://www.gutenberg.org/files/31643/31643-h/31643-h.htm> [2017-04-04]
- Jensen, K. (2003). *Ekologisk odling av sparris*. Västra Götaland: Länsstyrelsen Västra Götaland.
- Jordbruksverket (2015). *Trädgårdsproduktion 2014*. (Statistiska meddelanden JO33SM1501).  
[http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Tradgard%20sodling/JO33/JO33SM1501/JO33SM1501\\_ikortadrag.htm](http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Tradgard%20sodling/JO33/JO33SM1501/JO33SM1501_ikortadrag.htm) [2017-04-18]
- LantMet (2017a). Väderdata från väderstation Ängelholm [1607] för aktuell period 24april – 1 maj
- LantMet (2017b). Väderdata från väderstation Vellinge- Växa [35000] för aktuell period 24april – 1 maj
- Linnér, H. (2003). *Bevattningsstrategier på friland*. Föredrag på miljömålsseminarium.  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:f3jmqHtBBVcJ:www.greppa.nu/download/18.1c0ae76117773233f7800017860/1370098896468/10\\_Bevattningsstrategier%2Bp%25C3%25A5%2Bfriland03\\_HL.doc+&cd=1&hl=sv&ct=clnk&gl=se&client=safari](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:f3jmqHtBBVcJ:www.greppa.nu/download/18.1c0ae76117773233f7800017860/1370098896468/10_Bevattningsstrategier%2Bp%25C3%25A5%2Bfriland03_HL.doc+&cd=1&hl=sv&ct=clnk&gl=se&client=safari)[2017-05-03]
- Limgroup. (2016). *Green Asparagus cultivation manual*.  
<https://www.limgroup.eu/en/asparagus/advise/manual-green-asparagus-cultivation> [2017-04-18]
- Lyckeby Starch (2014) *Växla upp*. Projekt 101215.  
[http://www.sensefarm.com/wp-content/uploads/2014/07/vattna\\_med\\_precision.pdf](http://www.sensefarm.com/wp-content/uploads/2014/07/vattna_med_precision.pdf) [2017-05-15]
- Netafim USA (u.å.). *Manual for Asparagus Production Using Sub-Surface Drip irrigation*.  
<http://www.netafimusa.com/wp-content/uploads/2016/08/Asparagus-Production-Manual.pdf> [2017-04-15]
- Ohlsson, A., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Axen-Mårtensson, J., Nylén, L., Persson, H., Sjökvist, E. (2015). *Framtidsklimat i Skånes län enligt RCP-scenarier* (Klimatologi nr 29). Norrköping: SMHI  
[https://data.smhi.se/met/scenariodata/rcp/lansanalyser/rapporter\\_kartor/12\\_Skane/Rapport/Framtidsklimat\\_i\\_Skåne\\_Län\\_Klimatologi\\_nr\\_29.pdf](https://data.smhi.se/met/scenariodata/rcp/lansanalyser/rapporter_kartor/12_Skane/Rapport/Framtidsklimat_i_Skåne_Län_Klimatologi_nr_29.pdf) [2017-04-26]
- Sandin, H. (red.) (2006). *Bevattning och näringsutnyttjande*. Jönköping: Jordbruksverket (Jordbruksinformation 5-2007).  
[http://www.greppa.nu/download/18.37e9ac46144f41921cd19f7a/1402315650134/Bevattning\\_och\\_vaxtnaringsutnyttjande.pdf](http://www.greppa.nu/download/18.37e9ac46144f41921cd19f7a/1402315650134/Bevattning_och_vaxtnaringsutnyttjande.pdf) [2017-04-19]

Schulze, J.(2016). *Fieldplanning and plantpreparation- Key to success*. Limgroup Asparagus days. Horst, Tyskland 28-29sep 2016.

Sensefarm graph (2017). <https://graph.sensefarm.com/graphs/> [2017-05-12]

Sensefarm (2014). *Optimera din odling* [broschyr].

[http://www.sensefarm.com/wp-content/uploads/2014/07/Sensefarm\\_folder.pdf](http://www.sensefarm.com/wp-content/uploads/2014/07/Sensefarm_folder.pdf)

[2017-03-27]

SMHI (2015a). *Markfuktighet 1961-1990* . I Ohlsson, A., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Axen-Mårtensson, J., Nylén, L., Persson, H., Sjökvist, E.(2015). *Framtidsklimat i Skånes län- enligt RCP-scenarier* (Klimatologi nr 29). Norrköping: SMHI, s.65.

[https://data.smhi.se/met/scenariodata/rcp/lansanalyser/rapporter\\_kartor/12\\_Skane/Rapport/Framtidsklimat\\_i\\_Skåne\\_Län\\_Klimatologi\\_nr\\_29.pdf](https://data.smhi.se/met/scenariodata/rcp/lansanalyser/rapporter_kartor/12_Skane/Rapport/Framtidsklimat_i_Skåne_Län_Klimatologi_nr_29.pdf)[2017-04-26]

SMHI (2015b). *Markfuktighet 1993-2013* . I Ohlsson, A., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Axen-Mårtensson, J., Nylén, L., Persson, H., Sjökvist, E.(2015). *Framtidsklimat i Skånes län- enligt RCP-scenarier* (Klimatologi nr 29). Norrköping: SMHI, s.65.

[https://data.smhi.se/met/scenariodata/rcp/lansanalyser/rapporter\\_kartor/12\\_Skane/Rapport/Framtidsklimat\\_i\\_Skåne\\_Län\\_Klimatologi\\_nr\\_29.pdf](https://data.smhi.se/met/scenariodata/rcp/lansanalyser/rapporter_kartor/12_Skane/Rapport/Framtidsklimat_i_Skåne_Län_Klimatologi_nr_29.pdf) [2017-04-26]

SGU navigationskartor,Geokartan (2017). <https://apps.sgu.se/geokartan/> [2017-04-26]

Sterrett, S.B., Ross, B.B., Savage, C.P. Jr. (1990). *Establishment and yield of asparagus as influenced by planting and irrigation method*. Journal of the American Society for Horticultural Science, (1), 29-33.

SMHI (2017). *Vegetationsperiod*.

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/vegetationsperiod-1.6270>[2017-04-26]

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I., och Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6.th ed.).

Thome, O.(2009). *Asparagus officinalis*. Tillgänglig:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Illustration\\_Asparagus\\_officinalis0b.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Illustration_Asparagus_officinalis0b.jpg) [2017-04-26]

UC IPM (2017) *Asparagus Irrigation*. Tillgänglig:

<http://ipm.ucanr.edu/PMG/r7900011.html#STAGES> [2017-05-31]

Wilson, D.R.,Siton S.M., Feazer-Kevern, H.A. (1996). *Irrigation responses of established Asparagus*. Acta Horticulturae, Apr(415), 333-341.

Windäll, E. (red.) (2010). *Kraftsamling Växtodling: Bevattning*. LRF Kraftsamling växtodling.

Ziegler, J., Dr. Weinheimer, S., Dr. Aldenhoff, L., Kreiselmaier, J., Milla, I., Wicke, M. (2014). *Modell- Vollkostenkalkulation in Freilandsgemüebau- GrünSpargel*. [internt material] Neustadt: DLR-Rheinpfalz.

**Icke publicerat material:**

Arne Persson, Ape Produkter Ängelholm. Kommersiell Sparrisodlare, intervju 15 mars 2017.

Mats Olsson, Lönslättsbär Vellinge. Kommersiell sparrisodlare, intervju 15 mars 2017.



# Bilaga 1

## Mätning av markfuktighet i sparrisfält i Ängelholm

Adress:

Arne Persson, APe produkter

Höja Byaväg 191

262 93 Ängelholm

GPS koordinater:

Latitud: 56.226459

Longitud: 12,933261



Figur 1. Översiktsbild sparrisfältet i Ängelholm (GSD-Ortofoto 1, skala 1:30 000 © Lantmäteriet).

Visuella markiakttagelser:

Avlångt fält inringat av andra fält och närhet till vatten, se figur 1. Kraftig jord med ett tydligt matjordslager överst och ca 30 cm ner i jordprofilen ett tydligt rostfärgat skikt.

Jordart:

Svämsediment, sand (SGU navigationskartor, Geokartan 2017).

Bevattning:

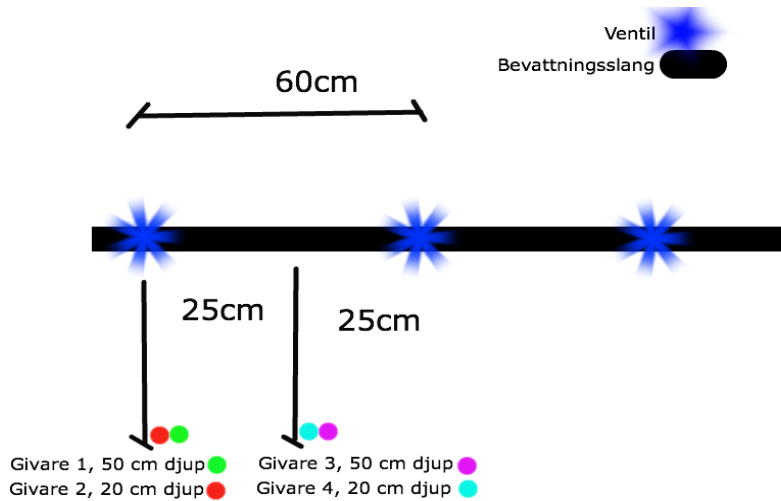
Tvååriga plantor planterade 2016 med en grov bevattningsslang placerade direkt under plantan på ca 25 cm djup, ventiler fördelade med 60cm avstånd över hela slangen doserar ut vatten. Beroende på plantavstånd hamnar ventiler både under plantan eller mellan två plantor. Bevattning styrs med tensiometer, när ett minimum kPa värde nås sätts bevattning igång.

Givarplacering:

Givarens placering ses i figur 1 som en blå punkt, hur mätaren ser ut ses i figur 3. Vart givaren är placerad beskrivs nedan och kan ses i figur 2.

Givare 1: 50 cm ner, mellan två ventiler, ca 25 cm från planta.

*Givare 2:* 30 cm ner, mellan två ventiler, ca 25 cm från planta.  
*Givare 3:* 50 cm ner, vid en ventil, 25 cm avstånd från planta.  
*Givare 4:* 30 cm ner, vid en ventil, 25 cm avstånd från planta.  
Termometer 1 placerades vid en plantas krona termometer 2 fritt hängande i luften.  
Termometer 1 och 2 är ej inritade i figur 2.



*Figur 2. Placering av markfuktighets givare och förhållande till bevattningsslang och ventiler.*



*Figur 3. Utseende Sensfarms markfuktighetsmätare.*

# Bilaga 2

## Mätning av markfuktighet i sparrisfält i Vellinge

Adress:

Mats Olsson

Arrievägen 175-25

235 94 Vellinge

GPS koordinater:

Latitud: 55,503751

Longitud: 13,051565



Figur 1. Översiktsbild sparrisfältet i Vellinge (GSD-Ortofoto 2, skala 1:30 000 © Lantmäteriet).

Visuella markiakttagelser:

Mörk i färgen, kraftig, tung och lerig. Stenar kunde noteras men endast i översta jordlagret.

Jordart:

Morängrovlora, isälvsediment/sand och sedan postglacial finlera (SGU navigationskartor, Geokartan 2017).

Bevattnings:

Rampbevattnings efter skörd om det behövs.

Givarplacering:

Givarens placering ses i figur 1 som en blå punkt, hur mätaren ser ut ses i figur 3. Vart givaren är placerad beskrivs nedan och kan ses i figur 2.

*Givare 1:* 50cm ner, ca 25 cm från plantan

*Givare 2:* 20cm ner, ca 25 cm från plantan.

Temperaturmätare placerades vid krona för att mäta marktemperatur vid krona.

Temperaturmätare är ej inritad i figur 2.



*Figur 2. Placering av markfuktighets givare och förhållande till plantan.*



*Figur 3. Utseende Sensfarms markfuktighetsmätare.*

