

Identifiering av riskområden för extremer av markfuktighet med Soil Topografic Index

- Jordbruksmarken i Helsingborgs kommun i
nutida och framtida perspektiv

Linnéa Larsson

2018

Institutionen för

Naturgeografi och Ekosystemvetenskap

Lunds Universitet

Sölvegatan 12



Linnéa Larsson (2018). Identifiering av riskområden för extremer av markfuktighet med Soil Topografic Index- Jordbruksmarken i Helsingborgs kommun i nutida och framtida perspektiv
Master thesis nr 445, 30 hp i Geomatik
Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemvetenskap, Lunds Universitet

Nivå: Master of Science

Kursperiod: Augusti 2017 till januari 2018

Ansvarsfriskrivning

Detta dokument beskriver det arbete som utförts inom ett studieprogram vid Lunds Universitet. Alla synpunkter och åsikter som uttrycks i denna är den ansvarige författarens, och inte nödvändigtvis institutionens.

Identifiering av riskområden för extremer av markfuktighet med Soil Topografic Index

- Jordbruksmarken i Helsingborgs kommun i nutida och framtida perspektiv

Linnéa Larsson

Masterexamenarbete, 30 högskolepoäng, i *Geomatik*

Andreas Persson

Institutionen för naturgeografi och ekosystemvetenskap

Examinatorer:

Anna Maria Jönsson

Lars Harrie

Förord

Denna uppsats är framtagen tillsammans med Helsingborgs stad. De hade en önskan om ökad kunskap om jordbruket och om hur klimatförändringarna påverkar det. Projektet fokuserade på markfuktighet i jordbruksmarken, eftersom den har stor påverkan på de grödor som odlas samt jordbruksmaskinernas möjliga framfart. Organisationen Miljöbron var med i projektet som en länk mellan student och kommun. Jag vill ge ett stort tack till Widar Narvelo på Helsingborgs stad och Madeleine Brask på Miljöbron som möjliggjorde detta projekt och har varit mycket hjälpsamma. Ett stort tack vill jag även ge till min handledare Andreas Persson, för all värdefull hjälp. Till sist vill jag ge ett ytterst stort tack till alla ni som ställde upp på intervjuer och bidrog med mycket värdefull kunskap om jordbruket och markfuktigheten i kommunen.

Abstract

STI (Soil Topographic Index) is a hydrological index that is used for describing the soil moisture in a landscape. Since the index is based on relatively unchanging factors such as topography, soil texture and soil depth, it produces a general soil moisture pattern for the landscape. In this study, the index was applied to agricultural land in Helsingborg municipality to gain knowledge of where soil moisture tends to be very low or high. These can become risk areas for extreme soil moisture during extreme weather events. Due to climate change, which is expected to result in more extreme weather, there is an even greater need of understanding which areas that can be exposed to extreme soil moisture. Knowledge of where risk areas for extreme soil moisture are located offers the possibility for targeted climate adaptations.

With the use of GIS, STI was calculated for Helsingborg municipality and a map with the soil moisture pattern was produced. Interviews conducted with people connected to agriculture in the municipality gave information about soil moisture and current risk areas for extreme soil moisture. These risk areas were mapped. The mean STI values for the mapped risk areas for low soil moisture were compared with the mean STI values for mapped risk areas for high soil moisture. A Mann Whitney U test confirmed that the STI values for low-soil moisture risk areas were significantly lower than the STI values for high-soil moisture risk areas, which indicated that the map produced for STI reflected soil moisture patterns and identified risk areas for extreme soil moisture reasonably well.

By adding a hot spot analysis to the STI it's possible to more clearly see soil moisture patterns and to divide agricultural areas into different classes based on soil moisture. The mapped risk areas were used to evaluate the classification. A comparison between the classes and the mapped risk areas using a confusion matrix showed a total accuracy of 78%. The relatively successful results of the evaluations indicated that they could be an aid to understanding soil moisture and identifying risk areas for extreme soil moisture.

Keywords: STI (Soil Topographic Index), soil moisture, extreme soil moisture, risk areas, agriculture, climate change, climate adoption, Helsingborg municipality

Sammanfattning

STI (Soil Topographic Index) är ett hydrologiskt index som beskriver markfuktigheten i ett landskap. Då indexet är baserat på de relativt konstanta faktorerna topografi, jordens textur och jorddjup beskriver det ett generellt markfuktighetsmönster. Indexet applicerades på jordbruksmark i Helsingborgs kommun för att få kunskap om vilka områden markfuktigheten tenderar att vara låg eller hög. Vid extrema väderhändelser kan markfuktigheten i dessa områden bli extrem, i form av antingen väldigt låg eller hög. Att ha kunskap om vilka områden som kan utsättas för en extrem markfuktighet antas bli ännu viktigare i samband med klimatförändringarna. Detta då klimatförändringarna kommer att leda till mer extremt väder. Genom att ha kunskap om riskområden för en extrem markfuktighet finns möjlighet till riktade klimatanpassningar.

Med hjälp av GIS kunde STI appliceras på det valda studieområdet och en karta över områdets markfuktighetsmönster kunde produceras. I intervjuer med personer med koppling till jordbruksområdet samlades information in om markfuktighet samt befintliga riskområden för extrem markfuktighet karterades. STI-värdena för de karterade riskområdena för låg markfuktighet jämfördes med STI-värdena för karterade riskområden för hög markfuktighet. Ett Mann Whitney U test bekräftade att STI-värdena för riskområdena med låg markfuktighet var signifikant lägre än STI-värdena för riskområden med hög markfuktighet, vilket indikerar att den producerade kartan med STI relativt väl speglar markfuktighetsmönster och identifierar riskområden för en extrem markfuktighet.

Genom att applicera en hot spot analys över modelleringen med STI kan man tydligare se markfuktighetsmönstret samt dela in jordbruksområdena i olika klasser baserat på markfuktigheten. De karterade riskområdena användes för att kunna utvärdera klassificeringen. En jämförelse mellan klasserna och de karterade riskområdena med hjälp av en förväxlingsmatris påvisade en total noggrannhet på 78 %. Utvärderingarnas relativt goda resultat indikerar att STI skulle kunna vara ett hjälpmedel för att förstå markfuktigheten och identifiera riskområden för extrem markfuktighet.

Nyckelord: STI (Soil Topographic Index), markfuktighet, extrem markfuktighet, riskområden, jordbruk, klimatförändring, klimatanpassning, Helsingborgs stad

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte	3
1.2	Frågeställning	3
2	Bakgrund	4
2.1	Markfuktighet	4
2.1.1	Parametrar som påverkar markfuktigheten	4
2.1.2	Markfuktighetsindex	5
2.2	Klimatförändringar och markfuktighet	8
2.2.1	Klimatförändringarna	8
2.2.2	Ett förändrat nederbördsmönster	9
2.2.3	Förändring av temperaturen	9
2.2.4	Förändring av vegetationsperioden	10
2.2.5	Förändring av markfuktigheten	10
2.2.6	Klimatförändringar och jordbruket	11
2.2.7	Klimatanpassning inom jordbruket	11
3	Metod	13
3.1	Intervjuer om markfuktighet	13
3.2	STI för kartläggning av markfuktighet och riskområden	14
3.3	Utvärdering av STI för kartläggning	17
3.3.1	Utvärdering genom kartering av riskområden	17
3.3.2	Utvärdering genom TDR-mätningar av markfuktigheten	20
4	Resultat	21
4.1	Intervjuer om markfuktighet	21
4.2	STI för kartläggning av markfuktighet och riskområden	26
4.2.1	Karta baserad på STI	26
4.2.2	Karta baserad på STI samt hot/cold spot analys	28
4.2.3	Exempel - Karta baserad på STI	30
4.2.4	Exempel - Karta baserad på STI och hot/cold spot analys	31
4.3	Utvärdering av STI	32

4.3.1	Genom kartering av riskområden.....	32
4.3.2	Genom TDR-mätningar av markfuktigheten	33
5	Diskussion.....	34
5.1	Markfuktighet och risker för en extrem markfuktighet.....	34
5.1.1	Risker för en extrem markfuktighet idag	34
5.1.2	Risker för en extrem markfuktighet i framtiden	35
5.2	Identifiering av riskområden med hjälp av STI	35
5.3	Utvärdering av STI.....	37
5.3.1	Val av utvärdering.....	37
5.3.2	Karta baserad på STI.....	38
5.3.3	Karta baserad på STI och hot/cold spot analys.....	39
5.3.4	Jämförelse mellan de två kartorna	40
5.4	Vidare studier	40
6	Slutsatser	41
	Referenser	42
	Appendix.....	46
	Appendix 1 – intervjufrågorna.....	46

1 Inledning

Markfuktigheten kan kortfattat beskrivas som det vatten som befinner sig i översta jordlagret (Romano, 2014). Den har en betydelsefull roll i många av de system och processer som finns här på jorden, till exempel i hydrologiska och biologiska processer (Legates et al, 2011). När det gäller de biologiska processerna är markfuktigheten betydelsefull eftersom det är det vatten som finns i växternas rootzon och är i huvudsak det vatten som växterna använder sig av (Legates et al, 2011). Detta innebär att markfuktigheten får en omfattande påverkan på de landbaserade ekosystemen och växterna där (Legates et al, 2011).

Då markfuktigheten har påverkan på de landbaserade ekosystemen så har den där med också påverkan på jordbruket och dess grödor. En lämplig markfuktighet kan optimera tillväxten av grödorna (Qiu et al, 2017). En olämplig markfuktighet, en för hög eller en för låg sådan, kan däremot försämra tillväxten eller skada grödan (Enghag et al, ND; Farooq et al, 2009).

Hur markfuktigheten är i ett område beror förstås på faktorer som klimat och väder, men även andra faktorer så som jordens egenskaper, områdets topografi och den underliggande grundvattennivån (Qiu et al, 2013; Zipper et al, 2015). Eftersom klimat och väder har en stor inverkan på markfuktigheten kan klimatförändringen komma att påverka den. Detta då klimatförändringarna leder till förändringar i temperaturer och nederbörd, vilket i sin tur leder till förändringar i markfuktighet.

Enligt IPCCs scenario RCP8,5 kommer klimatförändringarna under det pågående århundradet i Skåne bland annat resultera i högre temperaturer och en ökad nederbörd (Ohlsson et al, 2015). Dessa förändringar i klimatet förväntas förändra markfuktigheten så att den, jämfört med i nuläget, blir lägre under sommarhalvåret och högre under vinterhalvåret (Hall et al, 2015). Detta resulterar även i att extrema värden på markfuktighet förväntas bli vanligare i Skåne. Både extremt låg markfuktighet i form av till exempel torra samt extremt hög markfuktighet i form av till exempel översvämningar förväntas bli vanligare under de närmaste decennierna (Hall et al, 2015).

För att minimera risken för någon form av extrem markfuktighet, antingen låg eller hög, kan olika typer av klimatanpassning göras till det rådande klimatet och till de klimatförändringar som förväntas ske. Vanliga klimatanpassningsåtgärder görs exempelvis genom öka dräneringen eller bevattningen i jordbruksmarken. För att veta var lämplig klimatanpassning bör göras är det viktigt att veta var risken för någon form av extrem markfuktighet finns. Idag finns det därför ett behov att undersöka vilka geografiska områden inom jordbruket som riskerar att få en extrem markfuktighet till följd av klimatförändringarna (Svensson et al, 2007). Genom att ha kunskap om detta kan lämpliga klimatanpassningar göras och de negativa konsekvenserna av klimatförändringarna minska (Svensson et al, 2007).

Det finns flera olika metoder för att identifiera plaster med benägenhet att drabbas av låg eller hög markfuktighet. Olika hydrologiska index kan användas för att ta fram information om landskapets generella markfuktighetsmönster och därmed identifiera områden där markfuktigheten tenderar att bli extrem. Ett av de vanligaste hydrologiska indexen för att beskriva vattens generella flöde och ansamling i landskapet är TWI (topographic wetness index) (Buchanan et al, 2014). Detta index finns olika varianter och en av dessa varianter är STI (Soil Topographic Index). Hur god korrelationen är mellan STI och det verkliga markfuktighetsmönstret kan skilja sig och beror på hur parametrarna i indexet beräknas, vilken data till parametrarna som har används och på vilket område den appliceras (Buchanan et al, 2014). I flera studier har STI dock visat sig ha en god korrelation med markfuktighetens huvudsakliga mönster i landskapet (Oiu et al, 2017). Grunden till STI utgörs av TI (Topographic Index), vilket är ett index som använder sig av topografin för att beskriva markfuktigheten i ett landskap (Sörensen et al, 2006). Därmed baseras STI i huvudsak på parametrar kopplade till topografin. Förutom att STI använder sig av topografi tar det även hänsyn till jordens egenskaper i form av jordens mättade hydrauliska konduktivitet samt jorddjupet (Buchanan et al, 2014).

Genom att modellera STI med hjälp av GIS kan en karta över de generella markfuktighetsmönstren tas fram. I kartan finns det möjlighet att identifiera riskområden för antingen en låg eller hög markfuktighet.

För att ännu tydligare kunna urskilja de markfuktighetsmönster som finns i ett landskap kan någon form av klassificering och generalisering av resultatet med STI göras. Ett beprövat sätt är då att använda sig av Getis-Ord G_i^* hot spot analys (Ghimire et al, 2010). Detta är en form av analys som kan användas som ett sorts filter för att tydligare kunna se vilka områden som är heterogena i ett landskap (Ghimire et al, 2010). På så sätt kan det bli tydligare att se vilka områden som tenderar att ha låg markfuktighet respektive hög markfuktighet.

Att ha geografisk information över platser där markfuktigheten i jordbruksområden riskerar att bli extrem kan vara användbart för att sätta in lämpliga klimatanpassningsåtgärder. Berörda aktörer, så som lantbrukare och olika aktörer inom samhällsplanering t.ex. kommuner, kan då göra insatser som minskar risken för negativa konsekvenser inom jordbruket av ett förändrat klimat.

En av dessa aktörer som har ett stort intresse för klimatanpassningar och som vill öka sin förståelse för klimatförändringarnas påverkan på markfuktigheten och jordbruket är Helsingborgs kommun. Jordbruket är viktigt för kommunen och det utgör ungefär en tredjedel av kommunens yta (SCB, 2017). Studieplatsen och den geografiska avgränsningen för projektet har därför valts till Helsingborgs kommun.

Projektet gjordes tillsammans med Helsingborgs stad, vilka bidrog med kunskap om jordbrukets förutsättningar i kommunen samt geografisk höjddata. Projektet förmedlades via organisationen Miljöbron. Organisationen Miljöbron fungerar som en länk mellan näringsliv och universitet/högskola och stödjer samarbetet.

1.1 Syfte

Rapportens övergripande syfte är att undersöka risken för en extrem, antingen låg eller hög, markfuktighet i jordbruksmark i Helsingborgs kommun. Dels undersöks hur risken för extrem markfuktighet är idag och dels undersöks hur den kan bli till följd av de förväntade framtida klimatförändringarna. Detta görs eftersom det finns idag i Sverige ett behov av att förstå samt planera för klimatförändringarnas påverkan på markfuktigheten i jordbruksmarken (Svensson et al, 2007). Vidare är syftet med detta projekt är att identifiera riskområden för extrem markfuktighet i jordbruksmark med STI. Rapporten avser också att utvärdera hur väl STI fungerar för att identifiera dessa riskområden. Det finns idag ett behov av mer kunskap om markfuktigheten och att bättre kunna modellera den (Qiu et al, 2013). Att ha bättre modeller över markfuktigheten skulle kunna öka möjligheterna att anpassa jordbruket och på så sätt förbättra det (Legates et al, 2011).

1.2 Frågeställning

De huvudsakliga frågeställningarna som rapporten besvarar är följande;

- Hur ser riskerna ut för en extrem markfuktighet i jordbruksmark inom Helsingborgs kommun idag?
- Hur kommer riskerna för en extrem markfuktighet i jordbruksmark inom Helsingborgs kommun förändras med ett förändrat klimat?
- Vilka områden inom Helsingborgs kommun kan med hjälp av STI identifieras som riskområden för en extremt hög respektive extremt låg markfuktighet?
- Hur bra fungerar STI för att identifiera riskområden för extrem markfuktighet?

2 Bakgrund

2.1 Markfuktighet

Som nämnt tidigare kan markfuktighet beskrivas som mängden vatten i det övre lagret jord. Betydelsen och definitionen av markfuktighet kan dock skilja sig något mellan olika forskningsområden och olika forskare (Romano, 2014). Till exempel kan markfuktighet definieras som antingen som massan av vatten i förhållande till massan av torkad jord eller som volymen av vatten per enhet total volym jord (Romano, 2014).

Idag bedrivs mycket forskning om markfuktighet då det finns ett behov av att öka kunskapen om den (Romano, 2014). Bland annat bedrivs det forskning med fokus på vad som påverkar markfuktigheten. Det finns ett intresse av att bättre förstå de bakomliggande faktorerna som påverkar markfuktigheten (Wang et al, 2017). Genom god kunskap om de påverkande faktorerna kan lämpliga markfuktighetsindex och modeller tas fram.

2.1.1 Parametrar som påverkar markfuktigheten

En hel del forskning om vilka parametrar som påverkar markfuktigheten i ett landskap har gjorts. Trots att mycket forskning har bedrivits inom området finns det fortfarande en del oenigheter och ett behov av att ännu bättre förstå hur samt vilka parametrar som påverkar markfuktigheten (Wang et al, 2017). Dock har en hel del slutsatser kunnat dras och nedan beskrivs de parametrar som har identifierats som påverkan på markfuktigheten.

En av de parametrar som flera forskningsstudier funnit är av stor betydelse för markfuktigheten är jordens egenskaper. En studie i USA jämförde data över markfuktighet med data över klimat, jordens textur, topografi och vegetation. I studien och för studieområdet identifierade jordens textur som den viktigaste parametern för att bestämma markfuktigheten (Wang et al, 2017). En negativ korrelation mellan proportionen av sand och markfuktighet hittades samt en positiv korrelation mellan markfuktighet och proportionen av silt samt lera (Wang et al, 2017). Jordens textur har också visat sig betydelsefull för hur mycket vatten det finns i marken och om grödorna utsätts för stress på grund av vattenbrist eller inte (Orfanus och Eitzinger, 2010)

En annan parameter som också har visat sig vara av mycket stor betydelse för markfuktigheten, utöver jordens egenskaper, är områdets topografi (Qiu et al, 2013). Topografi består av tre delar. Dessa tre är den relativa höjden, lutningen och aspekten (Hawley et al, 1982). Markfuktigheten tenderar att vara högre långt ner på en sluttning och lägre högre upp på sluttningen (Hawley et al, 1982). I ett område med väldigt lite sluttning tenderar den relativa höjden visat sig kunna påverka markfuktigheten mer än sluttningen (Hawley et al, 1982). Topografi har visat sig kunna vara av speciellt stor betydelse på en mindre geografisk skala, t.ex. inom en drängingsbassäng i ett jordbruksområde (Hawley et al, 1982).

Jordens egenskaper och landskapets topografi har visat sig vara två mycket betydelsefulla faktorer som påverkar markfuktigheten (Qiu et al, 2013), men det finns även andra parametrar som kan vara med och påverka mängden vatten i en åker. Bland annat grundvattennivån har visat sig kunna ha en påverkan (Zipper et al, 2015). Det finns även parametrar som har stor variation i tid och som påverkar markfuktigheten, till exempel väder och gröda på åkern (Hébrard et al, 2006). På en lokal nivå kan väder och grödorna som odlas ha en relativt stor påverkan på markfuktigheten. Dessa två parametrar, är till skillnad från jordens egenskaper och landskapets topografi, under konstant förändring och kan vara mycket svåra att förutspå. Studier har dock visat att topografi och jordens egenskaper kan ha en större betydelse för markfuktigheten än vad vädret har (Qiu et al, 2013; Wang et al, 2017). Topografi har även visat sig kunna vara mer betydelsefull för markfuktigheten än vad grödorna är (Hawley et al, 1982).

2.1.2 Markfuktighetsindex

Baserat på kunskap om hur och vilka parametrar som påverkar markfuktigheten har flera olika index och modeller för att kunna uppskatta markfuktighetsmönster i ett landskap skapats. Indexet STI är baserad på en relativt enkel modell, men har trots det visat sig ha en god korrelation med den verkliga markfuktigheten. Mätningar gjorda i jordbruksområden i delstaten New York visade där att STI har en hög korrelation mellan modell och uppmätt markfuktighet (Buchanan et al, 2014). Korrelationen mellan STI och markfuktigheten har inte undersökt här i Sverige, men även på andra platser i USA har god korrelation mellan STI och markfuktighet uppmäts (Qui et al, 2017). STI är en variant av det mycket välkända markfuktighetsindexet TWI (Buchanan et al, 2014). Grunden till STI utgörs av TI (Topografic Index). Både STI och TI är två olika varianter av TWI. TI har, liksom STI, visat ha en korrelation med markfuktighetsmönstret i ett landskap (Sörensen et al, 2006). Undersökningar har dock visat att STI har högre korrelation med markfuktigheten än TI (Buchanan et al, 2014). De två indexen fungerar på likande sätt. De har en positiv korrelation med markfuktigheten, vilken innebär att när värdet på indexet blir högre så tenderar också markfuktigheten att vara högre (Oiu et al, 2017). Nedan förklaras samtliga indexen mer ingående.

2.1.2.1 TWI

TWI står för Topographic Wettness Index och indexet beskriver vattnets flöde och ansamling i ett landskap. Det användas för att uppskatta den relativa markfuktigheten i ett landskap (Buchanan et al, 2014). TWI finns i många varianter, varav de två vanligaste varianterna är TI och STI (Oiu et al, 2017). Även dessa två index finns i flera olika varianter. Den huvudsakliga skillnaden mellan de två indexen är att TI enbart baseras på topografi, medan STI också inkluderar jordens egenskaper (Oiu et al, 2017).

2.1.2.2 TI

TI står för Topographic Index (Oiu et al, 2017). TI togs först fram av Beven och Kirkby som en del i deras index TOPMODEL (Beven och Kirkby, 1979). Ekvationen för TI kan skrivas på följande sätt (Beven och Kirkby, 1979);

$$TI = \ln\left(\frac{\alpha}{\tan(\beta)}\right)$$

Ekvation 1

I den ovanstående ekvationen är α det ansamlade flödet från det bidragande området ovanför per längdenhet (Beven och Kirkby, 1979). Ett annat sätt att beräkna α är som avrinningsområdet till punkten i fråga (Qin et al, 2009). Den lokala lutningen skrivs som β (Buchanan et al, 2014).

2.1.2.3 STI

STI står för Soil Topographic Index (Oiu et al, 2017). STI innehåller samma parametrar som TI, men inkluderar även parametrarna jorddjup samt jordens mättade hydrauliska konduktivitet (Oiu et al, 2017). Det ursprungliga STI togs också fram av Beven, men finns även i andra varianter som har modifierats något (Buchanan et al, 2014). Indexet nedanför har modifierats något från ursprunget, men är ett vanligt sätt att beräkna STI (Buchanan et al, 2014).

$$STI = \ln\left(\frac{\alpha}{T \times \tan(\beta)}\right)$$

Ekvation 2

Betydelsen av α och β är den samma som i ekvationen för TI (Buchanan et al, 2014). T i ekvationen står för transmissivitet, vilken är en produkt som beräknas av jordens djup samt jordens mättade hydrauliska konduktivitet (Buchanan et al, 2014). Ekvationen för STI kan även skrivas på följande sätt (Oiu et al, 2017);

$$STI = \ln\left(\frac{\alpha}{\tan(\beta)K_s D}\right)$$

Ekvation 3

Innebörden av den ovanstående ekvationen är den samma som i ekvation nummer 2. α är det ansamlade flödet från det bidragande området ovanför (Qin et al, 2009). β är den lokala lutningen (Sörensen et al, 2006). K_s används för att beräkna transmissiviteten och är jordens mättade hydrauliska konduktivitet uttryckt i meter per dag. D används för att beräkna transmissiviteten och är jorddjupet uttryckt i meter (Oiu et al, 2017). Transmissiviteten mäts i meter per dag (Buchanan et al, 2014).

För att beräkna STI kan bland annat geografisk data i form av rasterdata användas. Beräkningen av de olika parametrarna i STI kan skilja sig något. En av de parametrar som kan beräknas på många olika sätt är α (Sörensen et al, 2006). Detta genom att det bland annat finns flera olika flödesalgoritmer som beskriver tillrinningen till de olika rastercellerna (Sörensen et al, 2006).

2.1.2.4 Flödesalgoritm och α

För att beräkna hur mycket vatten som rinner från det bidragande området ovanför och ansamlas till en rastercell, vilket kan användas för att beräkna eller motsvara α , kan flera olika algoritmer användas (Sörensen et al, 2006). De olika algoritmerna kan generellt delas in i två kategorier, algoritmer som har en enda flödesriktning och algoritmer med flera flödesriktningar. I de algoritmer som har en enda flödesriktning antas flödes bara gå från en cell till en annan (Sörensen et al, 2006). För de algoritmerna med flera flödesriktningar kan flödet gå från en cell och sedan delas på flera rasterceller (Buchanan et al, 2014). Kortfattat fungerar det så att från varje rastercell så rinner flödet till alla de celler som är grannar med cellen i fråga och samtidigt befinner sig nedanför cellen i fråga (Pilesjö och Hasan, 2014).

Ett exempel på en flödesalgoritm som enbart har en flödesriktning är D8. Detta är troligtvis den mest använda flödesalgoritmen (Buchanan et al, 2014). Det dock finns flera flödesalgoritmer som kan hantera flera flödesriktningar. Ett exempel på en av de algoritmerna är TFM (Pilesjö och Hasan, 2014). Att använda sig av en algoritm som kan hantera flera flödesriktningar har visat sig kunna bättre avspegla verkligheten än de algoritmer som bara använder sig av en enda flödesriktning (Freeman, 1991). I jämförelse med flera av de vanligaste flödesalgoritmerna har TFM visat sig ha många fördelar (Pilesjö och Hasan, 2014). Den anses bland annat vara mindre komplicerad och mer intuitiv än många av de andra flödesalgoritmerna.

2.1.2.5 Jordtextur och K_s

Jordens mättade hydrauliska konduktivitet påverkas av jordens textur och korrelerar med jordarten. Därför har flera olika studier gjorts för att försöka få fram varje jordarts genomsnittliga mättade hydrauliska konduktivitet. En av dessa studier är gjorda av Clapp och Hornberg. I deras studie undersöks olika egenskaper hos 1446 jordprover hämtade från 34 olika platser i USA (Clapp och Hornberg, 1978). Resultatet av deras studie med hänsyn till jordarnas genomsnittliga mättade hydrauliska konduktivitet kan ses i tabellen nedanför (se tabell 1). I studien användes samma texturklasser som används av FAO/USDA.

Tabell 1 Jordars mättade hydrauliska konduktivitet. Denna tabell visar de olika texturklasserna för jord och deras genomsnittliga mättade hydrauliska konduktivitet. De olika jordklasserna är de som används av FAO och USDA. Den mättade hydrauliska konduktiviteten i cm/min är hämtade från Clapp och Hornberg (1978). Den mättade hydrauliska konduktiviteten i $\mu\text{m}/\text{sec}$ är omräknade värden från Clapp och Hornberg (1978).

Jordens texturklass	Mättad hydraulisk konduktivitet (cm/min)	Mättad hydraulisk konduktivitet ($\mu\text{m}/\text{sec}$)
Sand	1.056	176
Loamy sand	0.938	156.33
Sandy loam	0.208	34.67
Silt loam	0.0432	7.20
Loam	0.0417	6.95
Sandy clay loam	0.0378	6.30
Silty clay loam	0.0102	1.70
Clay loam	0.0147	2.45
Sandy clay	0.013	2.17
Silty clay	0.0062	1.03
Clay	0.0077	1.28

2.2 Klimatförändringar och markfuktighet

En litteraturstudie gjordes för att sammanfatta hur klimatförändringarna förväntas bli i det valda studieområdet och hur det kan komma att påverka markfuktigheten i jordbruksmarken där. Fokus i denna rapport ligger på de klimatförändringar som förväntas hända enligt IPCCs utsläppsscenario RCP8.5 under perioden från nu och fram till år 2100. Detta då utsläppen i nuläget förväntas följa det scenariot (Hall et al, 2015). Den relativa perioden som jämförs är medelvärde från år 1961-1990.

2.2.1 Klimatförändringarna

De antropogena utsläppen av växthusgaser, så som t.ex. koldioxid och metan, bidrar till att jorden får en förhöjd medeltemperatur och en förändring i klimatet (IPCC, 2014). Redan nu har påverkan av klimatförändringarna kunna noterats (IPCC, 2014).

Utsläppen av växthusgaser förväntas att fortsätta, vilket då kommer leda till fler och mer omfattande klimatförändringar (IPCC, 2014). Hur omfattande utsläppen av växthusgaser kommer vara beror på flera faktorer så som socioekonomisk utveckling och de beslut som fattas på politisk nivå (IPCC, 2014). Omfattningen av dagens utsläpp av växthusgaser kommer att vara med och påverka hur omfattande uppvärmningen blir.

Hur klimatförändringar kommer bli skiljer sig mycket från plats till plats. För att bättre förstå hur olika plaster kan komma att påverkas av klimatförändringarna har mer regionala klimatanalyser, i grunden baserade på tidigare globala klimatanalyser, gjorts. Bland annat har RCP8.5 scenariot skalats ner och anpassats till Skåne län för att bättre förstå de klimatförändringar som kommer att

ske här. Slutsatser om hur enskilda delar eller kommuner i Skåne kommer att påverkas har också dragits, men dessa analyser bör användas med större försiktighet än de som är något mer generella (Hall et al, 2015).

2.2.2 Ett förändrat nederbördsmönster

Klimatförändringarna kan på många platser komma att ändra de nuvarande nederbördsmönstren. Att dra slutsatser om framtidens nederbörd är svårt, men sett ur ett globalt perspektiv, kommer antalet extrema nederbördshändelser med stor sannolikhet att bli mer frekventa och intensiva (IPCC 2014). Enligt utsläppsscenario RCP8.5 är det troligt att plaster på höga latituder, så som Sverige, kommer att få en ökad medelårsnederbörd (IPCC 2014).

Även i Skåne förväntas en högre medelårsnederbörd (Hall et al, 2015). Den största förväntade ökningen av nederbörd kommer troligtvis ske under vinterhalvåret (Hall et al, 2015). Ökningen kan komma att bli omfattande och enligt utsläppsscenario RCP8.5 kan den norra delen av Skåne få en ökning på uppemot 50 % under vinterhalvåret (Ohlsson et al, 2015). De modeller som har gjorts över den uppskattade nederbörd under sommarhalvåret för södra Sverige är inte lika entydiga och det är därför svårt att dra några slutsatser kring den (Hall et al, 2015). Olika modelleringar har både visat att den kan bli något mindre än den nuvarande nederbörd eller att den kan bli oförändrad (Hall et al, 2015).

Flera extrema väderfenomen förväntas att bli vanligare på en global nivå (IPCC 2014), Men även i Skåne förväntas även fler extrema nederbördshändelser till följd av klimatförändringarna. Till exempel så förväntas den extrema 1-timmesnederbörd i Skåne öka enligt utsläppsscenario RCP8.5 (Ohlsson et al, 2015). Annan extrem förväntad nederbördshändelse som förväntas öka enligt utsläppsscenario RCP8.5 är antalet dagar med en nederbörd med mer än 10 mm (Ohlsson et al, 2015). Antalet dagar med så kraftig nederbörd uppskattas bli ungefär tio dagar fler per år (Ohlsson et al, 2015).

2.2.3 Förändring av temperaturen

Utsläppen av växthusgaser leder till att jorden får en förhöjd medeltemperatur både land och i havet (IPCC, 2014). Vilka förändringar och hur omfattande förändringarna kommer vara i temperatur skiljer sig från plats till plats. Om de årliga utsläppen av koldioxid skulle följa scenario RCP8.5 förväntas en fyra graders ökning av den globala medeltemperaturen till slutet av århundradet (IPCC, 2014).

I södra Sverige förväntas uppvärmningen bli något högre än den genomsnittliga globala uppvärmningen (Hall et al, 2015). Enligt utsläppsscenario RCP8.5 kommer den genomsnittliga medelårstemperaturen i Skåne öka med ungefär 4 °C, men där årstiderna sommar och vinter kan komma att få en ökad medeltemperatur med ungefär 5 °C (Ohlsson et al, 2015).

Även fler extrema och mer omfattande väderhändelser kopplade till temperatur förväntas bli vanligare i Skåne. Ett exempel på detta är värmeböljor, vilket kan definieras som årets längsta sammanhängande period med dagar över 20°C, förväntas att bli allt längre. I nordvästra delen av Skåne förväntas värmeböljornas längd bli ca två till tre veckor per år (Ohlsson et al, 2015).

2.2.4 Förändring av vegetationsperioden

Modelleringar gjorda över vegetationsperiodens längd och start i Skåne visar på troliga förändringar. Dessa modeller är dock bara baserade på parametern temperatur och tar inte hänsyn till solinstrålningen (Ohlsson et al, 2015). Modelleringarna visar bland annat att vegetationsperioden i slutet av århundradet i västra Skåne kan vara längre än 11 månader om året och kan därför komma att bestå nästan under hela året (Ohlsson et al, 2015). Detta att jämföra med idag då vegetationsperiodens längd är runt 8,5 månader (Ohlsson et al, 2015). Vegetationsperiodens start, vilken definieras som den dag då 4 dagar på följd har haft en medeldyngstemperatur över 5°C, förväntas börja betydligt tidigare i Skåne. Vegetationsperioden förväntas starta i början av januari, vilket motsvarar runt 10 veckor tidigare jämfört med idag (Ohlsson et al, 2015). Dock så förväntas slutet på vegetationsperioden inte förändras lika mycket (Ohlsson et al, 2015).

2.2.5 Förändring av markfuktigheten

På grund av de ovanstående klimatförändringarna så uppskattas vattenmängden i landskapet förändras. Både risken för en låg markfuktighet samt risken för en hög markfuktighet förväntas öka i Skåne (Hall et al, 2015). Även mer extrema varianter av markfuktighet i form av torka och översvämningar förväntas öka på grund av klimatförändringarna (Hall et al, 2015).

I Skåne förväntas en ökning av antalet dagar med väldigt låg markfuktighet per år (SMHI, 2014). Den bidragande orsaken till det är de förväntade förändringarna i temperatur och nederbörd (SMHI, 2014). Trots att medelårsnederbörden uppskattas bli mer omfattande kan ändå dagar med låg markfuktighet ändå komma att öka. Detta beror på att den förväntade avdunstningen kommer öka med den ökande temperaturen (SMHI, 2014). Även den förväntade längre säsongen med växlighet kan vara med och bidra till en förändrad markfuktighet (Ohlsson et al, 2015). Antalet dagar med låg markfuktighet förväntas bli ungefär 45-50 dagar per år, vilket kan jämföras med de senaste åren där antalet dagar med låg markfuktighet har varit ungefär 15-20 per år (Ohlsson et al, 2015).

I Skåne förväntas även problem med väldigt hög markfuktighet uppstå (Hall et al, 2015). Detta som ett resultat av en ökad nederbörd (Hall et al, 2015). Den allt högre nederbörden förväntas också att lämna allt större ansamlingar av vatten ovanpå markytan (Svensson et al, 2007).

2.2.6 Klimatförändringar och jordbruket

Klimatförändringarna kan sammanfattningsvis bland annat leda till förändring i nederbörd, temperatur, vegetationssäsong och markfuktighet. Dessa förändringar kan komma att ha stor påverkan på jordbruket och de grödor som odlas där. Klimatförändringarna kan både komma att få en negativ påverkan eller en positiv påverkan på produktionen av grödor i Skåne (Hall et al, 2015). Den högre koldioxidhalten i luften och den högre medeltemperaturen är två exempel på förändringar som skulle kunna vara positiv och leda till ökad avkastning inom jordbruket (Svensson et al, 2007). Klimatförändringarna förväntas även leda till högre större problem med skaddeinsekter och ogräs vilket är negativt och kan leda till sämre avkastning. Modelleringar över klimatförändringens påverkan på den framtida totala avkastning inom jordbruket har gjorts. Jordbruksverket har gjort uppskattningen att den totala avkastningen i Sverige förväntas öka med en procent till följd av klimatförändringarna (Svensson et al, 2007). Denna typ av modelleringar innehåller dock många osäkra parametrar och resultatet är relativt osäker (Hall et al, 2015).

Två aspekter av klimatförändringen som kan vara negativa för det skånska jordbruket, vilket denna rapport studerar närmare, är mängden vatten i jorden som både förväntas bli mer och mindre. Åkrarna i Skåne kommer, jämfört med idag, troligtvis innehålla mer vatten under vinterhalvåret och mindre under sommarhalvåret (Hall et al, 2015). Ibland kan en period med låg eller hög markfuktighet vara eftersträvarsvärt beroende på de grödor som odlas och dess förutsättningar vara positivt för avkastningen. Dock så kan en för lång period med en för extrem markfuktighet snabbt leda till negativa konsekvenser för grödorna och avkastningen av dem. En extremt hög markfuktighet i ett jordbruksområde, till exempel i form av vattenmättad eller översvämning, kan leda till flera negativa konsekvenser för grödor som utsätts (Enghag et al, ND). Exempel på negativa konsekvenser hos grödan är ökad risk för sjukdomsangrepp samt en försämrad tillväxt (Enghag et al, ND). Detta då grödans metabolism störs av den stora mängden vatten (Enghag et al, ND). I en vattenmättad eller översvämmad åker riskerar även grödornas rötter att drabbas av syrebrist (SMHI, 2017b). Under en extremt låg markfuktighet, då till exempel vattenstress eller torka uppstår, kan grödorna påverkas negativt (Farooq et al, 2009). Till exempel så kan grödans tillväxt och utveckling då rubbas (Farooq et al, 2009). Vid en vattenbrist kan grödor påverkas negativt ända ner på cellnivå (Farooq et al, 2009). Vattenbristen i sig själv är ett problem, men även att cellerna i grödan påverkas negativt då skadligt reaktivt syre kan bildas när brist på vatten uppstår (Farooq et al, 2009)

2.2.7 Klimatanpassning inom jordbruket

För att minska de negativa konsekvenserna och att kunna utnyttja de positiva förändringarna av ett förändrat klimat är det nödvändigt att redan nu försöka anpassa jordbruket för de förväntade förändringarna (Svensson et al, 2007). Detta behöver i stor utsträckning göras så väl på en samhällsnivå, som hos den enskilda lantbrukaren.

Undersökningar av hur klimatanpassningen av jordbruket ser ut hos enskilda bönder i Sverige har gjorts. Resultat visar att den finns en relativt stor medvetenhet om klimatförändringen och dess framtida möjliga påverkan (Juhola et al, 2017). Hos tillfrågade lantbrukare har både

utmaningar och möjlighet med klimatförändringen lyfts fram (Juhola et al, 2017). Främst är det stora variationer i väder och klimat samt det egna lantbrukets känslighet som oroar lantbrukare (Juhola et al, 2017). Trots att en medvetenhet hos de allra flesta och en oro hos flera för klimatförändringarna, så prioriteras klimatanpassningsåtgärder inte särskilt högt av många lantbrukare (Juhola et al, 2017).

Klimatanpassningsåtgärder kan ske på flera olika sätt. När det kommer till att hantera den förändrade nederbördsmängden och nederbördsmönster, kommer det i flera fall bli ett ökat behov av att både leda bort mer vatten från jordbruksmark och tillföra mer vatten till jordbruksmarker (Hall et al, 2015). Det förändrade klimatet ställer krav på de vattenanläggningar som finns i jordbruket i form av invallningar, bevattningsdammar samt de öppna och täckta dikena (klimatanpassningsportalen, 2017).

För att kunna hantera de ökade vattenmängderna har dräneringen en betydelsefull roll. Att dräneringen fungerar och är tillräckligt omfattande är väldigt viktigt för grödorna som odlas på åkermarken. En dåligt fungerande dränering ökar risken för vattenmättad jord och översvämning. Redan i nuläget anses många dikningsföretag vara underdimensionerade och klimatförändringarna förväntas förvärra situationen (klimatanpassningsportalen, 2017). Ett annat sätt att minska mängden vatten i ett jordbruksområde kan vara att anlägga våtmarker (SMHI, 2017b). Detta då våtmarkerna kan fånga upp mycket vatten och bromsa vattnets flödes hastighet (SMHI, 2017b).

För att hantera de förväntade perioderna med väldigt låg markfuktighet kan bevattning komma att bli nödvändigt (Hall et al, 2015). De grödor som bevattnas idag förväntas få ett ökat bevattningsbehov och grödor som normalt sätt inte brukar bevattnas kan eventuellt komma att behövas bevattnas i framtiden till följd av klimatförändringarna (Jordbruksverket, 2009). Vatten till bevattning hämtas från grundvatten eller från ytvatten i form av sjöar och vattendrag (Jordbruksverket, 2009). Under perioder då behovet är som störst av bevattning riskerar dock dessa att innehålla lite eller inget vatten att ta av (Jordbruksverket, 2009). Ett alternativ för att säkra vattentillgången till ett jordbruk kan vara att anlägga ett bevattningsmagasin på en lämplig plats i landskapet (Jordbruksverket, 2009).

Anpassning till de förändrade vattenförhållandena i jordbruket kan även ske genom anpassning av de grödor som odlas där. Detta kan ske genom odling av andra grödor än de man i nuläget odlar. Det kan också ske genom förädling av de nuvarande grödorna och framtagning av nya sorter (Hall et al, 2015).

3 Metod

Metoden för att kunna besvara frågeställningarna, består i huvudsak av tre delar. Dessa är följande:

- Insamling av information om markfuktigheten för studieplatsen genom intervjuer.
- Kartläggning av markfuktighet och riskområden, vilket i sin tur består av två olika delar. Dels produceras en karta baserat på STI och dels produceras en karta baserat på STI samt en hot spot analys.
- Utvärdering av de två producerade kartorna baserade på STI, vilken också består av två olika delar. Dels genom jämförelse med uppmätta TDR-värden på markfuktigheten. Dels genom jämförelse med riskområden som har karterats i samband med intervjuerna.

Nedan beskrivs respektive process i detalj.

3.1 Intervjuer om markfuktighet

Intervjuer genomfördes med personer som har kunskap om jordbruket i kommunen. Samtliga personer som intervjuades arbetar med jordbruk i någon form i kommunen. De intervjuade var lantbrukare, agronomer, personer involverade i lokal jordbruksförening (LRF) samt kommunanställd som bland annat arbetar med jordbruksfrågor. Många av de intervjuade hade mer än en av de ovanstående rollerna. Av de lantbrukare som intervjuades odlades av de allra flesta flera av följande grödor: sockerbetor, vall, raps och spannmål (havre, korn och vete). Några odlade dock utöver det även andra grödor så som till exempel baljväxter eller gräsfrö. I intervjun fick personerna besvara frågor rörande markfuktigheten i de jordbruksområden som de ansåg sig ha kännedom om. Intervjun innehåller frågor om skillnader i markfuktighet på olika geografisk skalor, exempelvis inom en åker, mellan närliggande åkrar och inom hela kommunen. Intervjun behandlade även frågor om hur markfuktigheten upplevts ha varierat genom tid, vilket avser den tid som de intervjuade har arbetat med jordbruk i kommunen. De intervjuade fick också kartera områden som de ansåg ha en väldigt hög eller en väldigt låg markfuktighet i förhållande till övriga kommunen. Dessa karterade områden användes för utvärderingen av STI. Sammanlagt gjordes 8 stycken intervjuer där sammanlagt 12 personer deltog. De exakta intervjufrågorna kan ses i appendix 1.

Inspiration till utformningen av intervjuerna hämtades från annan forskning om klimatförändringar och jordbruk. Den huvudsakliga inspirationen hämtades från en forskningsstudie av Juhola et al (2017). Deras studie undersökte svenska och finska lantbrukares anpassning till ett förändrat klimat och en förändrad vattenmängd i landskapet. I deras studie intervjuades personer med koppling till jordbruket i de valda studieområdena, så som jordbruksrådgivare, personer involverade i lokala jordbruksföreningar och lantbrukare. De två studieområdena var i denna forskningsstudie Uusimaa och Östergötland. Intervjuerna i studien var halv-strukturerade där de intervjuade fick möjlighet att utveckla sina svar (Juhola et al, 2017). I denna studie utfördes också intervjuer med personer med koppling till jordbruket genom

likande roller och arbeten. Intervjuerna som genomfördes var också halv-strukturerade. Detta innebar att specifika frågor ställdes (se appendix 1) där bara kortfattade svar krävdes, men att de intervjuade också hade möjlighet att utveckla sina svar och flika in fakta av intresse. Anteckningar togs under tiden de intervjuade pratade. Intervjuszvaren från alla intervjuade sammanfattades sedan till en gemensam text där svaren vägdes in och lyftes fram.

3.2 STI för kartläggning av markfuktighet och riskområden

Genom att modellera STI med hjälp av GIS kan geografisk information och kartor över de generella markfuktighetsmönstren produceras. I dessa kartor är det möjligt att se markfuktighetsmönstret i landskapet och identifiera riskområden för en extrem markfuktighet. I studien har det antagits att de jordbruksområden som generellt sett har en mycket låg markfuktighet är troliga att bli extra utsatta vid de förväntade perioderna av mindre nederbörd och högre avdunstning. I studien har det också antagits att de jordbruksområden som generellt sett har en mycket hög markfuktighet är troliga att bli extra utsatta vid perioderna med ökad nederbörd och under kraftiga skyfall.

3.2.1 Karta baserad på STI

För att beräkna STI används ekvation 3. Då lämplig indata till ekvationen finns att tillgå som geografisk data kan STI beräknas med hjälp av GIS. Det specifika GIS-program som används är ArcMap 10.5. Även programmet MATLAB R2017a användes för att hantera flödesalgoritmen och beräkna varje cells flödesackumulation. Nedan, i tabell 2, beskrivs den geografiska data som används för modelleringen av STI.

Tabell 2 Geografisk data för modellering. Tabellen redovisar den huvudsakliga geografiska data som användes för att modellera markfuktigheten i landskapet enligt STI. Med hjälp av GIS-program kunde sedan den geografiska datan behandlas och användas för modellering. *Höjddata var punktdata i formatet shape och har därför ingen upplösning på samma sätt som rasterdata. Punkterna befann sig dock med en meters mellanrum.

Data	Källa	Format	Upplösning	Referenssystem
Höjddata	Helsingborgs stad	shape	1 m*	Sweref 99 13 30
jorrdjupsdata	SGU	raster	10 m	Sweref 99 TM
Digitala Åkermarkskartan	SGU/SLU	raster	50 m	Sweref 99 TM
Avrinningsområde	SMHI	shape	-	Sweref 99 TM

För att beräkna TI och där med grunden i STI behövs information om studieområdets topografi (se ekvation 1 samt ekvation 2). Denna information kan fås genom en DEM (Digital Elevation Modell), vilket är en höjdmmodell. Cellerna i en DEM innehåller både x-, y- och z-värden. Med hjälp av en DEM är det möjligt att beräkna β samt α . Den DEM som används för modellering av STI är den som benämns höjddata i tabell 2. Genom att använda insamlad höjddata över Helsingborgs kommun kunde en DEM skapas.

För att beräkna båda dessa användes höjddata från Helsingborgs kommun samt avrinningsområden från SMHI för kommunen. GIS användes i huvudsak, men också ett program för att specifikt beräkna TFM-algoritmen.

- Höjddata, vilken bestod av punkter med x, y och z-koordinater, omvandlades till raster och kunde då användas som en DEM. Den projicerades om från Sweref99 13 00 till Sweref99 TM.
- För att kunna hantera en DEM över hela Helsingborgs kommun görs rasterstorleken från 1 meter till 10 meter.
- Den DEM som skapades för hela Helsingborgs kommun klipptes med de avrinningsområden som fanns att tillgå från SMHI.
- För att beräkna flödesriktningen och flödesackumuleringen användes TFM-algoritmen. Detta gjordes genom ett färdigskrivet program för algoritmen. I programmet fylldes alla sänkorna. För att programmet skulle kunna hantera DEM:en gjordes den om till ascii-format. Resultatet som blev omvandlades sedan tillbaka till ursprungliga raster-formatet.
- Filerna med den beräknade flödesackumuleringen slogs samman till en fil. Detta motsvarar alfa i ekvationen för STI.
- För DEM:en beräknades varje cells lutning. Detta motsvarar beta. Då det inte är eftersträvansvärt att beta är 0, eftersom 0 inte av matematiska skäl kan hanteras i nämnaren, ändras dessa värden något. I detta fallen fick de celler som har en lutning på 0 grader en lutning på 0,0001 grader istället. Lutningen omvandlas sedan från grader till radianer.

För att kunna beräkna indexet STI måste även transmissivitet beräknas (se ekvation 2). För att beräkna detta behövs geografisk information om parametrarna jorddjup och jordens hydrauliska mättade konduktivitet (se ekvation 3). Geografisk information om hur djup jorden är i kommunen hämtas från SGU (för mer information se tabell 2). Geografisk information om jordens hydrauliska mättade konduktivitet tas fram genom information om jordens textur. Information om jordens textur hämades från den digitala åkermarkskartan, vilken är en nyligen framtagen produkt av SGU tillsammans med SLU (Söderström och Piikki, 2016). Genom uppmätta värden på jordars sand- och lerhalt samt beräknade värden på jordarts silthalt har en karta över jordarnas textur i Sverige kunnat tas fram (Söderström och Piikki, 2016). Dessa värden har också används till att skapa en karta med jordens textur enligt FAO/USDA klassificering av jord (Söderström och Piikki, 2016). Genom kunskap om jordens textur och dess texturklassificering, vilken fås genom den digitala åkermarkskartan, kan information om jordens mättade hydrauliska konduktivitet fås.

Transmissivitet, vilket utgörs av jordens mättade hydrauliska konduktivitet multiplicerat med jordens djup. För att beräkna dessa användes jorddjupsdata från SGU och den digitala åkermarkskartan från SLU tillsammans med SGU. Den digitala åkermarkskartan innehåller information om varje jordens texturklass. För beräkningen av transmissivitet användes GIS.

- Rasterfilen med jorddjupsdata skalas om från 50 meters rasterstorlek till 10 rasterstorlek. Detta för att passa ihop med den övriga data i rasterformat som användes.
- Till jorddjupsdata adderas till attributtabeln information om varje jordarts mättade hydrauliska konduktivitet i mikrometer per sekund. En egen rasterfil skapas sedan där bara varje cells värde består av dess mättade hydrauliska konduktivitet.
- Värdena i rasterfilen jorddjupsdata omvandlas från meter till centimeter. Cellerna som ursprungligen har värdet 0 meter får istället värdet 50 cm eftersom det uppmätta värdet troligtvis har varit under en meter, men inte 0 cm eftersom en åker måste ha ett visst jorddjup.

Efter att α , β och T har beräknats för varje cell kan en karta med STI skapas för hela kommunen. Beräkningen av STI görs med ekvation 2.

3.2.2 Karta baserad på STI och hot/cold spot analys

För att bättre kunna dra slutsatser från kartan med STI och för att kunna identifiera riskområden för en extrem markfuktighet kan vidare analyser göras. Som nämnt tidigare i rapporten ger STI varje cell ett värde beroende på om mycket eller lite vatten ansamlas där. Genom att titta på hela kartan med STI kan det generella markfuktighetsmönstret ses och områden kan ses där värdena är väldigt låga eller väldigt höga. Dock kan ibland svårigheter uppstå när man ska identifiera mönster eller områden med endast visuell analys. För att med säkerhet kunna identifiera de områden som har mycket låga eller mycket höga värden finns flera olika vetenskapliga metoder. Ett sätt att identifiera dessa riskområden är att göra någon form av klusteranalys (Pourali, 2014). Ett kluster kan beskrivas som gruppering av objekt på ett sådant sätt så att objekten inom gruppen är så homogena som möjligt medan grupperna ska vara så heterogena som möjligt (Ganguly et al, 2017). En klusteranalys identifierar med andra ord systematiska mönster och grupper där värdena är lika (Ganguly et al, 2017). Genom en klusteranalys kan man identifiera så kallade hot spots. Kortfattat kan en hot spot beskrivas som en plats där kluster med objekten av intresse ansamlas (Ganguly et al, 2017). För att en plats ska vara en signifikant hot spot ska den inte sannolikt vara ett resultat av slumpmässiga processer eller den kartografiska designen (Harris et al, 2017). Utöver hot spots finns även så kallade cold spots (Ganguly et al, 2017). Skillnaden mellan dem är att en hot spot är ett kluster där höga värden har ansamlats, medan en cold spot är ett kluster där låga värden har ansamlats (Ghimire et al, 2010). Hot samt cold spots är med andra ord två olika varianter av rumsliga extremer (Kondo, 2016). En av de metoder som finns för att identifiera hot spots och cold spots är Getis-Ord G_i^* . Denna metod togs först fram av Getis och Ord (1992). Den utvecklades sedan ytterligare i en ny artikel av samma författare

(Ord och Getis, 1995). Getis-Ord G_i^* kan används som ett sorts filter för att i stora drag kunna se heterogeniteten i landskapet och för minska betydelsen av extrem värden (Ghimire et al, 2010).

Analysen av hot spots och cold spots för STI görs med hjälp av GIS. Getis-Ord G_i^* hot spot analys finns som ett verktyg i ArcMap 10.5, vilket användes för att identifiera de celler med antingen låga eller höga STI-värden som befinner sig i kluster. Varje cell testas i fall det är inom en signifikant hot spot, inom signifikant cold spot eller inget av det. För att till exempel vara en signifikant hot spot måste cellen ha ett högt värde och också omringas av andra celler med högt värde (ESRI, 2017). I analysen väljs de omkringliggande cellerna vara de som befinner sig inom ett avstånd på 50 meter. För denna analys valdes en säkerhetsnivå på 99 % för att klassas som signifikant, vilket motsvarar ett z-värde större 2.58 eller mindre än -2.58 och ett p-värde <0.01 (ESRI, 2017). Getis-Ord G_i^* genererar z- och p-värden, vilket motsvarar standardavvikelse respektive sannolikheten (Harris et al, 2017). Olika värden på z och p kan väljas beroende på hur hög säkerhetsnivån måste vara för att ett värde ska anses vara signifikant (ESRI, 2017). De hot spots som identifieras är områden där cellerna har mycket höga värden, vilket i detta fall innebär att de är har ett högt STI-värde och där då markfuktigheten beräknas vara hög. De cold spots som identifieras är områden där cellerna har mycket låga värden, vilket i detta fall innebär att de är har ett lågt STI-värde och där då markfuktigheten beräknas vara låg (ESRI, 2017). Resultatet av analysen blir också att kartan klassificeras in i tre olika klasser (hot spots, cold spots och icke signifikanta områden)

3.3 Utvärdering av STI för kartläggning

Nedan beskrivs the två metoderna som användes för att utvärdera resultatet av kartläggningen med STI samt kartläggningen baserad på STI och en hot/cold spot analys.

3.3.1 Utvärdering genom kartering av riskområden

I intervjuerna karteras områden som ansågs kunna vara riskområden för en extrem markfuktighet av personer som har god kännedom om jordbruket i kommunen. De områden som karterades ut är områden återkommande har en betydligt lägre eller högre markfuktighet än vad de intervjuade ansåg vara genomsnittet. Dessa karterade områden antogs kunna vara och kunna bli riskområden för en extrem markfuktighet. De områden som identifierades som riskområden för extrem markfuktighet på detta sätt antas inte vara lika påverkade av slumpmässiga tillfälligheter som de uppmätta värdena på markfuktighet. Dessa tillfälligheter som skulle kunna påverka är till exempel lokal nederbörd eller trasigt dräneringssystem.

De intervjuade identifierade och ritade in dessa plaster på en karta i samband med intervjuerna. Kartan som användes innehöll geografiska objekt för hjälp till att hitta plasterna, exempelvis vägar och fastighetsgränser. Kartan innehöll dock inga geografiska objekt kopplade till STI, så som information om jorden eller topografien. Med hjälp av GIS digitaliserades de karterade områdena. Sammanlagt identifierades 30 riskområden av de intervjuade. Av dessa riskområden hade 24 stycken risk för en hög markfuktighet och 6 stycken risk för en låg markfuktighet.

3.3.1.1 Jämförelse med kartan baserad på STI

De karterade områdena kunde sedan visuellt jämföras med markfuktighetskartan framtagen med STI. För att bättre kunna förstå hur pass bra STI identifierar generella markfuktighetsmönster och riskområden för en extrem markfuktighet så görs ett Mann Whitney U test. Detta är icke-parametriskt test som används när populationen som värdena i de två valda stickproverna inte följer en normal fördelning (Emerson, 2016). De två stickproverna är i detta fall medelvärden för områdena som av de intervjuade har karterats som riskområde för hög markfuktighet samt medelvärden för områdena som av de intervjuade har karterats som riskområde för låg markfuktighet. Testet görs för att undersöka om index-värdena i stickprov 1 (medelvärdena för de utpekade riskområdena för en låg markfuktighet) skiljer sig signifikant än index-värdena i stickprov 2 (medelvärdena för de utpekade riskområdena för en hög markfuktighet). Detta skulle i så fall ge en indikation på att kartan med STI relativt väl speglar verkligheten. Detta eftersom om kartan har god korrelation med den verkliga markfuktigheten så ska riskområdena för låg markfuktighet ha låga indexvärden och riskområdena för hög markfuktighet ha höga indexvärden. För att riskområdena för låg markfuktighet ska ha signifikant lägre medelvärden än riskområdena för hög markfuktighet, måste de medelvärdena ha relativt låga värden och de andra medelvärdena måste vara relativt höga.

Ekvationen för att beräkna Mann Whitney U test är följande (Mann och Whitney, 1947):

$$U = m * n + \frac{m * (m + 1)}{2} - T$$

Ekvation 4

I ekvationen är m , n antalet observationer i stickprov 1 respektive stickprov 2. Vid utförandet av testet rankas varje observation i de båda stickprov, där högst värde ges den högsta rankingen. De olika rankingvärdena i stickprov 1 och stickprov 2 kan ses nedan i tabell 3. Den totala summan för rankingen i stickprov 1 motsvaras av T . Nollhypotesen kan förkastas om U är lika med eller understiger ett kritiskt värde (Mann och Whitney, 1947). Det kritiska värdet för U beror på antalet observationer i de två stickproverna och den signifikans nivå som efterfrågas (Barring et al, 2010). I detta fall är observationerna i stickprov 1, vilket motsvarar m , 6 stycken. Observationerna i stickprov 2, vilket motsvarar n , är 24 stycken. Den signifikansnivå som efterfrågas sätts till 5 %.

Tabell 3 Rankingvärde för medelvärdet för karterade riskområden. Tabellen visar index-värdet för varje utpekad riskområde. Index-värdet är ett medelvärde för varje karterad polygon. Bredvid index-värdet finns rankingvärdet.

Indexvärde - karterade riskområden för låg markfuktighet		Rankingvärde	Indexvärde – karterade riskområden för hög markfuktighet		Rankingvärde
8.48		20	12.63		1
7.93		22	12.51		2
7.68		23	12.2		3
7.64		24	11.71		4
5.97		29	11.5		5
5.68		30	11.2		6
			10.95		7
			10.41		8
			10.34		9
			10.33		10
			10.15		11
			9.94		12
			9.91		13
			9.5		14
			9.46		15
			8.7		16
			8.62		17
			8.59		18
			8.5		19
			8.25		21
			7.53		25
			7.31		26
			7.24		27
			6.54		28

För att veta beräkna Mann Whitney U test används dataprogrammet MATLAB R2017a. I MATLAB finns funktionen ranksum, vilket motsvarar ett Mann Whitney U test (MathWorks, 2018). Genom att använda de sorterade medel-indexvärdena från de karterade riskområdena (stickprov 1 och stickprov 2) i funktionen beräknas om nollhypotesen kan förkastas eller inte (MathWorks, 2018). Signifikansnivå är på 5 % (MathWorks, 2018).

3.3.1.2 Jämförelse med kartan baserad på STI och hot/cold spot analys

Genom att tillämpa STI samt en hot/cold spot analys klassificeras kartan in i tre grupper. Dessa tre är signifikant lägre markfukt, signifikant högre markfukt och icke-signifikant. Med hjälp av en *förväxlingsmatrix* kan trovärdigheten för klasserna och den skapade kartan utvärderas. I en

förväxlingsmatrix utvärderas klassificeringen baserat någon form av information som antas representera verkligheten mot klassificeringen baserat på en modell (Deng et al, 2016). I detta fall motsvaras klassificeringen baserat på verklig information de karterade riskområdena av de intervjuade och klassificeringen baserat på en modell de områdena som skapades genom STI samt en hot/cold spot analys. Med hjälp av *förväxlingsmatrix* fås en procentsatt fram på hur bra noggrannheten är för varje klass samt den totala noggrannheten (Deng et al, 2016).

3.3.2 Utvärdering genom TDR-mätningar av markfuktigheten

Då ingen data över markfuktighet i Helsingborgs kommun fanns att tillgå, samlades denna in. Sammanlagt togs 30 stycken mätningar på markfuktigheten i jordbruksmark i kommunen. Samtliga mätningar togs under samma dag för att minimera skillnader i markfuktigheten till följd av väder. Mätningarna gjordes under en dag då det inte regnade och det inte hade regnat det närmsta dygnet i kommunen (SMHI, 2017a). Datumet var 30/10-2017. Data över platsens koordinater, höjd, marktäcke och markfuktighet samlades in. De valda platserna för mätningarna slumpades ut, men var i mycket hög grad tvungen att anpassas till möjligheterna att ta sig till platsen. Platserna som slumpades ut fanns utspridda i kommunens alla delar.

För att mäta markfuktigheten i jorden används en TDR-mätare. TDR står för *time domain reflectometry* och mäter, liksom namnet antyder, tiden mellan elektroniska pulser i ett medium. En TDR-mätare kan användas för att mäta jordars elektroniska ledningsförmåga och utifrån det beräkna markfuktigheten. En tydlig fördel med att använda en TDR-mätare för att mäta markfuktighet är att den gör i princip ingen påverkan på jorden där den mäter (Noborio, 2001). Den specifika TDR-mätaren som användes är en Campbell Scientific CS615.

Att använda en TDR-mätare för att mäta markfuktigheten och sedan använda resultatet för att utvärdera olika varianter av TWI har gjorts i tidigare forskningsstudier. Ett exempel på det är Sörensen et al (2006) som utvärderade flera olika metoder att beräkna TWI med hjälp av värden på markfuktighet som var uppmätta med en TDR-mätare. Att använda sig av en TDR mätare är ett relativt vanligt sätt att indirekt mäta markfuktigheten och för att undersöka hur markfuktighetsmönstret ser ut i ett landskap (Qiu et al, 2017).

4 Resultat

4.1 Intervjuer om markfuktighet

Svaren på intervjufrågorna slogs ihop till sammanfattningen nedanför. De exakta intervjufrågorna kan ses i appendix 1 och huvudpunkterna ur denna sammanfattning kan ses i tabell 4.

I Helsingborgs kommun upplever i stort sett samtliga av de intervjuade att finns det relativt stora skillnader i markfuktighet inom jordbruksmarken. Sett till hela kommunen uppskattar man att de olika delarna av kommunen kan ha stora skillnader i markfuktighet vid en och samma tidpunkt. De faktorerna som nämns av flera intervjuade som bidragande orsaker till detta fenomen är topografin, olika texturer på jorden och olika jorddjup inom kommunen. Ett exempel som lyfts fram av en av de intervjuade är att vissa delar av kommunen har väldigt sandiga jordar med litet jorddjup, medan andra delar av kommunen har leriga jordar med mycket stora jorddjup, vilket någon ansåg ha stor betydelse för markfuktigheten. Det nämns av flertalet av de intervjuade att topografin är med och påverkar på ett sådant sätt så att det tenderar att vara högre markfuktighet i svackor och lägre markfuktighet uppe på höjderna. Av några av de intervjuade nämns även att topografin i kommunen kan vara med och påverkar vädret och nederbörden. Någon av de intervjuade nämner även att jordens textur även ibland kan variera något med topografin. Till exempel förekommer det ibland att upp på höjderna jordar med en sådan textur att genomsläppligheten på vatten är något högre (så kallade lättare jordar). Väder och nederbörd lyfts av flera intervjuade som en viktig anledning till att markfuktigheten kan variera mycket inom kommunen vid ett och samma tillfälle. Det nämns till exempel att den stora höjden Glumslövsbacken påverkar nederbörden på ett sådant sätt så att vissa av jordbruksområden omkring hamnar i regnskugga. Några av de intervjuade nämner att nederbörden tenderar att vara något högre i norra delen av kommunen jämfört med mittersta delen av kommunen. Ett par av de intervjuade nämner också att jordarna nära kusten ofta tenderar att få mindre nederbörd.

De sandiga jordarna i kommunen ansågs av flera kunna bli extra utsatta för en låg markfuktighet. Någon av de intervjuade nämnde dock att på många av de väldigt sandiga jordarna så odlas ofta grödor i form av till exempel grönsaker, vilka ofta har bevattning. Denna åtgärd minskar utsattheten för extrem markfuktighet på dessa jordar något. Det nämndes även att för de sandiga jordarna med högt grundvatten så minskar risken för en för låg markfuktighet. Flera av de intervjuade lyfter problemet med att de leriga jordarna oftast har mycket långsam genomsläpplighet vilket gör att kan markfuktigheten kan bli extremt hög där. Det lyftes dock även fram att många av de leriga jordarna är mycket väl-dränerade, vilket bidrar till att minskar problemets omfattning något. En av de intervjuade berättade att i stort sett alla leriga jordar i kommunen är täckdikade medan en del sandiga jordar inte är det. På grund av detta kan ibland problem med hög markfuktighet uppstå i jordar där det inte förväntas, t.ex. i sandiga jordar, då dessa kan vara mycket litet dränerade.

Samma tidigare nämnda faktorer, topografin, jordens textur och jorddjup, ansågs av flera också vara med och påverka skillnader i markfuktighet på en betydligt mindre geografisk skala inom kommunen. T.ex. upplever i stort sett alla av de intervjuade att det inom en och samma åker i kommunen kan vara relativt stora skillnader i markfuktighet. Flera ansåg att den främsta anledningen till det var den stora blandningen av olika jordar med olika texturer. Utöver det nämndes av några intervjuade att topografi, jorddjup och mullhalt även kunna vara med och bidra till skillnader i markfuktighet på relativt liten skala så som inom en och samma åker eller mellan två olika åkrar i närheten av varandra. Andra faktorer som också anses vara med och påverka markfuktigheten på relativt korta avstånd är alvens egenskaper och vilken gröda som odlas. Ett par av de intervjuade nämner att hanteringen av marken i form av hur, när och om man väljer att ploga/harva kan få stor betydelse för markfuktigheten där.

En av de intervjuade nämner att det även kan vara skillnader hur mycket markfuktigheten varierar i olika delar av kommunen. Med andra ord så är det tänkbart att variationen i markfuktighet är olika stor i olika delar av kommunen. Ett par av de intervjuade lyfte fram den norra delen av kommunen som den del där det är troligast att de största skillnaderna i markfuktighet kan komma att uppstå. Detta då nordvästra delen av kommunen har väldigt sandiga jordar med litet jorddjup och nordöstra delen befinner sig i den så kallade lerslätten där jordarna är leriga och har ett stort djup.

När det gäller extrem markfuktighet upplever ungefär hälften av de intervjuade att tillfällena med en hög markfuktighet är ett betydligt mer återkommande problem än tillfällena med en låg markfuktighet. I stort sett samtliga intervjuade personer nämner att markfuktigheten under de senaste månaderna (hösten 2017) har varit extremt hög. Detta till följd av en nederbörd långt över den normala månadsnederbörden. Man uppskattar att väldigt många jordbruk i runt om i kommunen har haft problem med en för hög markfuktighet. Utöver detta år nämndes även ett par andra tidigare år då nederbörden också hade lett till att markfuktigheten blev betydligt högre än vad som var lämpligt för många jordbruk i kommunen. Flertalet av de intervjuade upplever att problemet med en extremt hög markfuktighet i jordbruksmark som ett allt mer omfattande problem. Förändringar i klimat och väder anses av någon av de intervjuade personerna som orsaken. Ett par av de intervjuade nämner att man upplever att de extrema regnen blir allt mer frekventa och omfattande, vilket då orsakar den extrema markfuktigheten. Några andra av de intervjuade upplever den genomsnittliga årliga nederbörden blir allt mer omfattande, till exempel genom ofta återkommande regn, vilket får den extrema markfuktigheten blir allt mer omfattande. Flera intervjuade lyfte dock fram problemet med allt fler hårdgjorda ytor (till exempel på grund av asfaltering och övrig bebyggelse) i kommunen som en bidragande orsak till att åkrarna får mer vatten och därmed högre markfuktighet. Övrig tänkbar orsak som lyfts fram som anledning till ökade problem med en för hög markfuktighet av några av de intervjuade är att maskinerna som används ute på åkrarna idag blir allt tyngre. Att dessa maskiner blir allt tyngre bidrar till att risken för att de ska orsaka markpackningsskador eller köra fast sig vid en högre markfuktighet ökar. Flera intervjuade lyfte problemet med att dräneringen i åkrar ofta tenderar att vara eftersatt

eller underdimensionerat vilket får markfuktigheten att blir högre än önskvärt. En av de intervjuade lyfte också fram att många av de befintliga dräneringssystemen är mycket gamla och riskerar att kollapsa inom snar framtid på grund av ålder. Detta riskerar att ytterligare förvärra problemen med en för hög markfuktighet.

Den extrema markfuktigheten i form av låg markfuktighet ansågs av den andra hälften av de intervjuade vara ett mer omfattande problem än hög markfuktighet. En av de intervjuade nämnde försommartorka som ett återkommande problem. Några av de intervjuade nämnde att de upplever att väder och klimat allt mer oförutsägbart och oregelbundet. Detta gör att perioder med låg markfuktighet har dykt upp ner det inte har varit förväntat. Det nämndes att det är främst för de jordbruk i kommunen som odlar grödor i form av till exempel vissa typer av rotfrukter eller grönsaker har det funnits många tillfällen då det har varit problem med att markfuktigheten varit för låg. Detta då flera av dessa grödor kräver mycket god tillgång på vatten, samtidigt som de ibland odlas på väldigt sandiga jordar. Det lyfts fram att för de som odlar den typen av grödor kan en låg markfuktighet utgöra ett kanske ännu större problem än hög markfuktighet. För denna typ av grödor anger dock flertalet av de intervjuade att bevattning i nuläget är vanligt förekommande. Att dessa grödor bevattnas kan minska deras risk att bli utsatta för en för låg markfuktighet.

Hos de intervjuade fanns tankar om hur man kan hantera problem med extrem markfuktigheten. Flera av de intervjuade lyfte vikten av att ha ett väl underhållet dräneringssystem som en av de viktigaste åtgärderna mot en för hög markfuktighet. Att ha en mer omfattande dränering nämndes av några av de intervjuade som en tänkbar åtgärd för att minska problemet med en extremt hög markfuktighet. Ett av de problemen som dock nämndes med en allt mer omfattande dränering i jordbruksmarken är att kostnaderna för att genomföra och underhålla det. Ett annat problem kan vara att det riskerar att dränera bort mer vatten än önskat. Ett tredje problem som också nämndes var att vissa jordbruksområden i kommunen har en så pass liten höjdskillnad så att vattnet som ska dräneras riskerar att ändå inte rinna bort tillräckligt fort. Några av de intervjuade nämnde att en bra samhällsplanering samt dialog med markägare som ett viktigt verktyg för att hantera en allt högre markfuktighet på grund av en omfattande nederbörd och fler hårdgjorda ytor.

Det fanns även tankar hos de intervjuade om hur man skulle hantera en för låg markfuktighet. Bevattning lyftes fram av flera intervjuade som en möjlighet att motverka problemet. Dock lyftes flera problem med bevattning också fram. Ett av de problem som lyftes fram av flera är lönsamheten. Idag ansågs det av flera bara vara lönsamt att bevattna specialgrödor, exempelvis potatis. Många av de grödor som odlas i stor omfattning i kommunen, så som till exempel vete och raps, bevattnas inte idag. Detta eftersom det oftast inte behövs och det då inte anses vara tillräckligt stor lönsamhet för att investera i bevattningssystem. Dock berättade en av de intervjuade att en del av grödorna, som till exempel raps, skulle man kanske kunna öka avkastningen på om man hade haft möjlighet att bevattna under vissa önskvärda perioder. Några av de intervjuade nämnde svårigheterna samt kostnaderna med att få en vattendom som en av

orsakerna till att inte ordna bevattning till sina grödor. Någon av de intervjuade nämnde också att för en av del lantbrukarna finns det inget lämpligt vatten i närheten att tillgå, vilket gör det svårt att bevattna. Andra sätt att hantera problem med för låg markfuktighet som också nämndes är att öka mängden organiskt innehåll i jorden.

Bevattningsdammar lyftes av flera av de intervjuade som ett sätt att kunna hantera problem med för låg markfuktighet, men även att för att hantera problem med för hög markfuktighet. Dock ansåg flera att det i nuläget inte vara ekonomiskt lönsamt att investera i en sådan. En av de intervjuade önskade flera anlagda våtmarker och andra typer av fördröjningsdammar, vilket skulle kunna vara en viktig åtgärd mot problemen. Någon annan av de intervjuade lyfte fram att man upplever att denna typ av åtgärd har blivit mer uppmärksammas och vanligare i kommunen. En annan typ av åtgärd som lyfts fram, vilken kan vara bra för att hantera båda typerna av extrem markfuktighet, är använda sig av täckodling eller några av principerna bakom det. De tre huvudsakliga principerna bakom konceptet är att försöka undvika att störa jorden, ha ett konstant marktäckande och tillämpa rotation av grödor eller blandbruk. Att göra så kan vara gynnsamt ur flera aspekter, bland annat genom att det ökar mullhalten. Detta ansågs av några av de intervjuade som ett viktigt verktyg för att hålla markfuktigheten jämn i både tid och rum. Någon av de intervjuade nämnde också att någon form av gemensam krishanteringsplan för kriser kopplade till klimatförändringar och extremt väder mellan lantbrukare, kommun och stat skulle kunna vara gynnsamt för samtliga parter.

Tabell 4 Huvudpunkter från intervjuerna. I den vänstra kolumnen visas påståenden som var återkommande under intervjuerna och som har en stark koppling till intervjufrågorna (se appendix 1). I den högra kolumnen finns en liten mer utveckling av påståendet i den vänstra och där finns de orsaker som flera av de intervjuade ansåg var anledningen bakom påståendet.

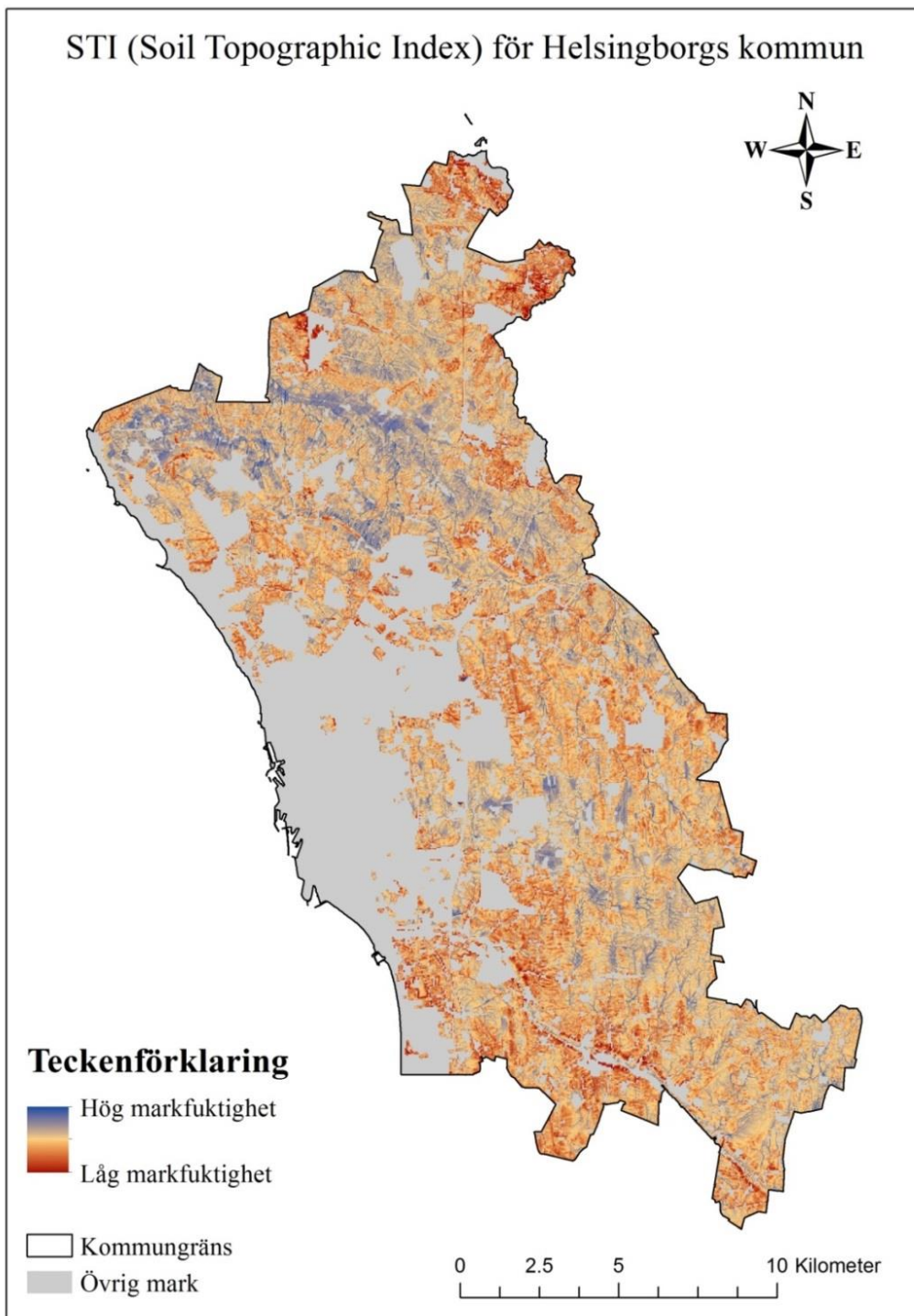
Återkommande påstående	Vidareutveckling av påståendet
<p>Markfuktigheten kan variera mycket vid ett och samma tillfälle, så väl inom kommunen som inom samma åker.</p> <p>(påståendet stöddes av i stort sätt samtliga intervjuade)</p>	<p>Återkommande nämnda tänkbara orsaker till skillnader i markfuktigheten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nederbördsmonster • Topografi • Jordart • Växlighet på åkern • Dräneringssystem
<p>Hög markfuktighet är ett återkommande problem i kommunen.</p> <p>(påståendet stöddes av ungefär hälften av de intervjuade)</p>	<p>Återkommande nämnda tänkbara orsaker till problem med hög markfuktigheten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Omfattande nederbörd • Depression i topografin (svacka) • Jordart med högt lerinnehåll • Underdimensionerat dräneringssystem • Underdimensionerad dagvattenhantering
<p>Låg markfuktighet är ett återkommande problem i kommunen.</p> <p>(påståendet stöddes av ungefär hälften av de intervjuade)</p>	<p>Återkommande nämnda tänkbara orsaker till problem med låg markfuktigheten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bristande nederbörd • Jordart med högt sandinnehåll
<p>Problem med hög markfuktighet blir allt mer omfattande.</p> <p>(påståendet stöddes av några av de intervjuade)</p>	<p>Återkommande nämnda tänkbara orsaker till ökade problem med hög markfuktigheten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Underdimensionerat dagvattensystem i kombination med allt fler hårdgjorda ytor • Mer omfattande skyfall
<p>Problem med låg markfuktighet blir allt mer omfattande.</p> <p>(påståendet stöddes av några av de intervjuade)</p>	<p>Återkommande nämnda tänkbara orsaker till ökade problem med låg markfuktigheten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förändringar i klimat och väder
<p>Problem med låg samt hög markfuktighet kan minskas med olika former av anpassningar.</p> <p>(påståendet stöddes av flera av de intervjuade)</p>	<p>Återkommande nämnda tänkbara anpassningar till låg samt hög markfuktighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anläggning av olika sorters dammar (bevattningsdam, fördröjningsdam och våtmark) • Samarbete mellan stat och lantbrukare

4.2 STI för kartläggning av markfuktighet och riskområden

Nedan visas kartor över det valda studieområdet, Helsingborgs kommun, baserade på STI samt en hot/cold spot analys för STI.

4.2.1 Karta baserad på STI

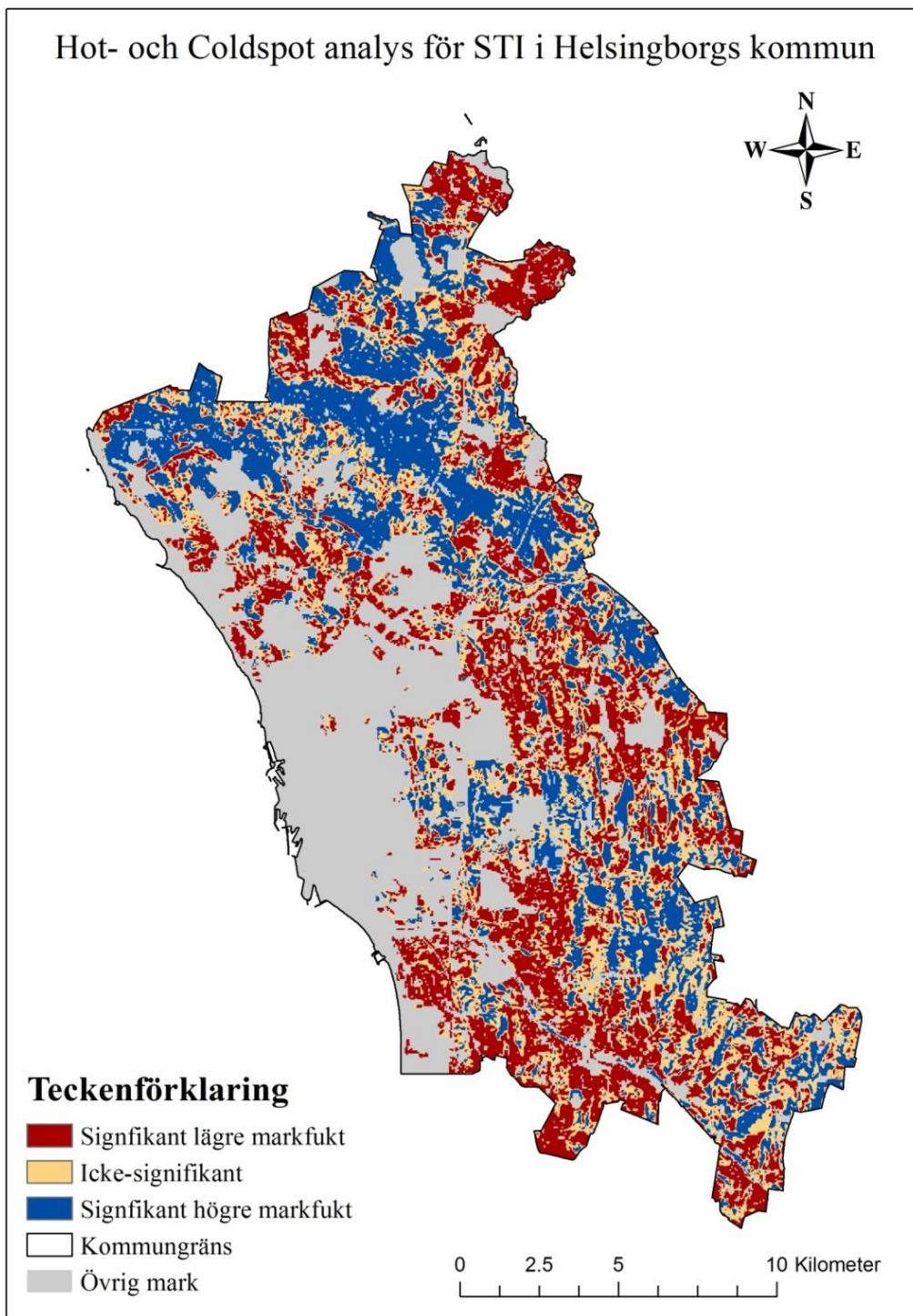
I figur 1 visas STI för jordbruksområden i Helsingborgs kommun. Varje cell, vilket motsvarar ett område på 10*10 meter, har fått ett index-värde och där efter en färg baserat på om beräknas ha generellt sätt lägre eller högre markfuktighet. Cellernas värde på skalan är ursprungligen enhetslösa index-värden mellan 0 och 26. Då STI har en positiv korrelation med markfuktigheten representerar lägre index-värde lägre markfuktighet och högre index-värde högre markfuktighet (Oiu et al, 2017). Detta innebär med andra ord att desto lägre index-värde pixeln har desto rödare färg har den och desto högre index-värde desto blåare är pixeln. Vilket i sin tur innebär att desto rödare färg pixeln har desto lägre markfuktigheten och desto blåare färg desto högre markfuktighet. I de orangea områdena antas markfuktigheten vara varken särskilt hög eller låg.



Figur 1 STI för Helsingborgs kommun. Kartan visar STI för jordbruksområden i Helsingborgs kommun. Varje cell, vilket motsvarar ett jordbruksområde på 10*10 meter, har fått ett värde på indexet. Ett högt värde motsvarar att cellen har hög markfuktighet och ett lågt värde motsvarar att cellen har låg markfuktighet. Då värdena är index-värden, vilka i sig själva inte innehåller någon information om markfuktigheten utan istället information om markfuktigheten relativt de andra cellerna, visar bara om cellen uppskattas ha hög eller låg markfuktighet.

4.2.2 Karta baserad på STI samt hot/cold spot analys

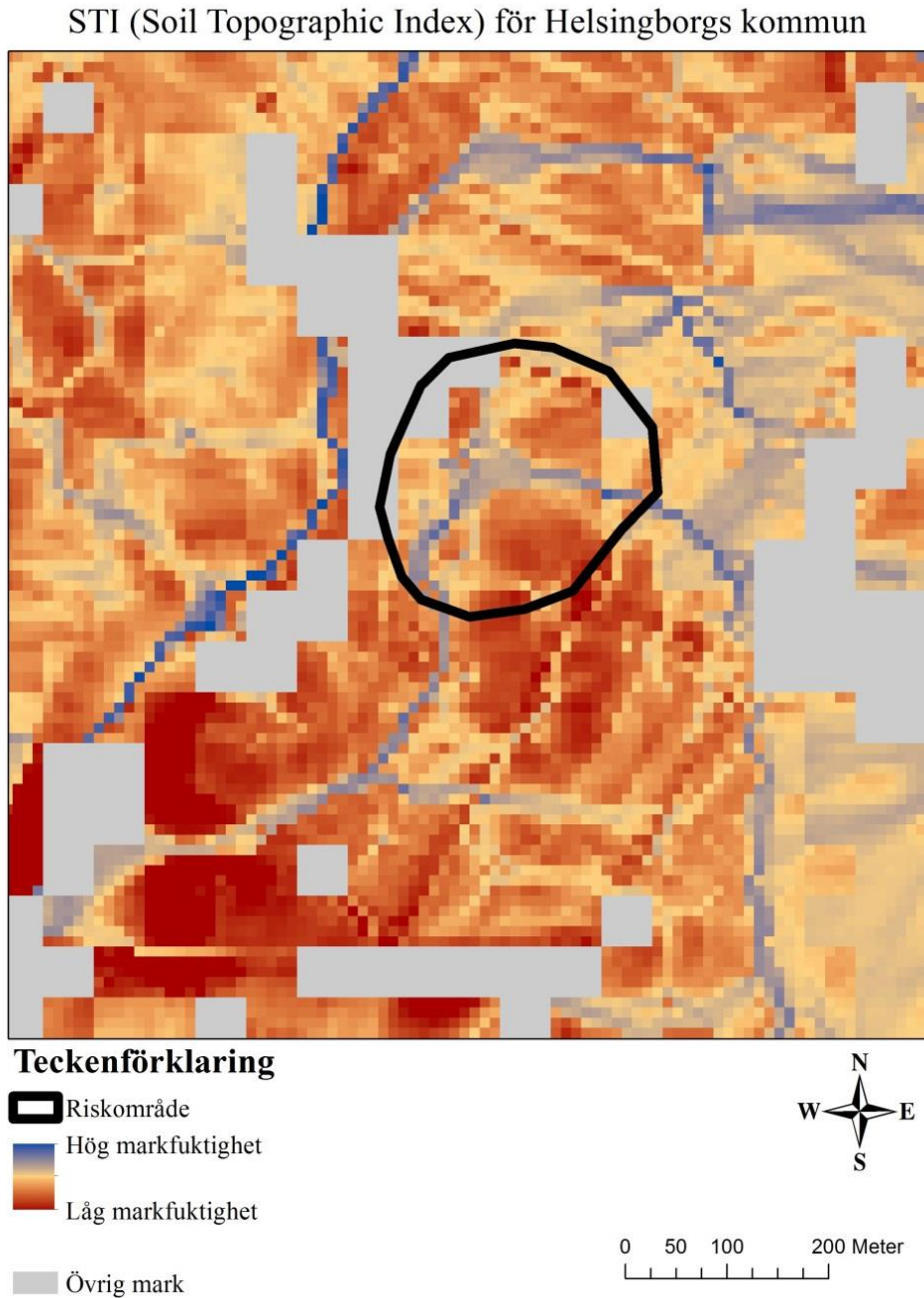
I figur 2 visas den hot/cold spot analys som gjordes för STI för jordbruksområde i Helsingborgs kommun. Kartan skapades för att tydligare kunna urskilja mönster i figur 1. Kartan innehåller tre klasser. Dessa är signifikant lägre markfukt (röd), signifikant högre markfukt (blå) samt områden som är icke-signifikanta (gul). De röda områdena är cold spots där STI-värdena är signifikant lägre än det genomsnittliga index-värdet för hela kartan. Detta innebär att dessa områden har generellt sätt låg markfuktighet. De blå områdena där STI-värden är signifikant högre än det genomsnittliga index-värdet för hela kartan. Detta innebär att dessa områden har generellt sätt hög markfuktighet. I de gula områdena, som varken är hot eller cold spots, är ingen av de två ovanstående grupperna signifikant.



Figur 2 Hot- och Coldspot analys för STI i Helsingborgs kommun. Kartan visar den generella markfuktigheten i kommunen, där varje pixel motsvarar ett jordbruksområde på 10*10 meter. Kartan är baserad på STI samt en hot/cold spot analys. Hot spot motsvarar i detta fall större områden där mycket vatten tenderar att ansamlas och områden med en signifikant högre markfuktighet än genomsnittet för kommunen. Cold spot motsvarar i detta fall större områden där vatten tenderar att inte ansamlas och med en signifikant lägre markfuktighet än genomsnittet för kommunen. För de icke-signifikanta områdena antas markfuktigheten vara varken särskilt hög eller låg. Alternativt vara ha områden med hög samt låg markfuktighet nära inpå varandra. De tre olika områdena utgör ca en tredjedel var.

4.2.3 Exempel - Karta baserad på STI

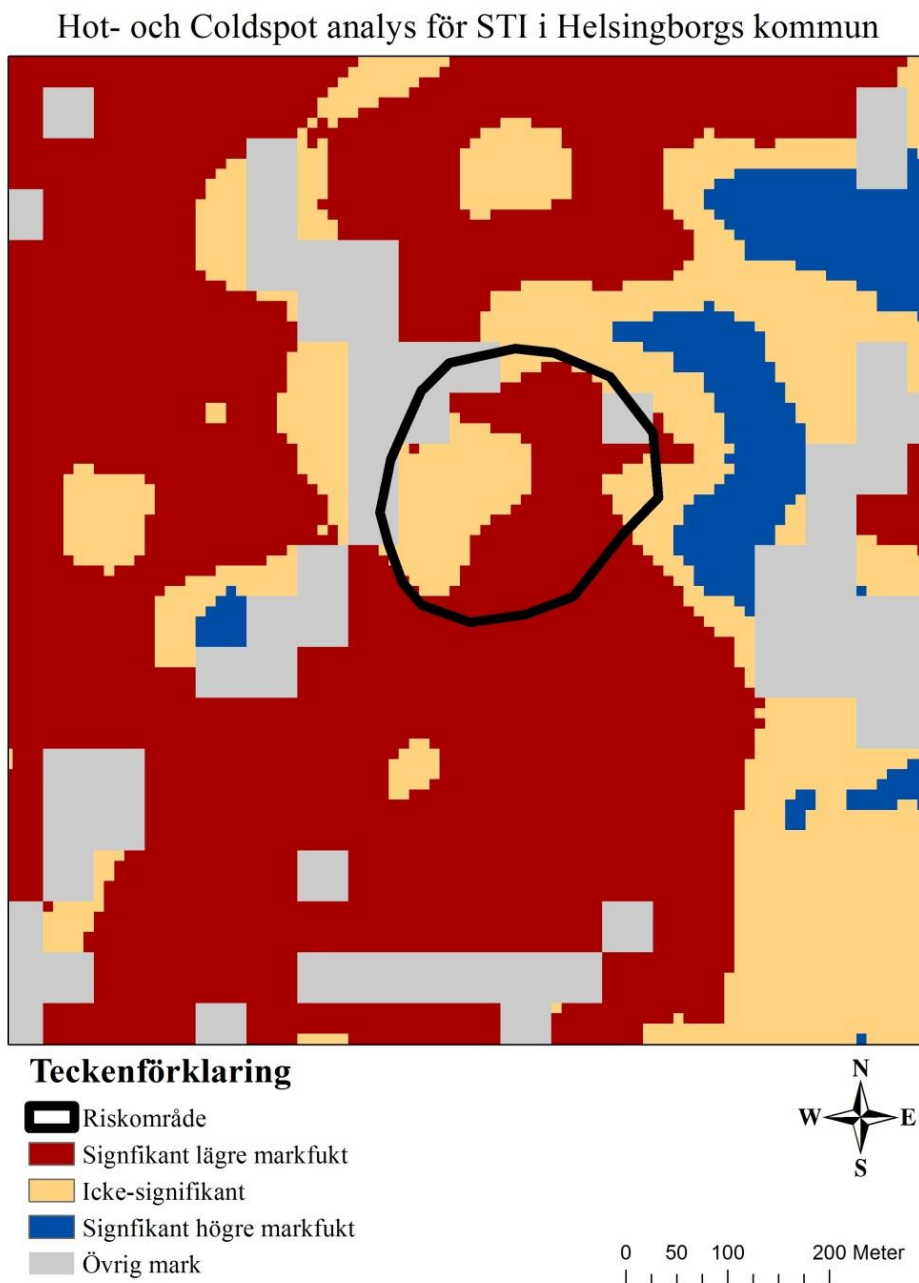
Nedan i figur 3 visas ett inzoomat område på kartan baserat på STI (figur 1). Figuren visar även ett av de riskområden som karterades under en av intervjuerna.



Figur 3 STI och ett karterat riskområde för Helsingborgs kommun. Kartan visar ett riskområde som har blivit karterat i en av intervjuerna. Området ritades på en karta och har sedan digitaliserats. Detta specifika riskområde ansågs vara ett riskområde för en mycket hög markfuktighet.

4.2.4 Exempel - Karta baserad på STI och hot/cold spot analys

Nedan i figur 4 visas ett inzoomat område på kartan baserat på STI och hot/cold spot analys (figur 2). Figuren visar även ett av de riskområden som karterades under en av intervjuerna. Detta riskområde är det samma som i figur 3.



Figur 2 Hot- Coldspot analys för STI och ett karterat riskområde för Helsingborgs kommun. Kartan visar ett riskområde som har blivit utpekad i en av intervjuerna. Området ritades på en karta och har sedan digitaliserats. Detta specifika riskområde ansågs vara ett riskområde för en mycket hög markfuktighet. Detta är samma riskområde som i figur 3.

4.3 Utvärdering av STI

4.3.1 Genom kartering av riskområden

De områden som karterades som riskområden genom intervjuerna betraktas i denna rapport som verifierade riskområden för antingen en för hög eller låg markfuktighet.

4.3.1.1 Karta baserad på STI

De karterade riskområdena används för utvärdering av figur 1 genom ett Mann Whitney U test. Nedan visas utvärderingen av kartan i figur 1. Som nämnt i metoden utvärderas kartan med hjälp av ett Mann U Whitney test. Då U understiger det kritiska värdet för U innebär det att nollhypotesen kan förkastas. Mer specifikt innebär det att gruppen med riskområden för en för låg markfuktighet har signifikant annorlunda index-värden än gruppen med riskområden för en för hög markfuktighet. Resultatet av funktionen ranksum i Matlab visade att nollhypotesen kunde förkastas.

4.3.1.2 Karta baserad på STI och hot/cold spot analys

För att utvärdera kartan (figur 2) gjordes en *förväxlingsmatrix*. Resultatet av det kan ses nedan i tabell 5. I matrixen jämfördes de karterade riskområden för en hög markfuktighet och en låg markfuktighet mot klasserna signifikant lägre markfukt och signifikant högre markfukt i kartan. Om klassificering är korrekt antas alla de karterade riskområden för en hög markfuktighet befinna sig i klassen signifikant högre markfukt och de karterade riskområden för en låg markfuktighet befinna sig i klassen signifikant lägre markfukt. I kartan finns klassen även icke signifikanta områden. Denna klass kunde inte användas i matrixen eftersom någon motsvarande klass genom intervjuerna eller på något annat sätt inte fanns verifierade. Sammanlagt befann sig 7 av de utpekade riskområdena på icke signifikanta områden.

Tabell 5 Förväxlingsmatrix. Tabellen visar ett förväxlingsmatrix för kartan där en hot/cold spot analys över riskområden har gjorts. Horisontellt visas klassificeringen gjord genom utpekning av riskområde från intervjuerna. Dessa antas vara representera verkligheten. Vertikalt visas klassificeringen gjord genom hot/cold spot analysen för STI.

Klass	Hög markfukt	Låg markfukt	Totalt
Hög markfukt	13	5	18
Låg markfukt	0	5	5
Totalt	13	10	23

Med hjälp av ovanstående matrix kan den totala noggrannheten utvärderas. Detta görs genom att dividera antalet korrekt klassificerade områden med det totala antalet observationer (Deng, 2016). Observationerna motsvaras här av de karterade riskområdena (av de som inte befann sig på ett icke-signifikant område). Det totala antalet korrekt klassificerade områden är 18 stycken. Det totala antalet klassificerade områden är 23 stycken. Det gör den totala noggrannheten till 78 % ($18/23 \approx 0.78$).

4.3.2 Genom TDR-mätningar av markfuktigheten

Under en dag gjordes 30 stycken mätningar av markfuktigheten med hjälp av en TDR-mätare. Dessa mätningar gjordes på slumpmässigt utvalda platser i åkermark i Helsingborgs kommun.

Senare kunde värdena från TDR-mätaren räknas om till markfuktighet i procent för varje plats. Tyvärr avvek flera markfuktighetsvärden från förväntade typvärden för vissa av platserna. Framst verkade mätvärdena på de något mer leriga jordarna blivit missvisande samt jordar som var mycket vattenfyllda. I samband med mätningarna togs bilder av varje plats. Dessa bilder visar att för flera platser där markfuktigheten borde ha varit väldigt hög har markfuktigheten observerats vara väldigt låg. Då misstankar uppstod om att mätningarna av markfuktigheten inte speglade den verkliga markfuktigheten bra valdes dessa värden att inte användas för utvärdering av STI.

5 Diskussion

Nedan följer en diskussion kring de huvudsakliga frågeställningar och resultat som rapporten hanterar.

5.1 Markfuktighet och risker för en extrem markfuktighet

5.1.1 Risker för en extrem markfuktighet idag

Nedan besvaras följande frågeställning: *Hur ser riskerna ut för en extrem markfuktighet i jordbruksmark inom Helsingborgs kommun idag?*

I intervjuer med personer som har kunskap om jordbruket och markfuktigheten i kommunen framkom att det finns viss risk för en extrem markfuktighet i dagens läge. Både en markfuktighet som är lägre än önskvärt och en markfuktighet som är högre än önskvärt uppstår emellanåt hos lantbrukare i kommunen. Hur problemen ter sig kan dock skilja sig mycket mellan åkrar, lantbruk och olika i delar av kommunen. Hur problemen blir beror också på vilka grödor som odlas då olika grödor efterfrågar olika markfuktighet. Lantbrukare är vana vid att anpassa sig efter lantbrukets förutsättningar och vädrets svängningar. Att anpassa sig till de mer extrema väderhändelserna och markfuktigheterna kan dock vara något svårare. Ett exempel på det kan ses från hösten 2017 då många lantbruk i Helsingborgs kommun hade problem att hantera den mycket höga markfuktigheten.

Det finns flera parametrar som påverkar markfuktigheten och där med risken att drabbas av en extrem markfuktighet. Topografi och jordens textur lyfts i intervjuerna fram som de viktigaste parametrarna. Det framkom att sandiga jordar ansågs vara mer utsatta för risk för låg markfuktighet medan leriga jordar ansågs vara mer utsatta för risk för hög markfuktighet. Även svackorna lyftes fram som potentiella riskområden för en hög markfuktighet. Att parametrarna topografi och jordens textur är av mycket stor betydelse för markfuktigheten stöds även av flera andra tidigare forskningsstudier. Flera forskningsstudier har funnit att jordens textur har stor betydelse för markfuktigheten (Orfanus och Eitzinger, 2010; Wang et al, 2017). Det samma gäller topografin (Hawley et al, 1982; Qiu et al, 2013). Även andra faktorer t.ex. djupet på det underliggande grundvattnet har visat sig kunna ha betydelse (Zipper et al, 2015). Denna parameter nämns även i en av intervjuerna. I intervjuerna ansågs också jorddjup, dränering, mullhalt, alv, gröda och sätt att bruka jorden vara faktorer som påverkar markfuktigheten och där med risken för extrem markfuktighet i det valda studieområdet. Att nederbörden och nederbördsmönster kan skilja sig mycket inom kommunen är bidragande faktor till att markfuktigheten också kan skilja stort i olika delar av kommunen. Det resulterar även i att vissa områden i kommunen har större risk för en låg markfuktighet, medan andra områden har större risk för en hög markfuktighet.

5.1.2 Risker för en extrem markfuktighet i framtiden

Nedan besvaras följande frågeställning: *Hur kommer riskerna för en extrem markfuktighet i jordbruksmark inom Helsingborgs kommun förändras med ett förändrat klimat?*

Flera av de parametrar som har stor påverkan markfuktigheten i det valda studieområdet, så som topografi och jordart, är relativt konstanta. Då dem är konstanta görs antagande om att det är ofta samma plaster som drabbas på samma sätt. Med detta i åtanke riskerar dagens riskområden att också vara riskområden i framtiden. Till följd av klimatförändringarna kan dessa riskområden även bli extra utsatta. Forskning visar att i Helsingborgs kommun kommer tillfällena med extrem markfuktighet, både hög och låg, bli vanligare (Hall et al, 2015). Detta till följd av förändrade temperaturer, nederbördsmonster och fler extrema väderhändelser (Hall et al, 2015).

Även om tidsperspektiven är relativt långa, så är det inte fel att redan nu planera för att klimatförändringarna kommer att ge påverkan på jordbruket (Svensson et al, 2007). Det finns möjliga klimatanpassningsåtgärder, både som den enskilde lantbrukare kan göra och som samhället kan göra. Beroende på om, hur och var klimatanpassningsåtgärder görs kan de framtida riskerna för extrem markfuktighet påverkas mycket.

Några klimatanpassningsåtgärder som den enskilde lantbrukaren eventuellt hade kunnat göra nämndes under intervjuerna. Exempel på dessa är mer omfattande underhåll eller utbyggnad av dräneringen, mer omfattande bevattning eller inskaffandet av någon form av bevattning, nya grödor eller nya varianter av samma slags grödor samt nya odlingstekniker. Några klimatanpassningsåtgärder som samhällsaktörer, som till exempel kommun, eventuellt hade kunnat göra nämndes också under intervjuerna. Ett exempel på detta var att anlägga våtmarker eller någon form av fördröjningsdamm i landskapet. Att samhällsaktörer och berörda lantbrukare har en god dialog och planering tillsammans lyfte flera av de intervjuade som ett viktigt verktyg för att minska risken för en extrem markfuktighet.

Många klimatanpassningsåtgärder är inte möjliga eller lämpliga för många områden, men kanske för några av riskområdena. Sådana åtgärder kan minimera de negativa konsekvenserna av klimatförändringarna och högre utsträckning låta lantbrukare ta del av de förändringar som kan vara positiva för jordbruket. För att veta vilka och var dessa klimatanpassningsåtgärder bör riktas kan troligtvis en markfuktighetskarta vara till hjälp.

5.2 Identifiering av riskområden med hjälp av STI

Nedan besvaras följande frågeställning: *Vilka områden inom Helsingborgs kommun kan med hjälp av STI identifieras som riskområden för en hög respektive låg markfuktighet?*

För att förstå hur riskerna för en extrem markfuktighet är i det valda studieområdet används det hydrologiska indexet STI. Genom att använda sig av parametrarna topografi, jorddjup samt jordens mättade hydrauliska konduktivitet beräknar STI vattnets generella mönster med flöde och ansamling i landskapet (Qiu et al, 2017). Att just detta index väljs beror på att STI i flera studier har visat sig användbart för att modellera markfuktighetsmönster i jordbruksområden

(Buchanan et al, 2014; Qiu et al, 2017). Att använda sig av ett index som använder sig av parametrarna topografi, jordens textur samt jorddjup var även i linje med den information som samlades in om markfuktigheten i det valda studieområdet i intervjuerna. Detta då topografien är en viktig del av indexet och utgör även grunden till det (Qiu et al, 2017). Jordens textur användes också indirekt av indexet då jordens textur-klass och dess mättade hydrauliska konduktivitet har visat sig ha en korrelation (Clapp och Hornberg, 1978). Indexet använder sig också av jorddjupet, vilket också nämndes som en påverkande faktor under en av intervjuerna. Resultatet av indexet producerades i form av en karta, vilken kan ses i figur 1.

I den producerade kartan över jordbruksområden med STI (figur 1) går det att se markfuktighetsmönster över hela kommunen. Genom att kartlägga de generella markfuktighetsmönstren för det valda studieområdet kan slutsatser om risker och riskområden för en extrem markfuktighet dras. Antagande görs om att de områden som generellt sett har låg markfuktighet löper större risk att drabbas av en extremt låg markfuktighet. Antagande görs också om att de områden som generellt sett har hög markfuktighet löper större risk av att drabbas av en extremt hög markfuktighet. Detta gör att större områden med mycket blått eller alternativt små områden med en stark blå färg är troliga riskområden för en högre markfuktighet än önskvärd i jordbruket. Att denna slutsats är rimligt stöds även av annan forskning då mycket likande index, exempelvis andra varianter av TWI, har visat sig vara lämpliga för att identifiera riskområden för en mycket hög ansamling av vatten (Pourali et al, 2014). Detta gör också att större områden med mycket rött eller alternativt små områden med en stark röd färg är troliga riskområden för en markfuktighet lägre än önskvärd i jordbruksområden. Att använda denna typ av index för att identifiera riskområden där ansamlingen av vatten tenderar att bli extremt låg har däremot inte gjort i samma utsträckning. Dock har ett mycket likande index visat sig ha en god korrelation mellan indexets låga värden och låg markfuktighet samt risk för torka (Muukkonen et al, 2014).

Ibland uppstår dock svårigheter när man ska identifiera mönster eller områden visuellt. För att tydligare kunna dra slutsatser och få en mer övergripande bild för markfuktigheten i kommunen gjordes en hot/cold spot analys (mer specifikt Getis-Ord G_i^*) på den karta som hade producerats (figur 1). Genom att använda Getis-Ord G_i^* hot/cold spot analys kan en klassificering göras, vilken tydligt lyfter fram olikheterna i landskapet (Ghimire et al, 2010). Med andra ord skapades ytterligare karta över markfuktighetsmönster i kommunen, vilken både baseras på STI och en hot/cold spot analys. Syftet med denna karta var i huvudsak att ge en bättre överblick över markfuktighetsmönster i kommunen. Då kartan bara har tre klasser är det därför inte möjligt att urskilja specifika riskområden på samma sätt i denna karta, som i den andra kartan (figur 1). Det är dock troligt att de områden som enligt klassificeringen har signifikant lägre markfuktighet har större risk av att drabbas av en för låg markfuktighet (röd) och att de områden som enligt klassificeringen har signifikant högre markfuktighet (blå) har större risk av att drabbas av en för hög markfuktighet.

5.3 Utvärdering av STI

Nedan besvaras följande frågeställning: *Hur bra fungerar STI för att identifiera riskområden för extrem markfuktighet?*

För att besvara frågan diskuteras först den metod som användes för utvärdering och sedan diskuteras hur bra de två kartorna baserade på STI (figur 1 och figur 2) identifierar riskområden för extrem markfuktighet. Avslutningsvis görs även en kort jämförelse mellan de två kartorna.

5.3.1 Val av utvärdering

Utvärderingen av de två kartorna, figur 1 och figur 2, görs genom att använda de områden som har riskområden som karterats i samband med intervjuerna. Denna metod kunde inte hittas i tidigare forskningstudier. Trots detta antas det vara en lämplig metod för att utvärdera hur väl kartorna med STI beskriver markfuktighetsmönster och identifierar riskområden för en extrem markfuktighet. Argumenten bakom varför detta skulle vara en lämplig metod för utvärdering är flera. Det viktigaste argumentet är att de som har blivit intervjuade och sedan har identifierat riskområden är personer med mycket stor kunskap om markfuktigheten i jordbruksområdena. Då den stora majoriteten av de intervjuade var lantbrukare och har brukat jorden under en lång tid har de haft goda möjligheter att studera markfuktigheten där. Även om kanske inte direkta markfuktighetsmätningar har gjorts så är sådant som grödornas mående och jordbruksmaskinerna framfart viktiga ledtrådar om markfuktigheten. Även fenomen som vattenspeglar och torksprickor är indikatorer på markfuktigheten. Genom att bruka ett jordbruksområde under en längre period antas man få en väldigt god förståelse för markfuktigheten och få ökad förmåga att urskilja markfuktighetsmönster i landskapet. För de riskområdena som är karterade på den jordbruksmark som de intervjuade själva brukar bör det finnas en lång och omfattande kontinuitet av observationer, direkta eller indirekta, av markfuktigheten. Dessa många observationer är ofta på så sätt gjorda under ett så pass långt tidsspänn, att man som forskare har svårt att få tag i något motsvarande med andra metoder. Speciellt svårt kan det vara då markfuktighet inte tenderar att mätas i någon omfattande utsträckning i Sverige (SMHI, 2017c). Även om vissa av de karterade riskområdena inte har befunnit sig på den mark som de intervjuade brukar antas de karterade riskområdena fortfarande vara trovärdiga. Detta då de utpekade riskområdena har befunnit sig i närheten av de intervjuade, vilket gör det möjligt att observera dem också samt att man ofta utbyter erfarenheter med andra lantbrukare i närheten. Det största troliga problem med att använda de karterade riskområdena var att de bara på grund av studiens begränsade tid bara lyckades insamla 30 stycken sådana samt att den stora majoriteten av områdena var utpekade riskområden för hög markfuktighet. Fler karterade riskområden, speciellt för låg markfuktighet, hade givit en ännu bättre möjlighet till utvärdering. Ett annat problem med de karterade riskområdena var att de befann sig i huvudsak identifierade i södra delen av kommunen, vilket gör utvärderingen bäst lämpad för den delen och eventuellt mindre lämpad för norra delen. Trots potentiella felkällor talar mycket för att detta skulle vara en lämplig metod för utvärdering av de två kartorna. Då de riskområdena som karterats genom

intervjuer antas vara lämpliga att använda som någon form av verklighetsbaserad data, utvärderas de två producerade kartorna baserade på STI med det.

Ett betydligt vanligare sätt att utvärdera STI och hur bra det beskrivet markfuktighetsmönster i ett landskap, än ovannämnda, är att göra markfuktighetsmätningar med en TDR-mätare (Qiu et al, 2017). Sådana mätningar gjordes även för denna studie. Tyvärr fanns det misstankar om att de uppmätta värdena inte stämde, vilket innebar att dessa inte användes för utvärdering. Om kalibreringen av TDR-mätaren varit mer anpassad till de jordar som mätes skulle kanske bättre resultat uppnås. Kanske är det också möjligt att TDR-mätaren inte är anpassad till mycket vattenmättade jordar, vilket det var vid tillfället som mätningarna gjordes. Om de uppmätta värdena på markfuktighet dock hade kunnat användas, hade de kunnat vara ett viktigt komplement till utvärderingen med de utpekade riskområdena. De uppmätta värdena med TDR-mätaren skulle kanske främst vara ett komplement till de utpekade riskområdena, då dessa markfuktighetsvärden antas vara relativt påverkade av tillfälliga faktorer, t.ex. marktäckning och lokal nederbörd.

5.3.2 Karta baserad på STI

STI har i tidigare studier visat sig bra beskriva markfuktighetsmönstren i jordbruksområden (Buchanan et al, 2014; Qiu et al, 2017). Dock är naturligtvis modellen en förenkling av verkligheten, vilket gör att indexet dock inte tar hänsyn till alla påverkande parametrar. Några av dessa parametrar, vilka nämndes i intervjuerna, är till exempel gröda och sätt att bruka jorden. Dessa parametrar kan vara av stor betydelse för markfuktigheten vid ett specifikt tillfälle. Huvudsyftet med att använda STI var dock att förstå de mer generella markfuktighetsmönstren i kommunen. Därför antas det också rimligt att fokus är på de parametrar som är mer konstanta i tid (så som topografi, jorddjup och jordens textur). Några parametrar som dock är något mer konstanta, vilka nämndes som påverkande på markfuktigheten i intervjuerna, är bland annat dränering och mullhalt. Det är möjligt att om indexet även hade tagit hänsyn till de parametrarna hade indexet var ännu mer verklighetstroget.

Några andra potentiella felkällor är den GIS-data som användes i modellen. Den DEM som skapades hade ursprungligen en upplösning på 1 meter. Då det blev väldigt svårt att arbeta med den stora mängden data så skalades rasterstorleken upp till 10 meter. Studier har visat att en mindre upplösning tenderar att ge ett mer verklighetstroget resultat. Detta samband har också visat sig stämma för en upplösning på under 10 meter (Buchanan et al, 2014), vilket gör att resultatet troligtvis hade varit ännu bättre om 1 meters rasterstorlek hade kunnat behållas. Dock kan det vara mer lämpligt att använda en rasterstorlek på 10 meter hänsyn till de riskområden som karterades. När dessa karterades så har troligtvis flera riskområden en lägesnoggrannhet med avvikelser på mer än 10 meter. Därför kan det vara lämpligt att rasterstorleken inte är allt för hög. När det gäller den digitala åkermarkskartan så har den visat ha ett relativt lågt medelfel, även om det kan finnas större lokala avvikelser (Söderström och Piikki, 2016). Dock finns det risk för att den mättade hydrauliska konduktiviteten är något förenklad och kan eventuellt på så sätt vara en felkälla. En trolig felkälla när det kommer till användandet av data för jorddjup är att STI

egentligen ska baseras på det översta lagrets jorddjup. Sådana data fanns tyvärr inte att tillgå. Istället används SGUs jorddjupslager där det totala jorddjupet oftast visas (SGU, 2017).

En utvärdering av kartan visar dock att felkällorna inte har fått allt för stor inverkan och att kartan relativt väl speglar markfuktighetsmönstret i landskapet samt identifierar riskområden för en extrem markfuktighet. Vid utvärderingen jämfördes medelvärdet för varje karterat riskområde med varandra. Genom att använda ett Mann Whitney U test påvisades att det fanns en signifikant skillnad mellan värden i riskområdena som ansågs ha risk för låg markfuktighet och med värden i riskområdena som ansågs ha risk för hög markfuktighet. Som förväntat var värden i riskområdena som ansågs ha risk för låg markfuktighet signifikant lägre än de värden i riskområdena som ansågs ha risk för hög markfuktighet. Detta resultat ger indikationer om att STI speglar verklighetens generella markfuktighetsmönster för det valda studieområdet. Därför är det troligt att områden som har höga index-värden, det vill säga är mycket blåa på kartan, kan vara riskområden för en hög markfuktighet. Områden som har låga indexvärden, det vill säga är mycket röda på kartan, kan vara riskområden för en låg markfuktighet. Kartan skulle därför kunna bli ett verktyg för att förstå det generella markfuktighetsmönstret och kunna få en uppfattning om var de mest betydande riskområdena för en extrem markfuktighet kan befinna sig.

5.3.3 Karta baserad på STI och hot/cold spot analys

Samma karterade riskområden användes också för att utvärdera hur pass bra kartan identifierar riskområden för en extrem markfuktighet är baserat på STI och där sedan en hot/cold spot analys har gjorts (figur 2). Till utvärdering användes en *förväxlingsmatrix*. De riskområden som karterats av de intervjuade för hög markfuktighet antogs vara representativa för gruppen signifikant hög markfuktighet. De riskområden som karterats av de intervjuade för låg markfuktighet antogs vara representativa för gruppen signifikant låg markfuktighet. Resultatet av *förväxlingsmatrix* ger en total noggrannhet på 78 % för klassificeringen. Detta ger en indikation på att kartan relativt väl speglar vilka delar av studieområdet som generellt sätt har låg eller hög markfuktighet. Kartan beskriver dock inte hur pass låg eller hur pass hög markfuktigheten tenderar att varar i området, vilket kan göra spannet ganska stort. Därför är det svårt att dra några allt för stora slutsatser om riskområden för en extrem markfuktighet. Det är dock troligt att de områden som har fått klassen signifikant lägre markfuktig har generellt sätt större risk att drabbas av en för låg markfuktighet och att de områden som har fått klassen signifikant högre markfukt har generellt sätt större risk av att drabbas av en för hög markfuktighet. Det är svårt att dra någon slutsats om hur markfuktigheten ser ut på de områden vilka har klassats som icke signifikanta områden. De kan både vara områden där markfuktigheten kanske är varken hög eller låg. De kan kanske också vara områden med stor variation i markfuktigheten på korta avstånd. De utpekade riskområdena för extrem markfuktighet som hamnade i klassen för icke signifikanta områden användes inte i *förväxlingsmatrixen*. Detta kan ses som en potentiell felkälla.

5.3.4 Jämförelse mellan de två kartorna

Trots de eventuella felkällorna visar utvärderingarna av de två kartorna, figur 1 och figur 2, att de relativt väl speglar markfuktighetsmönster i studieområdet. Det är dock troligt att tillämpningen av de båda kartorna skiljer sig något. Figur 1 beskriver troligtvis verklighetens markfuktighetsmönster betydligt bättre och mer detaljerat, vilket gör den bättre för att identifiera specifika riskområden. Figur 2 lämpar sig troligtvis bättre för en snabb överblick och visar mer generellt var låg samt hög markfuktighet kan uppstå. Ett exempel som stöder denna hypotes kan ses i figur 3 och figur 4. De båda kartorna visar samma riskområde, vilket under en intervju karterades som ett riskområde för hög markfuktighet. I figur 3, vars bakgrund visar kartan baserat på STI, verkar det finnas ett område i den övrigt ganska torra jorden som är blötare och där vatten tenderar att ansamlas. I figur 4, vars bakgrund visar kartan baserat på STI samt en hot/cold spot analys, syns dock inte detta blöta område. Istället har denna karta generaliserats så pass mycket att detta blöta område har försvunnit.

5.4 Vidare studier

De två markfuktighetskartorna som har producerats med hjälp av STI, figur 1 och figur 2, ger en överblick för kommunens generella markfuktighetsmönster. Kartan i figur 1 kan även användas som ett verktyg för att identifiera riskområden för en extrem markfuktighet. Utvärdering av de två kartorna visar att de relativt väl speglar verklighetens markfuktighetsmönster. En kvantitativ utvärdering hade dock kunnat ge ytterligare värdefull information om hur pass bra kartorna beskriver markfuktigheten i jordbruksområdena samt ett värde på markfuktigheten. En sådan utvärdering kan vara i form av TDR-mätningar. En fungerande och utökad TDR-undersökning hade kunnat vara ett värdefullt sätt att ytterligare utvärdera kartornas trovärdighet.

För att bättre förstå riskerna och identifiera riskområdena bör närmare studier av väder och klimat göras. I intervjuerna framkom att olika delar av kommunen kan påverkas relativt olika av vädret. Klimatförändringarna kan också komma att påverka olika delar av kommunen på olika sätt, även om det i nuläget är svårt att dra några slutsatser om sådant (Hall et al, 2015).

Markfuktighetskartan baserad på STI tillsammans med denna typ av information skulle ytterligare öka förståelse för riskerna för en extrem markfuktighet i riskområden och i olika delar av kommunen.

6 Slutsatser

Markfuktigheten har en mycket betydelsefull roll i jordbruket och för de grödor som odlas där. Att ha en lämplig markfuktighet, som inte är för låg eller hög, är därför av största vikt. För det valda studieområdet, Helsingborgs kommun, finns där ibland både tillfällen när markfuktigheten är för låg samt när den är för hög. På grund av klimatförändringarna förväntas dessa tillfällen bli mer omfattande och frekventa. Hur olika områden inom kommunen påverkas och hur utsatta de är beror bland annat på faktorer som topografi, jordens textur och jorddjup. Genom användandet av GIS och det hydrologiska indexet STI, vilket baseras på dessa nämnda faktorer, produceras en karta som beskriver de generella markfuktighetsmönstren över kommunen. Utvärdering av kartan gjordes genom att riskområden för en hög eller låg markfuktighet karteras av personer med god kunskap om markfuktigheten i kommunen. Resultatet visar att STI relativt väl redogör för det generella markfuktighetsmönstret och identifierar riskområden för extrem markfuktighet i kommunen. Detta eftersom indexvärden i de områden som är riskområden för låg markfuktighet är betydligt lägre än indexvärden i riskområden för hög markfuktighet. Ett Mann Whitney U test bekräftade att skillnaden var signifikant. Genom att applicera en hot/cold spot analys på kartan med STI kunde ytterligare en karta produceras där markfuktigheten delas in i tre olika klasser (signifikant lägre markfukt, signifikant högre markfukt samt icke signifikanta områden). En jämförelse mellan klasserna och de karterade riskområdena med hjälp av en *förväxlingsmatrix* påvisade en total noggrannhet på 78 %. Då kartan bara består av tre klasser är det svårt att identifiera specifika riskområden för extrem markfuktighet. Kartan fungerar troligtvis bättre för att förstå mer generella mönster och risker. Förhoppning finns om de båda kartorna kan bli ett verktyg för att identifiera riskområden för extrem markfuktighet och att det kan användas för lämpliga klimatanpassningsåtgärder. STI har visat sig kunna vara ett verktyg för att bättre förstå markfuktigheten i ett område och för att bättre kunna förstå hur riskerna för en extrem markfuktighet är i området.

Referenser

- Beven, K. & Kirkby, M. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24:1, 43-69, DOI: 10.1080/02626667909491834
- Buchanan, P. Fleming, M. Schneider, R. Richards, B. Archibald, J. Qiu, Z. & Walter, M. 2014. Evaluating topographic wetness indices across central New York agricultural landscapes. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol 18, Iss 8, Pp 3279-3299, DOI: 10.5194/hess-18-3279-2014
- Bärring, L. Eklundh, L. Harrie, L. Lankreijer, H. Lindroth, A. Mårtensson, U. Mölder, M. Schubert, P. & Smith, B. 2010. Naturgeografisk Teori och Metodik.
- Clapp, R. & Hornberger, G. 1978. Empirical equations for some soil hydraulic properties. *Water ResourRes.* 1 4(4), 601-604
- Deng, X. Liub, Q. Deng, Y. & Mahadevand, S. 2016. An improved method to construct basic probability assignment based on the förväxlingsmatris for classification problem. *Information Sciences* 340-341:250-261 DOI:10.1016/j.ins.2016.01.033
- Emerson, R. 2016. Parametric Tests, Their Nonparametric Alternatives, and Degrees of Freedom. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, September-October 2016
- Enghag, O. Hagerberg, A. Jakowlew, G. Sundin, S. Waldner, J. & Wallentin, J. ND. Jordbruket och väderrelaterade störningar-Konsekvenser av översvämningar för växtodling och djurhållning. Jordbruksverket
- ESRI. How Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^*) works. Hämtad 17/11-2017 från <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-hot-spot-analysis-getis-ord-gi-spatial-stati.htm>
- Farooq, M. Wahid, A. Kobayashi, N. Fujita; D. & Basra, S. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29 (2009) 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021
- Freeman, G. 1991. Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid, *Comput. Geosci.*, 17, 413–422, doi:10.1016/0098-3004(91)90048-I
- Ganguly, K. Kumar, R. Reddy, M. Rao, J. Saxena, M. & Shankar, R. 2017. Optimization of spatial statistical approaches to identify land use/land cover change hot spots of Pune region of Maharashtra using remote sensing and GIS techniques, *Geocarto International*, 32:7, 777-796, DOI: 10.1080/10106049.2016.1178813
- Getis, A. & Ord, JK. 1992. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*. 24:189–206

- Ghimire, B. Rogan, J. & Miller, J. 2010. Contextual land-cover classification: incorporating spatial dependence in land-cover classification models using random forests and the Getis statistic, *Remote Sensing Letters*, 1:1, 45-54, DOI: 10.1080/01431160903252327
- Hall, M. Lund, E & Rummukainen, M (red). 2015. Klimatsäkrat Skåne. CEC Rapport Nr 02. Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet. ISBN 978-91-981577-4-1
- Harris, N. Goldman, E. Gabris, C. Nordling, J. Minnemeyer, S. Ansari, S. Lippmann, M. Bennett, L. Raad, M. Hansen, M & Potapov, P. Using spatial statistics to identify emerging hot spots of forest loss. *Environ. Res. Lett.* 12 024012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5a2f>
- Hawley, M. Jackson, T. & McCuen, R. 1983. Surface soil moisture variation on small agricultural watersheds. *Journal of Hydrology*, April 1983, 62(1-4):179-200, DOI: 10.1016/0022-1694(83)90102-6
- Hébrard, O. Voltz, M. Andrieux, P. Moussa, R. 2006. Spatio-temporal distribution of soil surface moisture in a heterogeneously farmed Mediterranean catchment. *Journal of Hydrology* 2006 329(1):110-121 DOI:10.1016/j.jhydrol.2006.02.012
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Jordbruksverket. 2009. Klimatförändringarna och bevakningen.
- Juhola, S. Klein, N. Kayhk, J. & Schmid Neset, T. 2017. Climate change transformations in Nordic agriculture? *Journal of Rural Studies* April 2017 51:28-36 DOI 10.1016/j.jrurstud.2017.01.013
- Klimatanpassningsportalen. Jordbruk. Hämtad 27/9-2017 från <http://www.klimatanpassning.se/hur-paverkas-samhallet/lantbruk-och-skogsbruk/jordbruk-1.21502>
- Kondo, K. 2016. Hot and cold spot analysis using Stata. *The Stata Journal* (2016) 16, Number 3, pp. 613–631
- Legates, D. Mahmood, R. Levia, D. Deliberty, T. Quiring, S. Houser, C. & Nelson, F. 2011. Soil moisture: a central and unifying theme in physical geography. *Prog. Phys. Geogr.*, 35 (1) (2011), pp. 65-86 DOI: 10.1177/0309133310386514
- Mann, H & Whitney, D. 1947. On a test of whether one of 2 random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 18, 50-60.
- MathWorks. Ranksum. Hämtad 28/2-2018 från <https://se.mathworks.com/help/stats/ranksum.html>

- Muukkonen, P. Nevalainen, S. Lindgren, M. & Peltoniemi M. 2015. *Spatial occurrence of drought-associated damages in Finnish boreal forests: results from forest condition monitoring and GIS analysis*. *Boreal Env. Res.* 20: 172–18
- Noborio, K. 2001. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: A review. *Computers and Electronics in Agriculture* 31:213–237
- Romano, N. 2014. Soil moisture at local scale: Measurements and simulations. *Journal of Hydrology* 516 (2014) 6–20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.01.026>
- Ohlsson, A. Asp, M. Berggreen-Clausen, S. Berglöv, G. Björck, E. Johnell, A. Axén Mårtensson, J. Nylén, L. Persson, H. & Sjökvist, E. 2015. Framtidsklimat i Skånes län- enligt RCP-scenarier. SMHI, rapport KLIMATOLOGI Nr 29, Sverige, pp 84
- Ord, JK. & Getis, A. 1995. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical Analysis*. 27:286–306.
- Orfanus, T. & Eitzinger, J. 2010. Factors influencing the occurrence of water stress at field scale. *ECOHYDROLOGY*; p478-p486, 9p
- Pilesjö, P. & Hasan, A. 2014. A Triangular Form-based Multiple Flow Algorithm to Estimate Overland Flow Distribution and Accumulation on a Digital Elevation Model. *Transactions in GIS* 18, 108–124. doi:10.1111/tgis.12015
- Pourali, S. Arrowsmith, C. Chrisman, N. Matkan, A. & Mitchell, D. 2014. Topography Wetness Index Application in Flood-Risk-Based Land Use Planning. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 9(1):39-54, DOI: 10.1007/s12061-014-9130-2
- SCB. Kommuner i siffror. Hämtad 19/9-2017 från <http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/kommuner-i-siffror/#?region1=1283®ion2>
- SGU. 2017. Jorddjupsmodell. Hämtad 7/12-2017 från <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/jordartsdata/jorddjupsmodell/>
- SMHI. 2014. Marktorka i framtiden – En sammanställning för södra Sverige. SMHI, rapport 2014-33, Norrtälje, Sverige.
- a) SMHI. 2017. Dygnsmedelnederbörd. Hämtad 14/12-2017 från <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/kartor/dailyTable.php?par=nbdDay&yr=2017&mon=10>
 - b) SMHI. 2017. Minskad översvämningrisk med våtmarker, Häckenstad gård. Hämtad 9/10-2017 från <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/exempel-pa-klimatanpassning/minskad-oversvamningsrisk-med-vatmarker-hackenstad-gard-1.116012>

- c) SMHI. 2017. Markvatten. Hämtad 8/12-2017 från
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/markvatten-1.4547>

Svensson, H. Albertsson, B. Franzén, M. Frid, G. Johnsson, B. & Wahlander, J. 2007. En meter i timmen- klimatförändringarnas påverkan på jordbruket i Sverige. Jordbruksverket, Rapport 2007:16, pp 60, Sverige.

Söderström, M. och Piikki, K. 2016. Digitala åkermarkskartan – detaljerad kartering av textur i åkermarkens matjord. Precisionsodling Sverige, Teknisk Rapport nr 37, Skara, 22 sidor

Sörensen, R. Zinko, U. & Seibert, J. 2006. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, 101–112, 2006

Qin, C-Z., Zhu, A-X., Pei, T., Li, B-L., Scholten, T., Behrens T. & Zhou C-H. 2009. An approach to computing topographic wetness index based on maximum downslope gradient. *Precision Agriculture*. Feb2011, Vol. 12 Issue 1, p32-43. DOI:10.1007/s11119-009-9152-y

Qiu, J. Mo, X. and Liu, S & Lin, Z. 2013. Exploring spatiotemporal patterns and physical controls of soil moisture at various spatial scale. Wien: Springer-Verlag.

Qiu, Z. Pennock, A. Giri, S. Trnka, C. Du, X. & Wang, H. 2017. Assessing Soil Moisture Patterns Using a Soil Topographic Index in a Humid Region. *Water Resour Manage* (2017) 31:2243–2255. DOI: 10.1007/s11269-017-1640-7

USDA. 2017. Saturated Hydraulic Conductivity. Hämtad 17/10-2017 från
https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/office/ssr10/tr/?cid=nrcs144p2_074846

Wang et al. 2017. Spatial patterns of soil moisture from two regional monitoring networks in the United States. *Journal of Hydrology*, September 2017, 552:578-585, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.07.035

Zargar, A. Sadiq, R. Naser, B. & Khan, F. 2011. A review of drought indices. *Environ. Rev.* 19: 333–349. DOI: 10.1139/A11-013

Zipper, S. M, Soylyu, E, Booth. & Loheide II, S. 2015. Untangling the effects of shallow groundwater and soil texture as drivers of subfield-scale yield variability. *Water Resour. Res.*, 51, 6338–6358, doi:10.1002/2015WR017522.

Appendix

Appendix 1 – intervjufrågorna

Följande frågor ställdes till personer som är involverade i lantbruket i Helsingborgs kommun:

- Kan ni kort beskriva ert jordbruk?
- Upplever ni en skillnad i markfuktighet inom följande geografiska områden;
 - Inom era åkrar?
 - Emellan era åkrar?
 - Emellan era och grannarnas åkrar?
 - Emellan denna delen av kommunen och andra delar av kommunen?
- Har ni upplevt problem med översvämning eller väldigt hög markfuktighet? Upplever ni att andra lantbrukare i kommunen har haft sådana problem? Hur ofta och omfattande?
- Har ni upplevt problem med torka eller väldigt låg markfuktighet? Upplever ni att andra lantbrukare i kommunen har haft sådana problem? Hur ofta och omfattande?
- Har ni de senaste åren upplevt ett ökat behov av markavvattning?
- Har ni de senaste åren upplevt ett behov eller ökat behov av bevattning?
- Har ni möjlighet att peka på eller ringa något område som ni vet har en väldigt hög markfuktighet, relativt snittet på markfuktigheten i kommunen?
- Har ni möjlighet att peka på eller ringa något område som ni vet har en väldigt låg markfuktighet, relativt snittet på markfuktigheten i kommunen?

Institutionen för naturgeografi och ekosystemvetenskap, Lunds Universitet.

Studentexamensarbete (seminarieuppsatser). Uppsatserna finns tillgängliga på institutionens geobibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND. Serien startade 1985. Hela listan och själva uppsatserna är även tillgängliga på LUP student papers (<https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/>) och via Geobiblioteket (www.geobib.lu.se)

The student thesis reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography and Ecosystem Science, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden. Report series started 1985. The complete list and electronic versions are also electronic available at the LUP student papers (<https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/>) and through the Geo-library (www.geobib.lu.se)

- 408 Julia Schütt (2017) Assessment of forcing mechanisms on net community production and dissolved inorganic carbon dynamics in the Southern Ocean using glider data
- 409 Abdalla Eltayeb A. Mohamed (2016) Mapping tree canopy cover in the semi-arid Sahel using satellite remote sensing and Google Earth imagery
- 410 Ying Zhou (2016) The link between secondary organic aerosol and monoterpenes at a boreal forest site
- 411 Matthew Corney (2016) Preparation and analysis of crowdsourced GPS bicycling data: a study of Skåne, Sweden
- 412 Louise Hannon Bradshaw (2017) Sweden, forests & wind storms: Developing a model to predict storm damage to forests in Kronoberg county
- 413 Joel D. White (2017) Shifts within the carbon cycle in response to the absence of keystone herbivore *Ovibos moschatus* in a high arctic mire
- 414 Kristofer Karlsson (2017) Greenhouse gas flux at a temperate peatland: a comparison of the eddy covariance method and the flux-gradient method
- 415 Md. Monirul Islam (2017) Tracing mangrove forest dynamics of Bangladesh using

- historical Landsat data
- 416 Bos Brendan Bos (2017) The effects of tropical cyclones on the carbon cycle
 - 417 Martynas Cerniauskas (2017) Estimating wildfire-attributed boreal forest burn in Central and Eastern Siberia during summer of 2016
 - 418 Caroline Hall (2017) The mass balance and equilibrium line altitude trends of glaciers in northern Sweden
 - 419 Clara Kjällman (2017) Changing landscapes: Wetlands in the Swedish municipality Helsingborg 1820-2016
 - 420 Raluca Munteanu (2017) The effects of changing temperature and precipitation rates on free-living soil Nematoda in Norway.
 - 421 Neija Maegaard Elvekjær (2017) Assessing Land degradation in global drylands and possible linkages to socio-economic inequality
 - 422 Petra Oberhollenzer, (2017) Reforestation of Alpine Grasslands in South Tyrol: Assessing spatial changes based on LANDSAT data 1986-2016
 - 423 Femke, Pijcke (2017) Change of water surface area in northern Sweden
 - 424 Alexandra Pongracz (2017) Modelling global Gross Primary Production using the correlation between key leaf traits
 - 425 Marie Skogseid (2017) Climate Change in Kenya - A review of literature and evaluation of temperature and precipitation data
 - 426 Ida Pettersson (2017) Ekologisk kompensation och habitatbanker i kommunalt planarbete
 - 427 Denice Adlerklint (2017) Climate Change Adaptation Strategies for Urban Stormwater Management – A comparative study of municipalities in Scania
 - 428 Johanna Andersson (2017) Using geographically weighted regression (GWR) to explore spatial variations in the relationship between public transport accessibility and car use : a case study in Lund and Malmö, Sweden
 - 429 Elisabeth Farrington (2017) Investigating the spatial patterns and climate dependency of Tick-Borne Encephalitis in Sweden

- 430 David Mårtensson (2017) Modeling habitats for vascular plants using climate factors and scenarios - Decreasing presence probability for red listed plants in Scania
- 431 Maja Jensen (2017) Hydrology and surface water chemistry in a small forested catchment : which factors influence surface water acidity?
- 432 Iris Behrens (2017) Watershed delineation for runoff estimations to culverts in the Swedish road network : a comparison between two GIS based hydrological modelling methods and a manually delineated watershed
- 433 Jenny Hansson (2017) Identifying large-scale land acquisitions and their agro-ecological consequences : a remote sensing based study in Ghana
- 434 Linn Gardell (2017) Skyddande, bevarande och skapande av urbana ekosystemtjänster i svenska kommuner
- 435 Johanna Andersson (2017) Utvärdering av modellerad solinstrålning i södra Sverige med Points Solar Radiation i ArcGIS
- 436 Huiting Huang (2017) Estimating area of vector polygons on spherical and ellipsoidal earth models with application in estimating regional carbon flows
- 437 Leif Holmquist (2017) Spatial runner: environmental and musical exposure effects on runners through an idealized routing network
- 438 Adriana Bota (2017) Methodology for creating historical land use databases – a case study for ICOS-station Hyltemossa, Sweden
- 439 Michael Araya Ghebremariam (2017) Urban flood modelling: a GIS based approach in Lomma, Skåne region
- 440 Stina Sandgren (2017) Climate change impact on water balance and export of dissolved organic carbon - a sub-catchment modelling approach
- 441 Karla Münzner (2017) Variability and regulation of the planktonic respiratory quotient in a eutrophic lake (Lake Vombsjön) in summer 2016
- 442 Bastian Berlin (2017) Modeling the Weibull shape parameter to improve estimates of the annual wind energy potential in Sweden
- 443 Christine Walder (2018) Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) location in Southeast Alaska: modeling the influence of mesoscale krill (*Euphausiacea*) patch depth and size
- 444 Astrid Zimmermann (2018) Projecting invasive species using remote sensing and spatial explicit models
- 445 Linnéa Larsson (2018) Identifiering av riskområden för extremer av markfuktighet med Soil Topografic Index : Jordbruksmarken i Helsingborgs kommun i nutida och framtida perspektiv

446 Sayed Hassan Alavi (2018) Constructing and developing an integrated smart spatial database for Malmö Municipality, Case study: Västra innerstaden in Malmö