

Koldioxidavgång vid ekologisk odling på organogen jord

*Carbon dioxide emissions from peat and gyttja soils cultivated
according to organic agricultural methods*

Martina Wall



Examensarbete i markvetenskap
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Martina Wall

Koldioxidavgång vid ekologisk odling på organogen jord
Carbon dioxide emissions from peat and gyttja soils cultivated according to organic agricultural methods

Handledare: Kerstin Berglund, institutionen för mark och miljö, SLU
Biträdande handledare: Lisbet Norberg & Örjan Berglund, institutionen för mark och miljö, SLU
Examinator: Thomas Kätterer, institutionen för mark och miljö, SLU
EX0691, Självständigt arbete i markvetenskap (G2E), Grundnivå, 30 hp
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt 270 hp

Institutionen för mark och miljö, SLU, Examensarbeten 2011:11
Uppsala 2011

Nyckelord: mulljord, koldioxidavgång, ekologisk odling, miljödebatt, biomassaproduktion, biologiska system

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

Omslag: Instrument till att mäta koldioxid i fält. Foto författaren.

FÖRORD

Först vill jag tacka min handledare Kerstin Berglund för all support genom hela projektet. Jag vill också tacka Lisbet Norberg och Örjan Berglund för all hjälp med mätningarna och datahanteringen.

ABSTRACT

The background of this work is the media discussion about the effect of cultivation on peat soils on greenhouse gas emissions. It has been argued that row sown and intensively cultivated crops such as carrots are more likely to emit carbon dioxide than for example grass leys. The association KRAV (an association promoting organic farming) shall, from this year adapt their environmental policy to be more climate smart and have asked the question if the cultivation of some crops is more climate smart than others? Carbon dioxide emissions from soil are due to degradation of organic material and the rate is controlled by microbial activity. The microbial activity is determined by a variety of factors such as temperature, soil organic matter quality and water content. I have measured the carbon dioxide emission from four different crops at two different farms. At Åloppe which is an organic farm, I have compared carbon dioxide emission from grass leys and carrot grown on peat soil. At Ekhaga which is SLU's experimental farm for organic farming; I have compared spring wheat and potatoes grown on gyttja soil. The results show no significant difference in carbon dioxide emissions when growing these crops on organic soils. The emission levels where the same on both soil types. The amount of water in the soil and the temperature affect the carbon dioxide emission but the results are very uncertain. Biological systems usually have a peak activity range when all environmental factors are optimized, and so does this system. A moderate amount of water and air in the soil and a high enough soil temperature resulted in the highest carbon emission. I also studied how the above-ground biomass reflects the underground biomass, knowledge that can be used to get an idea of the crop root respiration. Because carbon dioxide emissions depend on many factors, you need to have a comprehensive view on cultivation practices. With an open mind you can go far in today's environmentally conscious society.

REFERAT

En debatt om odling på mulljord har lagt grunden för detta arbete. Många menade att odling av radsådda grödor och bearbetningsintensiva grödor, såsom morot och potatis, skulle ge upphov till större koldioxidavgång än t.ex. odling av vall. Man menade också att en hög grundvattenyta gjorde så att marken avgav mindre koldioxid jämfört med en låg grundvattenyta. Många företag och privatpersoner har länge följt denna debatt och morotsodling på torvjord har den senaste tiden utpekats som en miljöbov. Föreningen KRAV ska från och med i år klimatanpassa sina regler och har då ställt sig frågan om morötter odlade på torvjord ska få bära KRAV-märket. Koldioxidavgången från marken beror på mikrobernas nedbrytning av det organiska materialet. Mikrobernas aktivitet bestäms av en mängd olika faktorer bl.a. temperaturen, vattenhalten, organiska materialets kvalitet och bearbetningsintensiteten. Koldioxidavgång vid odling av bearbetningsintensiva grödor i jämförelse med mindre intensiva grödor undersöks i detta arbete. Jag har mätt koldioxidemissionen från fyra olika grödor på två olika ekologiska gårdar. På Åloppe har jag mätt i vall och morot odlad på torvjord. På Ekhaga som är SLUs försöksgård har jag mätt i vårmete och potatis odlad på gyttj jord. Resultaten visar att det inte är någon signifikant skillnad i koldioxidavgång mellan dessa grödor. Resultaten visar också att vattenhalten i marken och temperaturen påverkar gasavgången. Biologiska system har oftast ett optimum där de mår som bäst och därför ger en lagom mängd vatten och lagom temperatur den högsta koldioxidavgången vilket också var fallet i dessa försök. Jag har också undersökt om den ovanjordiska biomassan hos morot speglar den underjordiska. Sambandet kan användas för att utifrån mätningar av den ovanjordiska biomassaproduktionen få en uppfattning om grödans rotandning. Detta kan vara användbart för att särskilja den koldioxidavgång som kommer från rotandning och den som kommer från nedbrytningen av torven. Eftersom gasavgången beror på många faktorer så måste man se till helheten i sin odling. Med ett öppet sinne kan man komma långt i dagens miljömedvetna samhälle.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Introduktion.....	6
Syfte.....	7
Litteraturgenomgång.....	7
Organogena jordar.....	7
Gasavgång från organogena jordar.....	7
Faktorer som påverkar koldioxidavgången.....	7
Hur mäter man koldioxidavgången från odlad jord.....	8
Rötternas bidrag till koldioxidavgång.....	8
Material och metoder.....	9
Provplatserna.....	9
Metoder.....	10
Resultat.....	13
Åloppe.....	13
Ekhaga.....	16
Biomassaproduktion.....	19
Diskussion.....	21
Slutsatser.....	21
Litteraturförteckning.....	23
Bilagor.....	25
Bilaga 1. Resultat av mätningar av koldioxidavgång, vattenhalt och temperatur vid Åloppe och Ekhaga.....	25
Bilaga 2. Marktemperaturens inverkan på koldioxidemissionen.....	26
Bilaga 3. Utförda mätningar i fält.....	30

INTRODUKTION

Bakgrunden till detta arbete ligger i den tidigare debatten om morotsodling på mulljord. Experter har hävdade att morotsodling på mulljord bidrar till större koldioxidutsläpp än t.ex. vall. Uppskattningsvis sägs det att ett kg morötter odlad på mulljord avger ca 650 gram CO₂-ekvivalenter, medan ett kg morötter odlade på mineraljord avger ca 35 gram CO₂-ekvivalenter (Mat & Klimat, 2010). Enligt FN-panelen IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) pekas mulljordar ut som en av de största klimathoten inom det globala jordbruket. Därför har Jordbruksverket tidigare pratat om att ge bidrag till bönder som kan tänka sig att lägga ned sin spannmålsodling på mulljord och övergå till långliggande vall (Dagens Nyheter, 2008). Så visst kan man förstå att det skapar en debatt i dagens miljömedvetna samhälle. Eftersom morötter lämpar sig väldigt bra på mulljordar blir detta en central fråga kring just morötter. Bakgrunden för den här debatten är skillnaden i den beräknade markytesyjunkningen som man får vid dränering och odling på torvjordar. Markytesyjunkningen beror på följande processer (Berglund, 1989):

1. Sättning av jordlager över grundvattennivån när vattenytan sänks och det mekaniska stödet från vattnet försvinner.
2. Konsolidering av jordlager under grundvattennivån när vattenytan sänks och trycket på underliggande lager ökar (vattnets lyftkraft försvinner men de övre jordlagren håller i initialskedet stora mängder vatten kapillärt).
3. Krympning av jordlager över grundvattennivån p g a uttorkning (evaporation och växternas transpiration).
4. Nedbrytning av det organiska materialet, även kallat bortodling.

Dessutom bidrar markpackning samt vind- och vattenerosion till ytsänkningen.

Nedbrytning av det organiska materialet är den process som bidrar med koldioxid och lustgas till atmosfären. Nedbrytningen styrs bl.a av temperaturen och av andelen syre som kommer in i jorden. Om marken lämnas orörd och vattenmättad blir gasavgången mindre, marken blir en kolsänka, dvs. marken inlagrar mer koldioxid än den avger (Berglund, 2008).

De tumregler som använts för bortodlingshastigheten för svenska förhållanden säger att den för betesvall är 0,5 cm/år, slåttervall 1 cm/år, stråsåd 1-2 cm/år och vid bearbetningsintensiva grödor som morötter och potatis 2-3 cm/år (Berglund, 1989). Tumreglerna anger att markytesyjunkningen är större vid odling av radgrödor än vall men frågan är om även koldioxidavgången är större?

Anledningen till att man gärna odlar på torvmark är torvjordens stora vattenhållande förmåga och den goda tillgången på kväve. Under sent 1800-tal när befolkningen snabbt började växa blev bristen på livsmedel allt mer vanlig och man sökte lösningar på att öka produktionen av mat. Torvmarker som kärr och mossar har människan alltid nyttjat och dränerade torvmarker blev ett snabbt hjälpmedel till att öka produktionen av brödsäd och kreatursfoder under 1800-talet (Runefelt, 2008).

De fältmätningar som jag har utfört under sommaren 2010 är gjorda på ekologiskt odlad mark, detta för att föreningen KRAV var en av initiativtagarna till studien. De behövde hjälp med att klimatanpassa sina odlingsregler. Klimatcertifiering för mat är ett projekt som startades 2007 av KRAV och Svensk Sigill, men som senare fått fler aktörer att ansluta sig (Klimatcertifiering för mat, 2010). En fråga som KRAV bland annat ville ha svar på var

vilken betydelse valet av grödor har för koldioxidavgången? Detta är den centrala fråga som är bakgrunden till detta examensarbete.

Syfte

Syftet med arbetet är att jämföra koldioxidavgång vid ekologisk odling av olika grödor på organogena jordar.

LITTERATURGENOMGÅNG

Organogena jordar

Mer än en fjärdedel av Europas totala torvjordsareal finns i Sverige och ca 25 % av landet täcks av torv med varierande mäktighet (Berglund & Berglund, 2010). Sveriges jordarter delas in i två grupper, mineraljordar och organogena jordar. I det här arbetet kommer enbart organogena jordar att behandlas. De organogena jordarna kan delas in i torvjordar och gyttejordar. Torv bildas på plats vid ofullständig nedbrytning av det organiska materialet på grund av syrebrist. Gyttejordar bildas däremot genom sedimentering av organiskt material ihop med mineralt material i vatten (Eriksson et al., 2005).

För att en torvjord ska klassificeras som organogen jord måste torvjorden innehålla minst 30 viktsprocent organiskt material och gyttejorden minst 6 viktsprocent (Berglund, 2008).

I en undersökning av grödfördelningen på svenska torv- och gyttejordar (Berglund & Berglund, 2010) visar resultaten att en fjärdedel av den odlade torvjorden odlas intensivt med ettåriga grödor medan den resterande delen består av betesmark och vall som medför färre omrörningstillfällen i marken. Gyttejordarna odlas generellt mer intensivt än torvjordarna (Berglund & Berglund, 2010).

Gasavgång från organogena jordar

Vid nedbrytningen av det organiska materialet i myrmark kan växthusgaserna koldioxid (CO_2), metan (CH_4) och lustgas (N_2O) bildas och avges från marken. I de naturliga myrmarkerna är metangasavgången dominerande p.g.a. den höga grundvattennivån och bristen på syre. I de orörda myrmarkerna ansamlas en mängd organiskt material som gör att marken blir en kolsänka, d.v.s. inlagrar mer koldioxid än den avger. Lustgasavgången är i regel liten. Vid dränering och odling av organogena jordar sänks grundvattenytan och luft tränger in i marken. Det gör att metangasavgången blir mycket liten och koldioxidavgången blir betydande istället. Det organiska materialet bryts ned till följd av den ökade syretillgången och marken blir en kolkälla, d.v.s. avger mer koldioxid än den binder. Lustgasavgången kan vara betydande på dessa jordar och speciellt på gödslade kväverika torvjordar (Berglund, 2008).

Faktorer som påverkar koldioxidavgången

När markens mikroorganismer bryter ned det organiska materialet under syrerika förhållanden bildas koldioxid. Mikroorganismernas aktivitet påverkas av olika faktorer bl.a. temperaturen, vattenhalten, organiska materialets kvalitet, bearbetningsintensiteten och eventuellt val av gröda. När det är lagom varmt i luften och i marken, cirka 25 respektive 16 grader, då är mikroorganismerna som mest aktiva (Voroney, 2007; Berglund et al., 2010).

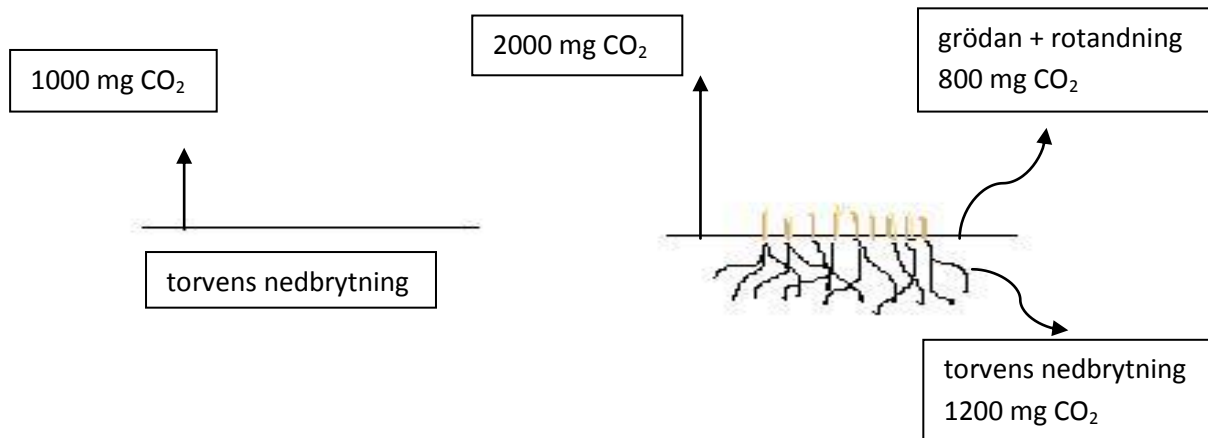
Blir temperaturen lägre eller högre avtar aktiviteten. På samma sätt fungerar det med vattenhalten i marken. Om det blir för torrt i marken växer grödan dåligt och mikrobernas aktivitet avtar. Den mikrobiella aktiviteten är som högst vid ett vattenavförande tryck på ca 0,5 mvp (meter vattenpelare) och sjunker snabbt när det blir blötare eller om jorden dräneras och blir torrare (Voroney, 2007). Berglund och Berglund (2011) har visat hur olika dräneringsdjup påverkar koldioxidavgången. Vid ett dräneringsdjup på 40 cm var koldioxidemissionen större än vid ett dräneringsdjup på 80 cm. Dräneringsdjup och koldioxidavgång är något forskarna är lite oense om, men allt fler visar på att Berglund & Berglunds resultat stämmer. Dräneringsdjup är bara en faktor tillsammans med andra faktorer, som torvens kvalitet och bearbetningsintensitet, som påverkar mängden koldioxid som avges. En jord som under många hundratals år bearbetats och använts i jordbruket bildar stabila strukturer och blir därmed svårnedbrytbar. Detta till skillnad från en jord som nyligen sats i bruk som ännu inte hunnit bli stabil. Denna jord bidrar till större koldioxidavgång än den länge brukade jorden. En torvjord med högt mineralinnehåll bidrar också till ökad koldioxidavgång (Kasimir-Klemedtsson et al., 2000).

Hur mäter man koldioxidavgång från odlad jord

Det finns flera metoder att mäta koldioxidavgången på. En metod är att mäta med kamrar som förs över grödan. Det finns två typer av kamrar, en genomskinlig och en ogenomskinlig. Den genomskinliga kammaren mäter gasavgången från både marken och grödan plus den koldioxid som inlagras i grödan. Med den mörka kammaren, som använts i denna fältstudie, mäts gasavgången från enbart marken och grödan, alltså ingen inlagring av koldioxid. Vid koldioxidmätning på bar mark, oavsett kammartyp, mäter man enbart torvens nedbrytning då inga rötter finns närvarande (Couwenberg, 2009).

Rötternas bidrag till koldioxidavgång

Man skulle kunna tänka sig att vissa grödor påverkar mikroorganismerna till en större aktivitet än andra grödor. Att en viss grödas rotexudat ”smakar” bättre än andra skulle i så fall leda till ökad nedbrytning och gasavgång. Med grödan närvarande kommer torven att brytas ned snabbare än utan någon gröda närvarande (fig 1). Det beror på en ”priming effect”, att rötternas närvaro gör att mikroberna trivs bättre och bryter ned det organiska materialet snabbare (Kuzyakov, 2006). Det gör att den verkliga CO₂-avgången från enbart torvens nedbrytning ligger någonstans mitt emellan gasavgången med och utan gröda. Gasavgången från bar mark blir för låg och gasavgången från växande gröda blir för hög då även rotandningen räknas med.



Figur 1. Den vänstra bilden visar totala gasavgången från bar mark. Den högra bilden visar gasavgången från ytor med växande gröda ovan jord och under jord plus den totala gasavgången. Närvaron av en gröda stimulerar en ökad mikrobiell nedbrytning av torven, en primingeffekt. Alla värden är påhittade.

Koldioxidmätningar i växande gröda ger ett mått på hur mycket koldioxid som kommer från grödan, rötterna och torvens nedbrytning. Frågan är hur mycket koldioxid själva grödan bidrar med och hur stor andel som kommer från torvens nedbrytning. Det är endast nedbrytningen av torven som bidrar till växthuseffekten. För att beräkna mängden koldioxid som kommer från grödan kan man använda sig av "the rhizosphere-derived contribution" (RC).

$$RC = \frac{CO_2 \text{ avgång med gröda} - CO_2 \text{ avgång utan gröda}}{CO_2 \text{ avgång med gröda}}$$

RC kan användas om "priming"-effekten är liten, d.v.s. att rötternas närvaro i marken inte påverkar mikrobernas nedbrytning så mycket (Berglund et al., 2011). I en studie som gjorts för att beräkna grödans gasavgång visade resultaten att mellan 27 och 63 % av totala koldioxidemissionen kommer från grödan beroende på jordtyp och tid på året (Berglund et al., 2011).

MATERIAL OCH METODER

Provplatserna

Jag har utfört mina studier på två olika platser. Den ena platsen är Åloppe som ligger mellan Uppsala och Enköping. Där driver Solveig och Ola Pettersson tillsammans med sina grannar Åloppe Ekonomiska förening, där de producerar ekologiska livsmedel från sina egna gårdar. På Åloppe mätte jag koldioxidavgång från två olika grödor, morot och vall. Dessa grödor låg på samma skifte, kant i kant utan dike emellan.

Den andra provtagningsplatsen är Ekhaga försöksgård som ligger vid Funbo Lövsta cirka 8 km öster om Uppsala. Här bedriver SLU forskning kring ekologiskt lantbruk. Forskning har pågått på Ekhaga sedan 1988 på cirka 20 ha åkermark. Det är på denna mark som jag har utfört mina studier under sommaren. Jag har mätt koldioxidavgången från potatis och vårvete och även här har dessa grödor legat kant i kant.

I tabell 1 och 2 finns markprofilbeskrivningar för de båda provplatserna. Där kan man se att Åloppe innehåller mycket mer organiskt material i det övre skiktet än vad Ekhaga gör. Åloppe klassas som en torvjord och Ekhaga klassas som en gyttejord.

Tabell 1. Profilbeskrivning för Åloppe

	Profilbeskrivning	pH	Glödgningsförlust %
0-20 cm	Torvjord, sprickor ända ned till gyttejorden.	5,71	40,5
20-30 cm	Svagt gyttejord med gulorange järnutfällning.	6,15	17,8
30-40 cm	Gyttejord med gott om rostutfällningar.	6,62	6,4

Tabell 2. Profilbeskrivning för Ekhaga

	Profilbeskrivning	pH	Glödgningsförlust %
Matjord	Mullblandad gyttejord	6,55	11,5
Alv	Gyttjelera	5,14	6,4

Metoder

Fältmätningarna utfördes i snitt en gång per vecka på båda provplatserna (bilaga 3). Provtagningar för CO₂-avgång gjordes i rutor som var 1x1 meter, förutom på morot och potatis som är radsådda grödor, där mätte jag i raden. Ringarna är 28 cm höga och har en diameter på 30 cm. Ringarna har tryckts ned i marken några centimeter för att sluta tätt och undvika luftläckage (fig 2). På ringen har man sedan fört över en huv med en pump som cirkulerar luften genom en koldioxidmätare under 5 minuter för att mäta koncentrationökningen (CO₂) per tidsenhet (fig 3). CO₂ emissionen har mätts med en Vaisala CARBOCAP® koldioxidmätare. Vid varje nedtryckt ring mättes avståndet från marken upp till ringens kant. Detta avstånd användes för att beräkna huvens och ringens sammanlagda volym som behövs för att kunna beräkna koldioxidavgången.

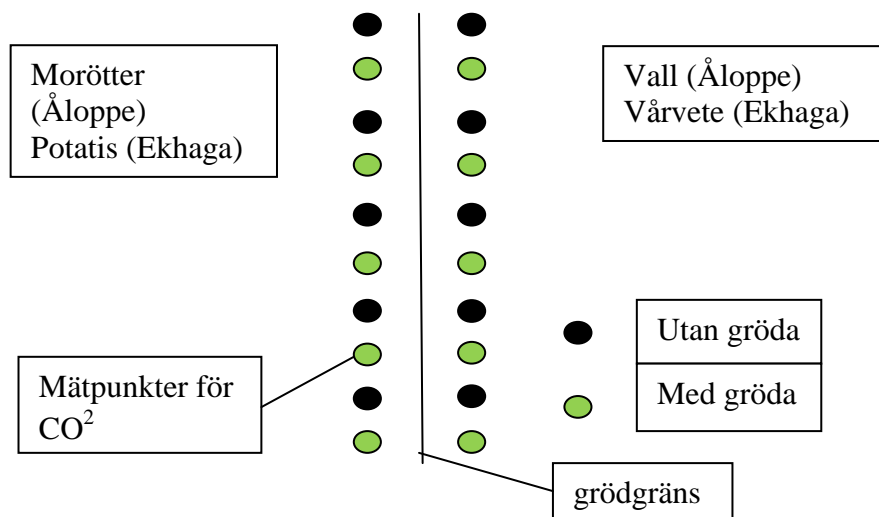


Figur 2. Ringarna nedtryckta i jorden.



Figur 3. Huv med mätinstrument på och här kan man även se skillnad på mätning i och utan gröda.

På Åloppe mätte jag koldioxidavgång vid odling av morot och vall och vid Ekhaga potatis och vårvete. Mätningarna skedde i växande gröda och på bar mark. Vid mätning på bar mark har jag fått värden på hur mycket CO₂ torvens nedbrytning bidrar med. Vid mätning i växande (men avklippt) gröda så har jag fått CO₂-avgången från grödan, rötterna och torvens nedbrytning. I rutor med bar mark skalades det översta lagret med rötter bort med en spade så att grödan försvann helt. Detta gjordes strax innan första gången jag var ute och mätte. Därefter plockades eventuella skott bort för hand för att hålla en grödfri ruta. Samma behandling mättes fem gånger (i fem rutor) vid varje mättillfälle, alltså fem mätningar med gröda och fem mätningar i rutor utan gröda (fig 4). Eftersom jag har haft tillgång till två likadana huvor och gasmätare så har mätningarna i morot och vall respektive potatis och vårvete gjorts samtidigt. Gasavgång mättes från de olika grödorna samtidigt för att de yttre förhållandena (t.ex. temperatur) skulle vara så lika som möjligt så att resultaten kan jämföras mellan grödorna. När jag mätt 10 gånger i varje gröda så bytte jag mätutrustning mellan grödorna så att båda grödor blev mätta med båda gasmätarna. Detta för att undvika systematiska mätfel som beror av att gasmätarna inte mäter exakt lika.



Figur 4. En skiss över hur mätringarna placerades på Åloppe och Ekhaga.

Ungefär var fjärde vecka har ringarna flyttats till en annan fjärdedel i samma kvadratmeter (bilaga 3). Detta för att kunna klippa den ovanjordiska biomassan på de platser där jag mätt i växande gröda. Den ovanjordiska biomassan avspeglar i viss mån den underjordiska och kan eventuellt användas för att uppskatta hur rotandningen bidrar till CO₂-avgången från beväxta rutor (Berglund et al., 2010). Jag har även undersökt om blasten hos morot avspeglar den underjordiska biomassan. Tio prover togs med storleken av en ring, 30 cm i diameter, där både blasten och moroten sparades. Efter några veckor i 29 gradigt torkrum placerades proverna i 105 °C i torkskåp i 24 timmar. Därefter vägdes morötterna och blasten var för sig. Även ringarna på bar mark har flyttats för att få samma markstörning som ringarna med gröda. Vid alla ringar mäts också marktemperaturen, lufttemperaturen och markvattenhalten eftersom dessa faktorer påverkar koldioxidavgången. Marktemperaturen mäts med hjälp av en termometer som sätts ned i marken bredvid ringen. Lufttemperaturen mäter gasmätaren automatiskt tillsammans med gasavgången. För att mäta vattenhalten har jag använt mig av en "Wet-sensor" (Delta-T devices Ltd) som mäter vattenhalten i enheten m³/m³ på 5 cm djup. Wet-sensors piggar sticks ned i marken på fyra ställen i varje ring för att få ett bra medelvärde.

För att beräkna den aktuella koldioxidavgången vid alla mättillfällen har jag använt mig av en tidigare framtagen formel.

Ekvationen vid normalt lufttryck blir:

$$F = 101325 \cdot h / (8,3145 \cdot T) \cdot \Delta C / \Delta t \cdot 44,01 \cdot 1000$$

F = flux (mg CO₂ m⁻² h⁻¹)

101325 = lufttryck (N/m²)

h = höjd på lysimetern (m)

8,3145 = gaskonstant (J mol⁻¹ K⁻¹)

T = temperaturen på gasen i Kelvin

ΔC/Δt = lutningen på vår mätta koncentrationsökning mot tid i ppm/h

44,01 = molvikt (g/mol)

1000 = för att räkna om från gram till milligram (mg/g)

I bilaga 3 kan man läsa vilka datum de olika momenten är utförda.

RESULTAT

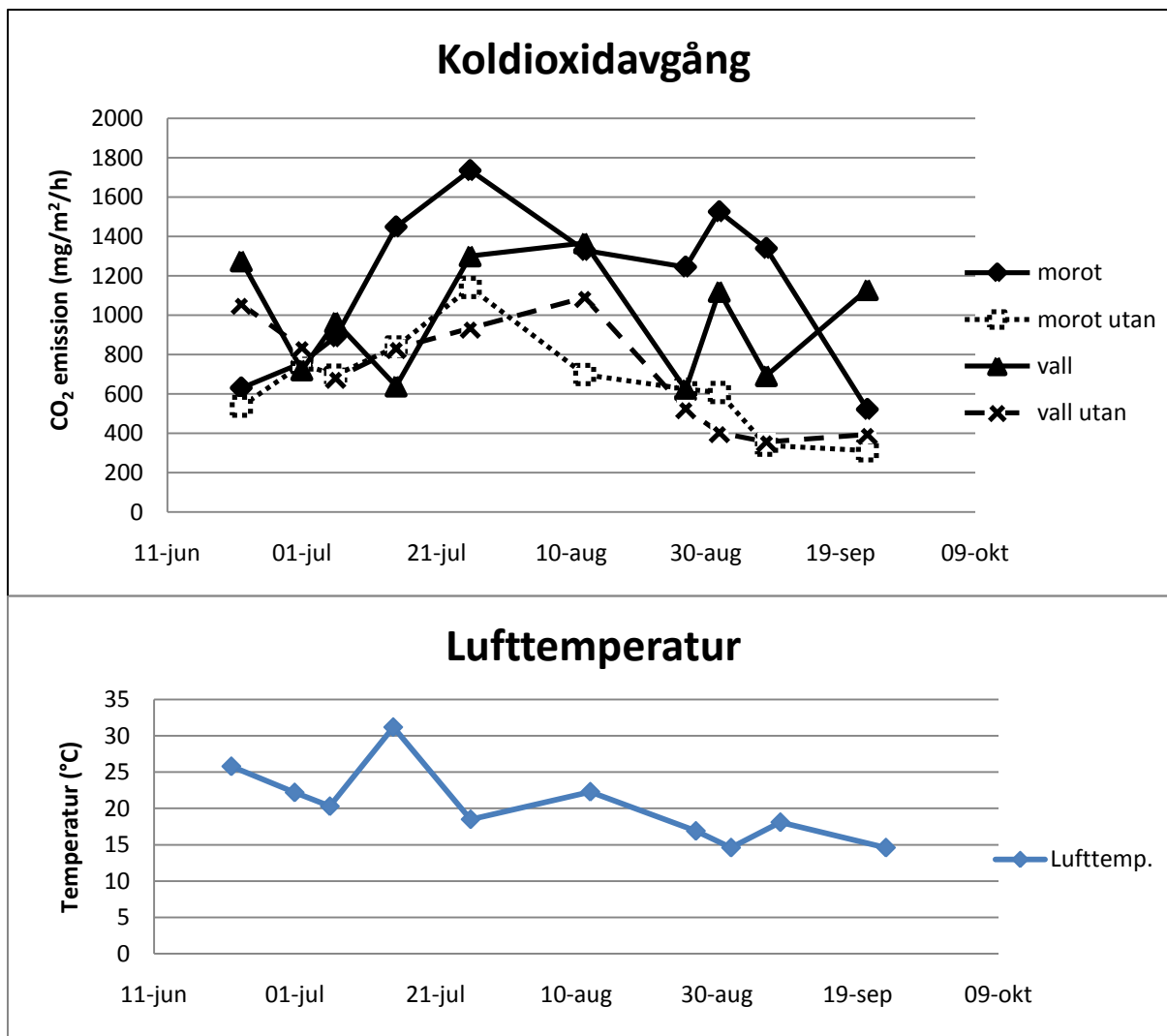
Eftersom Åloppes markegenskaper skiljer sig gentemot Ekhagas redovisas varje plats var för sig.

Åloppe

Mina resultat från sommarens mätning av koldioxidavgång på Åloppe antyder att odling av morot avger mer CO₂ än vall (tab 3 och bilaga 1 tab 6), men standardavvikelsen är stor och resultaten osäkra. Det avges nästan dubbelt så mycket CO₂ från rutor med morötter jämfört med mätningar i rutor utan gröda. Skillnaden är inte lika stor mellan rutorna med och utan vall. Koldioxidavgången från rutorna utan gröda skiljer sig inte åt vilket tyder på likartade markförhållanden i de båda grödorna. I figur 5 kan man följa hela mätperiodens variationer i koldioxidavgång och se det i relation till lufttemperaturen. Variationen i koldioxidavgång är större i rutor med gröda än i rutor utan gröda. I början av mätperioden var morötterna mycket små och koldioxidavgången i princip densamma i rutor med och utan gröda.

Tabell 3. Resultat från koldioxidmätningarna på Åloppe.
Alla värden är i enheten mg CO₂/m²/h. Fullständig data i bilaga 1.

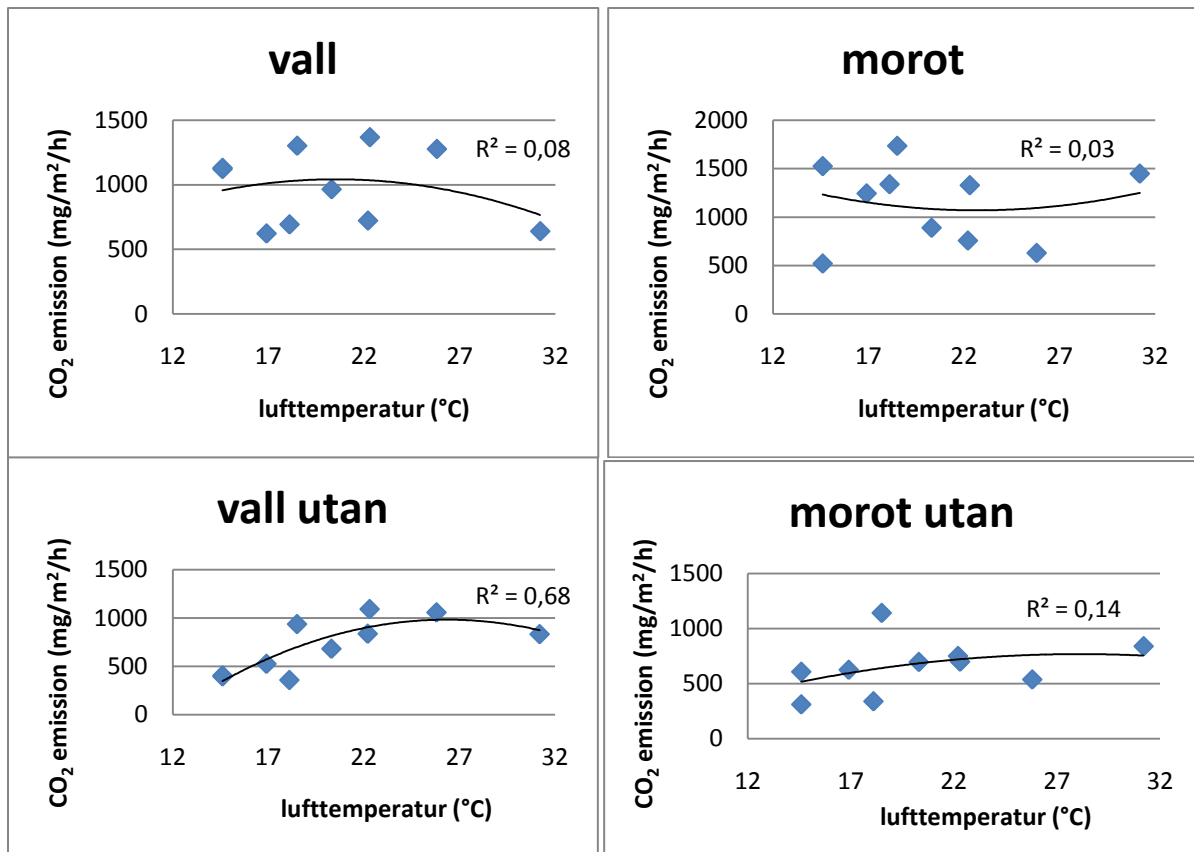
Behandling	Medelvärde	Stand.avvikelse
Morot	1142	413
Morot utan	654	240
Vall	984	294
Vall utan	710	278



Figur 5. Koldioxidavgång och lufttemperatur från torvjorden vid Åloppe.

Temperaturens inverkan

Det är svårt att se något samband mellan temperatur och gasavgång, men i rutor utan gröda kan man ana ett optimum (fig 6) då den mikrobiella aktiviteten är som störst. Eftersom nedbrytningen sker i de övre lagren av markprofilen så kan man få ett samband även med lufttemperaturen (fig 6) och dessutom är den lättare att mäta än marktemperaturen.

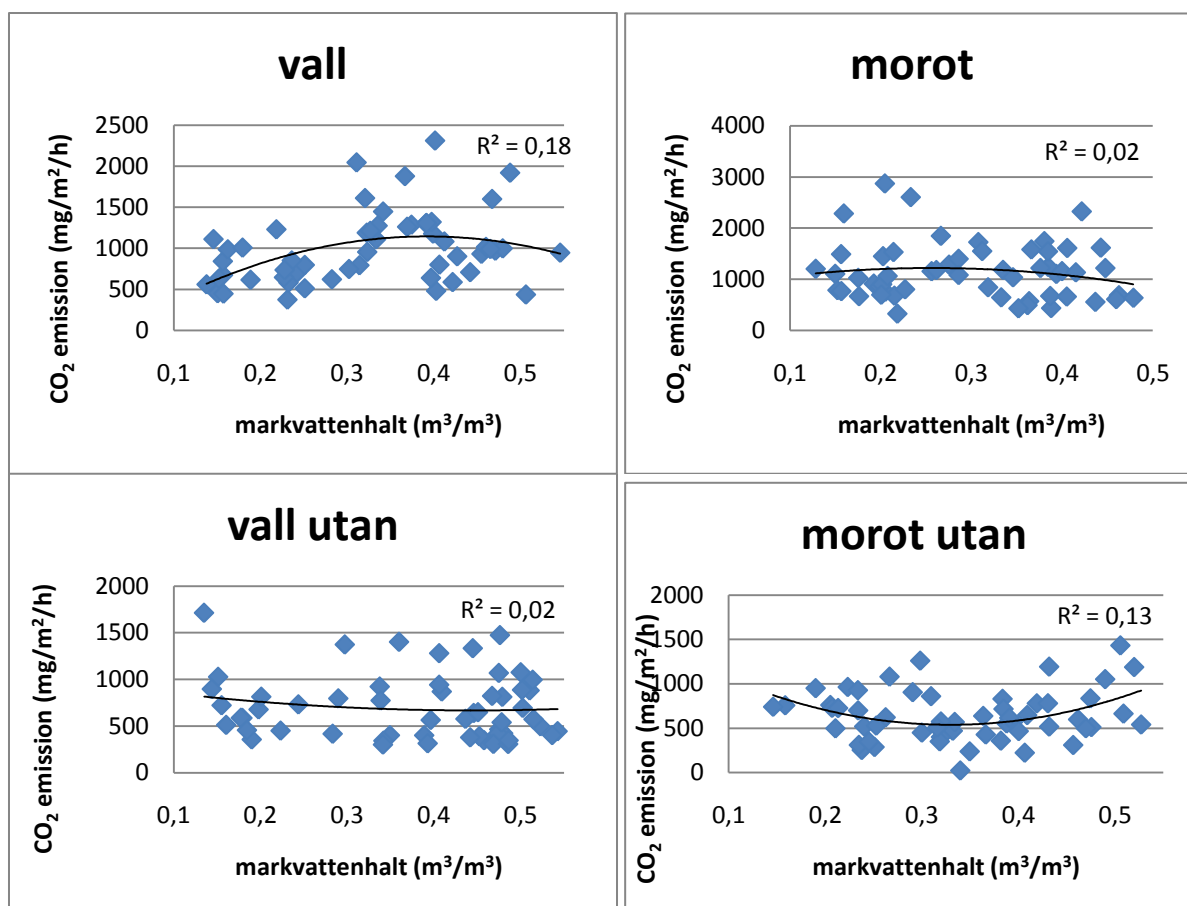


Figur 6. Förhållandet mellan koldioxid emission och luftens temperatur på Åloppe från mätningar i vall och morot med och utan gröda.

När det gäller koldioxidemission och markens temperatur så verkar optimum ligga något lägre (cirka 16 °C), men det är svårt att se något samband (bilaga 2 figur 12,13). Spridningen i resultaten är vid vissa mättemperaturer mycket stor.

Vattenhaltens inverkan

Trots stor spridning i markvattenhalt vid de olika mättillfällena fanns det inget direkt samband mellan markvattenhalt på 5 cm djup och koldioxidavgången (figur 7).



Figur 7. Markvattenhaltens (5 cm djup) inverkan på koldioxidemissionen från morot och vall med och utan gröda på Åloppe.

Ekhaga

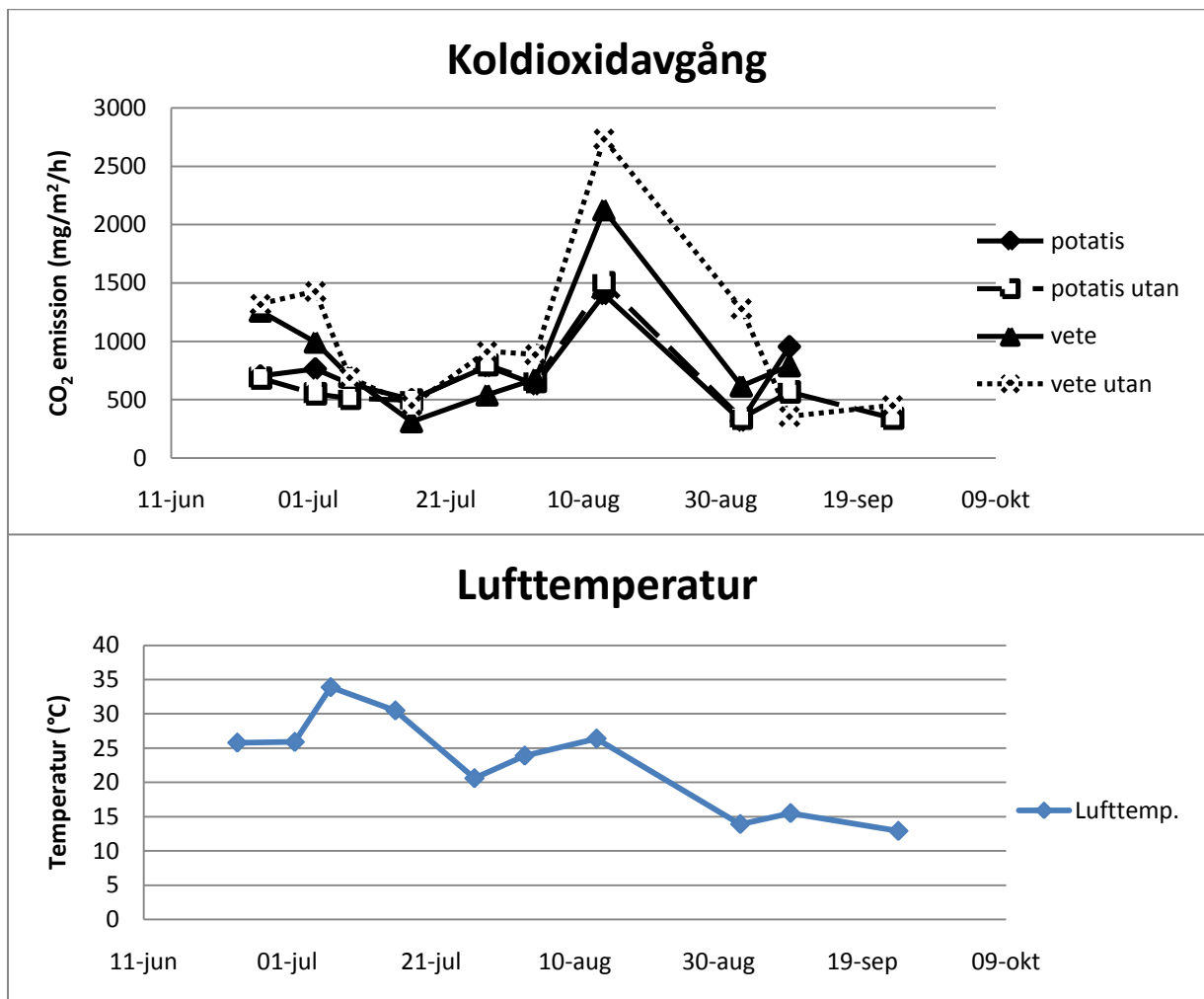
Resultaten från mätningarna på Ekhaga finns redovisade i tabell 4 och i bilaga 1 tabell 7. Den gröda som avgav mest CO₂ var vårvetet och de högsta värdena kom från vete utan gröda. Skillnaden är inte så stor mellan potatis och potatis utan gröda, men resultatet visar ändå på det mest realistiska att mätning i gröda avger mer CO₂. Standardavvikelsen är hög i alla led och medför därför en stor osäkerhet i grödorna emellan. De två sista kolumnerna i tabell 4 är mätvärden utan mätningarna den 13 augusti då koldioxidavgången var extremt hög. Eftersom Ekhagas jord är en gyttjejord med mindre organiskt material än Åloppes jord så förväntades det lägre gasavgång på Ekhaga än på Åloppe. Resultatet visar att det är förvånansvärt liten skillnad mellan platserna trots jordarnas olika egenskaper (tab 1 & 2).

Tabell 4. Resultat från koldioxidmätningarna på Ekhaga. Alla värden är i enheten mg CO₂/m²/h. Fullständig data i bilaga 2 tabell 7

Behandling	Medelvärde	Stand.avvikelse	Medelvärde*	Stand.avvikelse*
Potatis	744	306	661	193
Potatis utan	644	334	549	151
Vår vete	890	536	736	288
Vår vete utan	1052	706	865	408

*Dessa värden är utan mätningen den 13 augusti då gasavgången var orimligt hög.

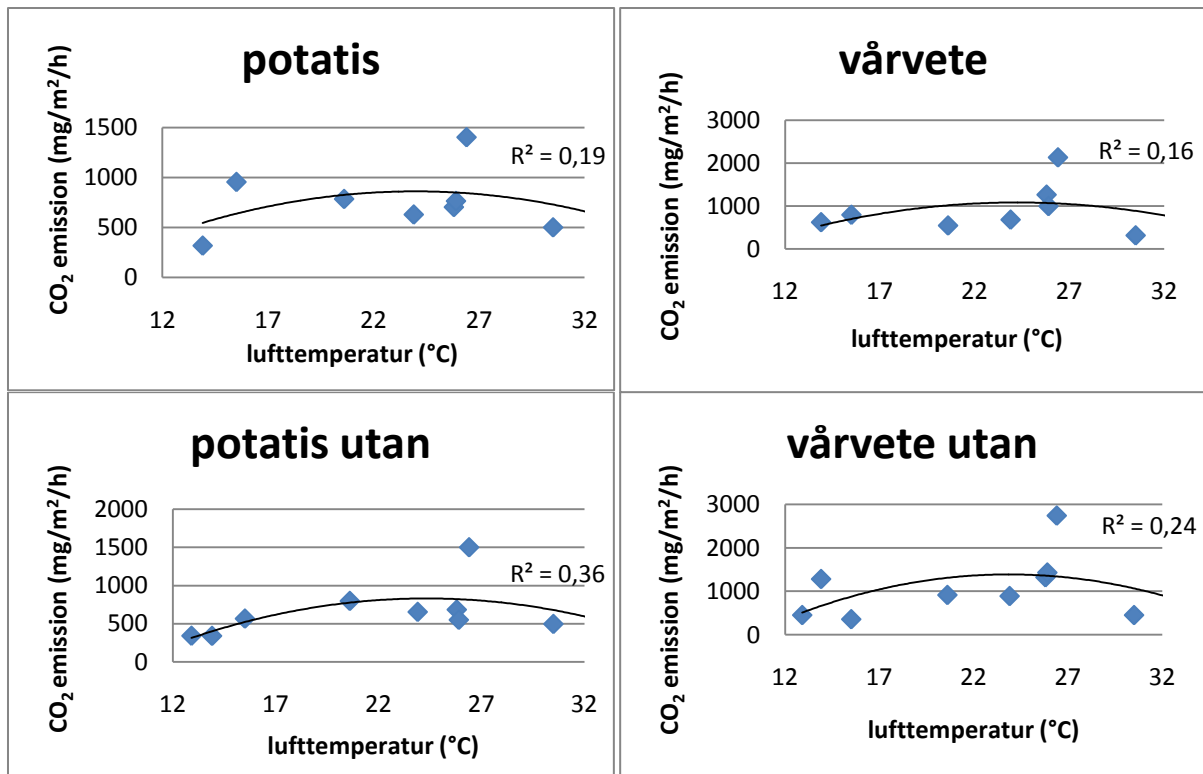
Figur 8 visar koldioxidavgången under hela mätperioden och även lufttemperaturen. Ett visst samband mellan gasavgång och temperatur syns under hela perioden.



Figur 8. Koldioxidavgång och lufttemperatur från gyttejorden vid Ekhaga.

Temperaturens inverkan

I figur 9 kan man se att koldioxidavgången har ett optimum vid cirka 24 grader, därefter avtar emissionen med ökad lufttemperatur, men sambanden är ytterst svaga.

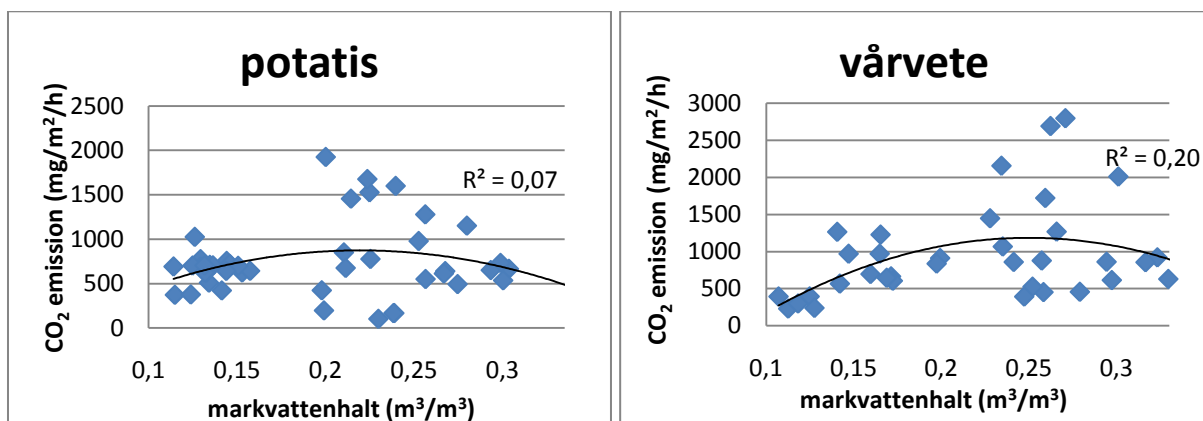


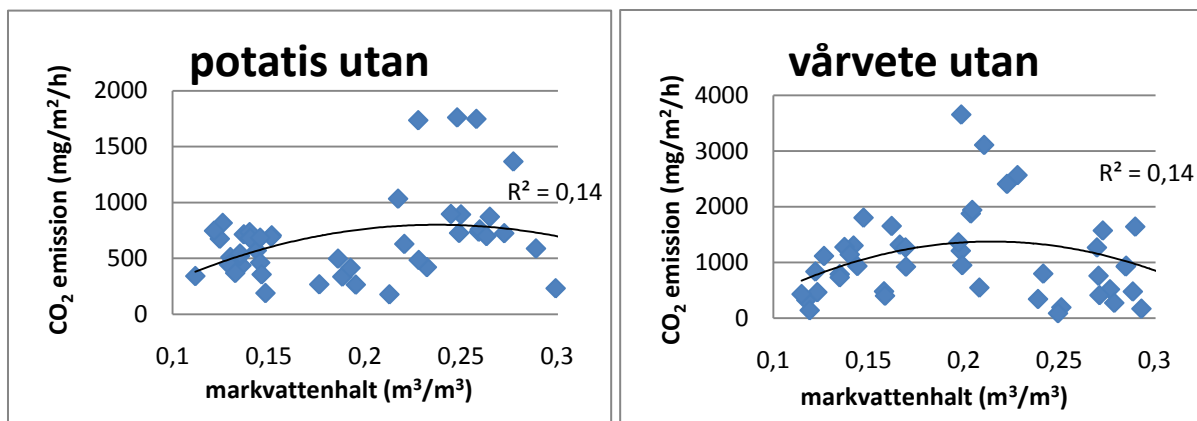
Figur 9. Förhållandet mellan koldioxidemission och luftens temperatur på Ekhaga från mätningar i potatis och vårvete med och utan gröda.

Marktemperaturens påverkan redovisas i bilaga 2, figur 5 och 6. Koldioxidmissionen är som högst vid cirka 16 grader för att sedan avta när temperaturen ökar. Den stora spridningen i resultaten ger låga R² värdena och gör att resultatet blir mycket osäkert.

Vattenhaltens inverkan

Spridningen i markvattenhalt är relativt stor men inga samband med koldioxemissionen kan utläsas (figur 10).





Figur10. Markvattenhaltens (på 5 cm djup) inverkan på koldioxidemissionen från potatis och vårveete med och utan gröda på Ekhaga.

Biomassaproduktion

Biomassabestämningarna som redovisas här kommer att användas i ett annat projekt där man försöker uppskatta hur rotandningen bidrar till CO₂-avgången från beväxta rutor, men jag har inte gjort några sådana beräkningar.

Ovanjordisk biomassa på försöksplatserna

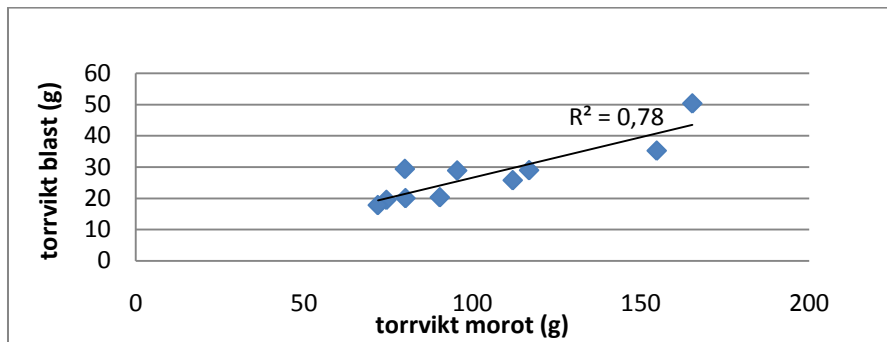
Tabell 5 visar vilka torrvikter som erhållits efter klippning från de olika grödorna. Variationen i tillväxt är ganska stor mellan enskilda ringar vilket bör påverka gasavgången i de beväxta rutorna.

Tabell 5. Grödprover tagna på Åloppe och Ekhaga. Fem prover tagna från varje gröda

Åloppe vall (gram torrsvikt)		Åloppe morotsblast (gram torrsvikt)	
2010-07-26	2010-09-01	2010-07-26	2010-09-01
67,6	95,4	9,9	22,2
50,8	123,3	10,2	42,7
68,1	123,0	9,1	33,7
78,8	84,2	8,0	37,7
57,5	101,0	19,4	35,3
Ekhaga potatisblast (gram torrsvikt)		Ekhaga vårveete (gram torrsvikt)	
2010-06-24	2010-07-27	2010-06-24	2010-07-27
2,7	42,5	74,7	226,6
1,3	38,0	80,2	239,7
2,4	33,8	67,9	229,3
3,6	36,5	59,1	209,5
2,1	42,1	72,5	193,7

Ovanjordisk vs. underjordisk biomassa från morot

Man kan se ett tydligt samband mellan mängden ovanjordisk biomassa och mängden underjordisk biomassa hos morötter (fig 11). Moroten står för cirka 80% av hela plantan och blasten 20% (tab 6). Dessa värden kan ge en bra fingervisning om fördelningen mellan ovanjordisk och underjordisk biomassa hos morot vilket minskar behovet av att inkludera den underjordiska biomassan i provtagningen.



Figur 11. Torrsvikt från 10 provtagningar på morot med blast från Åloppe.

Tabell 6. Torrsvikt för morot och blast per ring i gram.

Prov nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Torrsvikt morot	80,1	95,5	80,0	90,3	74,5	112	154,8	165,4	72,0	116,9
Torrsvikt blast	20,1	28,9	29,4	20,4	19,6	25,8	35,3	50,3	17,9	29,0
Andel morot av total vikt	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

DISKUSSION

Resultaten från sommarens mätningar av koldioxidavgången i fältförsök med olika grödor på organogen jord är mycket osäkra (tabellerna 3 och 4). Utifrån de osäkra resultaten kan man inte säga att det är någon signifikant skillnad i koldioxidavgång mellan grödorna. Resultat från fältförsök i Finland (Maljanen et al., 2007) visar också på mycket osäkra resultat med stor standardavvikelse. Värdena på den årliga koldioxidavgången varierade i de finska försöken mellan 79 till 750 g CO₂-C/m² för vall och 210-830 g CO₂-C/m² för korn.

På Ekhaga uppmättes lägre koldioxidavgång från rutor med vårvede än i rutor utan gröda (tabell 4) även om det inte var några signifikanta skillnader. Detta är inte så lätt att förklara men de stora permanenta sprickorna i marken på gyttejordar kan medföra högre emissionsvärden då gaserna lätt kan tränga upp genom marken. När det gäller vårvedet på Ekhaga så har värdena på bar mark varit högre under nästan hela mätperioden. Om en spricka skulle ha orsakat detta så borde det endast vara mätningar från några enstaka mätningar som hade förhöjd gasavgång. En annan förklaring kan vara att man påverkat marken mer i rutor med bar mark när man avlägsnade grödan, men då borde man se en avtagande skillnad med tiden men någon sådan tendens går inte att se (tabell 7).

En sak som jag observerat under sommaren är att när grödan växer som mest är också gasavgången som störst vilket också Lohila och medarbetare (2003) noterat ” Ju mer levande rötter det är i marken, desto större är mängden CO₂ producerad av rötterna”.

När det gäller temperaturen så kan man se ett visst samband med koldioxidemissionen, men R²- värdena är alldeles för låga för att kunna dra några egentliga slutsatser (figurerna 6, 9, 12 och 13). I rutorna utan gröda kan man i allmänhet se en viss tendens till ett optimum i gasavgång när lufttemperaturen är mellan 22-25 °C vilket överensstämmer rätt väl med optimum för markmikrobiella system (Voroney, 2007). Eftersom koldioxidemissionen är ett resultat av mikroorganismernas aktivitet i marken borde man få ett bättre samband mellan koldioxidavgången och marktemperaturen än med lufttemperaturen, men Berglund och medarbetare (2010) har tidigare visat att sambandet med marktemperaturen i matjorden endast var marginellt bättre än sambandet med lufttemperaturen.

Lufttemperaturen, marktemperaturen och markvattenhalten är alla faktorer som påverkar gasavgången. Biologiska system har oftast ett optimum då de mår/verkar som bäst. På samma sätt fungerar mikroberna. När temperaturen är gynnsam och mängden vatten och luft är tillräckligt så jobbar mikroberna som mest. Så fort några av dessa faktorer blir begränsande så avtar aktiviteten (Voroney, 2007). Mängden vatten i marken är viktig för mikrobernas aktivitet. För lite vatten gör att varken grödorna eller mikroberna trivs. För mycket vatten är inte heller gynnsamt. Om marken blir vattenmättad så börjar andra sorters mikrober verka, de som bildar metan i syrefattiga miljöer. När mätningarna genomfördes var vattenhalten i marken i intervallet 0,2-0,5 m³/m³ för Ålopp och i intervallet 0,1-0,4 m³/m³ för Ekhaga. Normal porositet för kärrtorvjord ligger på ca 0,8 m³/m³ och för gyttejeler på ca 0,7 m³/m³ (Berglund, 1996). Huvuddelen av mätningarna har med andra ord genomförts på ganska torr mark där vattenfaktorn kan ha varit begränsande. Skulle vattenhalten närma sig porositeten så skulle vi genast se att koldioxidavgången snabbt skulle avta då alla luftfyllda porer i marken skulle bytas ut mot vatten och syrebrist uppstå. Markvattenhalten mättes endast på 5 cm djup, men det är möjligt att vattenhalten djupare ned i profilen var mer avgörande för gasavgången. Vid den sista mätningen på hösten var koldioxidavgången i princip densamma i alla led på

båda platserna, temperaturen var ganska låg (10-11 °C) och kan ha varit den begränsande faktorn.

Nedbrytningshastigheten av det organogena materialet beror på en kombination av dräneringsdjup (vatten- och syretillgång), temperatur och graden av jordbearbetning. För att minska koldioxidavgången måste man vattenmätta marken för att förhindra att syre tränger ned i marken. Ett exempel som visar på komplexiteten i sambandet mellan temperatur och koldioxidemission är att den högsta årliga koldioxidavgång uppmättes i Finland och den lägsta i Tyskland, trots att den årliga medeltemperaturen är högre i Tyskland (Kasimir-Klemedtsson et al., 2000). Ökad bearbetning medför ett ökat syreintag i marken som i sin tur kan leda till ökad nedbrytning. Nedbrytningen medför koldioxidavgång ut i atmosfären. Samtidigt kan man tänka att ökad bearbetning gör att marken fortare torkar ut vilket medför att mikroberna inte trivs och nedbrytningen minskar.

På Ekhaga var det högre gasavgång hos vårvetet än hos potatisen, men med en stor standardavvikelse. Om man utgår från att värdena stämmer så skulle en bidragande faktor kunna vara att marken för det mesta var torrare i rutor med potatis än i vetet på grund av att potatisen är kupad och torkar ut lättare. Mikroberna trivdes bättre i den fuktiga miljön än i den torra. På Åloppe var vallen oftast lite blötare än morötterna, men trots det var gasavgången högre hos morötterna. Som det tidigare sagts så är det flera faktorer som styr koldioxidavgången och det gör systemet mycket komplext.

Ett förvånande resultat är att Ekhaga med sin gyttejord gav ifrån sig nästan lika höga koldioxidvärden som Åloppe med sin torvjord. Det var ett oväntat resultat eftersom Åloppes jord innehåller mer organiskt material än Ekhaga vilket borde medföra en högre gasavgång.

Ett tydligt resultat är att mängden ovanjordisk biomassa (blasten) avspeglar den underjordiska biomassan (moroten). I tabell 6 kan man se att 80 % av biomassaproduktionen är underjordisk. Därför kan man skörda den ovanjordiska biomassan för att få en uppskattning av den underjordiska produktionen och därmed hur stor rotandningen är.

Det hade varit intressant att mäta koldioxidavgången från dessa fyra grödor under exakt samma markförhållanden. Då hade man fått en ännu bättre uppfattning om grödans inverkan på koldioxidavgången. Det finns många faktorer i jordbruket som skulle kunna underlätta för miljön och människans hälsa, tillåt dig att se i ett vidare perspektiv.

SLUTSATSER

Det var ingen signifikant skillnad i koldioxidavgång mellan grödorna. Något entydigt samband mellan temperatur och koldioxidavgång gick inte finna även om det var en tendens till ett optimum i gasavgång vid en lufttemperatur mellan 22-25 °C respektive marktemperatur mellan 16-18 °C. Markvattenhalten på 5 cm djup var genomgående låg och det gick inte att hitta några klara samband mellan vattenhalt och koldioxidavgång. Trots den lägre halten organiskt material i gyttejorden på Ekhaga var koldioxidavgången nästan lika hög som vid Åloppe med sin torvjord.

LITTERATURFÖRTECKNING

Berglund, K. 1989. Ytsänkning på mosstorvjord. Sammanställning av material från Lidhult, Jönköpings län. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande 89:3. 18 s.

Berglund, K. 1996. Cultivated organic soils in Sweden: Properties and amelioration. PhD Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. Department of Soil Sciences, Reports and Dissertations 28.

Berglund, Ö. 2004. Effects of soil, water and crop management on greenhouse gas emissions and leaching of nutrients from cultivated peat soils. Introduction to Soil Science Research, PAS0011. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. f. markvetenskap. Stencil. 17 s.

Berglund, K. 2008. Kapitel 21, Torvmarken, en resurs i jordbruket igår, idag och även i morgon? I: Runefelt, L. (red.) Svensk mosskultur. Odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000. Kungliga Skogs- och lantbruksakademien. SOLMED 41. (sid 483-498) ISSN 1402-0386 ISBN 978-91-85205-47-9

Berglund, Ö. & Berglund, K. 2010. Distribution and cultivation intensity of agricultural peat and gytty soils in Sweden and estimation of greenhouse gas emissions from cultivated peat soils. *Geoderma* 154, 173–180. <http://pub-epsilon.slu.se:8080/1641/>

Berglund, Ö., Berglund, K. & Klemedtsson, L. 2010. A lysimeter study on the effect of temperature on CO₂ emission from cultivated peat soils. *Geoderma* 154, 211–218. <http://pub-epsilon.slu.se:8080/1642/>

Berglund, Ö., Berglund, K. & Klemedtsson, L. 2011. Plant-derived CO₂ flux from cultivated peat soils. Published on line (March 2011) in *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B Soil and Plant Science*. DOI: 10.1080/09064710.2010.510121.

Berglund, Ö. & Berglund, K. 2011. Influence of water table level and soil properties on emissions of greenhouse gases from cultivated peat soil. *Soil Biology and Biochemistry* 43, 923-931.

Couwenberg, J. 2009. Emission factors for managed peat soils. Greifswald University Wetlands International, Ede (www.wetlands.org). Produced for the UN-FCCC meetings in Bonn, June 2009. 16 s.

Dagens Nyheter. Malmborg, J. Hemsida. [online] (2008) Tillgänglig: <http://www.dn.se/nyheter/sverige/bidrag-ska-fa-bonder-att-sluta-odla-spannmal-pa-mulljordar> [2011-01-25]

Eriksson, J., Nilsson, I., Simonsson, S., 2005. Wiklanders Marklära. Sid 22-23. Studentlitteratur, Lund. 337 s.

Kasimir-Klemedtsson, Å., Nilsson, M., Sundh, I. & Svensson, Bo. 2000. Växthusgasflöden från myrar och organogena jordar. Naturvårdsverket. Rapport nr 5132. 54 s.

Klimatcertifiering för mat. Hemsida [online] (2008) Tillgänglig: <http://www.klimatmarkningen.se/om-projektet> [2010-10-04]

Kuzyakov, Y. 2006. Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods. *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (3), 425-448.

Lohila, A., Aurela, M., Regina, K. & Laurila, T. 2003. Soil and total ecosystem respiration in agricultural fields: effect of soil and crop type. *Plant and Soil*, 251, 303-317.

Maljanen, M., Hytönen, J., Mäkiranta, P., Alm, J., Minkkinen, K., Laine, J., Martikainen, P. 2007.. 3.3. Greenhouse gas emissions from cultivated and abandoned organic croplands. In: Sarkola, S. (ed.), *Greenhouse Impacts of the Use of Peat and Peatlands in Finland*. (Publications of Ministry of Agriculture and Forestry, Finland, 11a/2007), s. 27-30. ISBN 978-952-453-394-2, ISSN 1238-2531.

Mat och Klimat. Richert, A. Hemsida. [online] (2010) Tillgänglig: <http://www.matochklimat.se/Konsument/Fraga-klimatexperten/> [2010-10-04]

Runefelt, L. (red.) 2008. Svensk mosskultur. Odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000. Kungliga Skogs- och lantbruksakademien. SOLMED 41. 528 s. ISSN 1402-0386 ISBN 978-91-85205-47-9

Voroney, R.P. 2007. The soil habitat. In: Paul, E.A (ed.) *Soil microbiology, ecology, and biochemistry*. . Third edition. *Elsevier*. s 43-49.

BILAGOR

Bilaga 1. Resultat av mätningar av koldioxidavgång, vattenhalt och lufttemperatur vid Åloppe och Ekhaga.

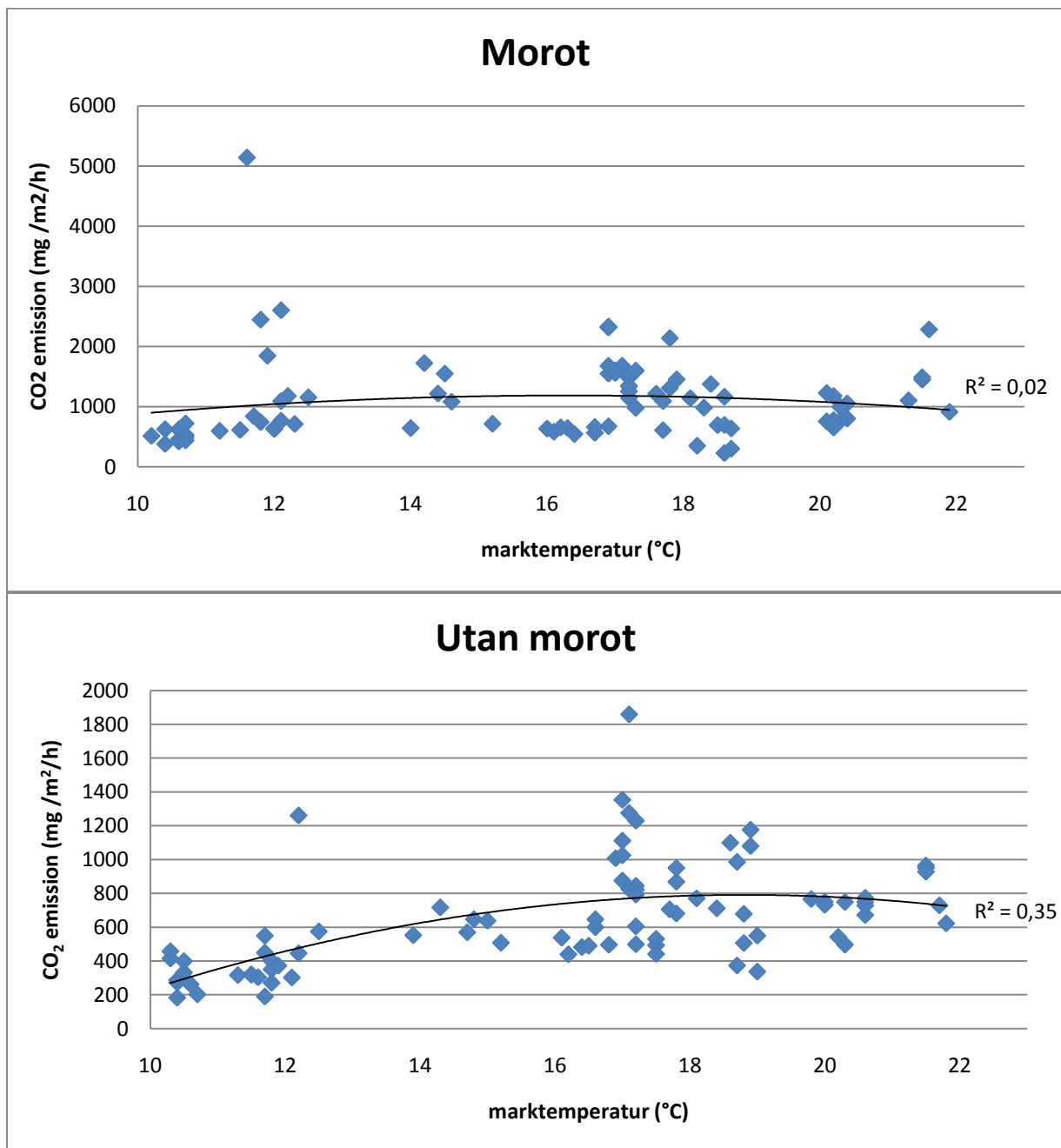
Tabell 6. Resultat från koldioxidmätningarna på Åloppe, övre raden (mg CO₂/m²/h). Med och utan gröda.
Resultat från vattenhaltsmätningarna (V), undre raden (m³/m³).

	22 juni	1 juli	6 juli	15 juli	26 juli	12 aug	27 aug	1 sep	8 sep	23 sep	Medel- värde	Stand. avvikelse
Morot	630	758	890	1448	1734	1329	1244	1525	1339	521	1142	413
V	0,45	0,21	0,16	0,17	0,40	0,32	0,34	0,27	0,21	0,37		
Morot u	537	750	696	839	1141	699	625	607	339	311	654	240
V	0,47	0,27	0,20	0,22	0,48	0,35	0,38	0,31	0,24	0,39		
Vall	1276	722	965	640	1301	1367	623	1121	693	113	984	294
V	0,34	0,23	0,17	0,15	0,35	0,40	0,44	0,30	0,23	0,43		
Vall u	1055	835	680	831	934	1089	524	404	357	394	710	278
V	0,38	0,25	0,17	0,16	0,50	0,44	0,46	0,45	0,34	0,49		
Temp.	16,2	17,8	19,4	20,5	16,6	17,4	14,1	11,8	11,3	10,4		

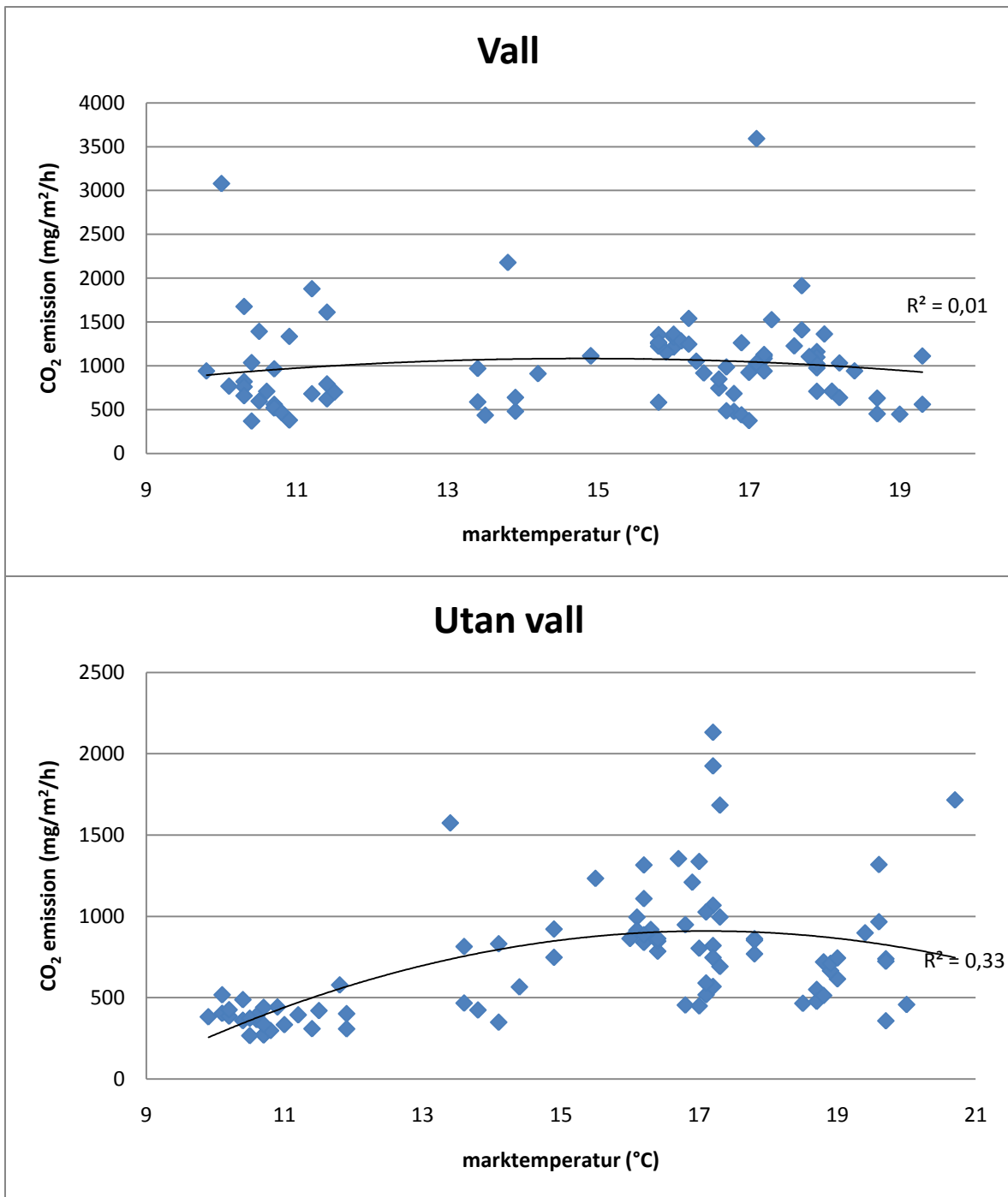
Tabell 7. Resultat från koldioxidmätningarna på Ekhaga, övre raden (mg CO₂/m²/h). Med och utan gröda.
Resultat från vattenhaltsmätningarna (V), undre raden (m³/m³).
Rödmarkerade siffror inkluderar mätvärden från den 13 augusti.

	24 juni	2 juli	7 juli	16 juli	27 juli	3 aug	13 aug	2 sep	9 sep	24 sep	Medel- värde	Stand. avvikelse
Pot.	704	764	636	500	785	629	(1403)	317	955		661	193
V	0,15	0,13	0,14	0,13	0,23	0,30	0,24	0,24	0,22		(744)	(306)
Pot. u.	684	550	511	496	798	654	(1502)	340	566	341	549	
V	0,14	0,13	0,13	0,13	0,26	0,29	0,25	0,20	0,21	0,34	(644)	151 (334)
Vete	1259	993	697	311	541	677	(2127)	617	791		736	288
V	0,24	0,17	0,16	0,12	0,26	0,34	0,26	0,36	0,32		(890)	(536)
Vete u.	1320	1429	691	452	914	889	(2736)	1280	357	452	865	
V	0,18	0,14	0,14	0,13	0,20	0,29	0,21	0,30	0,27	0,29	(1052)	408 (706)
Temp.	17,5	16,9	19,6	22,2	17,4	17,9	(19,3)	10,2	11,7	11,2		

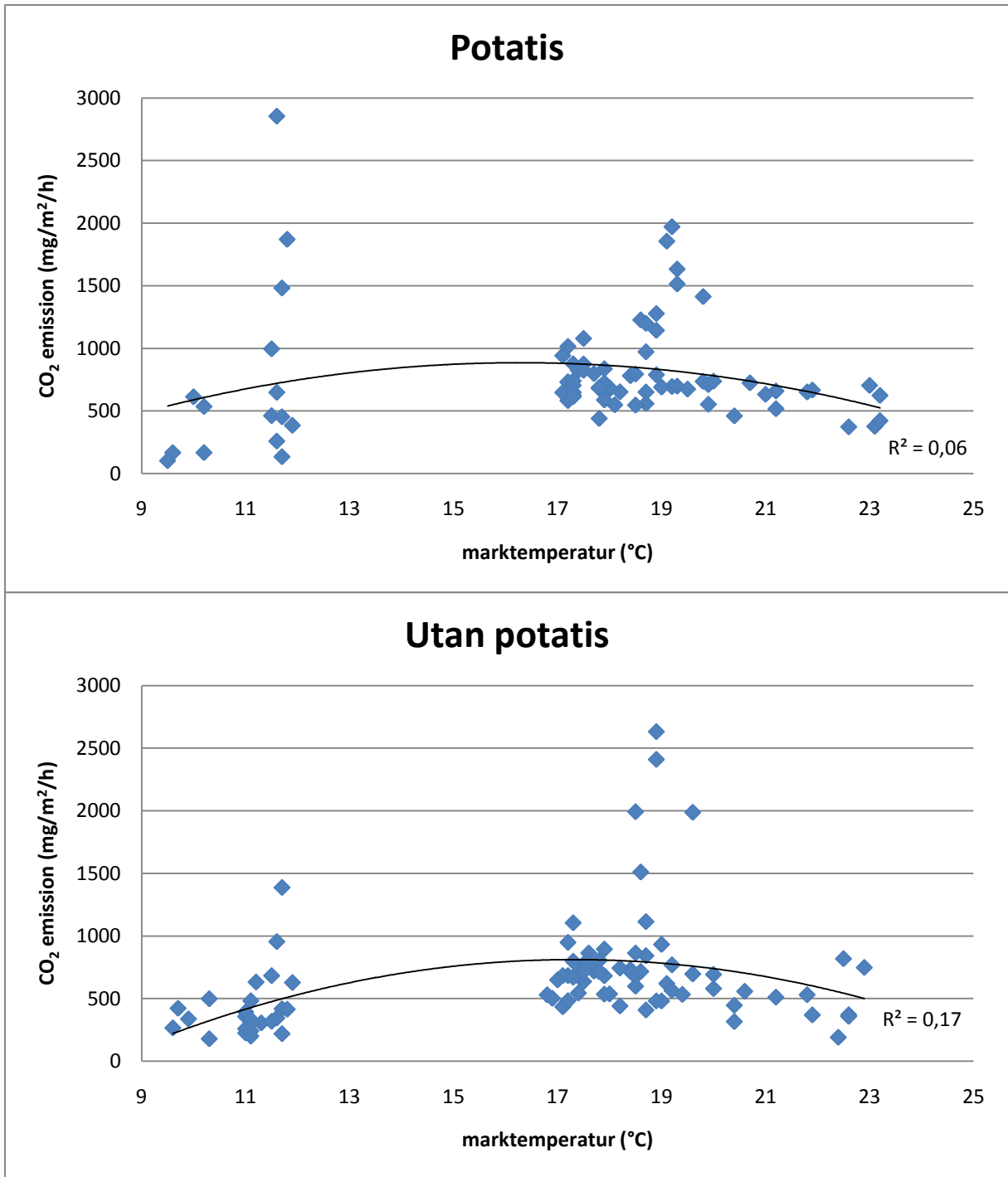
Bilaga 2. Marktemperaturens (på 5 cm djup) inverkan på koldioxidemission.



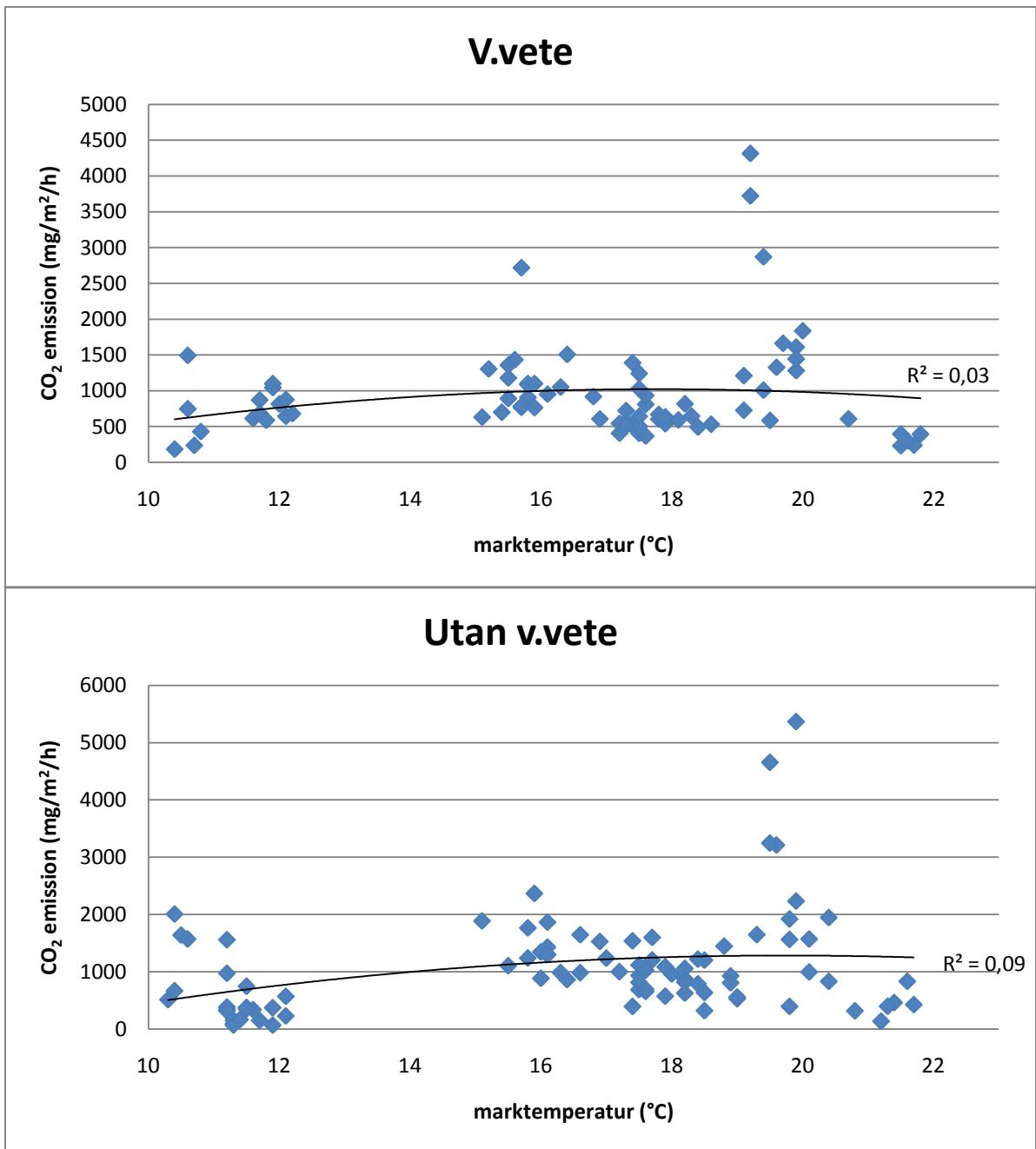
Figur12. Marktemperaturens inverkan på koldioxid emissionen på ca 5 cm djup. Data från Åloppe.



Figur 13. Marktemperaturens inverkan på koldioxidemissionen på ca 5 cm djup. Data från Åloppe.



Figur 14. Marktemperaturens inverkan på koldioxidemissionen på ca 5 cm djup. Data från Ekhaga.



Figur 15. Marktemperaturens inverkan på koldioxidemissionen på ca 5 cm djup. Data från Ekhaga.

Bilaga 3. Utförda mätningar i fält.

Tabell 8. Utförda moment i fält på Åloppe. Alla mätningar genomfördes på förmiddagen.

	2010-06-22	2010-07-01	2010-07-06	2010-07-15	2010-07-26	2010-08-12	2010-08-27	2010-09-01	2010-09-08	2010-09-23
Väder	-	-	-	varmt	*	sol	-	-	dimma	-
Gasmätning	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Vattenhalt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jordtemp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Klippte grödan					X			X		
Flyttade ringarna					X			X		

*första gången mätningen skedde på blöt mark

Tabell 9. Utförda moment i fält på Ekhaga. Alla mätningar genomfördes på förmiddagen.

	2010-06-24	2010-07-02	2010-07-07	2010-07-16	2010-07-27	2010-08-03	2010-08-13	2010-09-02	2010-09-09	2010-09-24
Väder	-	-	-	-	-	blött	varmt	-	-	-
Gasmätning	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Vattenhalt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jordtemp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Klippte grödan	X				X					
Flyttade ringarna					X					