



Restriktioner av växthusgasemissioner

– hur påverkas lantbruksföretagens ekonomi och produktionsinriktning?

Emma Andersson

Anna Wall

*SLU, Department of Economics
Degree Thesis in Business Administration*

*Thesis No 559
Uppsala, 2009*

D-level, 30 ECTS credits

ISSN 1401-4084

ISRN SLU-EKON-EX-559-SE

Reduction of greenhouse gas emissions
- The economic impact upon the agricultural firm

Restriktioner av växthusgasemissioner
– hur påverkas lantbruksföretagens ekonomi och produktionsinriktning?

Emma Andersson
Anna Wall

Handledare: Hans Andersson

© Emma Andersson & Anna Wall

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för ekonomi
Box 7013
750 07 UPPSALA

ISSN 1401-4084
ISRN SLU-EKON-EX-559 –SE

Tryck: SLU, Institutionen för ekonomi, Uppsala, 2009

Förord

I föreliggande studie genomförs analyser kring hur lantbruksföretag påverkas vid en begränsning av växthusgasemissioner. Studien är en del i JOKER-projektet, som bedrivs av HS Halland och Växa Halland i samarbete med Odling i Balans och SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik under år 2008, 2009 och 2010. JOKER-projektet finansieras av Stiftelsen Lantbruksforskning, Lantbrukarnas Riksförbund, C R Prytz Donationsfond, Bertebos Stiftelse samt Odling i Balans.

Ett stort tack riktas till Professor Hans Andersson vid Institutionen för ekonomi, Ultuna som handledt examensarbetet. Ett stort tack riktas även till Maria Berglund, Hushållningssällskapet Halland och projektledare för JOKER-projektet, Lars Törner, Odling I Balans samt gårdsägare som bistått med uppgifter om emissionsdata, fallgårdar och värdefulla synpunkter.

Ett tack riktas även till Lennart Mattsson, Johan Arvidsson och Tomas Rydberg på Markvetenskap, Ultuna för hjälp med kalibrering av produktionsfunktioner, förfruktvärden samt jordbearbetning. Vidare riktas ett tack till Kristina Andersson på Husdjursvetenskap, Ultuna samt Marie Holmberg och Zeljko Susic på Lantmännen för hjälp med foderstater och information om klimatmärkt foder. Ett tack riktas även till Thord Karlsson för hjälp med Agriwise och Excel.

Slutligen riktas ett tack till Stiftelsen Gösta och Sonja Engströms fond, Stiftelsen Hugo och Emma Björkmans minnesfond samt JOKER-projektet som bidragit med finansiering av studien.

Med förhoppning om att studien bidrar till en ökad förståelse och ett ökat intresse för lantbrukets klimatpåverkan riktas ett stort tack till Dig som läsare.

Uppsala, juli 2009

Emma Andersson & Anna Wall

Abstract

The agricultural sector accounts for about 13 percent of the total load of greenhouse gas emissions from Sweden (Swedish Environmental Protection Agency, 2007). The Swedish objective to reduce the greenhouse gas emissions with 40 percentage units to the year of 2020, based upon the year of 1990, might imply stricter regulations for Swedish farmers. A regulation or other forms of economic incentives is probably necessary to reduce the emissions originating from the agricultural sector.

This study aims to investigate the economic and managerial impact on two agricultural firms with differing production system given that a constraint on green house gas emissions is introduced. Gases included in this study are carbon dioxide, methane and nitrous oxide. A literature review is carried out to obtain data on emission factors from agricultural activities. The two case-study farms in this study represent crop production and crop and pig production, respectively. The farms are both part of the research program “Odling i balans”. In order to ensure an economic optimal adjustment, given the introduction of a constraint on greenhouse gas emissions, non-linear optimization techniques have been utilized. Furthermore, this study connects biological relationships and economic analyses of profits and cost-effectiveness with a target on emissions. Novel biological relationships in the study represent optimal crop rotation accounting for the biological effects of preceding crops, relationships between nitrogen application, yield and important quality parameters such as protein content in grain.

Since the reduction of greenhouse gas emissions is not determined in quantity or formation, the results are presented according to two different scenarios, one life-cycle approach including emissions from production of inputs and one national perspective excluding these emissions.

The results of the study show that the economic consequences for the crop producing farm due to a reduction of greenhouse gas emissions with 20 percentage units amount to 130 and 230 SEK per hectare, depending on whether the emissions from production of inputs are included or not. The corresponding result for the crop and pig producing farm, given the use of the available capacity for piglet production, amounts to 800 and 900 SEK per hectare. If the farmer is able to adjust the number of sows, the economic loss per hectare decreases to 280 and 340 SEK. Due to large emissions from the pig production, the cost of reducing the greenhouse gas emissions increases in a scenario with maximal capacity utilization in pig production. The explanation is that the reduction on total emissions requires extensive adjustments in the crop production. Hence, the economic return decreases. The reduction in percentage is greater when excluding emissions from production of inputs therefore the economic impact is greater. The marginal cost of reducing greenhouse gas emissions amounts to about 0,50 to 3 SEK per kg of carbon dioxide equivalent.

A comparison between tillage systems reveals that minimum tillage systems, generate not only higher economic return but, also lower emissions. However the marginal cost remains largely unchanged. The results of the analysis show that the crop producing farm is able to reduce the greenhouse gas emissions with almost 35 to 40 percent through a minimum tillage system adhering to the emission constraint, and at the same time maintain the economic result. The corresponding reduction for the crop and pig producing farm is 9 to 14 percent.

Key terms: greenhouse gas emissions, carbon dioxide, nitrogen, methane, nitrous oxide, agriculture, economics, profit maximization, cost-effectiveness, programming model, non linear optimization

Sammanfattning

Jordbrukssektorn står för cirka 13 procent av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser (Swedish Environmental Protection Agency, 2007). Sveriges mål att reducera emissionerna med 40 procent fram till år 2020, jämfört med 1990-års nivå, tyder på skärpta krav i framtiden för Sveriges lantbrukare. För att sänka utsläppen inom jordbruket krävs förmodligen en reglering inom sektorn.

Syftet med studien är att utreda hur två lantbruksföretag med olika driftsinriktning påverkas, ekonomiskt och produktionsmässigt, då en begränsning av växthusgasemissioner introduceras. De växthusgaser som behandlas i studien är koldioxid, lustgas och metan. En litteraturstudie genomförs för att inhämta emissionsdata. Optimeringsmodeller utvecklas för två fallgårdar med inriktning växtodling respektive växtodling och grisproduktion. De bägge gårdarna medverkar i Odling i Balans. Modellerna grundas på teorier rörande icke-linjär optimering och skiljer sig från tidigare studier då de beaktar komplexa biologiska samband och antaganden om ekonomiskt rationellt beslutsfattande och kostnadseffektivitet med avseende på ett givet utsläppsmål. De biologiska samband som modelleras är bland annat växtföljder och förfrukter, avkastning i förhållande till kvävetillförsel samt kvalitetsaspekter såsom sambandet mellan proteininnehåll i spannmål och kvävegiva.

Resultaten beskrivs enligt två scenarier, eftersom det är oklart hur en eventuell begränsning av växthusgasemissioner från jordbruket skulle kunna utformas. Dels analyseras ett livscykelperspektiv där emissioner från framställning av produktionsmedel inkluderas, dels ett nationellt perspektiv där emissioner från framställning av produktionsmedel exkluderas.

Analysen visar att lantbrukarens kostnad för att reducera emissionerna med 20 procent uppgår till 130 respektive 230 kronor per hektar för växtodlingsgården, beroende på om tillverkning av produktionsmedel ingår eller ej. För grisgården är kostnaden 280 respektive 340 kronor i det fall då antalet modersuggor kan minska, medan full kapacitet i smågrisproduktionen innebär kostnader om 800 till 900 kronor per hektar. Studien visar att kostnaden för att reducera emissionerna blir högre då grisgården inte kan anpassa grisproduktionen, vilken ger höga emissioner från bland annat gödsellagring och inköpt foder. Förklaringen är att en procentuell reduktion av de i nuläget höga emissionerna kräver omfattande anpassning av kvävetillförsel och skördenivåer, vilket leder till ett försämrat ekonomiskt resultat. I ett scenario då produktionsmedel exkluderas i analysen är kostnaden högre för att reducera emissionerna eftersom den procentuella reduktionen blir mer omfattande än i fallet inklusive produktionsmedel. Marginalkostnaden för att reducera emissionerna sträcker sig mellan 0,5 och 3 kronor per kg koldioxidekvivalent för fallgårdarna.

Vid jämförelse mellan reducerad och konventionell jordbearbetning på fallgårdarna visar sig det reducerade systemet ha flera fördelar. Det ekonomiska resultatet ökar och emissionerna minskar, till följd av lägre maskinkostnader per hektar och lägre emissioner hänförliga till tillverkning och förbränning av dieselolja. Dock är marginalkostnaden för att reducera de totala emissionerna i stort sett densamma. Analysen visar att växtodlingsgården kan sänka emissionerna med knappt 35 till 40 procent, med bibehållen vinst genom att tillämpa reducerad bearbetning och samtidigt anpassa sig till begränsning av emissionerna. Det reducerade bearbetningssystemet på grisgården innebär plöjningsfri odling av höstvet och analysen visar att emissionerna kan sänkas med 9 till 14 procent, givet anpassning och bibehållet ekonomiskt resultat.

Nyckelord: växthusgasemissioner, koldioxid, kväve, metan, lustgas, lantbruk, ekonomi, vinstmaximering, kostnadseffektivitet, programmering, modell, icke-linjär optimering

Förkortningar och förklaringar

<i>EF</i>	Emissionsfaktor
<i>IPCC</i>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<i>SIK</i>	Institutet för Livsmedel och Bioteknik
<i>EU</i>	Europeiska Unionen
<i>GWP</i>	Global Warming Potential-faktor
<i>ts</i>	Torrsubstans
<i>CO₂</i>	Kemisk beteckning för koldioxid
<i>N₂O</i>	Kemisk beteckning för lustgas
<i>CH₄</i>	Kemisk beteckning för metan
<i>N₂O-N</i>	Kemisk beteckning för lustgaskväve
<i>Satellitbesättning</i>	Tar emot dräktiga suggor från navet minst tre veckor innan grisning (Simonsson <i>et al.</i> ,1997). Satelliten utgör grisningsavdelning och tillväxtavdelning.
<i>Odling i Balans</i>	Målen med verksamheten är att minska odlingens inverkan på miljön, producera varor med hög kvalitet och söka framkomliga vägar till ett resurssnålt jordbruk med god ekonomi (www, Odling i balans, 2009). Verksamhetens syfte är att visa på åtgärder som kan genomföras på flertalet gårdar och som därmed ger väsentliga förbättringar. Vidare ska organisationen visa andra jordbrukare, beslutsfattare och allmänhet hur jordbruk drivs med respekt för hälsa och miljö samt erbjuda organisationer, företag och myndigheter att samverka om en gemensam filosofi, ett miljö- och resursanpassat jordbruk. Verksamheten finansieras av externa intressenter. Projektledare Lars Törner är verksamhetsledare och utför analyser på pilotgårdar inom projektet.
<i>JOKER</i>	JOKER står för ”Jordbrukets Klimatpåverkan – kartläggning, åtgärder, ekonomisk analys och rådgivningsmodell” (www, HS Halland, 2009). Projektets mål är att bidra med kunskap om hur jordbrukets klimatutsläpp kan reduceras. Analyserna sker med ett lantbruksföretagsperspektiv och på gårdsnivå. I första delen i projektet sammanställs kunskap om jordbrukets klimatpåverkan. Andra delen innehåller ekonomiska analyser medan sista delen innebär utveckling av en rådgivningsmodell.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
1.1 PROBLEMLÅGGRUND	1
1.2 PROBLEMLÅGGRULERING	3
1.3 TIDIGARE STUDIER	4
1.4 SYFTE.....	8
1.5 AVGRÄNSNINGAR.....	8
1.6 DISPOSITION.....	9
2 METOD	11
2.1 LITTERATURSTUDIE	11
2.2 FALLSTUDIE	12
2.3 MODELL	12
3 TEORI OCH MODELL	15
3.1 TILLÄMPAD OPTIMERING.....	15
4 EMPIRISKT MATERIAL	23
4.1 FALLGÅRDAR	23
4.1.1 Södergården.....	23
4.1.2 Västergården	23
4.2 EMISSIONSDATA.....	24
4.2.1 Emissioner från produktion och användning av produktionsmedel.....	24
4.2.2 Emissioner från växtodling och mark.....	27
4.2.3 Emissioner från gödselhantering.....	29
4.2.4 Emissioner från djur.....	31
4.3 SCHEMATISK MODELL	33
4.3.1 Anpassning av produktionsfunktioner	33
4.3.2 Förfruktvärden.....	36
4.3.3 Restriktioner för växtföljd och förfrukt.....	37
4.3.4 Restriktioner för foder	38
4.3.5 Ekonomiskt resultat	40
4.4 OSÄKERHETER	44
5 RESULTAT	47
5.1 NUVARANDE DRIFTSINRIKTNING	47
5.1.1 Södergården.....	47
5.1.2 Västergården	48
5.1.3 Validering av resultaten i nudriften.....	50
5.2 BEGRÄNSNING AV EMISSIONER	51
5.2.1 Södergården.....	51
5.2.2 Västergården	56
5.3 ÅTGÄRDER	65
5.3.1 Reducerat bearbetningssystem på Södergården.....	65
5.3.2 Reducerat bearbetningssystem på Västergården	68
5.3.3 Övriga åtgärder.....	68
6 ANALYS OCH DISKUSSION	69

REFERENSER	77
OFFENTLIGT TRYCK	77
INTERNET	81
PERSONLIGA MEDDELANDEN	84
BILAGA 1: FÖRSTA ORDNINGENS NÖDVÄNDIGA VILLKOR	87
BILAGA 2: PRODUKTIONSFUNKTIONER	91
BILAGA 3: FODERBEHOV OCH FODERINNEHÅLL	93
BILAGA 4: RESULTAT FODERSTATER	95
BILAGA 5: PROTEINHALT I HÖSTVETE	99
BILAGA 6: FOSFOR- OCH KALIUMBEHOV	101

1 Inledning

”Växthuseffekten är ett globalt miljöproblem, men utsläppen är alltid lokala. Därför måste en stor del av klimatarbetet ske på hemmaplan...”

Påståendet kommer från Stockholms stads hemsida (www, Stockholm, 2009) och beskriver på ett bra sätt problematiken kring utsläpp av växthusgaser. Konsekvenserna av utsläppen påverkar oss globalt genom en ökad medeltemperatur, samtidigt som lösningen finns på lokal nivå, i varje enskilt land och inom varje bransch och företag.

1.1 Problembakgrund

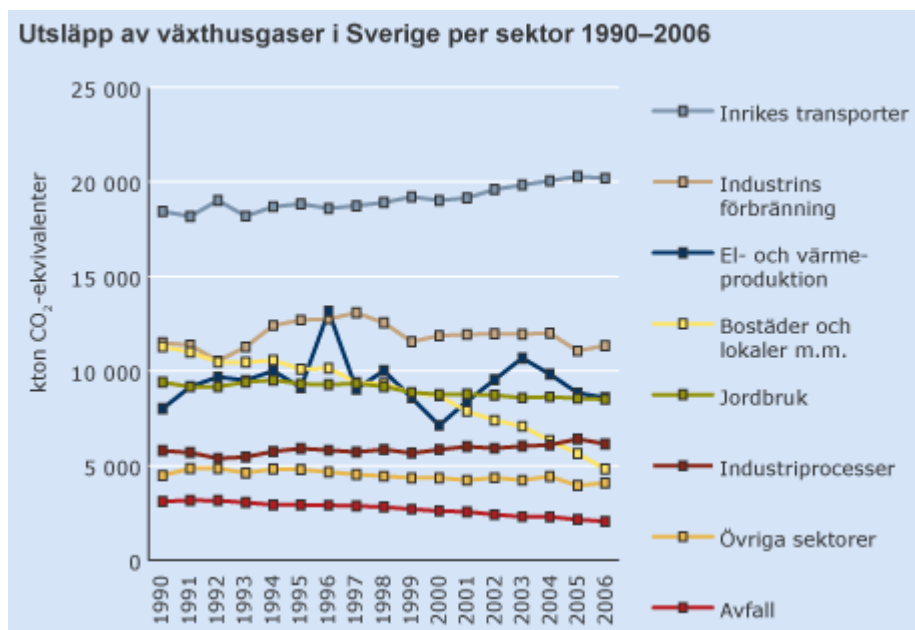
Växthuseffekten möjliggör ett liv på jorden, genom att växthusgaserna påverkar värmestrålningen ut från jorden och höjer medeltemperaturen (www, SMHI, 2009a). Sedan industrialismens genombrott har växthuseffekten förstärkts, koldioxidhalten i atmosfären har ökat med 30 procent genom människans aktiviteter (www, Naturvårdsverket, 2009a). Koldioxid utgör cirka 79 procent av utsläppta växthusgaser i världen, medan övriga gaser till största del består av metan, 11 procent och lustgas, 8 procent (www, Naturvårdsverket, 2009b).

Växthuseffekten påverkar odlingsvillkoren (www, SMHI, 2009b). I Sverige medför ett mildare klimat en längre odlingssäsong vilket ger ökade möjligheter till att odla nya grödor. Avkastningen gynnas också av ett varmare klimat med högre koldioxidhalt i atmosfären. Ett varmare klimat ökar även riskerna inom jordbruket. Växtsjukdomar och skadegörare gynnas samtidigt som hagel och kraftigt regn blir mer vanligt förekommande. I den av LRF, LRF-konsult och Swedbank gemensamt publicerade undersökningen Lantbruksbarometern 2008 upplever hela 52 procent av lantbrukarna en oro för klimatförändringarna (www, LRF, 2009). Redan på 90-talet analyserade Kaiser *et al.* (1993) klimatförändringarnas påverkan på jordbruket i USA. Resultaten av en fallstudie i södra Minnesota visar att lantbrukare i hög grad kan anpassa teknik, produktionssystem samt tid för bearbetning och sådd och därmed dra fördel av klimatförändringarna. Kaiser *et al.* visar därmed att lantbruksföretagets påverkan av klimatförändringarna måste mätas efter att en anpassning varit möjlig, annars riskerar den negativa påverkan bli överskattad.

Ett antal internationella organ arbetar aktivt med att reducera utsläpp av växthusgaser. Ett av dessa organ är EU vars miljöpolitik har stor betydelse för både Sveriges miljö och Sveriges agerande internationellt (www, regeringen, 2009a). EU:s mål formulerades efter överenskommelsen i Kyotoprotokollet, och innebär en reduktion av utsläppen av växthusgaser fram till år 2020 med minst 20 procent jämfört med 1990 års nivå (www, regeringen, 2009b). I mars 2009 lade den svenska regeringen fram de nya klimat- och energipropositionerna som föreslår en reduktion av växthusgasemissionerna med 40 procent fram till år 2020, jämfört med 1990-års nivå (www, regeringen, 2009c). Inom sektorer utanför utsläppsrättshandeln har ett mål, om en 10 procents minskning, jämfört med 2005 års nivå, utarbetats av EU (www, European Commission, 2009). Sverige har av EU fått i uppgift att, inom jordbrukssektorn och övriga sektorer som inte ingår i handeln med utsläppsrätter, skärpa målet till en 17 procentig reduktion jämfört med 2005-års nivå (pers. medd. Paulsson).

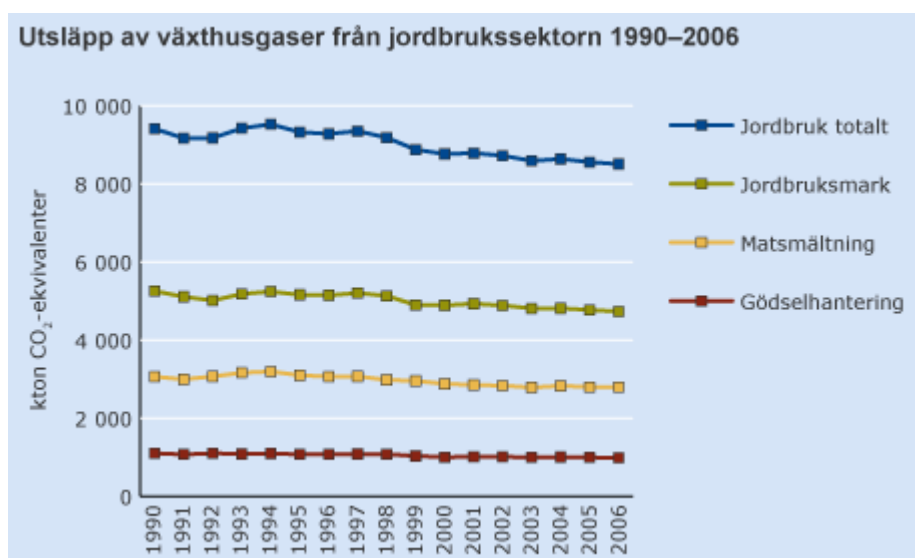
I Sverige uppgår växthusgasemissionerna från jordbrukssektorn till 8,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter (Swedish Environmental Protection Agency, 2007), se figur 1. Då ingår inte utsläpp orsakade av produktion av insatsmedel samt markanvändning, ändrad

markanvändning och skogsbruk. Siffran kan jämföras med Sveriges totala utsläpp om 65,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter.



Figur 1: Utsläpp av växthusgaser från jordbrukssektorn (Swedish Environmental Protection Agency, 2007, Jordbruksverket 2008a)

Emissionerna från jordbruket kan delas in i tre huvudaktiviteter; animaliernas ämnesomsättning, gödselhantering samt jordbruksmark. Figur 2 visar de olika aktiviteternas utsläpp av växthusgaser. Gaserna består främst av metan från djuren och lustgas från åkermarken (Swedish Environmental Protection Agency, 2007). Det har skett en reduktion av utsläppen inom jordbrukssektorn med 9 procent mellan åren 1990 och 2005 (Naturvårdsverket & Energimyndigheten, 2007). Förklaringen är bland annat ett minskat antal mjölkkor och därmed också en minskad produktion av stallgödsel (www, SCB, 2009a). Samtidigt har arbetet med att reducera växtnäringsläckage inom projekt som ”Greppa Näringen” med flera varit framgångsrikt. Vidare har användningen av handelsgödsel sjunkit något, främst till följd av en minskad åkerareal (www, SCB, 2009g).



Figur 2; Utsläpp av växthusgaser från jordbrukssektorn (Swedish Environmental Protection Agency, 2007)

Uppgifterna i figur 1 och 2 grundas på beräkningar från den nationella klimatrapporeringen som delas upp i olika branscher och detaljnivåer (IPCC, 2006a). Systemet innebär att alla växthusgasutsläpp inom nationsgränsen beräknas utifrån riktlinjer framtagna av IPCC, men att import och export av varor inte ingår. Därmed exkluderas tillverkning av mineralgödsel i den svenska rapporteringen, trots att den nyttjas i jordbruket, eftersom all produktion sker utomlands.

En livscykelanalys mäter den totala resursförbrukningen från ”vaggan” till ”graven” för en viss produkt. Delar som ingår är bland annat utsläpp av växthusgaser, försurning, övergödning och toxiska effekter. I denna studie analyseras endast utsläpp av växthusgaser. Livscykelperspektivet tar därmed hänsyn till produktion av insatsvaror och innebär en mer detaljerad analys i jämförelse med det nationella perspektivet. Resultaten av en LCA-analys beror av val av avgränsningar, studiens mål och en rad tolkningar. I metodavsnittet beskrivs de beräkningsgrunder som används i analysen.

Målet att reducera utsläppen av växthusgaser inom jordbrukssektorn tyder på skärpta krav i framtiden för Sveriges lantbrukare. Inom andra sektorer har ett utsläppsrättssystem inom EU upprättats där ett tak reglerar utsläppsnivån (www, Naturvårdsverket, 2008). Systemet inbegriper nästan hälften av koldioxidutsläppen i EU. Tanken är att övriga växthusgaser ska tas med i handelssystemet, att fördelningen av utsläppsrätter ska bli mer restriktiv samtidigt som fler sektorer ska omfattas (Jordbruksverket, 2008a). Vidare ska antalet utsläppsrätter minska årligen för att nå målen 2020. Idag finns inget beslut om att jordbruket inom den närmsta tiden ska inkluderas i systemet men trenden är ändå tydlig. Samtliga branscher kommer att tvingas sänka sina utsläpp i framtiden. För att sänka utsläppen även inom jordbruket krävs förmodligen en reglering inom sektorn.

Danmark har nyligen kommit med förslag om kväve- och metanskatt inom jordbruket (Skattekommissionen, 2009). Förslaget är ett sätt att underlätta för Danmark att nå de uppsatta klimatmålen. Kväveskatten spås uppgå till fyra kronor per kg kväve och ska beräknas på basis av lantbrukarens bruttotillförsel av kväve från gödsel och djur etcetera. Men det ska även vara möjligt för lantbrukaren att få återbäring då åtgärder genomförs för att binda kväve. Metanskatten ska enligt förslaget utformas på ett liknande sätt. Danmarks förslag visar att även jordbruket kan komma att tvingas reducera växthusgasemissionerna för att nå de nationella klimatmålen.

1.2 Problemformulering

Jordbrukssektorn står för en betydande del av Sveriges utsläpp av växthusgaser. Än så länge uppnår Sverige de mål som EU har satt upp om reduktioner av växthusgasutsläpp. En av anledningarna kan vara den strukturrationalisering som skett inom den svenska jordbrukssektorn med färre djur och effektivare produktion (www, SCB, 2009g). Skulle målen i framtiden skärpas innebär det förändringar i såväl lantbruksföretagens driftsinriktning som i deras ekonomiska situation. Studien ämnar undersöka hur lönsamheten i två lantbruksföretag påverkas vid en begränsning av växthusgasemissioner samt hur driftsinriktningen anpassas för att bli mer klimateffektiv givet utsläppsmålet. Studien är relevant dels ur ett metodperspektiv eftersom denna analys ännu inte genomförts för svenska lantbruksföretag men även ur ett policyperspektiv då resultaten kan användas för att analysera hur lantbruksföretaget påverkas vid val av styrmedel. Perspektivet i denna studie är lantbruksföretaget och kostnaden det innebär för lantbrukaren att anpassa produktionen till emissionsbegränsningar.

1.3 Tidigare studier

Nedan följer en sammanställning av modeller och tankesätt som har utvecklats för att beräkna växthusgasutsläpp och dess påverkan på lantbruket.

IPCC, som är FN:s vetenskapliga panel i klimatfrågor, sammanställer riktlinjer för beräkning av växthusgasutsläpp (www, IPCC, 2008). Syftet är att på ett säkert, transparent och objektivt sätt sammanställa relevant information om klimatförändringar orsakade av mänskligheten. IPCC bedriver ingen egen forskning. Beräkningarna uppdateras med jämna mellanrum och de senaste riktlinjerna är från 2006 och bygger på 1996 års riktlinjer. Skillnaden är bland annat att emissionsfaktorn för lustgas från mark har sänkts, vilket innebär att lustgasens betydelse relativt sett blivit mindre (Jordbruksverket, 2008a). Riktlinjerna och metoderna används när länder rapporterar de nationella utsläppen till FN:s klimatkonvention. Beräkningar för jordbrukssektorn redovisas och går principiellt ut på att varje aktivitet, till exempel hektar mark eller antal djur, multipliceras med en emissionsfaktor för respektive utsläpp (IPCC, 2006a). Emissionsfaktorn visar hur stort varje aktivitets utsläpp är, till exempel metan från ett slaktsvins matsmältning. IPCC:s råd är sammanställda i tre nivåer, Tier 1-3 där nivå ett har den lägsta detaljnivån. Systemgränsen är landsgränsen vilket innebär att importerade varors klimatpåverkan inte tas med i beräkningarna. Andra modeller som utvecklats för att bedöma växthusgasutsläpp bygger ofta på beräkningar från IPCC, men anpassningar har gjorts för att bättre passa syftet.

Elmquist (2005) har utvecklat *SALSA-modellen* som kan appliceras inom gris-, nötkötts- och mjölkproduktion samt för växtodling. Modellen bygger på livscykelanalyser och syftet är att studera hur olika produktionsteknik påverkar miljö och resursanvändning. En del av modellen handlar om lantbrukarens val och simulerar dennes beslutsfattande. Avgörande faktorer för storleken på utsläppen är enligt Elmquist mängden kvävegödsel som används, samt behandlingen av stallgödseln både i stall, lagring och vid spridning. Studien visade att grigårdens utsläpp enkelt kunde reduceras genom att ersätta sojamjöl med syntetiska aminosyror och samtidigt minska råproteininnehållet i fodret. Inom spannmålsodlingen var de största utsläppskällorna handelsgödselproduktion, torkning och körslor. Mjolk- och nötköttsproduktionens största utsläppskälla var djurens metanproduktion. Genom att öka produktiviteten kan därför utsläppen per funktionell enhet (till exempel kg kött eller kg mjölk) minska enligt Elmquist. Strid *et al.* (2005) utvecklar resonemanget genom att analysera olika alternativa foderstater för slaktsvin. Vid analys av hela gården som ett system dras slutsatsen att en foderstat med mindre soja och mer ärt reducerade växthusgasemissionerna.

I Storbritannien har Country Land and Business Association utvecklat en modell, *CALM Calculator*, anpassad för lantbruket som beräknar emissioner i form av koldioxidekvivalenter (www, CALM, 2009). Lantbrukaren kan själv använda tjänsten och fyller i förbrukning av insatsvaror, arealer och avkastning och för djurgårdar avkastning och skötsel. I modellen beräknas sedan totala emissioner för gården. Modellen tar hänsyn till utsläppen som sker på gården samt utsläpp orsakade vid framställning av energi. Dock ingår inte produktion av mineralgödsel som bidrar med stora utsläpp.

Vid Lincoln University på Nya Zeeland har en liknande modell, *Carbon Calculator* utvecklats (www, Lincoln University, 2009). Modellen beräknar växthusgasemissioner från gårdens olika system och ger en totalsumma. Modellen tar inte hänsyn till djurhållningssystem, djurens avkastning eller vilka grödor som odlas. Därför blir resultatet relativt grovt skattat. Samma emissionsdata används som när Nya Zeeland rapporterar till

klimatekonventionen. Gemensamt för denna modell och CALM Calculator är att de är lätta att använda.

Schils *et al.* (2005) beskriver i sin studie helhetsperspektivet av gården och definierar fem aktiviteter på gården; djur, gödsel, mark, gröda och foder. Växthusgasutsläppen för varje aktivitet summeras till en total summa. Beräkningarna bygger på IPCC:s riktlinjer och skillnaden utgör vilka faktorer som tas med i summeringen. Undersökningen visar att 95 procent av gårdens utsläpp är av direkt karaktär och att 70 procent av de totala emissionerna för gårdar med idisslande boskap är metan. Vidare gjordes ett test där mängden mineralgödsel minskades, betesperioden förkortades samt mjölkproduktionen ökade. En reduktion av mängden mineralgödsel med 15 procent gav 5 procent lägre lustgasutsläpp. Dock orsakade reduktionen av mineralgödsel även en lägre avkastning av betesvall vilket innebär att foder måste köpas in. En minskad betesperiod, från 20 till 16 timmar per dygn gav en marginell skillnad i utsläpp. Reduceringen av lustgas från gödsel på betet motsvarades av metanutsläppen vid gödselhanteringen i stallet. När mjölkproduktionen ökade behövdes det färre kor för att producera samma mängd mjölk och därmed minskade utsläppen med cirka fyra procent.

Författarna argumenterar för att helhetsperspektivet är en bra ansats för att motivera lantbrukare att via effektiva ledningssystem bidra till att reducera växthusgasutsläpp (Schils *et al.*, 2005). De anser att IPCC:s metod är sämre i detta hänseende eftersom denna fokuserar mer på nationella mått. Vidare anser de att IPCC:s metod har brister, till exempel då det saknas emissionsfaktorer för spridning av gödselmedel beroende på tidpunkten för spridning.

I en studie av Schils *et al.* (2007) fortsätter diskussionen om behovet av ett helhetsperspektiv av gården, som ett effektivt verktyg för att utreda växthusgasutsläpp. Tanken är att material cirkulerar inom gården, samtidigt som det även finns ett utbyte mellan gården och omgivningen. Författarna diskuterar fyra olika modeller; *DairyWise*, *FarmGHG*, *SIMS_{Dairy}* och *FarmSim*. Modellernas innehåll skiljer sig åt vad gäller beräkning av koldioxid och ekonomi med mera, medan de i många fall liknar varandra då de baseras på IPCC:s beräkningar.

Modellen *DairyWise* utvecklades i Nederländerna och är uppbyggd av en rad mindre modeller för gårdens olika delar (Schils *et al.*, 2007). Modellen innehåller flera perspektiv såsom teknik, ekonomi och miljö. Det finns bland annat modeller för betestillväxt och kvalitet, samt foderstater och mjölkproduktion. Vidare finns en del i modellen som beräknar växthusgasutsläpp med hjälp av emissionsfaktorer. Tillsammans beskriver modellerna gården ur ett helhetsperspektiv. Modellen tar hänsyn till växthusgasutsläpp orsakade av djurens fodermältning, stallgödselhantering, emissioner från mark som beror på mängd tillfört kväve samt energiåtgång vid tillverkning av mineralgödsel, foder och så vidare.

FarmGHG-modellen från Danmark redogör för kvävet och kolets kretslopp på mjölkgårdar (Schils *et al.*, 2007). Modellen kan beräkna utsläpp av både metan och lustgas, dels inom gården, men även vad gäller tillverkning av pesticider, handelsgödsel och energi (www, Aarhus Universitet, 2009). Emissionsfaktorerna grundas på IPCC:s beräkningar, men delar av beräkningarna har modifierats. Modellen tar till exempel hänsyn till sambandet mellan foderstat och metanproduktion hos djuren samt sambandet mellan metanavgång från gödsel, lagringstid och temperatur.

FarmSIM bygger på beräkningar av kolets och kvävet kretslopp samt växthusgasutsläpp från nötkreatur (Schils *et al.*, 2007). Modellen delar upp gården i olika aktiviteter; djur, stallgödselhantering, stall, växtodling, foder, energi och avfall. Beräkningarna grundas på IPCC:s riktlinjer och kräver detaljerad data om gården.

Vidare analyseras i modellen *SIMS_{Dairy}* från Storbritannien hur strategisk företagsledning kan bidra till att utveckla ett mer hållbart system (Schils *et al.*, 2007). Modellen visar att utsläpp av växthusgaser i hög grad påverkas av jordart samt produktionsteknik såsom avkastning och mjölk kvalitet samt betesperiod och gödselsystem. Modellen visar att det i de flesta fall råder ej ett linjärt samband mellan produktionsfaktorer och utsläpp och att gårdsspecifika faktorer har en avgörande betydelse för storleken på utsläppen. Modellen tar inte hänsyn till de växthusgasutsläpp som orsakas av insatsfaktorerna.

Schils *et al.* (2007) ser en stor fördel i ett gårdsperspektiv, eftersom det ger möjlighet att utvärdera olika företagsledningsstrategier då omgivningen förändras. En annan positiv aspekt är att negativa effekter men också synergieffekter identifieras. Det finns dock risk att företagsstrategier ger positiva effekter på gårdsnivå, men negativa på regional nivå. Till exempel analyserar ingen av modellerna stegen efter det att produkten lämnat gården.

Economic Farm Emission Modell (EFEM) är en ekonomisk modell för lantbruksföretag där typiska driftsinriktningar i Tyskland analyseras (Neufeldt *et al.*, 2008). Modellen grundas på metoden linjär optimering. Genom att modellen kopplas samman med DNDC-modellen som beräknar växthusgasemissionerna ges en möjlighet att utvärdera både ekonomi och emissioner på samma gång. Beräkningarna av utsläppen bygger på IPCC:s rekommendationer och analysen utförs för området Baden-Württemberg. Modellens syfte är att utreda vilka styrmedel som är mest effektiva för att reducera växthusgasemissioner. Däremot analyseras inte specifikt marginalkostnaden eller kostnaden i form av minskad vinst som en följd av de minskade emissionerna (pers. medd. Neufeldt). Inte heller beaktas den komplexa icke-linjära interaktionen mellan olika grödor i en växtföljd eller helhetsaspekten till följd av förändrade gödslingsstrategier.

Phetteplace *et al.* (2001) har utvecklat ett beräkningsverktyg för utsläpp av växthusgaser från mjölk- och nötköttsgårdar, grundat på data från ett flertal platser i USA. Resultaten visar att en förbättrad foderstat och ökad produktion kunde minska de totala utsläppen. Vidare visar studien att intensiv betesdrift för mjölkkor kan reducera utsläppen av växthusgaser med upp till 12 procent per kg mjölk.

Desjardins *et al.* (2001) har undersökt potentialen för olika alternativ för att minska emissioner av växthusgaser i Kanada. Möjligheterna att reducera emissioner av växthusgaser inom jordbrukssektorn beror av jordbearbetningsstrategier, näringsläckage från mark, gödselhantering och lagring samt avbetning och utfodringsstrategier. Resultaten av undersökningen uppskattar de olika variabelernas påverkan på emissioner av växthusgaser.

Olika scenarier analyseras fram till år 2010. Desjardins *et al.* (2001) antar till exempel att effektiviteten vid spridning av kväve kan ökas med 50 procent, med hjälp av teknologiska instrument för precision. En åtgärd för att minska utsöndringen av koldioxid från mark är att öka mängden tillfört kväve. Detta resulterar i att lustgasemissionerna ökar. Resonemanget visar att helheten måste beaktas och att hänsyn inte bara skall tas till koldioxidemissioner. För att reducera de totala emissionerna av växthusgaser måste även metan och lustgas ingå. Ett annat exempel som visar att helheten är betydelsefull är ökningen av vall i växtföljden. Ökad

vall ger ökad djurproduktion vilket även ökar emissionerna av lustgas och metan. Nettoutsläppen ökar, trots att utgångspunkten är att minska emissionerna genom att öka vallproduktionen. Desjardins *et al.* (2001) fastslår även att en ökning av reducerade jordbearbetning minskar emissionerna av växthusgaser.

Olesen *et al.* (2006) har i sin studie undersökt emissioner av växthusgaser som kan hänföras till olika mjölkgårdar i Europa. Resultaten, som baseras på 15 olika gårdar, visar att lustgas bidrar med ungefär 49 procent av de totala emissionerna och metan med cirka 42 procent. Animalier svarade för cirka 36 procent och odlad mark för ungefär 39 procent av de totala emissionerna. Olesen *et al.* (2006) påpekar, precis som Desjardins *et al.* (2001), att en reduktion av växthusgasemissioner är möjlig genom att öka effektiviteten i spridning av kväve.

Slutsatser som kan dras av tidigare gjorda studier är att det finns flera olika sätt att beräkna växthusgasutsläpp. Modellerna skiljer sig åt i vilka olika aktiviteter som anses tillhöra gården, till exempel då det gäller produktion av gödselmedel och andra produktionsmedel. Vidare finns en stor skillnad i noggrannheten i beräkningarna där Internetbaserade modeller som används av lantbrukare baseras på schablonvärden. Flera av modellerna grundar beräkningarna på IPCC:s rekommendationer.

Ett intressant resonemang förs av Schils *et al.* (2007), där ett helhetsperspektiv anses ge större incitament för företagaren att reducera växthusgasutsläppen med förbättrad företagsledning. Flera studier analyserar hur en reduktion av utsläppen kan ske genom en omfördelning av aktiviteterna på gården. Men effekterna är svåra att mäta eftersom det saknas emissionsfaktorer för viktiga samband mellan till exempel spridningstidpunkt av kväve och växthusgasemissioner. Därför kan det vara svårt att motivera lantbrukare att ta sig an större ansträngningar för att minska emissionerna, då dessa inte alltid är mätbara.

I tidigare studier beaktas samband mellan växtnäring, avkastning, ekonomi och växthusgasemissioner på gårdsnivå endast i begränsad omfattning. Vidare analyseras inte möjligheterna för lantbrukaren att anpassa växtföljd, jordbearbetningssystem och driftsinriktningen vid förändrade villkor. Modellen som utvecklas i denna studie skiljer sig från tidigare studier då den kopplar samman biologiska samband med ekonomiska antaganden om ekonomiskt rationellt beteende, vid beaktande av givna utsläppsmål.

De biologiska sambanden beaktar förfruktens värden i växtföljden, där en gynnsammare förfrukt ger en högre skörd. Vidare påverkar mängden applicerat kväve, fosfor och kalium avkastningen i växtodlingen och mängden kväve även proteininnehållet i spannmål för djurfoder. De biologiska sambanden får ekonomiska följder där till exempel gödselanvändning orsakar kostnader men förändrar avkastningen samtidigt som avkastningen ger intäkter. Avkastningen orsakar även kostnader i form av torkning och transport. Genom att analysera växthusgasemissionerna på gården och maximera det ekonomiska resultatet vid en given reduktion ges möjligheter att analysera marginalkostnaden för att reducera växthusgasutsläppen. Modellen förutsätter att lantbrukaren är ekonomiskt rationell och anpassar driften till det mest kostnadseffektiva alternativet.

1.4 Syfte

Syftet med studien är att utreda hur två lantbruksföretag med olika driftsinriktning påverkas, ekonomiskt och produktionsmässigt, då en begränsning av växthusgasutsläpp introduceras. Följande frågor besvaras och ligger till grund för analysen.

- Hur påverkas företagets lönsamhet?
- Hur förändras djurhållning och odlingssystem?
- Vilka är de främsta orsakerna till de förändringar som sker i produktionen?
- Vad är lantbrukarens kostnad för att reducera utsläppen ytterligare en enhet?
- Hur påverkas emissionerna beräknade per krona produktionsvärde när begränsningar tillkommer?
- Hur förändras lantbrukarnas möjligheter till anpassning vid tillämpning av ett reducerat jordbearbetningssystem?

1.5 Avgränsningar

De modeller som utvecklas gäller specifikt för fallgårdarna och kan därför inte appliceras direkt på andra lantbruksföretag utan omarbetning, varför fallstudier motiveras (Yin, 2003). Däremot finns möjligheter att visa på effekter som kan uppstå i många svenska lantbruksföretag. De utsläpp som behandlas i modellen är koldioxid, lustgas och metan. Begränsningen av utsläpp beaktas i form av en procentuell minskning i förhållande till nuvarande driftsinriktning medan styrmedel såsom skatter, subventioner och utsläppsrätter inte behandlas explicit.

Studien genomförs på gårdsnivå och emissionerna summeras för hela gården. Metoden där systemgränsen är gården innebär att det inte är möjligt att beräkna emissionerna per funktionell enhet, till exempel per kg kött eller per kg spannmål medan vi däremot kan beräkna emissioner per krona produktvärde.

Emissioner från produktion av kapitalvaror såsom maskiner och byggnader på fallgårdarna beaktas inte i analysen. Visserligen argumenterar Frischknecht *et al.* (2007) för att emissioner orsakade vid tillverkning jordbrukets maskiner och byggnader bör ingå i livscykelanalyser, då dessa svarar för cirka 5-10 procent av jordbrukets totala emissioner. Avgränsningen innebär att de totala emissionerna kan underskattas något, men analysen avser nuläget där inga nya investeringar är aktuella. Vidare finns det alltför begränsad kunskap om kapitalets livslängd samt emissioner hänförliga till produktion av kapitalet vilket gör att det är svårt att uppskatta storleken på emissionerna hänförliga till kapitalet (Berglund *et al.*, 2009).

Beräkningarna av emissioner på fallgårdarna slutar vid *gårdsgrinden* för de varor som produceras på gården. Emissioner från tillverkning av produktionsmedel, som till exempel foder, energi och mineralgödsel ingår dock i studien. Anledningen är dels att inte gynna växtodlingsgårdar relativt djurgårdar eller tvärtom. Vidare är utsläppen från dessa källor betydande. Emissioner från tillverkning av produktionsmedel som strömedel, kalk samt pesticider ingår däremot inte. Vidare ingår inte emissioner från transport av produktionsmedel till gården. Motivet är att det handlar om relativt begränsade flöden och att dessa antas påverka gårdens totala emissioner av växthusgaser i mycket liten grad (Cederberg *et al.*, 2008; pers. medd. Berglund).

I studien analyseras emissioner från åker, men inte från våtmarker och skog. Vidare beaktas ej metan från marken då forskning har visat att nettoutsläppen av metan är relativt begränsade i

jämförelse med andra växthusgaser (Maljanen *et al.*, 2007). I de direkta emissionerna av kväve ingår inte mineraliseringen av markens kolförråd eftersom emissionerna är svåra att skatta. Då ingen av fallgårdarna berörs av odling av organogena jordar ingår inte heller detta. Eftersom det saknas godtagbara underlag för att bedöma ammoniakförlusterna vid lagring av foder kommer inte studien att behandla detta närmare (pers. medd. Berglund).

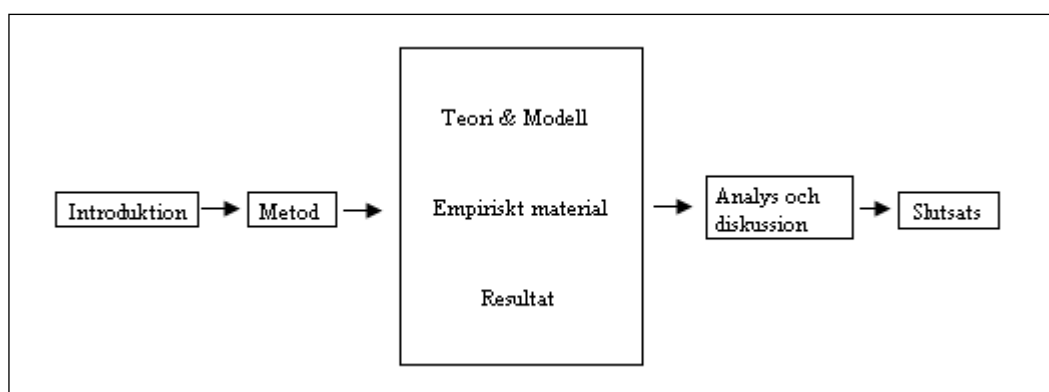
Det är viktigt att tydligt definiera systemgränserna i modellen. Enligt resonemanget ovan grundas fallgårdarnas emissioner på emissioner hänförliga till tillverkning av produktionsmedel samt från produktion på gården. Vid en eventuell reglering av växthusgaser inom jordbruket är det oklart hur systemgränserna skall utformas. Därför genomförs analysen även för det fall då emissioner från produktion av insatsvaror inte belastar fallgården. Emissioner som sker efter att produkten lämnat gården ingår inte heller i analyserna.

1.6 Disposition

Studiens upplägg illustreras i figur 3, med en översikt av de delar som behandlas. Kapitel ett ger en introduktion till varför en begränsning av växthusgasutsläpp kan komma att bli aktuell, och syftet med studien formuleras. Vidare sammanfattas tidigare studier inom området. Metodiken, som beskrivs i kapitel två, beskriver emissionsdata, fallgårdar och modellerna för fallgårdarna. I kapitel tre diskuteras ekonomisk teori rörande vinstmaximering samt grunderna för lösning av optimeringsproblem. En principiell modell redovisas och lagrangemultiplikatorerna för mark, kväve och växthusgasemissioner härleds.

I kapitel fyra beskrivs de emissionsdata som utgör underlag för studien. Beräkningarna motiveras och förklaras, och den osäkerhet som finns i emissionsdata diskuteras. Vidare redovisas kalibreringen av produktionsfunktionerna efter fallgårdarnas förutsättningar, vilka sedan används i modellen. Växtföljden i modellen diskuteras och lösningen till delproblemet formuleras. Foderstater och vinstfunktionens komponenter beskrivs, liksom övriga indata som påverkar resultatet av modellen.

Resultaten från analysen presenteras i kapitel fem. Resultaten följs upp av analys och diskussion i kapitel sex och till sist slutsatser i kapitel sju.



Figur 3; Studiens upplägg

2 Metod

Kapitlet beskriver metoden för de olika delarna i studien. Först behandlas källorna och beräkningsmetodiken för emissionsdata, sedan ges en motivering till fallstudien och tillgänglig data. Slutligen ges en översikt över optimeringsmodellens uppbyggnad.

2.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie genomförs för att ta reda på data om växthusgasutsläpp för respektive aktivitet på gårdarna. Emissionsdata baseras till största delen på FN:s klimatpanels (IPCC) rapporter. IPCC sammanställer och utvärderar kompetens inom klimatområdet och tillhandahåller objektiv information, till beslutsfattare och andra intressenter (www, IPCC, 2008). Vidare har SIK publicerat flera relevanta studier inom området. Studierna grundas på livscykelanalyser där produkter eller aktiviteter kartläggs och dess totala miljöpåverkan beräknas. Diskussioner förs med Maria Berglund på Hushållningssällskapet Halland som specialiserat sig inom området och som inom JOKER-projektet sammanställt rekommendationer om hur beräkningarna utifrån ett livscykelperspektiv bör utföras.

De växthusgaser som ingår i studien är koldioxid, metan och lustgas. Gaserna har olika livslängd och är olika effektiva vad gäller deras benägenhet att absorbera värmeinstrålning (IPCC, 2007). För att kunna jämföra gaserna omräknas metan och lustgas till koldioxidekvivalenter, som speglar gasernas uppvärmningsförmåga över 100 år. Beräkningen utförs med hjälp av Global Warming Potential (GWP) faktorn, vilken beskriver gasernas förmåga att motstå nedbrytning. GWP_{100} faktorn är för koldioxid 1, för metan, 25 och för lustgas 298 enligt IPCC:s senaste rapport (IPCC, 2007).

Litteraturstudiens syfte är att finna emissionsfaktorer för varje aktivitet, till exempel emissioner vid förbränning av en liter dieselolja. Emissionsfaktorn används sedan i modellen där den multipliceras med aktivitetens storlek, till exempel total dieselförbrukning. Samtliga aktivitetens emissioner kan därefter summeras till totala emissioner för fallgården.

Jordbrukssektorns klimatpåverkan kan analyseras på olika sätt, med olika metoder. Det är viktigt att skilja på mätningar som utförs i verkligheten och modellbaserade beräkningar. I studien har det inte varit möjligt att genomföra mätningar på fallgårdarna. Därför grundas studien på modellbaserade mätningar som anpassats efter fallgårdarnas förutsättningar i den mån det har varit möjligt.

I analysen redovisas två olika scenarier, ett livscykelperspektiv och ett nationellt perspektiv. Emissionsfaktorerna är desamma i båda scenarierna, skillnaden ligger i vilka emissioner som ingår. Livscykelalternativet tar hänsyn till de emissioner som uppstår vid tillverkning av produktionsmedel medan det nationella perspektivet endast behandlar de emissioner som hänförs till gården. LCA-analyser används ofta för att beräkna klimatpåverkan för en viss produkt, till exempel emissioner per kg produkt. I denna studie ses gården som ett system, och minskad produktivitet analyseras inte i modellen. På grisgården analyseras kapacitetsutnyttjandet i animalieproduktionen utifrån flera olika perspektiv. Dels görs ett antagande att antalet modersuggor, slaktsvin och smågrisar kan anpassas vid restriktioner av koldioxidemissioner. Vidare analyseras alternativet där maximalt kapacitetsutnyttjande sker i smågrisproduktionen, men där antalet slaktsvin kan minska. Slutligen beräknas möjligheterna till anpassning av driften givet fullt kapacitetsutnyttjande i smågris samt slaktsvinsproduktionen.

2.2 Fallstudie

För att analysera hur en begränsning av växthusgasemissioner påverkar lantbruksföretag genomförs fallstudier av två gårdar från Odling i Balans, med olika produktionsinriktning. Enligt Yin (2003) är fallstudier en bra metod för att analysera beslut och konsekvenserna av beslutet. Besluten i studien avser reduktionens storlek, anpassning av produktionsmedel samt val av driftsinriktning medan konsekvenserna är det förändrade ekonomiska resultatet. En nackdel med fallstudier är att det kan vara svårt att dra generella slutsatser av resultaten, då det krävs flera studier för att statistiskt säkerställa resultaten (Yin, 2003). Vidare har metoden kritiserats för att vara tidskrävande och resultaten för att vara svårtolkade. Studiens syfte är dock inte att dra generella slutsatser, utan perspektivet ligger på de två lantbruksföretag som deltar i studien. Eftersom fallgårdarna deltar i Odling i Balans finns unika data om växtnäringstillförsel och växtnäringnutnyttjande för flera år tillbaka samt ingående data gällande bearbetning (pers. medd. Törner). Analysen i denna studie kräver detaljerad data som inte finns tillgängliga i databaser. Därför är samarbetet med Odling i Balans en förutsättning för väl underbyggda data som syftar till att ge analysen trovärdighet.

Fallgårdarna benämns fortsättningsvis med Södergården och Västergården. Information om växtnäring och jordbearbetning har inhämtats från Lars Törner, projektledare för Odling i Balans. Information om gårdarna sammanställs och ligger till grund för parametervärdena i de modeller som utvecklas. Bidragskalkyler för gårdarna visar täckningsbidrag för varje aktivitet och visar varje aktivitets bidrag till täckandet av fasta kostnader. I bidragskalkylerna ges dessutom information om skördenivå.

När fallgårdarnas produktion jämförs med den svenska medelgården, inom respektive produktionsinriktning, visar det sig att producerad volym på de båda gårdarna är väsentligt högre än medel för området (www, SCB, 2009c). Västergården producerar cirka 16 000 smågrisar per år och är en så kallad satellitbesättning. Därmed är det svårt att jämföra gården med ett medelvärde för samtliga smågrisproducenter. Vid jämförelse av antalet slaktvinsplatser har Västergården cirka 540 platser, medan medelgården har 345. När det gäller växtodlingen är medelarealen i riskområde 1 som båda gårdarna tillhör 55 respektive 114 hektar beroende på om mer eller mindre än 1600 timmar krävs för driften. Västergården brukar 250 hektar medan Södergården brukar 345 hektar, vilket är betydligt mer än medel. Då fallgårdarna inte motsvarar så kallade medelgårdar kan det vara något svårare att dra generella slutsatser. Samtidigt är emellertid driftsinriktningarna vanligt förekommande vilket innebär att lantbruksföretag med likartad produktion kan dra paralleller med fallgårdarna.

Studien behandlar gårdarna i nuläget. Det bedöms inte som realistiskt att stora förändringar kommer att ske inom den närmsta tiden. Därför antas produktionsinriktning, areal samt maximalt antal djurplatser vara oförändrade i analysen.

2.3 Modell

Modeller vilka analyserar val av grödor och grödfördelning används med fördel för att hjälpa lantbrukare att planera arealanvändning, upprätta budgetar eller för att hjälpa beslutsfattare att förutspå hur lantbrukare responderar till policybeslut (McCarl & Brink, 1978). Denna studie bygger på kostnadseffektivitet med avseende på ett miljömål. Fallgårdarnas ekonomiska resultat maximeras givet att variabler och restriktioner definieras. Metoden ger en optimal anpassning till förändrade betingelser, till exempel till följd av ett krav på reduktion av de växthusgaser som uppkommer som ett resultat av verksamheten på gården. Modellen beskriver vilka anpassningar som bör väljas beroende på ingående parametervärden (Sweeney *et al.*, 2000). Parametervärdena består bland annat av priser på handelsgödsel,

dieselolja med mera och produktpriser. Fördelningen visar till exempel optimal gödsling och grödfördelning.

I analysen summeras växthusgasutsläppen från samtliga aktiviteter på gården till totalt kg koldioxidekvivalenter. Syftet är att analysera hur produktionen förändras vid en begränsning av växthusgasutsläppen. Därför formuleras en restriktion som beskriver en procentuell minskning av totalt kg koldioxidekvivalenter. Begränsningen leder till en förändring i gårdarnas produktionsinriktning och ett lägre ekonomiskt resultat. Restriktionen för växthusgasemissioner antar olika värden för att studera hur produktionen förändras vid olika utsläppsnivåer.

En begränsning av emissioner, utifrån en ursprungligen oreglerad nivå, innebär alltid att vinstfunktionens värde sjunker (Intriligator, 1971). Genom att analysera lagrangemultiplikatorn för de olika restriktionerna kan värdet av ytterligare en enhet härledas. I det fall ingen begränsning av växthusgasemissionerna sker antar restriktionens lagrangemultiplikator värdet noll. När en restriktion introduceras anger lagrangemultiplikatorn kostnaden för att reducera emissionerna med ytterligare en enhet. Värdet visar således den kostnad, i form av utebliven vinst, som lantbrukaren belastas med då utsläppsrestriktionen skärps.

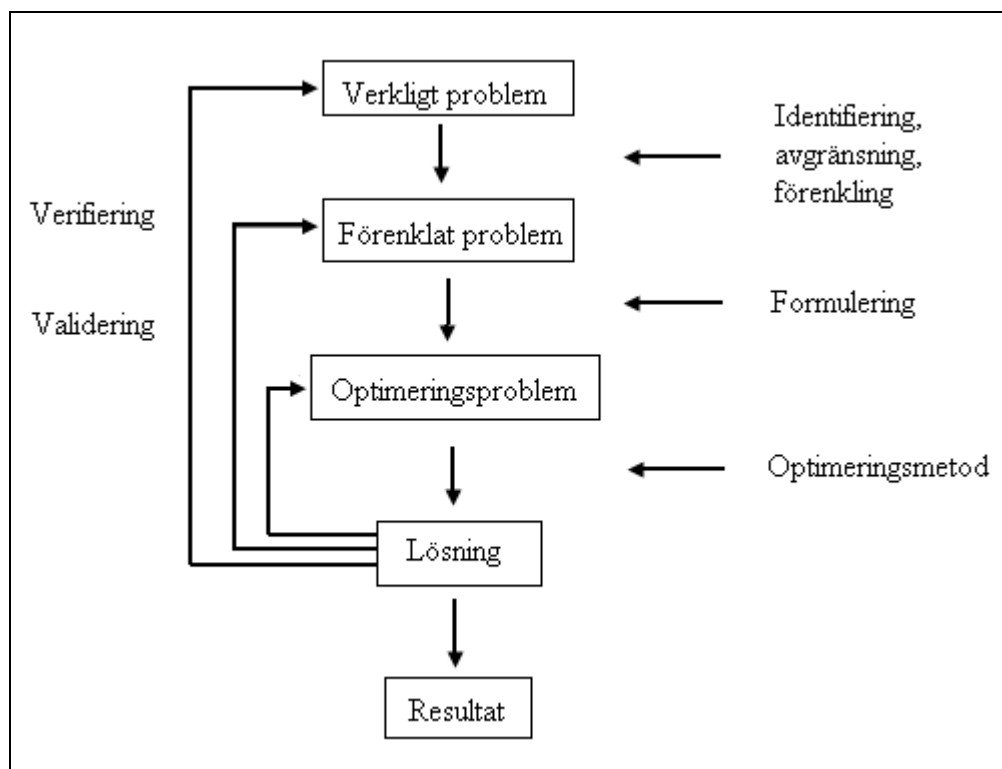
Analysen behandlar fallgårdarna ur ett helhetsperspektiv, vilket gör att samtliga aktiviteter på gården ses som ett system. Metoden rekommenderas av Schils *et al.* (2007) eftersom lantbrukaren ges incitament att reducera emissionerna via förbättrad företagsledning och en optimal anpassning av driftsinriktningen.

3 Teori och modell

Studiens syfte är att utveckla en modell där gårdens ekonomiska resultat maximeras givet uppställda restriktioner, rörande emissioner av växthusgaser. Här följer ett teoriavsnitt där grunder och antaganden för modellen redovisas. Modellens struktur beskrivs och lagrangemultiplikatorn härleds.

3.1 Tillämpad optimering

Optimeringslära handlar om att med tillämpad matematik finna bästa handlingsalternativ i olika beslutssituationer (Lundgren *et al.*, 2001). För att kunna använda en optimeringsmodell krävs att samtliga kontrollvariabler kan varieras. Vidare innehåller modeller en målfunktion, som kan maximeras eller minimeras, till exempel att maximera det ekonomiska resultatet eller att minimera sammanlagda utsläpp. Variablernas värden kan begränsas med hjälp av bivillkor. För att kunna lösa ett optimeringsproblem krävs att relationer och funktioner kan beskrivas kvantitativt samt att antalet möjliga beslut är stort.



Figur 4: Arbetsgång vid lösning av optimeringsproblem (Lundgren *et al.*, 2001)

Arbetsgången för att lösa ett optimeringsproblem kan enligt Lundgren *et al.* (2001) beskrivas enligt figur 4. Först måste det verkliga problemet identifieras, vilket är förhållandevis komplext. För att förenkla problemet måste en diskussion föras om vilka faktorer som är relevanta respektive försumbara. Kärnan i problemet måste identifieras på ett lämpligt vis och avgränsningar måste definieras tydligt. När problemet förenklats och kvantifierats utvecklas optimeringsmodellen i termer av målfunktion, kontrollvariabler och bivillkor. För att erhålla en relevant lösning krävs att modellen på ett bra sätt speglar verkligheten. Programmet *Excel* och verktyget *problemlösaren* samt *GAMS* är lämpliga verktyg för att lösa problem av denna karaktär. Vidare bör en utvärdering av tillförlitligheten i data genomföras.

För att lösa det identifierade problemet appliceras slutligen data och en lösning erhålls. Som ett sista moment granskas lösningen, genom att kontrollera den mot modellen och framförallt mot verkligheten.

Optimeringsmodeller kan grundas på både linjära och icke-linjära samband (Lundgren *et al.*, 2001). Icke-linjära problem består av minst en icke-linjär funktion. Den modell som utvecklats i detta arbete grundas på ett i hög grad icke-linjärt problem. Målfunktionen är det ekonomiska resultatet som beror på intäkterna och kostnaderna från aktiviteterna på gården. Intäkterna från växtodlingen beror av avkastningen, som i sin tur beror av kvävegivan. Även kostnaderna i växtodlingen beror av kvävegivan.

Sambandet mellan kvävetillförsel och avkastning kan beskrivas på mer än ett sätt. Bäckman (1997) redovisar en jämförelse av tre olika typer funktioner, som alla har fördelar och nackdelar. Jordbruksverkets rekommendationer grundas på den kvadratiske funktionen, vilket tillämpas i denna studie (Jordbruksverket, 2008b). Produktionsfunktionerna som används i studien har beräknats med hjälp av Jonassons (1993) uppskattningar, se ekvation 1.

$$Y = f(N) = A + BN - CN^2 \quad (1)$$

Funktionen grundas på försöksdata från ett stort antal försöksområden i landet och visar genomsnittlig avkastning givet en viss mängd tillförd kväve (Jonasson, 1993; Brady, 2003). A, B och C är konstanter för respektive gröda och skördeområde, f(N) är avkastningen (kg per ha) och N är tillförd kväve (kg per ha). Optimal kvävegiva beror av produkt- och faktorpriser och beräknas enligt ekvation 2 där Π betecknar vinst per hektar.

$$\Pi = P_Y(A + BN - CN^2) - P_N N - TFC \quad (2)$$

där optimal kvävegiva och avkastning ges av sambandet i ekvation 3

$$\frac{\partial \Pi}{\partial N} : P_Y(B - 2CN) - P_N = 0 \quad (3)$$

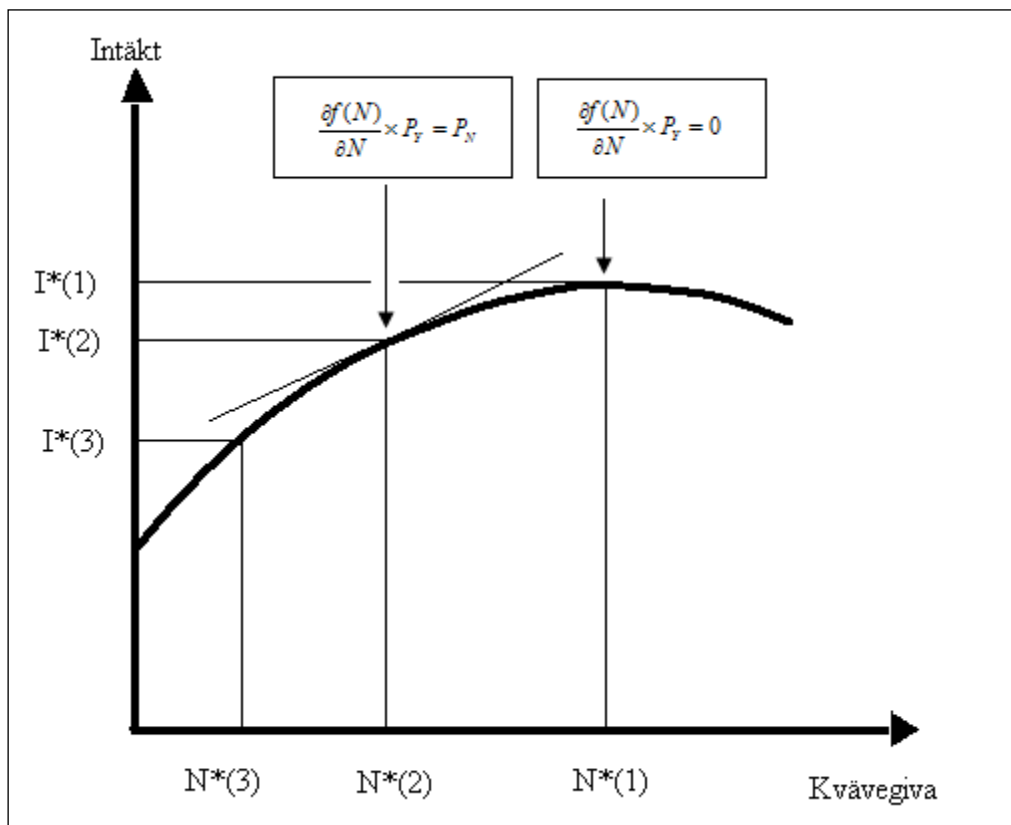
En ökad kvävegiva ger ökad avkastning, till dess att avkastningen når ett biologiskt optimum, se ekvation 4 och figur 5.

$$\frac{\partial f(N)}{\partial N} \times P_Y = 0 \quad (4)$$

Vid den biologiskt optimala kvävegivan är $N^*(1)$ en optimal lösning och intäkten är $I^*(1)$, se figur 5. Relationen mellan priset på kväve och produktpriset ger en linje som tangerar produktionsfunktionen i den ekonomiskt optimala punkten där lutningen i punkten är förklarad av ekvation 5.

$$\frac{\partial f(N)}{\partial N} \times P_Y = P_N \quad (5)$$

som ger den ekonomiskt optimala kvävegivan $N^*(2)$ och ekonomiskt optimal avkastning $I^*(2)$. I figur 5 visas sambandet mellan kvävegiva och avkastning. Vid en begränsning av koldioxidemissioner från en oreglerad nivå uppkommer en kostnad, hänförlig till lagrangemultiplikation för utsläppsrestriktionen. Denna kostnad innebär att den optimala kvävegivan i figuren sjunker, till $N^*(3)$.



Figur 5; Samband mellan kvävegiva och avkastning
(Debertin, 1986; egen bearbetning)

De optimeringsmodeller som utvecklas för de två fallgårdarna i denna studie innehåller ett stort antal variabler. För att visa första ordningens nödvändiga villkor algebraiskt redovisas ett förenklat optimeringsproblem, se även bilaga 1. Täckningsbidragen för varje aktivitet inom växtodlingen har i exemplet justerats genom att avdrag gjorts för intäkter vid försäljning av produkten samt kostnader såsom till exempel torkning, transport och kväve. Intäkter och kostnader för produktion av grödorna i ett system kan formuleras enligt ekvation 6.

$$\sum_{j=1}^J (x_j P_{yj} f(N_{Bj}) - c_j x_j) - \sum_{j=1}^J P_N N_{Mj} x_j \quad (6)$$

där avkastningen $f(N_{Bj})$ beror av ekvation 7.

$$f(N_{Bj}) = A_j + B_j N_{Bj} - C_j N_{Bj}^2 \quad (7)$$

Vidare beskriver ekvation 8 den sammanlagda intäkten från animalieproduktionen.

$$\sum_{i=1}^I c_{Li} L_i \quad (8)$$

De sammanlagda intäkterna och kostnaderna för j grödor och i djurslag, det vill säga objektfunktionen formuleras enligt ekvation 9.

$$\text{Max } L(x_j N_{Bj} N_{Mj} L_i): \sum_{j=1}^J (x_j P_{yj} f(N_{Bj}) - c_j x_j) - \sum_{j=1}^J P_N N_{Mj} x_j + \sum_{i=1}^I c_{Li} L_i \quad (9)$$

Under bivillkor;

$$\sum_{j=1}^J x_j \leq A \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^J N_{Bj} x_j - \sum_{j=1}^J N_{Mj} x_j - \sum_{i=1}^I L_i G_i \leq 0 \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^J x_j e_j N_{Bj} + \sum_{i=1}^I e_{LiM} L_i + \sum_{i=1}^I e_{LiU} L_i G_i \leq E \quad (12)$$

Där;

x_j	antal hektar av gröda j
P_{yj}	intäkten för ett kg av gröda j
$f(N_{Bj})$	avkastningen per hektar av gröda j
N_{Bj}	kvävebehov per hektar för gröda j
c_{xj}	kostnad för ett hektar av gröda j
P_N	kostnad för ett kg mineralgödsel
N_{Mj}	kg mineralgödsel i N per hektar för gröda j
c_{Li}	intäkt/kostnad för en enhet av djurslag i
L_i	antal djur av djurslag i
G_i	kväveproduktion per enhet av djurslag i
e_j	emissionsfaktorn för ett kg tillfört kväve för gröda j
e_{LiM}	emissionsfaktorn för djurens matsmältning, för en enhet av djurslag i
e_{LiU}	emissionsfaktorn för ett kg gödsel från djurslag i
A	arealbegränsning
E	emissionsbegränsning

För att lösa optimeringsproblemet krävs i detta fall att följande tre bivillkor är uppfyllda. Den totala arealen är begränsad och kan maximalt uppgå till A, se ekvation 10. Behovet av kväve (N_{Bj}) beror av val av gröda, areal samt behovet i kg per hektar för respektive gröda, som i sin tur beror av produktionsfunktionerna. Genom att summera kvävebehovet, som beror av kvävegivan per hektar och arealen, till en sammanlagd mängd kväve erhålls totalt kvävebehov. Modellen förutsätter att stallgödsel används i första hand och resterande behov täcks av inköpt mineralgödsel, vilket definieras av ekvation 11. Animalierna producerar en fast mängd gödsel per djur motsvarande (G_i), vilken därmed kan summeras till total mängd stallgödsel från alla djur. Den del av det totala kvävebehovet som inte täcks av stallgödsel måste därför täckas av inköpt gödsel. All gödsel, oavsett sort prissätts till marknadsvärde (P_N). Gödsel från djuren åsätts därmed ett värde som ingår i c_{Li} -värdet per djur. De totala emissionerna från aktiviteterna på gården beror i det förenklade exemplet av antalet djur och

mängd tillfört kväve. Emissionsfaktorerna e_{LiM} och e_{LiU} för ett djur motsvarar emissionerna från matsmältning, gödselhantering och lagring. Emissionsfaktorn e_j visar de direkta emissionerna som orsakas när kväve tillförs marken samt emissionerna från produktion av mineralgödsel. De totala emissionerna på gården summeras och begränsas till E , se ekvation 12. I den tillämpade modellen som löses i Excel, används att betydande antal emissionsfaktorer som inte presenteras i den förenklade modellen, se kapitel 4.2.

Maximeringsproblemet med två grödor och två djurslag kan formuleras enligt ekvation 13.

$$\begin{aligned}
 \text{Max } L(x_1, x_2, N_{B1}, N_{B2}, N_{M1}, N_{M2}, L_1, L_2, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) : & x_1 P_{y1} f(N_{B1}) - c_{x1} x_1 + x_2 P_{y2} f(N_{B2}) - c_{x2} x_2 \\
 & - P_N N_{M1} x_1 - P_N N_{M2} x_2 + c_{L1} L_1 + c_{L2} L_2 \\
 & + \lambda_1 (\bar{A} - (x_1 + x_2)) + \\
 & + \lambda_2 (0 - (N_{B1} x_1 + N_{B2} x_2 - N_{M1} x_1 - N_{M2} x_2 - L_1 G_1 - L_2 G_2)) + \\
 & + \lambda_3 (E - (x_1 e_{x1} N_{B1} + x_2 e_{x2} N_{B2} + e_{L1M} L_1 + e_{L2M} L_2 + e_{L1U} L_1 G_1 + e_{L2U} L_2 G_2)) \quad (13)
 \end{aligned}$$

Derivatn med avseende på x_1 , x_2 , N_{B1} , N_{B2} , N_{M1} , N_{M2} , L_1 , L_2 , λ_1 , λ_2 och λ_3 är nödvändiga villkor av första graden för att maximera intäkterna med hänsyn till de uppställda restriktionerna (Debertin, 1986). Genom att derivera maximeringsproblemet ovan med avseende på samtliga kontrollvariabler och sätta uttrycket lika med noll kan marginalvärdet härledas. Första ordningens nödvändiga villkor redovisas i bilaga 1 med ekvationer, varvid vi implicit antar att lösningen e_j är en så kallad hörnlösning (Intriligator, 1971). Marginalvärdet för kväve beräknas enligt ekvation 14.

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{M1}} : -P_N x_1 + \lambda_2 x_1 = 0 \quad \lambda_2 = P_N \quad (14)$$

Vidare ges marginalvärdet för ett kg koldioxidekvivalenter av ekvation 15.

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{B1}} : x_1 P_{y1} \frac{\partial f(N_{B1})}{\partial N_{B1}} - \lambda_2 x_1 - \lambda_3 x_1 e_{x1} = 0 \quad \lambda_3 = \frac{P_y \left(\frac{\partial f(N_{B1})}{\partial N_{B1}} \right) - \lambda_2}{e_{x1}} \quad (15)$$

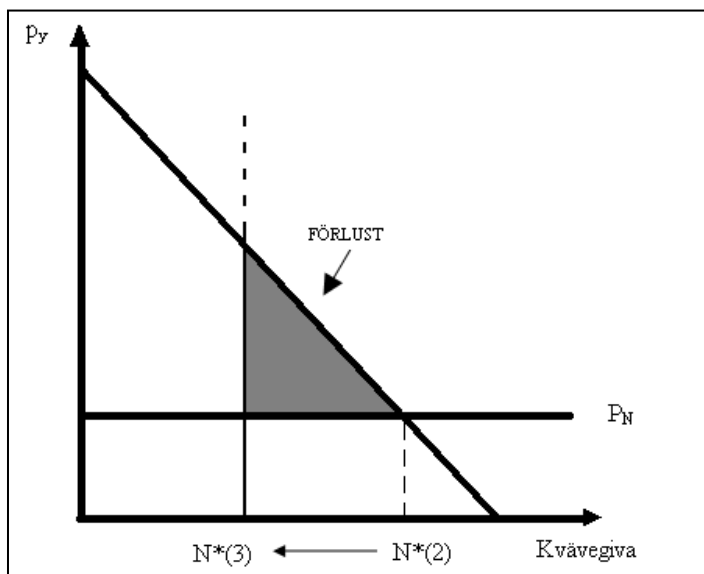
Dessutom erhålles marginalvärdet för en enhet land av ekvation 16.

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial x_1} : P_{y1} f(N_{B1}) - P_N N_{M1} - C_{x1} - \lambda_1 - \lambda_2 N_{B1} + \lambda_2 N_{M1} - \lambda_3 e_{x1} N_{B1} = 0$$

$$\lambda_1 = P_{y1} f(N_{B1}) - P_N N_{M1} - C_{x1} - \lambda_2 N_{B1} + \lambda_2 N_{M1} - \lambda_3 e_{x1} N_{B1} \quad (16)$$

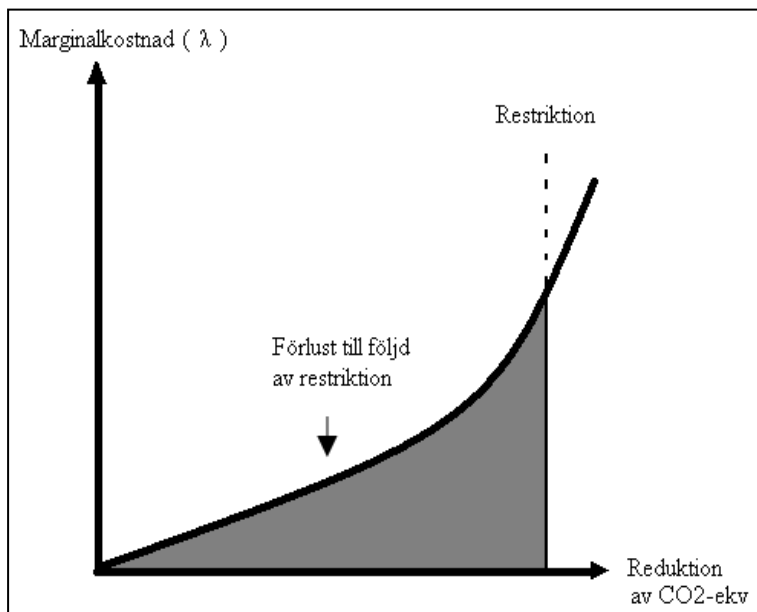
Av ekvationerna 14, 15 och 16 framgår marginalvärdet (lambda) för areal, kväve och växthusgasemissioner. Värdena visar vad lantbrukaren förlorar i vinst då restriktionen det vill säga b_i -värdet förändras med en enhet. λ_1 i ekvation 16 anger hur mycket företagets vinst ändras om arealen ökar med ett hektar. Uttrycket kan delas upp i två delar. Den första delen visar intäkter för produkten, kostnader för kväve samt kostnader för att odla marken, medan den andra delen visar kostnaden när en emissionsbegränsning införs. I det fall att ingen begränsning av emissioner sker avser således λ_1 täckningsbidraget hänförligt till att odla ett hektar av grödan x med beaktande av nettokostnaden för kväve. λ_2 anger marginalvärdet för kväve vilket följaktligen uppgår till marknadspriset på kväve, P_N , se ekvation 14. λ_3 anger hur mycket företagets ekonomiska resultat förändras om emissionsrestriktionen E ökar med en enhet, se ekvation 15. I det sistnämnda fallet innebär således en mer liberal restriktion att företagets ekonomiska resultat inte sjunker lika mycket till följd av en begränsning av växthusgasemissioner.

Vid en begränsning av emissioner kan en åtgärd i växtodlingen vara att sänka kvävegivan. I figur 6 motsvarar $N^*(2)$ den ekonomiskt optimala kvävegivan och vid en begränsning av växthusgasemissioner anpassas kvävegivan till $N^*(3)$ (jämför gärna med figur 5). Anpassningen innebär en förlust till följd av att inte kunna producera vid ekonomiskt optimal nivå, som motsvaras av det skuggade fältet.



Figur 6: Sambandet mellan optimal kvävegiva, priset på kväve samt följderna av en begränsning av kväve

I modellen motsvaras b_i -värdet för de restriktioner som formuleras, av den tillgängliga resursen. Då utsläppen av växthusgaser begränsas utgör b_i -värde därmed maximalt tillåtna utsläpp. Värdet av λ visar hur mycket målfunktionen, i detta fall vinsten, sjunker om restriktionen begränsas med ytterliggare en enhet, se figur 7 (Intriligator, 1971). Således ger varje formulerad restriktion ett λ -värde. I figur 7 redovisas förlusten till följd av restriktionen som det skuggade området.



Figur 7; Förlust till följd av en begränsning av växthusgasemissioner

4 Empiriskt material

I kapitlet presenteras data som ligger till grund för analysen. Fallgårdarna beskrivs och emissionsfaktorer och beräkningar redovisas. Vidare förklaras kalibreringsmetoden för anpassning av produktionsfunktionerna.

4.1 Fallgårdar

Studien baseras på två fallgårdar som medverkar i Odling i Balans. Här följer en beskrivning av gårdarna och deras verksamhet.

4.1.1 Södergården

Växtodlingsgården i studien representeras av Södergården, som är belägen i Skåne. Gården tillhör skördeområde 1211 (www, SCB, 2008a). Åkerarealen omfattar 345 hektar och odlingen består av malkorn, höstraps, konservärter, höstvetete samt sockerbetor. Gårdens jordart är måttlig mullhaltig moränlättilera (pers. medd. Törner). Växtnäring tillförs i form av mineralgödsel, då stallgödsel saknas. Spannmål och oljevaxter torkas på gården. Sockerbetsodlingen sker enligt ett kvotsystem och idag har Södergården en kvot om 865 ton socker. Konservärter odlas genom kontrakt med Findus. Därmed kan odlingen maximalt uppgå till 20 hektar vilket motsvarar dagens odling. Vidare har fem hektar kantzoner lagts i träda, vilket medför att minst fem hektar av åkermarken måste vara träda.

4.1.2 Västergården

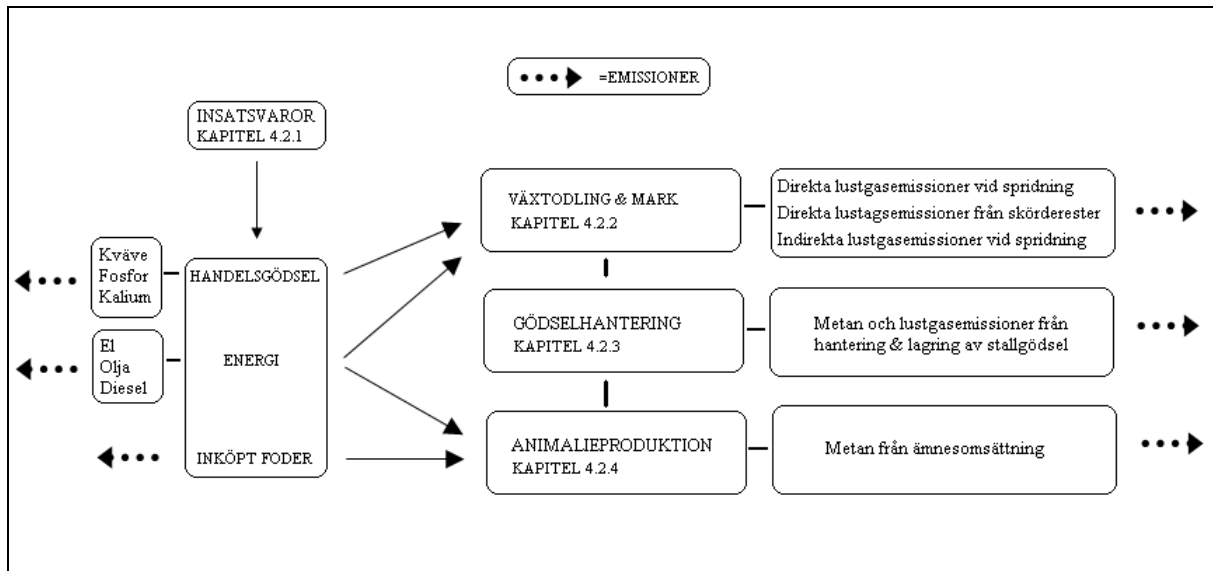
Västergården är en kombinerad gris- och växtodlingsgård belägen i Västergötland. Gården tillhör skördeområde 1622 (www, SCB, 2008a). Växtodling bedrivs på 250 hektar och består av korn, havre, höstraps, rödklöverfrö och höstvetete. Växtnäring tillförs i form av stallgödsel från gården och kompletteras med mineralgödsel. Gårdens jordart är måttligt mullhaltig mellanlera till styv lera (pers. medd. Törner). Huvuddelen av spannmålen säljs, men en del korn, havre och vete används i grisproduktionen som foderspannmål. Västergården köper in foder i form av soja, smågrisfoder, koncentrat och premixer. Dessutom används vassle och permeat från Arla. Västergården ser en möjlighet i att producera mer eget proteinfoder som ett komplement till soja, framför allt ärter och åkerböna.

Västergården driver en så kallad satellitbesättning och tar var fjärde vecka emot 110 sugor för grisning. Suggorna transporteras till Västergården strax före grisning och tillbringar totalt 8 veckor på gården. Det produceras cirka 16 000 smågrisar per år, vilket motsvarar 11,2 smågrisar per grisning. Av smågrisarna föds 1 800 upp till slaktsvin på gården och resterande säljs vid 30 kg levande vikt, till bland annat granngården.

Västergården återvinner värme från gödseln i stallet. Kollektorslangar finns ingjutna i betongen och energin i gödseln värmer vattnet. En värmepump genererar sedan golvvärme som används till smågrisarnas ligghörna. Besparingen uppskattas till cirka 170 000 kWh el per år.

4.2 Emissionsdata

Emissionerna från fallgårdarna har delats upp i olika aktiviteter för att separera utsläppen. Huvudaktiviteterna avser inköp av produktionsmedel (foder, handelsgödsel, energi), växtodling och mark (spannmåls- och foderproduktion), gödselhantering samt animalieproduktion. I figur 8 redovisas emissionerna från respektive aktivitet. Vid redovisning av resultaten i kapitel fem används samma uppdelning av emissionerna.



Figur 8: Översikt av de emissioner som avges från respektive aktivitet

Nedan presenteras emissionerna från de olika aktiviteterna på gården.

4.2.1 Emissioner från produktion och användning av produktionsmedel

Emissioner från produktionsmedel avges inte enbart vid slutanvändning av produkten utan även vid produktionen av varan (Davis *et al.*, 1999). De produktionsmedel som behandlas i detta avsnitt är energi, gödselmedel samt foder.

Energi

Energianvändningen på fallgårdarna består av el, drivmedel samt eldningsolja. Södergårdens elförbrukning uppgår till cirka 24 000 kWh per år och Västergårdens till 480 000 kWh per år varav cirka 20 000 kWh i växtodlingen. För att fördela elen till de olika aktiviteterna på gårdarna används uppgifter från Hörndahl *et al.* (2005) vid Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Elförbrukningen för de olika djurslagen har beräknats genom att mäta elförbrukning för olika utgödslings- och utfodringssystem, belysning, ventilation och uppvärmning. Eftersom Västergården redovisar en högre elförbrukning på grund av bland annat fler smågrisar per suggplats viktas gårdens verkliga förbrukning med uppgifterna från Hörndahl *et al.* (2005). I det relativt nybyggda stallet, kyls gödseln till noll grader vilket innebär att värme kan utvinnas och användas som golvvärme. Systemet reducerar energianvändningen med cirka 170 000 kWh om året. Genom att använda den uppmätta förbrukningen på gården ingår följaktligen även besparingen. Förbrukningen per sugga har jämförts med uppgifter från Agriwise för modersugga satellit och Västergårdens viktade förbrukning blir något lägre vilket är rimligt eftersom besparingen beaktas. I tabell 1 redovisas elförbrukningen per djur för suggor och slaktsvin, där smågrisarnas elförbrukning ingår i suggans elförbrukning.

Tabell 1; Elförbrukning per djur(Hörndahl et al.,2005; Agriwise; pers. medd. Törner; egen bearbetning)

Sugga	271 kWh
Slaktsvin	45 kWh

Elförbrukningen i växtodlingen uppkommer i aktiviteterna torkning och lagring. Visserligen kräver även tillverkning av produktionsmedel el men denna inkluderas i emissionsberäkningarna för respektive insatsvara. Elförbrukning vid torkning, för olika typer av gröda redovisas i tabell 2. Emissionerna från elförbrukningen baseras på utsläpp om 0,039 kg koldioxidekvivalenter per kWh (Berglund *et al.*,2009).

Tabell 2; Elförbrukning vid torkning (Hörndahl et al.,2005; pers. medd. Westlin)

Gröda	kWh per ton
Spannmål och ärt	18,8
Oljeväxter	17,8
Rödklöver	16,5
Åkerböna	20,2

Drivmedel används vid fältarbeten och dieselförbrukningen på fallgårdarna beror av vilka grödor som odlas, maskinmodell, jordart, bearbetningsdjup, körsätt med mera. I studien antas varje gröda odlas i enlighet med ett fast definierat bearbetningssystem där de moment som utförs är i enlighet med dagens teknik. Detaljerade data om fallgårdarnas faktiska dieselförbrukning per hektar används vid emissionsberäkningarna (pers. medd. Törner). Total dieselförbrukning på gården omvandlas till MJ dieselolja för att beräkna emissionerna vid förbränning samt tillverkning. I tabell 3 redovisas dieselförbrukningen per hektar och gröda för respektive gård. Uppgifterna grundas på beräknad förbrukning på gårdarna, vilken i hög grad beror av gårdsspecifika faktorer. Vid tillämpning av reducerad jordbearbetning kan dieselförbrukning sänkas. Södergården kan tillämpa reducerad bearbetning på hela arealen medan Västergården endast kan tillämpa reducerad bearbetning i samband med odling av höstvete.

Tabell 3; Dieselförbrukning per hektar och gröda (pers. medd. Törner). Förbrukning vid tillämpning av reducerad bearbetning inom parentes.

Gård	Gröda	liter per hektar
Södergården	Socketbetor	148 (133)
	Malkorn	74 (35)
	Ärt	88 (40)
	Raps	74 (43)
	Höstvete	79 (40)
Västergården	Vårkorn	98 (98)
	Höstvete	92 (70-75)
	Havre	93 (93)
	Höstraps	81 (81)
	Ärt	78 (78)
	Åkerböna	78 (78)
	Rödklöver	27 (27)

Den vanligaste typen av bränsle som används för traktorer är MK1 dieselolja med 5 procent FAME, vilket ger upphov till 2,87 kg koldioxidekvivalenter per liter dieselolja (Swedish Environmental Protection Agency, 2007; Berglund *et al.*, 2009). Produktion av dieselolja ger emissioner motsvarande 0,39 kg koldioxidekvivalenter per liter dieselolja.

Värme används vid torkning av spannmål samt vid uppvärmning av stallar. För spannmålstorken används uteslutande eldningsolja (Eo1). Behovet av eldningsolja beräknas till 0,15 liter per kg borttorkat vatten (Cederberg *et al.*, 2008). För att beräkna mängden borttorkat vatten används medelvattenhalter för de olika grödorna och områdena för åren 2004-2008 enligt SLUs sortförsök (www, FFE, 1990-2004). Då medelvattenhalten är känd, samt vattenhalten för den torkade varan, kan denna differens multipliceras med skörden för att beräkna mängden borttorkat vatten. Eldningsolja ger emissioner om 2,68 kg koldioxid per liter förbränd olja (Berglund *et al.*, 2009). Tillverkning av eldningsolja ger utsläpp om 0,36 kg koldioxidekvivalenter per liter.

Gödselmedel

Produktion av handelsgödsel har i livscykelanalyser visat sig ha en betydande påverkan på de totala emissionerna av växthusgaser (Davis *et al.*, 1999). I tabell 4 visas emissionerna från produktion av mineralgödsel i form av kväve, fosfor och kalium. För att beräkna emissionerna hänförliga till produktion av mineralgödsel behövs data rörande förbrukad mängd. Kväveförbrukningen bestäms av den ekonomiska optimala insatsen för respektive gröda och summeras till total förbrukning. Övriga gödselmedel består av fosfor och kalium. Applicerad mängd beror av avkastningen och sambanden har beräknats utifrån Jordbruksverkets gödslingsrekommendationer (Jordbruksverket, 2008b; www, Yara, 2009). Behovet skiljer sig mellan grödor och områden, där Södergården har K-AL klass 3 och P-AL klass 3 och Västergården har K-AL klass 4 och P-AL klass 4. Utifrån rekommenderade givor vid olika skördenivåer kan en linjär funktion skattas med Jordbruksverkets rekommendationer, se bilaga 6. Funktionerna används för att bestämma totalt behov av fosfor och kalium för samtliga grödor. Då behovet är känt kan emissionerna vid tillverkning av gödselmedel beräknas. Emissionerna per kg gödselmedel visas i tabell 4.

Tabell 4: Emissioner från produktion av ett kg gödselmedel (Davis et al., 1999; Berglund et al., 2009)

Näringsämne	kg CO ₂ -ekvivalenter
Kväve (ammoniumnitrat)	6,8
Fosfor	3,3
Kalium	0,57

Utsäde

För att beräkna emissioner vid produktion av utsäde antas att utsädet räknas av från bruttoskörden. Därmed beaktas emissionerna i gårdens växtodling (pers. medd. Sonesson; Berglund *et al.*, 2009; pers medd. Berglund).

Foder

För egenproducerat foder beräknas emissionerna i den process där fodret produceras, det vill säga i växtodlingen, vid fältarbeten och torkning med mera. Emissioner från egenproducerat foder beräknas således inte separat.

För inköpt foder sker emissioner vid utvinning och produktion av råmaterial, vid produktion av insatsmedel, i odlingen, vid transporter, tillverkning och industriella processer (Flysjö *et al.*, 2008; Berglund *et al.*, 2009). I tabell 5 redovisas emissionerna per ton foder för de inköpta fodermedel som används i grisproduktionen på Västergården. Vassle är en biprodukt vid tillverkning av ost och belastas därför inte med emissioner, då osttillverkningen antas få bära samtliga emissioner.

Tabell 5: Emissioner från ett ton inköpt foder (pers. medd. Holmberg)

Foder	gram CO ₂ -ekv per kg foder
Koncentrat Blenda 220 (sugga)	262
Koncentrat Formel 845 (slaktsvin)	580
Premix Kompakt 2527 (sugga)	607
Premix Kompakt 8709 (slaktsvin)	438
Enhetsfoder Solo 330 (smågris)	381

4.2.2 Emissioner från växtodling och mark

Utsläppen av lustgas från kväve i marken är den sammantaget största källan till växthusgasutsläpp från jordbruket (Jordbruksverket, 2008a). Lustgas bildas genom nitrifikation (när ammonium omvandlas till nitrat) samt denitrifikation (när nitrat omvandlas till kvävgas). Lustgasemissioner beror bland annat på mängden tillfört kväve.

När man beräknar lustgasemissionerna från mark enligt klimatpanelens riktlinjer delas de in i direkta och indirekta lustgasemissioner. Direkta lustgasemissioner uppkommer när kväve som tillförs via mineralgödsel, stallgödsel eller organiskt material såsom skörderester omsätts via nitrifikation och denitrifikation (Berglund *et al.*, 2009). De indirekta lustgasemissionerna avser lustgas som från början har sitt ursprung i en kvävekälla hänförlig till gårdens produktion. Indirekta emissioner förorsakas av förluster av ammoniak eller kvävedioxid, eller nitrat som lakats ut från marken. Dessa kväveföreningar kan sedan omvandlas till lustgas i andra delar av ekosystemet.

Direkta lustgasemissioner

Direkta lustgasemissioner baseras i denna studie på mängden tillfört kväve och beräknas med emissionsfaktorn 0,01 N₂O-N per kg total-N (Berglund *et al.*, 2009). Om skörderesterna används som strömedel ingår de i den stallgödsel som sprids på åkrarna och dessa betraktas således som en del av ett kretslopp (pers. medd. Sonesson). Tillfört kväve består av tillförd mineralgödsel, stallgödsel och om skörderesterna inte avlägsnas från gården ingår även dessa. Kväveinnehållet i gödseln är känt och även kvävehalten i mineralgödsel. För att beräkna mängden kväve i skörderesterna används IPCC:s beräkningar för ovanjordiska och underjordiska skörderester (Berglund *et al.*, 2009; bearbetning av IPCC, 2006b). I studien görs det förenklade antagandet att stallgödsel sprids vid optimal tidpunkt.

De direkta lustgasemissionerna beräknas med följande formel;

$$\text{kg CO}_2\text{-ekv per år} = 0,01 * (44/28) * \text{GWP-faktorn} * [\text{tillfört kväve}]$$

där

0,01 = emissionsfaktor

44/ 28 = omvandlingsfaktor från N₂O-N till N₂O

GWP-faktorn = omvandlingsfaktor från N₂O till CO₂-ekv, 298 för lustgas

Tillfört kväve= tillförd mineralgödsel (kg N) + tillförd stallgödsel (kg N) + ovanjordiska skörderester (kg N) + underjordiska skörderester (kg N)

Skörderester från respektive gröda beräknas utifrån en formel för grödan och beror av skörden i kg ts per hektar. Skörderester från sockerbetor beräknas utifrån rotskörden, till skillnad från intäkterna i analysen som beror av sockerskörden. Tabell 6 redovisar de formler som används vid beräkning av mängden skörderester.

Tabell 6; Beräkning av skörderester per hektar (IPCC, 2006b; pers. medd. Berglund)

	Ovanjordiska skörderester (OJ) kg ts / hektar	Underjordiska skörderester (UJ) kg ts / hektar	N- halt OJ	N-halt UJ
Stråsäd generell	skörd*1,09+880	22 % av OJ	0,6 % av ts	0,9 % av ts
Oljeväxter	skörd*1,09+880	22 % av OJ	0,8 % av ts	0,9 % av ts
Ärt	skörd*1,13+850	19 % av OJ	0,8 % av ts	0,8 % av ts
Sockerbetor	skörd*0,1+1060	20 % av OJ	3 % av ts	1,4 % av ts

Beräkningar av kväveinnehåll genomförs enligt formlerna nedan. Ovanjordiska och underjordiska skörderester anges som kg kväve, och kan därmed infogas i formeln för direkta lustgasemissioner.

$$\text{Ovanjordiska skörderester kg N per år} = [\text{ovanjordiska skörderester} - \text{bortförda skörderester}] * [\text{areal}] * [\text{hur ofta grödan förnyas}] * [\text{N-halt i OJ}]$$

$$\text{Underjordiska skörderester kg N per år} = [\text{underjordiska skörderester}] * [\text{areal}] * [\text{hur ofta grödan förnyas}] * [\text{N-halt i UJ}]$$

Mängden torrsubstans antas vid skörd uppgå till 86 procent för stråsäd, ärt och oljeväxter, 24 procent för sockerbetor samt 80 procent för åkerbönor. Rekommendationerna för beräkning av mängden skörderester grundas på data från områden med något lägre skördenivåer än i Sverige (pers. medd. Berglund). Därför föreligger en viss risk att beräkningarna för fallgårdarna är något höga då skörderesterna i proportion till kärnskörden tenderar att överskattas.

Indirekta lustgasemissioner

Idag finns relativ begränsad kunskap om indirekta lustgasemissioner (pers. medd. Sonesson; pers. medd. Berglund). Det finns även olika uppgifter om vilken emissionsfaktor som bör användas. Emissionsfaktorn för lustgas från kväve som förloras via utlakning kan uppskattas till 0,0075 N₂O-N per kg N (Berglund *et al.*, 2009; bearbetning av IPCC, 2006b).

De indirekta lustgasemissionerna beror av kväveutlakningen per hektar och beräknas enligt följande formel;

$$\text{kg CO}_2\text{-ekv per år} = 0,0075 * (44/28) * [\text{GWP-faktorn}] * [\text{kg utlakat NO}_3\text{-N}]$$

där

0,0075 = emissionsfaktor

44/28 = omvandlingsfaktor från N₂O-N till N₂O

GWP-faktorn = omvandlingsfaktor från N₂O till CO₂-ekv, 298 för lustgas

Kväveläckaget beror på en rad faktorer, bland annat gröda under det gångna året, tidpunkt för bearbetning, strategi vid stallgödelsespridning samt gödslingsintensitet, nederbörd och område (Hoffmann *et al.*, 1999). Det är inte möjligt att i denna studie beakta samtliga faktorer. Vidare har kväveläckaget på gårdarna inte uppmätts per gröda vilket gör det omöjligt att skatta ett förenklat samband. Därför rekommenderar Törner och Berglund (pers. medd.) att dagens uppmätta kväveutlakning för samtliga grödor används i analysen. Kväveläckaget för Södergården beräknas i medeltal till 31 kg N per hektar och för Västergården 14 kg N per hektar (pers. medd. Törner).

Indirekta lustgasemissioner från gräsbevuxen ogödslad träda är svåra att uppskatta då bland annat skörderesterna är svåra att beräkna. Enligt försök i Tyskland beräknas avgången uppgå till 1,27 kg N₂O-N per hektar (Berglund *et al.*, 2009). Lustgaskväve omräknas till lustgas med faktorn (44/28) och vidare till CO₂-ekvivalenter, med GWP-faktorn.

Ammoniakavgången till luft från mineralgödsel beräknas till 2 procent av tillfört kväve och emissionsfaktorn uppgår till 0,01 N₂O-N per kg N. Sambandet beräknas enligt;

$$\text{kg CO}_2\text{-ekv per år} = 0,02 * 0,01 * [\text{tillfört kväve från mineralgödsel}] * (44/28) * [\text{GWP-faktorn}]$$

där

0,02 = procentuell avgång av ammoniak från mineralgödsel

0,01 = emissionsfaktor

44/28 = omvandlingsfaktor från N₂O-N till N₂O

GWP-faktorn = omvandlingsfaktor från N₂O till CO₂-ekv, 298 för lustgas

4.2.3 Emissioner från gödselhantering

De emissionerna som beskrivs i detta kapitel avser lagring och hantering av stallgödsel från det att gödseln lämnar djuret tills att den tillförs marken. Lustgas bildas när kväve i stallgödselele omsätts via nitrifikation och denitrifikation (Berglund *et al.*, 2009; Jordbruksverket, 2008a). Lustgasbildning gynnas vid begränsad tillgång till syre. Till skillnad från metan bildas mer lustgas från fastgödsel än flytgödsel eftersom syretillgången är större i fastgödselele.

Metan bildas när organiskt material, till exempel i stallgödsel, bryts ner av mikroorganismer i en syrefri miljö (Jordbruksverket, 2008a). I gödsel från idisslare har den största delen av metangasen redan avskiljts i matsmältningen. Därför blir utsläppen av metan större från enkelmagade djurs gödsel, som till exempel grisar, jämfört med till exempel nötkreatur. Vidare är metanutsläppen något högre från flytgödsel än från fastgödsel, eftersom produktionen kräver anaeroba, det vill säga syrefria, förhållanden.

Lustgas från stallgödsellagring

Beräkningar av direkta lustgasemissioner från stallgödsellagring grundas på IPCC:s principer och beror av djurens årliga kväveutsöndring (IPCC, 2006b; Berglund *et al.*, 2009). Emissionerna beräknas med följande formel;

$$\text{Direkta lustgasutsläpp i kg CO}_2\text{-ekv} = \text{Nex} * \text{EF} * (44/28) * [\text{GWP-faktor}]$$

där

Nex (kg N) = årlig kväveutsöndring från djuren

EF = emissionsfaktorn avseende direkta lustgasemissioner från stallgödsellagring (se tabell 7)

44/28 = omräkningsfaktor från N₂O -N till N₂O

GWP-faktorn = omvandlingsfaktor från N₂O till CO₂-ekv, 298 för lustgas

På Västergården går suggorna på djupströbädd under de första veckorna efter ankomst. Därefter flyttas de till ett system med spalt, det vill säga flytgödsel. Slaktsvinen föds upp i ett flytgödselsystem. Emissionsfaktorn för gödselslagen redovisas i tabell 7.

Tabell 7: Emissionsfaktor för direkta lustgasemissioner vid olika lagringsteknik (IPCC, 2006b; Berglund et al., 2009)

Lagringsteknik	Emissionsfaktor
Fastgödsel	0,005
Flytgödsel, utan svämtäcke	0,000
Flytgödsel, med svämtäcke	0,005
Djupströ, utan omblandning	0,010
Djupströ, med omblandning	0,070

I tabell 8 redovisas den årliga kväveutsöndringen (Nex) från olika typer a grisar.

Tabell 8; Årlig kväveutsöndring (Nex) från djuren (Jordbruksverket, 2001), se även tabell 14.

Typ	kg N per djur
Sugga	5,10
Slaktsvin	3,60
Smågris	0,54

Ammoniak och metan från stallgödselhantering

Indirekta lustgasemissioner orsakade av ammoniakavgång i stallet samt vid stallgödsellagring och spridning beräknas till 14,4 respektive 6 procent av kväveinnehållet i gödseln, efter avdrag i tidigare led. Emissioner av metangas från gödselhantering (vari hantering och lagring under en given tidpunkt ingår) beräknas enligt IPCC:s riktlinjer med följande formel (IPCC, 2006b; Berglund *et al.*, 2009).

$$\text{Metanutsläpp i kg CO}_2\text{-ekv} = \text{VS} * \text{Bo} * 0,67 * \text{MCF} * \text{GWP-faktor}$$

där

VS = organiskt material i stallgödsel

Bo = maximal metanproduktionskapacitet ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg VS}$). Faktorn uppgår till 0,45 för slaktsvin och avelsdjur (IPCC, 2006b)

0,67 = omvandlingsfaktor från m^3 metan till kg metan

MCF = transformeringsfaktor, anger hur stor andel av den maximala metanproduktionskapaciteten som utnyttjas (se tabell 9)

GWP-faktor = omvandlingsfaktor från CH_4 till CO_2 -ekv, 25 för lustgas

I tabell 9 redovisas metanomvandlingsfaktorn för olika lagringstekniker, benämnd MCF.

Tabell 9: Metanomvandlingsfaktor, MFC, för olika lagringsteknik av stallgödsel vid medeltemperatur <math><10^\circ\text{C}</math> (IPCC, 2006b)

Lagringsteknik	MCF (% av Bo)
Fastgödsel	2
Flytgödsel, utan svämtäcke	17
Flytgödsel, med svämtäcke	10
Djupströ (gris och nöt, lagringstid <math>< 1</math> månad)	3
Djupströ (gris och nöt, lagringstid > 1 månad)	17

I tabell 10 redovisas mängd organiskt material (VS) för olika typer av grisar.

*Tabell 10; Organiskt material i träcken som lämnar djuret (Berglund *et al.*, 2009)*

Typ	kg VS per djur
Slaktsvinsplats	130
Suggplats	375
Smågrisar	16

4.2.4 Emissioner från djur

Metangas bildas huvudsakligen från idisslarnas matsmältningsprocess (Jordbruksverket, 2008a). Idisslarna har en förmåga att bryta ner fiberrikt foder och i processen bildas metan. Mikroorganismerna bryter ned kolhydraterna i fodret till enklare sockerarter och dessa omvandlas sedan till fettsyror. Förhållandet mellan de olika fettsyrorna påverkar den mängd metan som bildas. Metanbildning utgör en ineffektiv användning av fodret och kan begränsas genom att förändra fodrets fysikaliska och kemiska egenskaper, utfodringsnivå, fodertillsatser eller förbättra djurens hälsa.

Emissioner av lustgas från djur beaktas ej då de direkta lustgasemissionerna är mycket begränsade. Detta beror på att mag- och tarmkanalen har sur miljö vilket gynnar bildandet av ammoniak och ammonium istället för kväve i nitratform (Jordbruksverket, 2008a).

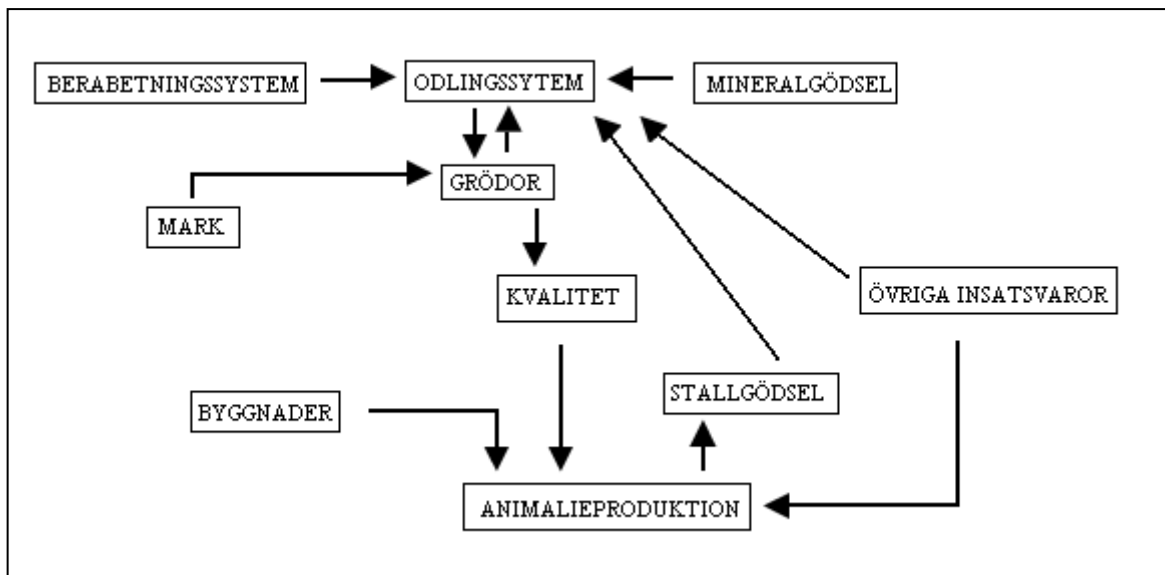
Metangasbildningen från grisarnas ämnesomsättning, är i jämförelse med till exempel mjölkkor marginell. Tabell 11 visar emissionsfaktorer för suggor, smågrisar och slaktsvin;

Tabell 11: Metanproduktion för grisar (Berglund et al., 2009; bearbetning av IPCC, 2006b)

Typ av gris	kg CH ₄ /djurplats/år
Sugga	2
Slaktsvin	1,5
Smågrisar	0

4.3 Schematisk modell

I avsnitt 3.2 redovisades det generella matematiska problemet för modellen. Modellerna för fallgårdarna löses i *Excel* med tilläggsprogrammet *Premium Solver Platform*, och beaktar en rad olika biologiska samband (Frontline systems, 2005). Antalet kontrollvariabler uppgår till drygt 60 stycken, och restriktionerna till cirka 90. I modellen sker ett ekonomiskt optimalt val mellan alla grödor med alla möjliga förfrukter, samt mellan djurslagen. Val av gröda beror till exempel på avkastningsnivå givet förfruktseffekten och tillförd näring, proteinhalten givet tillförd kväve, kostnader per hektar och priser på produktionsmedel och avsalugrödor. Vidare påverkas animalieproduktionens lönsamhet av priset på till exempel griskött, foderkostnader samt gödselpriser eftersom stallgödseln värderas till marknadsvärdet. Behovet av växtnäring täcks med stallgödsel om det finns tillgängligt och kompletteras sedan med mineralgödsel. Animalieproduktionen påverkar växtodlingen genom tillförsel av stallgödsel och genom behov av foder. Fodret kan delvis köpas in, dock görs ett antagande att foder såsom spannmål, ärter och åkerböna måste odlas på gården. I figur 9, illustreras de samband som utgör de grundläggande relationerna i analysen.



Figur 9; Schematisk bild som avser de viktigaste sambanden i modellen.

I följande avsnitt redovisas olika former av detaljanpassning som krävs för att modellen ska kunna appliceras på fallgårdarna.

4.3.1 Anpassning av produktionsfunktioner

Grödornas avkastning grundas på produktionsfunktioner från Jonassons studier (1993). Sedan funktionerna publicerades har teknik, nya sorter och nya bearbetningssystem utvecklats. Dessutom avser produktionsfunktionerna ett medeltal av flera års försök avseende olika områden i Sverige. Därför kan inte Jonassons produktionsfunktioner appliceras direkt på fallgårdarna utan justering (pers. medd. Gruvaeus).

För att justera Jonassons generella produktionsfunktioner till regionala förhållanden används en faktor, LQF, för fallgårdens skördeområde, vilken multipliceras med produktionsfunktionen (Jonasson, 1993). De nya produktionsfunktionerna speglar inte verklig skörd för fallgårdarna och därför används en kalibreringsmetod utvecklad av Jonasson (1993) och som tillämpats av Brady (2003). Brady och Jonasson antar att lantbrukaren agerar rationellt och alltid tillämpar optimal kvävegiva i förhållande till produkt- och faktorpriser. Genom att beräkna justeringsfaktorerna feta (θ) och delta (δ) justeras funktionens lutning

och intercept. Data vid kalibreringen består av fallgårdarnas genomsnittliga pris på kväve (\bar{P}_N), genomsnittlig kvävegiva (\bar{N}), genomsnittlig skörd (\bar{Y}) och genomsnittligt pris på produkterna (\bar{P}_y). De justerade produktionsfunktionerna beräknas enligt ekvation 17.

$$Y = \theta(a + \delta bN - cN^2) \quad (17)$$

Ekonomiskt optimal kvävegiva \bar{N} som observerats beräknas i enlighet med ekvation 18.

$$\frac{\bar{P}_N}{\bar{P}_y} = \theta(\delta b - 2c\bar{N}) \quad \bar{N} = \frac{\theta\delta\bar{P}_y - \bar{P}_N}{\theta 2c\bar{P}_y} \quad (18)$$

Genom att lösa ut θ och δ ur ekvation 17 och 18 erhålls ekvation 19 och 20. Genom att först beräkna δ ur ekvation 19 kan sedan θ beräknas i enlighet med 20.

$$\delta = \frac{\bar{P}_N a - \bar{P}_N c\bar{N}^2 + 2c\bar{N}\bar{P}_y\bar{Y}}{b\bar{P}_y\bar{Y} - \bar{P}_N b\bar{N}} \quad (19)$$

$$\theta = \frac{\bar{P}_N}{\bar{P}_y\delta b - 2c\bar{N}\bar{P}_y} \quad (20)$$

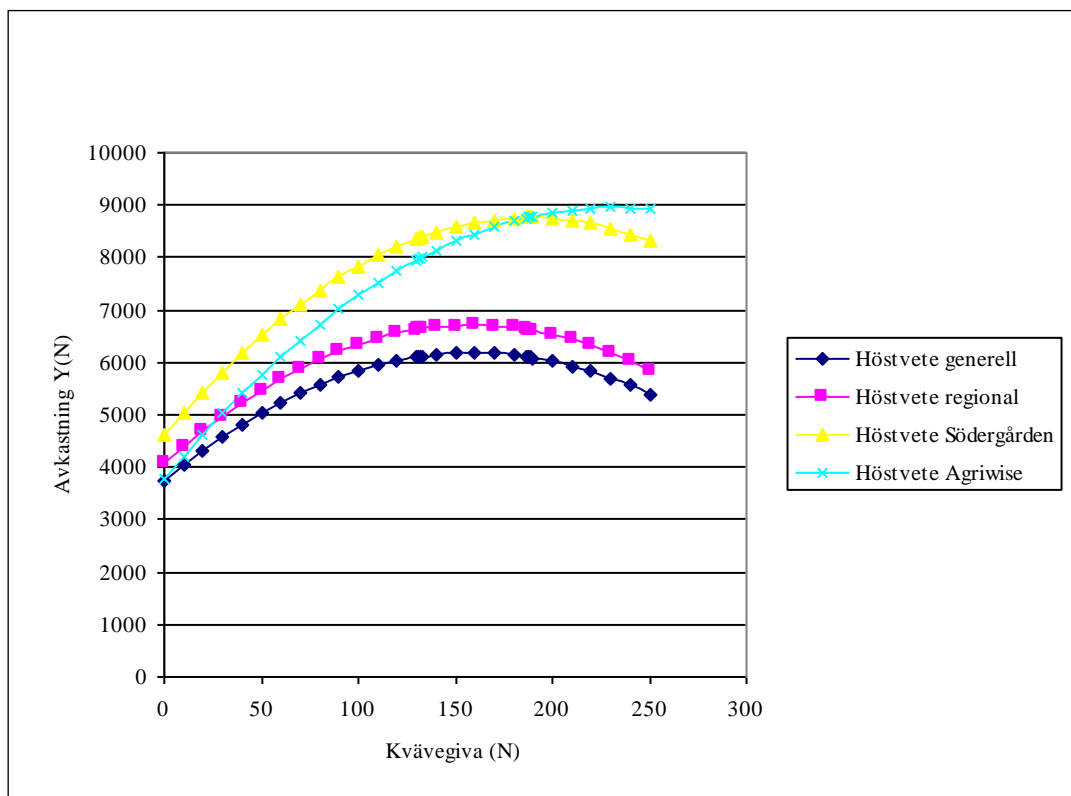
Kalibreringsfaktorerna för respektive gröda och gård används sedan för att beräkna de nya konstanterna \hat{a} , \hat{b} respektive \hat{c} .

$$\hat{a} = \theta a$$

$$\hat{b} = \theta\delta b$$

$$\hat{c} = \theta c$$

Figur 10 redovisar produktionsfunktionens form, för höstvetete på Södergården, efter de olika justeringarna. Den produktionsfunktion som tillämpas i analysen benämns "Höstvetete Södergården".



Figur 10; Justering av produktionsfunktionen höstvete på Södergården

Justeringarna enligt Brady (2003) har genomförts på produktionsfunktionerna för malkorn, korn, höstvete samt höstraps utifrån befintligt material i Jonasson (1993). Skörd av havre har i denna studie likställts med korn (pers. medd. Mattsson).

Produktionsfunktion saknas för sockerbetor och därför har data hämtats från annan källa än Jonasson. För de produktionsfunktioner där de kalibrerade resultaten har bedömts vara orimliga har en skattning skett utifrån områdeskalkyler från Agriwise. Dessa grödor samt trindsäd behandlas nedan. Konstanterna A, B och C för varje enskild gröda för respektive gård redovisas i bilaga 2.

Sockerbetor

Produktionsfunktioner för sockerbetor saknas i Jonassons data. Därför har data hämtats från växtnäringsförsök på Institutionen för Mark och miljö, SLU (pers. medd. Mattsson). De produktionsfunktioner som estimerats ger ett lågt intercept och ett biologiskt optimum vid en mycket hög kvävegiva per hektar (pers. medd. Mattsson). Det låga interceptet förklaras av att marken i försöken inte tillförts kväve under många år. Interceptet i produktionsfunktionen bestäms således av ett förhållandevis lågt innehåll av markkväve. Vid maximal kvävegiva erhålls en skörd om 50 ton per hektar. Då dessa värden är orimliga för Södergården har funktionen justerats enligt Bradys metod (Brady, 2003). Då ökar interceptet till 51 ton per hektar och biologiskt optimum nås vid en kvävegiva om 200 kg kväve per hektar, varvid skörden uppgår till cirka 60 ton per hektar. Efter diskussioner med Mattsson (pers. medd.) drar vi slutsatsen att den justerade funktionen på ett rimligt vis speglar förutsättningarna på Södergården.

Sockerskörden är inte proportionell mot skörden i vikt, då sockerhalten sjunker med ökad kvävegiva. I analysen antas dock sockerhalten uppgå till 18 procent, vilket krävs för att få maximal betalning för sockerbetorna.

Höstraps

Kalibrering av produktionsfunktionen för höstraps på Södergården blev orimlig med ett mycket högt biologiskt optimum. Därför har uppgifter från Agriwise om kvävepris, produktpris och kvävegiva tillämpats givet Södergårdens skördenivå. På så vis har Jonassons (1993) produktionsfunktion kunnat kalibreras till rimliga värden. Samma metod har använts vid estimering av produktionsfunktionen för höstraps på Västergården.

Trindsäd

Åkerböna, konservärter och foderärter binder luftkväve med hjälp av bakterier som lever på rötterna (Fogelfors, 2001). Kvävegödning är därför inte motiverat och skörden anses inte bero av kvävegivan utan betraktas som konstant. Därmed behöver inte heller en produktionsfunktion uppskattas. Skördarna av åkerböna och foderärt på Västergården grundas på medelskördar för området och antas vara 2700 kg per hektar respektive 2200 kg per hektar (www, SCB, 2009de). Skördenivåns rimlighet har validerats av Mattsson (pers. medd.). Skörd av konservärter på Södergården har beräknats som ett medelvärde för gården.

Rödklöverfrövall

På Västergården odlas rödklöverfrövall. Skörden av rödklöverfrö beror av klöverhalten (pers. medd. Mattsson). Osäkerheten rörande skördenivån innebär att funktionen är svår att uppskatta. Dessutom varierar skördarna avsevärt från år till år. Därför antas skörden uppgå till 250 kg frö per hektar vilket motsvarar medelskörden för området (www, SCB, 2009f).

Träda

För att i denna studie vid betydande restriktioner av koldioxidemissioner kunna möjliggöra att viss mark brukas mer intensivt och att delar av marken inte odlas introduceras träda. Trädan beräknas vara långliggande och putsas en gång om året. Övrig bearbetning består av insådd, samt sprutning då trädan bryts. Trädan antas bestå av hundäxing.

4.3.2 Förfruktswärden

Forskning visar att avkastningen av en gröda påverkas av den föregående grödan alltså förfrukten (Ohlander, 1996). Skördeökningen beroende av förfrukten visas i tabell 12. Värden har hämtats från Ohlander (1996) och har justerats efter diskussioner med Rydberg och Mattsson vid SLU. Förfruktswärden för sockerbetor har beräknats med ledning av uppgifter från Danisco (Blomquist & Larsson, 2009). I Jonassons (1993) produktionsfunktioner beror avkastningen implicit på en genomsnittlig förfrukt. För att beakta värdet av en bättre respektive sämre förfrukt justeras produktionsfunktionernas intercept för varje gröda med given förfrukt med värdena enligt tabell 12. Vi antar att fallgårdarna har haft en relativt likartad växtföljd under de senare åren. Därför avser produktionsfunktionerna avkastningen inklusive värdet av de olika förfrukterna. För att räkna om avkastningen dras därför ett genomsnittligt förfruktswärde av innan skördeökning hänförlig till ny förfrukt adderas (Samuelsson, 2003).

Tabell 12; Förfruktsvärden (kg/hektar), avser monokultur enligt Ohlander, 1990; Ohlander, 1996; pers. medd. Mattsson; pers. medd. Rydberg; Blad, 2003; Blomquist och Larsson, 1997-2002

Eftergröda								
Förfrukt	Höstvete	Havre	Korn	Höstraps	Ärter	Sockerb.	Rödklöver	Åkerböna
Höstvete	skörd	300	100	1100	1000	4300	-	1000
Havre	700	skörd	200	-	700	5400	-	700
Korn	300	200	skörd	800	300	4300	300	300
Höstraps	1100	300	400	skörd	1000	3200	-	1000
Ärter	1000	400	550	300	skörd	3200	-	-
Sockerb.	-	600	800	-	1000	skörd	-	-
Rödklöver	1000	400	400	-	700	-	skörd	700
Åkerböna	1000	400	550	300	-	-	-	skörd

För Södergården introduceras följaktligen fem olika produktionsfunktioner för varje gröda eftersom fem grödor förekommer i gårdens växtföljd, vilket totalt ger 25 produktionsfunktioner. För Västergården med sju grödor i växtföljden, erhålls sju produktionsfunktioner per gröda det vill säga totalt 49 funktioner.

4.3.3 Restriktioner för växtföljd och förfrukt

I studien begränsas arealen av vissa grödor. Södergårdens odling av sockerärter sker på kontrakt och begränsas till 20 hektar. Eftersom sockerkvoten mäts i mängd socker definieras restriktionen för sockerbetor således i mängd socker och inte i areal. Om avkastningen per hektar sjunker vid en begränsning av emissionerna innebär detta även att sockerskörden sjunker. Restriktionen innebär att det skulle kunna vara möjligt att öka arealen sockerbetor varför denna restriktion inte kan definieras utifrån arealen.

Enligt Fogelfors (2001) bör raps endast odlas vart sjunde år, eftersom växtskyddsproblemen ökar avsevärt vid tätare odling. Vidare bör ärter inte odlas oftare än vart sjunde år på grund av risken för ärtrotröta. Dessa grödor begränsas således till maximalt en sjundedel av arealen. Sockerbetor ska inte odlas oftare än vart tredje år. Resonemanget innebär att produktionsfunktioner för dessa grödor i monokultur inte ingår i analysen. Vidare är det inte möjligt att så höstvete eller höstoljeväxter efter sockerbetor, på grund av tidsaspekten, då skörd av sockerbetor sker sent på hösten. Därför ingår inte heller produktionsfunktionerna för höstvete med förfrukt höstraps eller förfrukt sockerbetor i analysen. Beträffande höstoljeväxter fungerar inte havre och åkerböna som förfrukt eftersom dessa grödor skördas relativt sent och sådden av höstoljeväxt därmed blir alltför sen.

Utöver begränsningarna ovan definieras även växtföljdsrestriktioner. Årets grödor med en given förfrukt kan inte överstiga föregående års odling av förfrukten (Blad, 2004). För grödan j med förfrukt f formuleras därför en restriktion enligt ekvation 21.

$$x_{jf} \leq \sum_{j=1}^J x_{jf} \quad \forall \quad j = 1 \dots J, f = 1 \dots F \quad (21)$$

Dessutom kan inte samtliga grödor som odlas efter en given förfrukt överstiga den totala arealen av nämnd förfrukt, se ekvation 22 (Blad, 2004).

$$\sum_{j=1}^J x_{jf} \leq \sum_{f=1}^F x_{j=f,f} \quad \forall \quad j = 1 \dots J, f = 1 \dots F \quad (22)$$

Efter lantbrukarnas önskemål begränsas arealen höstveten till 150 hektar, korn till 50 hektar samt rödklöver till 20 hektar på Västergården. På Södergården begränsas arealen höstveten till 150 hektar och 5 hektar avsätts till träda.

4.3.4 Restriktioner för foder

Fodermedel på Västergården består idag av havre, korn, vete, permeat, vassle, koncentrat, soja samt premixer och färdigfoder för smågrisarna. Ur klimatsynpunkt kan det vara intressant att analysera befintliga fodermedel tillsammans med alternativa fodermedel. Förklaringen är att den stora andelen soja som används idag bidrar med betydande emissioner av växthusgaser (Ericsson, 2004). I studien analyseras därför förutom dagens fodermedel även åkerbönor och ärter. Nedan redovisas rekommendationer om fodermedel, dels från litteraturen men också från Andersson (pers. medd.), Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU.

Havre är den svenska spannmål som innehåller mest växttråd och råfett (Simonsson, 1995). Därför bör slaktsvin inte erhålla mer än 20 procent av energiinnehållet i form av havre, och för suggor 30 procent av energiinnehållet (Simonsson *et al.*, 1997). Andersson (pers. medd.) rekommenderar en gräns om 20 procent för både slaktsvin och suggor. Vidare är korn ett utmärkt fodermedel och kan för suggor uppgå till 90 procent av energiinnehållet (Simonsson, 1995). För slaktsvin finns egentligen ingen övre gräns för korn men andelen blir ändå lite lägre för slaktsvin än för suggor eftersom en större andel proteinfoder krävs. Vete i foderstaten anses tidigare ha orsakat hälsoproblem, dammig stallmiljö och sämre smaklighet (Simonsson, 1995). Flera av problemen kan undvikas genom rätt malning och krossning av spannmålskärnan och därför är vete idag ett realistiskt fodermedel. Andersson (pers. medd.) rekommenderar en andel om maximalt 50 procent av foderstatens totala energiinnehåll eftersom vete har högt energiinnehåll men lägre proteinhalt.

Sojamjöl är ett av världens mest använda proteinfodermedel och utvinns från sojabönan efter att oljan pressats ut (Simonsson, 1995). För slaktsvin och suggor finns egentligen inga begränsningar för soja, vilket bekräftas av Andersson (pers. medd.). Sojamjöl samt bönor och ärt innehåller låga halter av metionin och cystin, vilket innebär att det vid hög andel av soja och bönor finns risk för brist. I studien tillförs soja i form av inköpt proteinfoder (pers. medd. Andersson).

Vassle har länge använts som fodermedel för svin (Simonsson, 1995). Det finns flera varianter där kesovassle har en ts på cirka 6 procent och proteinhalt om 15 procent av ts, medan permeatvassle har en lägre proteinhalt och ett högre ts (www, arla, 2009ab). Andersson (pers. medd.) rekommenderar att maximalt 20 procent av energiinnehållet kommer från vassle för både slaktsvin och suggor.

Ärter kan med fördel användas som foder till grisar (Simonsson *et al.*, 1997). Rekommendationerna skiftar dock för olika kategorier av grisar. Ärter innehåller höga halter av bland annat tanniner som ger sämre smaklighet och smältbarhet. Vidare har studier visat

att tanniner kan leda till försämrad fruktsamhet hos suggor (Håkansson, 1990). Men det finns även studier som visar motsatsen vid försök med vitblommiga sorter, som innehåller mindre tanniner. Förut gav foderärt en högre avkastning men då matärtens avkastning har ökat är det motiverat att använda en vitblommig sort (Simonsson, 1995). Håkansson (1990) rekommenderar att maximalt 10 procent av suggans energi hänförs till ärter. Simonsson (2006) rekommenderar att maximalt 20 procent av energin till slaktsvin bör komma från ärter.

Åkerbönor innehåller mer protein än ärter, men även mer växttråd vilket ger lägre energiinnehåll. På grund av högt innehåll av tanniner bör suggor inte utfodras med åkerbönor (Håkansson, 1990). Däremot är det möjligt att ge slaktsvin upp till 20 procent av energibehovet i form av åkerbönor.

För att i analysen skapa utrymme för förändringar i utfodringen beräknas grisarnas behov av energi, råprotein och aminosyror utifrån Simonssons (1994) rekommendationer. Andersson (pers. medd.) anser att foderbehovet för grisarna kan sänkas då rekommendationerna tenderar att överskatta behovet, men då data saknas tillämpas ändå Simonssons rekommendationer. Suggornas foderbehov beror av antalet smågrisar per kull, vilket på Västergården motsvarar 11,2. Vidare beror slaktsvinens behov av antalet faser i uppfödningen, där antagandet i denna studie är ett system med I-fas.

En korrekt foderstat innehåller ett stort antal mineraler, vitaminer och aminosyror. Men de mest begränsande aminosyrorerna är lysin, därefter treonin och vid foderstater med mer ärter och åkerbönor finns även risk för brist på meteonin. Foderstaterna förenklas genom att foderstaten komponeras med avseende på ovan nämnda aminosyror samt energi och råprotein. Råproteinet bryts ner till aminosyror och därför har egentligen inte proteinet i sig något värde för djuren. Men eftersom behovet av aminosyror inte är helt klarlagt antas behovet av råprotein i stort motsvara behovet av aminosyror (Simonsson *et al.*, 1997). Då foderbehovet varierar för de olika kategorierna beroende på vikt och ålder beräknas behovet som en total summa per djur. Kategorierna av djur består av suggor, grisar som säljs vid en vikt om 30kg samt slaktsvin som föds upp till en levande vikt på 125 kg.

Alla fodermedel definieras i modellen med avseende på deras innehåll av energi, råprotein och aminosyror. Därefter definieras möjliga fodermedel för de olika djurkategorierna. På så vis är det möjligt att beakta den ekonomiskt optimala foderstaten så att foderbehovet tillgodoses på ett kostnadseffektivt sätt. Gränsvärdena för varje fodermedel och djurkategori formuleras som restriktioner i modellen. Den generella formeln för foderrestriktionen formuleras enligt ekvation 23.

$$\sum_{i=1}^I L_i k_{hi} \leq \sum_{j=1}^J \sum_{f=1}^F x_{jf} Y_{jf} e_{jfh} \quad \forall \quad h = 1 \dots H \quad (23)$$

Där;

k_{hi} behov av näringsämne h för djurslag i
 e_{jfh} näringsinnehåll med avseende på näringsämne h i gröda j med förfrukt f
 Y_{jf} avkastning i kg per hektar av gröda j med förfrukt f

Vänsterledet i ekvation (23) anger behovet av näringsämne h för alla djurslag. Behovet skiftar beroende på kategori av djur där suggor behöver mer MJ än slaktsvin och så vidare.

Högerledet visar hur foderbehovet kan täckas av en rad grödor med en rad olika förfrukter. Då behovet anges i MJ, eller gram per kg foder måste grödorna omvandlas till samma enhet. Detta sker genom att först multiplicera grödan i hektar med skörden i hektar och sedan multiplicera uttrycket med dess näringsinnehåll e_{jfn} . Restriktionerna formuleras för samtliga näringsämnen som analyseras i modellen.

För att förenkla modellen antas ett givet smågrisfoder för fasen upp till 30 kg då smågrisarna säljs eller sätts in som slaktsvin. I foderstaterna tas ingen hänsyn till innehåll av vitaminer och mineraler. Anledningen är att dessa är relativt enkla att tillsätta i efterhand och avser begränsade kvantiteter och därför påverkas inte fördelningen av foderråvaror nämnvärt.

Proteininnehållet i spannmål påverkas av mängden tillfört kväve eftersom kvävehalten förändras och därmed även proteinhalten. Mattsson (1986) analyserade den mest optimala driftsinriktningen på en svingård vid olika kvävepriser och använde ett samband mellan slaktsvinsfodrets innehåll av protein och kvävegiva. Sambanden för korn, havre och vete som utnyttjas i denna studie har estimerats utifrån försök på Institutionen för mark och miljö på SLU och har sammanställts av Mattsson (Mattsson, 1985; 2004; 2006). Relationen mellan kvävegiva och proteinhalt är i hög grad icke linjärt.

4.3.5 Ekonomiskt resultat

I de modeller som utvecklas för gårdarna maximeras det ekonomiska resultatet. I avsnittet nedan beskrivs de delar som ingår i vinstfunktionen och de korrigeringar som gjorts i täckningsbidragen.

På fallgårdarna har, efter varje år, det ekonomiska resultatet utvärderats genom att upprätta bidragskalkyler för varje aktivitet gröda och djurslag. Bidragskalkylering är en vanlig planeringsmetod inom lantbruk (Liljegren *et al.*, 1983). Anledningen är att lantbruk har en stor andel samkostnader, som är svåra att fördela. Det beror i sin tur på att många av lantbruksföretagens resurser kan användas inom olika produktionsgrenar och att befintliga byggnader och maskiner behålls oavsett driftsinriktning. Täckningsbidraget är det bidrag som en produktionsgren lämnar till täckande av samkostnader och eventuell vinst (Liljegren *et al.*, 1983). Beroende på vilka kostnader som beaktas vid beräkning av täckningsbidraget, ingår olika stor andel av samkostnaderna. Ett positivt täckningsbidrag innebär generellt att det lönar sig att bedriva produktionen på kort sikt.

Bidragskalkylerna från fallgårdarna ger upphov till ett c_j -värde för varje aktivitet. c_j -värdet i växtodlingen beräknas som ett medeltal för åren 2004-2007, uppräknat till 2008-års prisnivå. I Västergårdens fall har valet av gröda skiftat mellan åren. Därför är det svårare att beräkna ett medelvärde då till exempel rödklöver odlas först år 2008-2009. Då kalkyler saknas för höstraps, rödklöver samt bönor och ärter har områdeskalkyler från Agriwise och Länsstyrelsen använts (www, Agriwise, 2009a; pers. medd. Svensson) c_j -värdet som avser täckningsbidrag (TB2) enligt Agriwise har justerats genom att intäkter och kostnader som beror av avkastningen avräknats. Det innebär att intäkten för produkten samt kostnaderna för kväve, fosfor och kalium dragits av. Kostnader för växtskydd, utsäde och rörelsekapital samt intäkter i form av gårdsstöd beror inte nämnvärt på avkastningen, och ingår därmed i c_j -värdet. Gårdsstödet beror av skördeområde, vilket ger olika stödnivå för fallgårdarna (www, SJV, 2008cd).

Maskinkostnader i form av avskrivningar och underhåll varierar mellan gårdar beroende på maskinpark och samarbetsformer. För att på ett konsekvent sätt uppskatta kostnaderna används Maskinringens taxor där kostnaden anges per timme inklusive drivmedel och förare (Maskinkalkylgruppen, 2008). Därmed tillämpas inte fallgårdarnas faktiska maskinkostnader i bidragskalkylerna. Varje gröda antas tillämpa ett givet bearbetningssystem med en viss tidsåtgång per moment och hektar beroende på gårdens förutsättningar (pers. medd. Törner). Bearbetningsstrategin antas motsvara dagens teknik på fallgårdarna. Genom att multiplicera tidsåtgången med timpriset för varje moment och gröda erhålls en total bearbetningskostnad per hektar och gröda. Maskinkostnaden enligt Maskinringens priser ersätter ursprungliga maskinkostnader i kalkylen och ingår därmed i det justerade c_j -värdet. Kostnad för tröskning av ärter på Södergården bekostas av Findus och ingår därmed inte som en kostnad (pers. medd. Persson).

Arbetskostnaden i samband med körslor ingår i maskinkostnaderna. Övrigt arbete i timmar per hektar beräknas enligt Agriwise kalkyler för respektive gröda. Arbetskostnaden antas uppgå till 220 kronor per timme, det vill säga samma arbetskostnad som Maskinkalkylgruppen (2008) använder. Kostnad för övrigt arbete per hektar och gröda ingår i c_j -värdet. c_j -värdet för träda beräknas i en förenklad kalkyl där intäkterna består av gårdsstöd, och kostnaderna består av sådd och sprutning vart tionde år, samt putsning en gång per år. Kostnaderna beräknas enligt Maskinkalkylgruppen (2008).

Vid beräkning av de justerade täckningsbidragen för grisarna har kalkyler från Agriwise för åren 2005-2008 använts, efter justering till dagens 2008-års prisnivå. I täckningsbidraget för suggorna ingår sugghyran, som beräknats enligt Västergårdens formel; $[100 * \text{pris för smågris} + 395 \text{ (för navrelaterat tillägg)}]$. Vidare ingår rörelsekapital, underhåll av byggnader samt övriga kostnader som bland annat inkluderar veterinär, medicin, el och strömedel. Till det justerade täckningsbidraget läggs gödselvärdet, som värderas till marknadsvärde utifrån gödselns innehåll av kväve fosfor och kalium, se tabell 14. Arbete i grisproduktionen värderas enligt Agriwise till 188 kronor per timme. Slaktsvinens täckningsbidrag har justerats på samma sätt som suggornas. Smågrisarnas kostnader ingår i bidragskalkylen för suggorna, vilket gör att smågrisarna endast för med sig intäkter i form av gödselvärde samt kostnader för enhetsfoder.

De produktpriser som hänför sig till växtodlingen har beräknats som ett genomsnitt av åren 2005 till 2008, uppräknade med index (www, SJV, 2009a; www, SCB, 2009b; pers. medd. Walle). Priset avser poolpris i november för spannmål och oljeväxter. Gödselpriserna beräknas som ett genomsnitt över 2005 till 2008 med uppgifter från Agriwise, uppräknade med index (www, agriwise, 2008; www, SCB, 2009b). Eftersom sockerpriset har sänkts till ett minimipris sedan 2006 beräknas genomsnittligt pris för åren 2006-2008. Lönsamheten i sockerbetsodling har sjunkit till följd av det sänkta priset relativt andra grödor och den kompensation som ges till all odlad areal förändrar inte förhållandet mellan grödorna (www, Betodlarna, 2009). Då sockerhalten ses som konstant utgår inte heller extra betalning eller avdrag för högre respektive lägre sockerhalt.

Priser per smågris och slaktsvin har beräknats som ett medelvärde för åren 2005-2008 för Västergården och därmed tas hänsyn till kvalitet och klassning. Kostnader för inköpt foder från Lantmännen beräknas enligt prislista för februari 2009. Transportkostnad och rabatter ingår inte i priserna, men antas ta ut varandra vilket gör att listpris används (pers. medd. Susic). Kostnad för vassle beror av transportavstånd, och priser för februari 2009 (pers. medd. Fallgren). Det foder som produceras på gården är förknippat med en kostnad för

foderberedning, som värderas till en marginalkostnad per kg foder enligt kalkyl från Agriwise. Allt foder till slaktsvin och suggor passerar foderberedningsanläggningen och foderpriset justeras därför med marginalkostnaden, medan färdigfoder för smågrisar inte belastas med denna kostnad. Samtliga priser som tillämpas i beräkningarna redovisas i tabell 13.

Tabell 13; Uppräknade medelpriser över 2004-2008

Produkt	pris	Produktionsmedel	pris
Höstvete	1,51	Kväve	11,09
Korn	1,26	Fosfor	21,79
Malkorn	1,64	Kalium	6,83
Havre	1,19	El	0,51
Raps	2,79	Eldningsolja	4,6
Ärt (foderväxt)	0,14	Blenda 220 (sugga)	4,23
Åkerböna	1,51	Kompakt 2527 (sugga)	6,4
Rödklöverfrö	18,38	Formel 845 (svin)	4,22
Konservärt	1,26	Kompakt 8709 (svin)	6,25
Socketbetor	0,33	Solo 330 (smågris)	2,98
Smågris	537	Kesovassle	0,063
Slaktsvin	1124	Permeatvassle	0,113

Torknings- och transportkostnader lyfts ut från bidragskalkylen och beräknas istället som en kostnad per kg produkt, och ger därmed ett nettopris för produkten (P_{Yj}). Transportkostnaden för spannmål och oljeväxter beräknas enligt Lantmännens priser (pers. medd. Lantmännen direkt). Transport av konservärter och sockerbetor bekostas av Danisco och Findus och beaktas därför inte (pers. medd. Persson; www, Agriwise, 2009b). I studien antas fallgårdarna använda befintlig tork och lagring sker på gården. Torkningskostnad för spannmål, foderärt, bönor och oljeväxter beräknas därför som marginalkostnaden för torkning, det vill säga kostnaden för eldningsolja och el (Hörndahl *et al.*, 2005). Kostnaden för el baseras på kalkyler från Agriwise för åren 2005 till 2008 och beräknas som ett medelvärde uppräknat med index. Priset för eldningsolja beräknas med priser för åren 2005 till 2008 uppräknat med index och med avdrag för skattereduktion (www, SPI, 2009; www, SCB, 2009b). År 2005 till 2008 bestod skattereduktionen av hela energiskatten samt 79 procent av koldioxidskatten (pers. medd. Skattverket). Den sammanlagda kostnaden för eldningsolja och el beror av skörden i kg per hektar och mängden borttorkat vatten.

Eftersom spridningskostnaden beror av kvävegivan lyfts även denna ut ur c_j -värdet för respektive gröda. Stallgödselspridningen för Västergården beräknas till 20 kr per ton gödsel och mineralgödselspridningen för både Västergården och Södergården beräknas till 1,1 kr per kg kväve, fosfor och kalium (pers. medd. Sjöberg; pers. medd. Nelson). Kostnaderna inkluderar maskiner, förare och dieselkostnad. Dieselförbrukning avseende spridning av mineralgödsel kan uppskattas till 2 respektive 16 liter per hektar för mineralgödsel respektive stallgödsel (pers. medd. Törner).

Eftersom den mängd stallgödsel som produceras på fallgården beror av antalet grisar beräknas mängden stallgödsel som producerad mängd stallgödsel per djur multiplicerat med antal djur. Producerad mängd gödsel per gris redovisas i tabell 14. Inköpt mineralgödsel motsvarar den

del av gödselbehovet vilket inte täcks av stallgödsel. All gödsel värderas till marknadsvärde, oavsett sort, vilket därmed ger en intäkt hos djuren, samtidigt som kostnaden uppstår i växtodlingen.

Tabell 14; Mängd producerad gödsel per gris (Jordbruksverket, 2001)

Djurtyp	Gödsel i kg/ djur	N	P	K
Sugga (8 veckor i stallet)	650	5,1	1,6	1,9
Slaktsvin (från vecka 12 till slakt)	496	3,6	0,9	1,4
Smågris (från vecka 1-12)	78,5	0,54	0,11	0,2

Efter justeringarna återstår ett negativt c_j -värde som används i analysen. Tabell 15 redovisar vilka delar som ingår i objektsfunktionen för grödorna.

Tabell 15; visar objektsfunktionens beståndsdelar, från växtodlingen.

Bidrag till objektsfunktionen per gröda
Justerat TB 2 (för bl.a. arbete, maskiner och gårdsstöd)
- värdet av produkten (justerat för torkning d.v.s. el och eldningsolja samt transport)
+ kvävekostnad (N)
+ fosforkostnad (P)
+ kaliumkostnad (K)
+ spridningskostnaden för mineral- och stallgödelspridning
= justerat c_j -värde

De delar som ingår i objektsfunktionen och beror av djurhållningen i tabell 16.

Tabell 16; visar objektsfunktionens beståndsdelar, från djurhållningen.

Bidrag till objektsfunktionen, per djurslag
Justerat TB 2 (för bl.a. arbete, intäkt, sugghyra, smågrisdederkostnad och gödselvärde)
+ foderkostnad slaktsvin och suggor
= justerat c_j -värde

Vinstfunktionens värde beror följaktligen av intäkter och kostnader kopplade till aktiviteterna på gården. Gemensamma kostnader som ränta och avskrivningar, driftsledning och rådgivning vilka utgör ett underlag vid beräkning av lantbrukarens arbets- och kapitalinkomst ingår inte i analysen.

4.4 Osäkerheter

Fallgårdarnas totala växthusgasutsläpp beror av en rad delemmissioner som i sin tur beror av vilka driftsgrenar som finns på gården. Osäkerheterna vid beräkning av delemmissionerna bidrar till en osäkerhet rörande de totala växthusgasemissionerna. I detta avsnitt redovisas osäkerheterna i beräkningarna och hur dessa påverkar de totala emissionerna och därmed resultatet. I avgränsningarna förklarades skillnaden mellan faktiska mätningar på fallgårdarna eller modellberäkningar. Eftersom studien grundas på modellbaserade beräkningar blir inte emissionerna i analysen exakt desamma som i verkligheten på fallgårdarna.

Studien grundas på fallgårdarnas uppgifter och förutsättningar i den mån det har varit möjligt. I annat fall har ett medelvärde för fallgårdarnas geografiska område tillämpats i analysen. Lantbrukarna har gett sitt samtycke i de fall medelvärden använts. Det reducerade bearbetningssystemet på respektive fallgård har diskuterats med lantbrukarna för att uppfylla behovet av bearbetning i möjligaste mån. Syftet är att det reducerade bearbetningssystemet ska spegla en minimerad bearbetningsstrategi. Eftersom uppgifter om bearbetningssystemet grundas på uppgifter från både lantbrukare, driftsledare samt Törner i Odling i Balans har osäkerheterna begränsats.

Alla emissionsdata grundas på resultaten från del I i JOKER-projektet (Berglund *et al.*, 2009). En litteraturstudie har genomförts för att komma fram till hur beräkning av emissioner från jordbruket bör ske. Beräkningarna har validerats av Berglund som är projektledare för JOKER-projektet. Det finns betydande osäkerhet hänförliga till en del emissionsdata, medan andra data är relativt säkra. Vid beräkning av emissioner vid tillverkning och användning av produktionsmedel såsom el, dieselolja och eldningsolja finns detaljerade uppgifter som beräknats via livscykelanalyser. När det gäller gödselmedel grundas emissionerna från produktionen på livscykelanalyser. I analysen görs ingen skillnad på vilken sort gödselmedel som används såsom till exempel N 27 eller NPK. Vid spridning av kväve är emissionerna mycket osäkra. De direkta emissionerna från marken utgår från tillfört kväve i form av skörderester, mineralgödsel och stallgödsel. Enligt IPCC är emissionsfaktorn för de direkta emissionerna 0,01 kg N₂O-N/kg tillfört N, men med ett osäkerhetsintervall på hela 0,003-0,03 kg N₂O-N/kg tillfört N. Vidare är IPCC:s beräkningar av tillfört kväve i skörderesterna relativt högt räknad eftersom beräkningarna grundas på data från lägre skördenivåer och högre kväveinnehåll än de som uppnås på fallgårdarna. Detta innebär att det finns en betydande osäkerhet i beräkningarna av de direkta emissionerna. När resultaten analyseras bör detta beaktas då det finns risk att delar av emissionerna värderas för högt eller för lågt.

De indirekta lustgasemissionerna orsakas av kväveförluster från gården i form av ammoniak, kväveoxider och nitrat. Vid beräkning av kväveutlakning finns data för fallgårdarna i nuläget (pers. medd. Törner). Men eftersom utlakningen beror på en mängd faktorer som förfrukt, bearbetning, gödslingsstrategi och områdesfaktorer är det en medveten förenkling att som i modellen anta att utlakningen är konstant och definierad per hektar (Hoffman *et al.*, 1999). I nuläget, utan att någon begränsning av emissioner beaktas, uppgår emissionerna orsakade av utlakning till mellan 3 och 5 procent av fallgårdarnas totala emissioner. Vid en begränsning av emissionerna ökar andelen emissioner från utlakning. Berglund anser dock att vid en approximativ förenkling i studien är det mer korrekt att utgå från dagens utlakning (pers. medd. Berglund). Därför antas dagens utlakning i studien, och eventuella samband mellan till exempel kvävegiva och utlakning beaktas ej.

Emissioner orsakade av animalier och gödsel bygger på IPCC:s beräkningar för utvecklade och kalla områden. I JOKER-projektet har beräkningarna från IPCC bearbetats av Berglund

med hjälp av uppgifter från STANK in MIND, för att vara representativa för svenska förhållanden (www, SJV, 2009b). Dock beaktas inte reduktionen av emissioner då Västergården återvinner värme från gödseln i stallet. Kylningen av gödseln medför inte bara en energibesparing utan även lägre ammoniakemissioner vid hantering och lagring av gödsel. I analysen används schablonvärden från IPCC för områden med en medeltemperatur under 10 grader. I Västergårdens fall håller förmodligen gödseln en lägre medeltemperatur, vilket i sådana fall skulle leda till lägre emissioner.

Emissioner från inköpt foder grundas på uppgifter från Lantmännen som nyligen börjat klimatmärka sitt fodersortiment. Lantmännens beräkningar bygger på ett livscykelperspektiv där foderråvarans växthusgasutsläpp från odling, beredning och transport summeras till kg koldioxidekvivalenter per kg foder (www, Lantmännen, 2009). I analysen har fem inköpta foderblandningar använts. Valet grundas på rekommendationer från säljare på Lantmännen. Växthusgasemissionerna från ett kg foder varierar mellan produkterna men produkterna har inte valts med hänsyn till detta utan främst med avseende på näringsinnehållet. Därför är det inte uteslutet att det finns något mer klimateffektivt foder som skulle passa Västergården.

Foderstaterna i studien grundas på Simonssons (1994; 1995; 2006) rekommendationer samt råd från Andersson (pers. medd.). Syftet är inte att foderstaterna ska vara direkt applicerbara på gården då ytterligare analys kan krävas för att bland annat säkerställa innehållet av mineraler och vitaminer.

Växtodlingen i modellen är förknippad med osäkerheter dels rörande produktionsfunktionernas utseende men också förfruktsvärdena. Efter diskussioner med Mattsson (pers. medd.) dras slutsatsen att ingående värden i modellen är rimliga. Att helt efterlikna fallgårdarnas förutsättningar är omöjligt då studiens metod grundas på modellbaserade beräkningar. Diskussioner med lantbrukarna och Törner (pers. medd.) visar dock att både indata och resultat speglar gårdens förutsättningar.

5 Resultat

Kapitlet behandlar resultaten av optimeringsmodellerna. Gårdarna har utifrån nuläget analyserats och emissionerna har beräknats för respektive aktivitet. Därefter har en begränsning av emissionerna introducerats, som en procentuell minskning utifrån nuläget.

5.1 Nuvarande driftsinriktning

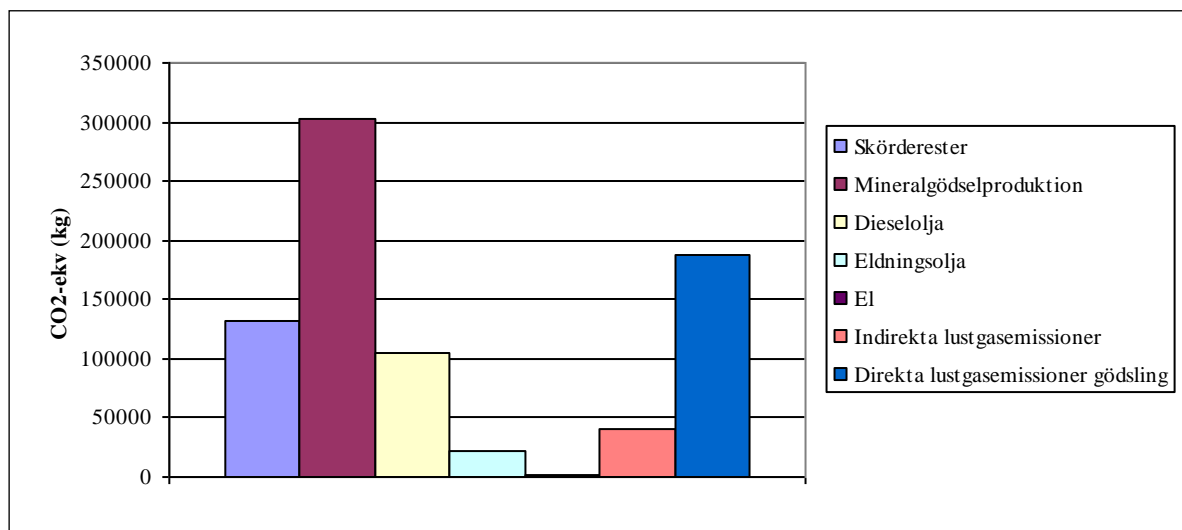
Nuläget speglar en situation då inga begränsningar av växthusgasemissioner tillåts påverka produktionen. De resultat som framkommer i detta scenario kan skilja sig något från dagens verkliga produktion. Förklaringar kan dels vara att dagens drift inte är helt anpassad till den ekonomiskt optimala driften givet de priser som utgör underlag för analysen. Vidare är det troligt att praktiska restriktioner såsom till exempel arrondering med mera påverkar valet av odlingssystem.

Grisproduktionen har under senare år visat svag lönsamhet, bland annat på grund av ökade foderkostnader (www, LRF, 2009). Dock visar en undersökning i Lantbruksbarometern 2008 att grisproducenterna är något mer optimistiska och tror på bättre lönsamhet framöver. Samtliga rörliga kostnader förknippade med grisproduktionen har beaktats i analysen, och allt arbete avlönas med 188 kronor per timme. Priserna på griskött och smågrisar beräknas som ett inflationsjusterat medelpris för åren 2004-2008, medan inköpta foderkomponenter värderas till priserna i februari 2009. Grisproduktion innebär stora investeringar i byggnader och byggnadsinventarier vilket gör att det är svårt att avveckla produktionen. I Västergårdens fall byggdes ett nytt stall i mars 2003 och därför torde det inte vara aktuellt att avveckla grisproduktionen. Därför analyseras främst resultaten från en situation där antalet modersuggor i produktion förblir oförändrade men där antalet slaktsvin, växtodlingen och foderstaterna förändras. Ytterligare ett scenario analyseras där en möjlighet finns att minska antalet modersuggor. Slutligen analyseras scenariot med fullt kapacitetsutnyttjande vilket innebär 1430 grisningar per år och 1800 producerad slaktsvin. De totala emissionerna i nuläget har validerats utifrån resultaten enligt JOKER-projektet, del 1 (Berglund *et al.*, 2009).

5.1.1 Södergården

Efter modellering av nudriften på Södergården erhålls ett ekonomiskt resultat om 1 927 000 kronor och totala emissioner om cirka 800 ton CO₂-ekvivalenter inklusive tillverkning av produktionsmedel eller 475 ton CO₂-ekvivalenter exklusive. Figur 11 visar utsläppskällorna för Södergården i modellen inklusive produktionsmedel. Resultatet har validerats utifrån beräkningarna i JOKER-projektet, del 1.

Produktion av mineralgödsel är den största utsläppskällan på Södergården och svarar för 300 ton CO₂-ekvivalenter. På andra plats följer direkta lustgasemissioner hänförliga till gödslingen om 190 ton. Vidare svarar skörderester för 130 ton. Produktion och användning av dieselolja orsakar 105 ton CO₂-ekvivalenter, produktion och användning av eldningsolja 21 ton, indirekta lustgasemissioner 41 ton samt produktion av el 1 ton. Resultaten i nudriften visar att insatsvaran mineralgödsel påverkar de totala utsläppen i mycket hög grad, dels i samband med tillverkning men också vid spridning i form av direkta lustgasemissioner. En hög kvävegiva ger höga skördar vilket beräknas bidra till höga emissioner från skörderester. Däremot är emissioner från produktion av el och dieselolja förhållandevis begränsade.



Figur 11: Totala årliga emissioner från Södergården i nuläget, inklusive produktionsmedel

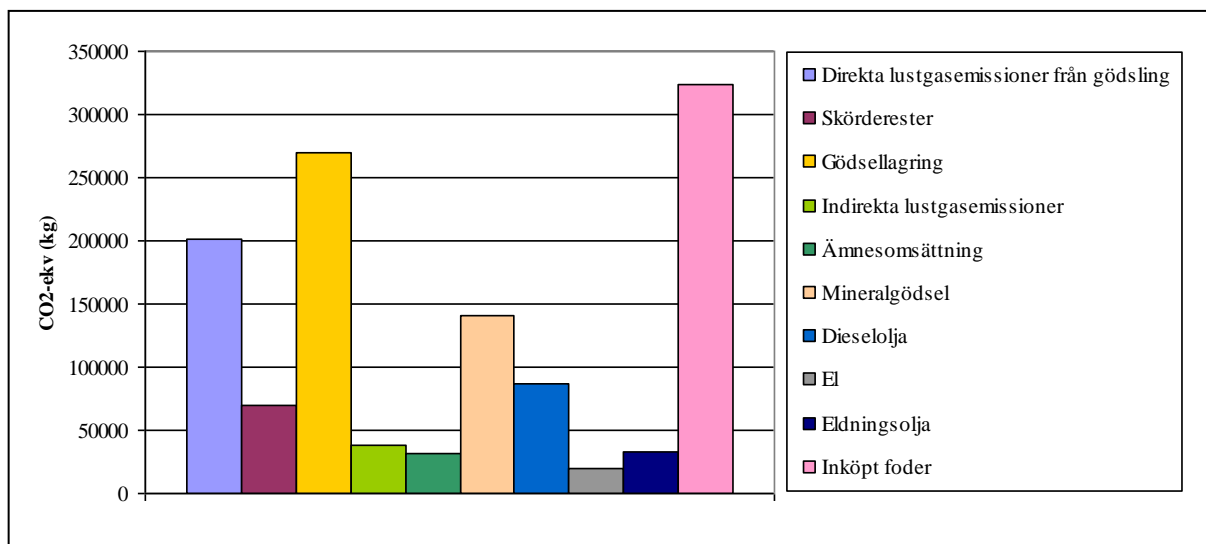
I tabell 17 redovisas grödfördelningen och kväveanvändningen per hektar för samtliga grödor i nudriften. Raps, sockerbetor och ärter uppgår till maximal tillåten areal, och i övrigt odlas höstvetete och malkorn. Träda i form av kantzoner uppgår till 5 hektar, vilket är nödvändigt med hänsyn till gällande restriktioner. Kvävegödslingen motsvarar den ekonomiskt optimala givan, givet priser på produktionsmedel och avsalugrödor. Kvävegivorna i tabellen har jämförts med Södergårdens medelgivor för åren 2004-2007, där modellen ger 10 till 20 procent lägre kvävegivor. Vid applicering av de priser som gällde år 2006 på produktionsmedel och avsalugrödor liknar resultaten de som presenteras i tabell 17. Höstvetete odlas med förfrukterna ärter, raps och malkorn. Vidare är höstvetete förfrukt till sockerbetor och raps medan sockerbetor är förfrukt till malkorn och ärter. De grödor som odlas representerar därmed de mest lämpade förfrukterna enligt tabell 12.

Tabell 17; Grödfördelning och kvävegivor för Södergården i nudriften.

Gröda	antal hektar nulägesanalys	grödfördelning 2007	kvävegiva nulägesanalys	genomsnittlig kvävegiva 2004-2007
Höstvetete	130	110	147	163
Sockerbetor	80	85	89	112
Malkorn	60	74	90	110
Höstraps	50	48	172	220
Ärt	20	19	-	-
Träda	5	10	-	-

5.1.2 Västergården

Den ekonomiskt optimala driften på Västergården ger ett ekonomiskt resultat om 1 471 000 kronor och växthusgasemissioner om 1 215 ton CO₂-ekvivalenter vid beaktande av tillverkning av produktionsmedel eller 715 ton CO₂-ekvivalenter exklusive produktionsmedel. I figur 12 redovisas Västergårdens emissioner inklusive produktionsmedel i nudriften, med fullt kapacitetsutnyttjande i smågrisproduktionen, det vill säga 1430 grisningar per år. Resultaten överensstämmer väl med beräkningarna i JOKER-projektet, del 1.



Figur 12; visar totala årliga emissioner från Västergården i nuläget, inklusive produktionsmedel.

Figur 12 visar att de främsta utsläppskällorna på Västergården hänför sig till emissioner vid produktion av inköpt foder, emissioner från gödselhantering samt direkta lustgasemissioner vid spridning av gödsel. Även skörderesterna visar sig bidra med betydande emissioner. På Västergården produceras i nudriften stora mängder gödsel och därmed köps endast en mindre andel mineralgödsel. Detta innebär att emissionerna från tillverkning av mineralgödsel blir relativt låga i jämförelse med Södergården. Utsläppen från produktion och användning av el, eldningsolja och dieselolja, indirekta lustgasemissioner samt metan från djurens ämnesomsättning är i detta sammanhang relativt begränsade.

Grödfördelning och kvävegivor för Västergården redovisas i tabell 18 och avser den ekonomiskt optimala driften i nuläget utan begränsning av emissioner. Jämförelser mellan resultaten och de faktiska medelgivorna på gården visar att korn, vete och raps tillförs knappt 20 procent mindre kväve i analysen. Vidare visar jämförelsen att kvävegivan för havre är den samma. Förklaringen till de lägre kvävegivorna i analysen grundas på skillnader i priser på produktionsmedel och avsalugrödor. Tabell 18 visar att höstvetete dominerar i växtföljden och är förfrukt till både havre, korn och höstoljeväxter. Förfruktsvärdena för "korn efter höstvetete" samt "havre efter höstvetete" är relativt låga medan höstoljeväxter gynnas av höstvetete som förfrukt. Höstvetete har samtliga odlade grödor som förfrukt, men gynnas mest av förfrukterna havre och höstoljeväxter, se tabell 12.

Tabell 18: Grödfördelning och kvävegiva i nudriften för Västergården

Gröda	antal hektar nulägesanalys	grödfördelning 2007	kvävegiva nulägesanalys	genomsnittlig kvävegiva 2004-2007
Höstvetete	150	127	161	172
Havre	43	-	111	110
Korn	45	86	125	162
Höstraps	12	-	149	184
Ärt	-	-	-	-
Åkerböna	-	-	-	-
Träda	-	20	-	-

5.1.3 Validering av resultaten i nudriften

Resultaten av analyserna i nuläget för fallgårdarna valideras genom en jämförelse med resultaten från nulägesanalyserna i JOKER-projektet. Jämförelsen visar att beräkningarna stämmer väl överens med analyserna enligt JOKER-projektet. Skillnaderna i totala emissioner uppgår till 6 respektive 0,3 procent för Södergården och Västergården.

Differensen för Södergården beror bland annat på produktionsfunktionernas form, då denna anger förhållandet mellan kvävegiva och skörd. Avkastningen beror av mängden tillfört kväve och andelen tillfört kväve bestäms av produkt- och faktorpriser. Eftersom medelpriset på mineralgödsel är relativt högt i analysen sjunker andelen tillfört kväve och därmed den direkta lustgasavgången från gödsling. Tabell 19 visar att differensen uppkommer i posterna mineralgödselproduktion och direkta lustgasemissioner från gödsling.

Tabell 19; Jämförelse av emissioner från Södergården

Emissioner Södergården	JOKER	Aktuell studie
skörderester	130	135
mineralgödselproduktion	325	300
dieselolja	106	105
eldningsolja	28	21
el	0,9	1
indirekta lustgasemissioner	42	41
direkta lustgasemissioner gödsling	210	188
summa	841,9	791
avvikelse		6,0 %

Differensen mellan de emissioner som beräknas i denna studie och JOKER-projektet är endast 0,3 procent för Västergården. Skillnader i resultat beror främst på hur kväveinnehållet i stallgödseln beräknas. Beräkningarna i analysen grundas på producerad mängd per djur, vilket skiljer sig mellan olika kategorier av djur. I JOKER-projektet beräknas totalt kväveinnehåll efter en uppskattning av gödselanalysen. I den aktuella studien är kväveinnehållet i gödseln något högre räknat än i JOKER-projektet. Detta innebär att emissionerna som beror av stallgödseln är något högre och de emissioner som beror av mineralgödsel är något lägre. Vid beräkning av de totala emissionerna visar sig omfördelningen sakna betydelse.

Tabell 20; Jämförelse av emissioner från Västergården

Emissioner från Västergården	JOKER	Aktuell studie
skörderester	65	70
mineralgödselproduktion	200	140
dieselolja	53	87
eldningsolja	36	33
el	19	20
indirekta lustgasemissioner	41	38
direkta lustgasemissioner gödsling	223	202
stallgödsellagring	202	270
ämnesomsättning	31	32
inköpt foder	350	324
summa	1220	1216
avvikelse		0,3 %

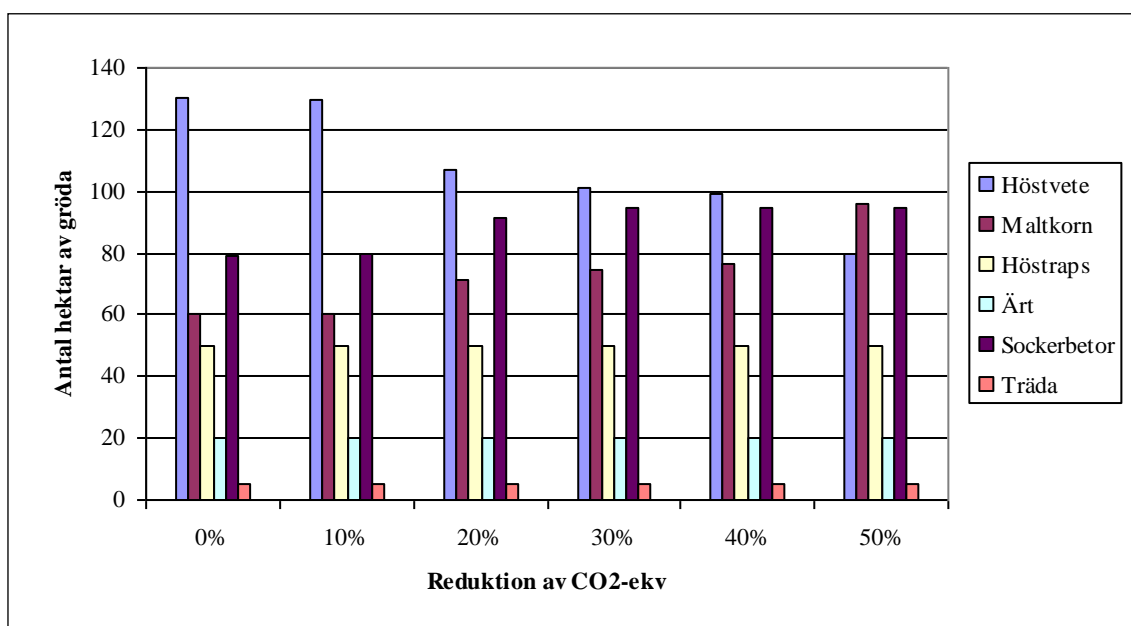
5.2 Begränsning av emissioner

I avsnittet beskrivs resultaten från analyserna vid olika emissionsrestriktioner rörande växthusgasutsläppen. Restriktionerna formuleras som en procentuell minskning, utifrån emissionerna vid en oreglerad nivå (se ekvation 15). Resultaten beskrivs enligt två scenarier, eftersom det är oklart hur en eventuell begränsning av växthusgasemissioner från jordbruket faktiskt skulle kunna utformas. De alternativ som analyseras är dels ett livscykelperspektiv där emissioner hänförliga till tillverkningen av produktionsmedel ingår i beräkningen av totala emissioner, dels ett nationellt perspektiv som exkluderar emissioner från produktionsmedel. Vidare redovisas en analys där reducerad bearbetning tillämpas för att utvärdera effekten av en förändrad bearbetningsstrategi. Det reducerade bearbetningssystemet avser att spegla minsta möjliga bearbetning med hänsyn till gårdens förutsättningar.

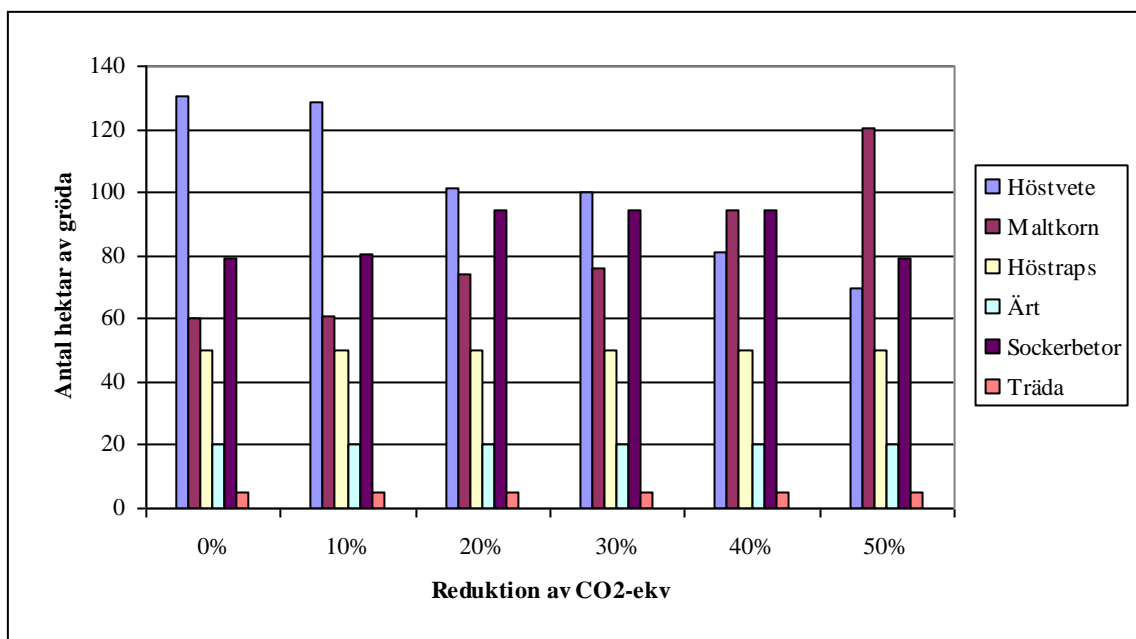
Scenarierna med respektive utan insatsvaror ger således olika restriktioner i absoluta mått mätt. För Södergården innebär till exempel en reduktion om tio procent en minskning av emissionerna med 45 ton koldioxidekvivalenter i fallet utan insatsvaror och en minskning med 75 ton då insatsvaror inkluderas.

5.2.1 Södergården

Resultaten hänförliga till den ekonomiskt optimala driftsinriktningen givet en begränsning av växthusgasemissionerna med 10-50 procent inklusive och exklusive produktionsmedel presenteras i figur 13 och 14. Figurerna visar hur grödfördelningen förändras på Södergården, för alternativen med och utan beaktande av produktionsmedel. Sockerskörden per hektar minskar då kvävegivan sjunker, vilket medför att arealen sockerbetor ökar. Vid en reduktion om 50 procent, när tillverkning av produktionsmedel ingår, minskar antalet hektar sockerbetor. Höstvetete, som kännetecknas av en relativt brant lutning på produktionsfunktionen är mer känsligt för en förändring i kvävegivan än malkorn. Därmed sjunker arealen höstvetete medan arealen malkorn ökar. Konservärter och höstraps begränsas av odlingsrestriktioner och odlas i maximal omfattning. Grödorna är goda förfrukter till spannmål vilket är en av förklaringarna till att de odlas.



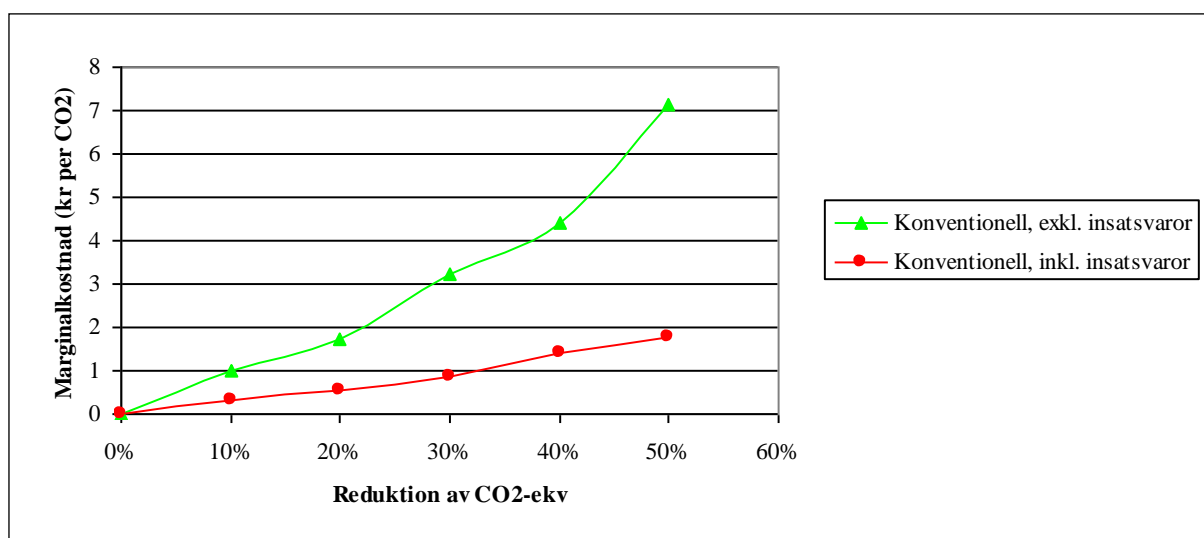
Figur 13; Södergårdens grödfördelning inklusive produktionsmedel



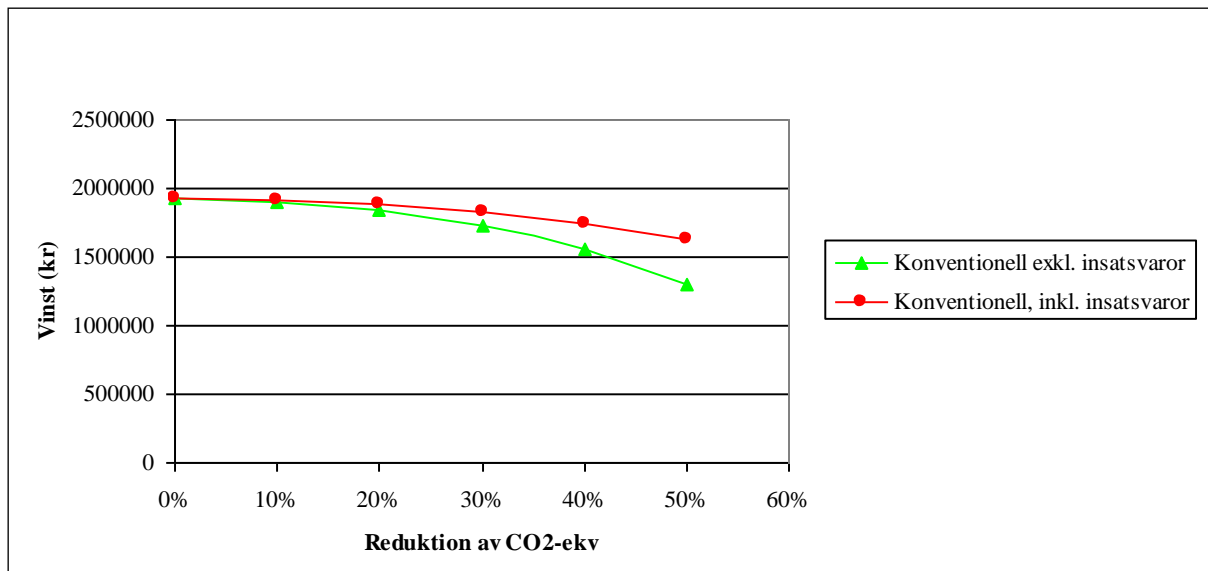
Figur 14; Södergårdens grödfördelning exklusive produktionsmedel

Ett alternativ där viss areal odlas mer intensivt och en del areal läggs in träda aktualiseras aldrig. Trädan stannar vid 5 hektar vilket motsvarar kantzonen. Vid en jämförelse mellan alternativet med och utan produktionsmedel skiljer sig grödfördelningen endast vid en reduktion om 20 till 40 procent. Vid alternativet utan beaktande av produktionsmedel är andelen maltkorn högre och höstvet något lägre jämfört med alternativet där produktionsmedel beaktas.

Vid en begränsning av emissionerna sjunker det ekonomiska resultatet samtidigt som marginalkostnaden ökar. I figur 15 och 16 visas marginalkostnaden hänförlig till en förändring i växthusgasrestriktionen och det ekonomiska resultatet. Kurvornas likartade utseende förklaras av att en minskning av det ekonomiska resultatet approximativt motsvarar marginalkostnaden multiplicerat med aktuell minskning av emissionerna.



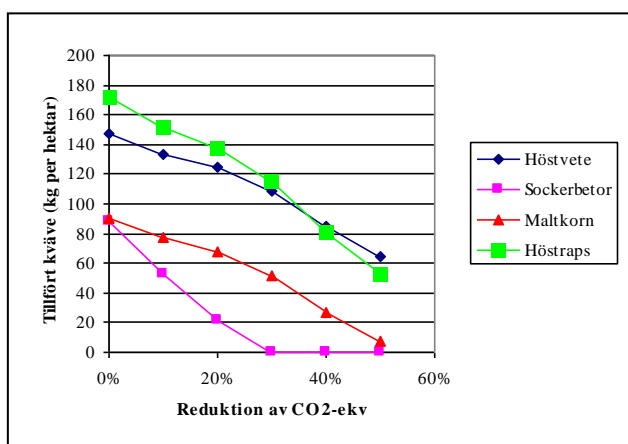
Figur 15; Södergårdens marginalkostnad



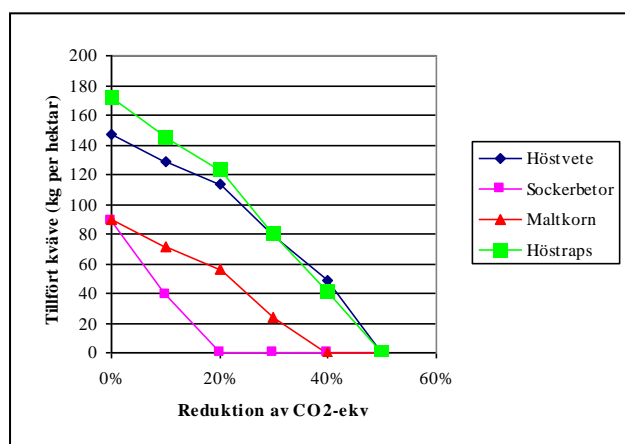
Figur 16: Södergårdens ekonomiska resultat

Analysen visar att Södergårdens kostnad för att reducera utsläppen med 20 procent uppgår till cirka 45 000 kronor vid beaktande av produktionsmedel samt 80 000 kronor exklusive produktionsmedel. Kostnaden per hektar uppgår då till 130 respektive 230 kronor. Förlusten i procent av produktvärdet uppgår till mellan 3 och 5 procent. Vid en reducering om 50 procent uppgår kostnaden till cirka 300 000 kronor inklusive produktionsmedel samt 550 000 kronor exklusive produktionsmedel vilket motsvarar 15 respektive 30 procent av det ekonomiska resultatet i nudriften. Resultatet sjunker och marginalkostnaden ökar betydligt snabbare då emissioner vid framställning av produktionsmedel exkluderas. Förklaringen är att när emissioner hänförliga till tillverkning av produktionsmedel ej ingår i beräkningarna blir de totala emissionerna för Södergården betydligt lägre. Övriga emissioner hänförliga till verksamheten på Södergården svarar därför för en större andel av de totala emissionerna. Kostnaden för att reducera emissionerna för Södergården blir därmed betydligt högre och mer genomgripande förändringar krävs i odlingsystemet.

Vid en reduktion av emissionerna sjunker mängden tillfört kväve enligt figur 17 och 18. Kvävegödsling av sockerbetorna upphör redan vid en reduktion om 30 procent. Förklaringen är att produktionsfunktionen för sockerbetor är relativt flack vilket innebär att även vid låga kvävegivor uppnås en relativt hög skördenivå.



Figur 17: Kvävegivor för Södergården inklusive produktionsmedel

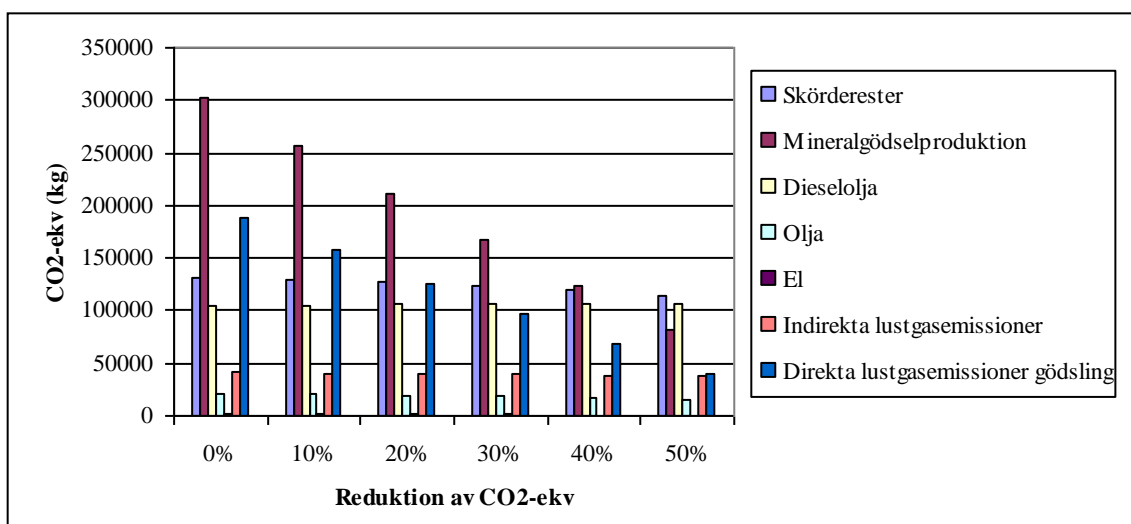


Figur 18: Kvävegivor för Södergården exklusive produktionsmedel

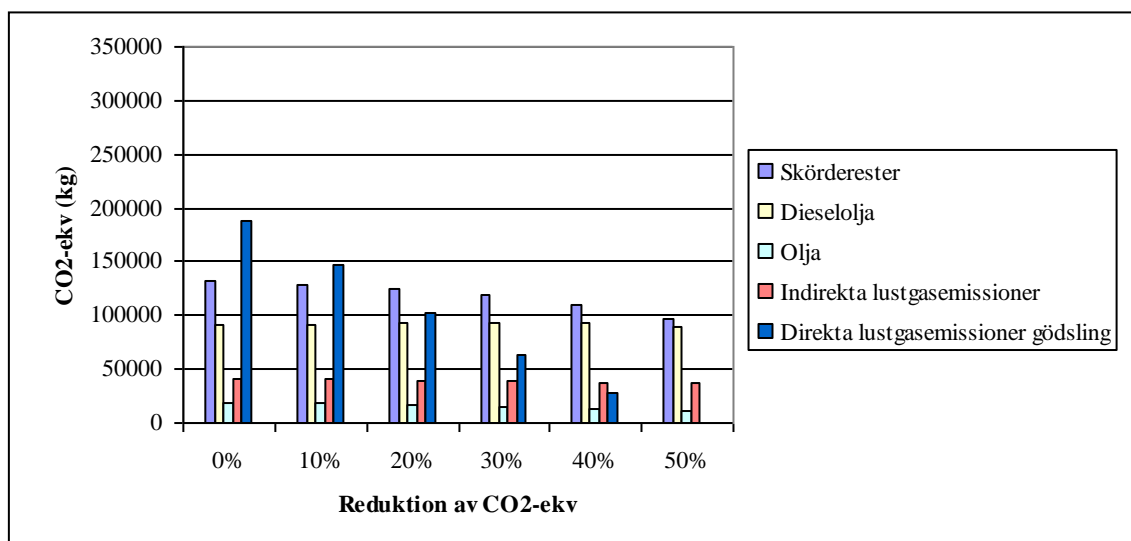
Figur 18 visar även att vid 50 procents reduktion tillförs inget kväve. Vid samma procentuella reduktion i alternativet med beaktande av produktionsmedel i figur 17 tillförs kväve till höstraps, höstvetete samt malkorn. Det bör dock beaktas att så pass stora förändringar i odlingssystem även torde påverka den optimala insatsen av kemisk bekämpning. I denna studie har vi dock inte kunnat analysera denna frågeställning. I ett scenario exklusive produktionsmedel sjunker kvävegivan snabbare då de totala emissionerna är betydligt lägre varför övriga emissioner upptar en relativt sett större andel av de totala emissionerna.

I analysen beaktas ej prisjusteringar beroende av proteinhalten i höstvetete. Förklaringen är att problematiken kräver heltalsprogrammering då priset per kg sjunker avsevärt när proteinhalten inte uppnår 11 procent (www, Agriwise, 2009a). Dock har beräkningar genomförts för att utvärdera inom vilket intervall av reduktion som proteinhalten överstiger 11 procent, se bilaga 5. Resultaten visar att redan vid en reduktion över 20 procent uppfylls inte kvalitetskraven. Det torde leda till att priset på höstvetete överskattas i analysen och att det ekonomiska resultatet sjunker ytterligare.

Figur 19 och 20 visar emissionerna för Södergårdens olika utsläppskällor inklusive respektive exklusive produktionsmedel, samt vilka källor som minskar vid en reduktion av CO₂-emissioner.



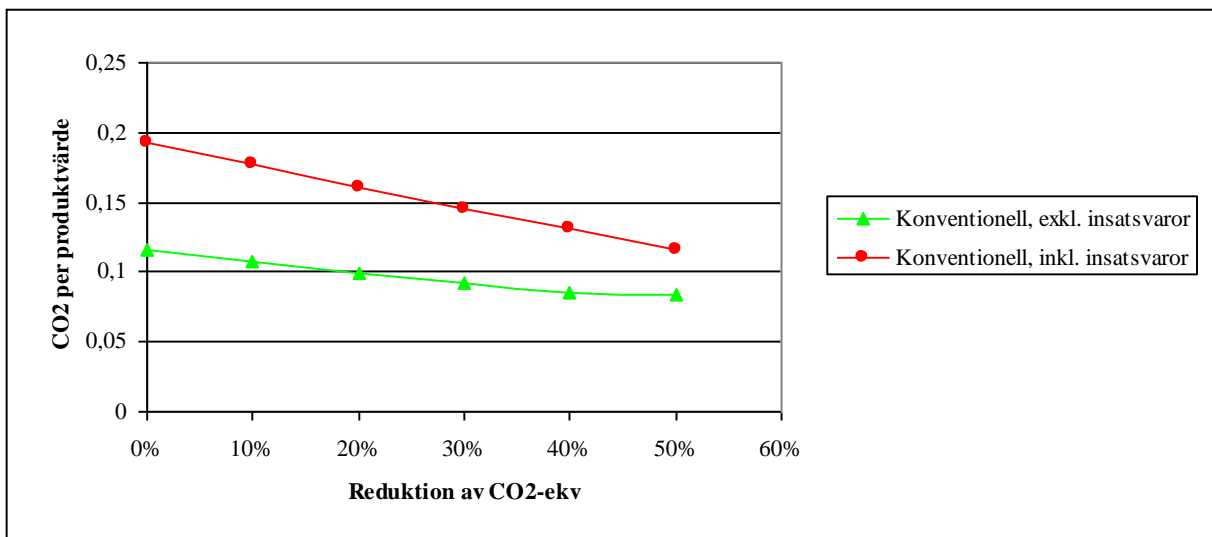
Figur 19; Södergårdens emissioner inklusive produktionsmedel



Figur 20; Södergårdens emissioner exklusive produktionsmedel

Figur 19 visar att den mest påtagliga förändringen beror av en lägre mineralgödselanvändning. En lägre kvävegiva sänker avkastningen och då minskar även behovet av fosfor och kalium samt eldningsolja för torkning. Vid en lägre skördenivå minskar dessutom skörderesterna och detta i kombination med lägre kvävetillförsel ger lägre direkta och indirekta lustgasemissioner. Figur 19 visar dessutom att dieselanvändningen är nästan konstant vilket är rimligt då dieselförbrukningen per hektar och gröda inte skiljer sig nämnvärt. En viss ökning förklaras av att arealen sockerbetor ökar något då sockerskörden per hektar sjunker vid en lägre kvävegiva samtidigt som sockerbetorna kräver relativt omfattande maskininsatser. Figur 20 visar Södergårdens emissioner exklusive produktionsmedel, där främst emissioner från gödsling samt skörderester minskar.

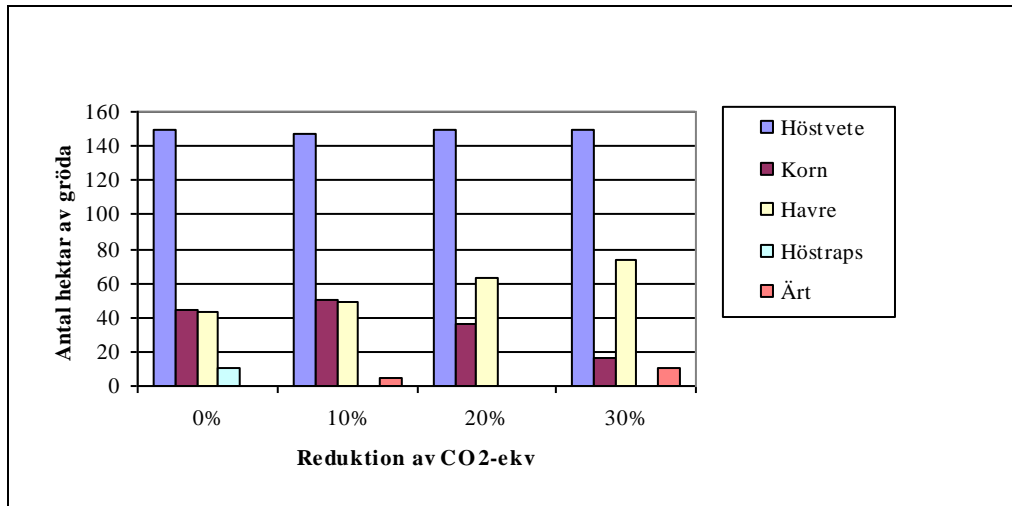
Figur 21 visar kg CO₂-equivaler per produktvärde. Figuren grundas på det förenklade antagandet att marknadsvärdet för produkterna står i relation till deras energiinnehåll vid slutlig human konsumtion. Därmed motsvarar produktvärdet det sammanlagda marknadsvärdet av varorna som produceras för försäljning. Emissionerna per produktvärde sjunker påtagligt vid en reduktion av de totala emissionerna, på grund av att en anpassning sker av driftsinriktningen.



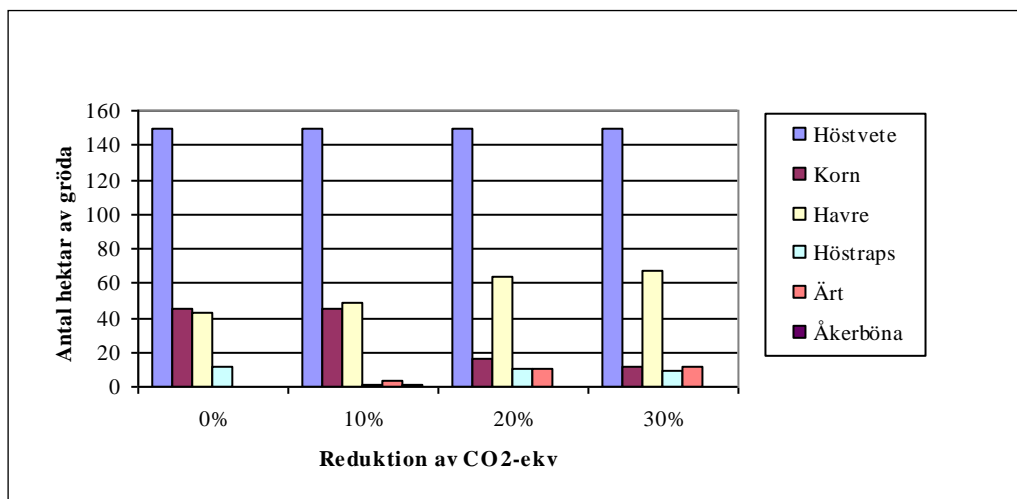
Figur 21; kg CO₂-ekv per produktvärde för Södergården, för alternativen med och utan produktionsmedel

5.2.2 Västergården

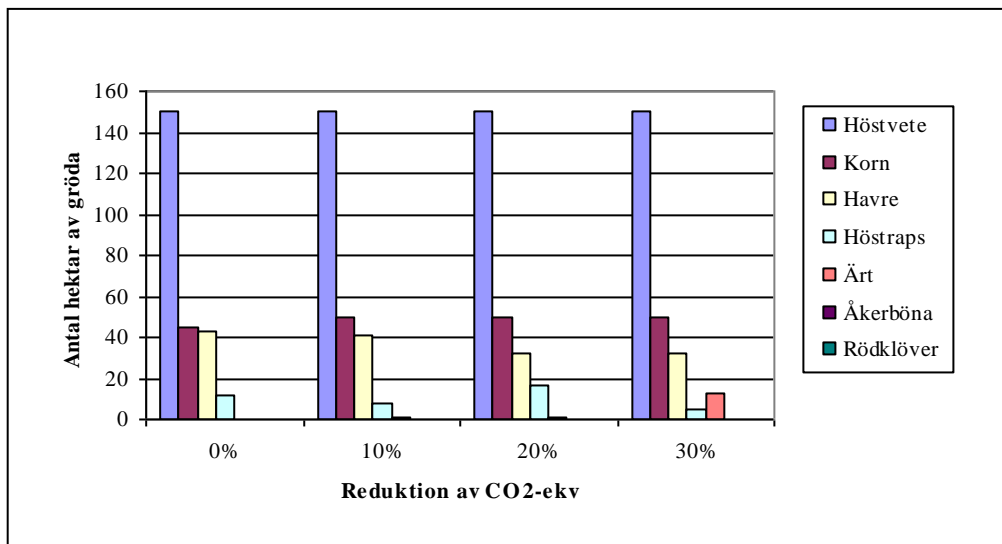
I figur 22 till 25 redovisas grödfördelningen för Västergården, för alternativen med och utan produktionsmedel samt där antalet suggor avser maximalt kapacitetsutnyttjande eller antas vara rörligt. I figurerna redovisas resultaten vid begränsning av emissionerna upp till 30 procent. Vid mer omfattande reduktion blir resultaten svårtolkade på grund av förhållandevis komplexa biologiska samband. När antalet moderssugor antas vara oförändrat blir en stor del av gårdens emissioner omöjliga att påverka. Därmed uppstår relativt snart en situation där det saknas möjligheter till en anpassning och de aktuella emissionerna överstiger begränsningen varför restriktionen blir omöjlig att uppfylla.



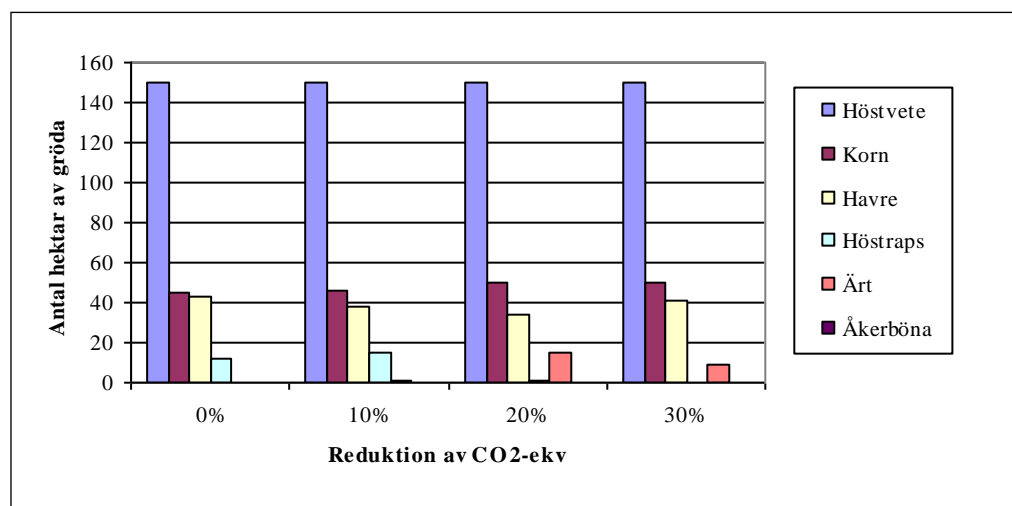
Figur 22; Grödfördelning för Västergården, antalet suggor fasta, inklusive produktionsmedel



Figur 23; Grödfördelning för Västergården, antalet suggor fasta, exklusive produktionsmedel



Figur 24; Grödfördelning för Västergården, antalet sugor rörliga, inklusive produktionsmedel



Figur 25; Grödfördelning för Västergården, antalet sugor rörliga, exklusive produktionsmedel

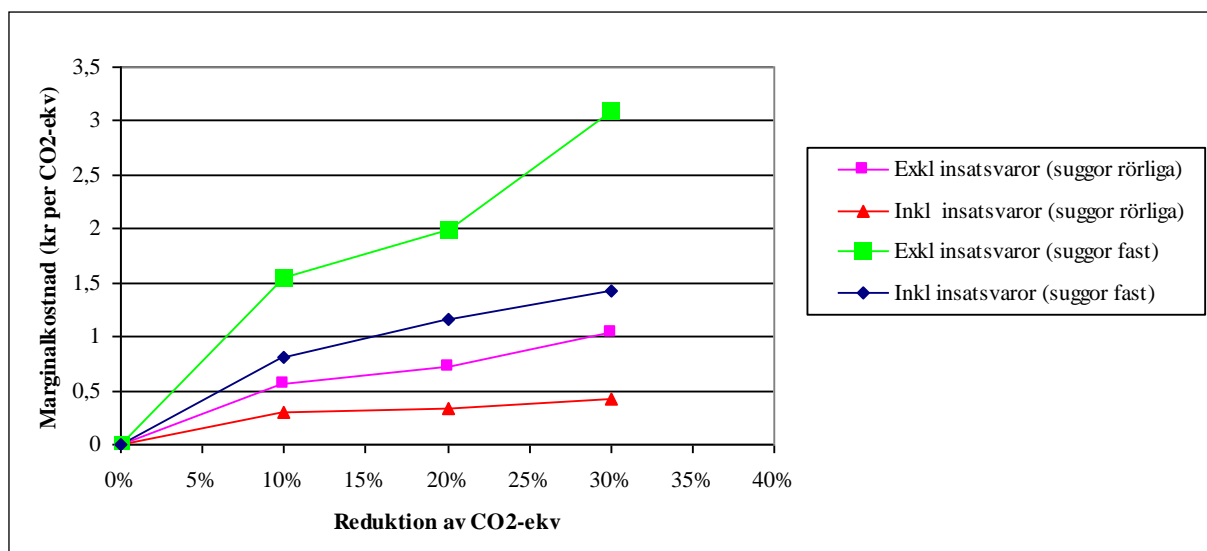
Grödfördelningen skiljer sig relativt lite mellan de olika scenarierna. De grödor som odlas oavsett begränsningar är höstvete, korn och havre. Förklaringen är att dessa grödor ger god lönsamhet och en stor del används som foder. Arealen havre ökar vid mer omfattande restriktioner rörande växthusgasemissioner medan det foderbehov som täcks av havre förblir relativt konstant i samtliga scenarier. Förklaringen är att lägre kvävegivor ger lägre skörd vilket kräver att en större areal odlas för att täcka foderbehovet. Vidare utgör havre en god förfrukt till höstvete. Arealen höstvete uppgår till maximal areal i samtliga scenario.

Vid en jämförelse mellan alternativen med maximalt antal sugor och ett scenario där antalet varierar kan en del skillnader urskiljas. När antalet sugor är givet sjunker arealen korn. Förklaringen är att slaktsvinsproduktionen minskar och att fler smågrisar som säljs vilket innebär ett lägre behov av korn som foderingrediens till slaktsvin. Smågrisarnas foderbehov täcks som ovan nämns av enhetsfoder. Ärtor odlas vid mer omfattande begränsningar av växthusgasemissionerna eftersom grödan introduceras som foderingrediens. Dessutom ökar arealen höstraps vilket kan förklaras av en god lönsamhet samt ett bra förfruktsvärde till höstvete.

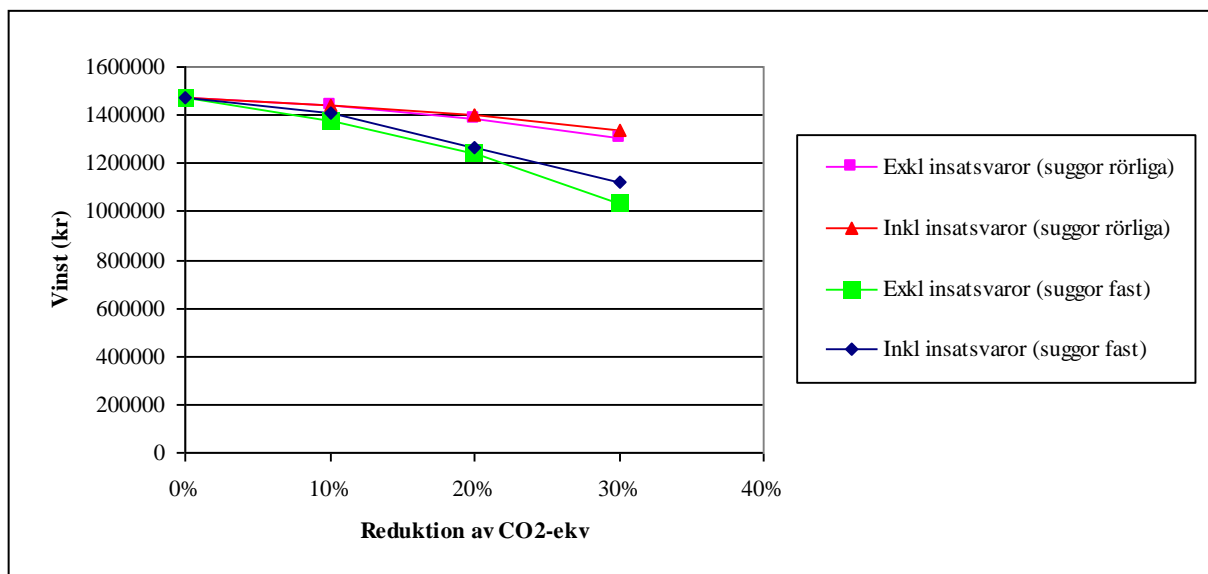
När suggorna är rörliga minskar antalet suggor och således det totala foderbehovet för såväl slaktsvin som suggor. Höstvete odlas på maximalt tillåten areal och en stor andel av suggornas energi tillförs i form av vete. Arealen korn och havre är nästan konstant genom analysen. Ärtor odlas vid omfattande begränsningar även när antalet suggor varierar. Förklaringen är att grödan introduceras som foderingrediens.

Foderstaterna för suggor och slaktsvin presenteras i bilaga 3. Generellt används en stor andel vete och havre i foderstaten till suggorna och en stor andel korn i foderstaten till slaktsvinen i ett scenario där produktionsmedel är inkluderade respektive exkluderade. Suggornas foder skiljer sig inte nämnvärt mellan alternativen med och utan produktionsmedel eller då antalet suggor är konstant eller tillåts variera. Noterbart är att ärtor används som foderingrediens vid en höggradig reduktion av koldioxidekvivalenter. Resultaten liknar de som Strid *et al.* (2005) redovisar. Andelen vassle är relativt konstant i foderstaterna då dess kostnad är låg och den inte bidrar med emissioner. Analysen av foderstaterna visar att de biologiska sambanden, till exempel förfruktseffekter, i hög grad påverkar valet av fodermedel.

Vid en begränsning av emissioner utvecklas marginalkostnaden och det ekonomiska resultatet i enlighet med figur 26 och 27. Figur 26 visar att en högre marginalkostnad och ett lägre ekonomiskt resultat uppnås i ett scenario då antalet suggor är oförändrade. Förklaringen är att möjligheterna till en anpassning begränsas vilket ger en brantare lutning på såväl vinst- och marginalkostnadskurvorna. Marginalkostnaden i ett scenario då suggorna varierar tenderar att avta. Resultatet kan förklaras av att grisproduktionen är förhållandevis känslig och minskar betydligt vid en omfattande begränsning av växthusgasemissionerna. Vid höga krav på begränsning är den marginella kostnaden för att minska grisproduktionen, i förhållande till andra alternativa anpassningar, relativt sett låg. Detta förhållande förklaras av en förhållandevis svag lönsamhet i denna produktionsgren.



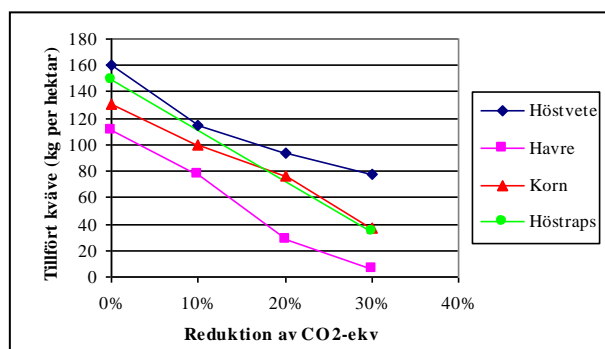
Figur 26; Västergårdens marginalkostnad



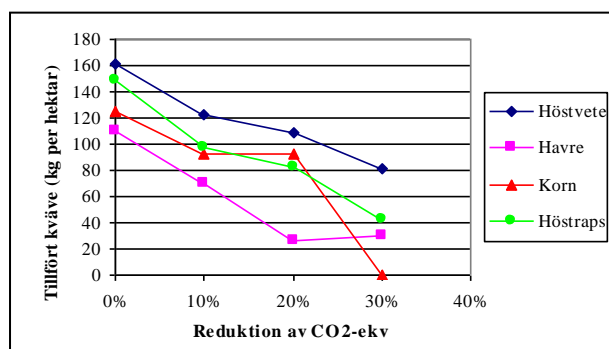
Figur 27; Västergårdens ekonomiska resultat

Resultaten visar att redan vid en reduktion om 20 procent i ett alternativ med antalet suggor oförändrat förlorar lantbrukaren 200 000 kronor i ekonomiskt resultat, inklusive produktionsmedel, samt 230 000 kronor, exklusive produktionsmedel. Per hektar uppgår förlusten till 800 respektive 900 kronor vilket motsvarar 6 till 8 procent av produktvärdet. Förklaringen är att grisarna förorsakar betydande emissioner hänförliga till stallgödselhantering och inköp av foder. Om antalet modersuggor är konstant kan inte heller de utsläppskällor som förknippas med grisproduktionen reduceras i någon större utsträckning. Det alternativ som kvarstår är således att sänka emissionerna från växtodlingen vilket innebär att lönsamheten sjunker. Om antalet modersuggor tillåts sjunka sker en anpassning. Antalet grisar minskar på grund av att de förorsakar betydande utsläpp. Därmed blir förlusten vid en reduktion lägre än för ett alternativ där grisarna är fasta. Kostnaden per hektar vid en reduktion om 20 procent uppgår till 280 respektive 340 kronor, vilket stämmer relativt väl med resultaten som erhålls för Södergården. Förlusten till följd av restriktionen motsvarar 23 till 27 procent av produktvärdet för scenarierna med respektive utan produktionsmedel.

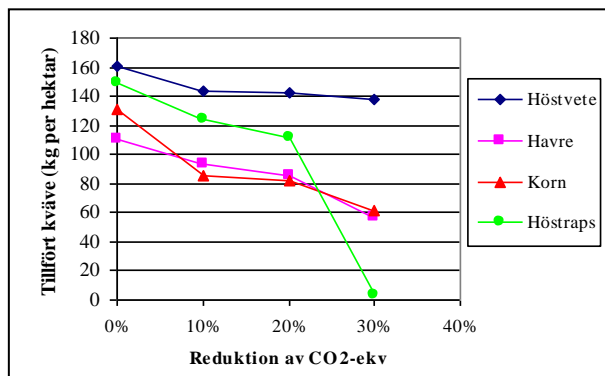
Figur 28 till 31 visar kvävegivorna för analysens fyra olika alternativ.



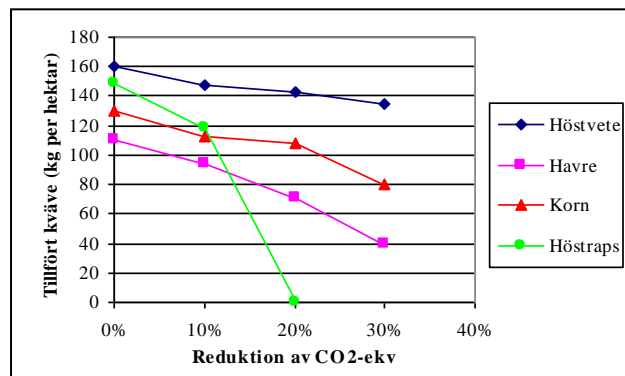
Figur 28; Västergårdens kvävegivor, vid alternativet inklusive produktionsmedel, antalet suggor fast



Figur 29; Västergårdens kvävegivor, vid alternativet exklusive produktionsmedel, antalet suggor fast



Figur 30; Västergårdens kvävegivor, vid alternativet inklusive produktionsmedel, rörligt antal sugor

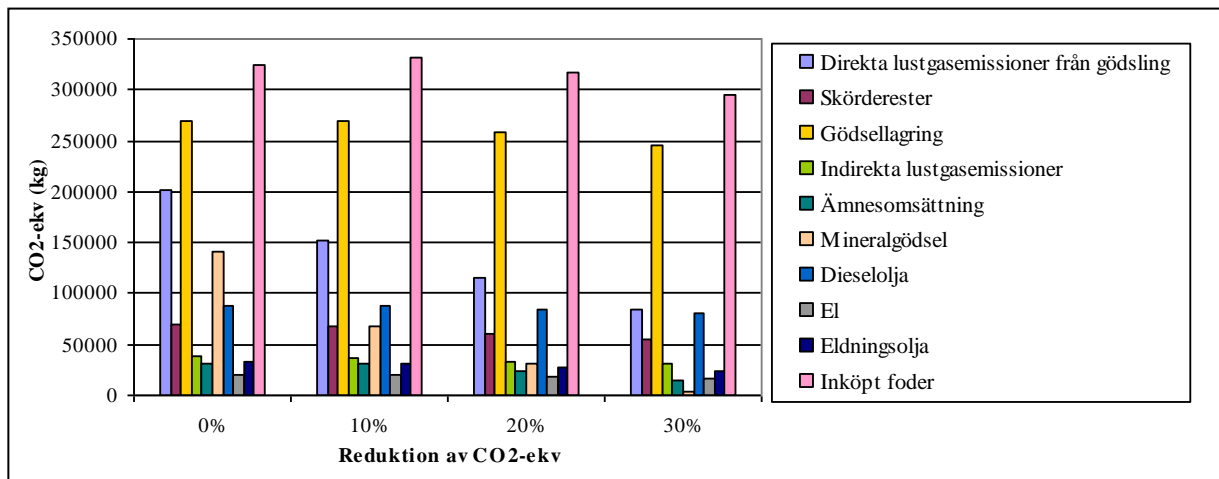


Figur 31; Västergårdens kvävegivor, vid alternativet exklusive produktionsmedel, rörligt antal sugor

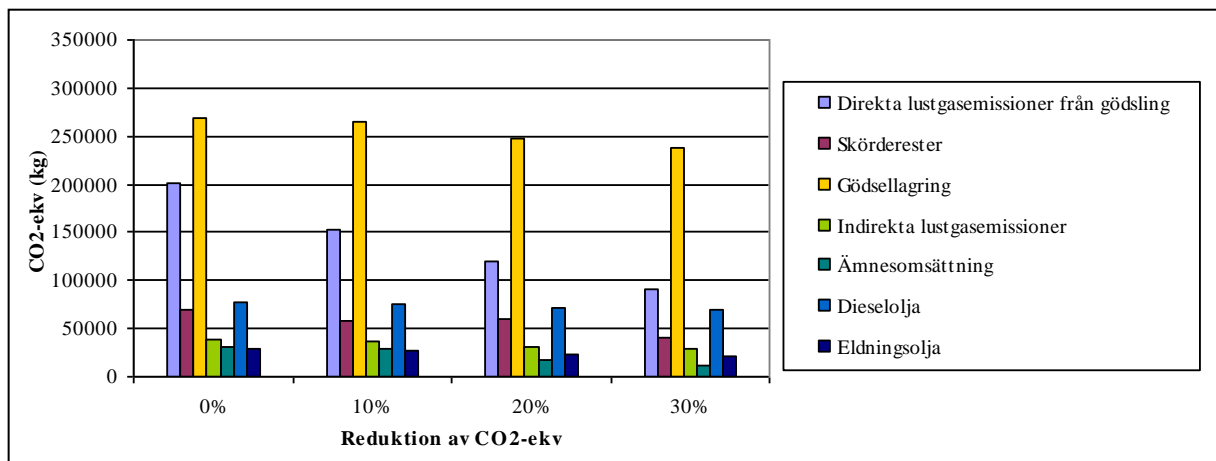
Resultaten visar att vid scenariot då modersuggorna avser maximalt kapacitetsutnyttjande sjunker kvävegivorna relativt fortare till följd av den anpassning som krävs. Animalieproduktionen kan anpassas genom att minska antalet slaktsvin och öka antalet försålda smågrisar, men i övrigt sker anpassningen i växtodlingen. I det fallet då antalet sugor tillåts variera visar resultaten att en stor del av anpassningen sker inom grisproduktionen. Förklaringen är att lönsamheten i grisproduktionen är svag i förhållande till de emissioner som den förorsakar. Animalieproduktionen bidrar till omfattande emissioner från gödselhantering och inköpt foder samtidigt som lönsamheten i grisproduktionen är relativt svag i förhållande till växtodlingen. En analys visar att enbart grisproduktionen ger ett ekonomiskt resultat om knappt 400 000 kronor, medan växtodlingen bidrar med intäkter om 1 100 000 kronor.

I bilaga 5 redovisas beräkningar av proteinhalten för höstvete på Västergården vid olika reduktionsnivåer. Resultaten visar att när det är möjligt att anpassa antalet moderssugor uppfylls kvalitetskraven för samtliga analyserade reduktionsnivåer, upp till 30 procent. Anledningen är att kvävegivan för höstvete sjunker sakta då anpassningarna till reduktionen främst sker inom grisproduktionen, se figur 30 och 31. I fallet med fullt kapacitetsutnyttjande i smågrisproduktionen krävs mer omfattande förändringar i växtodlingen där en naturlig åtgärd är att reducera kvävegivorna, se figur 28 och 29. Beräkningarna av proteinhalten i höstvete visar att i scenariot då produktionsmedel ingår sjunker proteinhalten under kvalitetskraven redan vid en reduktion om 10 procent. Då emissioner från tillverkning av produktionsmedel inte beaktas kan en reduktion upp till 10 procent ske samtidigt som kvalitetskraven uppfylls.

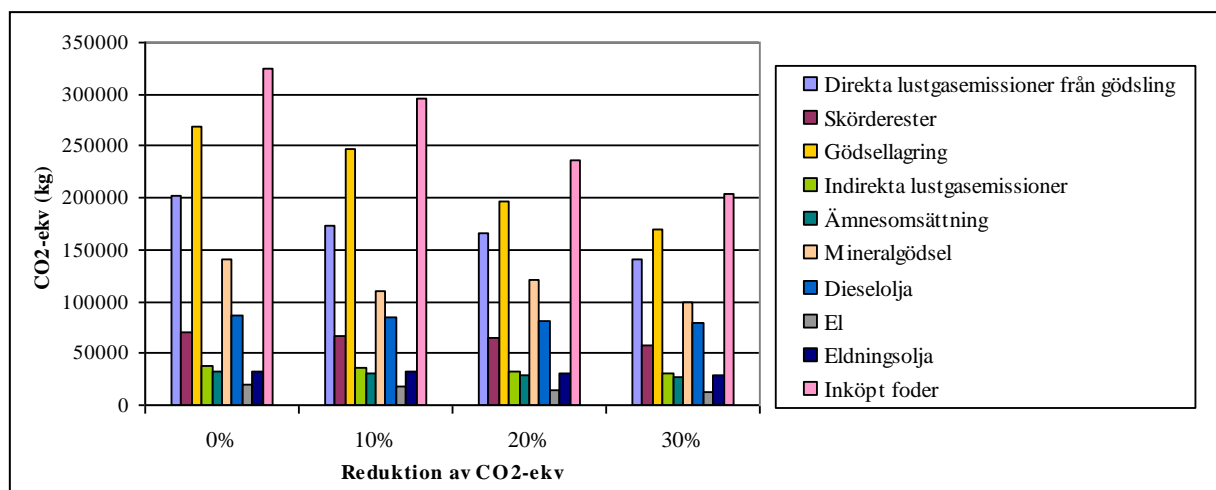
I figur 32 till 35 redovisas Västergårdens emissioner uppdelade på utsläppskällor för reduktioner mellan 0 och 30 procent. Med maximalt antal moderssugor ger alternativet med produktionsmedel höga emissioner från inköpt foder och gödselhantering. Förklaringen är att det är svårt att reducera dessa utsläpp utan att minska antalet sugor. Anpassningen sker istället genom att minska antalet slaktsvin och öka antalet smågrisar till försäljning. På så vis kan emissioner från djurens ämnesomsättning reduceras och i viss mån även emissioner från stallgödsel. Inköp av mineralgödsel sjunker kraftigt då denna emissionskälla är en av få som faktiskt kan påverkas. I alternativet exklusive produktionsmedel observeras ett likartat system för anpassning, med en mindre andel mineralgödsel och färre slaktsvin.



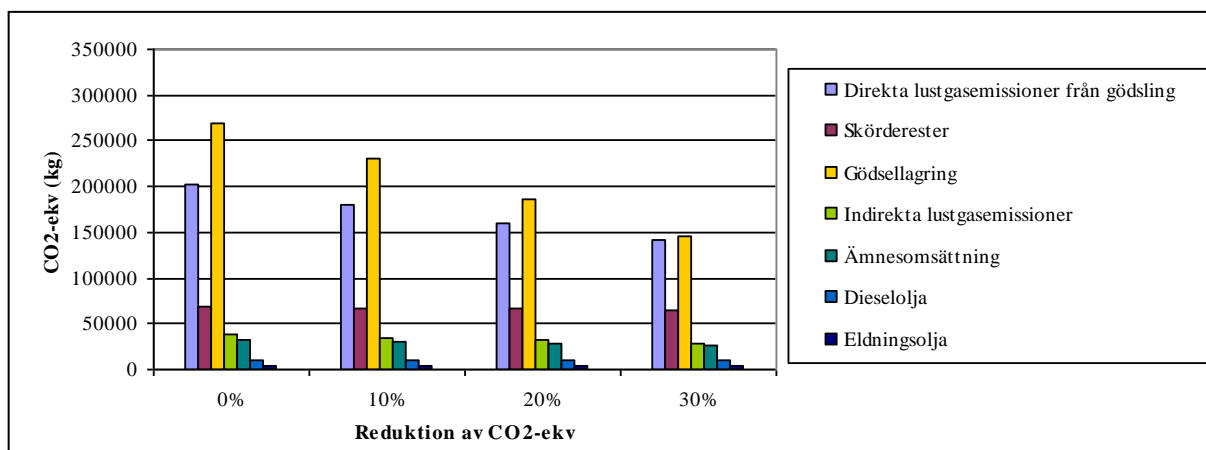
Figur 32; Totala årliga emissioner från Västergården, inklusive produktionsmedel, med antalet grisar fast.



Figur 33; Totala årliga emissioner från Västergården, exklusive produktionsmedel, med antalet grisar fast

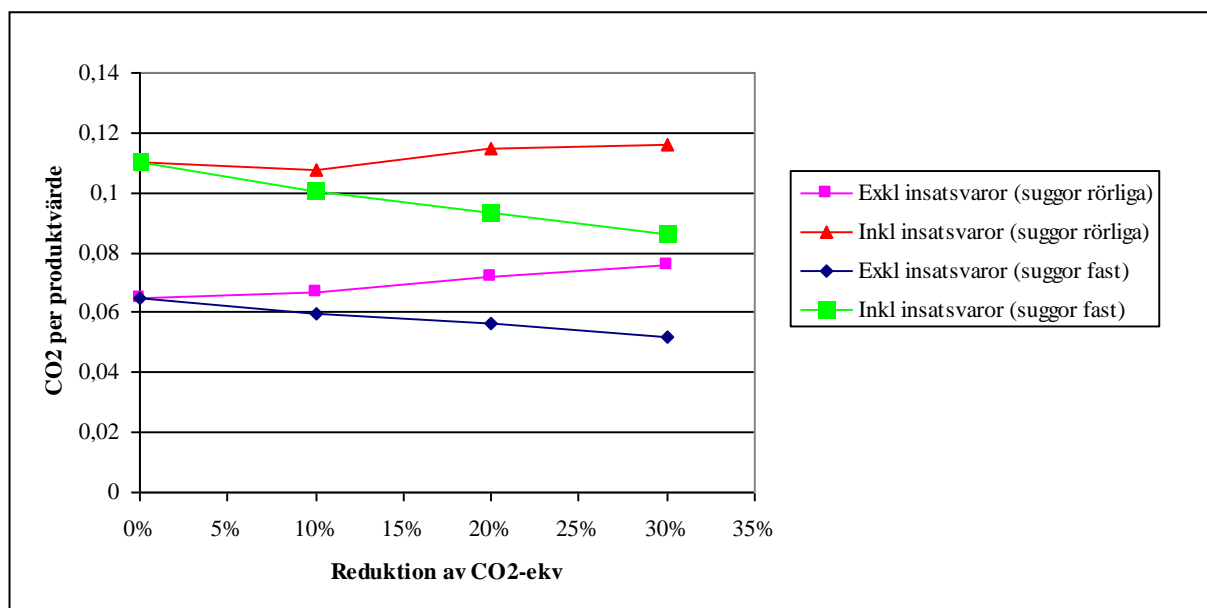


Figur 34; Totala årliga emissioner från Västergården, inklusive produktionsmedel, med rörligt antal sugor



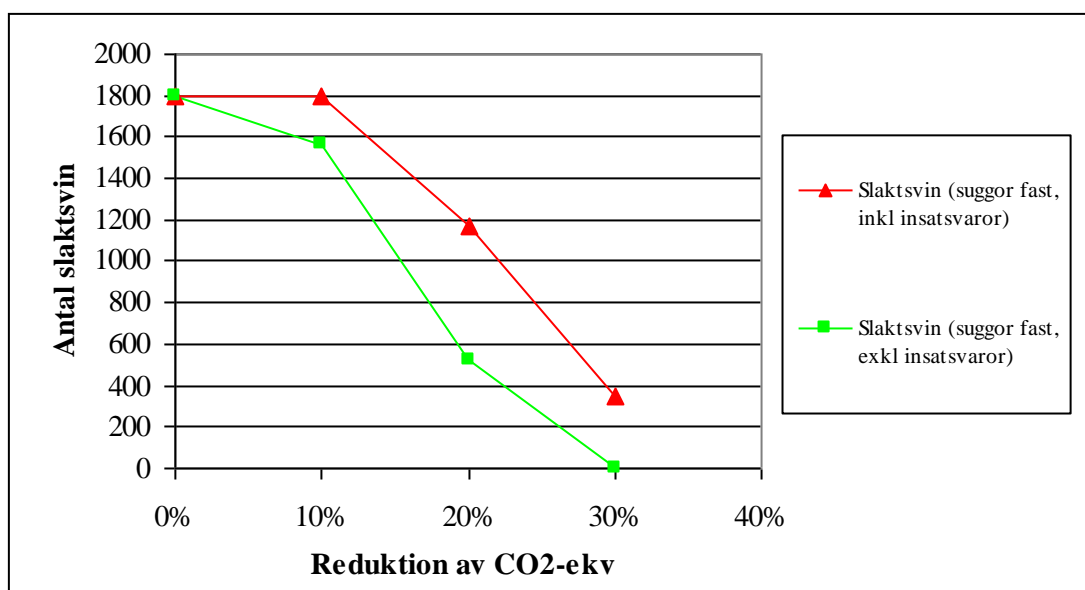
Figur 35; Totala årliga emissioner från Västergården, exklusive produktionsmedel, med rörligt antal suggor

För att utvärdera en anpassning av produktionen på Västergården studeras figur 36. Figuren visar vid vilken grad av reduktion som utsläppen per produktvärde är som lägst, med andra ord vilken produktionsnivå som ger de lägsta emissionerna per krona produktvärde. När antalet suggor är oförändrade sjunker emissionerna per krona produktvärde då begränsningarna blir mer omfattande vilket visar att en reduktion på över 30 procent krävs för att nå en nivå med de lägsta växthusgasemissionerna per produktvärde. När antalet modersuggor tillåts variera uppnås den lägsta emissionsnivån per krona produktvärde vid en betydligt lägre grad av reduktion.



Figur 36; kg CO₂ per krona produktvärde för alternativen, med eller utan produktionsmedel samt med suggor fast eller rörligt på Västergården

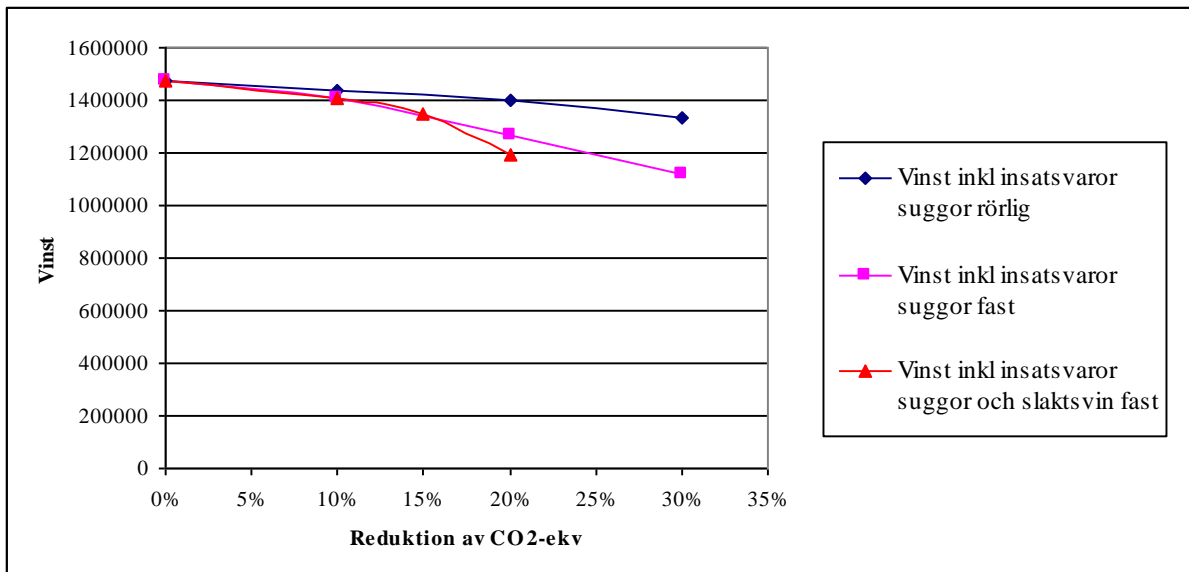
Ett scenario med fullt kapacitetsutnyttjande i smågrisproduktionen innebär att antalet suggor inte kan minska, men att en omfördelning mellan uppfödning av slaktsvin samt försäljning av smågrisar är möjlig. Analysen visar att vid en begränsning av emissionerna är det mest kostnadseffektivt att minska antalet slaktsvin, och sälja fler smågrisar. Det bör givetvis noteras att dessa smågrisar kommer att födas upp i andra besättningar och där bidra till emissioner. Resultaten innebär att kapacitet i grisproduktionen inte utnyttjas fullt ut, se figur 37.



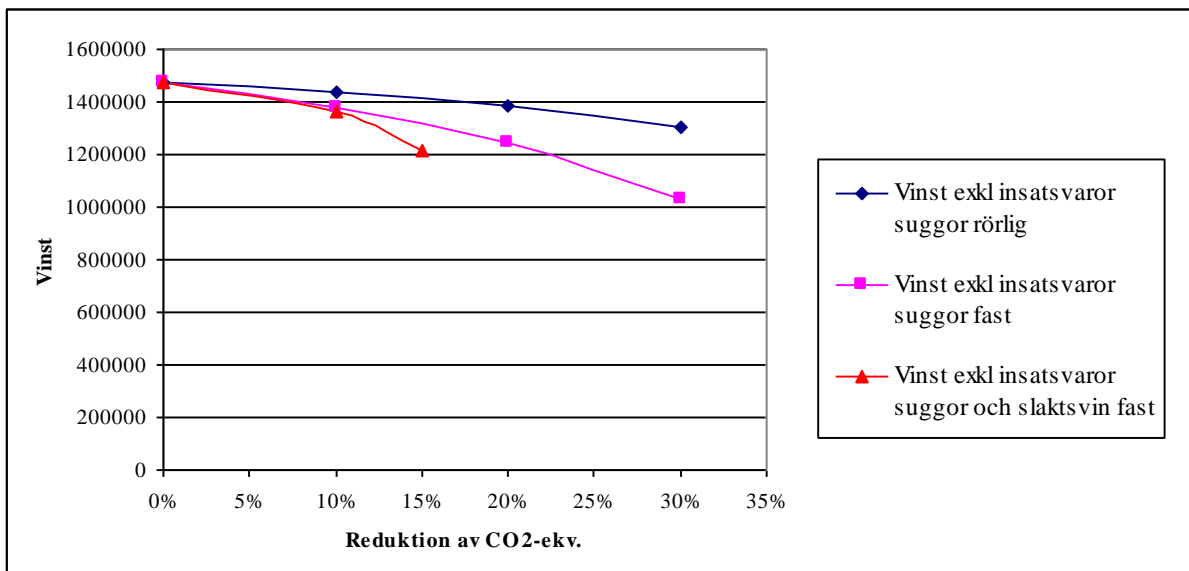
Figur 37; Kapacitetsutnyttjande i slaktsvinsproduktionen på Västergården

Beräkningar visar att vid fullt kapacitetsutnyttjande i såväl smågris- och slaktsvinsproduktionen uppstår tidigt svårigheter att anpassa driften vid begräsning av emissioner. Västergården kan minska emissionerna med 15 procent genom en anpassning i växtodlingen i fallet då tillverkning av insatsvaror exkluderas. Vid mer omfattande begränsningar än 15 procent är det omöjligt att anpassa enbart växtodlingen för att uppfylla begränsningen av emissioner. Vidare uppstår svårigheter att uppfylla restriktionerna med avseende på foderstaterna. Animalieproduktionen bidrar vid bibehållen produktion med emissioner om totalt 430 ton koldioxidekvivalenter vilket avser gödselhantering, lagring och spridning, indirekta lustgasemissioner från stallgödsel samt metan från ämnesomsättning. Om analysen av fullt kapacitetsutnyttjande sker utifrån ett livscykelperspektiv, det vill säga inklusive insatsvaror, klarar Västergården en begränsning på 20 procent.

Foderstaterna förändras relativt lite i förhållande till tidigare analyserade alternativ. Vassle som är ett förhållandevis billigt fodermedel utan emissioner utnyttjas maximalt enligt gällande restriktioner. Vidare ökar andelen ärter i foderstaterna, främst till sugor. Slaktsvinens foderstat är mycket lik scenariot med rörligt kapacitetsutnyttjande. I scenariot exklusive emissioner från tillverkning av insatsmedel blir den procentuella restriktionen mer omfattande. Samtidigt bidrar inte inköpt foder till emissionerna på gården. I scenariot inklusive produktionsmedel blir därmed en procentuell reduktion mer liberal samtidigt som möjligheterna att köpa in foder begränsas då emissionerna de orsakar belastar gården.



Figur 38; Ekonomiskt resultat vid olika kapacitetsutnyttjande, inklusive insatsvaror



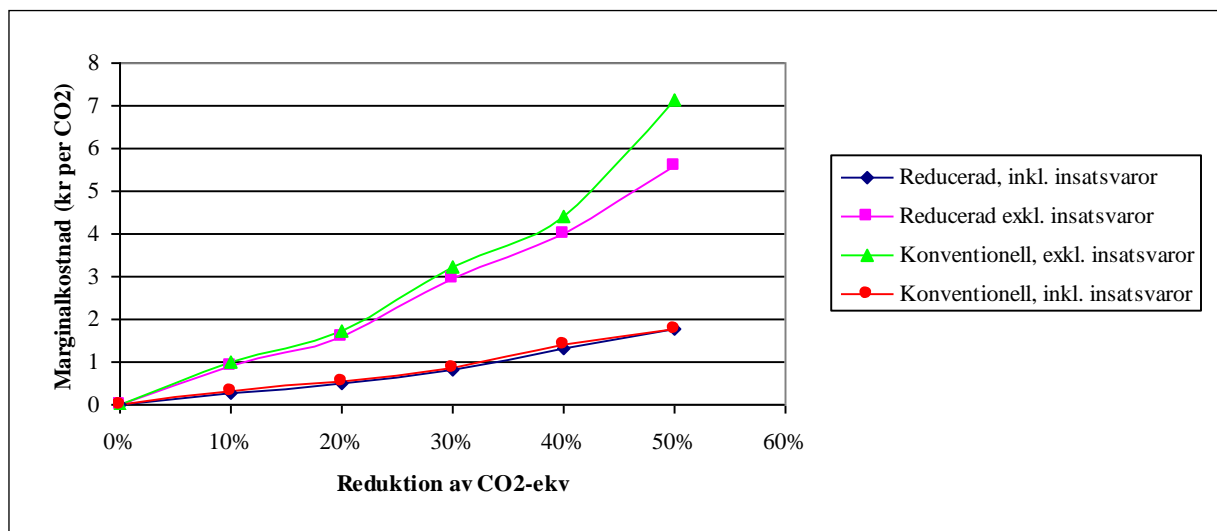
Figur 39; Ekonomiskt resultat vid olika kapacitetsutnyttjande, exklusive insatsvaror

5.3 Åtgärder

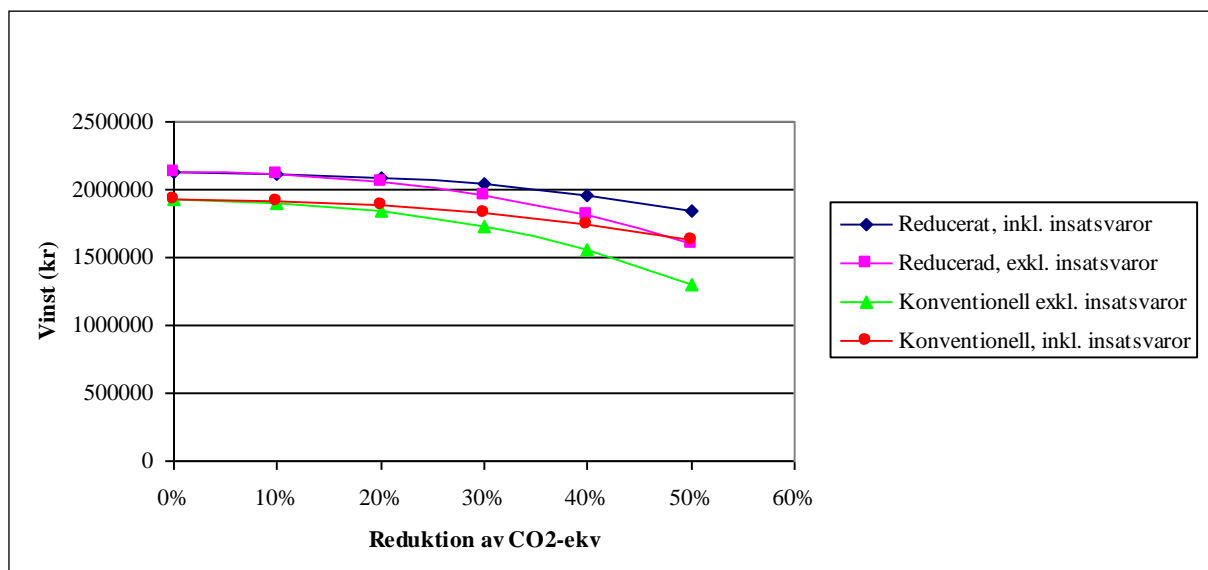
En rad åtgärder kan genomföras i syfte att reducera växthusgasemissioner från jordbrukssektorn (SCB *et al.*, 2007). En åtgärd kan vara att tillämpa reducerad jordbearbetning i syfte att sänka emissioner från tillverkning och förbränning av dieselolja, och även minska maskinkostnaderna. Det är svårt att avgöra hur skördenivåerna på fallgårdarna förändras vid byte från konventionellt till reducerat bearbetningssystem. Försök från SLU visar att skördenivåerna både kan öka och minska vid plöjningsfri odling (Pålsson & Arvidsson, 2005; www, SLU, 2009). Omfattande försök visar dock att skördenivån vid reducerad bearbetning uppgår till cirka 98 procent av skörden vid konventionell bearbetning (Arvidsson, 2005; pers. medd. Arvidsson). Då skillnaden i skörd är marginell görs i denna analys antagandet att skörden inte påverkas nämnvärt av bearbetningssystemet. Nyligen gjorda studier visar dessutom att lantbrukarens individuella skicklighet har en påtaglig inverkan på skördeutfallet vid konventionell respektive reducerad bearbetning (pers. medd. Engquist). Ett skördebortfall om två procent skulle innebära kostnader om 80 000 respektive 45 000 kronor för Södergården och Västergården. Utifrån Västergårdens och Södergårdens bearbetningssystem i nuläget har ett reducerat bearbetningssystem diskuterats med lantbrukarna och Törner.

5.3.1 Reducerat bearbetningssystem på Södergården

Södergården har goda möjligheter att reducera bearbetningen. Det reducerade bearbetningssystemet innebär att all areal bearbetas en gång med kultivator och en gång med tallrikskultivator, samt harvas innan sådd. I figur 40 och 41 presenteras skillnaderna i ekonomiskt resultat samt marginalkostnaden vid olika begränsningsnivå mellan det reducerade bearbetningssystemet och dagens bearbetningssystem för Södergården.



Figur 40; Södergårdens marginalkostnad vid olika system för bearbetning

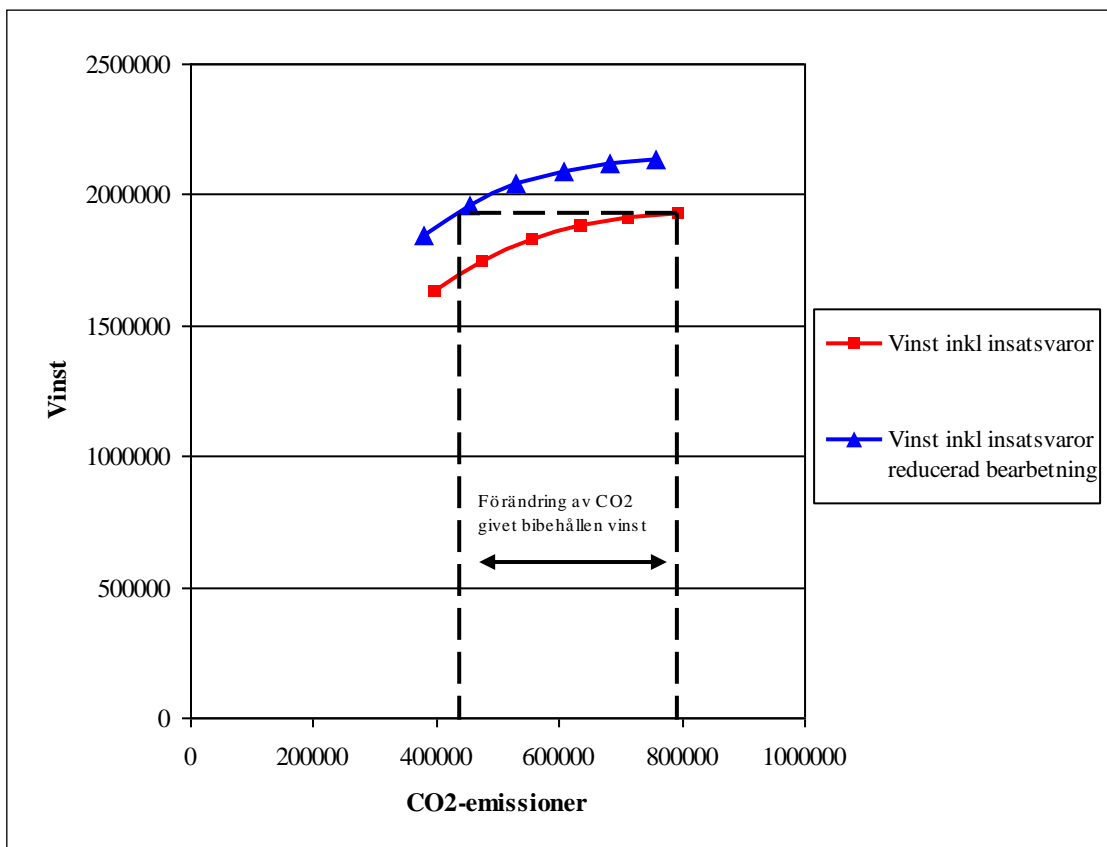


Figur 41; Södergårdens ekonomiska resultat vid olika system för bearbetning

Enligt figur 40 är förändringen i marginalkostnad i syfte att minska emissionerna knappast märkbar vid ett reducerat bearbetningssystem jämfört med bearbetningen i nuläget. Det reducerade bearbetningssystemet ger emellertid ett förbättrat ekonomiskt resultat i jämförelse med dagens bearbetning och samtidigt lägre emissioner, vilket framgår av figur 41. Resultatet ökar med cirka 200 000 kronor vid byte från dagens system till ett reducerat jordbearbetningssystem, vilket motsvarar en besparing om nio procent. Förutom en ökad vinst sjunker emissionerna med cirka 4 procent. Därför torde en enkel åtgärd för att reducera emissionerna vara att övergå från konventionell till reducerad bearbetning (SCB *et al.*, 2007).

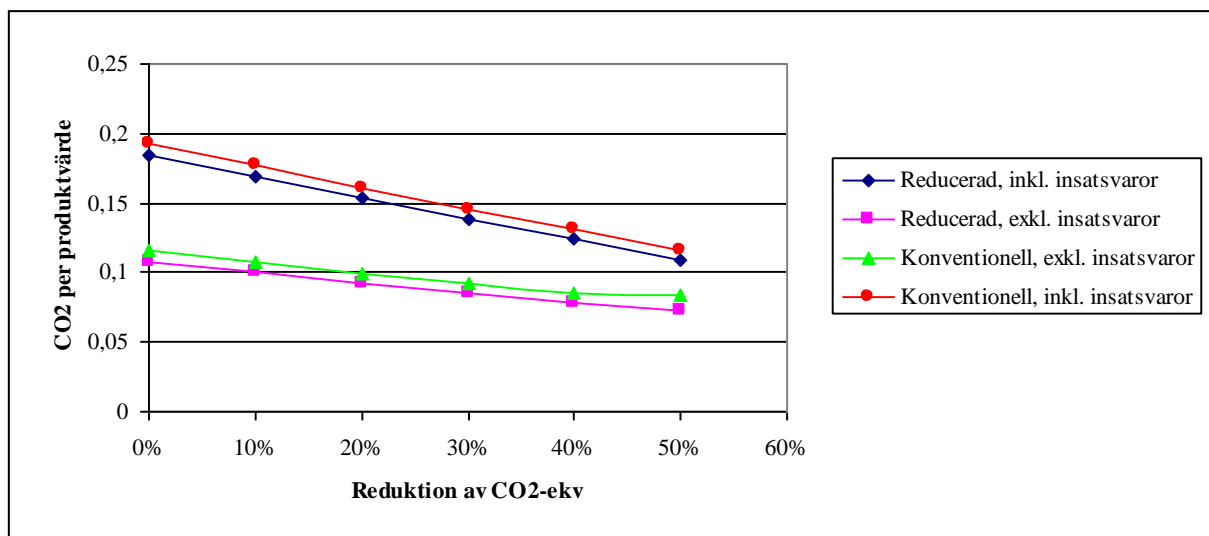
I scenariot då emissioner vid tillverkning av produktionsmedel beaktas innebär en övergång till det reducerade bearbetningssystemet att emissionerna kan sänkas med 40 procent med bibehållet ekonomiskt resultat. Reduktionen sker givet det faktiska ekonomiska resultatet i driften vid konventionell bearbetning och med beaktande av anpassning i förhållande till begränsningen av emissioner, se figur 42. I det fall då emissioner hänförliga till tillverkning av produktionsmedel inte ingår kan emissionerna enligt samma resonemang reduceras med 35 procent.

Det bör emellertid påpekas att i praktiken torde förbättringen i ekonomiskt resultat inte bli lika stor eftersom en betydande del av maskinkostnaden är mer eller mindre att betrakta som fast för flertalet lantbrukare. I analysen debiteras maskinkostnaden enligt Maskinringens taxa för varje arbetsmoment vilket är ett gott mått på faktisk resursförbrukning men fortfarande inte fullt ut speglar den strategi en enskild lantbrukare kan välja vid en given maskinpark. Vidare påverkar maskinsamarbeten mellan lantbrukare i hög grad maskinkostnaderna vilket innebär att emissionerna kan reduceras ytterligare (Larsén, 2008).



Figur 42: Södergårdens möjligheter att reducera emissionerna genom byte av bearbetningssystem, med bibehållen vinst för alternativet inklusive insatsvaror

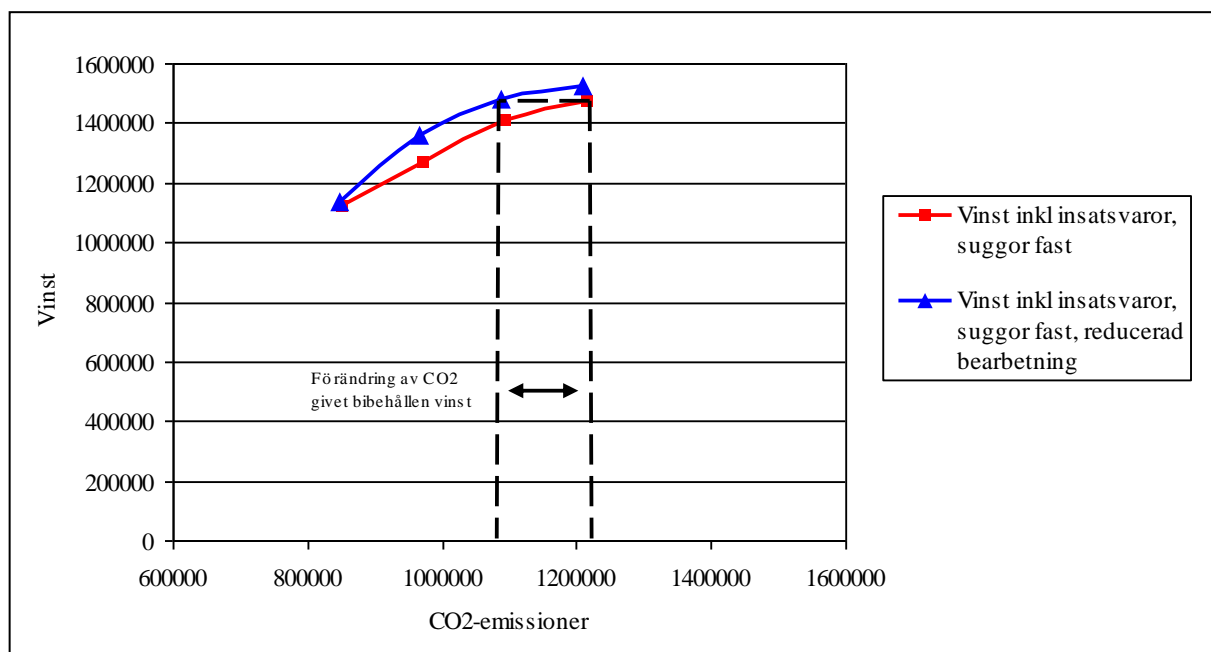
Emissionerna mätta i kg koldioxidekvivalenter per krona produktvärde blir lägre i det reducerade bearbetningssystemet. Dock är skillnaderna inte alls lika påtagliga som i figur 42. Förklaringen är att produktvärdet inte tar hänsyn till den kostnadsbesparing som det reducerade systemet innebär, utan endast beaktar produktpriser och lägre emissioner på grund av lägre dieselförbrukning. Figur 43 visar att emissionerna per produktvärde förändras avsevärt beroende på om emissioner vid tillverkning av produktionsmedel beaktas eller ej i analysen.



Figur 43; kg CO₂ per krona produktvärde för alternativen, vid dagens bearbetning och reducerad bearbetning för Södergården.

5.3.2 Reducerat bearbetningssystem på Västergården

Efter diskussioner med Törner och lantbrukare dras slutsatsen att en reducerad bearbetning på Västergården endast är möjlig för höstvetete. Den reducerade bearbetningen består av kultivering, tallrikskultivering samt harvning. Då arealen höstvetete dominerar, med 60 procent av odlad areal i nuläget innebär ett reducerat bearbetningssystem ändå betydande skillnader i vinst och emissioner.



Figur 44; Västergårdens möjligheter att reducera emissionerna genom byte av bearbetningssystem, med bibehållen vinst för alternativet inklusive insatsvaror och med antalet sugor fast (observera skalan)

Resultatet för Västergården ökar med cirka 51 000 kronor vid byte från dagens system till ett reducerat jordbearbetningssystem. Detta motsvarar en besparing om 3 procent. Förutom en ökad vinst sjunker emissionerna med cirka 1 procent. Ett reducerat bearbetningssystem i kombination med fullt kapacitetsutnyttjande i smågrisproduktionen innebär en reduktion av emissionerna om cirka 12 procent givet bibehållen vinst i scenariot inklusive produktionsmedel, se figur 44. Motsvarande reduktion av emissionerna för scenariot med rörlig animalieproduktion är 14 procent. Scenariot exklusive produktionsmedel innebär något sämre möjligheter att reducera emissionerna, vilket beror på att den procentuella reduktionen blir mer omfattande då emissionerna i nuläget är låga. Förändringen av växthusgasemissioner givet bibehållen vinst exklusive emissioner från tillverkning av produktionsmedel är cirka 9 procent.

5.3.3 Övriga åtgärder

Syftet med studien har varit att analysera fallgårdarna utifrån deras förutsättningar idag. Det finns dock en rad åtgärder som kan minska emissionerna från gården. Ibland medför åtgärden en kostnad, men det kan även vara tvärtom. Nästa rapport inom JOKER-projektet behandlar åtgärder för att minska emissionerna av växthusgaser från jordbruket både ur ett ekonomiskt och ett LCA-perspektiv.

6 Analys och diskussion

Syftet med studien har varit att utreda hur två lantbruksföretag påverkas av en begränsning av växthusgasemissioner. Avsnittet avser att sammanfatta de viktigaste resultaten samt diskutera hur resultaten beror av perspektiv.

Valet av perspektiv i analysen påverkar lantbrukarens agerande. Risken i det fall då emissioner från insatsvaror inte inkluderas är att lantbrukaren endast agerar klimateffektivt på gården, men inte ser till helheten. En djurgård kan på motsvarande sett agera klimateffektivt på gården, genom att köpa in foder. Vidare ger detta resonemang en fördel till växtodlingsgården i förhållande till det animalieproducerande företaget då det förstnämnda köper in mineralgödsel. Djurgården producerar gödsel på gården och får därmed bära emissionerna från dessa.

Resultaten för fallgårdarna påvisar att marginalkostnaden för att reducera emissionerna är högre i ett scenario exklusive insatsvaror. Detta beror på att produktionen av insatsvaror orsakar höga emissioner. I synnerhet för Södergården visar det sig att användningen av mineralgödsel förorsakar höga växthusgasemissioner såväl vid tillverkning som vid spridning. Enligt Yara förväntas investeringar i deras fabriker rena processen vid tillverkning av kvävegödsel avsevärt. Erlingsson uppskattar att Yara under 2009 ska uppnå cirka 2,5 kg CO₂-ekvivalenter per kg N vilket kan jämföras med dagens cirka 6,8 kg per kg N (pers. medd. Erlingsson). Om denna kvävegödsel blir tillgänglig på marknaden kan därför en betydande andel av emissionerna reduceras för Södergården. Prisskillnaden mellan dagens kvävegödsel och den nya klimateffektiva gödseln beräknas vara relativt marginell enligt Yara. Om så är fallet skulle den nya "klimateffektiva" gödseln föredras i analysen då den vid samma kvävegiva och likvärdigt pris ger avsevärt lägre emissioner.

På Västergården förorsakar inköpt foder höga emissioner. Orsaken är bland annat fodrets innehåll av soja. Alternativa proteinfoderkällor i grisproduktionen är ärter och åkerbönor. Analysen visar att foderstaten för slaktsvinen innehåller ärter då insatsvarorna ingår i analysen. Då insatsvarorna exkluderas är det lönsammare att köpa in proteinfoder, vars emissioner inte belastar gården.

Resultaten av studien visar att företagets lönsamhet påverkas avsevärt redan vid låga reduktioner. Mest känslig är Västergården som förlorar cirka 20-30 procent av det ekonomiska resultatet vid en reduktion om 30 procent givet fullt kapacitetsutnyttjande i smågrisproduktionen. Då anpassning av animalieproduktion är möjlig innebär en reduktion om 30 procent en förlust om cirka 10 procent av det ekonomiska resultatet. Södergårdens förlust vid en reduktion om 30 procent motsvarar cirka 4 till 10 procent av det ekonomiska resultatet beroende på vilket alternativ som analyseras. Eftersom förändringen i ekonomiskt resultat och marginalkostnaden är synonyma uttryck visar marginalkostnaden på samma resultat.

Marginalkostnaden för att minska emissionerna på både Södergården och Västergården med 30 procent uppgår till mellan 0,5-3 kronor per kg CO₂-ekvivalent beroende på vilket scenario som väljs. Marginalkostnaden är betydligt högre när emissioner hänförliga till tillverkning av produktionsmedel exkluderas i analysen. Förklaringen är att emissionerna i detta scenario totalt sett är lägre i nudriften och de övriga påverkbara emissionerna svarar således en större andel av de totala emissionerna. Detta innebär att en anpassning på gårdsnivå blir svårare och

kostnaden för att minska emissionerna blir därför högre. Marginalkostnaden är 2,50 kronor högre för Södergården vid en reduktion om 30 procent och för Västergården är motsvarande skillnad mellan 1 och 3 kronor.

En marginalkostnad på 0,50 – 3 kronor per kg CO₂-ekvivalenter kan jämföras med den svenska energiskatten på bränslen som för koldioxid uppgår till 1,01 kronor per kg (Skatteverket, 2008). Priset på utsläppsrätter i Europa är cirka 30 öre per kg utsläppt koldioxid under 2008 (Statens energimyndighet, 2008). Jämförelsen visar således att lantbrukarens marginalkostnad för att reducera växthusgasemissionerna avsevärt överstiger nuvarande skatt samt nuvarande marknadsvärde på koldioxid.

Odlingssystemet på Södergården förändras i den mån att höstvetete ersätts med malkorn vid mer omfattande begränsningar. En av anledningarna är att malkorn kräver mindre kväve. Ytterligare förändringar innebär att mängden tillfört kväve sjunker med begränsningarna av emissioner. Detta innebär att emissioner från andra källor, såsom kalium, fosfor, olja och el, också minskar eftersom dessa beror av avkastningen. Då tillfört kväve sjunker minskar sockerhalten i sockerbetorna vilket innebär att fler hektar av grödan kan odlas eftersom kvoten sockerbetor uttrycks i ton socker. Sockerkvoten utnyttjas maximalt förutom vid en begränsning om 50 procent när produktionsmedel exkluderas. Detta förklaras av relativt god lönsamheten i odlingen.

På Västergården beror odlingssystemet både på lönsamheten i växtodlingen, emissionerna men också på lönsamheten i grisproduktionen. Grödorna som odlas kan säljas på marknaden eller användas till foder. I fallet då antalet suggor ses som fast, krävs att en stor del av arealen används för att producera foder. Fodret värderas till marknadsvärde vilket i kombination med förhållandevis svag lönsamhet i grisproduktionen innebär ett lågt förädlingsvärde. Då antalet modersuggor tillåts minska visar resultaten att strategin är att föredra i ett läge med begränsning av emissioner.

Vid en begränsning av emissioner på Västergården sker inga extrema förändringar i foderstaterna för slaktsvin och moderssuggor. Andelen ärter ökar i foderstaten för både slaktsvin och suggor vid mer omfattande begränsningar. Även grödfördelningen skiljer sig relativt lite mellan de olika scenarierna. Ärtor odlas vid mer omfattande begränsningar av koldioxidemissionerna eftersom grödan introduceras som foderingrediens.

Den mest påtagliga förändringen vid en omfattande begränsning av emissionerna är förändringar i antalet suggor och slaktsvin. Resultaten visar att det är mest kostnadseffektivt att förändra grisproduktionen vid en begränsning av växthusgasemissioner. Anledningen är att täckningsbidragen för smågrisar och slaktsvin är lågt och att det tillkommer en kostnad för att reducera emissionerna motsvarande marginalkostnaden för utsläppsrättsrestriktionen (se λ_3 i ekvation 1.8 och 1.9 samt priserna i tabell 13). Kostnaden för reduktionen beror av storleken för de emissioner som orsakas av grisarna. Som resultaten och kapitel 4.2 visar bidrar grisarna med betydande emissioner i samband med gödselhantering samt vid inköp och odling av foder. Därmed blir det justerade täckningsbidraget relativt lågt i jämförelse med växtodlingen vilket därmed bidrar till relativt sett ännu sämre lönsamhet i grisproduktionen då restriktioner rörande emissioner införs. Då antalet suggor och slaktsvin tillåts variera uppstår ett läge då kapaciteten för suggor i byggnader med mera inte utnyttjas maximalt. Lönsamheten i slaktsvins- relativt smågrisproduktionen bidrar dock till att antalet slaktsvinsplatser används fullt ut.

Om en begränsning utformas på nationell nivå och dagens kapacitet på Västergården skall bibehållas innebär detta att det är möjligt att anpassa produktionen upp till en begränsning om 15 procent. För reduceringar över 15 procent saknas lösning eftersom stora delar av emissionerna inte kan påverkas. Växtodlingen tvingas därmed minska drastiskt vilket innebär att tillgången på egenproducerat foder inte kan säkerställas. Med ett livscykelperspektiv kan Västergården sänka emissionerna med maximalt 20 procent.

De sektorer som redan idag berörs av utsläppsrättshandel belastas mot bakgrund av de emissioner som de direkt orsakar, men inte av emissioner orsakade av insatsvaror. Därför är det rimligt att anta att lantbruket inte i full utsträckning kommer belastas med emissioner från insatsvaror då dessa i så fall skulle dubbelräknas. Dock finns en risk för "second best" då emissioner från insatsvaror ej beaktas, vilket därmed inte ger det mest kostnadseffektiva reduceringen.

I analysen har antingen dagens bearbetningssystem eller ett reducerat bearbetningssystem antagits. Ett reducerat jordbearbetningssystem ger både bättre ekonomiskt resultat och lägre emissioner. Marginalkostnaden för att minska emissionerna är i stor sett samma som vid ett konventionellt bearbetningssystem. Resultatet visar därmed att en enkel åtgärd för att minska emissionerna kan vara att reducera bearbetningen. Södergården kan reducera emissionerna med 35 till 40 procent givet bibehållen vinst, genom att tillämpa ett reducerat jordbearbetningssystem. Dock bör påpekas att de reducerade bearbetningssystemet på Södergården är förhållandevis extremt och motsvarar minimal bearbetning, se tabell 3 i avsnittet om emissioner. För Västergården kan emissionerna sänkas med 9 till 14 procent, beroende på kapacitetsutnyttjandet i smågrisproduktionen. Det reducerade bearbetningssystemet på Västergården tillämpas endast för grödan höstvet.

Måttet koldioxidekvivalenter per produktvärde visar hur klimateffektiv produktionen är. Ur miljösynpunkt skulle det vara intressant att producera där emissionerna per produktvärde är som lägst. För Södergården krävs ytterligare reduktioner på över 40 procent för att nå den mest klimateffektiva produktionen. För Västergårdens krävs reduktioner över 30 procent för att nå lägsta värde på emissioner per krona produktvärde med bibehållen smågrisproduktion. När antalet suggor kan varieras visar resultaten att den mest klimateffektiva produktionsnivån faktiskt erhålls vid 0 procents reduktion.

Resultaten visar att vid en begränsning av växthusgasemissionerna krävs anpassningar som innebär en lägre produktivitet. Till exempel minskar skörden då kvävegivan sjunker och grisproduktionen minskar drastiskt redan vid en mindre begränsning. En diskussion som kan föras är huruvida det är rimligt att minska produktionen av livsmedel om efterfrågan i Sverige och världen är konstant. En lägre produktion på gården innebär ju således att produktionen flyttar någon annanstans. Eftersom studien genomförts med ett gårdsperspektiv har inte problematiken analyserats närmare då det inte är den enskilde lantbrukarens ansvar att tillgodose efterfrågan. Men exemplet visar på svårigheterna att reglera jordbrukets utsläpp av växthusgaser.

7 Slutsatser

Syftet med denna studie är att utreda hur Västergården och Södergården påverkas av en begränsning av växthusgasemissioner. Hur förändras lönsamhet, djurhållning, odlingssystem och vad är marginalkostnaden för att reducera utsläppen?

Uppdelningen och storlek på växthusgasemissionerna skiljer sig avsevärt beroende på produktionsinriktning. För Södergården, som bedriver växtodling, är produktion av mineralgödsel den största utsläppskällan. Därför skulle en ”klimatsmart” mineralgödsel med låga emissioner vid tillverkningen påverka gårdens totala utsläpp i mycket hög grad. För Västergården som bedriver grisproduktion är inköpt foder den största posten. En minskad grisproduktion ger ett större behov av mineralgödsel vilket leder till att Västergårdens emissioner från mineralgödsel påverkar de totala emissionerna i större utsträckning.

Resultaten visar att lönsamheten påverkas i betydande utsträckning redan vid låga reduktioner. Förlusterna beräknas till mellan 20 och 30 procent av det ekonomiska resultatet för Västergården med oförändrat antal sugor och till 10 procent när anpassning i animalieproduktionen är möjlig, se tabell 21 och 22. Förlusten för Södergården vid en reduktion om 30 procent är cirka 4 till 10 procent, se tabell 23. Marginalkostnaden för en reduktion om 30 procent uppgår på Västergården och Södergården till mellan 0,50 och 3 kronor. Marginalkostnaden är avsevärt högre när emissioner hänförliga till produktionsmedel exkluderas i analysen. Marginalkostnaden för att reducera emissionerna med cirka 10 procent överensstämmer relativt väl med marknadsvärdet på koldioxid som uppgår till mellan 0,30 och 1 krona per kg koldioxid (Skatteverket, 2008; Statens energimyndighet, 2008).

Tabell 21; Resultat Västergården (exklusive tillverkning av produktionsmedel)

Reduktion i %	Rörlig kapacitet		Full kapacitet smågrisprod.		Full kapacitet	
	MK	Ek resultat	MK	Ek resultat	MK	Ek resultat
0	0	1 471 303	0	1 472 522	0	1 471 303
10	0,56	1 437 151	1,54	1 374 098	2,15	1 363 533
20	0,73	1 387 465	1,98	1 242 118	-	-
30	1,04	1 301 697	3,10	1 032 410	-	-

Tabell 22; Resultat Västergården (inklusive tillverkning av produktionsmedel)

Reduktion i %	Rörlig kapacitet		Full kapacitet smågrisprod.		Full kapacitet	
	MK	Ek resultat	MK	Ek resultat	MK	Ek resultat
0	0	1 471 303	0	1 471 303	0	1 471 303
10	0,30	1 440 038	0,80	1 405 850	0,80	1 405 850
20	0,34	1 400 477	1,16	1 267 394	1,25	1 194 078
30	0,42	1 333 886	1,43	1 120 276	-	-

Tabell 23; Resultat Södergården (inklusive och exklusive tillverkning av produktionsmedel)

Södergården				
Reduktion i %	Inklusive tillverkning av produktionsmedel		Exklusive tillverkning av produktionsmedel	
	MK	Ek resultat	MK	Ek resultat
0	0	2 129 783	0	2 129 783
10	0,29	2 118 594	0,89	2 108 692
20	0,52	2 089 202	1,59	2 054 772
30	0,81	2 041 377	2,95	1 954 061

Odlingssystemet på Södergården förändras i den mån att höstvetete ersätts av malkorn. Sockerbetor odlas i princip maximalt, oavsett begränsning av emissioner. Anledningen är att sockerbetor ger hög lönsamhet i förhållande till emissionerna de orsakar.

Påverkan på djurhållningen vid begränsning av koldioxidemissioner är påtaglig. Anledningen är att emissionerna från grisproduktionen är höga samtidigt som lönsamheten i smågrisproduktionen är svag. En kostnadseffektiv anpassning av produktionen vid begränsning av emissionerna innebär således ett minskat antal djur. Foderstaternas utseende samt grödfördelningen förändras endast i begränsad omfattning. Om en begränsning utformas på nationell nivå och nudriften för Västergården skall bibehållas visar resultaten att emissionerna maximalt kan sänkas med 15 procent. Resultaten är intressanta då de visar att redan vid låga begränsningar uppstår en situation då kapaciteten inte kan utnyttjas fullt ut.

En åtgärd för att reducera emissionerna kan vara att tillämpa reducerad jordbearbetning. Analyserna visar tydligt att ett bättre ekonomiskt resultat uppnås samtidigt som emissionerna minskar. Givet bibehållen vinst kan Södergården minska emissionerna med knappt 40 procent och Västergården med 9 till 14 procent, genom att anta ett reducerat jordbearbetningssystem.

För Södergården krävs reduktioner på över 40 procent för att nå produktionsnivån med lägst emissioner per produktvärde. För Västergården krävs begränsningar om över 30 procent för fallet med fullt kapacitetsutnyttjande. Då animalieproduktionen kan minska visar resultaten att den mest klimateffektiva produktionsnivån uppnås i fallet utan restriktion.

En viktig slutsats som kan dras av denna studie är betydelsen av tillfört kväve och hektaravkastningen med avseende på gårdens totala emissioner. När tillfört kväve reduceras sjunker avkastningen men även användning av till exempel el, olja, fosfor och kalium. Betydelsen av kvävetillförseln är stor och en strategi i syfte att reducera emissionerna bör därför fokusera på att förbättra kväveutnyttjandet både från mineralgödsel och stallgödsel.

8 Framtida studier

I studien beaktas en mängd samband mellan gödselgiva, avkastning, foderinnehåll, ekonomi och växthusgasemissioner på gårdsnivå. Lantbrukarens möjligheter att anpassa växtföljd och produktionsinriktning vid förändrade villkor analyseras. Tillförlitligheten i data som använd i modellen skiftar. Till exempel bedöms emissionsdata för el, dieselolja, eldningsolja samt inköpt foder som relativt säkra. Däremot finns stora osäkerheter i data kring skörderester, direkta lustgasemissioner samt indirekta emissioner.

Analysen har inte beaktat lantbrukarens möjlighet att reducera emissionerna från mark genom val av spridningstidpunkt av gödsel, detaljerade aspekter kring val av bearbetningssystem med mera. Vidare påverkar foderstaten djurens och gödselns emissioner, men då data saknas har ingen hänsyn till detta tagits i analysen. De biologiska processerna innebär generellt betydande osäkerhet som är svåra att analysera i en modell av det slag som utvecklats i studien. De faktorer som påverkar emissionerna är i hög grad gårdsspecifika och beroende av naturliga variationer som nederbörd, temperatur och så vidare. För att beakta osäkerheterna krävs därför än mer omfattande mätningar på gården. Det vore därför intressant om framtida studier kunde ta hänsyn till faktorer som nämndes ovan, det vill säga faktorer som avgör om lantbrukaren agerar klimateffektivt eller ej vid beslut om bearbetning, spridning, utfodring med mera.

Då åtgärder som kan ha kraftfull påverkan på de totala emissionerna inte varit möjliga att beakta visar analysen en anpassning av produktionen som är mer generell. Lantbrukare som gör ansträngningar för att minska emissionerna men där data saknas för att beräkna reduktionen av emissionerna ger inte incitament att tillämpa tekniken om inte kostnaderna på samma gång kan reduceras. I Västergårdens fall kyls gödseln, men då data saknas kring denna aspekt kan inte emissionsreduktionen beräknas.

I studien har vi ej beaktat samtliga alternativa fodermedel för gris. Till exempel ingår inte drank och rapskaka. Kanske skulle fler möjligheter till anpassning på gårdsnivå vid en begränsning av växthusgasemissioner förändra resultaten. Västergården säljer de flesta smågrisarna till en granngård som föder upp dem. Generellt sett visar sig smågrisproduktionen mindre lönsam än slaktsvinsproduktionen vilket också framgår i analysen. Därför vore det intressant att analysera Västergården och inkludera uppfödningen av slaktsvin för att få en helhetsbild av emissionerna hänförliga till gårdarnas odlingsystem och samarbetsformer.

Det skulle även vara intressant att introducera alternativa investeringar för att minska emissionerna såsom till exempel produktion av biogas, förbränning av halm och flis eller vindkraft. En diskussion måste då föras om hur klimatsmart energiproduktion ska värderas. Kanske kan lantbrukarens nettoutsläpp beräknas, vilket i så fall gör energiproduktion intressant eftersom driften då inte behöver påverkas i lika hög grad av en växthusgasrestriktion. Resonemanget ovan väcker frågan om produktion av insatsvaror som energi ska anses tillhöra gården och ingå i beräkningarna.

Denna studie är en del i JOKER-projektet som bedrivs under åren 2008, 2009 och 2010. Metoden som utvecklats i studien kommer att användas i projektets nästa rapport, som då behandlar en mjölkgård. Vidare används resultaten i denna studie tillsammans med resultaten från mjölkgården för att beräkna arbets- och kapitalinkomsten för lantbrukarna vid olika begränsningar av emissioner. Den sista rapporten i projektet ämnar analysera möjliga åtgärder för att minska gårdarnas emissioner, vilket till exempel kan innebära investering i biogas, förändrade foderstater, nya spridningsstrategier med mera.

Referenser

Offentligt tryck

- Arvidsson, J. 2005. *Skörderesultat i plöjningsfria system*. Framgångsrik växtodling, Jord och jordbearbetning. Väderstad-Verken.
- Berglund, M., Cederberg, C., Clason, C., Henriksson, M., & Törner, L. 2009. *Jordbrukets klimatpåverkan – underlag för att beräkna växthusgasutsläpp på gårdsnivå och nulägesanalyser av exempelgårdar*. Delrapport i JOKER- projektet, Hushållningssällskapet Halland. ISBN: 91-88668-63-0.
- Blad, F. 2003. *Ekonomisk analys av driftsamverkan mellan växtodlingsföretag*. SLU, Uppsala, Institutionen för ekonomi. Examensarbete 299.
- Blad, M. 2004. *Ekonomiska aspekter av vallodling och produktion av grovfoder till hästar*. SLU, Uppsala, Institutionen för ekonomi. Examensarbete 381.
- Blomquist, J. & Larsson, H. 2009. Tillväxt till 10 ton. *Förfrukter till sockerbetor*. [http://4t.sockerbetor.nu/4T/Kap4_02_03.pdf]
- Brady, M. 2003. *Managing Agriculture and Water Quality*. Doctoral thesis, SLU, Uppsala. Agraria 369.
- Bäckman, T. 1997. *Long-term fertilizer field trials: comparison of three mathematical response models*. Agricultural and food science in Finland, vol 6. 1997.
- Cederberg, C., Berlin, J., Henriksson, M. & Davis, J. 2008. *Utsläpp av växthusgaser i ett livscykelperspektiv för verksamheten vid livsmedelsföretaget Bete Qvarn*. SIK-rapport 777.
- Davis, J. & Haglund, C. 1999. *Life Cycle Inventory (LCI) of fertilizer production – fertiliser products used in Sweden and Western Europe*. SIK-rapport 654.
- Debertin, D. 1986. *Agricultural production economics*, Macmillan publishing company, New York. ISBN 0-02-328060-3.
- Dejardins, R.L. Kulshreshtha, S.N. Junkins, B. Smith, W. Grant, B. & Boehm, M. 2001. *Canadian greenhouse gas mitigation option in agriculture*, Nutrient Cycling in Agroecosystems, 60, 317-326.
- Elmqvist, H. 2005. *Environmental Systems Analysis of Arable, Meat and Milk Production*. Doctoral dissertation. ISSN 1652-6880, ISBN 91-576-7011-0.
- Ericsson, I. S., 2004. *Extra aminosyror men ingen soja i miljövänligt grisfoder*. Fakta jordbruk nr 9, SLU.
- Flysjö, A. Cederberg, C. & Strid, I. 2008. *LCA-databas för konventionella fodermedel – miljöpåverkan i samband med produktion*. Version 1, rapport 772. Institutet för Livsmedel och bioteknik. Göteborg.

Fogelfors, H. 2001. *Växtproduktion i jordbruket*. Natur och Kultur/LTs förlag. Centraltryckeriet, Borås, 2001. ISBN: 91-27-35292-7.

Frischknecht, R. Althaus, H-J. Bauer, C. Doka, G. Heck, T. Jungbluth, N. Kellenberger, D. Nemecek, T. 2007. *The Environmental Relevance of Capital Goods in Life Cycle Assessments of Products and Services*. The International Journal of Life Cycle Assessment DOI [<http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.02.308>]

Frontline Systems, 2005. *Premium Solver Platform for use with Microsoft Excel*.

Hoffmann, M. Aronsson, H. Aronsson, P. Nilsson, H. Albertsson, B. 1999. *Gårdsmodellen- En empirisk modell för kväveutlakning*. SLU, Institutionen för markvetenskap, avd. för vattenvårdslära.

Håkansson, J. 1990. *Ärter och åkerbönor som fodermedel till svin en litteraturöversikt*. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Rapport 202.

Hörndahl, T. Edström, M. Pettersson, O. Nilsson, L. 2005. *Jordbrukssektorns energianvändning*. JTI. Lantbruk och Industri, rapport 342.

Intriligator, M.D. 1971. *Mathematical optimization and economic theory*. Prentice-hall inc. Englewood Cliffs, N.J.

IPCC, 2007. *Climate Change 2007- The Physical Science Basis, IPCC Fourth Assessment Report, Working Group I*. Solomon, S. Qin, D. Manning, M. Marquis, M. Averyt, K. Tignor, M.M.B. Miller, H.L. & Chen, Z. sid 32. [<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts.pdf>]

IPCC, 2006a. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Manual (Volume 3), Agricultural*.

IPCC, 2006b. *IPCC Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use*. [http://www.ipccngip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf]

Jonasson, L. 1993. *Mathematical programming for sector analysis some applications, evaluations and methodological proposals*. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Department of Economics. ISSN 0284-4842. SLU Repo. Uppsala 1993.

Jordbruksverket, 2008a. *Minska jordbrukets klimatpåverkan, Del 1 Introduktion och några åtgärder/styrmedel*, 2008:11, ISSN 1102-3007.

Jordbruksverket, 2008b. *Riktlinjer för gödning och kalkning 2009*. Jordbruksinformation 26 – 2008.

Jordbruksverket, 2001. *Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet i olika djurhållningssystem med grisar*. Referens Albertsson, B. Rapport 2001:13.

Kaiser H, Riha S, Wilks D, Rossiter D & Sampath R. 1993. *A Farm-Level Analysis of Economic and Agronomic Impacts of Gradual Climate Warming*. American Journal of Agricultural Economics, vol 75, No 2.

- Larsén, K. 2008. *Economic consequences of collaborative arrangements in the agricultural firm*. Doctoral diss. Dept. of Economics, SLU. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae vol. 2008:28.
- Liljegren Y., Nilsson E. & Söderberg L. 1983. *Kompendium i bidragskalkylering*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för ekonomi, Uppsala.
- Lundgren, J., Rönnqvist, M., & Värbrand, P. 2001. *Linjär och icke-linjär optimering*. Studentlitteratur Lund. 2001. ISBN 91-44-01798-7.
- Maljanen, M. Hytonen, J. Makiranta, P. Alm, J. Minkkinen, K. Laine, J. & Martikainen, PJ. 2007. *Greenhouse gas emissions from cultivated and abandoned organic croplands in Finland*. Boreal Environment Research 12, sid 133-140.
- Maskinkalkylgruppen, 2008. *Maskinkostnader 2008- underlag och kalkylexempel på timkostnader för lantbruksmaskiner*.
- Mattsson, C. 1986. *Kväveprisets inverkan på gödselgivor och stallgödselhanterings lönsamhet*, Institutionen för ekonomi och statistik, rapport 265. ISBN: 91-576-2624-3.
- Mattsson, L. 1985. *Kvävegödsling till havre*. Rapporter från avdelningen för växtnäringslära nr 153.
- Mattsson, L. 2006. *Kväveintensitet i korn – avkastning och kväveupptag*. Institutionen för markvetenskap, avd. för växtnäringslära, Rapport 212, Uppsala. ISSN 0348-3541.
- Mattsson, L. 2004. *Kväveintensitet i höstvetete vid olika förutsättningar*. Institutionen för markvetenskap, avd. för växtnäringslära, Rapport 209. Uppsala. ISSN 0348-3541.
- McCarl, B & Brink, L. 1978. *The trade-off between expected return and risk among cornbelt farmers*. *American Journal of Agricultural Economics*. Vol 60, Nr 2.
- Naturvårdsverket & Energimyndigheten. 2007. *Den svenska klimatstrategins utveckling, en sammanfattning av Energimyndighetens och Naturvårdsverkets underlag till kontrollstation 2008*. CM Gruppen AB. ISSN 1403-1892.
- Neufeldt, H. & Schäfer, M. 2008. *Mitigation strategies for greenhouse gas emissions from agriculture using a regional economic-ecosystem model*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123 (2008) 305-316.
- Ohlander, L. 1996. *Växtföljden och dess följder*. Meddelande från Södra jordbruksförsöksdistriktet, nr 47. Institutionen för växtodlingslära vid Sveriges lantbruksuniversitet.
- Ohlander, L. 1990. *Växtodling 2, Växterna* (kapitel Växtföljder). ISBN 91-36-02337-X.
- Olesen, J.E. Schelde, K. Weiske, A. Weisbjerg, M.R. Asman, W.A.H. & Djurhuus, J. 2006. *Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms*, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 207-220.

Phetteplace, H.W. Johnson, D.E. & Seidl, A.F. 2001. *Greenhouse gas emissions from simulated beef and dairy livestock systems in the United States*, Nutrient Cycling in Agroecosystems, 60, 99-102.

Pålsson, O & Arvidsson, J. 2005. *Försök med reducerad jordbearbetning i Skåne och Halland*. Meddelande från Södra jordbruksförsöksdistriktet. SLU, Institutionen för växtvetenskap, Södra jordbruksförsöksdistriktet. ISSN 0282-180X, ISRN SLU-SJFD-M-58-SE.

Samuelsson, J. 2003. *Samverkan mellan mjölk- och spannmålsproducenter vilka ekonomiska incitament föreligger*. Slu, Institutionen för ekonomi. Examensarbete nr 323.

SCB, Jordbruksverket, Naturvårdsverket & LRF, 2007. *Hållbarhet i svenskt jordbruk 2007*.

Schils, R.L.M. Verhagen, A. Aarts, H.F.M. & Šebek, L.B.J. 2005. *A farm level approach to define successful mitigation strategies for GHG emissions from ruminant livestock systems*, Nutrient Cycling in Agroecosystems, 71, 163-175.

Schils, R.L.M. Olesen, J.E. del Prado, A. & Soussana, J.F. 2007. *A review of farm level modeling approaches for mitigating greenhouse gas emissions from ruminant livestock system*. Livestock Science, 112, 240-251.

Simonsson, A. 2006. *Fodermedel och näringsrekommendationer för gris*. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Rapport 266. ISSN:0347-9838.

Simonsson, A. 1994. *Näringsrekommendationer och fodermedeltabeller till svin*. Husdjur 75. ISSN: 1101-377X.

Simonsson, A. 1995. *Fodermedel till svin, 1995*. Husdjur 77. ISSN: 1101-377X.

Simonsson, A. Andersson, K. Andersson, P. Dalin, A-M. Jensen, P. Johansson, E. Jonasson, L. Olsson, A-C, Olsson, O. 1997. *Svinboken*. LTs förlag, Stockholm.

Skattekommissionen, 2009. *Lavere skat på arbejde, Skattekommissionens forslag til skattereform*. Finansministeriet, Köpenhamn.

Skatteverket, 2008. *Skatter i Sverige 2008, Skattestatistisk årsbok*. ISSN 1404-4463 ISBN 978-91-38-32469-1.

Statens Energimyndighet, 2008. *Utvecklingen på utsläppsrättsmarknaden 2008*. ER 2008:28. ISSN 1403-1892.

Strid, I. Elmquist; H. Stern, S. Nybrant, T. 2005. *Environmental Systems Analysis of Pig Production*. LCA Case studies, 143-154.

Sweeney D. & Williams T. & Anderson D. 2000. *An introduction to management science, quantitative approaches to decision making*. ISBN 0-324-00321-8.

Swedish Environmental Protection Agency, 2007. *Sweden National Inventory Report 2008*.

Yin R K. 2003. *Case study research . Design and Methods*, SAGE publications Inc. Thousand Oaks, USA. ISBN 0-7619-2552-X

Internet

www, Aarhus Universitet, 2009

FarmGHG

[http://www.agrsci.dk/ny_navigation/forskning/institutter/institut_for_jordbrugsproduktion_og_miljoe/medarbejdere/jeo/farmghg_a_model_for_estimating_greenhouse_gas_emissions_from_livestock_farms] 2009-01-20

www, Agriwise, 2009a

Prisjustering för proteinhalt i höstvet

[<http://www.agriwise.org/databoken/databok2k9/databok2009htm/index.htm>] 2009-03-25

www, Agriwise, 2009b

Bidragkalkyler

[<http://www.agriwise.org>] 2009-03-25

www, Arla, 2009a

Om kesovassle

[<http://www.arlafoods.se/upload/arla%20se/foderprodukter/sk%c3%b6vde%20kesovassle%20dec%202008.pdf>] 2009-03-05

www, Arla, 2009b

Om permeatvassle

[<http://www.arlafoods.se/upload/arla%20se/foderprodukter/g%c3%b6tene%20permeatvassle%2016%20procent%20dec%202008.pdf>] 2009-03-05

www, Betodlarna, 2009

Definitiva kompensationsbelopp rättelse

[http://www.betodlarna.se/radoinfo/aktuellt_0611106_def_kompl_rattelse.asp] 2009-02-24

www, CALM, 2009

CALM-calculator

[<http://www.calm.cla.org.uk/index.php>] 2009-01-20

www, European Commission, 2009

EU climate and energy package

[http://ec.europa.eu/climateaction/docs/climate-energy_summary_en.pdf] 2009-03-11

www, FFE, 1990-2004

Sökord; gröda, årtal, område, genomsnitt (_)

[<http://www.ffe.slu.se/Sve/index.cfm?SBody=H>] 2009-02-09

- www, HS Halland, 2009
Jordbrukets klimatpåverkan, JOKER
[<http://hs-n.hush.se/?p=11107>] 2009-04-01
- www, IPCC, 2008
About IPCC
[<http://www.ipcc.ch/about/index.htm>] 2008-11-18
- www, Lantmännen, 2009
Beräknat klimatvärde för foder
[<http://direkt.lantmannen.com/>]
- www, Lincoln University, 2009
Carbon Calculator
[<http://www.lincoln.ac.nz/carboncalculator/>] 2009-01-20
- www, LRF, 2009
Lantbruksbarometern 2008
[<http://194.22.7.75/data/internal/data/11/61/1211885062078/LantbruksbarometernTotal2008.pdf>] 2009-03-06
- www, Naturvårdsverket, 2008
Om utsläppshandel
[<http://www.naturvardsverket.se/sv/Lagar-och-andra-styrmedel/Ekonomiska-styrmedel/Handel-med-utslappsraatter/Om-utslappshandel/>] 2008-11-18
- www, Naturvårdsverket, 2009a
Om ökningen av växthusgaser i atmosfären
[<http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Sa-forandras-klimatet/Darfor-blir-det-varmare/>] 2009-02-18
- www, Naturvårdsverket, 2009b
Utsläpp av växthusgaser
[<http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Utslappsstatistik-och-klimatdata/Utslapp-av-vaxthusgaser/>] 2009-02-17
- www, Odling I Balans, 2009
Om organisationen
[<http://www.odlingibalans.com/>] 2009-01-29
- www, SCB, 2008a
Om skördeområden
[http://www.scb.se/templates/Publikation____206024.asp] 2009-01-27
- www, SCB, 2009a
Om antalet mjölkkor
[<http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/SaveShow.asp>] 2009-02-18

- www, SCB, 2009b
Konsumentprisindex
[<http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/SaveShow.asp>] 2009-02-01
- www, SCB, 2009c
Medelareal och medelantal djurplatser, Jordbruksekonomiska undersökningen 2007
[http://www.scb.se/Statistik/JO/JO0901/2007A01b/JO0901_2007A01b_SM_JO40SM0901.pdf] 2009-03-20
- www, SCB, 2009d
Åkerböns medelskörd i GNS
[http://www.scb.se/statistik/_publikationer/JO1901_2007A01_BR_00_JO01BR0801.pdf] 2009-02-01
- www, SCB, 2009e
Ärtskörd medel GNS
[http://www.scb.se/statistik/_publikationer/JO1901_2007A01_BR_00_JO01BR0801.pdf] 2009-02-01
- www, SCB, 2009f
Medelskörd för klöverfrövall
[<http://www.sjv.se/download/18.694182f211c99670d3c80008338/J%C3%A4mf%C3%B6relse%C3%A4rden+f%C3%B6r+tolkning+av+v%C3%A4xtn%C3%A4ringsbalanser.pdf>] 2009-02-01
- www, SCB, 2009g
Om användning av handelsgödsel
[http://www.ssd.scb.se/databaser/igraph/MakeGraph.asp?onpx=y&pxfile=tmp20092189312346MI1002B1.px&PLanguage=1&menu=y&gr_type=1] 2009-02-18
- www, SLU, 2009
Om reducerad jordbearbetning
[<http://www-mv.slu.se/jb/publikationer/rapport112/sid19-20.pdf>] 2009-03-24
- www, SMHI, 2009a
Om växthuseffekten
[<http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=6604&l=sv>] 2009-02-18
- www, SMHI, 2009b
Klimatförändringens konsekvenser - jordbruket
[<http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=6642&a=18383&l=sv>] 2009-02-17
- www, SJV, 2009a
Avräkningspriser, medel för år 2005-2008, november
[http://www.sjv.se/download/18.78be32b411dd24541d28000526146/priser_200811.xls] 2009-01-30

- www, SJV, 2009b
Översikt över STANK in MIND
[<http://www.sjv.se/amnesomraden/vaxtmiljovatten/vaxtnaringochgodsel/dataprogrammetstankinmind/oversiktstabellestankinmind.4.260d8d10244ea97e380002912.html>] 2009-03-10
- www, SJV, 2009c
Om stödregioner
[<http://www.sjv.se/download/18.1510d9610291be90118000863/Karta+regioner+GS+2005.pdf>] 2009-01-30
- www, SJV, 2009d
Om stödnivå
[<http://www.sjv.se/amnesomraden/stodtillandsbygden/allastodformer/gardsstodet/stodratte.4.2136c610a3b62996e80001877.html>] 2009-01-30
- www, SPI, 2009
Priser på eldningsolja 2005-2008
[<http://www.spi.se/statistik.asp?art=28>] 2009-01-30
- www, Stockholm, 2009
Klimat
[<http://www.stockholm.se/KlimatMiljo/Klimat/>] 2009-02-25
- www, Regeringen, 2009a
Internationellt miljösamarbete - genom EU, regionala och globala organisationer
[<http://www.regeringen.se/sb/d/1977>] 2008-09-26
- www, Regeringen, 2009b
Vägen mot ett nytt internationellt avtal för jordens klimat
[<http://www.regeringen.se/content/1/c6/09/98/55/b7224d2b.pdf>] 2009-03-09
- www, Regeringen, 2009c
Klimat- och energipolitik för en hållbar framtid
[<http://www.regeringen.se/content/1/c6/12/22/37/912aa596.pdf>] 2009-03-12
- www, Yara, 2009
Ärter och åkerböna
[http://fert.yara.se/se/crop_fertilization/crop_advice/agriculture/peas_beans/peas_beans.html] 2009-01-20

Personliga meddelanden

Andersson, K. Försöksledare. HUV, Ultuna, SLU. Möte 2009-02-23.

Arvidsson, J. Professor, Markvetenskap, Ultuna, SLU. Per tel, 018- 67 11 72. 2009-03-27.

Berglund, M. Hushållningssällskapet Halland. Teknisk Doktor, Agronom. Per tel, 035-465 22. December 2008 till Maj 2009.

Engquist, M. Föreläsning, Väderstadmässan. Mars 2009. Mail, [mats.engquist@hush.se].

Erlingson, M. Marknadsdirektör Yara. Per mail, mogens.erlingson@yara.com. 2009-03-09.

Fallgren, P. Foderansvarig, Arla Foods. Per tel, 070-536 80 98. 2009-03-09.

Gruvaeus, I. Fältforskningsenheten, Skara, SLU samt Hushållningssällskapet Skaraborg. Per tel, 0511-248 31. 2009-01-19.

Holmberg, M. Säljare Piggfor Lantmännen. Per tel, 040-22 55 61. 2009-03-04.
Lantmännen Direkt, Lantmännen. Kundtjänst. Per tel, 0771-111 222. 2009-01-30.

Mattsson, L. Forskningsledare, Mark och Miljö, Ultuna, SLU. Per tel, 018-67 12 56.
December 2008 till Maj 2009.

Nelson, B-O. Specialist Resultatanalys och affärsrådgivare, LRF Konsult Ängelholm. Per tel, 0431-418158. 2009-02-27.

Neufeldt, H. Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, United Kingdom. E-mail, [h.neufeldt@uea.ac.uk] 2009-03-18.

Paulsson, R. Bioenergienheten, Jordbruksverket. Per tel, 036-15 63 34. 2009-03-09.

Persson, P-A. Findus. Per tel, 042-86249. 2009-01-30.

Rydberg, T. Möte. 018-671200. 2009-01-19.

Sjöberg, A. Odlingsrådgivare, Lovanggruppen. Per tel, 013-23 44 94. 2009-02-24.

Skatteverket, Ludvika energigrupp. Per tel, 010-57 85 102. 2009-01-30.

Sonesson, U. Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB. AgrD. Per tel, 031-335 56 17. 2008-10-28.

Susic, Z. Säljare Piggfor Lantmännen. Per tel, 016-17 76 15. 2009-03-02.

Svensson, C. Länsstyrelsen Västra Götalands Län. Per post och tele, 0501-60 58 35. 2009-02-12.

Törner, L. Projektledare, Odling i Balans. Per tel, 042-32 10 05. December 2008 till Maj 2009.

Walle, A. Lantmännen. Per tel, 0171- 267 83. 2009-02-02.

Westlin, H. JTI. Per tel, 018-303357. 2009-02-10.

Bilaga 1: Första ordningens nödvändiga villkor

$$\begin{aligned}
 \text{Max } L(x_1, x_2, N_{B1}, N_{B2}, N_{M1}, N_{M2}, L_1, L_2, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) : & x_1 P_{y1} f(N_{B1}) - c_{x1} x_1 + x_2 P_{y2} f(N_{B2}) - c_{x2} x_2 \\
 & - P_N N_{M1} x_1 - P_N N_{M2} x_2 + c_{L1} L_1 + c_{L2} L_2 \\
 & + \lambda_1 (\bar{A} - (x_1 + x_2)) + \\
 & + \lambda_2 (0 - (N_{B1} x_1 + N_{B2} x_2 - N_{M1} x_1 - N_{M2} x_2 - L_1 G_1 - L_2 G_2)) + \\
 & + \lambda_3 (E - (x_1 e_{x1} N_{B1} + x_2 e_{x2} N_{B2} + e_{L1M} L_1 + e_{L2M} L_2 + e_{L1U} L_1 G_1 + e_{L2U} L_2 G_2))
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

Nedan presenteras första ordningens nödvändiga villkor för vinstmaximeringsproblemet i avsnitt 3.2.

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial x_1} : P_{y1} f(N_{B1}) - P_N N_{M1} - c_{x1} - \lambda_1 - \lambda_2 N_{B1} + \lambda_2 N_{M1} - \lambda_3 e_{x1} N_{B1} = 0 \tag{1.2}$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial x_2} : P_{y2} f(N_{B2}) - P_N N_{M2} - c_{x2} - \lambda_1 - \lambda_2 N_{B2} + \lambda_2 N_{M2} - \lambda_3 e_{x2} N_{B2} = 0 \tag{1.3}$$

$$\frac{\partial V}{\partial N_{M1}} : -P_N x_1 + \lambda_2 x_1 = 0 \tag{1.4}$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{M2}} : -P_N x_2 + \lambda_2 x_2 = 0 \tag{1.5}$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{B1}} : x_1 P_{y1} \frac{\partial f(N_{B1})}{\partial N_{B1}} - \lambda_2 x_1 - \lambda_3 x_1 e_{x1} = 0 \tag{1.6}$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{B2}} : x_2 P_{y2} \frac{\partial f(N_{B2})}{\partial N_{B2}} - \lambda_2 x_2 - \lambda_3 x_2 e_{x2} = 0 \tag{1.7}$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial L_1} : c_{L1} + \lambda_2 G_1 - \lambda_3 e_{L1M} - \lambda_3 e_{L1U} G_1 = 0 \tag{1.8}$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial L_2} : c_{L_2} + \lambda_2 G_2 - \lambda_3 e_{L_2 M} - \lambda_3 e_{L_2 U} G_2 = 0 \quad (1.9)$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial \lambda_1} : \bar{A} - x_1 - x_2 = 0 \quad (1.10)$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial \lambda_2} : 0 - (N_{B_1} x_1 + N_{B_2} x_2 - N_{M_1} x_1 - N_{M_2} x_2 - L_1 G_1 - L_2 G_2) = 0 \quad (1.11)$$

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial \lambda_3} : E - (x_1 e_{x_1} N_{B_1} + x_2 e_{x_2} N_{B_2} + e_{L_1 M} L_1 + e_{L_2 M} L_2 + e_{L_1 U} L_1 G_1 + e_{L_2 U} L_2 G_2) = 0 \quad (1.12)$$

Marginalvärdet för land beräknas enligt ekvation 19.

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial x_1} : P_{y_1} f(N_{B_1}) - P_N N_{M_1} - c_{x_1} - \lambda_1 - \lambda_2 N_{B_1} + \lambda_2 N_{M_1} - \lambda_3 e_{x_1} N_{B_1} = 0 \quad (1.13)$$

$$\lambda_1 = P_{y_1} f(N_{B_1}) - P_N N_{M_1} - c_{x_1} - \lambda_1 - \lambda_2 N_{B_1} + \lambda_2 N_{M_1} - \lambda_3 e_{x_1} N_{B_1} \quad (1.14)$$

eller

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial x_2} : P_{y_2} f(N_{B_2}) - P_N N_{M_2} - c_{x_2} - \lambda_1 - \lambda_2 N_{B_2} + \lambda_2 N_{M_2} - \lambda_3 e_{x_2} N_{B_2} = 0 \quad (1.15)$$

$$\lambda_1 = P_{y_2} f(N_{B_2}) - P_N N_{M_2} - c_{x_2} - \lambda_1 - \lambda_2 N_{B_2} + \lambda_2 N_{M_2} - \lambda_3 e_{x_2} N_{B_2} \quad (1.16)$$

Marginalvärdet för kväve beräknas enligt ekvation 17.

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{M_1}} : -P_N x_1 + \lambda_2 x_1 = 0 \quad (1.17)$$

$$\lambda_2 = \frac{P_N x_1}{x_1} \quad (1.18)$$

$$\lambda_2 = P_N \quad (1.19)$$

eller

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{M2}} : -P_N x_2 + \lambda_2 x_2 = 0 \quad (1.20)$$

$$\lambda_2 = \frac{P_N x_2}{x_2} \quad (1.21)$$

$$\lambda_2 = P_N \quad (1.22)$$

Marginalvärdet för en ytterligare koldioxidekvivalent beräknas enligt ekvation 18.

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{B1}} : x_1 P_{y1} \frac{\partial f(N_{B1})}{\partial N_{B1}} - \lambda_2 x_1 - \lambda_3 x_1 e_{x1} = 0 \quad (1.23)$$

$$P_{y1} \frac{\partial f(N_{B1})}{N_{B1}} - \lambda_2 = \lambda_3 e_{x1} \quad (1.24)$$

$$\lambda_3 = \frac{P_{y1} \frac{\partial f(N_{B1})}{\partial N_{B1}} - \lambda_2}{e_{x1}} \quad (1.25)$$

eller

$$\frac{\partial L(\cdot)}{\partial N_{B2}} : x_2 P_{y2} \frac{\partial f(N_{B2})}{\partial N_{B2}} - \lambda_2 x_2 - \lambda_3 x_2 e_{x2} = 0 \quad (1.26)$$

$$P_{y2} \frac{\partial f(N_{B2})}{N_{B2}} - \lambda_2 = \lambda_3 e_{x2} \quad (1.27)$$

$$\lambda_3 = \frac{P_{y2} \frac{\partial f(N_{B2})}{\partial N_{B2}} - \lambda_2}{e_{x2}} \quad (1.28)$$

Bilaga 2: Produktionsfunktioner

De kalibrerade produktionsfunktionernas värden presenteras för respektive gård (Jonasson, 1993; pers. medd. Mattsson; Brady, 2003).

Tabell 2.1; Konstanterna A, B och C för grödor odlade på Södergården och Västergården.

Södergården	A	B	C
Höstvete	4601,61	44,10	0,1169
Höstraps	1931,14	18,59	0,0394
Malkorn	4374,69	27,90	0,1056
Sockerbetor	50901,83	81,79	0,2077

Västergården	A	B	C
Höstvete	3641,14	39,90	0,0925
Korn	3413,56	33,13	0,0824
Höstraps	1599,39	15,12	0,0327
Havre	3576,60	30,57	0,0864

Bilaga 3: Foderbehov och foderinnehåll

Foderbehovet redovisas för de olika kategorierna av grisar, uppdelat per djur under den tid de är på gården.

Tabell 3.1: Foderbehov (Simonsson, 1994)

Behov	MJ	Råprotein	Lysin	Treonin	Metionin
slaktsvin	2911,3	27,6808	1,74678	1,135407	0,553147
sugga	4883,2	47,908	2,12814	1,66292	0,855876
smågris	571,9	6,1824	0,43288	0,281372	0,140686

Innehållet i de fodermedel som ingår i analysen.

Tabell 3.2: Olika fodermedels innehåll (Simonsson, 2006; pers. medd. Holmberg; pers. medd. Susic; www, Arla, 2009)

Fodermedel	MJ per kg	Råprotein kg/kg	Lysin kg/kg	Treonin kg/kg	Metionin kg/kg
Havre	11,3	0	0,003	0,0026	0,0013
Korn	12,4	0	0,003	0,0031	0,0012
Vete	13,2	0	0,0026	0,0026	0,0021
Åkerböna	12,1	0,206	0,0124	0,007	0,0016
Ärt	12,9	0,178	0,0125	0,0066	0,0018
Blenda 220	10,6	0,36	0,0214	0,0121	0,0048
Kompakt 2527	1,6	0,019	0,0004	0,0004	0,0002
Koncentrat 845	10,6	0,315	0,0318	0,0154	0,0091
Kompakt 8709	4,4	0,129	0,0733	0,0102	0,0179
Solo 330	12,6	0,14	0,0093	0,0053	0,003
Kesovassle	0,825	0,0066	0,0005775	0,0003135	0,0001155
Permeatvassle	2,24	0,00464	0,000192	0,000144	0,000032

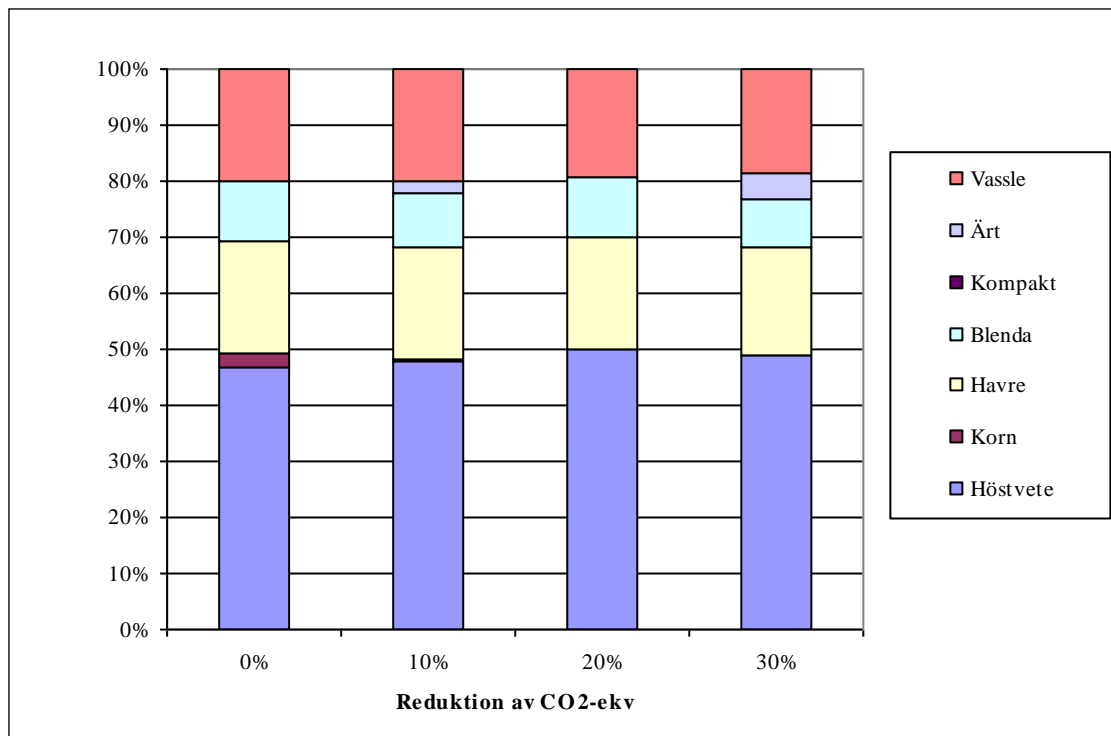
Tabell 3.3 visar sambandet mellan kvävegiva och smältbart protein för havre, vete och korn.

Tabell 3.3: Proteinhalt i förhållande till kvävegiva (N) (Mattsson, 1985; 2004; 2006; pers. medd. Mattsson)

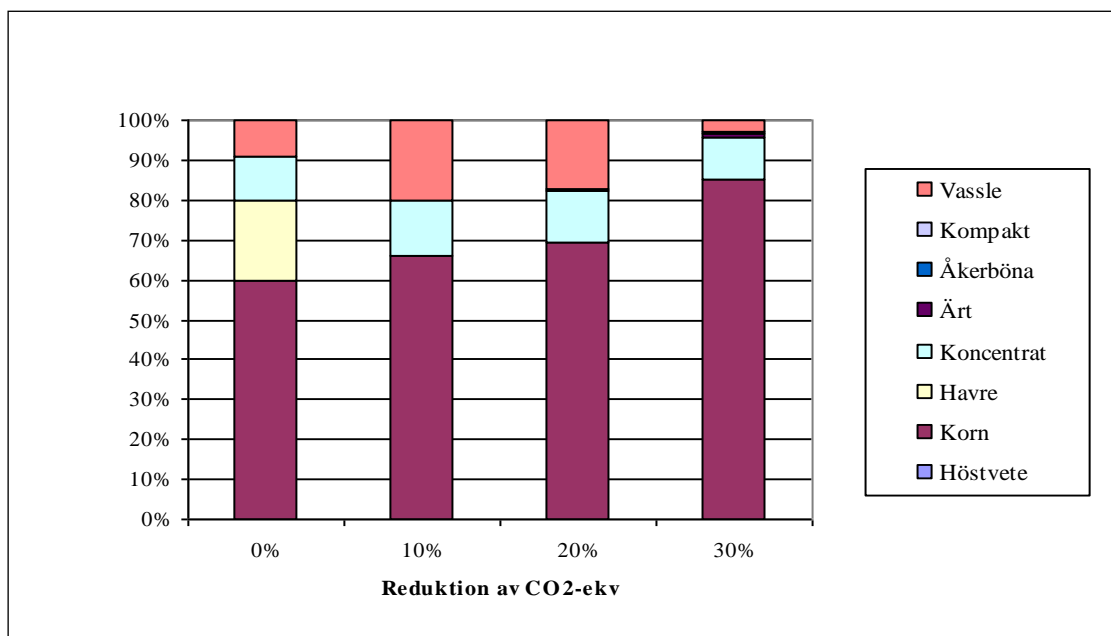
Gröda	kvävehalt	proteinhalt	smältbarhet
Havre	$1,7413 - 0,00036N + 0,000034N^2 - 1,30 \cdot 10^{-7} \cdot N^3$	6,25 %	76 %
Korn	$1,7224 - 0,00104N + 0,000028N^2 - 6,198 \cdot 10^{-8} \cdot N^3$	6,25 %	80 %
Vete	$1,69 - 0,00105622N + 0,00004026N^2 - 1,15 \cdot 10^{-7} \cdot N^3$	5,70 %	84 %

Bilaga 4: Resultat foderstater

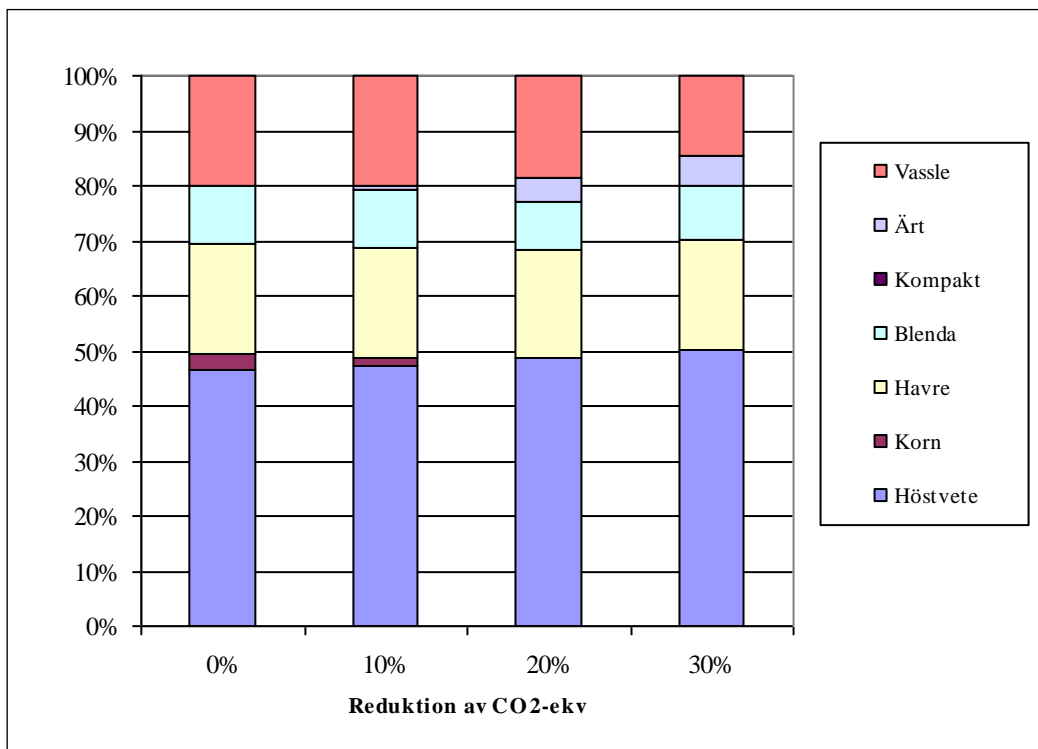
Foderstaterna avser foder i MJ per djur.



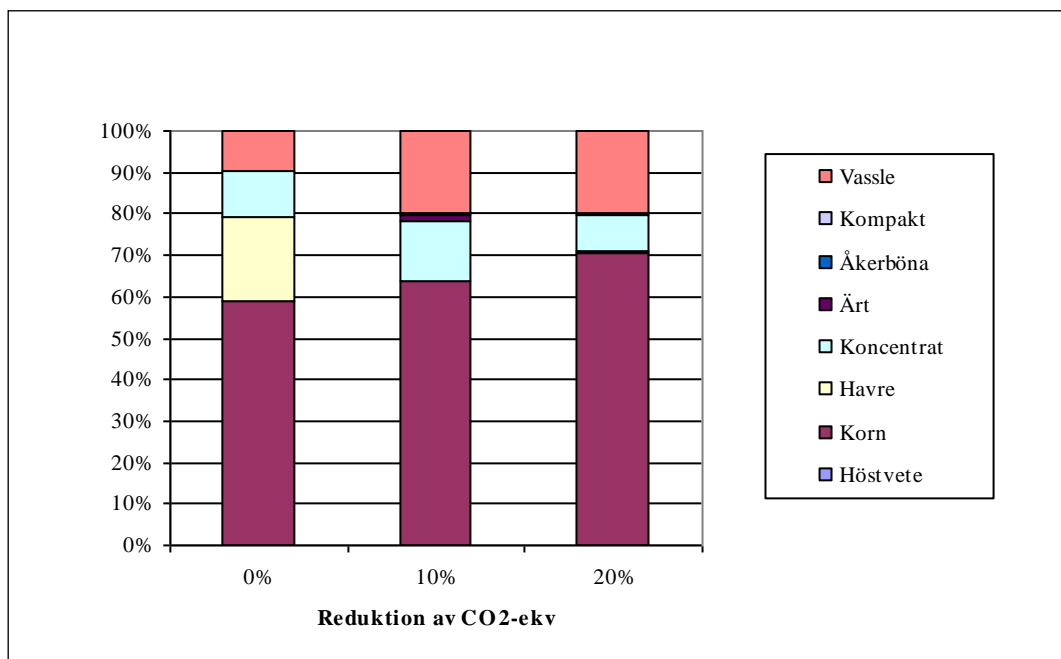
Figur 4.1; Foderstat för suggor för scenariot med antalet suggor fast, inklusive insatsvaror.



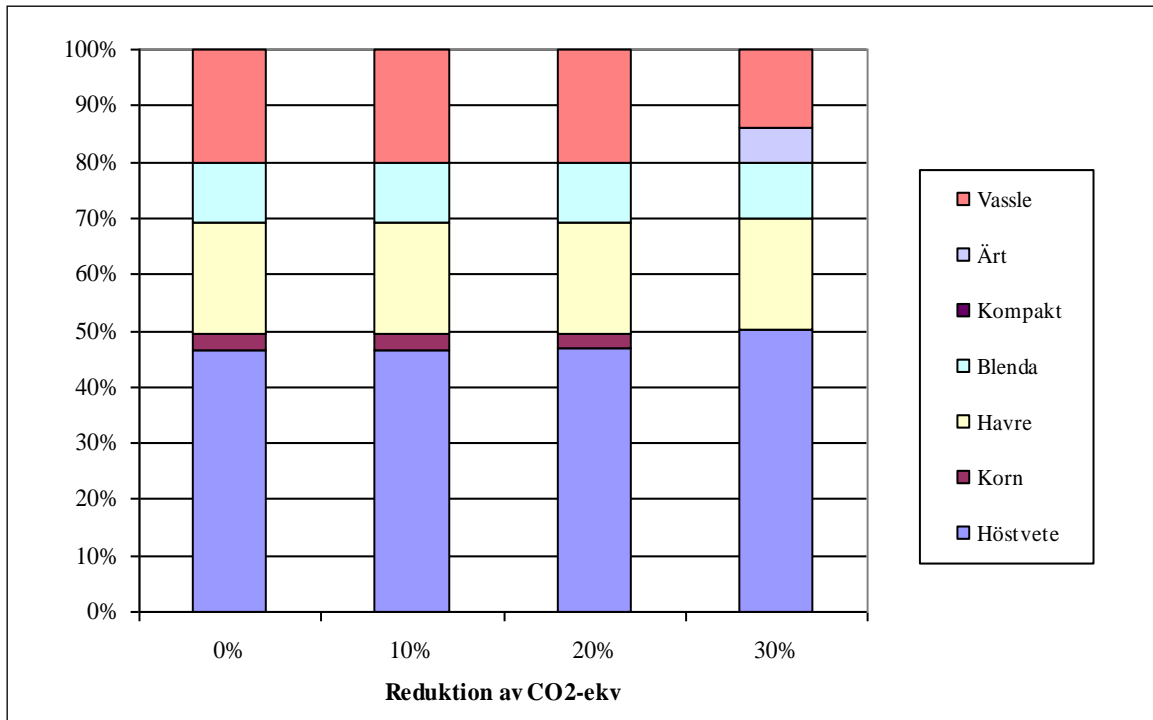
Figur 4.2; Foderstat för slaktsvin för scenariot med antalet suggor fast, inklusive insatsvaror.



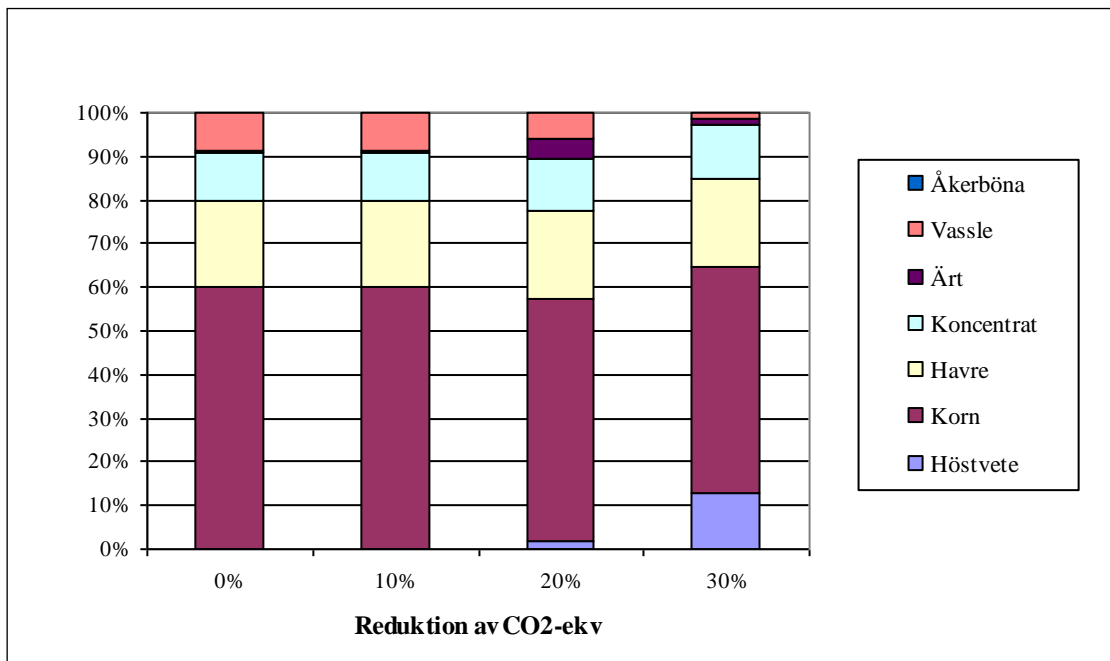
Figur 4.3; Foderstat för sugor för scenariot med antalet sugor fast, exklusive insatsvaror.



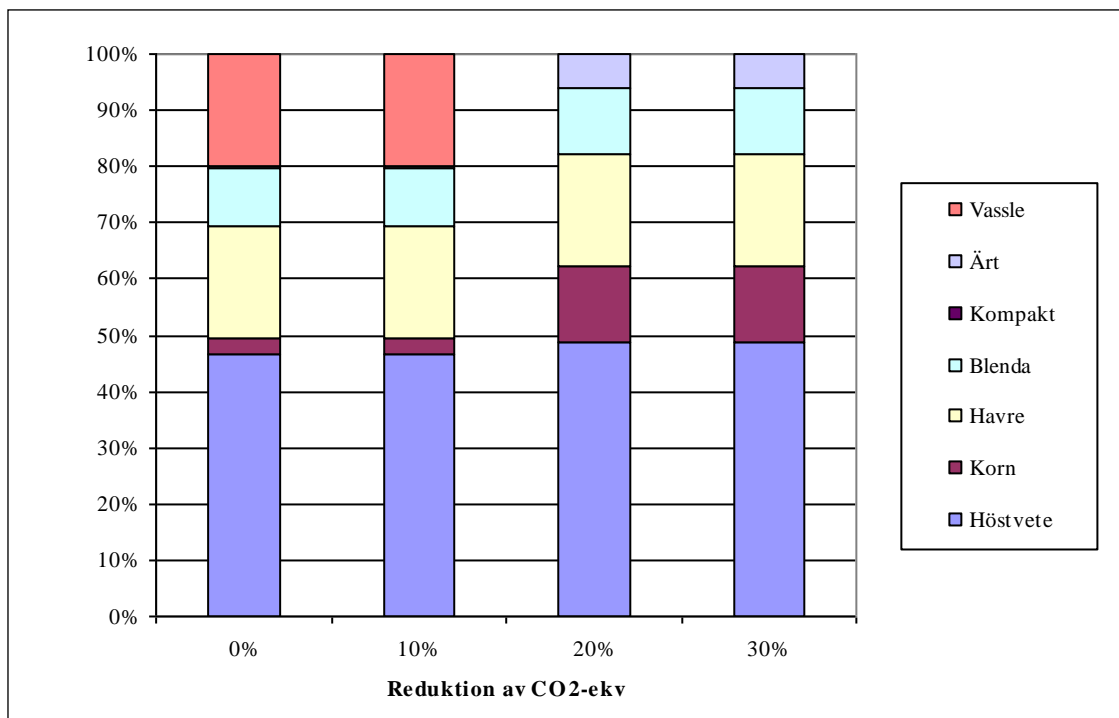
Figur 4.4; Foderstat för slaktsvin för scenariot med antalet sugor fast, exklusive insatsvaror.



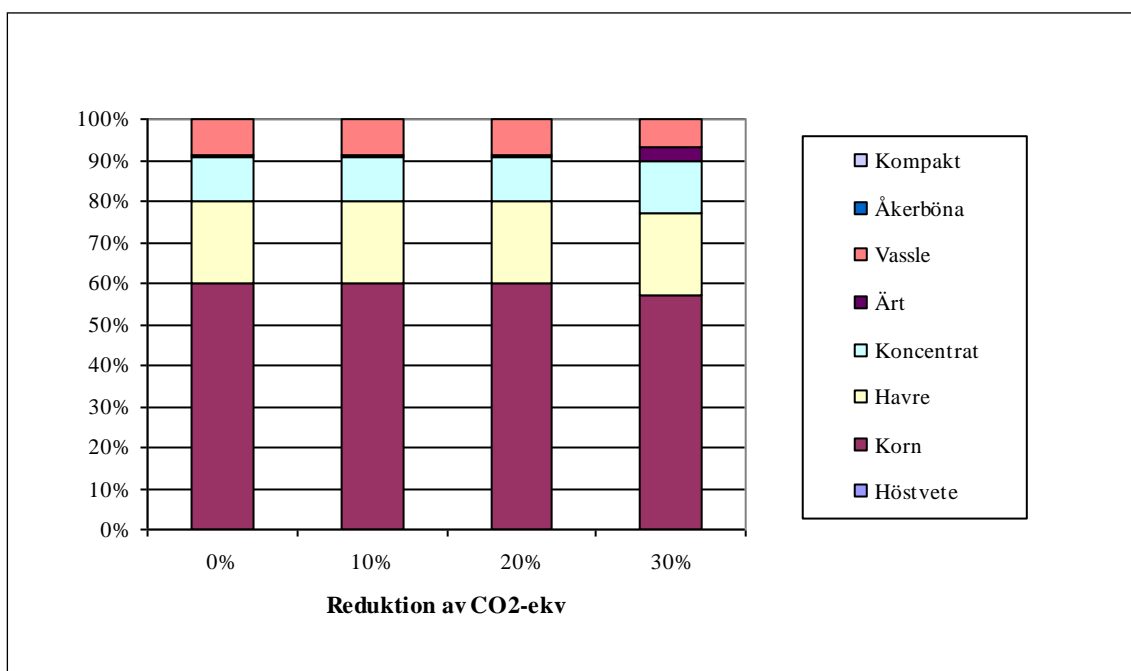
Figur 4.5; Foderstat för suggor för scenariot med antalet suggor rörligt, inklusive insatsvaror.



Figur 4.6; Foderstat för slaktsvin för scenariot med antalet suggor rörligt, inklusive insatsvaror.



Figur 4.7; Foderstat för suggor för scenariot med antalet suggor rörligt, exklusive insatsvaror.



Figur 4.8; Foderstat för slaktsvin för scenariot med antalet suggor rörligt, exklusive insatsvaror.

Bilaga 5: Proteinhalt i höstvetete

Södergården

Tabell 5.1: Proteinhalt i höstvetete för Södergården, inkl. insatsvaror (Mattsson, 2004)

Reduktion av CO ₂ -ekv	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Proteinhalt	11,63	11,40	11,18	10,97	10,46	10,03

Tabell 5.2: Proteinhalt i höstvetete för Södergården, exkl. insatsvaror (Mattsson, 2004)

Reduktion av CO ₂ -ekv	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Proteinhalt	11,63	11,31	11,04	10,41	9,90	9,60

Västergården

Tabell 5.3: Proteinhalt i höstvetete för Västergården, inkl. insatsvaror, antalet suggor fast (Mattsson, 2004)

Reduktion av CO ₂ -ekv	0%	10%	20%	30%
Proteinhalt	11,87	10,98	10,54	10,24

Tabell 5.4: Proteinhalt i höstvetete för Västergården, exkl. insatsvaror, antalet suggor fast (Mattsson, 2004)

Reduktion av CO ₂ -ekv	0%	10%	20%	30%
Proteinhalt	11,87	11,13	10,85	10,30

Tabell 5.5: Proteinhalt i höstvetete för Västergården, inkl. insatsvaror, antalet suggor rörligt (Mattsson, 2004)

Reduktion av CO ₂ -ekv	0%	10%	20%	30%
Proteinhalt	11,87	11,56	11,53	11,44

Tabell 5.6: Proteinhalt i höstvetete för Västergården, exkl. insatsvaror, antalet suggor rörligt (Mattsson, 2004)

Reduktion av CO ₂ -ekv	0%	10%	20%	30%
Proteinhalt	11,87	11,62	11,54	11,39

Bilaga 6: Fosfor- och kaliumbehov

Tabell 6.1; Fosfor- och kaliumbehov där Y motsvarar skörden i ton per hektar (Jordbruksverket, 2008b)

Egonsborg (K-AL-klass 3 och P-AL klass 3)		
<i>Gröda</i>	<i>Fosforbehov</i>	<i>Kaliumbehov</i>
Sockerbetor	$P=(Y-5)/2$	$K=2Y-60$
Malkorn	$P=3Y-5$	$K=5Y-15$
Höstvete	$P=3Y-8$	$K=5Y-15$
Ärtor	$P=3Y-0,5$	$K=10Y-15$
Höstraps	$P=5Y+5$	$K=10Y-10$
Badene (K-AL-klass 4 och P-AL klass 4)		
<i>Gröda</i>	<i>Fosforbehov</i>	<i>Kaliumbehov</i>
Rödklöver	$P=3Y-18$	$K=20Y-120$
Korn	$P=3Y-15$	$K=5Y-25$
Höstvete	$P=3Y-18$	$K=5Y-25$
Havre	$P=3Y-15$	$K=5Y-25$
Höstraps	$P=5Y+5$	$K=10Y-20$
Foderärt	$P=3Y-10,5$	$K=10Y-35$
Bönor	$P=5Y-10$	$K=10(Y-4)$

Pris: 100:- (exkl moms)

Tryck: SLU, Institutionen för ekonomi, Uppsala 2009

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för ekonomi
Box 7013
750 07 Uppsala
Tel 018-67 21 65

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Economics
P.O. Box 7013
SE-750 07 Uppsala, Sweden
Fax + 46 18 673502