



LUND UNIVERSITY

Åkermark som kolsänka

En utvärdering av miljö- och kostnadseffekter av att inkludera gräsvall för biogas i spannmålsrika växtföljder

Björnsson, Lovisa; Prade, Thomas; Lantz, Mikael

2016

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Björnsson, L., Prade, T., & Lantz, M. (2016). *Åkermark som kolsänka: En utvärdering av miljö- och kostnadseffekter av att inkludera gräsvall för biogas i spannmålsrika växtföljder*. Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:
3

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

LOVISA BJÖRNSSON, THOMAS PRADE & MIKAEL LANTZ

ÅKERMARK SOM KOLSÄNKA

EN UTVÄRDERING AV MILJÖ- OCH KOSTNADS-
EFFEKTER AV ATT INKLUDERA GRÄSVALL FÖR
BIOGAS I SPANNMÅLSRIKA VÄXTFÖLJDER

SAMMANFATTNING AV ETT FORSKNINGSPROJEKT VID LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA



LUNDS
UNIVERSITET

INNEHÅLL

ÅKERMARK SOM KOLSÄNKA	3
UTVÄRDERADE OMRÅDEN OCH VÄXTFÖLJDER	4
VÄXTFÖLJDER	5
ENERGIGRÖDOR PÅ ÅKERMARK	6
GRÄSVALL TILL BIOGAS	7
METODER	9
MARKKOLSFÖRÄNDRINGAR	11
KLIMATNYTTA	12
ÖVRIGA MILJÖEFFEKTER	15
VALLPRIS	17
KOSTNAD BIOGASPRODUKTION	18
SAMHÄLLSEKONOMISKT VÄRDE	19
SAMMANFATTNING	20
SLUTSATSER	22
PUBLIKATIONER	23

Under 2014-2016 har tre forskare vid Miljö- och Energisystem, Lunds Tekniska Högskola, arbetat med projektet vid namn *Hållbarhet för vall som biogasgröda – klimat, markanvändning och ekonomi*. I projektet har ett antal aspekter på produktion av biogasvall på åkermark studerats. Det övergripande syftet med denna studie har varit att ta fram fakta som ökar förståelsen för det breda perspektiv som krävs för beslut kring långsiktigt hållbar åkermarksanvändning. Detta ska inspirera till att satsningar på användande av åkermark för produktion av livsmedelsgrödor och energigrödor genomförs på ett långsiktigt hållbart sätt, vilket kan bidra till både en sund samhällsutveckling och till jordbrukets utveckling.

Huvudfinansierare av projektet har varit Göteborg Energis stiftelse för forskning och utveckling och Energimyndigheten (Samverkansprogram Energigasteknik). Västra Götalandsregionen, Region Skåne, Lunds Universitet och Sveriges Lantbruksuniversitet har medfinansierat.

 **Göteborg Energi**

 **Energimyndigheten**

 **VÄSTRA
GÖTALANDSREGIONEN**

 **REGION
SKÅNE**

 **SLU**

 **LUNDS
UNIVERSITET**



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK OCH SAMHÄLLE
MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM
RAPPORT NR 98, MAJ 2016

ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--16/3089--SE + (1-24)
ISBN 978-91-86961-24-4

© BJÖRNSSON, PRADE & LANTZ 2016
FORMGIVNING: JOHAN CEDERVALL
FOTO: LOVISA BJÖRNSSON, THOMAS PRADE &
GÖTEBORG ENERGI
ILLUSTRATIONER: ANNA PERSSON

ÅKERMARK SOM KOLSÄNK

På grund av ökande specialisering, intensifiering och minskad användning av biogödsel har vi idag jordbruksområden där vi förlorar organiskt material från åkermarken. Kolförlusten från mineraljordar har i den senaste svenska klimatrapporeringen uppskattats till att i genomsnitt motsvara 60 kg koldioxidekvivalenter (CO₂-ekv) per hektar och år.¹ Förlusten av markkol från åkermark är inte hållbar på lång sikt, både av klimatskäl och ut markkvalitetsperspektiv, och åtgärder måste förr eller senare vidtas för att bryta denna utveckling. En hållbar användning av åkermark ska ge lägsta möjliga bidrag till växthusgasemissioner samtidigt som livsmedelsproduktionen säkras på lång sikt.

Att vända denna utveckling kräver kraftfulla insatser. I denna studie identifierades svenska odlingsområden med ensidiga och spannmålsdominerade växtföljder där, baserat på resultat från tidigare studier, risken för kolförluster antogs vara hög.² Effekten av att introducera gräsvall studerades på växtföljdsnivå med bas i lokala/regionala förutsättningar och markanvändningshistorik. Ett område i en region med hög djurtäthet med helt andra förutsättningar utvärderades också som jämförelse.

En sådan växtföljdsförändring skulle ge många andra effekter än markkolsförändringar. Målsättningen i denna studie var att anlägga ett brett perspektiv, och följande sex aspekter på förändringen av växtföljderna i spannmålsrika regioner presenteras:

MARKKOLSEFFEKTER

av nuvarande och modifierade växtföljder

KLIMATNYTTA

utvärderad både genom livscykelanalys enligt ISO-standard och metodiken i EUs förnybartdirektiv

ÖVRIG MILJÖPÅVERKAN

utvärderad som effekt på övergödning, försurning och partikelemissioner

EKONOMI

utvärderad ur både lantbrukar- och biogasperspektiv

SAMHÄLLSNYTTA

utvärderad som samhällsekonomiskt värde av sammantagen miljöpåverkan

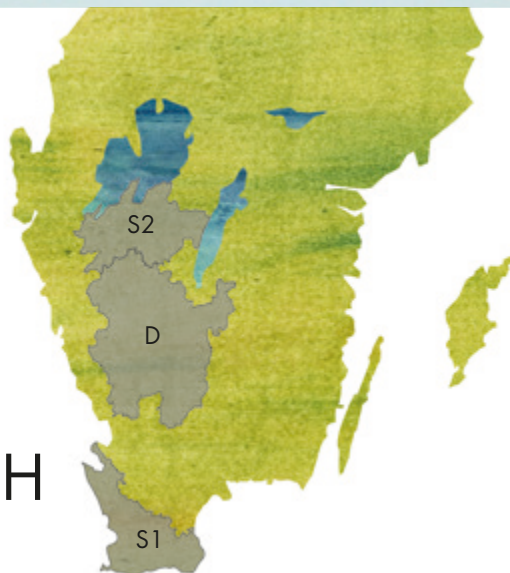
RUMSLIGT PERSPEKTIV

utvärderat som regionala skillnader i resultaten

I denna rapport sammanfattas projektets huvuddrag och resultat. En lista över de publikationer som ligger till grund för rapporten finns på sista sidan. Vi som har arbetat med projektet är Lovisa Björnsson, professor, Thomas Prade, postdoc & Mikael Lantz, biträdande lektor, vid Miljö- och Energisystem, Institutionen för Teknik & Samhälle, Lunds Tekniska högskola.

¹ NATIONAL INVENTORY REPORT SWEDEN 2015. GREENHOUSE GAS EMISSION INVENTORIES 1999-2013. NATURVÅRDSVERKET, STOCKHOLM.
² LOVISA BJÖRNSSON, THOMAS PRADE, MIKAEL LANTZ, PÅL BÖRJESSON, SVEN-ERIK SVENSSON & HÅKAN ERIKSSON. 2013. IMPACT OF BIOGAS CROP PRODUCTION ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS, SOIL ORGANIC MATTER AND FOOD CROP PRODUCTION – A CASE STUDY ON FARM LEVEL. F3 - THE SWEDISH KNOWLEDGE CENTRE FOR RENEWABLE TRANSPORTATION FUELS AND FOUNDATION, GÖTEBORG.

UTVÄRDERADE OMRÅDEN OCH VÄXTFÖLJDER




Två regioner i Skåne och Västra Götaland som karaktäriseras av spannmålsdominerade växtföljder kunde identifieras, och visas som S1 (352 000 hektar åkermark) och S2 (238 000 hektar åkermark) på kartan. Andelen spannmål på åkermark var här högre än 45 % och djurtätheten längre än 0,3 djurenheter per hektar åkermark. Förväntningen var att förluster av markkol skulle förekomma här med nuvarande växtföljd och odlingsmetoder.

Dessutom valdes en djurtät region i Småland ut för jämförande beräkningar, vilket visas som D på kartan. Åkermarksarealen var här 74 000 hektar. Spannmål odlas här på mindre än 15 % av åkermarken, vall på mer än 60 %, och antalet djurenheter var högre än 0,6 per hektar åkermark.

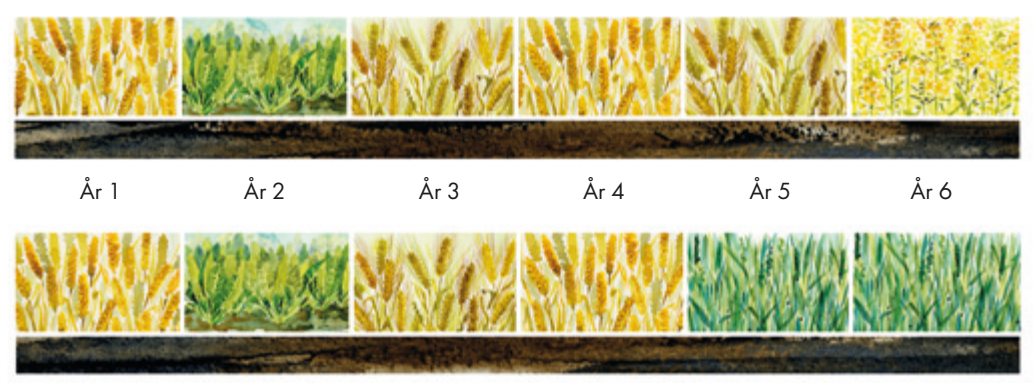
För de utvalda S-regionerna identifierades nuvarande typiska spannmålsdominerade växtföljder baserat på odlingsstatistik för 2010-2014³, totalt omfattande 274 000 hektar. Som tänkta framtidsscenarier, där koltillförseln ökades genom högre tillförsel av odlingsrester, analyserades modifierade växtföljder där tvåårig gräsvall ersatte spannmål eller raps i växtföljden. I D-regionen identifierades en nuvarande fyraårig växtföljd som redan innehöll tre år vall. Här gjordes istället ett antagande om ökad vallproduktion genom intensifiering av nuvarande vallodling.

³ YLVA OLSSON. STATISTISAMMANSTÄLLNING ÖVER ÅKERMARKSANVÄNDNING 2003-2014 PÅ SKÖRDEOMRÅDESNIVÅ. JUNI 2015. STATISTIKENHETEN, JORDBRUKSVERKET.

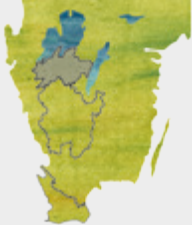
VÄXTFÖLDER



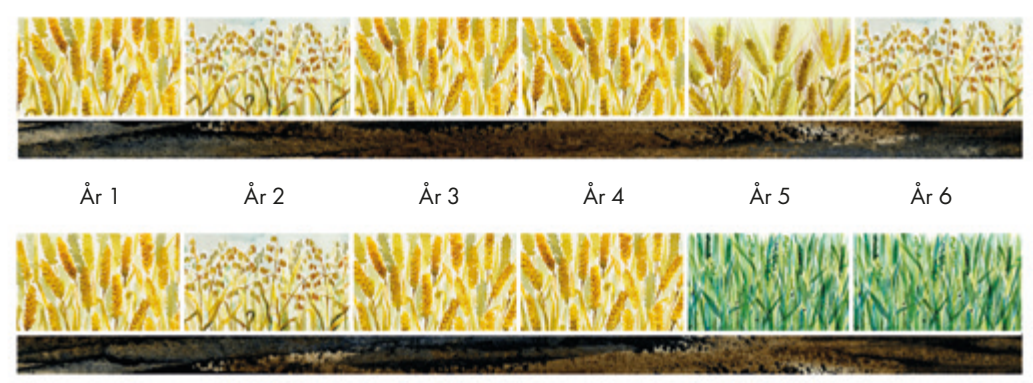
S1
NUVARANDE (ÖVRE)
MODIFIERAD (UNDRE)




År 1 År 2 År 3 År 4 År 5 År 6



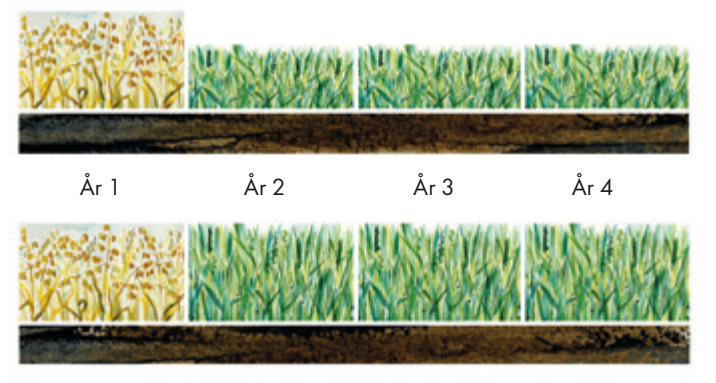
S2
NUVARANDE (ÖVRE)
MODIFIERAD (UNDRE)



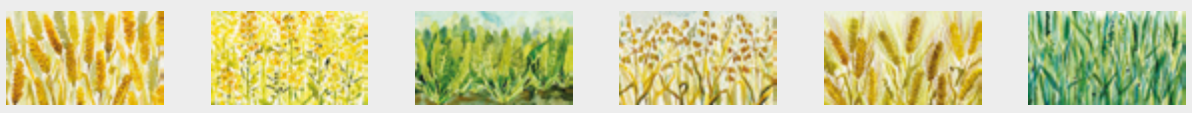
År 1 År 2 År 3 År 4 År 5 År 6



D
NUVARANDE (ÖVRE)
MODIFIERAD (UNDRE)



År 1 År 2 År 3 År 4



Höstvete Höstraps Sockerbeta Havre Vårkorn Gräsvall



ENERGIGRÖDOR PÅ ÅKERMARK

I spannmålsregionerna finns liten avsättning för vall som djurfoder, och gräset antogs istället användas som energigröda för biogasproduktion. Detta val gjordes också för att illustrera den potentiella konflikt som uppstår när energigrödor ersätter livsmedels/fodergrödor på åkermark, och demonstrera vilka för- och nackdelar det kan innebära. När framtida utmaningar i livsmedelsförsörjning diskuteras kritiserar ofta användningen av åkermark för energigrödor, vilket ses som konkurrerande.⁴ Samtidigt måste en framtida livsmedelsförsörjning ske med minimerade växthusgasemissioner, och på ett sätt som är långsiktigt hållbart även vad det gäller markkvalitetsaspekter.

⁴ DIRECTIVE (EU) 2015/1513 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 9 SEPTEMBER 2015 AMENDING DIRECTIVE 98/70/EC RELATING TO THE QUALITY OF PETROL AND DIESEL FUELS AND AMENDING DIRECTIVE 2009/28/EC ON THE PROMOTION OF THE USE OF ENERGY FROM RENEWABLE SOURCES.

GRÄSVALL TILL BIOGAS

I spannmålsregionerna S1 och S2 gjordes antagande om att nya biogasanläggningar byggdes för att drivas med enbart gräsvall som råvara. Två anläggningsstorlekar utvärderades; 24 GWh per år, vilket är en typisk storlek sett till dagens biogasanläggningar, och 48 GWh, för att utvärdera skaleffekten på miljöpåverkan och kostnader.

I djurregionen D används nuvarande vallproduktion till djurfoder, och endast det överskott som producerades genom intensifiering antogs användas för biogasproduktion i det modifierade scenariot. Här modellerades biogasproduktionen på en befintlig anläggning, Sävsjö biogas, som idag drivs med främst gödsel som biogasråvara. Gräs antogs här utgöra komplement till dagens 55 000 ton gödsel vilket medförde en biogasproduktion på 19 GWh per år varav 11 GWh från gräs. Vidare antogs att det endast krävdes mindre tilläggsinvesteringar i inmatningssystemet för att kunna tillföra gräsenilage till anläggningen.

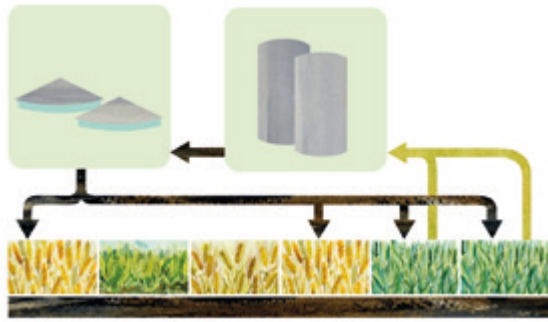
Gräset fälttorkades och exakthackades, och lagrades i plansilos vid biogasanläggningen. Den producerade biogasen antogs användas som drivmedel för bussar eller lastbilar och producerad biogödsel användes i odlingen, vilket ytterligare bidrar till koltillförseln.

Rötresten, den flytande restprodukten efter biogasproduktion, innehåller alla näringsämnen från gräset samt den svårnedbrytbara del av det organiska materialet som inte kunnat brytas ned vid biogasproduktion. Denna antogs återföras till åkermark som biogödsel vår/tidig sommar i höstvetete och gräsvall. Råvarutillförseln och kretsloppet för biogödseln illustreras på nästa sida. Spridningen antogs ske med släpslangspridning med släpfoot vilket gav en begränsad ammoniakavgång i höstvetete. I vall antogs dock förlusterna motsvara 20 % av tillfört ammoniumkväve. Kvarvarande ammoniumkväve antogs ersätta mineralgödsel.

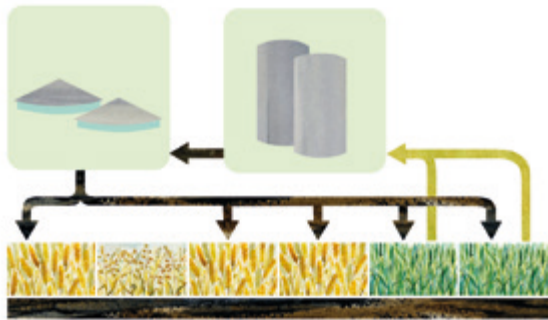
Transportavståndet för både vall till biogasanläggning och rötresten ut för spridning på samma fält beräknades baserat på antagande om en åkerareal som var jämnt fördelad över den totala markarealen, och en biogasanläggning som låg i centrum av ett cirkulärt upptagningsområde. Effekten av gå upp till den större anläggningsstorleken i S1-regionen blev ett ökat transportavstånd från 5 till 7 km enkel väg, för S2-regionen från 8 till 11 km. För D-regionen beräknades transportavståndet på samma sätt till 11 km enkel väg.

Biogasen uppgraderades, komprimerades och transporterades till tankstationer med ett antaget transportavstånd på 50 km enkel väg i spannmålsregionerna och 100 km enkel väg i djurregionen. Vid slutanvändning antogs 1,2 kWh biogas krävas för att ersätta 1 kWh diesel.

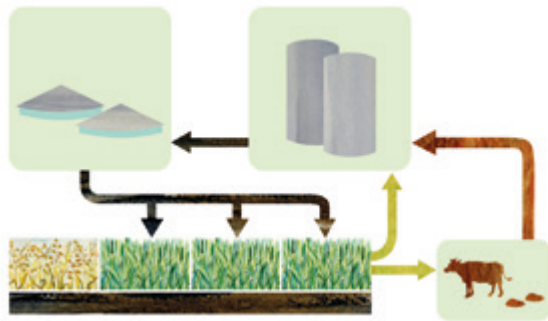
RÅVARA TILL BIOGAS OCH KRETSLOPP FÖR BIOGÖDSEL



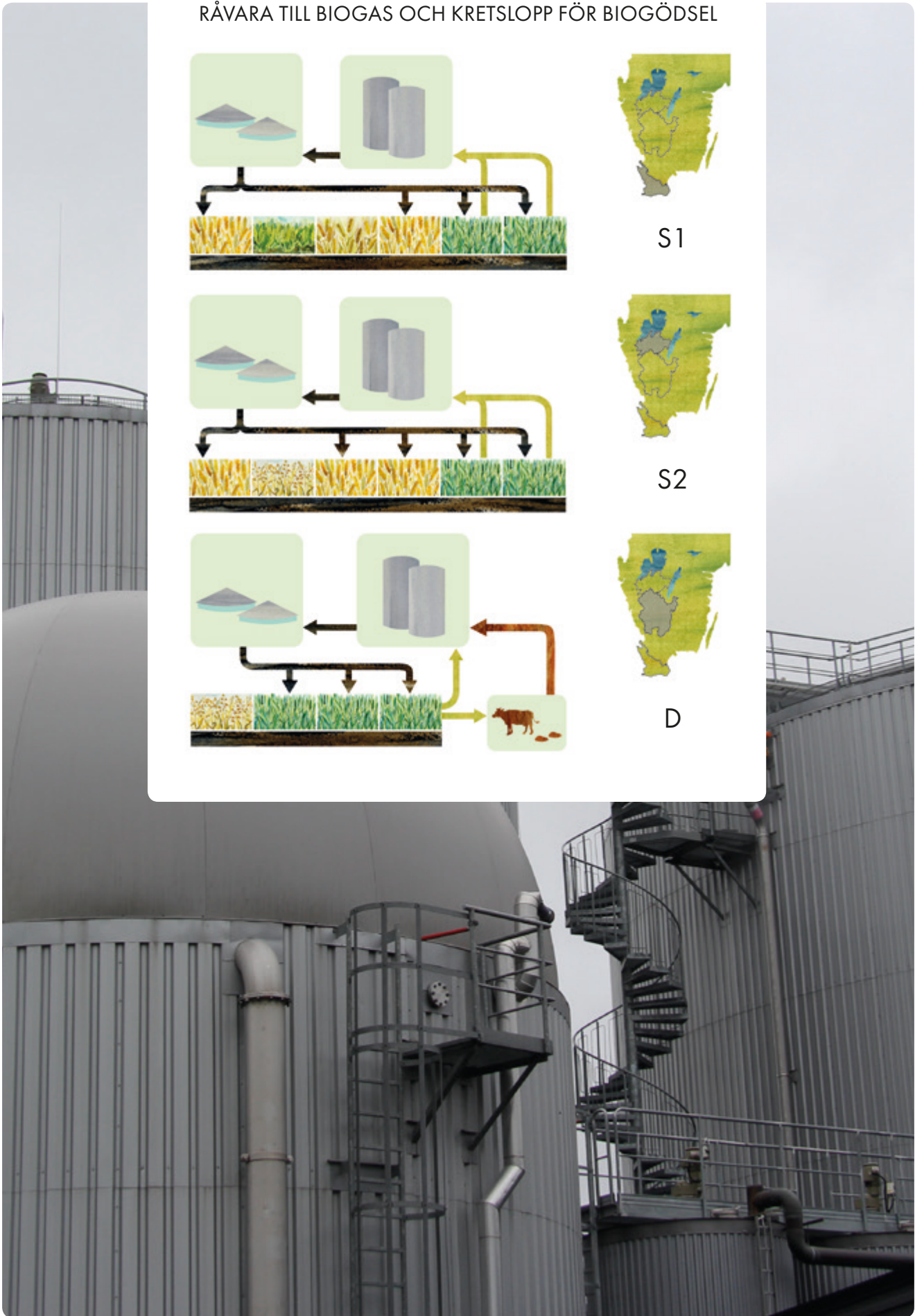
S1



S2



D



METODER

Ett antal olika tillvägagångssätt och metoder har tillämpats i projektet, och några med speciell betydelse för resultattolkningarna beskrivs kort här.

MARKKOLSEFFEKTER

För beräkning av markkols effekt av växtföljdsförändringarna både med och utan tillförsel av biogödsel användes regionspecifika indata, resultat från lokala långliggande odlingsförsök samt en markkolsmodell framtagen inom SLU.⁵

Markkolsförändringar beräknades som mängden kol som på lång sikt tillkom eller frigjordes från marken baserat på mängden kol som tillfördes marken i form av växtrester, gödsel eller rötrest, mängden kol som redan fanns i jorden och andra lokala förutsättningar.

MILJÖPÅVERKAN

Miljöpåverkan beräknades baserat på livscykelanalys (LCA) enligt ISO-standard.⁶ Insatser och emissioner kopplade till energi- eller materialanvändning, emissioner av t ex ammoniak och nitrat, metan och lustgas, samt koldioxid som inte är kopplat till energianvändning utan frisätts eller tags upp vid markkolsförändringar inkluderas. För att ta hänsyn till skillnaden i produkter ut från nuvarande och modifierade växtföljder tillämpades systemutvidgning, där effekten av att vi förlorar produktion av livmedelsgrödor eller att biogasen ersätter diesel utvärderas ur ett miljöperspektiv. Växthusgasemissioner anges som koldioxidekvivalenter (CO₂-ekv) ur ett hundraårsperspektiv.⁷ Dessutom redovisas övergödningspotential (som PO₄³⁻-ekvivalenter), försurningspotential (som SO₂-ekvivalenter) samt emissionen av partiklar.

En alternativ metod användes också för beräkning av växthusgasemissioner, den förenklade beräkningsmetod som standardiseras i EUs förnybarhetsdirektiv (renewable energy directive, EU RED).⁸ Biogas som drivmedel är i Sverige befriat från koldioxidskatt t o m 2020 förutsatt att EUs hållbarhetskriterier för biodrivmedel uppfylls, och ett av kriterierna är att växthusgasemissionen ska vara 60 % (nya anläggningar från 2015) respektive 50 % (befintliga anläggningar efter 2018) lägre än för referensemissionen för fossila drivmedel.

Skillnader mellan EU RED-baserad analys och analys enligt ISO-standard som får stor betydelse i detta arbete är att om produktionen sker på befintlig åkermark ska inte direkta markanvändningsförändringar (dLUC) medräknas. Det betyder att markkolsförändringar som beror på skillnader i koltillförsel mellan grödor inte ska inkluderas.

5 OLOF ANDRÉN & THOMAS KÄTTERER. 1997. ICBM: THE INTRODUCTORY CARBON BALANCE MODEL FOR EXPLORATION OF SOIL CARBON BALANCES. ECOLOGICAL APPLICATIONS, 1997. 7(4): 1226-1236.

6 INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION, ISO. 2006. SS-EN ISO 14044. ENVIRONMENTAL MANAGEMENT – LIFE CYCLE ASSESSMENT – REQUIREMENTS AND GUIDELINES.

7 INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. 2006. GUIDELINES FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES.

8 DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL ON THE PROMOTION OF THE USE OF ENERGY FROM RENEWABLE SOURCES.

EKONOMIBERÄKNINGAR

Det ekonomiska utfallet av de nuvarande och modifierade växtföljderna beräknades från lantbrukarens perspektiv. Kostnader för odling, skörd, hantering och lagring av gräs som biogasråvara beräknades och jämfördes med intäkter från avsalu av grödor respektive biogasråvara. För spannmålsregionerna antogs att det ekonomiska utfallet för ur växtföljds perspektiv inte skulle förändras när gräsvall ersatte livsmedelsgrödor, för att den modifierade växtföljden skulle vara attraktiv för lantbrukare. Priset för gräsvallen beräknades baserat på denna förutsättning, och jämfördes med betalningsförmågan från biogasanläggningens sida.

För djurregionen antogs att produktionskostnaderna för befintlig foderproduktion i den nuvarande växtföljden täcktes av djurproduktionen. Vid en intensifiering av gräsvallproduktionen antogs att foderandelens kostnader för gräsvallen täcktes och att lantbrukare kunde få ca 1 kr per kg torrsubstans (TS) för gräset som biogasråvara. Effekter av detta på det ekonomiska resultatet undersöktes.

Därefter beräknades kostnaden för att producera och distribuera fordonsgas ur biogasproducentens perspektiv. Utöver kostnaden för råvaran inkluderar produktionskostnaden också kapitalkostnader, driftskostnader inklusive processenergi samt kostnader för att distribuera fordonsgasen till slutanvändaren.

Slutligen beräknades lönsamhet i att producera biogas från vall baserat på dagens offentligt tillgängliga marknadspriser samt vilka förändringar som skulle behövas för att nå lönsamhet.

SAMHÄLLSEKONOMISK NYTTA

Litteraturdata för olika samhällsekonomiska värderingar av miljöpåverkan användes för att räkna om miljöpåverkan till samhällsekonomiskt värde. För växthusgasemissioner användes värdet på den svenska CO₂-skatten för 2016, 1,1 kr per kg CO₂, vilket kan anses vara en aktuell värdering från svenska beslutsfattare. För övergödning användes baserat på en rekommendation från Naturvårdsverket ett intervall på 4-74 kr per kg N.⁹

För försurning användes ett intervall på 29-46 kr per kg SO₂.¹⁰ Partikelemissioner har givits olika värdering beroende på om de sker på landsbygd (590 kr per kg) eller i tätort (3 000 till 13 000 kr per kg).¹⁰ Alla emissioner i produktion av grödan och biogasen antogs ske på landsbygd, medan partikelemissioner vid slutanvändning i fordon utvärderades både som om hela emissionen skulle ske på landsbygd och med ett medelvärde för mindre tätorter (4 500 kr per kg). De slutresultat som presenteras här är exempel där all miljöpåverkan antingen värderas till lägsta eller till högsta samhällsekonomiska värdet.

9 MONETÄRA SCHABLONVÄRDEN FÖR MILJÖFÖRÄNDRINGAR. 2009. NATURVÅRDSVERKET, STOCKHOLM. UPPRÄKNAT TILL 2016-ÅRS PENNINGVÄRDE.

10 ANALYMETOD OCH SAMHÄLLSEKONOMISKA KALKYLVÄRDEN FÖR TRANSPORTSEKTORN: ASEK 6.0. 2016. TRAFIKVERKET, BORLÄNGE.

MARKKOLSFÖRÄNDRINGAR

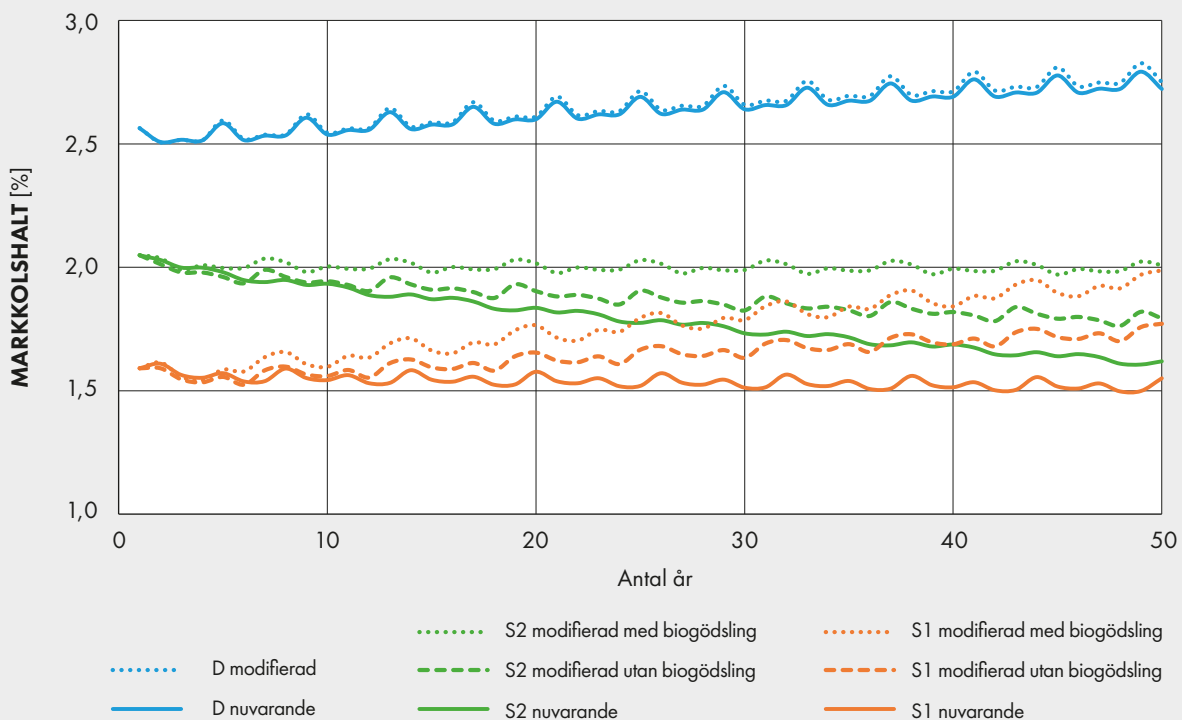
Figur 1 visar resultatet för markkolsutvecklingen över tid i nuvarande växtodling (heldragna linjer). För spannmålsregionerna visas sedan dels effekten av enbart gräsvall integrerad i växtföljden (streckad linje), och det ytterligare bidraget av att biogödseln som blir kvar efter biogasproduktion från vallen återcirkuleras till odlingen (prickad linje).

Beräkningarna visar att vi i nuvarande växtföljd tappar kol från åkermarken i en omfattning som för växtföljden i Västra Götalandsområdet motsvarar ett ton CO₂-ekv per hektar och år. Det motsvarar nära 4 gånger så stort växthusgasbidrag som dieselanvändningen i samma odling. I Skåneområdet är kolförlusten i utgångsläget betydligt lägre, 0,14 ton CO₂-ekv per hektar och år, men ändå mer än dubbelt så stor som för mineraljordar i snitt i landet. Skillnaden beror både på att mängden markkol från början är lägre, och på att tillförseln av odlingsrester är högre.

Markkolsutvecklingen kan dock i de modifierade scenarierna vändas, i Västra Götaland till nära neutralt (Figur 1, S2 modifierad med biogödsling), att dagens markkolshalt kan bibehållas. I Skåne blir resultatet att åkermarken blir en kolsänka, att kol här binds in i en omfattning motsvarande 0,9 ton CO₂-ekv per hektar och år (Figur 1, S1 modifierad med biogödsling).

I D-regionen har vi en ökande markkolshalt redan i utgångsläget, och intensifieringen och den ökade biogödseltillförseln i det modifierade scenariot ger bara en obetydlig effekt på markkolsinbindningen.

FIGUR 1. MARKKOLSUTVECKLING



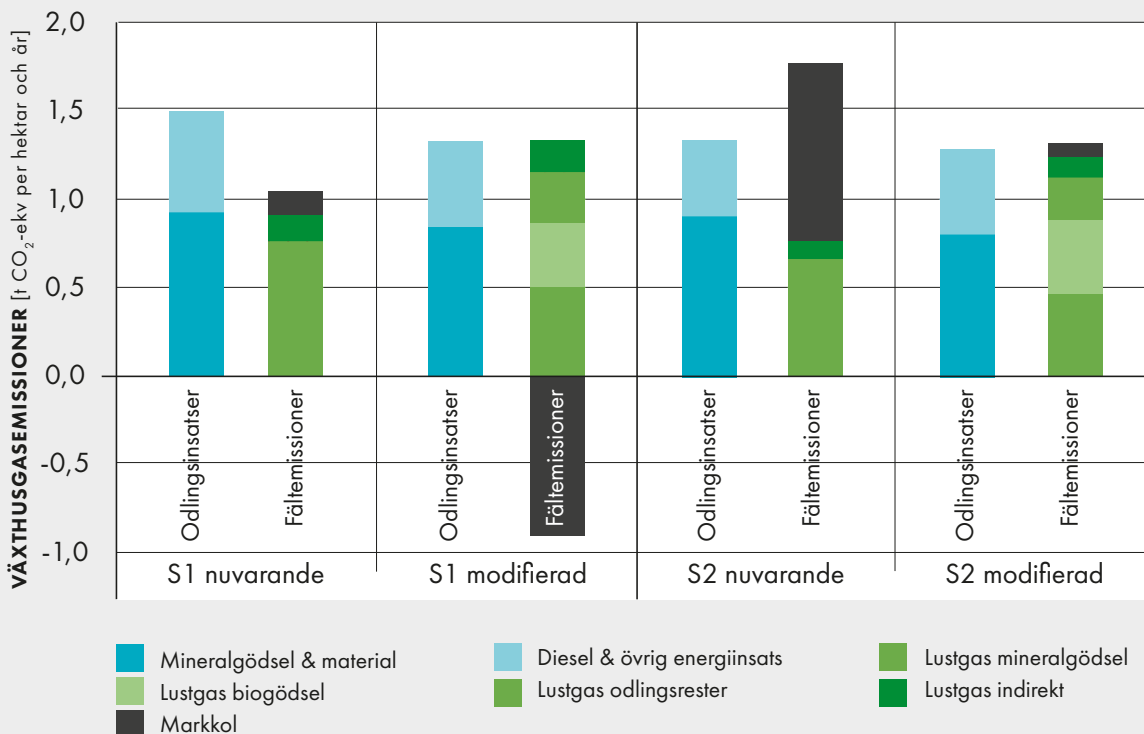
KLIMATNYTTA

KlimatpÅverkan i odling visas i Figur 2 fÅr nuvarande och modifierade vÅxtfÅljderna i spannmÅlsregionerna. Markkolsutvecklingen i Figur 1 visas hÅr som ett Årligt upptag (marken fungerar som kolsÅnka, negativa vÅrden) eller utslÅpp av vÅxthusgaser. Alla vÅrden visas som en snittemission per hektar Åver hela vÅxtfÅljden.

Lustgasemissioner utgÅr en stor del av emissionerna i odling. Lustgas bildas nÅr kvÅve i olika former tillfÅrs Åkermarken, och nÅr bÅde biogÅdsel och kvÅverika odlingsrester frÅn grÅsvallen tillfÅrs i de modifierade scenarierna blir den totala emissionen av lustgas hÅgre. Å andra sidan bidrar bÅde biogÅdslingen och odlingsresterna frÅn grÅsvallen till markkolsuppbbyggnad, vilket ger en minskad (S2) eller undviknen (S1) emission. Bidraget frÅn vallens odlingsrester och biogÅdslingen med rÅtresten ger dÅrfÅr en sammantaget minskad emission av vÅxthusgaser.

FÅrÅndringarna i Åvriga insatser i odling (diesel, mineralgÅdsel mm) minskar i de modifierade scenarierna, men fÅrÅndringen År relativt liten.

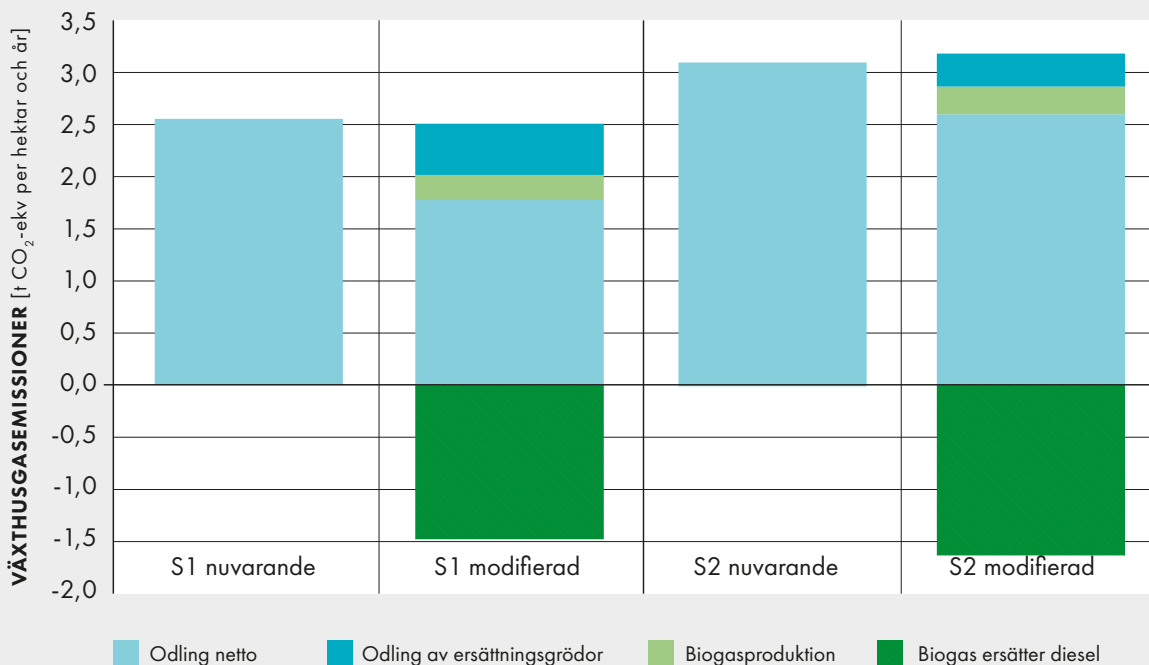
FIGUR 2. KLIMATPÅVERKAN I ODLING



Nettoemissionen från odling visas i Figur 3. En övergång från de nuvarande till de modifierade scenarierna ger en klimatnytta, en undviken emission, på 0,8 (S1) respektive 0,5 (S2) t CO₂-ekv per hektar och år. I Figur 3 läggs emissionen från biogasproduktion och effekten av systemutvidgning (där producerad biogas ersätter diesel och minskad produktion av grödor ska kompenseras genom odling på annan plats i regionen) till för de modifierade scenarierna. Dessa emissioner utgör netto klimatnytta, en undviken emission, på 0,7 (S1) respektive 1,1 (S2) t CO₂-ekv per hektar och år. Det sammantagna resultatet, dvs skillnaden i emission vid en övergång från nuvarande scenario och det modifierade i Figur 3, är en klimatnytta på 1,5 -1,6 ton CO₂-ekv per hektar och år (Tabell 1). I Tabell 1 redovisas även resultatet beräknat med ISO-metodiken men angivet per MJ producerat biodrivmedel.

Detta kan jämföras med emissionen per MJ biodrivmedel beräknat med metodiken som specificeras i EU RED. EU RED-resultaten visas uppdelat per år för vallen eftersom det är skillnad mellan ett fullt produktionsår och det år vallen bryts, och visas även för de tre produktionsåren med vall i D-regionen.

FIGUR 3. TOTAL KLIMATPÅVERKAN



Beräkningsmetoden i EU RED bygger på en förenklad analys där inte växtföljdspektiv eller hänsyn till markkolsförändringar baserade på skillnader mellan grödor på åkermark vägs in. Gräsvall bidrar med viktig markkolsinbindning, vilket framgår av den ISO-baserade analysen (Figur 2). I en RED-baserad beräkning exkluderas dock denna aspekt, och vall ger som bäst ger en utsläppsminskning på 62 % jämfört med fossil referens (S1 för gräsvall år 5, Tabell 1). Kravet i EU RED idag är att reduktionen ska vara 60 % för anläggningar som tags i drift från 2015. Vall det året vällen bryts klarar inte detta. Detta beror huvudsakligen på att bidraget till lustgasemission från kväverika odlingsrester räknas in, men klimatnyttan från bidraget till markkolsupbyggnad exkluderas. Detta gör att beräkningen enligt EU RED i detta fall inte speglar den verkliga klimatnyttan, och blir kraftigt missvisande. Det skulle gå att modifiera odling och process i både S1 och S2-regionen så att genomsnittsvallen skulle klara en 60-procentig reduktion, t ex genom att byta ut diesel i odling (motsvarar 5 g CO₂-ekv per MJ) mot förnybara drivmedel, eller genom att minimera metanläckaget vid biogasproduktion (motsvarar 3 g CO₂-ekv per MJ).

För djurregionen, där gräsvallen antas tillföras en befintlig anläggning för produktion av biodrivmedel, klaras det kommande kravet på 50 % reduktion. Även här skulle råvaran kunna klara en 60-procentig reduktion, t ex genom att diesel i odling (motsvarar 5-6 g CO₂-ekv per MJ) ersattes av förnybara drivmedel.

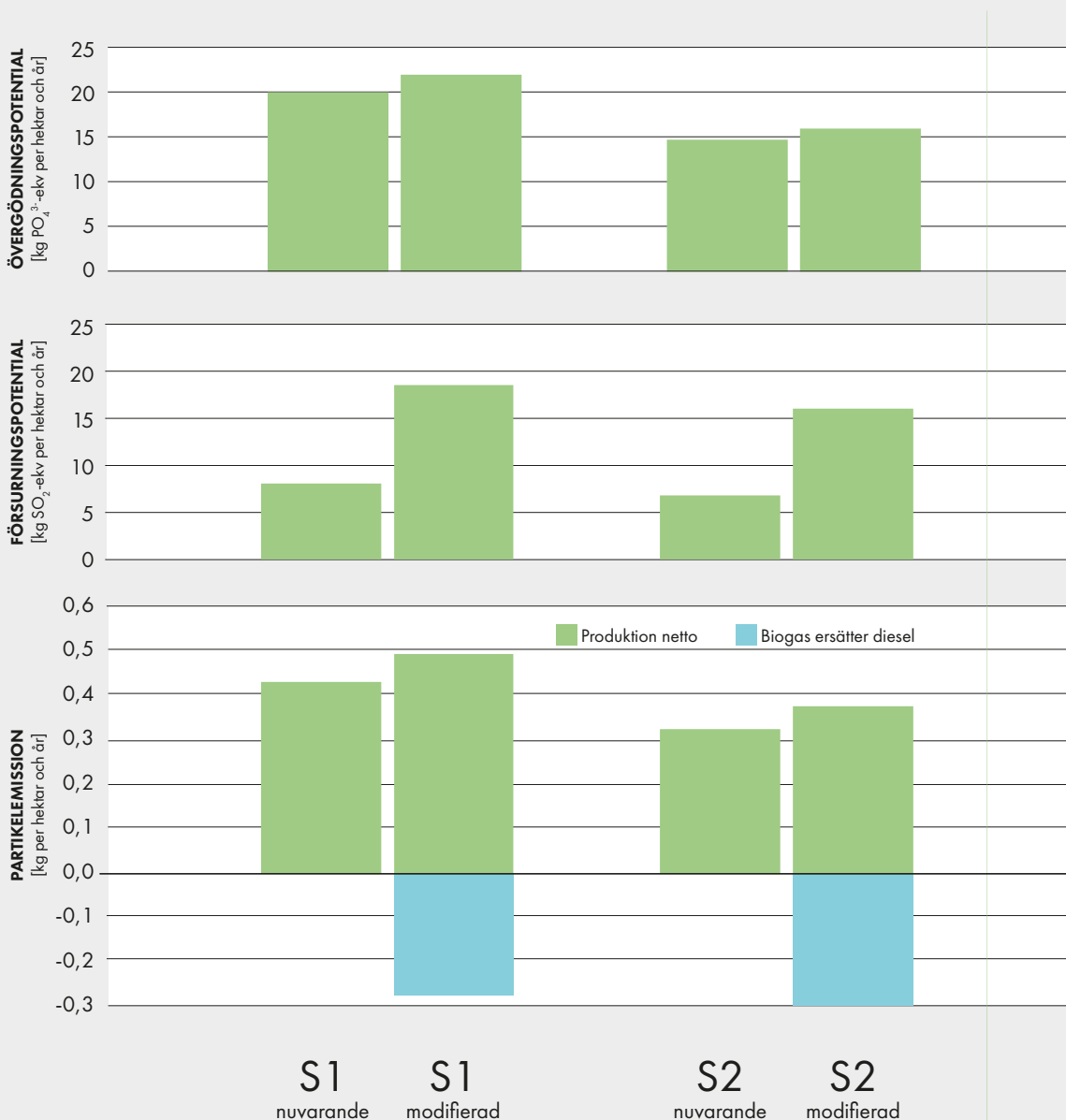
TABELL 1. VÄXTHUSGASEMISSIONER.
SKILLNAD I RESULTAT MED OLIKA BERÄKNINGSMETODER.

	S1			S2			D		
	ISO	EU RED		ISO	EU RED		EU RED		
		År 5	År 6		År 5	År 6	År 2	År 3	År 4
† CO ₂ -ekv per hektar och år	-1,5			-1,6					
g CO ₂ -ekv per MJ	-2,0	32	43	2,9	38	44	38	37	38
% reduktion		-62%	-49%		-55%	-48%	-55%	-55%	-55%

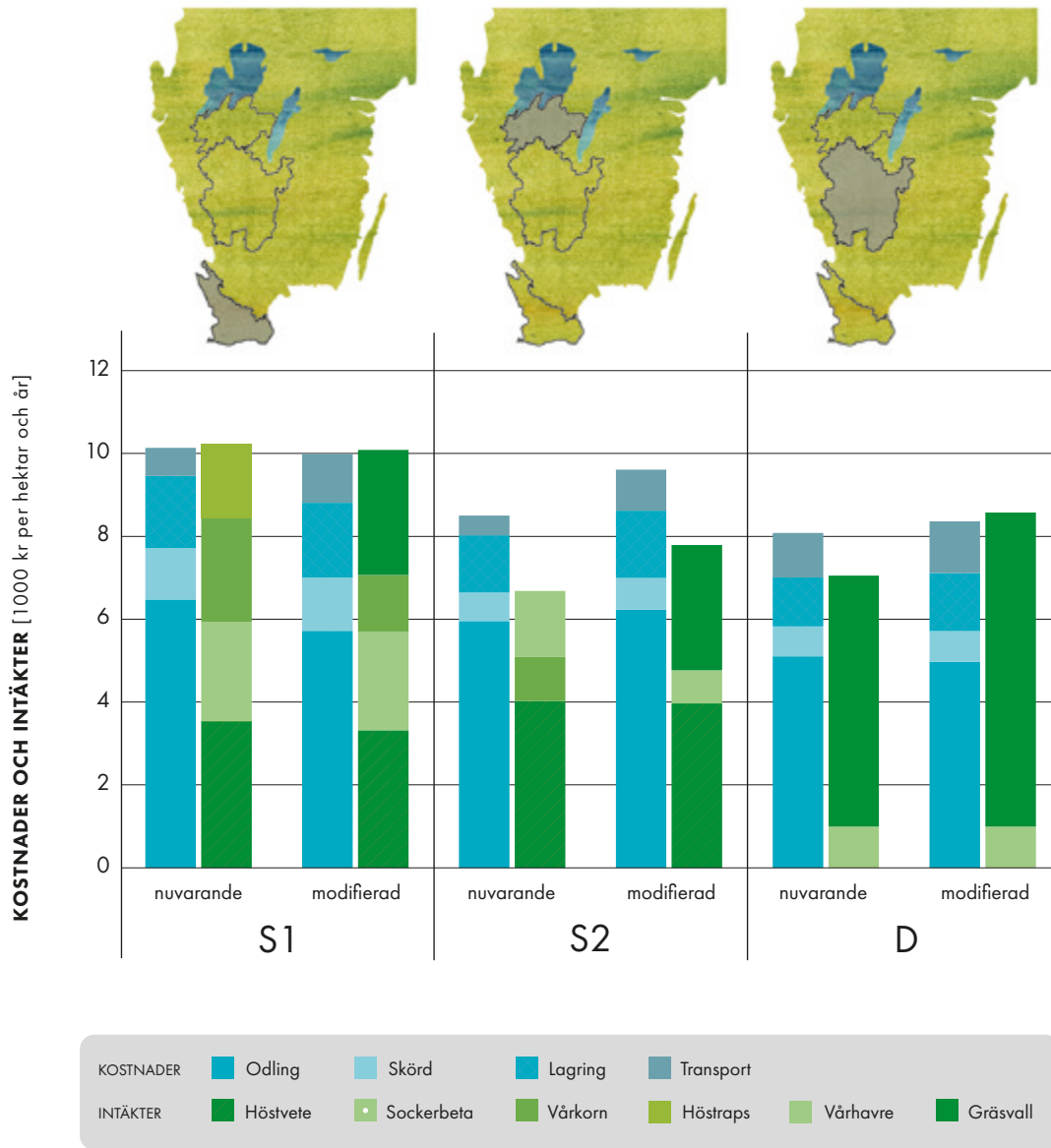
ÖVRIGA MILJÖEFFEKTER

Den livscykelanalys (LCA) som genomfördes visade även på andra förändringar i miljöpåverkan, som att partikelemissionerna skulle öka i produktionen, men minska då biogasen ersatte diesel och ge en minskning totalt sett. Introduktionen av gräs i växtföljderna minskade nitratläckaget från åkermarken, men den ökade biogödslingen ökade emissioner av ammoniak till luft, vilket gav ett ökat bidrag till både övergödning och försurning. Modifieringen är alltså inte entydigt positiv ut miljöperspektiv, vilket demonstrerar vikten av att anlägga ett brett perspektiv för att utvärdera miljöpåverkan.

FIGUR 4. PÅVERKAN PÅ ÖVERGÖDNING, FÖRSURNING OCH PARTIKELEMISSIONER



FIGUR 5. KOSTNADER OCH INTÄKTER FÖR UTVÄRDERADE VÄXTFÖLJDER



VALLPRIS

I de undersökta spannmålsregionerna kan ett miljöstöd om 500 kr per ha erhållas för vallodling, där syftet är att stimulera hållbar odling och minska läckaget av växtnäring, men vall odlas trots detta endast på en mindre del av åkermarken. Vi undersökte vilket pris för gräset som skulle krävas för bibehållen intäkt jämfört med nuvarande växtföljd, vilket skulle kunna vara ett incitament för lantbrukaren att införa vallodling även om man inte skulle tillskriva den långsiktiga markkolsökningen i sig ett ekonomiskt värde. Miljöstödet för vallodling inkluderades inte i beräkningen eftersom ett villkor är att vallen ligger minst 3 år.

Produktionskostnaderna per hektar och år som snittkostnad för växtföljden visas i Figur 5 (blå staplar). Kostnaderna dominerades av odlingskostnaderna, medan skörd, transport samt lagring av biogassubstrat utgjorde ca en tredjedel av de totala kostnaderna. I de modifierade växtföljderna ökade transportkostnaden, medan odlingskostnaderna sjönk något eftersom mineralgödseln delvis ersatts av biogödsel.

Intäkterna visas i samma figur (Figur 5, gröna staplar). Priset som krävdes för att få samma vinst i växtföljden för vall som levereras till den större biogasanläggningen (48 GWh) omräknat per torrsbstans (TS) skördad vall blev 1,14 kr per kg TS i region S1 och 1,04 kr per kg TS i region S2. Prisminskningen på grund av det kortare transportavståndet till den mindre anläggningen (24 GWh) var mycket liten, priset blir där 1,13 respektive 1,02 kr per kg TS i S1 respektive S2.

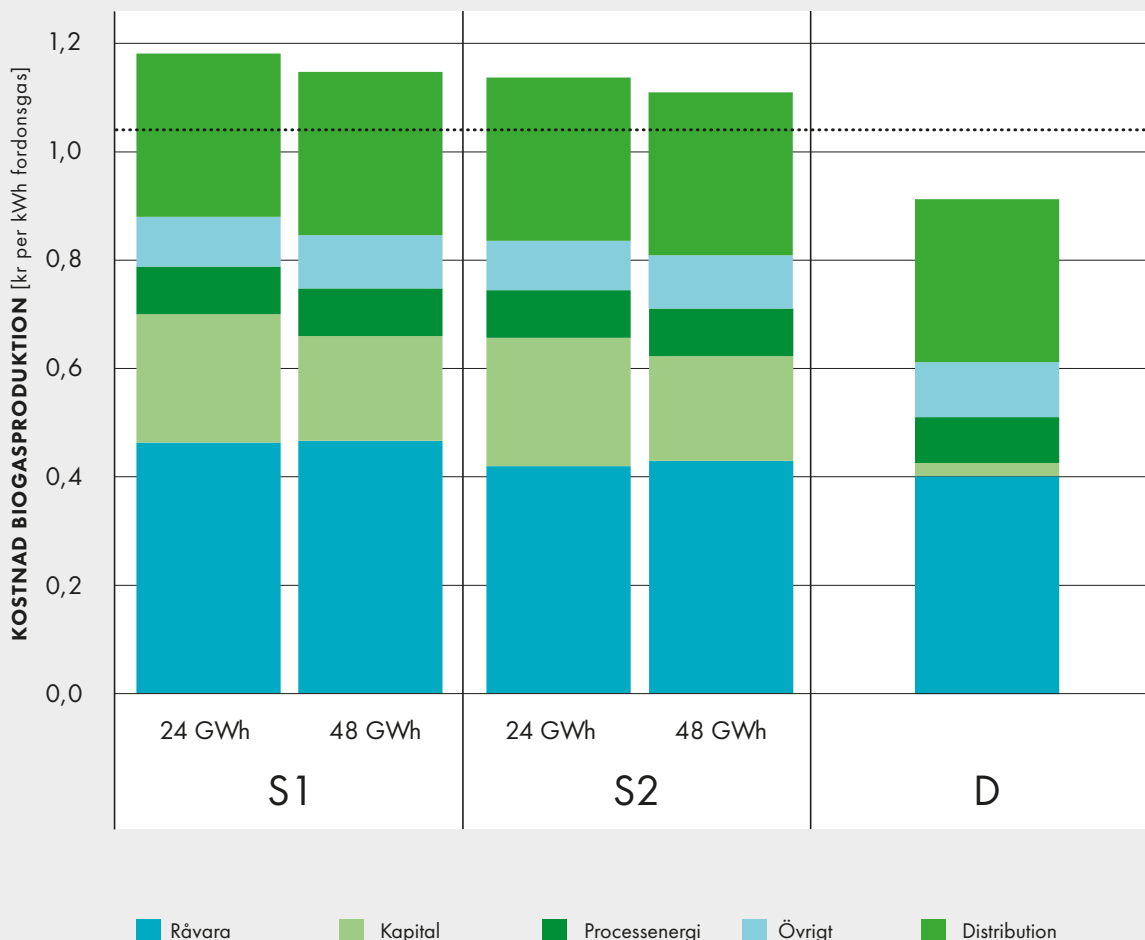
I djurregionen ökade transport och lagringskostnaderna något i den modifierade, intensifierade, växtföljden (Figur 5). I djurregionen beräknades inte ett pris baserat på bibehållen intäkt på samma sätt som för spannmålsregionerna, utan ersättningen för biogassubstratet antogs vara ca 1 kr per kg TS, vilket skulle leda till ett förbättrat ekonomiskt resultat i odling.

KOSTNAD BIOGASPRODUKTION

De beräknade vallpriserna användes som råvarupriser vid biogasproduktion, och en kostnad för den producerade biogasen beräknades (Figur 6). Skalfördelarna gör att den större produktionsanläggningen når en lägre produktionskostnad i de båda spannmålsregionerna. Kostnaden är dock högre än det bedömda marknadspriset på 1,04 kr per kWh fordonsgas (streckad linje, figur 6). Det krävs dock inga dramatiska förändringar för att nå lönsamhet. För den större anläggningen i S2 krävs till exempel en prisökning för gasen på endast 6 %. För att nå lönsamhet genom att minska kostnaden för råvaran krävs istället en minskning med cirka 20 %. En förutsättning för ovanstående beräkningar är att biogasen är fortsatt skattebefriad.

I djurregionen är förutsättningarna helt annorlunda och den beräknade produktionskostnaden för biogasen är lägre än marknadspriset. Orsaken är främst att detta rör sig om en befintlig anläggning där det antas finnas utrymme för att tillföra ytterligare råvaror. Produktionen har därför endast belastats med kapitalkostnaderna för de antagna tilläggsinvesteringarna. Det bör dock påpekas att det inte gjorts någon djupare analys av vilka tilläggsinvesteringar som kan komma att krävas vid anläggningen.

FIGUR 6. PRODUKTIONSKOSTAD BIOGAS



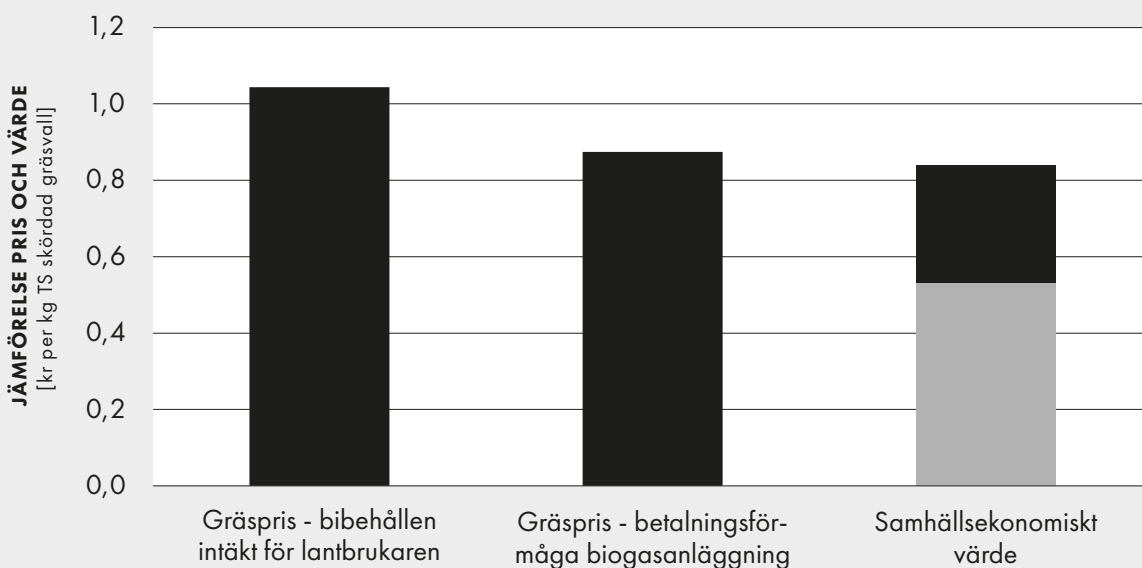
SAMHÄLLSEKONOMISKT VÄRDE

Det sammantagna samhällsekonomiska värdet av miljöeffekten av en övergång från nuvarande spannmålsdominerade växtföljder till den modifierade växtföljden där gräsvall används för biogasproduktion utvärderades för spannmålsregionerna. Värdet uppgick till 1 500 – 2 500 kr per ha (i hela den studerade växtföljden) med små skillnader mellan regionerna. Värdet på växthusgasemissioner hölls konstant i nivå med koldioxidskatten, medan övriga miljöeffekter värderade till antingen lägsta eller högsta samhällsekonomiska värdet i det undersökta intervallet. Det samhällsekonomiska värdet är positivt trots den negativa miljöeffekten till övergödning och försurning.

För att möjliggöra en jämförelse har även det samhällsekonomiska värdet räknats om till ett värde per skördad TS gräsvall. Exemplet är beräknat för spannmålsregion S2 vid en produktionsanläggning för 48 GWh per år (Figur 7). Figuren visar det beräknade priset, det pris som biogasanläggningen skulle kunna betala för gräsvall vid nuvarande gaspris och det samhällsekonomiska värdet utslaget per skördad TS gräsvall.

Som figuren visar finns det ett glapp mellan det pris lantbrukaren skulle behöva för att bibehålla nuvarande intäkt i växtföljden och det pris biogasanläggningen kan betala vid dagens gaspris. Det höga samhällsekonomiska värdet visar dock att det är samhällsekonomiskt motiverat att uppmantra den föreslagna förändringen baserat på de aspekter som har utvärderats i denna studie. Värdet av markkolshöjning eller bevarande av markkol för ökad eller bibehållen markbördighet har då ändå inte värderats ur samhällsekonomiskt perspektiv. Dock är betalningsförmågan för gräset beräknat med antagande om att den producerade biogasen är befriad från CO₂-skatt. Detta är en samhällsekonomisk värdering som redan kommer det analyserade systemet tillgodo, och värdet av denna skattebefrielse beräknat per kg TS skördat gräs visas i den grå stapeln (Figur 7).

FIGUR 7. JÄMFÖRELSE PRIS OCH VÄRDE



SAMMANFATTNING

På grund av ökande specialisering, intensifiering och minskad användning av biogödsel har vi i Sverige idag regioner där vi tappar organiskt material i åkermarken. Effekterna av att förändra växtföljderna i två regioner med ensidig spannmålsdominerad växtföljd till att inkludera gräsvall under 2 av 6 år studerades. Vallen antogs användas som energigröda för biogasproduktion.

En jämförande beräkning genomfördes även för en djurrik region där gräsvallsodling redan är vanligt förekommande.

MARKKOLSEFFEKTER

Markkolsutvecklingen kunde vändas genom att införa gräsvall på det sätt som undersöktes, i Skåne till att göra åkermarken till en kolsänka, i Västra Götaland till att dagens markkolshalt kunde bibehållas.

KLIMATNYTTA

Att introducera gräs i växtföljden på den åkermark som idag omfattas av spannmålsväxtföljden i dessa regioner, 274 000 ha, skulle kunna bidra med 1,9 TWh biogas, vilket är mer än hela dagens produktion i landets biogasanläggningar (1,6 TWh 2014). Klimatnyttan av kolinbindningen i åkermark skulle motsvara 0,2 miljoner ton CO₂-ekvivalenter per år, och användningen av biogasen som ersättning för diesel skulle ge en ytterligare lika stor utsläppsreduktion.

ÖVRIG MILJÖPÅVERKAN

Den LCA som genomfördes visade även på andra förändringar i miljöpåverkan, som att partikelemissionerna skulle öka i produktionen, men minska då biogasen ersatte diesel och ge en minskning totalt sett. Introduktionen av gräs i växtföljderna minskade kväveläckaget, men den ökade biogödslingen gav ett ökat bidrag till både övergödning och försurning. Förändringen är alltså inte entydligt positiv, vilket visar hur viktigt det är att anlägga ett brett perspektiv för att utvärdera miljöpåverkan.

EKONOMI

Vi undersökte vilket pris för gräset som skulle krävas för bibehållen intäkt jämfört med nuvarande växtföljd. Med nuvarande gaspriser skulle gräs under dessa förutsättningar vara för dyr som biogasråvara, det skulle krävas en minskning av råvarupriset med 20 % eller en ökning av gaspriset med 6 % för att få en lönsam produktion ur biogasperspektiv. En förutsättning skulle också vara att produktionskedjan uppfyller kraven på 60 % reduktion av växthusgasemissioner som gäller för nya anläggningar från och med 2015. Detta är fram till 2020 en förutsättning för att biogasen ska befrias från CO₂-skatt, och utan denna fördel har inte biogasen någon möjlighet att konkurrera med de fossila alternativen. Växthusgasreduktionen ska då beräknas i enlighet med metodiken i EU RED. Där exkluderas dock vissa relevanta aspekter, som till exempel markkolsnyttan av att inkludera gräs i växtföljden. Klimatnyttan enligt denna beräkning framstår därför som betydligt sämre än vid den LCA-baserade beräkningen, och gräs till biogas kunde bara med nöd och näppe klara kravet på 60 % reduktion.

SAMHÄLLSNYTTA

Det sammantagna samhällsekonomiska värdet av den undersökta förändringen var positivt både vid låga och höga värderingar av övriga miljöeffekter än klimatpåverkan. Detta trots att markkolshöjningen i sig inte har värderats ur markkvalitetsperspektiv.

RUMSLIGT PERSPEKTIV

Som en jämförelse gjordes även denna beräkning för en djurrik region i Småland som redan har vallodling på mer än 80 % av åkermarken. Här beräknades ett alternativscenario baserat på intensifiering av nuvarande vallodling och på att gräset skulle tillföras en befintlig biogasanläggning med gödsel som huvudråvara. Detta alternativ var under antagna förutsättningar både ekonomiskt gångbart och kunde uppfylla kraven på växthusgasreduktion. I denna region är inte markkols effekten stor, och heller inte ett problem vid nuvarande åkermarksanvändning. Detta illustrerar hur regionala förutsättningar åsidosätts när hållbarhetskriterier bedöms utifrån EU RED. Markkolsnyttan värderas inte ekonomiskt, och inkluderas heller inte när klimatnyttan beräknas, och detta blir därför inte en aspekt med betydelse i en hållbarhetsbedömning baserad på enbart dessa kriterier. I de förändringar av EUs förnybartdirektiv som genomfördes 2015 diskuteras aspekter som indirekt påverkan på markanvändning (iLUC), och att det kan kullkasta hela klimatnyttan när vissa livsmedelsgrödor används för biodrivmedelsproduktion, men den stora klimatpåverkan som en markkolsförlust innebär exkluderas när hållbarhet och klimatnytta bedöms.

SLUTSATSER

Det övergripande syftet med denna studie har varit att ta fram fakta som ökar förståelsen för det breda perspektiv som krävs för beslut kring långsiktigt hållbar åkermarksanvändning. Förlusten av markkol från åkermark är inte hållbar på lång sikt, och åtgärder måste förr eller senare vidtas för att bryta denna utveckling. En hållbar användning av åkermark ska ge lägsta möjliga bidrag till växthusgasemissioner samtidigt som livsmedelsproduktionen säkras på lång sikt. Att införa gräsvalodling i spannmålsväxtföljder enligt det alternativ som har studerats här skulle stoppa eller till och med vända den kolförlust från åkermark som sker i dagens odling och bidra till minskade växthusgasutsläpp, både i odling och inom transportsektorn. Det kan vara samhällsekonomiskt motiverat att uppmuntra denna förändring även om den innebär negativ påverkan på andra miljöaspekter. Likaså skulle det vara ett sätt att på lång sikt öka eller bibehålla hållbarheten lokalt/regional i livsmedelsproduktionen. Detta måste då vägas mot det faktum att åkermark används för odling av energigrödor.

Det är viktigt att bredda perspektivet och göra tillräckligt långtgående analyser av så komplexa system som användning av åkermark. Att väga in lokala förutsättningar, studera odlingssystem och växtföljdseffekter istället för effekter på enskilda grödor och tydliggöra konflikten mellan olika miljömål är de perspektiv som studerades här. Hållbarhetskriterierna i dagens förnybartdirektiv inom EU (EU RED) omfattar inte de olikheter i förutsättningar som finns i unionen. Arbetet med att ta fram en bioenergipolicy inom EU för perioden efter 2020 är pågående. För att undvika kontraproduktiva åtgärder borde framtida policies formuleras som ett ramverk på ett övergripande plan. Hållbarhetskriterier, där det är viktigt att väga in lokala förutsättningar och rumsliga perspektiv, bör baseras på vetenskapligt välunderbyggda bedömningar och formuleras på nationell nivå.

PUBLIKATIONER

Projektets slutrapport, där alla bakgrundsfakta och resultat finns presenterade, finns att hitta på <http://www.energiforsk.se/program/energigasteknik/> med referensen:

Lovisa Björnsson, Thomas Prade & Mikael Lantz (2016) Carbon sequestration in arable land through introduction of grass for biogas production - An environmental and economic assessment. Report 2016:280. Energiforsk, Stockholm/Malmö.

Andra publikationer som skrivits under projektets gång listas nedan. I dessa publikationer ligger fokus mer på metodologiska aspekter och detaljer kring markkolsförändringar och växthusgasemissioner.

Thomas Prade & Lovisa Björnsson (2015) Integration of soil carbon changes in LCA studies – Focus on energy crop production. *1st Soil Quality in Life Cycle Assessment Workshop*, Organizers: CIRAD, CSIRO, ADEME, Life Cycle Strategies, Agroscope and the Joint Research Centre. 30th August 2015, Bordeaux, France.

Thomas Prade (2015) Harvest residue estimation – A comparison of IPCC and Nordic models. *International Workshop „Soil Organic Matter Balance methods as practice-applicable tools for environmental impact assessment and farm management support“ (SOMpatic)*, 8-12 Dec 2015, Rauschholzhausen, Germany.

Thomas Prade (2016) Soil organic carbon development in a cereal-dominated region – Impact of crop rotation diversification. *10th International Conference on Life Cycle Assessment of Food*, 19-21 October 2016, Dublin, Ireland.

Lovisa Björnsson & Thomas Prade (2016) Arable land as carbon sink – a regional case study on greenhouse gas emission impact of diversifying cereal based crop rotations. *10th International Conference on Life Cycle Assessment of Food*, 19-21 October 2016, Dublin, Ireland.



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

INSTITUTIONEN FÖR
TEKNIK OCH SAMHÄLLE
MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM
[HTTP://MILJO.LTH.SE/](http://miljo.lth.se/)

RAPPORT NR 98, MAJ 2016
ISBN 978-91-86961-24-4
© BJÖRNSSON, PRADE & LANTZ 2016
LOVISA.BJORNSSON@MILJO.LTH.SE

